

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

Dissertação de Mestrado

**Análise Ecomorfológica de Quatro Espécies de *Ctenomys* do Sul do Brasil
(Ctenomyidae-Rodentia)**

Gisele Sana Rebelato

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.
Orientador: Prof. Dr. Thales Renato O. de Freitas.

Porto Alegre
Março, 2006

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Citogenética e Evolução de Vertebrados do Departamento de Genética do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, subvencionado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

Aos meus pais Gelso e Ângela e ao meu irmão Nelson.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Thales Renato O. de Freitas pelo apoio, orientação, incentivo, paciência, compreensão nos momentos que precisei (não foram poucos) e pela sua amizade.

Ao professor Adriano Bica e ao Mestre Leandro Marcon, pela disponibilização do Laboratório de Geotecnologia da Faculdade de Engenharia Civil da UFRGS, pela paciência, pelas “aulas”, pela confiança e ajuda com os ensaios de solo sendo praticamente Co-orientadores deste trabalho. Um muito obrigada também pela amizade.

A todos os colegas da sala 103 do Departamento de Genética. Um muito obrigada pela amizade, pelo carinho, pelas conversas, pelo ombro amigo nas horas que mais precisei e pelas inúmeras risadas..... A Eunice M. Matte, a Gislene L. Gonçalves, a Elise H. Giacomoni, a Lígia Tchaicka, a Gabriela P. Fernández, a Tatiane Noviski, a Tatiane C.Trigo, a Márcia B. Moreira e a todas as pessoas que estiveram ou estão presentes em minha vida, por todas as “aulas” que me deram, pela amizade e pelo carinho. Em especial para Eunice M. Matte e Gislene L. Gonçalves pela extrema confiança e carinho. Agradecer aos amigos e colegas Fabiano Araujo Fernandes e Rodrigo Fornel por todo o apoio, pelas agradáveis conversas, e pelas discussões sobre as medidas morfológicas, os tuco-tucos, pelo auxílio com o programa estatístico, e pelas lindas fotografias dos crânios que vocês meus amigos e colegas me deram. Muito obrigada também pela amizade e pelo incentivo.

A todos os companheiros de saída de campo entre eles Miriam Benício da Fonseca, José F. B. Stolz, Fabiano Araújo Fernandes, Loreci da Silva, Eunice M. Matte. E aos momentos de muita aventura no Taim onde aconteceram muitas coisas... “carro afundando, carne maturada (para não dizer outra coisa), falta de energia, de comunicação, tempestades, andar sob chuva com a areia da praia cortando a pele dos pés e depois atravessar lagoas temporárias com a água gelada pela metade da coxa só para tentar comunicação com a civilização, muito frio” e mesmo assim na volta pensamos: “Que lugar lindo, amamos a nossa profissão”, além disto, foi quando peguei meu primeiro tuco-tuco e as primeiras amostras de solo, com a total colaboração dos colegas Fabiano e José.

Aos funcionários Jair, Loreci da Silva e Lucia A. de Oliveira por todo o auxílio e apoio.

Aos amigos do Laboratório de Geotecnologia da Faculdade de Engenharia Civil da UFRGS, em especial as pessoas que sempre me socorreram nos momentos em que me perguntava “o que uma Bióloga está fazendo nesse laboratório?”, que me incentivaram e ajudaram na execução dos ensaios entre eles Leandro, Jair (se não fosse por ele não teria feito

alguns ensaios), Carolina, Juliana, Carla, Helena, Álvaro, espero não estar esquecendo de ninguém... enfim todas as pessoas do laboratório.

A todos colegas de pós-graduação, que além de colegas se mostraram amigos, em especial a Tati, a Gerda, ao Juliano (como você meu amigo me ouviu), a Jú, a Josi, a Graci ao André muito obrigada pela amizade.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e aos professores do Programa de Pós Graduação em Ecologia pela dedicação dentro e fora da sala de aula.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo concedida durante todo o mestrado.

Aos meus amigos desde a época de graduação em Passo Fundo sejam colegas de faculdade ou professores, não tenho palavras para dizer como vocês foram importantes na minha vida pessoal e científica...

As grandes amigas... pelo fato de entenderem a minha ausência, de apoiarem e de desejarem sempre o meu crescimento. Muito obrigada, queridas amigas Cíntia, Andréia, Milene, Fernanda, Andréia (deíinha), Flávia, e tantas outras....

Aos meus tios Admário e Maria Isabel, meus segundos pais. Nossa tenho muito a agradecer a vocês, amo muito vocês. Vocês são com certeza co-autores desse trabalho.

As minhas primas e primos Elisa, Fabiano, Luísa, Júlia, Mirian, Claiton e Lucas, que sempre me apoiaram, incentivaram e acima de tudo foram grandes amigos.

A toda minha família:vó, tias, tios, primas e primos o meu profundo agradecimento pelos momentos de descontração e carinho.

Por último, mas talvez o mais importante agradecer aos meus pais Gelso e Ângela e ao meu irmão Nelson por tudo que fizeram por mim, pela educação, carinho e apoio incondicional. Pai, Mãe e mano... muito obrigada, amo vocês.

RESUMO

Os roedores subterrâneos conhecidos popularmente como tuco-tucos *Ctenomys flamarioni*, *C. lami*, *C. minutus* e *C. torquatus* habitam desde a Planície Costeira Interna e Externa bem como, a Depressão Central e os pampas do Rio Grande do Sul. Entre os roedores fossoriais, *Ctenomys* apresenta-se como um bom modelo para trabalhos de adaptações morfológicas ao meio, por apresentarem ampla variação morfológica, fisiológica e comportamental tanto para escavação quanto para a vida subterrânea, bem como, para estudos evolutivos, especialmente por apresentarem uma estrutura populacional favorável à especiação. O objetivo deste trabalho foi identificar as adaptações morfológicas das espécies de *Ctenomys flamarioni*, *C. lami*, *C. minutus* e *C. torquatus* ao ambiente natural e correlacionar as adaptações com o processo de escavação nos diferentes ambientes. Para a análise ecomorfológica realizou-se descrição morfométrica dos crânios e mandíbulas das quatro espécies, conforme as metodologias de Lessa & Thaeler (1989), de Lessa & Stein (1992), de Mora et al., (2003). E um quarto modelo, o qual foi adaptado neste trabalho utilizando todas as variáveis dos três trabalhos anteriores. Na tentativa de obtenção de informações sobre os diferentes ambientes ocupados pelas espécies, optou-se pela variável ambiental solo, considerando: campo, campo arenoso e dunas costeiras, nos quais foram amostrados e realizados os seguintes ensaios de caracterização dos solos: análise granulométrica, conforme NBR 7181; massa específica real dos grãos, conforme NBR 6508 e cisalhamento direto de solo indeformado e deformado. Para o tratamento de dados morfológicos foram construídas matrizes de correlação e utilizada a metodologia de análise multivariada usando as técnicas de PCA (Análise dos Componentes Principais) e de Função Discriminante assim como de ANOVA através do pacote estatístico NCSS 2000 (Number Cruncher Statistical System). Nossos resultados sugerem uma separação ecomorfológica das espécies, com a existência de diferentes adaptações onde, *C. torquatus* é a espécie mais procumbente e diferenciada das estudadas. Todas as espécies executam o comportamento de escavação usando tanto as garras como os incisivos dependendo de sua necessidade. Em locais de vegetação mais densa, utilizam os incisivos para a retirada da vegetação. As espécies apresentam diferenças significativas quanto ao tamanho e a forma, sendo o tamanho relacionado ao dimorfismo sexual. A separação ecomorfológica ocorre devido as espécies apresentarem diferentes formas altamente correlacionadas com o Ângulo de Procumbência Superior (APS). Nas metodologias que utilizaram o ângulo de procumbência superior, indivíduos com um maior APS apresentam a largura dos incisivos diretamente proporcional e inversamente proporcional (com algumas alterações) ao

comprimento do osso zigomático (COZ). Além disto geralmente a largura do rosto é inversamente proporcional a altura/profundidade do mesmo. Nos dados obtidos quanto ao solo, as pressões normais equivalentes a 1,50m de profundidade apresentaram maiores resistências ao cisalhamento independente do teor de umidade e do tipo de solo. Na condição de ausência de umidade, os solos com maior resistência foram: campo (*C. torquatus*) e campo arenoso (*C. lami* e *C. minutus*), ao passo que com o aumento da umidade no solo as resistências diminuem. Na condição natural, as areias de dunas (*C. flamarioni*) apresentam a maior resistência, mostrando aqui uma diminuição de resistência com a diminuição de umidade. A variação na resistência dos solos depende da estação do ano, da composição granulométrica, da umidade do solo, da localização do lençol freático, do intemperismo e de características físicas como coesão e sucção, entre outras. Esses resultados sugerem a ocorrência de diferentes adaptações para a escavação entre as espécies ao longo de um gradiente quanto à dureza do solo (campo, campo arenoso e dunas costeiras respectivamente).

ABSTRACT

The underground rodents known popularly as “tucos-tucos” *Ctenomys flamarioni*, *C. lami*, *C. minutus* and *C. torquatus* inhabit from the Internal and external coastal plain through the central depression and the pampa of Rio Grande do Sul. Among the fossorial rodents *Ctenomys* appear as being a good model for reports of morphological adaptation in the environment, for having wide morphological, physiological and behavior variation either for digging or for underground life, as well as for evolutive studies especially because they present a population structure favorable to speciation. The objective of this study is to identify the morphological adaptations of the *Ctenomys flamarioni*, *C. lami*, *C. minutus* and *C. torquatus* species to their natural environment and correlate the adaptations to the digging process of different environments. For the ecomorphological analysis, a morphometrical description of the jaws and skulls was done in the four species, according to the methodology Lessa & Thaeler (1989), Lessa & Stein (1992), Mora et al., (2003). A fourth model, one which was adapted to this study utilizing all of the variations of the three prior studies. In the attempt of obtaining more information about the different environments occupied by the species, the environmental variable chosen was soil, considering: field, sandy field and coastal dunes in which the following rehearsals of soil characterization were sampled and perceived: granulometric analysis according to NBR (718), real specific mass of the grains, according to NBR 65 and the direct breach of the deformed and the undeformed soils. For the treatment of morphological data, correlation metrics were constructed and the methodology of multi-varied analysis was utilized using techniques of PCA (Principal Components Analysis) and of discriminated function, as well as the technique of ANOVA through the statistical package NCSS 2000 (Number Cruncher Statistical System). Our results suggest an ecomorphological separation of the species with existence of different adaptations where *C. torquatus* is a more procumbent and a more differentiated specie than the ones studied. All species have the digging behavior using their claws as well as their fore tooth depending on its necessity. In places of denser vegetation, they utilize their fore tooth to take out vegetation. The species present significant differences in size and shape, being the size related to the sexual dimorphism. The ecomorphological separation happens due to species presenting different shapes highly correlated to the superior procumbency angle. In the methodologies where the APS was used individuals with larger APS presented width of the fore tooth directly proportional and invertedely proportional (with some differences to the length of the zygomatic bone (LZB)). Besides this, the length of the rostrum is invertedely proportional to

their height / depth. In the data collected in relation to the soil, the normal pressure equivalent to 1,50m of depth present higher resistance to the breach regardless of the humidity purport and the type of soil. In the lack of humidity condition, soils with higher resistance were field (*C. torquatus*) and sandy fields (*C. lami* and *C. minutus*). As the soil humidity grows the resistance decreases. In natural conditions, the sand dunes present higher resistance, showing a decrease of the resistance with the reduction of humidity. The modification of soil resistance depends on the season, on the granulometric composition, on the soil humidity, on the underground water, on the intemperance and on the physical characteristics such as cohesion and suction. These results suggest incidents of different adaptations for digging between the species throughout the gradation scale as for the soil consistency (field, sandy field and coastal sand dunes respectively).

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Distribuição geográfica das espécies estudadas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina-Brasil.....24
- Figura 2 – Esquema das medidas lineares obtidas para os cálculos de trigonometria, medidas usadas para as procumbências dos incisivos. Os dados correspondem às distâncias AB, AC e BC para o crânio (a) e ab, ac e bc para a mandíbula (b). As medidas angulares foram obtidas por trigonometria (Lei dos Co-Senos), e as razões de procumbência superior RPS e inferior RPI, por logaritimização $RPS = \frac{\log(AC/AB)}{\log(ac/ab)}$ e $RPI = \frac{\log(AC/AB)}{\log(ac/ab)}$38
- Figura 3 – Equipamento para ensaio de cisalhamento direto.44
- Figura 4 - Análise de Componentes Principais ACP segundo a metodologia de Lessa & Thaeler, 1989 para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*, mostrando o dimorfismo sexual.48
- Figura 5 – Gráfico com os escores plotados da Análise de Componentes Principais ACP segundo a metodologia de Lessa & Thaeler, 1989, onde: a – CP1 x CP2; b – CP2 x CP3.51
- Figura 6 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP1 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.51
- Figura 7 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP2 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.52
- Figura 8 – Gráfico com os escores da Análise de Componentes Principais ACP segundo a metodologia de Lessa & Thaeler, 1989, onde: a - CP1 x CP2; b – CP2 x CP3.54
- Figura 9 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP1 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.55
- Figura 10 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP2 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.....56
- Figura 11 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP3 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde,

“outliers”	57
Figura 12 – Gráfico com os escores dos dois primeiros eixos canônicos através da análise de variáveis canônicas (CVA) para <i>C. flamarioni</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. lami</i> e <i>C. torquatus</i> . Conforme a metodologia de Lessa & Thaeler, 1989, onde: a – todos os exemplares; b – fêmeas; c – machos.	61
Figura 13 – Análise de Componentes Principais ACP segundo a metodologia de Lessa & Stein, 1992, para <i>C. flamarioni</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. lami</i> e <i>C. torquatus</i> mostrando o dimorfismo sexual.	65
Figura 14 - Gráfico com os escores das 148 fêmeas plotadas nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais ACP para <i>C. flamarioni</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. lami</i> e <i>C. torquatus</i> , segundo a metodologia de Lessa & Stein, 1992.	67
Figura 15 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP1 para as espécies de <i>Ctenomys</i> . Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verde e vermelhos, “outliers”.	68
Figura 16 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP2 para as espécies de <i>Ctenomys</i> . Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.	69
Figura 17 - Gráfico com os escores dos 101 machos plotados nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais ACP para <i>C. flamarioni</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. lami</i> e <i>C. torquatus</i> , segundo a metodologia de Lessa & Stein, 1992.	71
Figura 18 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP1 para as espécies de <i>Ctenomys</i> . Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.	72
Figura 19 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP2 para as espécies de <i>Ctenomys</i> . Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.	73
Figura 20 - Gráfico com os escores dos dois primeiros eixos canônicos através da análise de variáveis canônicas (CVA) para <i>C. flamarioni</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. lami</i> e <i>C. torquatus</i> . Conforme a metodologia de Lessa & Stein 1992, onde: a – todos os exemplares; b – fêmeas; c – machos.	77
Figura 21 – Análise de Componentes Principais ACP (ACP) segundo a metodologia de Mora <i>et al.</i> , 2003, para <i>C. flamarioni</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. lami</i> e <i>C. torquatus</i> mostrando o dimorfismo sexual.	80
Figura 22 - Gráfico com os escores plotados nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais ACP segundo a metodologia de Mora <i>et al.</i> , 2003, para as fêmeas de <i>C. flamarioni</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. lami</i> e <i>C. torquatus</i>	82
Figura 23 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP1 para as fêmeas de <i>Ctenomys</i> . Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes e vermelho, “outliers”.	83

- Figura 24 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP2 para as fêmeas de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes; “outliers”.84
- Figura 25 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP3 para as fêmeas de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes; “outliers”.85
- Figura 26 – Gráfico com os dados brutos de APS para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.86
- Figura 27 - Gráfico com os escores plotados nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais ACP segundo a metodologia de Mora *et al.*, 2003, para os machos de *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*.88
- Figura 28 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP1 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.89
- Figura 29 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP2 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes; “outliers”.90
- Figura 30 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP3 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes; “outliers”.91
- Figura 31 – Gráfico com os dados brutos de APS para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.92
- Figura 32 Gráfico com os escores dos dois primeiros eixos canônicos através da análise de variáveis canônicas (CVA) para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*. Conforme Mora *et al.*, 2003, onde: a – todos os exemplares; b – fêmeas; c – machos.....96
- Figura 33 - Análise de Componentes Principais ACP, para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus* mostrando o dimorfismo sexual para o CP1.99
- Figura 34 – Gráfico com os escores plotados da Análise de Componentes Principais ACP para as fêmeas de *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus* usando todas as variáveis, onde: a – CP1 x CP2; b – CP2 x CP3.102
- Figura 35 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP1 para as fêmeas de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes e vermelho; “outliers”.103
- Figura 36 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP2 para as fêmeas de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde; “outliers”.104

- Figura 37 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP3 para as fêmeas de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes e vermelho; “outliers”.105
- Figura 38. – Gráfico com os escores plotados da Análise de Componentes Principais ACP para os machos de *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus* usando todas as variáveis, onde: a – CP1 x CP2; b – CP2 x CP3.108
- Figura 39 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP1 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.108
- Figura 40 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP2 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde; “outliers”.109
- Figura 41 – Gráfico com a distribuição dos escores de CP3 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.110
- Figura 42 - Gráfico com os escores dos dois primeiros eixos canônicos através da análise de variáveis canônicas (CVA) para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*, onde: a – todos os exemplares; b – fêmeas; c – machos.....114
- Figura 43 – Curvas granulométricas dos solos ensaiados.119
- Figura 44 – Histogramas da composição granulométrica dos solos ensaiados.120
- Figura 45 - Resistência ao cisalhamento em diferentes teores de umidade para os diferentes solos, em diferentes condições de saturação, quando submetidos a uma tensão vertical equivalente a 0,25m de profundidade.122
- Figura 46 - Resistência ao cisalhamento, em diferentes teores de umidade, para os diferentes solos em diferentes condições de saturação, quando submetidos a uma tensão vertical equivalente a 0,50m de profundidade.123
- Figura 47 - Resistência ao cisalhamento, em diferentes teores de umidade, para os diferentes solos em diferentes condições de saturação, quando submetidos a uma tensão vertical equivalente a 1,50m de profundidade.124
- Figura 48 - Comportamento de escavação inicial das tocas de (a) *C. flamarioni*, (b) *C. minutus* e (c) *C. torquatus* em seu ambiente natural com a presença do observador.....127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número total de espécimes, separados em fêmeas e machos e por espécie em cada modelo utilizado, na Análise de Discriminante (CVA). E número total de espécimes, separados em fêmeas e machos em cada modelo utilizado na Análise de Componentes Principais (PCA).....	36
Tabela 2 – Variáveis morfológicas utilizadas e suas respectivas abreviações usadas no texto.....	37
Tabela 3 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais das fêmeas das quatro espécies de <i>Ctenomys</i>	50
Tabela 4 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o segundo componente principal (CP1) das 146 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	52
Tabela 5 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o segundo componente principal (CP2) das 146 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	52
Tabela 6 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais dos machos das quatro espécies de <i>Ctenomys</i>	53
Tabela 7 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o primeiro componente principal (CP1) dos 100 machos de <i>Ctenomys</i>	55
Tabela 8 Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o segundo componente principal (CP2) dos 100 machos de <i>Ctenomys</i>	56
Tabela 9 Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o terceiro componente principal (CP3) dos 100 machos de <i>Ctenomys</i>	57
Tabela 10 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 242 espécimes de <i>Ctenomys</i>	58
Tabela 11 - Agrupamento por distância de CVA para os 242 espécimes de <i>Ctenomys</i> . Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	58

Tabela 12 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para as 146 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	59
Tabela 13 - Agrupamento por distância de CVA para 146 fêmeas de <i>Ctenomys</i> . Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	59
Tabela 14 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 100 machos de <i>Ctenomys</i>	60
Tabela 15 - Agrupamento por distância de CVA para os 100 machos de <i>Ctenomys</i> . Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	60
Tabela 16 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para os 242 espécimes de <i>Ctenomys</i>	62
Tabela 17 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para fêmeas e machos de <i>Ctenomys</i>	64
Tabela 18 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos quatro primeiros eixos da análise dos componentes principais as fêmeas das quatro espécies de <i>Ctenomys</i>	66
Tabela 19 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o primeiro componente principal (CP1) das 148 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	68
Tabela 20 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o segundo componente principal (CP2) das 148 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	69
Tabela 21 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos quatro primeiros eixos da análise dos componentes principais dos machos das quatro espécies de <i>Ctenomys</i>	70
Tabela 22 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o primeiro componente principal (CP1) dos 101 machos de <i>Ctenomys</i>	72
Tabela 23 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o segundo componente principal (CP2) dos 101 machos de <i>Ctenomys</i>	73
Tabela 24 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 242 espécimes de <i>Ctenomys</i>	74
Tabela 25 – Agrupamento por distância de CVA para os 242 espécimes de <i>Ctenomys</i> . Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	74
Tabela 26 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para as 148 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	75
Tabela 27 - Agrupamento por distância de CVA para as 148 fêmeas de <i>Ctenomys</i> . Grupos	

originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	75
Tabela 28 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 101 machos de <i>Ctenomys</i>	76
Tabela 29 - Agrupamento por distância de CVA para os 101 machos de <i>Ctenomys</i> . Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	76
Tabela 30 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para os 242 espécimes de <i>Ctenomys</i>	78
Tabela 31- Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para fêmeas e machos de <i>Ctenomys</i>	79
Tabela 32 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais das fêmeas de quatro espécies de <i>Ctenomys</i>	81
Tabela 33 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o primeiro componente principal (CP1) das 145 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	83
Tabela 34 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o segundo componente principal (CP2) das 145 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	84
Tabela 35 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o terceiro componente principal (CP3) das 145 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	85
Tabela 36 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o ângulo de procumbência superior (APS) das 145 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	85
Tabela 37 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais dos machos de quatro espécies de <i>Ctenomys</i>	87
Tabela 38 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o primeiro componente principal (CP1) dos 101 machos de <i>Ctenomys</i>	89
Tabela 39 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o segundo componente principal (CP2) dos 101 machos de <i>Ctenomys</i>	90
Tabela 40 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o terceiro componente principal (CP3) dos 101 machos de <i>Ctenomys</i>	91
Tabela 41 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-	

Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o ângulo de procumbência superior (APS) dos 101 machos de <i>Ctenomys</i>	92
Tabela 42 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 246 espécimes de <i>Ctenomys</i>	93
Tabela 43 – Agrupamento por distância de CVA para os 246 espécimes de <i>Ctenomys</i> . Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	93
Tabela 44 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para as 145 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	94
Tabela 45 - Agrupamento por distância de CVA para os 145 fêmeas de <i>Ctenomys</i> . Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	94
Tabela 46 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 101 machos de <i>Ctenomys</i>	95
Tabela 47 - Agrupamento por distância de CVA para os 101 machos de <i>Ctenomys</i> . Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	95
Tabela 48 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para os 242 espécimes de <i>Ctenomys</i>	97
Tabela 49 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para fêmeas e machos de <i>Ctenomys</i>	98
Tabela 50 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais das fêmeas das quatro espécies de <i>Ctenomys</i>	101
Tabela 51 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o primeiro componente principal (CP1) das 142 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	103
Tabela 52 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o segundo componente principal (CP2) das 142 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	104
Tabela 53 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o terceiro componente principal (CP3) das 142 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	105
Tabela 54 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais dos machos das quatro espécies de <i>Ctenomys</i>	107
Tabela 55 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o primeiro componente principal (CP1) dos 100 machos de	

<i>Ctenomys</i>	109
Tabela 56 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o segundo componente principal (CP2) dos 100 machos de <i>Ctenomys</i>	109
Tabela 57 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP) para o terceiro componente principal (CP3) dos 100 machos de <i>Ctenomys</i>	110
Tabela 58 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 242 espécimes de <i>Ctenomys</i>	111
Tabela 59 - Agrupamento por distância de CVA para os 242 espécimes de <i>Ctenomys</i> . Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	112
Tabela 60 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para as 142 fêmeas de <i>Ctenomys</i>	112
Tabela 61 – Agrupamento por distância de CVA para as 142 fêmeas de <i>Ctenomys</i> . Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	112
Tabela 62 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 100 machos de <i>Ctenomys</i>	113
Tabela 63 – Agrupamento por distância de CVA para os 100 machos de <i>Ctenomys</i> . Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.....	113
Tabela 64 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para os 242 espécimes de <i>Ctenomys</i>	115
Tabela 65 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para fêmeas e machos de <i>Ctenomys</i>	117
Tabela 66 – Teor de umidade natural dos solos.....	118
Tabela 67 – Peso específico dos grãos.....	120
Tabela 68 – Índice de vazios (e), umidade do solo (W %) e tensão cisalhante máxima (τ kPa). Para os três solos analisados em três níveis de tensões normais equivalentes às profundidades de 0,25m, de 0,50m e de 1,50m e em diferentes níveis de saturação do solo remoldado (seco e inundado) e indeformado (natural).....	121
Tabela 69 – Descrição do comportamento inicial de escavação das tocas de <i>Ctenomys</i> em três localidades do Rio Grande do Sul.....	126
Tabela 70 – Ângulos de procumbência dos incisivos superiores (APS) de algumas espécies de <i>Ctenomys</i> em relação a sua distribuição geográfica, hábitat e tipo de solo. Tabela baseada na apresentada por <i>Mora et al.</i> , (2003).....	133

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	22
1.1 Os mamíferos fossoriais	22
1.1.1 O Gênero <i>Ctenomys</i>	22
1.1.1.1 As espécies de <i>Ctenomys</i> do Rio Grande do Sul	23
1.1.2 Espécies Estudadas	25
1.1.2.1 <i>Ctenomys flamarioni</i>	25
1.1.2.2 <i>Ctenomys lami</i>	26
1.1.2.3 <i>Ctenomys minutus</i>	27
1.1.2.4 <i>Ctenomys torquatus</i>	29
1.2 Morfologia ecológica.....	30
1.2.1 Adaptações Ecomorfológicas para escavação de tocas.....	31
1.3 Características geológicas dos solos da região litorânea.....	33
2 OBJETIVOS.....	35
2.1 Objetivos gerais	35
2.2 Objetivos específicos.....	35
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 Morfometria.....	36
3.2 Análise dos dados	38
3.3 Caracterização do solo e resistência	40
3.3.1 Localização dos solos relacionado à distribuição das espécies.....	40
3.3.2 Descrição dos solos estudados	40
3.3.3 Programa de ensaios.....	42
3.3.3.1 Ensaios de caracterização	42
3.3.3.1.1 Análise Granulométrica.....	42
3.3.3.1.2 Massa específica real dos grãos	43
3.3.3.2 Ensaios para a determinação das propriedades mecânicas dos solos	43
3.3.3.2.1 Ensaios de Cisalhamento direto de solo indeformado e deformado	43

3.3.3.2.2	Amostras remoldadas, indeformadas e procedimentos	43
3.4	Comportamento	46
4	RESULTADOS	48
4.1	Análise de componentes principais entre as espécies (Lessa & Thaler, 1989)	48
4.1.1	Análise de componentes principais para as fêmeas	49
4.1.1.1	Análise de variância	51
4.1.2	Análise de componentes principais para os machos	53
4.1.2.1	Análise de variância	54
4.1.3	Análise de discriminantes	58
4.1.3.1	Análise de variáveis canônicas.....	61
4.2	Análise de componentes principais entre as espécies (Lessa & Stein, 1992).....	65
4.2.1	Análise de componentes principais para as fêmeas	66
4.2.1.1	Análise de variância	67
4.2.2	Análise de componentes principais para os machos	70
4.2.2.1	Análise de variância	71
4.2.3	Análise de discriminantes	74
4.2.3.1	Análise de variáveis canônicas.....	77
4.3	Análise de componentes principais entre as espécies (Mora <i>et al.</i> , 2003)	80
4.3.1	Análise de componentes principais para as fêmeas	81
4.3.1.1	Análise de variância	82
4.3.2	Análise de componentes principais para os machos	87
4.3.2.1	Análise de variância	89
4.3.3	Análise de discriminantes	93
4.3.3.1	Análise de variáveis canônicas.....	96
4.4	Análise de componentes principais entre as espécies (Todas as medidas morfológicas).....	99
4.4.1	Análise de componentes principais para as fêmeas	100
4.4.1.1	Análise de variância	102
4.4.2	Análise de componentes principais para os machos	106
4.4.2.1	Análise de variância	108
4.4.3	Análise de discriminantes	111
4.4.3.1	Análise de variáveis canônicas.....	114
4.5	Solos	118

4.5.1 Ensaio de caracterização.....	118
4.5.1 Ensaio de cisalhamento direto.....	121
4.6 Índices iniciais do comportamento de construção das tocas de tuco-tucos.....	126
4.6.1 Descrição do comportamento.....	126
5 DISCUSSÃO.....	128
5.1 Modelos.....	128
5.2 Análise de Componentes Principais - tamanho x forma.....	130
5.3 Ângulo de Procumbência Superior - garra ou dente escavador?.....	132
5.4 Solos.....	135
5.5 Ecomorfologia.....	136
6 CONCLUSÕES.....	140
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142

1. INTRODUÇÃO

1.1 Os mamíferos fossoriais

Os mamíferos fossoriais são aqueles que, em algum momento de suas vidas, utilizam túneis ou escavações abaixo da superfície do solo para realizar alguma atividade vital, exibindo adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais tanto para escavação quanto para a vida subterrânea. Os grupos que, além de possuírem essas adaptações, tem a maioria de suas atividades biológicas abaixo da superfície do solo, são denominados de subterrâneos. Os roedores subterrâneos apresentam um grande número de famílias (Lacey *et al.*, 2000). A maioria delas habita áreas abertas como savanas, campos, estepes, ou pradarias alpinas, porém algumas ocorrem em área de alta densidade de vegetação de arbustos ou de florestas. Os locais de ocorrência incluem solos de moderadamente úmido a seco, indo de solos argilosos a arenosos, mas raramente encontrados em solos endurecidos. Por isso, suas populações ocorrem onde as condições de solo e vegetação são apropriadas para seu desenvolvimento (Lacey *et al.*, 2000).

Os roedores subterrâneos ocorrem em quase todos os continentes, as únicas exceções são os continentes Australiano e Antártico. Estando representados na Ásia e Europa pela família Muridae e dividido em quatro subfamílias: Arvicolinae com dois gêneros *Ellobius* e *Prometheomys*; Myospalacinae com um único gênero *Myospalax*; Rhizomyinae com três gêneros *Cannomys*, *Rhizomys* e *Tachyoryctes* e Spalacinae com dois gêneros *Nannospalax* e *Spalax*, que além de serem encontrados na Europa e Ásia também se distribuem pela África. A família Bathyergidae que ocorre no continente africano possui cinco gêneros: *Bathyergus*, *Cryptomys*, *Georychus*, *Heliophobius* e *Heterocephalus*. No continente Americano ocorrem três famílias, sendo que, na América do Norte ocorre a família Geomyidae, com seis gêneros: *Geomys*, *Orthogeomys*, *Pappogeomys*, *Thomomys*, *Cratogeomys* e *Zygozemys* e na América do Sul as famílias Octodontidae com uma única espécie *Spalacopus cyanus* e Ctenomyidae com um único gênero *Ctenomys* (Lacey *et al.*, 2000).

1.1.1 O Gênero *Ctenomys*

Ctenomys vem do grego, onde “*Ctenus*” significa pente e “*mys*” significa rato e foi descrito pela primeira vez por Blainville em 1826. A presença de pêlos modificados em cerdas nas patas aumenta a superfície de contato destas com o solo, auxiliando assim na

escavação. Além das garras, esse gênero faz uso dos dentes incisivos para escavar o solo. Estes dentes apresentam esmalte alaranjado no bordo anterior, são grandes, fortes, e mesmo quando o animal está com a boca fechada, os incisivos permanecem expostos. Além disto, apresentam outras adaptações ao modo de vida subterrâneo como olhos pequenos e posicionados na parte superior da cabeça, pavilhão auditivo reduzido, membros curtos, cauda grossa e curta e, garras longas nas patas dianteiras (Pearson, 1959; Reig *et al.*, 1990; Nowak & Paradiso, 1991; Lacey *et al.*, 2000).

O gênero *Ctenomys* surgiu no início do Pleistoceno, na região central da Argentina, sofrendo uma expansão posterior durante o período seco e aumentando sua área de distribuição em grande parte da América do Sul (Contreras *et al.*, 1987). De todos os roedores subterrâneos a família Ctenomyidae forma o grupo mais especioso, contendo 56 espécies incluídas em um único gênero *Ctenomys* (Lacey *et al.*, 2000), essa característica (especiação), é considerada a mais explosiva entre os gêneros de mamíferos (Cook & Lessa, 1998; Lessa & Cook, 1998). A distribuição de *Ctenomys* é ampla, habitando desde os Andes no sul do Peru e Bolívia, no nível do mar no Chile, abrangendo também a Argentina até o sudoeste do Brasil (Lacey *et al.*, 2000).

A maioria das espécies ocorre em áreas relativamente abertas de campo, podendo variar de seco a úmido, porém, nunca em locais saturados ou congelados, áreas arbustivas ou florestas. Os representantes desse gênero são tipicamente solitários, tendo como exceção *C. sociabilis*. Possuem fortes garras juntamente com os incisivos para a escavação e são fitófagos (Lacey *et al.*, 2000).

No Brasil essas espécies habitam os Estados de Mato Grosso, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No Mato Grosso ocorrem *Ctenomys aff. minutus* e *Ctenomys nattereri* (Lista sistemática de mamíferos do Mato Grosso, 2004). Em Santa Catarina é registrado *Ctenomys minutus* (Freitas, 1995). No Rio Grande do Sul são encontrados *Ctenomys flamarioni*, *Ctenomys minutus*, *Ctenomys torquatus*, *Ctenomys lami* e *Ctenomys sp.*, os quais apresentam diferentes distribuições geográficas no Estado.

1.1.1.1 As espécies de *Ctenomys* do Rio Grande do Sul

No Estado do Rio Grande do Sul, são encontradas atualmente cinco espécies de tuco-tucos: *Ctenomys flamarioni* Travi 1981, *C. torquatus* Lichtenstein 1830, *C. minutus* Nehring 1887, *C. lami* Freitas 2001 e *Ctenomys sp.*

Ctenomys flamarioni é encontrado na primeira linha de dunas da costa do Rio Grande do Sul (Bretschneider, 1987; Freitas, 1995), *Ctenomys minutus* ocorre em campos arenosos e em dunas nas Planícies Costeiras do Rio Grande do Sul e ao sul da costa de Santa Catarina. *Ctenomys torquatus* distribui-se na porção centro sul do Estado do Rio Grande do Sul, nos campos da Depressão Central (Pampas), estendendo-se até o norte do Uruguai, e ao sul da Planície Costeira (Freitas, 1995). *Ctenomys lami* habita a região arenosa denominada de Coxilha das Lombas, entre a Lagoa dos Barros e o Lago Guaíba, conforme Figura 1 (Freitas, 1995) e *Ctenomys* sp. ocupa a zona de Campanha próxima a localidade de Alegrete, RS.



Figura 1. Distribuição geográfica das espécies estudadas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina - Brasil.

1.1.2 Espécies Estudadas

1.1.2.1 *Ctenomys flamarioni*

Ctenomys flamarioni é caracterizado pela pelagem da cor de areia, sendo a mais clara das cinco espécies encontradas no Rio Grande do Sul. Apresenta hábitos solitários, com ocorrências múltiplas durante o período reprodutivo (Bretschneider, 1987; Fernández, 2002). Possui uma área de vida média de $503,9 \pm 795,6 \text{ m}^2$, apresentando diferenças no tamanho das áreas entre os sexos, onde os machos possuem um território em média de $938 \pm 1151,9 \text{ m}^2$ (N = 4) e as fêmeas de $214,30 \pm 206,1 \text{ m}^2$ (N = 9), sugerindo que os machos apresentam maior deslocamento dentro das áreas de ocorrência, podendo ser um indicativo de maiores necessidades energéticas ou a resposta a um padrão de poliginia (Fernández, 2002).

Segundo Bretschneider (1987), *C. flamarioni* possui sistemas de galerias constituídas de túneis principais, com vários metros de comprimento e profundidade média de 30 cm. Com aberturas situando-se geralmente na extremidade de túneis laterais ascendentes, observando-se ramos curtos de galerias, próximos a estas, apresentando um único ninho por sistema de túneis das fêmeas. Quanto ao comportamento de construção dos túneis a atividade de escavação na superfície ocorre em todos os horários entre 4h e 19h. A alimentação é constituída principalmente de folhas, talos e raízes de Poaceae e Ciperaceae (*Paspalum vaginatum*, *Polypogon maritimus*, *Panicum sabulorum*, *Panicum decipiens*, *Androtrichum trigynum* e *Hydrocotyle bonariensis*) (Bretschneider, 1987).

Fernández (2002), no estudo realizado em três populações de *C. flamarioni* localizadas nos balneários de Remanso (30 indivíduos), Xangri-lá (23 indivíduos) e Pinhal (31 indivíduos) constatou que a razão sexual para cada uma das populações não difere de 1:1. Todavia, quando considerados somente os indivíduos adultos a razão sexual apresentou desvios em favor das fêmeas (2:1 em Remanso e Xangri-lá, e 2,7:1 em Pinhal). Quando as populações foram consideradas juntas, houve flutuações nas proporções de machos e fêmeas registradas em cada estação, estas diferenças podem ser explicadas através de diferentes taxas de mortalidade entre os sexos, provavelmente devidas a competição intraespecífica entre os machos, ou a taxas de predação diferenciais para machos e fêmeas.

Ctenomys flamarioni apresenta poliginia devido a suas características populacionais, tais como, os desvios da razão sexual em relação às fêmeas, diferenças entre os sexos para atingir a maturidade sexual (as fêmeas atingem primeiro a potencialidade reprodutiva), e

dimorfismo sexual tanto no peso quanto no comprimento (machos apresentam maiores valores) (Fernández, 2002).

Quanto ao período reprodutivo Fernández (2002) encontrou que *C. flamarioni* apresenta indícios de um único período reprodutivo anual com os filhotes sendo amamentados na primavera e verão, apesar dos registros indicarem ausência de sazonalidade na reprodução de *C. flamarioni*.

Bretschneider (1987), encontrou um período de gestação para *C. flamarioni* em torno de 120 dias com os nascimentos ocorrendo entre setembro e fevereiro (primavera e verão) com a ocorrência de indivíduos jovens em fevereiro e outubro.

1.1.2.2 *Ctenomys lami*

A espécie *C. lami*, descrita por Freitas (2001), baseado em estudos craniométricos e citogenéticos, se caracteriza, principalmente, pela sua alta diversidade cariotípica em uma restrita região.

Ctenomys lami é encontrada de forma endêmica em uma estreita faixa de ocorrência. Limitada a uma região de solo arenoso conhecido como Coxilha das Lombas – primeiro compartimento geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul, formado no início do Pleistoceno, costeado e isolado por banhados e lagoas (Vilwock, 1986) – tal espécie pode ser considerada como a mais antiga da região e a que apresenta a maior variabilidade na menor distribuição geográfica (Freitas, 1995). Sete diferentes números diplóides, envolvendo a fissão/fusão dos cromossomos 1 e/ou 2 ($2n = 54, 55a, 55b, 56a, 56b, 57$ e 58) são descritos em uma área de 78 x 12 Km (Freitas, 1995; 2001).

Segundo El Jundi & Freitas (2004) *Ctenomys lami*, possui um período reprodutivo anual curto e sazonal, presença de dimorfismo sexual e proporção sexual de 1:1 durante todas as estações do ano.

Ctenomys lami apresenta cinco números diplóides distribuídos em sete cariótipos, $2n = 54, 55a, 55b, 56a, 56b, 57$ e 58 . O cariótipo básico e mais freqüente é o de $2n = 54$, que possui os pares cromossômicos 1 e 2 formados por cromossomos grandes metacêntricos. No citótipo $2n = 55$, um dos cromossomos do par 1 ($2n = 55a$), ou do par 2 sofre fissão ($2n = 55b$). A fissão dos cromossomos homólogos do par 1 forma o citótipo $2n = 56a$ e a fissão dos cromossomos homólogos do par 2, forma o citótipo $2n = 56b$. Na forma $2n = 57$ foi observado somente um metacêntrico no par 1, e no par 2 fissionado formando quatro

acrocêntricos. Finalmente, no citótipo $2n = 58$ observa-se a fissão dos dois homólogos do par 1 e 2 dando origem a oito cromossomos acrocêntricos (Freitas, 1990).

Devido à topografia da região e ao padrão de distribuição geográfica dos diferentes citótipos, essa espécie foi separada em quatro blocos populacionais (A,B,C e D) ao longo dos 78 km na Coxilha das Lombas. O bloco A encontra-se parcialmente isolado do bloco B, este está separado do bloco C por uma barreira formada pela conexão de banhados. E entre os blocos C e D, não existe nenhuma barreira geográfica efetiva (Freitas, 1990). *Ctenomys lami* pode ser considerada como a mais antiga espécie de *Ctenomys* da Província Costeira do Rio Grande do Sul, apresentando a maior variabilidade cariotípica na menor distribuição geográfica (Freitas, 1990; 1995). El Jundi & Freitas (2004), através de marcadores moleculares (microssatélites) observaram que apesar da grande diversidade cariotípica e molecular, estes dados não apoiam nenhum padrão de subdivisão da espécie *C. lami* em blocos.

Conforme Fornel (2005), em estudo que analisou a variação na forma do crânio de *C. lami*, com o uso de morfometria geométrica, em relação a machos e fêmeas, de diferentes blocos populacionais, de diferentes números diplóides, e em relação aos pares cromossômicos 1 e 2. O autor obteve resultados que confirmam a presença de diferentes blocos populacionais com formas específicas para cada um deles, variação da forma em relação aos diferentes números cromossômicos e presença de dimorfismo sexual para a espécie, sendo este mais intenso no bloco B. Estes dados sugerem que existe associação entre variação cromossômica e variação morfológica.

1.1.2.3 *Ctenomys minutus*

Ctenomys minutus apresenta coloração castanho claro com tons da cor areia na parte inferior e uma coloração castanho-médio/escuro. Os indivíduos jovens com dois ou três meses de idade apresentam coloração mais clara que a maioria dos adultos (Fonseca, 2003). Em geral as colônias são localizadas em campos arenosos e secos, ocupando preferencialmente as partes mais elevadas do campo, tais como taipas e taludes de estrada. Entretanto, as regiões onde as colônias se localizam estão frequentemente associadas a corpos d'água. Gastal (1994a) descreveu uma densidade absoluta de 14 indivíduos por hectare com uma biomassa total de 2.972,7g e uma densidade ecológica de 41,67 indivíduos por hectare para uma população de *C. minutus* (N=30) que ocorre no Parque Histórico Marechal Manoel Luís Osório, no município de Tramandaí RS. Em outras populações de ocorrência no

município de Osório, RS, Fonseca (2003) encontrou uma densidade semelhante entre si não inferior a 7 indivíduos/ha e não superior a 12 indivíduos/ha.

A população de *C. minutus* é composta em sua maioria de indivíduos adultos, com uma pequena participação de subadultos e jovens (Gastal, 1994a; Fonseca, 2003), indicando alta territorialidade dos adultos forçando os jovens à dispersão (Gastal, 1994a). Segundo Gastal (1994a) a razão sexual entre os subadultos era desviada em favor dos machos, o que difere do encontrado por Fonseca (2003), no qual a razão sexual encontrada nas classes jovem e subadulto não são diferentes de 1:1. E a razão sexual entre os residentes era desviada em favor das fêmeas (Gastal, 1994a; Fonseca, 2003). Conforme Fonseca (2003), provavelmente essa alteração (subadulto e jovem 1:1 e adulto 1:2) ocorra devido a algum fator que favorece as fêmeas como a maior predação de machos subadultos durante a dispersão.

Segundo Gastal (1994a) os machos são mais pesados que as fêmeas e seus incisivos são mais largos, não apresentando diferenças significativa no comprimento total entre os sexos. No entanto, Fonseca (2003) encontrou a maior parte dos indivíduos com comprimento do corpo na faixa de 161 a 210 mm, sendo que os machos capturados possuem comprimento do corpo de 191 – 200 mm e as fêmeas entre 181 – 190 mm, indicando que esses tendem a alcançar maiores tamanhos que as fêmeas. Através da análise da relação peso e comprimento do corpo de machos e fêmeas, identificou-se uma tendência dos machos serem mais pesados que as fêmeas de mesmo tamanho, principalmente a partir de 150 mm de comprimento de corpo que também é o tamanho aproximado da 1^a- maturação, para os machos e, para as fêmeas é de 155 mm. As fêmeas prenhes concentram-se nas classes que apresentam comprimento do corpo entre 171 e 190 mm (Fonseca, 2003).

C. minutus possui hábito social tipicamente solitário (Gastal, 1994b; Fonseca, 2003), compartilhando os sistemas de galerias somente para a cópula e o cuidado das crias, que é realizado pelas fêmeas (Fonseca, 2003). Suas tocas são constituídas por um túnel principal e túneis secundários laterais. As aberturas das tocas são igualmente distribuídas em todas as direções na rosa dos ventos. E por isso, a aeração é associada, fundamentalmente, a localização destas em áreas abertas que apresentam alguma declividade. Quanto a área de vida, os machos são os que possuem as maiores, as quais estão ligadas a fatores como antiguidade do sistema. Além disso, os adultos residentes apresentam uma tendência à filopatria (Gastal, 1994b).

Ctenomys minutus apresenta reprodução em época preferencial de acasalamentos nos meses de inverno (início) e de nascimentos a partir do final do inverno e início da primavera, podendo, entretanto acontecer eventualmente ao longo de todo o ano, onde uma fêmea pode

reproduzir duas vezes no mesmo ano (Fonseca, 2003). Os indivíduos subadultos estão presentes em praticamente todas as épocas do ano, tendendo a ser mais frequente na primavera e verão (Fonseca, 2003). A época de recrutamento para a fase adulta ocorre durante os meses de outono, e no inverno a população está composta principalmente por adultos (Fonseca, 2003).

A seqüência obtida por Fonseca (2003) para o ciclo de vida de *C. minutus* sugere um tempo de gestação de aproximadamente três meses e de seis a sete meses para atingir a maturidade sexual, com cerca de 155 mm de comprimento do corpo, idade a partir da qual as fêmeas já apresentam evidências de atividade reprodutiva, podendo reproduzir mais de uma vez por ano. Possui um tamanho de ninhada, geralmente, de uma ou duas crias por nascimento. A idade estimada dos indivíduos mais velhos é de dois anos e seis meses, com alguns podendo chegar até pelo menos três anos.

1.1.2.4 *Ctenomys torquatus*

Ctenomys torquatus apresenta coloração marrom-avermelhada, dorsalmente, e cinza-amarelada, ventralmente, com pelos densos e finos (Silva, 1994). Esses animais habitam os campos abertos, arenosos ou semi-arenosos de pouca altitude no Rio Grande do Sul (Silva, 1994). As galerias situam-se a uma profundidade aproximada de 60 cm com diâmetro um pouco maior que o animal (Silva, 1994).

C. torquatus apresenta uma menor atividade no período mais quente e nas primeiras e últimas horas do dia, sendo que seu período de maior atividade concentra-se no período das 10h às 12h e das 14h às 18h, porém evidencia atividade noturna (Travi, 1983).

Segundo Travi (1983), em uma população da Estação Ecológica do Taim, RS as fêmeas de *C. torquatus* na época do acasalamento visitam os sistemas de túneis dos machos, devido ao maior tamanho corpóreo dos mesmos. O ninho é construído em uma das ramificações com capins e raízes, sendo que a fêmea pari de quatro a cinco filhotes (Silva, 1994). É uma espécie monoestra, com o nascimento dos filhotes ocorrendo após 67 dias de gestação nos meses de setembro a novembro após o inverno e quando existe maior abundância de vegetação. Indicando, assim que o acasalamento provavelmente ocorre entre junho e julho, período no qual as chuvas e o frio são mais frequentes (Travi, 1983). O surgimento dos subadultos ocorre a partir de janeiro e dos adultos em julho, apresentando nesse período uma proporção sexual de 1:1,2 (fêmeas) (Travi, 1983). São altamente sedentários, quando jovens e subadultos se deslocam para a periferia da colônia ou ocupam

um sistema de tocas abandonadas (Travi, 1983). As fêmeas possuem uma área de vida que varia de 10,8m² à 23m² (Travi, 1983). Alimentam-se de folhas, talos e raízes de plantas que encontram no local onde vivem (Travi, 1983; Silva, 1994). A entrada da galeria permanece fechada e só é aberta em curtos intervalos de tempo, com isso, as condições de temperatura e umidade permanecem constantes, porém o teor de oxigênio e gás carbônico pode ser alterado devido à atividade dentro da toca. A renovação dos gases é feita pelo ar que é filtrado através da terra tampão ou pelo abrir e fechar da toca (Silva, 1994).

1.2 Morfologia ecológica

Questões sobre o desenho natural dos organismos veem a muito tempo intrigado os cientistas e após muitas décadas de estudo surgiram duas linhas que emergiram de pesquisas sobre morfologia funcional, fisiologia e biomecânica. Uma atendeu a necessidade de observações e interpretações em relação ao funcionamento dos organismos em um relevante contexto ambiental e histórico. E a outra da necessidade de compreender as consequências ecológicas e evolutivas das formas dos organismos (Wainwright & Reilly, 1994).

A ecomorfologia é caracterizada por três objetivos distintos dentro da ecologia (1) estimativa de relações ecológicas entre espécies através de suas posições no espaço morfológico, possibilitando assim, inferências ecológicas a partir dos padrões morfológicos; (2) correlação entre ecologia e morfologia como uma forma de comprovar o objetivo anterior; (3) elucidação da relação funcional entre morfologia e ecologia e como é interposta pelo comportamento e performance do organismo (combinando estudos ecológicos com morfologia funcional) (Ricklefs & Miles, 1994).

A morfologia determina a variação ecológica do fenótipo, a qual pode determinar os limites ecológicos e geográficos de uma população, a coexistência de populações em comunidades locais, e representa também a relação entre os organismos e seus ambientes (Wainwright, 1994).

A ecomorfologia é baseada na premissa que o fenótipo fornece informação vantajosa sobre a relação entre ecologia e morfologia, a qual mostra expressões consistentes do resultado dos reajustes ecológicos e morfológicos entre ambiente e fenótipo (Wainwright, 1994). A correspondência entre ecologia e morfologia pode ser modificada pela variação no comportamento e na performance. Morfologias podem acentuar ou limitar a flexibilidade no etótipo (ethotype) (Wainwright, 1994).

1.2.1 Adaptações ecomorfológicas para escavação de tocas

Altuna (1983) concluiu que não existe variação da profundidade das tocas conforme a estação do ano, existem diferenças de comprimento entre o túnel principal e suas ramificações e que nas tocas de *C. pearsoni* situadas em locais arenosos a sua profundidade varia de 0,286 m a 0,442 m e em solo argiloso (9% de areia) apresenta média de $0,203 \pm 0,042$ m. As tocas de *Ctenomys* atingem em média uma profundidade que varia de 0,31m a 0,44m, sendo esta alterada pela presença de rochas, raízes e pela altura do lençol freático (Altuna *et al.*, 1992).

Segundo Comparatore *et al.* (1990), a textura e a dureza do solo aparentemente não são fatores limitantes na dispersão e ocupação de novas zonas dentro da área de distribuição de *C. talarum*. A distribuição agrupada da espécie pode estar correlacionada com fatores ambientais, como a presença de vegetação rasteira e umidade do solo, sendo um fator mais determinante em relação ao outro conforme a estação do ano. Também sugerem que o comportamento animal pode ser um fator que determina a distribuição dessa espécie.

Conforme Gallardo & Anrique (1991), a atividade de escavação dos túneis pode ser determinada pela textura do solo e as tocas de *Ctenomys maulinus brunneus* apresentam túneis em média com profundidade de 0,30m, podendo variar de 0,60m a 1,20m, valor esse encontrado em áreas arenosas e locais de ninhos.

Malizia *et al.* (1991), em uma área de simpatria entre *C. australis* e *C. talarum*, encontraram que *C. talarum* ocorre em áreas com alta biomassa vegetal e solos mais duros e *C. australis* fica restrito a áreas de pouca biomassa vegetal e solos menos compactos. Na tentativa de explicar esse fenômeno levantaram duas hipóteses: onde *C. talarum* é ausente das areias de dunas por exclusão por competição ou através da existência de um mecanismo de seleção de habitat, o qual pode provocar uma forte competição entre as espécies.

Segundo Antinuchi & Busch (1992), a granulométrica do solo afeta o diâmetro e a profundidade dos túneis de *C. talarum* e a umidade do solo está correlacionada com o comprimento dos túneis cavados (região de Mar Del Cobo, Buenos Aires – Argentina), onde apresentam comprimento médio de $13,8 \pm 7,5$ m, sendo este correlacionado com o número de túneis de alimentação, com a umidade do solo e com a biomassa das plantas subterrâneas. Já a profundidade varia de $0,137 \pm 0,041$ m a $0,399 \pm 0,092$ m apresentando uma correlação com o número de ramificações, com os grãos de areia grossos e médios e com a biomassa subterrânea das plantas. Os túneis ocupados por machos tendem a apresentar ramificações mais alongadas do que os sistemas de túneis das fêmeas. E o tipo de solo pode influenciar a arquitetura dos túneis como um mecanismo para compensar as diferenças entre o custo de escavação e a taxa de difusão dos gases.

Em um estudo de dureza e profundidade do solo com o uso de penetrômetro para este fim, as amostras com vegetação esparsa apresentam solos arenosos e profundos (dureza = $4,1 \pm 0,9 \text{ Kg/cm}^2$ e profundidade de $0,80 \pm 0,24 \text{ m}$), enquanto os solos com vegetação densa são solos mais compactos e pouco profundos (dureza = $29,3 \pm 8,1 \text{ Kg/cm}^2$ e profundidade de $0,57 \pm 0,27 \text{ m}$). *C. australis* e *C. talarum* em áreas de simpatria ocupam locais com diferentes tipos de solo e de vegetação. *C. australis* habita regiões com vegetação esparsa, solos profundos e arenosos, enquanto *C. talarum* ocorre em zonas de densa vegetação com solos mais rasos e compactos. Sazonalmente as espécies apresentam complementação em sua distribuição espacial, onde *C. australis* tem grande dispersão no inverno e primavera e uma restrição na sua distribuição no outono e verão, ocorrendo o contrário com *C. talarum*. Quanto a *C. talarum* não apresenta uma limitação na sua distribuição associada à dureza dos solos como *C. australis* (Comparatore *et al.*, 1992).

Em um estudo de especialização morfológica relacionada com o processo de escavação para roedores fossoriais pertencentes à Família Geomyidae (Lessa & Thaeler, 1989) constataram uma diferenciação quanto a especialização para escavação, entre os gêneros *Geomys*, *Thomomys* e *Cratogeomys*, os quais eram especializados em escavação com as garras, com os incisivos e/ou usando tanto as garras como os dentes respectivamente. Lessa & Thaeler (1989) correlacionaram esses dados com o substrato onde esses animais foram coletados e concluíram que o uso das garras para escavar estava relacionado a solos arenosos e o uso dos incisivos possibilitaria uma maior exploração de habitats. Esses roedores variam de formas tipicamente garra escavadoras para dentes - escavadores (Lessa & Thaeler, 1989; Lessa & Stein, 1992).

Lessa & Stein (1992) também estudaram a relação das restrições morfológicas em contexto histórico em roedores fossoriais da Família Geomyidae, concluindo que além dessa ampla variação morfológica para escavação com as garras e com os dentes, existe uma restrição morfológica entre usar a boca para a escavação e usar as patas. Também encontraram que a escavação com os dentes é uma função altamente conflitante com a mastigação, a qual em proporção é muito mais conflitante do que entre a locomoção e o uso do membro anterior para escavação. Esses reajustes são dominados por níveis diferentes de restrições morfológicas em suas modificações para escavação, onde ambos se originam em considerações estrutural e funcional. Para um dente escavador ser eficiente, precisa gerar uma força na extremidade do incisivo igual ou maior que a resistência do solo, onde a força externa é diretamente proporcional à força interna gerada pelos músculos da mandíbula e, sua alavanca interna deve ser inversamente proporcional à alavanca externa. Variações em

qualquer um desses três fatores (força interna, alavanca interna e alavanca externa) em princípio podem resultar em maior força externa para escavação. Ao ocorrer variação de algum desses fatores, podem, em princípio resultar em conflito com outras exigências funcionais da mandíbula. Tais restrições nas patas, também são observadas nas garras escavadoras, onde habilidades de escavação e locomoção estão em conflito potencial, uma vez que essas habilidades são caracterizadas por membros anteriores fortes, curtos e largas garras que facilitam a escavação, mas que, podem limitar uma locomoção rápida. Porém, para os mamíferos fossoriais isso não é tão importante pelo fato de passarem suas vidas no subsolo, não limitando as atividades de locomoção e não representando um nível tão acentuado de restrição como o descrito para a mandíbula (Lessa & Stein 1992).

Em um estudo com crânios de 23 espécies de *Ctenomys* caracterizou-se que a estrutura morfológica responsável pela variedade de formas dos crânios entre as espécies é o ângulo de procumbência do incisivo superior (AIP), ou seja, quanto os dentes incisivos são projetados para frente, o qual, é altamente variável nesse gênero. Além disso, devido à relação significativa entre o AIP e o comprimento do eixo craniano básico, tanto as espécies pequenas como as grandes possuem valores altos e baixos de AIP. Também existe uma relação entre baixos valores de AIP e solos arenosos quebradiços e altos valores de AIP e solos compactos, o que indica o uso dos dentes para escavação ser a forma mais indicada em solos mais resistentes. Segundo Mora *et al.*, (2003) os incisivos são capazes de resistir a grandes forças, portanto, apresentando forma mais curva, o que é indicado pela relação de alometria positiva entre a largura e a espessura dos incisivos (Mora *et al.*, 2003).

1.3 Características geológicas dos solos da região litorânea

A região litorânea do estado do Rio Grande do Sul é constituída por uma bacia sedimentar marginal aberta, denominada Bacia do Pelotas, a qual foi formada durante o Cenozóico, com origem nos eventos geotectônicos que levaram à fragmentação do continente do Gondwana e a abertura do Atlântico Sul. A porção mais superficial desta Bacia é denominada Planície Costeira do Rio Grande do Sul, uma região de terras baixas com área aproximada de 33.000 km² que se estende por uma distância de aproximadamente 620 km, desde a região de Torres, ao norte, até o Arroio Chuí, ao sul, atingindo em alguns pontos a largura de 100 km, constituindo-se na maior planície costeira do país. A carga sedimentar desta bacia é proveniente de duas fontes principais: na porção central e sul, de rochas ígneas e metamórficas do Escudo Uruguaio-Sul Rio-Grandense e ao norte de rochas sedimentares e

vulcânicas da Bacia do Paraná. A formação sedimentária desta planície aponta para a existência de dois sistemas principais com origens distintas: Um sistema de leques aluviais e uma série de sistemas do tipo barreira-laguna. O sistema de leques aluviais situa-se na porção ocidental da planície, adjacente às terras altas, sendo formado por sedimentos provenientes de rochas do escudo rio-grandense e da Bacia do Paraná. Ao centro e a leste da planície situam-se quatro sistemas do tipo barreira-laguna, cada um formado pela deposição de sedimentos em períodos de elevação do nível do mar. Estes sistemas deram origem à grande parte dos solos da região da planície, sendo também responsável pela formação dos lagos e lagoas próximos ao litoral. Segundo Tomazelli & Willcock (2000), este sistema é composto por sedimentos arenosos de origem marinha, recobertos por depósitos arenosos oriundos de deposição eólica. Os sedimentos de origem marinha, são compostos por areias quartzosas claras, finas, bem selecionadas e por estratificações bem desenvolvidas. As areias eólicas de cobertura, em alguns casos, apresentam coloração mais avermelhada, apresentando-se às vezes bioturbadas por raízes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Determinar as adaptações morfológicas e comportamentais das espécies.

Correlacionar as adaptações para o processo de escavação aos diferentes ambientes.

2.2 Objetivos Específicos

Verificar se existem diferenças morfológicas no crânio e na mandíbula entre *Ctenomys flamarioni*, *C. lami*, *C. minutus* e *C. torquatus*.

Verificar se existem diferenças morfológicas no crânio e na mandíbula entre machos e fêmeas adultos de *Ctenomys flamarioni*, *C. lami*, *C. minutus* e *C. torquatus*;

Descrever a seqüência de comportamentos durante o processo de escavação da toca para cada espécie;

Relacionar a morfologia do aparato de escavação ao substrato;

Verificar a existência de diferentes adaptações morfológicas entre machos e fêmeas adultos entre e dentro das espécies;

Verificar a existência de correlação entre a ecomorfologia e os demais dados biométricos inter e intra específicos;

Verificar a existência de correlação entre a ecomorfologia e o comportamento com a amplitude da distribuição geográfica e ambiental (habitats e solo) de cada espécie.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados ao total 246 crânios, mandíbulas e dentes incisivos de espécimes adultos de *Ctenomys flamarioni*, *C. lami*, *C. minutus* e *C. torquatus*, provenientes da coleção existente no laboratório de Citogenética do Departamento de Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Tabela 1). Estes animais foram coletados por Freitas e colaboradores, entre os anos de 1981 e 1995.

Tabela 1 - Número total de espécimes, separados em fêmeas e machos e por espécie em cada modelo utilizado, na Análise de Discriminante (CVA). E número total de espécimes, separados em fêmeas e machos em cada modelo utilizado na Análise de Componentes Principais (PCA).

CVA Espécies	Lessa & Thaeler, 1989			Lessa & Stein, 1992			Mora <i>et al.</i> , 2003			Todas as medidas utilizadas		
	Total	F	M	Total	F	M	Total	F	M	Total	F	M
<i>C. flamarioni</i>	37	25	13	37	25	13	37	24	13	37	24	13
<i>C. lami</i>	86	52	36	86	52	36	87	51	36	86	50	36
<i>C. minutus</i>	66	31	35	66	33	36	69	33	36	66	31	35
<i>C. torquatus</i>	53	38	16	53	38	16	53	37	16	53	37	16
Espécimes	242	146	100	242	148	101	246	145	101	242	142	100
PCA Sexos	Lessa & Thaeler, 1989			Lessa & Stein, 1992			Mora <i>et al.</i> , 2003			Todas as medidas utilizadas		
Fêmeas	146			148			145			142		
Machos	100			101			101			100		

3.1. Morfometria

Os crânios e mandíbulas e dentes incisivos foram mensurados utilizando-se paquímetro digital 0,01mm.

As variáveis foram às mesmas empregadas por Lessa & Thaeler (1989), Lessa & Stein (1992) e Mora *et al.*,(2003) conforme Tabela 1.

Tabela 2 – Variáveis morfológicas utilizadas e suas respectivas abreviações usadas no texto.

Estrutura morfológica	Abreviação
01 Comprimento total do crânio (mm)	CTO
02 Comprimento côndilobasilar do crânio (mm)	CBO
03 Largura do osso zigomático (mm)	LOZ
04 Largura do osso mastóide (mm)	LOM
05 Altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (mm)	PCNDM
06 Largura da constrição inter orbital (mm)	LCIO
07 Largura rostral (mm)	LR
08 Profundidade do rostro (mm)	PR
09 Comprimento vertical dos incisivos superiores (mm)	CVIS
10 Distância da extremidade do incisivo superior até a base do pré-molar (mm)	DEIBPM
11 Comprimento do diastema superior (mm)	CDS
12 Comprimento do diastema inferior (mm)	CDI
13 Comprimento do eixo craniano básico (mm)	CECB
14 Comprimento rostral (mm)	CR
15 Largura dos dentes incisivos superiores (mm)	LDIS
16 Largura dos dentes incisivos inferiores (mm)	LDII
17 Espessura dos dentes incisivos superiores (mm)	ED
18 Comprimento do osso zigomático (mm)	COZ
19 Metade do comprimento do osso zigomático (mm)	MCOZ OU MLM *
20 Largura da mandíbula (mm)	LM
21 Comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar (mm)	CDIEC
22 Alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula	INL
23 Comprimento da placa anterior da “fossa glenóide” (mm)	FG
24 Ângulo de procumbência superior;	APS
25 Ângulo de procumbência inferior;	API
26 Comprimento do eixo maior do côndilo articular (mm)	CEMCA
27 Largura do eixo menor do côndilo articular (mm)	LEMCA
28 Razão de procumbência superior;	RPS
29 Razão de procumbência inferior;	RPI
30 Distância da extremidade do incisivo inferior até a base do pré-molar (mm)	CDII ou ac
31 Comprimento vertical dos incisivos inferiores (mm)	CVII ou bc

Em itálico medidas lineares usadas para calcular o ângulo de procumbência inferior e superior, em negrito são dados obtidos através de cálculos matemáticos.

* medida usada para calcular o INL

Os ângulos e as razões foram obtidos de medidas morfológicas lineares conforme Tabela 2 e Figura 2. A alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL) foi calculado como sendo: Seno de 70 graus multiplicado pela metade do comprimento do osso zigomático.

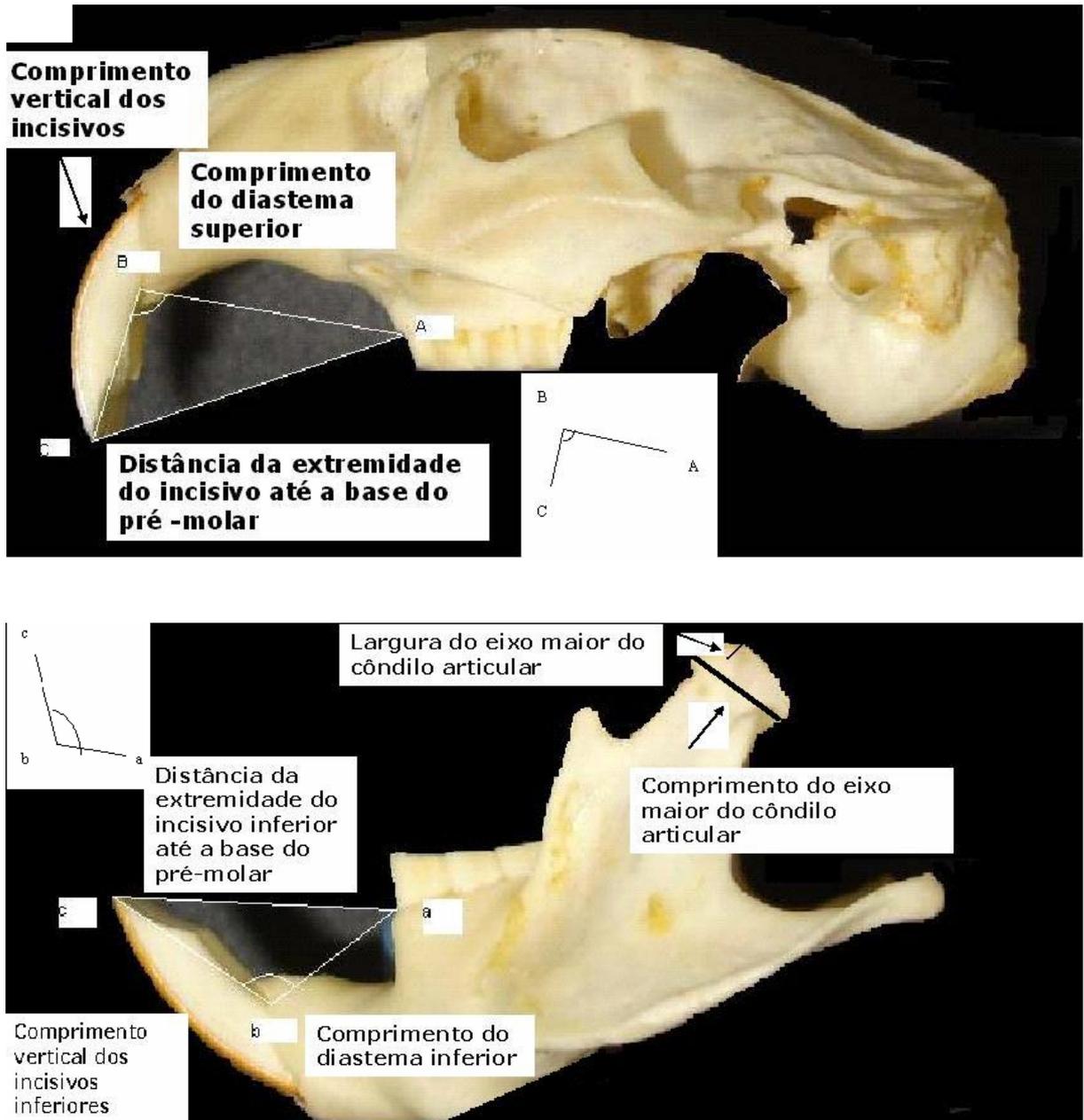


Figura 2 – Esquema das medidas lineares obtidas para os cálculos de trigonometria, medidas usadas para as procumbências dos incisivos. Os dados correspondem às distâncias AB, AC e BC para o crânio (a) e ab, ac e bc para a mandíbula (b). As medidas angulares foram obtidas por trigonometria (Lei dos Co-Senos), e as razões de procumbência superior RPS e inferior RPI, por logaritimização $RPS = \log(AC/AB)$ e $RPI = \log(ac/ab)$.

3.2. Análise dos dados

Foi utilizada a metodologia de análise multivariada para os dados morfológicos usando as técnicas de PCA (Análise dos Componentes Principais) e de Discriminante, assim

como ANOVA (análise da variância). Para estas análises foi utilizado o pacote estatístico NCSS 2000 (Number Cruncher Statistical System).

A análise de Discriminante foi usada para a confirmação da classificação em espécie, e a análise da variância de uma entrada ANOVA foi utilizada na tentativa de identificação das diferenças. Na análise de variância ANOVA foi utilizado o teste paramétrico Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test, para identificar as diferenças. O procedimento de Tukey é um complemento a ANOVA e visa identificar quais as médias que, tomadas duas a duas, diferem significativamente entre si. O método de Tukey protege os testes de um aumento no nível de significância devido ao grande número de comparações efetuadas (Callegari-Jacques, 2003).

Para testar a variação interespecífica de tamanho e forma foi utilizada uma matriz de correlação para análise de componentes principais (PCA) (Mora *et al.*, 2003).

Conforme Cadima & Jolliffe (1996), a separação das variações morfométricas em componentes principais estão relacionados ao tamanho e a forma. Vários estudiosos sugerem que o primeiro componente principal tem a função de ser uma medida do tamanho, e subseqüentemente, o segundo componente principal de uma PCA relaciona-se ao formato “forma” dos organismos estudados.

3.3 Caracterização do solo e resistência

Este item tem como objetivo apresentar uma descrição dos solos a serem analisados e algumas de suas características, bem como o programa de ensaios a ser executado para a determinação das propriedades mecânicas dos mesmos.

3.3.1 Localização dos solos relacionado à distribuição das espécies

Neste trabalho, foram analisados três solos arenosos distintos, localizados na região litorânea do estado do Rio Grande do Sul. Os solos a serem analisados, bem como o local de extração de unidades amostrais, foram selecionados com base na disponibilidade de material biológico das espécies estudadas. As amostras dos solos foram retiradas da Estação Ecológica do Taim, sendo uma da área de Dunas – Planície costeira externa e outra em campo – Planície costeira interna (sede da estação ecológica) e a outra na fazenda Webber localizada no município de Osório (RS), localizada próximo ao quilômetro 90 da rodovia RS – 030.

3.3.2 Descrição dos solos estudados

Em uma rápida análise preliminar, destacou-se a diferença de coloração entre os solos. Os solos apresentam a mesma formação geológica, segundo IBGE (2005) são classificados como Depósitos sedimentares inconsolidados Terciários e / ou Quaternários, com similar composição mineralógica original de grãos, tendo como principal diferença o grau de modificação dos grãos por intemperismo. Os solos arenosos foram coletados a uma profundidade aproximada de meio metro em relação à superfície natural do terreno. Como forma de citação aos materiais, a areia de ocorrência de *C. flamarioni* foi denominada areia de dunas, a areia de ocorrência de *C. lami* e *C. minutus* foi denominada de campo arenoso e a área de ocorrência de *C. torquatus* foi denominada de campo. Cabe salientar que devido às mesmas características de origem e o mesmo tipo de solo onde ocorre *C. minutus*, não houve necessidade no presente estudo de coleta da região de ocorrência natural de *C. lami* sendo utilizados os mesmo solos que *C. minutus*. Foram retiradas amostras indeformadas de ambos os solos em quantidade suficiente para a execução dos ensaios planejados. Nessas áreas de ocorrência e de amostragem, anteriormente foi identificado um local homogêneo e de ocorrência de tuqueiras (colônias de tuco-tucos).

As unidades amostrais foram coletadas em horários de pouco calor, as quais foram retiradas por meio de pás e acondicionadas em sacos plásticos especiais para amostragem, os quais foram mantidos vedados, a fim de manter as condições naturais de umidade do solo durante o transporte e posterior armazenamento em laboratório. Tomou-se o cuidado de remover possíveis materiais grosseiros presentes no material coletado, como detritos e raízes de gramíneas. Após a primeira escavação com pá de corte, foi realizada uma segunda escavação com uma profundidade de 5 a 10 cm com uma colher de pedreiro, onde esse material, e o que sobrou da escavação (sem vegetação) foram acondicionados em um saco plástico, o qual foi hermeticamente fechado. Após esse procedimento, o local de coleta não foi mais pisado ou pressionado, sendo medido a profundidade da escavação para a correta etiquetagem do material.

O anel para coleta das unidades amostrais indeformadas foi levemente untado com óleo (mínima quantidade possível) na borda que teve o primeiro contato com o solo e em suas laterais. Colocou-se o anel com uma leve pressão, ao redor dele cavou-se delicadamente, pressionando-se mais um pouco, cavando, e assim por diante, procedimento esse realizado até que o solo excedeu a parte superior do mesmo. Cada anel foi colocado aproximadamente a 10 cm de distância um do outro. Após foi retirado o anel e abaulou-se o excedente, deixando um pouco de solo para fora do anel tanto na parte superior como na inferior, sendo o mesmo coberto delicadamente com plástico filme e fechado hermeticamente dentro de saco plástico. O solo que foi retirado ao redor dos anéis, também foi colocado em um saco plástico transparente fechado hermeticamente e após colocado em um outro saco plástico também fechado hermeticamente. Todo o material foi colocado em uma caixa de madeira com serragem, colocando o anel dentro do saco com serragem a qual foi levemente umedecida. O solo coletado da segunda escavação, e o solo retirado ao redor dos anéis, também foram acondicionados desta maneira.

As unidades amostrais foram coletadas durante o mês de maio e julho de 2004, e fevereiro e maio de 2005, por inspeção visual verificou-se que as amostras coletadas nos períodos de maio de 2004 e maio de 2005 apresentavam altos teores de umidade, em função do período de chuvas, já as coletas realizadas nos meses de julho de 2004 e fevereiro de 2005 apresentavam baixo teor de umidade, em função do período de estiagem em que foram retiradas. Sendo armazenadas no Laboratório de Mecânica do Solo em câmaras especiais para manutenção da umidade e das características naturais do solo, com a posterior realização dos ensaios a seguir descritos.

3.3.3 Programa de ensaios

A execução dos ensaios previstos para este programa foi regida por normas brasileiras específicas para cada ensaio. Sendo também realizados ensaios com a finalidade de determinar a resistência ao cisalhamento das areias, usando-se para esse fim ensaios de cisalhamento direto. Esses foram escolhidos por propiciarem um melhor entendimento das características físicas do solo, as quais provavelmente estão ligadas à força seletiva do ambiente em relação às estruturas morfológicas. Além de fornecerem valores de resistência do substrato, esses testes podem ser interpretados com a força exercida pelas espécies para romperem o solo para a construção de suas tocas.

3.3.3.1 Ensaio de caracterização

Foi realizada inicialmente a determinação das seguintes propriedades dos solos: umidade natural de campo, análise granulométrica e peso específico dos grãos. A determinação da umidade natural de campo das amostras foi feita através de ensaio descrito pela norma brasileira NBR 6457/86 para obtenção de umidade de amostras de solo. Os ensaios granulométricos foram executados visando à obtenção da curva granulométrica das areias em estudo, com base na norma brasileira NBR 7181/88. A execução dos ensaios para determinação do peso específico dos grãos foi baseada na norma brasileira NBR 6508/84.

3.3.3.1.1 Análise Granulométrica

A análise granulométrica visou determinar a relação entre as dimensões das partículas e os seus percentuais, bem como a graduação destas no solo. Nos ensaios convencionais ela consiste em geral de duas fases: peneiramento (partículas com dimensões maiores que 0,074 mm segundo a NBR 7181) e sedimentação (partículas com dimensões menores que 2 mm segundo a mesma norma). Inicialmente foi realizada granulometria somente por peneiramento, sendo que após as análises iniciais de dados verificou-se a necessidade de realizar ensaios também com sedimentação.

3.3.3.1.2 Massa específica real dos grãos

A massa específica dos sólidos de um solo é função dos minerais constituintes e da percentagem de ocorrência de cada um deles nesse solo. Ela representa a média da massa específica dos constituintes que compõem a fase sólida do solo, incluindo minerais, compostos orgânicos, sais precipitados e materiais não cristalinos. É necessário o conhecimento da massa específica dos sólidos do solo para caracterizá-lo quanto aos valores de seus índices físicos em um dado instante. O seu valor quase não se altera com o tempo, pois é dependente dos minerais.

Neste trabalho a massa específica dos sólidos (ρ_s) foi obtida experimentalmente de acordo com a norma NBR 6508/84.

3.3.3.2 Ensaios para a determinação das propriedades mecânicas dos solos

3.3.3.2.1 Ensaios de Cisalhamento direto de solo indeformado e deformado

A ruptura dos solos é quase sempre um fenômeno de cisalhamento. A resistência ao cisalhamento de um solo pode ser definida como a máxima tensão de cisalhamento que o solo pode suportar sem sofrer ruptura ou a tensão de cisalhamento do solo no plano em que a ruptura estiver ocorrendo.

Para a realização do ensaio um corpo de prova do solo foi colocado parcialmente numa caixa de cisalhamento, ficando com sua metade superior dentro de um anel. Inicialmente foi aplicada uma força vertical N . Uma força tangencial T foi aplicada ao anel que contém a parte superior do corpo de prova, provocando seu deslocamento, ou um deslocamento é provocado, medindo-se a força suportada pelo solo. As forças T e N , divididas pela área da seção transversal do corpo de prova, indicam as tensões σ e τ que nele estão ocorrendo. A tensão τ pode ser representada em função do deslocamento no sentido do cisalhamento, onde se identificam a tensão de ruptura, τ_{\max} , e a tensão residual, que o corpo de prova ainda sustenta, após ultrapassada a situação de ruptura, τ_{res} (Pinto 2000).

3.3.3.2.2. Amostras remoldadas, indeformadas e procedimentos

O início do ensaio consiste em colocar uma amostra de solo, de formato cilíndrico, com dimensões de 6cm de diâmetro e 2cm de altura no interior de uma caixa bipartida. Para

facilitar a drenagem da água dos vazios do solo são colocadas duas pedras porosas no topo e na base da amostra. Sobre a amostra é aplicada uma tensão vertical σ_v , por meio de pesos e transmitida por meio de braços mecânicos e de uma placa rígida de distribuição de cargas. Aplica-se em seguida uma força tangencial T na amostra pelo deslocamento da parte inferior da caixa em relação à parte superior, a qual reage contra uma célula de carga responsável pela leitura da força cisalhante ocorrente no plano de ruptura da amostra.

Transdutores de deslocamento permitem a medição dos deslocamentos horizontal e vertical da amostra durante o ensaio. A força tangencial é aplicada até que ocorra a ruptura do solo, ou até um determinado nível de deslocamento horizontal entre as partes da amostra. Os ensaios de cisalhamento direto foram realizados em equipamento específico, modelo Wykeham Farrance, localizado no laboratório de mecânica dos solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Figura 3).



Figura 3 – Equipamento para ensaio de cisalhamento direto

Para os ensaios de cisalhamento direto foram previstos ensaios com amostras nas condições natural (indeformada), seca e inundada (remoldada) com a finalidade de avaliar a influência do teor de umidade nos parâmetros de resistência das areias. Cabe salientar que o solo de campo na condição natural também foi remoldado (esse ensaio foi realizado com amostra deformada, pelo fato da ausência de umidade natural, quando do momento da passagem do anel para a caixa de cisalhamento que se desestruturou, por isso, houve a necessidade de uma segunda coleta para o ensaio da condição natural indeformada). Foram executados ensaios com os três solos nas condições anteriormente descritas. Foram previstos ensaios de cisalhamento com três níveis de tensões normais correspondentes a três

profundidades: equivalentes a 0,25m, a 0,50m e a 1,50m de profundidade. Com isto, para cada nível de tensão normal e para cada tipo de solo foram executados nove ensaios de cisalhamento direto. Nas condições de estado seco, natural e inundado para cada uma das profundidades, perfazendo um total de 30 ensaios executados.

As amostras deformadas foram moldadas diretamente na caixa metálica bipartida e as indeformadas foram passadas dos anéis para a caixa de cisalhamento. O contato entre as partes da caixa foi lubrificado com silicone líquido para diminuir a influência do atrito entre as partes durante a etapa de cisalhamento. Todas as amostras remoldadas tiveram dimensões de 6cm de diâmetro e 2cm de altura e as indeformadas conforme dimensões dos anéis, os quais variaram entre esses valores.

Antes do início da moldagem foi tomada a massa da caixa de cisalhamento, a qual foi denominada MC. Após a moldagem dos corpos de prova foi tomada a massa da caixa juntamente com a massa do corpo de prova, a qual foi denominada MT. A massa do corpo de prova é dada pela diferença entre MT e MC. Os índices de vazios iniciais de cada amostra foram calculados de acordo com a expressão a. No caso das unidades amostrais em condições naturais de umidade de campo, estas, por serem indeformadas primeiramente tomava-se o peso do anel com o solo e após o peso do anel, obtendo-se assim a massa usada no corpo de prova.

$$e = \frac{\gamma_s \cdot V}{M_T - M_C} - 1$$

a

Onde: e é o índice de vazios, γ_s é o peso específico seco dos grãos, em gf/cm^3 , V é o volume do corpo de prova, em cm^3 , M_T é a massa do conjunto caixa-solo, em gf e M_C é a massa da caixa de cisalhamento, em gf . Como o volume do corpo de prova é constante para todos os ensaios remoldados, seu valor é fixo em $56,52\text{cm}^3$, valor esse que varia nas amostras indeformadas em função da capacidade de volume dos anéis. Todos os ensaios foram efetuados em duas fases. Na primeira fase, denominada fase de consolidação, foi aplicada a tensão vertical de ensaio na amostra por meio de um pendural metálico apoiado sobre um cabeçote localizado no topo do corpo de prova. Neste pendural foram posicionados pesos metálicos, calculados previamente para que a tensão normal fosse dada pela razão entre a somatória da carga do pendural e a área de seção transversal da amostra, nas amostras equivalentes à profundidade de 1,50m. Já para as outras duas profundidades não foi usado o

pendural, sendo colocados sobre o cabeçote os pesos metálicos correspondentes à pressão confinante exercida por essas profundidades, sendo o sensor diretamente posicionado sobre os pesos. Para a medição das deformações verticais nesta etapa foi posicionado um transdutor de deslocamento do tipo LVDT no topo do pendural, ou cabeçote. Por se tratar de solos arenosos, o tempo de adensamento era muito curto, da ordem de alguns minutos. Para todos os ensaios de cisalhamento realizados foi estipulado um tempo mínimo de 20 minutos para esta fase do ensaio, ou superior caso fosse necessário, até que os deslocamentos verticais se tornassem estáveis.

A segunda fase do ensaio é denominada fase de cisalhamento, durante a qual o corpo de prova é levado à ruptura pelo deslocamento relativo entre as duas partes da caixa de cisalhamento. A duração desta etapa é dependente da velocidade relativa de deslocamento entre as partes da caixa, a qual é fixada por meio de um sistema de engrenagens do equipamento. Para todos os ensaios realizados a velocidade de deformação foi estipulada em 0,00144 in/h. A velocidade de deslocamento deve ser suficiente para permitir a drenagem da amostra, sem geração de excesso de poro-pressão. A preparação da etapa de cisalhamento ocorre com o posicionamento da célula de carga e de um transdutor de deslocamento na posição horizontal, para leitura das deformações horizontais, ambos em contato direto com a caixa de cisalhamento. Para os ensaios na condição inundada, antes da etapa de cisalhamento, foi feito o preenchimento da caixa de cisalhamento com água destilada até que toda a amostra ficasse submersa. Foi tomado um tempo até que o nível d'água e o volume de água nos vazios da amostra ficassem estáveis. A leitura de dados foi feita automaticamente por meio de transdutores e célula de carga conectados a um computador. A célula de carga foi responsável pela medição da carga no plano de ruptura e os transdutores de deslocamento foram responsáveis pela leitura dos deslocamentos vertical e horizontal durante o ensaio. A tensão cisalhante no plano de ruptura foi calculada a partir da leitura da célula de carga e da área de seção transversal da amostra. Para fins de cálculo de tensões foi feita a correção de área em função do deslocamento horizontal da amostra. Os dados foram transmitidos até um computador, onde foram interpretados e armazenados por meio do software HP-VEE.

3.4 Comportamento

O comportamento de abrir tocas não foi utilizado como resultado em si mas, forneceu indícios de como o animal inicia um túnel, ou seja, se, com os dentes, ou com as patas dianteiras. Para isso três espécies, *C. minutus*, *C. flamarioni* e *C. torquatus* foram observados

em alguns de seus locais de ocorrência natural (Município de Osório, Estação Ecológica do TAIM e Santo Amaro do Sul respectivamente, todos no RS) . *Ctenomys lami* como habita uma região similar a *C. minutus* não foi observado. Assim para obtenção dos dados iniciais de comportamento, os exemplares foram coletados na natureza com o auxílio de armadilhas Oneida Victor n° 0 e colocados em uma área adjacente semelhante ao local de coleta. Seu comportamento inicial de escavação foi filmado com a presença do observador e posteriormente analisado, através do método *ad libitum* as seguintes categorias comportamentais:

- Cava com as garras;
- Cava com os incisivos;
- Cava com as garras e incisivos.

4. RESULTADOS

4.1 Análise dos Componentes Principais entre as espécies (Lessa & Thaeler, 1989)

Analisando-se machos e fêmeas de toda a amostra com as medidas utilizadas por Lessa & Thaeler (1989) foi evidenciado que os 242 exemplares foram separados em machos e fêmeas pelo primeiro componente principal PC1 (Figura 4). Isso determinou que fosse feita uma análise separando machos e fêmeas.

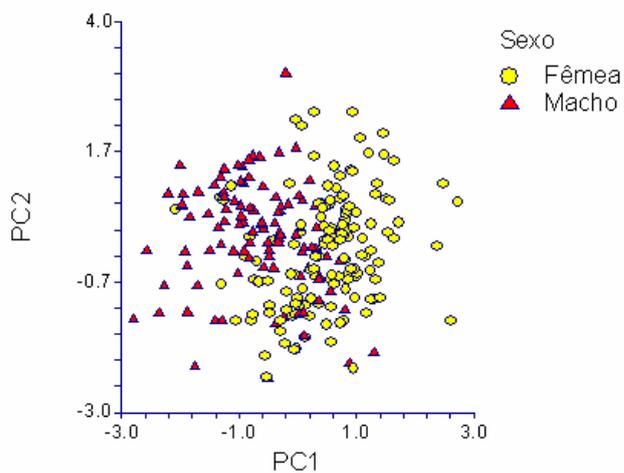


Figura 4 - Análise das Componentes Principais PCA segundo a metodologia de Lessa & Thaeler, 1989 para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*, mostrando o dimorfismo sexual.

4.1.1 Análise dos Componentes Principais para fêmeas

O primeiro componente principal PC1 incluiu as seguintes variáveis: largura do osso zigomático (LOZ), altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM), largura rostral (LR), comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), comprimento total do crânio (CTO), largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), largura da constrição inter orbital (LCIO), largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA), largura do osso mastóide (LOM), razão de procumbência superior (RPS), comprimento da placa anterior da “fossa glenóide” (FG) e ângulo de procumbência superior (APS). E o segundo componente principal (PC2) foi explicado pelo ângulo de procumbência superior (APS), razão de procumbência superior (RPS), largura do osso mastóide (LOM), comprimento total do crânio (CTO) e comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), e o terceiro componente principal PC3 foi explicado pela razão de procumbência inferior (RPI) e comprimento do eixo maior do côndilo articular (CEMCA), conforme Tabela 3.

Todas as variáveis para o PC1 possuem o mesmo sinal, para o PC2, observa-se oposição entre comprimento total do crânio (CTO), comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), largura do osso zigomático (LOZ), largura do osso mastóide (LOM) e comprimento do eixo maior do côndilo articular (CEMCA) em relação ao ângulo de procumbência superior (APS), à razão de procumbência superior (RPS), ao ângulo de procumbência inferior (API), à largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA), à largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), à largura dos dentes incisivos inferiores (LDII) e à razão de procumbência inferior (RPI) conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais das fêmeas das quatro espécies de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	PCs		
	PC1	PC2	PC3
CTO - comprimento total do crânio	0,816527	-0,419337	0,114358
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,841306	-0,402012	0,104210
LOZ - largura do osso zigomático	0,910642	-0,261612	0,059594
LOM - largura do osso mastóide	0,638648	-0,442229	0,395759
PCNDM - altura do crânio até o nível dos dentes molariformes	0,908968	-0,091525	0,013095
LCIO - largura da constrição inter orbital	0,740591	0,115434	0,026640
LR - largura rostral	0,896901	0,104223	-0,065563
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0,801456	0,132085	-0,153014
LDII - largura dos dentes incisivos inferiores	0,829267	0,205178	-0,192519
FG - comprimento da placa anterior da “fossa glenóide”	0,439818	0,053461	-0,273349
APS - ângulo de procumbência superior	0,408323	0,728279	0,248065
API - ângulo de procumbência inferior	0,204964	0,393167	0,297232
CEMCA - comprimento do eixo maior do côndilo articular	0,353932	-0,242893	-0,583715
LEMCA - largura do eixo menor do côndilo articular	0,664484	0,253804	-0,053318
RPS - razão de procumbência superior	0,468666	0,719900	0,100605
RPI - razão de procumbência inferior	0,038437	0,206849	-0,669371
Autovalor	7,310906	2,065858	1,276117
Percentagem	45,69 %	12,91 %	7,98 %
Percentagem acumulada	45,69 %	58,60 %	66,58 %

Os três primeiros componentes principais resumiram 66,58% da informação obtida de 146 fêmeas, onde o PC1 foi responsável por 45,69% com alta correlação com quase todas as variáveis. O PC2 foi responsável por 12,91% e o PC3 7,98 % conforme Tabela 3.

A Figura 5a mostra de forma gráfica que *C. torquatus* se diferencia nitidamente de *C. flamarioni* para o segundo componente principal. Observa-se que para esse eixo existe uma tendência a aparecer nos dois extremos *C. flamarioni* e *C. torquatus*, passando por uma forma intermediária de *C. lami* e *C. minutus* os quais apresentam medidas ora com tendência a um extremo ora a outro conforme Figura 5. Cabe salientar que apesar do PC3 fornecer evidências estatísticas de separação de algumas espécies, esse mesmo padrão não pode ser visualizado na forma gráfica (Figura 5b).

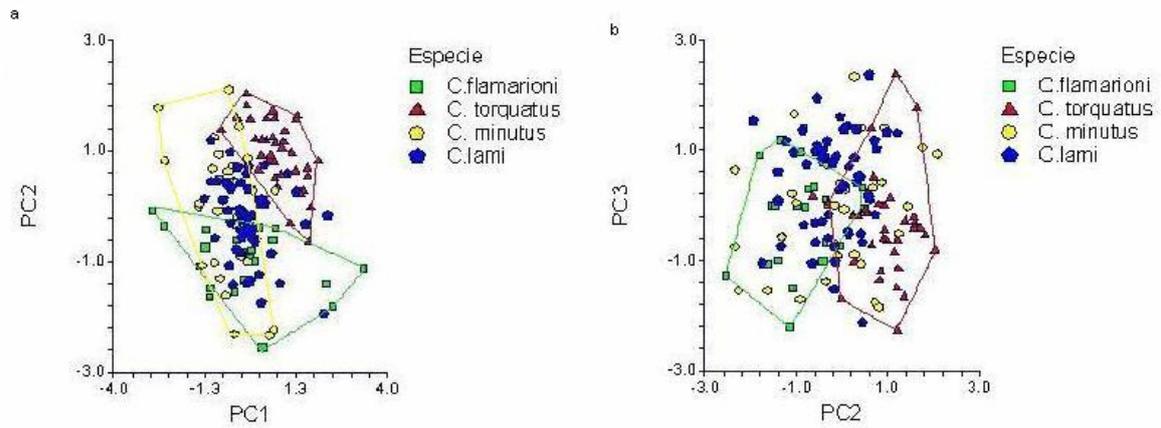


Figura 5 – Gráfico com os escores plotados da Análise de Componentes Principais PCA segundo a metodologia de Lessa & Thaler, 1989, onde: a – PC1 x PC2; b – PC2 x PC3.

4.1.1.1 Análise de variância

Na análise (ANOVA) de uma entrada para PC1 feita somente para fêmeas ($F=15,74$; $P=0,0001$) encontrou-se que *C. torquatus* é estatisticamente diferente das demais espécies, *C. minutus* e *C. lami* apresentam tamanhos diferentes e *C. flamarioni* só tem tamanho diferente de *C. torquatus*, apresentando mesmo tamanho em relação às outras duas espécies, conforme Figura 6 e Tabela 4.

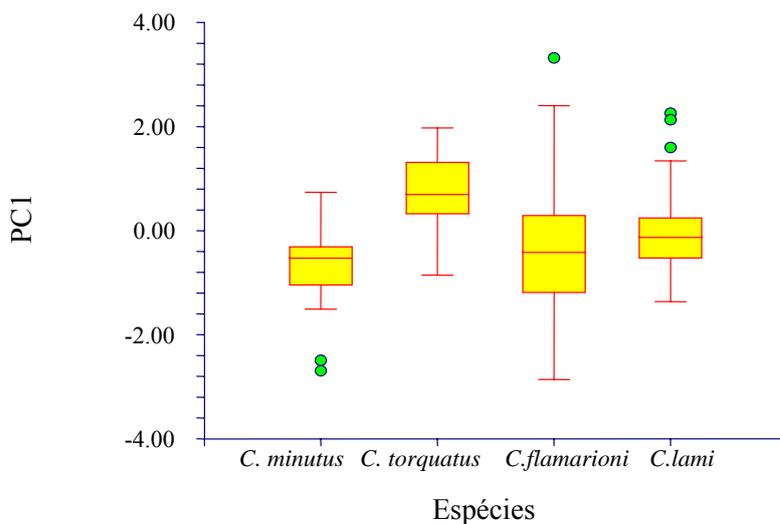


Figura 6 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC1 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.

Tabela 4 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (APC) para o segundo componente principal (PC1) das 146 fêmeas de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. minutus</i>	31	-0.6588668	<i>C.lami</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C.flamarioni</i>	25	-0.2275033	<i>C. torquatus</i>
<i>C.lami</i>	52	-4.534703E-02	<i>C. minutus</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. torquatus</i>	38	0.7492236	<i>C. minutus</i> , <i>C.flamarioni</i> , <i>C.lami</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=142 MSE=0,7662753 Critical Value=3,633169			

Na Tabela 5 observa-se que na mesma análise para PC2 também ocorreu a rejeição da hipótese de igualdade ($F=27,72$; $P=0,0001$), sendo *C. torquatus* e *C. flamarioni* estatisticamente diferentes entre si e das demais espécies, *C. minutus* e *C. lami* apresentam a mesma forma conforme Figura 7.

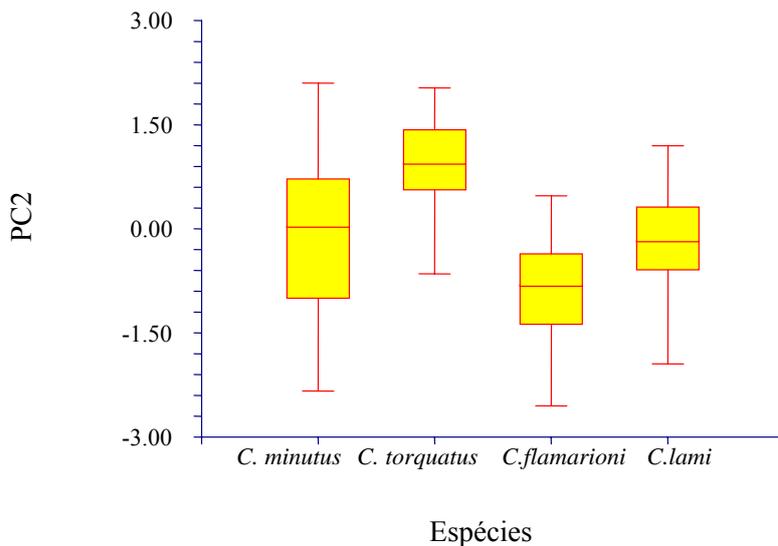


Figura 7 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC2 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.

Tabela 5 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (APC) para o segundo componente principal (PC2) das 146 fêmeas de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C.flamarioni</i>	25	-0.8374658	<i>C.lami</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C.lami</i>	52	-0.2326397	<i>C.flamarioni</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. minutus</i>	31	-7.711476E-02	<i>C.flamarioni</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. torquatus</i>	38	0.9322228	<i>C.flamarioni</i> , <i>C.lami</i> , <i>C. minutus</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=142 MSE=0,6439727 Critical Value=3,633169			

4.1.2 Análise dos Componentes Principais para machos

O primeiro componente principal PC1 incluiu as seguintes variáveis, destacando-se: largura do osso zigomático (LOZ), altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM), largura rostral (LR), comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), comprimento total do crânio (CTO), largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), largura do osso mastóide (LOM), largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), largura da constrição inter orbital (LCIO), comprimento da placa anterior da “fossa glenóide” (FG), comprimento do eixo maior do côndilo articular (CEMCA) e largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA), ocorrendo oposição de sinal com o ângulo de procumbência superior (APS). E o segundo componente principal (PC2) foi explicado pelo ângulo de procumbência superior (APS), pela razão de procumbência superior (RPS), pelo ângulo de procumbência inferior (API) e pela largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA), e o terceiro componente principal PC3 foi explicado pela razão de procumbência inferior (RPI), conforme Tabela 6

Os três primeiros componentes principais resumiram 65,81% da informação obtida de 100 machos, onde o PC1 foi responsável por 43,94%, o PC2 foi responsável por 13,74% e o PC3 8,12 % da informação retida nos eixos conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais dos machos das quatro espécies de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	PCs		
	PC1	PC2	PC3
CTO - comprimento total do crânio	0,848099	-0,371064	0,134461
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,857763	-0,350982	0,099794
LOZ - largura do osso zigomático	0,931387	-0,132836	0,107719
LOM - largura do osso mastóide	0,758119	-0,231905	0,346814
PCNDM - altura do crânio até o nível dos dentes molariformes	0,930956	-0,046185	0,026519
LCIO - largura da constrição inter orbital	0,658650	0,144053	0,246650
LR - largura rostral	0,916815	0,072548	-0,126027
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0,801835	0,187375	-0,252402
LDII - largura dos dentes incisivos inferiores	0,755228	0,212765	-0,365741
FG - comprimento da placa anterior da “fossa glenóide”	0,507632	0,173843	-0,079011
APS - ângulo de procumbência superior	<u>-0,012340</u>	0,802619	0,396707
API - ângulo de procumbência inferior	0,170051	0,491692	0,058988
CEMCA - comprimento do eixo maior do côndilo articular	0,480613	-0,137092	-0,044205
LEMCA - largura do eixo menor do côndilo articular	0,433842	0,408918	-0,083391
RPS - razão de procumbência superior	0,249434	0,800700	0,092656
RPI - razão de procumbência inferior	0,105037	0,121548	-0,824520
Autovalor	7,030829	2,198909	1,299242
Percentagem	43,94 %	13,74 %	8,12 %
Percentagem acumulada	43,94 %	57,69 %	65,81 %

A Figura 8a mostra de forma gráfica que *C. torquatus* se diferencia nitidamente de *C. flamarioni* para o segundo componente principal. E apesar do PC3 fornecer evidências estatísticas de separação de algumas espécies, esse mesmo padrão não pode ser visualizado na forma gráfica.

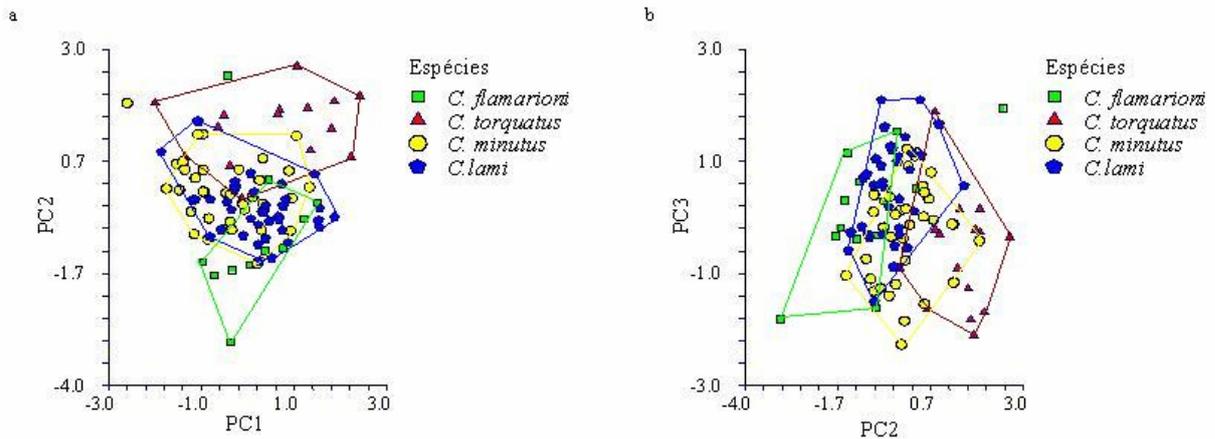


Figura 8 – Gráfico com os escores da Análise de Componentes Principais PCA segundo a metodologia de Lessa & Thaeler, 1989, onde: a - PC1 x PC2; b – PC2 x PC3.

4.1.2.1 Análise de variância

A análise de ANOVA forneceu um $F=4,34$ e um $P=0,006$, rejeitando a hipótese de igualdade entre as espécies (Figura 9).

Observa-se na Tabela 7 que a média de tamanho geral dos machos apresenta diferenças significativas entre *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*, sendo *C. minutus* diferente de *C. lami* e de *C. torquatus*. E *C. flamarioni* não apresenta diferenças significativas em relação às demais espécies.

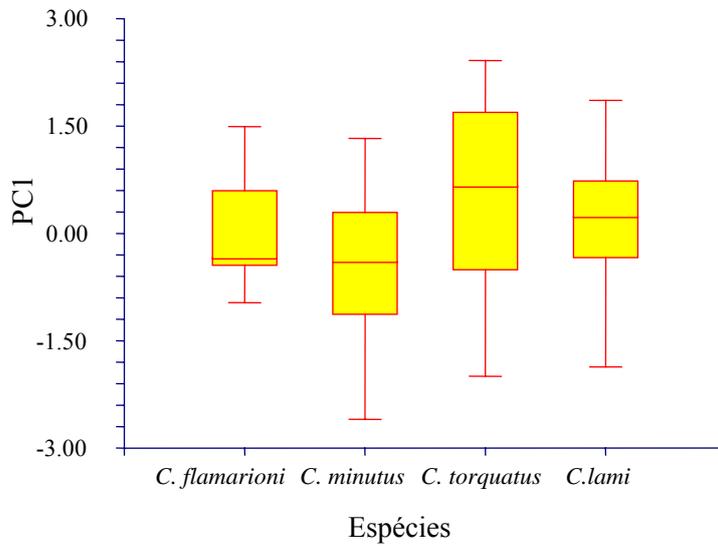


Figura 9 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC1 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.

Tabela 7 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (APC) para o primeiro componente principal (PC1) dos 100 machos de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. minutus</i>	35	-0,4369939	<i>C.lami. C. torquatus</i>
<i>C. flamarioni</i>	13	4,405351E-02	
<i>C.lami</i>	36	0,1930839	<i>C. minutus</i>
<i>C. torquatus</i>	16	0,4856919	<i>C. minutus</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=96 MSE=0,9080684 Critical Value=3,697631			

Na mesma análise feita para o PC2 ($F=22,16$; $P = 0,0001$) também ocorreu à rejeição da hipótese de igualdade, sendo *C. torquatus* estatisticamente diferente das demais espécies, *C. minutus* e *C. lami* apresentam a mesma forma e *C. flamarioni* é diferente de *C. minutus* e *C. torquatus*, apresentando mesmo tamanho em relação a *C. lami*, conforme Figura 10 e Tabela 8.

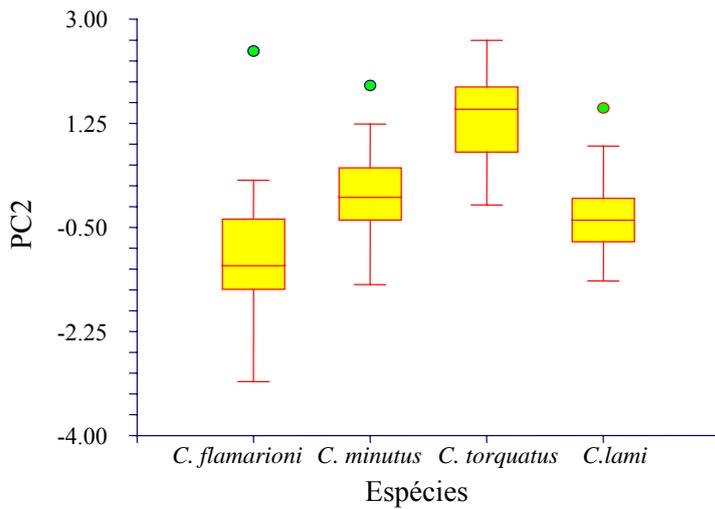


Figura 10 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC2 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.

Tabela 8 Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (APC) para o segundo componente principal (PC2) dos 100 machos de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. flamarioni</i>	13	-0.8491309	<i>C. minutus</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. lami</i>	36	-0.3309627	<i>C. torquatus</i>
<i>C. minutus</i>	35	6.137151E-02	<i>C. flamarioni</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. torquatus</i>	16	1.300335	<i>C. flamarioni</i> , <i>C. lami</i> , <i>C. minutus</i>

Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=96 MSE=0,6093505 Critical Value=3,697631

Na análise da variância (ANOVA de uma entrada) para PC3 obteve-se um $F= 6,93$; $P = 0,000286$ rejeitando a hipótese de igualdade (Figura 11).

Observa-se na Tabela 9 que *C. lami* é diferente de *C. torquatus*, e de *C. minutus*.

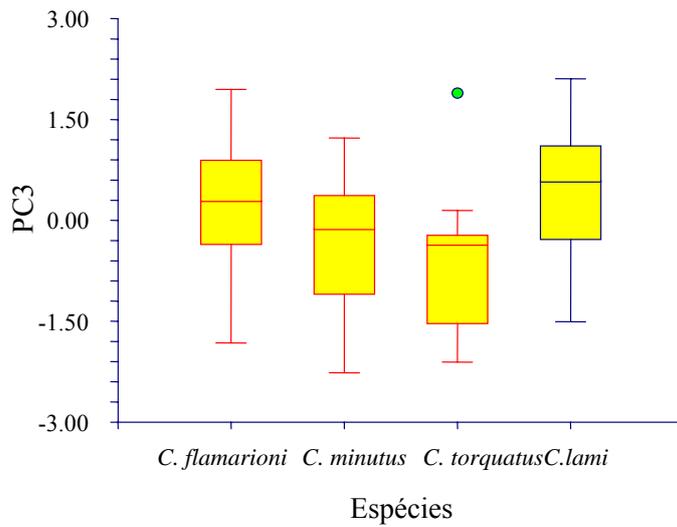


Figura 11 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC3 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.

Tabela 9 Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (APC) para o terceiro componente principal (PC3) dos 100 machos de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. torquatus</i>	16	-0.6164961	<i>C. lami</i>
<i>C. minutus</i>	35	-0.2731615	<i>C. lami</i>
<i>C. flamarioni</i>	13	0.1334834	
<i>C. lami</i>	36	0.4913696	<i>C. torquatus</i> , <i>C. minutus</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=96 MSE=0,8477469 Critical Value=3,697631			

4.1.3 Análise de discriminantes

O primeiro eixo canônico foi significativo quando analisado para os 242 espécimes (Wilk's Lambda = 0,1056; $P < 0,0001$ - Tabela 10 e Figura 12a). E o segundo eixo canônico não se mostrou significativo (Wilk's Lambda = 0,40; $P < 0,0001$ - Tabela 10 e Figura 12a).

Tabela 10 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 242 espécimes de *Ctenomys*.

Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l Pcnt	Total Pcnt	Canon Corr	Canon Corr2	Numer F-Value	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	2,787884	69,3	69,3	0,8579	0,7360	15,6	48,0	0,0000	0,105651
2	0,964260	24,0	93,2	0,7006	0,4909	8,7	30,0	0,0000	0,400195
3	0,272125	6,8	100,0	0,4625	0,2139	4,4	14,0	0,0000	0,786086

Na função discriminante 19,8% foram classificados erroneamente, em relação aos 242 espécimes que formam a amostra (Tabela 11), onde o maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. minutus* e *C. lami*, onde dos 86 exemplares previamente identificados como *C. lami*, 12 foram novamente classificados pela função discriminante como *C. minutus* fornecendo assim um erro de 13,95% na separação inicial em espécies e os 66 espécimes previamente classificados em *C. minutus*, nove, ou seja 13,64% eram *C. lami*, bem como 9,09% (seis) eram *C. flamarioni*.

Tabela 11 - Agrupamento por distância de CVA para os 242 espécimes de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Actual	Classificação prévia				Total
	<i>C. flamarioni</i>	<i>C. lami</i>	<i>C. minutus</i>	<i>C. torquatus</i>	
<i>C. flamarioni</i>	35	0	1	1	37
<i>C. lami</i>	2	72	12	0	86
<i>C. minutus</i>	6	9	47	4	66
<i>C. torquatus</i>	0	1	0	52	53
Total	43	82	60	57	242

Para esta análise, o gráfico de CVA para as fêmeas teve o primeiro eixo canônico significativo (Wilk's Lambda = 0,048; $P < 0,0001$ - Tabela 12 e Figura 12b) e o segundo eixo canônico não se mostrou muito significativo (146, Wilk's Lambda = 0,2258; $P < 0,0001$ - Tabela 12 e Figura 12b).

Tabela 12 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para as 146 fêmeas de *Ctenomys*.

Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l Pcnt	Total Pcnt	Canon Corr	Canon Corr2	F-Value	Numer DF	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	3,667895	61,0	61,0	0,8864	0,7858	13,9	48,0	378,5	0,0000	0,04838
2	1,723614	28,6	89,6	0,7955	0,6328	9,4	30,0	256,0	0,0000	0,22584
3	0,625743	10,4	100,0	0,6204	0,3849	5,8	14,0	129,0	0,0000	0,61510

Na função discriminante 11,9% foram classificados erroneamente, em relação às 146 fêmeas que formam a amostra (Tabela 13), onde o maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. minutus*, *C. lami* e *C. flamarioni*, onde dos 31 exemplares previamente identificados como *C. minutus*, três foram novamente classificados pela função discriminante como *C. lami* e três como *C. flamarioni* fornecendo assim um erro de 9,68% na separação inicial em espécies e as 52 espécimes previamente classificados em *C. lami*, 4, ou seja 7,69% eram *C. minutus*. E das 25 espécimes identificadas como *C. flamarioni* duas (8%) foram reclassificadas em *C. lami* e uma (4%) em *C. torquatus*.

Tabela 13 - Agrupamento por distância de CVA para 146 fêmeas de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Atual	Classificação prévia				Total
	<i>C. minutus</i>	<i>C. torquatus</i>	<i>C. flamarioni</i>	<i>C. lami</i>	
<i>C. minutus</i>	25	0	3	3	31
<i>C. torquatus</i>	0	38	0	0	38
<i>C. flamarioni</i>	0	1	22	2	25
<i>C. lami</i>	4	0	0	48	52
Total	29	39	25	53	146

Para a análise por sexo, o gráfico de CVA para os machos teve o primeiro eixo canônico significativo (Wilk's Lambda = 0,09; $P < 0,0001$ - Tabela 14 e Figura 12c).

O segundo eixo canônico não se mostrou significativo (100, Wilk's Lambda = 0,336; $P < 0,0001$ - Tabela 14 e Figura 12c).

Tabela 14 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 100 machos de *Ctenomys*.

Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l Pcnt	Total Pcnt	Canon Corr	Canon Corr2	F-Value	Numer DF	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	2,711574	63,8	63,8	0,8547	0,7306	6,2	48,0	241,7	0,0000	0,09122
2	1,189321	28,0	91,8	0,7370	0,5432	3,9	30,0	164,0	0,0000	0,33860
3	0,348957	8,2	100,0	0,5086	0,2587	2,1	14,0	83,0	0,0219	0,74131

Na função discriminante 18,7% foram classificados errados em relação aos 100 machos que formam a amostra (Tabela 15), onde o maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. minutus*, *C. lami* onde dos 35 exemplares previamente identificados como *C. minutus*, seis foram novamente classificados pela função discriminante como *C. lami*, dois como *C. torquatus* e um como *C. flamarioni* fornecendo assim um erro de 17,14%, 5,71% e 2,86% respectivamente na separação inicial em espécies e os 36 espécimes previamente classificados em *C. lami*, três, ou seja, 8,33% eram *C. minutus*. E dos 13 espécimes identificadas como *C. flamarioni* um (7,69%) foi reclassificado em *C. lami* e dos 16 espécime de *C. torquatus* um (6,25%) em *C. minutus*.

Tabela 15 - Agrupamento por distância de CVA para os 100 machos de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Atual	Classificação prévia				Total
	<i>C. flamarioni</i>	<i>C. minutus</i>	<i>C. torquatus</i>	<i>C. lami</i>	
<i>C. flamarioni</i>	12	0	0	1	13
<i>C. minutus</i>	1	26	2	6	35
<i>C. torquatus</i>	0	1	15	0	16
<i>C. lami</i>	0	3	0	33	36
Total	13	30	17	40	100

4.1.3.1 Análise de variáveis canônicas

O primeiro eixo canônico separa nitidamente *C. torquatus* dos demais tanto na análise sem distinção de sexo como nas análises realizadas para fêmeas e machos (Figura 12). Na figura 12a observa-se uma tendência a formar três grupos tendo como intermediário *C. minutus* e agrupando *C. lami* com *C. flamarioni*. Já na Figura 12b existe uma maior tendência em agrupar *C. minutus* com *C. flamarioni*, estando *C. lami* com tendência a se separar um pouco. E na Figura 12c também ocorre à formação de três grupos com *C. minutus* agrupado com *C. lami*, nesse gráfico fica possível visualizar um gradiente passando por *C. flamarioni*, *C. minutus* e *C. lami* (juntos) até chegar a *C. torquatus*.

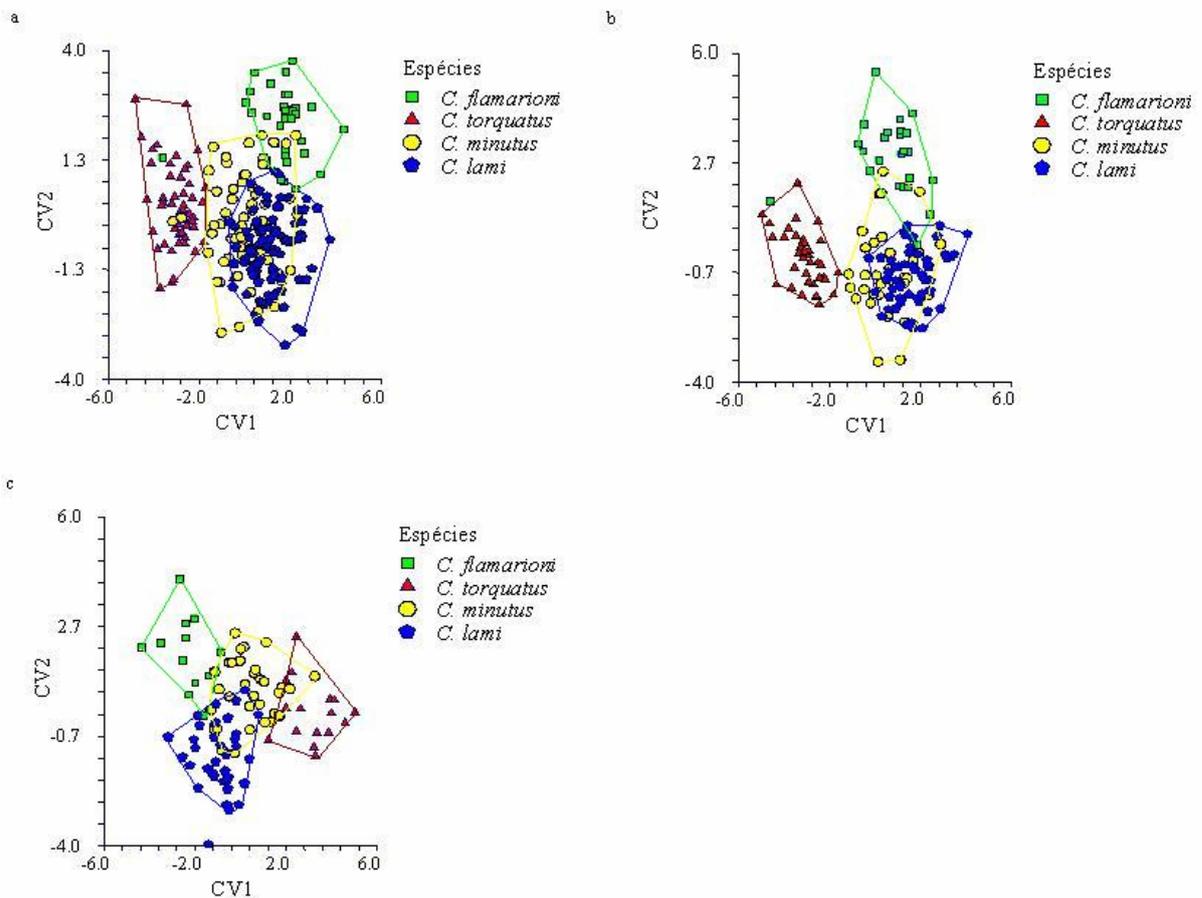


Figura 12 – Gráfico com os escores dos dois primeiros eixos canônicos através da análise de variáveis canônicas (CVA) para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*. Conforme a metodologia de Lessa & Thaeler, 1989, onde: a – todos os exemplares; b – fêmeas; c – machos.

Conforme Tabela 16 a separação visualizada pelo primeiro escore foi resultado da iteração das 16 variáveis, apresentando correlações com esse eixo a largura do osso mastóide (LOM) e o comprimento total do crânio (CTO), as quais são inversamente proporcionais as demais medidas morfológicas, tendo maior expressão à largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), seguido da largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA) e do ângulo de procumbência superior (APS). Variáveis responsáveis pela nítida separação de *C. torquatus* das demais espécies (Figura 12a).

No segundo escore existe a oposição de sinal da altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM), da largura da constrição inter orbital (LCIO), da largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA) e da razão de procumbência superior (RPS) em relação a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), a largura dos dentes incisivos inferiores (LDII) e ao comprimento do eixo maior do côndilo articular (CEMCA).

Tabela 16 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para os 242 espécimes de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	Escore Canônico		
	1	2	3
CTO - comprimento total do crânio	0,111011	-0,046992	0,420427
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,074871	-0,012929	0,280544
LOZ - largura do osso zigomático	-0,005680	0,062171	0,407504
LOM - largura do osso mastóide	0,154747	0,014250	0,346864
PCNDM - altura do crânio até o nível dos dentes molariformes	-0,098205	-0,178403	0,309534
LCIO - largura da constrição inter orbital	-0,142311	-0,342995	0,151079
LR - largura rostral	-0,175056	0,009878	0,405688
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	-0,220862	0,158900	0,413426
LDII - largura dos dentes incisivos inferiores	-0,334044	0,166518	0,321622
FG - comprimento da placa anterior da "fossa glenóide"	-0,082816	-0,058158	-0,175916
APS - ângulo de procumbência superior	-0,259694	-0,099764	0,272511
API - ângulo de procumbência inferior	-0,187752	-0,067234	0,262475
CEMCA - comprimento do eixo maior do côndilo articular	-0,047815	0,170624	-0,008053
LEMCA - largura do eixo menor do côndilo articular	-0,276246	-0,148617	0,371840
RPS - razão de procumbência superior	-0,234016	-0,150878	0,245295
RPI - razão de procumbência inferior	-0,080817	-0,033206	-0,058042

Conforme Tabela 17 quando analisado separadamente por sexo observa-se que as variáveis estudadas apresentam oposição da largura do osso mastóide (LOM), comprimento total do crânio (CTO) e comprimento côndilobasilar do crânio (CBO) com as demais medidas. As variáveis mais significativas para as fêmeas foram à largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), à largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), à largura rostral (LR), à largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA) e o ângulo de procumbência superior (APS). Sendo essas responsáveis pela separação total das fêmeas de *C. torquatus* das demais espécies (Figura 12b).

No segundo escore existe oposição de largura da constrição inter orbital (LCIO), razão de procumbência superior (RPS), largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA) e altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM) e o ângulo de procumbência superior (APS) em relação à largura do osso mastóide (LOM), largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), largura dos dentes incisivos inferiores (LDII) e comprimento do eixo maior do côndilo articular (CEMCA).

Conforme Tabela 17 quando analisado separadamente por sexo, observa-se que as variáveis estudadas continuam apresentando oposição da largura do osso mastóide (LOM) e comprimento total do crânio (CTO) com as demais medidas. E o comprimento côndilobasilar do crânio (CBO) (valor no caso dos machos maior), apresentam valores opostos as demais variáveis destacando-se largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), razão de procumbência superior (RPS), ângulo de procumbência superior (APS), ângulo de procumbência inferior (API) e largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA). As variáveis mais significativas para os machos no primeiro eixo da Análise de Variáveis Canônicas foram, a largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), a razão de procumbência superior (RPS), o ângulo de procumbência superior (APS) e o ângulo de procumbência inferior (API), as quais também foram as responsáveis pela separação de *C. torquatus* (Figura 12c). Observa-se também que indivíduos com os maiores valores de APS, LDII, API e RPS são indivíduos que apresentam no geral medidas menores de CTO, CBO e LOM, morfologias essas, normalmente relacionadas ao tamanho, onde crânios de maiores tamanhos parecem ocorrer em áreas de menor resistência (solo).

No segundo escore existe oposição de largura da constrição inter orbital (LCIO), altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM), comprimento total do crânio (CTO), largura do osso mastóide (LOM), ângulo de procumbência inferior (API), e largura rostral (LR) em relação a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), a largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), o comprimento do eixo maior do côndilo articular (CEMCA) e a razão de procumbência inferior (RPI).

Tabela 17 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para fêmeas e machos de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	Fêmeas Escores Canônicos			Machos Escores Canônicos		
	1	2	3	1	2	3
CTO - comprimento total do crânio	0,03921	0,07164	-0,48768	-0,21193	-0,24231	-0,53000
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,00279	0,01398	-0,36367	-0,17673	-0,06950	-0,50113
LOZ - largura do osso zigomático	-0,11033	0,09849	-0,43742	-0,06556	-0,06214	-0,60361
LOM - largura do osso mastóide	0,08691	0,14682	-0,31914	-0,22543	-0,22194	-0,44103
PCNDM - altura do crânio até o nível dos Dentes molariformes	-0,16456	-0,19924	-0,35326	0,06827	-0,25975	-0,42722
LCIO - largura da constricção inter orbital	-0,18110	<u>-0,35474</u>	-0,23915	0,10441	<u>-0,33082</u>	-0,00614
LR - largura rostral	-0,35052	0,00554	-0,50916	0,13401	-0,14405	-0,57942
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	-0,36312	0,15749	-0,39097	0,18949	0,001787	-0,67741
LDII - largura dos dentes incisivos inferiores	<u>-0,51496</u>	0,14983	-0,36247	<u>0,32467</u>	0,022838	-0,55272
FG - comprimento da placa anterior da “fossa glenóide”	-0,10480	-0,12572	0,21614	0,03494	-0,01495	-0,15387
APS - ângulo de procumbência superior	-0,23640	-0,18028	-0,25103	0,22901	-0,04788	-0,23068
API - ângulo de procumbência inferior	-0,15380	-0,04948	-0,14072	0,21503	-0,16436	-0,23958
CEMCA - comprimento do eixo maior do côndilo articular	-0,11306	0,19497	0,006671	0,03751	0,09286	-0,16190
LEMCA - largura do eixo menor do côndilo articular	-0,28786	-0,21978	-0,45882	0,19107	-0,07727	-0,13589
RPS - razão de procumbência superior	-0,22724	-0,22257	-0,39571	0,27406	-0,02769	-0,21372
RPI - razão de procumbência inferior	-0,04867	-0,04652	-0,12922	0,14984	0,09864	0,12822

4.2 Análise dos Componentes Principais entre as espécies (Lessa & Stein, 1992)

Analisando-se 242 exemplares com as medidas utilizadas por Lessa & Stein (1992) também foi evidenciado que os espécimes foram separados em machos e fêmeas pelo primeiro componente principal PC1 (Figura 13). Isso determinou que fosse feita uma análise dos machos separados das fêmeas.

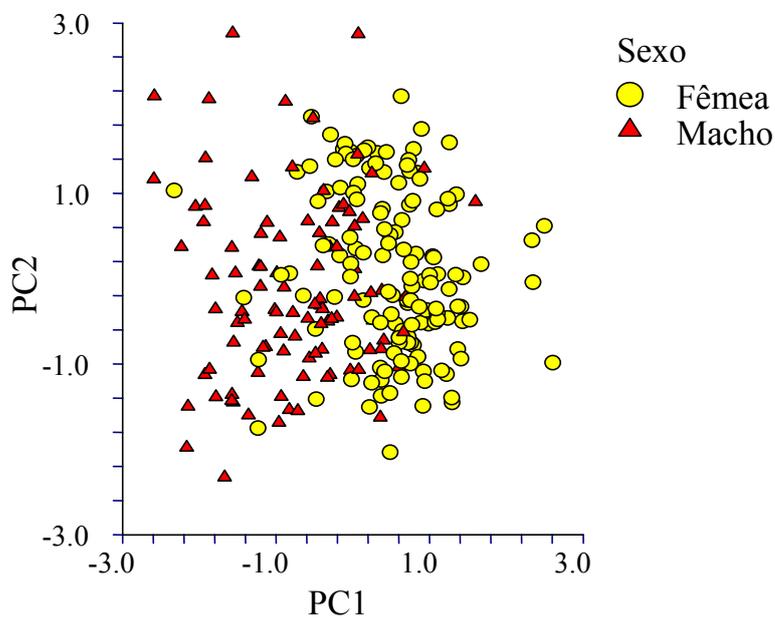


Figura 13 – Análise das Componentes Principais PCA segundo a metodologia de Lessa & Stein, 1992, para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus* mostrando o dimorfismo sexual.

4.2.1 Análise dos Componentes Principais para fêmeas

Utilizando-se o modelo Lessa & Stein (1992) observa-se que em toda a amostra o primeiro componente principal PC1 “tamanho” incluiu as seguintes variáveis: distância da extremidade do incisivo superior até a base do pré-molar (DEIBPM), largura do osso zigomático (LOZ), comprimento do diastema superior (CDS), comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), largura rostral (LR), profundidade do rostro (PR), largura dos dentes incisivos superiores (LDIS) e comprimento vertical dos incisivos superiores (CVI). O segundo componente principal (PC2) foi explicado pela largura dos dentes incisivos superiores (LDIS) e pelo comprimento vertical dos incisivos superiores (CVI), o terceiro componente principal PC3 foi explicado pela medida do comprimento vertical dos incisivos superiores (CVI) Tabela 18.

Os três primeiros componentes principais resumiram 87,40% da informação obtida de 148 fêmeas, onde o PC1 foi responsável por 72,03% com alta correlação com todas as variáveis. O PC2 foi responsável por 7,99% e o PC3 por 7,38% conforme Tabela 18.

Tabela 18 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos quatro primeiros eixos da análise dos componentes principais as fêmeas das quatro espécies de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	PCs		
	PC1	PC2	PC3
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,883618	0,158824	-0,297609
LOZ - largura do osso zigomático	0,904298	-0,051745	-0,087706
LR - largura rostral	0,874201	-0,288881	0,147894
PR - profundidade do rostro	0,814896	0,262118	-0,192007
CVI - comprimento vertical dos incisivos superiores	0,671654	0,429758	0,597251
DEIBPM - distância da extremidade do incisivo superior até a base do pré-molar	0,931736	-0,015013	-0,019527
CDS - comprimento do diastema superior	0,898317	0,083064	-0,191812
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0,780658	-0,517364	0,203441
Autovalor	5,762472	0,639543	0,590273
Percentagem	72,03 %	7,99 %	7,38 %
Percentagem acumulada	72,03 %	80,03%	87,40%

A Figura 14 mostra uma tendência de separar *C. flamarioni* e *C. torquatus* de *C. lami* e *C. minutus*.

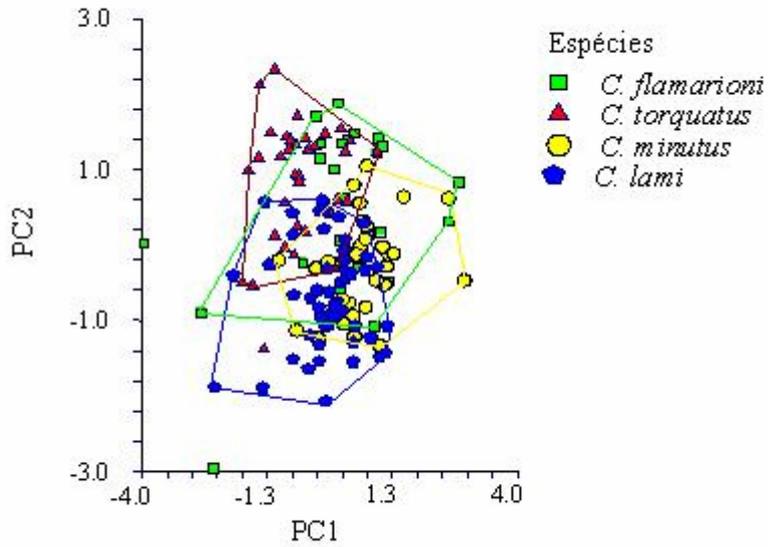


Figura 14 - Gráfico com os escores das 148 fêmeas plotadas nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais PCA para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*, segundo a metodologia de Lessa & Stein, 1992.

4.2.1.1 Análise de variância

Na análise da variância de uma entrada para o PC1 ($F=13,54$; $P=0,000$), *C. torquatus* é estatisticamente diferente das demais espécies e *C. minutus* é diferente de *C. lami*, conforme Figura 15 e Tabela 19.

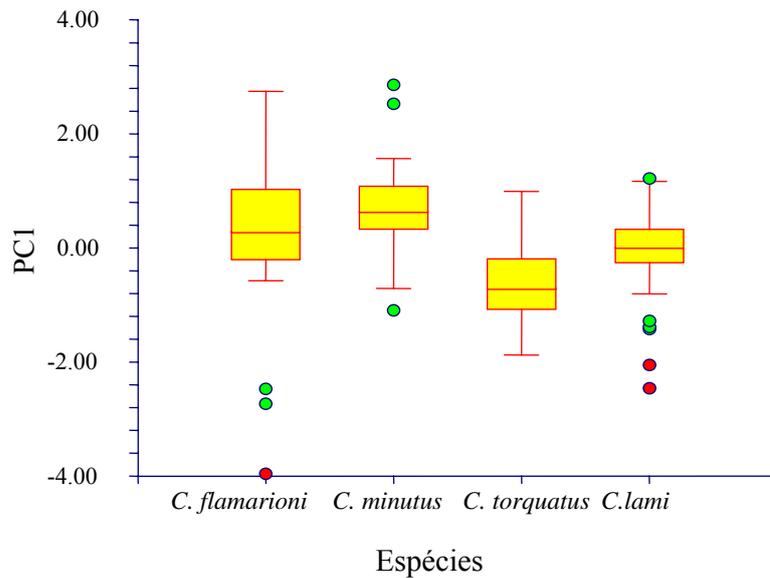


Figura 15 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC1 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verde e vermelhos, “outliers”.

Tabela 19 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (APC) para o primeiro componente principal (PC1) das 148 fêmeas de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. torquatus</i>	38	-0.6446747	<i>C.lami</i> , <i>C. flamarioni</i> , <i>C. minutus</i>
<i>C.lami</i>	52	-0.0531998	<i>C. torquatus</i> , <i>C. minutus</i>
<i>C. flamarioni</i>	25	0.1846833	<i>C. torquatus</i>
<i>C. minutus</i>	33	0.6862711	<i>C. torquatus</i> , <i>C.lami</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=144 MSE=0,7962859 Critical Value=3,633169			

Na análise da variância de uma entrada para o PC2 ($F=31,38$; $P=0,000$), *C. torquatus* é diferente de *C. minutus* e de *C. lami* e *C. flamarioni* é diferente de *C. minutus* e *C.lami*, Figura 16 e Tabela 20.

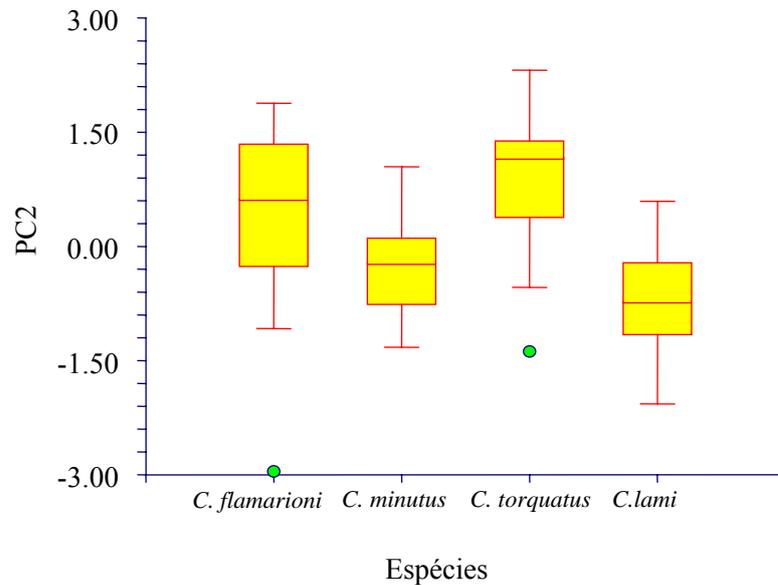


Figura 16 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC2 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.

Tabela 20 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (APC) para o segundo componente principal (PC2) das 148 fêmeas de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C.lami</i>	52	-0.6658534	<i>C. flamarioni</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. minutus</i>	33	-0.2645434	<i>C. flamarioni</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. flamarioni</i>	25	0.4229808	<i>C.lami</i> , <i>C. minutus</i>
<i>C. torquatus</i>	38	0.862626	<i>C.lami</i> , <i>C. minutus</i>

Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=144 MSE=0,6172658 Critical Value=3,633169

4.2.2 Análise dos Componentes Principais para machos

O primeiro componente principal PC1 foi correlacionado pela distância da extremidade do incisivo superior até a base do pré-molar (DEIBPM), largura do osso zigomático (LOZ), comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), largura rostral (LR), comprimento do diastema superior (CDS), profundidade do rostro (PR), largura dos dentes incisivos superiores (LDIS) e comprimento vertical dos incisivos superiores (CVI). E o segundo componente principal (PC2) foi explicado pela largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), o terceiro componente principal PC3 foi explicado pela medida do comprimento vertical dos incisivos superiores (CVI) Tabela 21.

Os três primeiros componentes principais resumiram 90,01% da informação dos 101 machos analisados, onde o PC1 foi responsável por 75,72% com alta correlação com todas as variáveis. O PC2 foi responsável por 8,29%, e o PC3 6,00% do resumo das informações conforme Tabela 21.

Tabela 21 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos quatro primeiros eixos da análise dos componentes principais dos machos das quatro espécies de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	PCs		
	PC1	PC2	PC3
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,911874	0,185035	0,054802
LOZ - largura do osso zigomático	0,923771	-0,076217	0,149813
LR - largura rostral	0,908167	-0,304411	0,021210
PR - profundidade do rostro	0,844898	0,183575	0,114644
CVI - comprimento vertical dos incisivos superiores	0,757520	0,133891	-0,636906
DEIBPM - distância da extremidade do incisivo superior até a base do pré-molar	0,929328	0,141923	0,033768
CDS - comprimento do diastema superior	0,898018	0,289713	0,183020
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0,768401	-0,612250	-0,023110
Autovalor	6,057851	0,663266	0,479860
Percentagem	75,72 %	8,29 %	6,00 %
Percentagem acumulada	75,72 %	84,01 %	90,01 %

A Figura 17 mostra a distribuição dos escores de cada exemplar para os PC1 e PC2 e esta distribuição mostra uma tendência de separar *C. torquatus* das demais espécies.

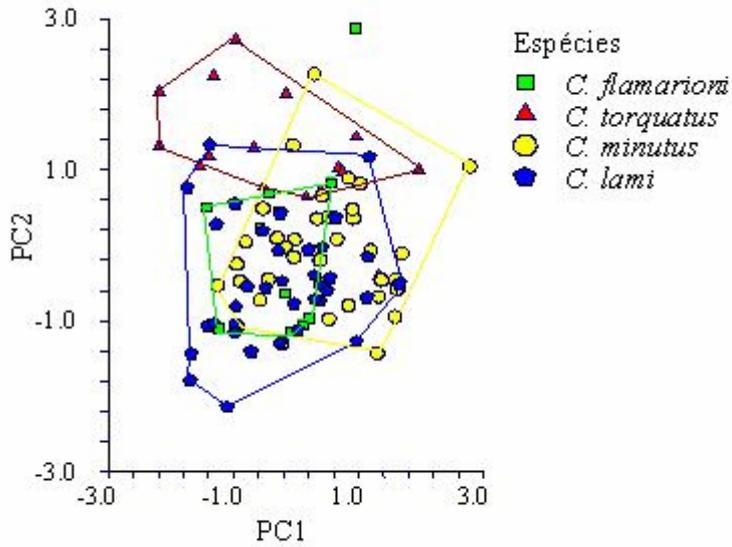


Figura 17 - Gráfico com os escores dos 101 machos plotados nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais PCA para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*, segundo a metodologia de Lessa & Stein, 1992.

4.2.2.1 Análise de variância

A análise da variância de uma entrada para o PC1, forneceu um $F=3,94$ e um $P=0,010$, rejeitando a hipótese de igualdade entre as espécies. Observa-se na Figura 18 e Tabela 22 que a média de tamanho geral dos machos apresenta diferenças significativas entre *C. minutus* e *C. lami*.

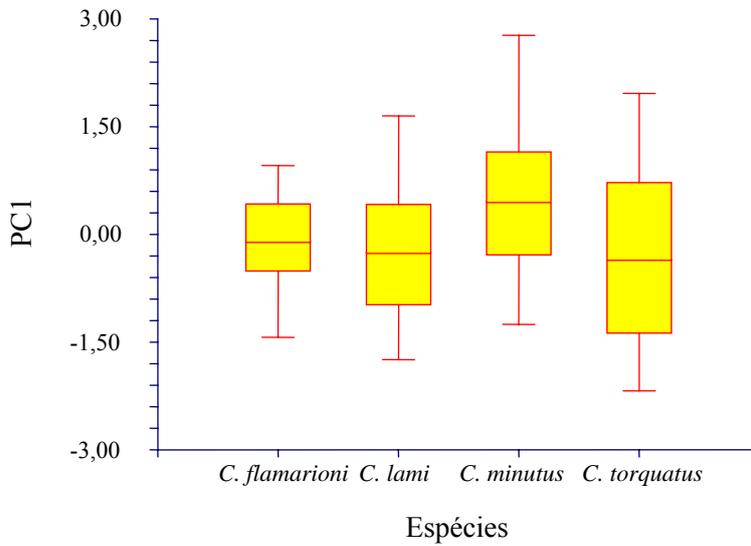


Figura 18 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC1 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.

Tabela 22 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (APC) para o primeiro componente principal (PC1) dos 101 machos de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. torquatus</i>	16	-0,2976725	
<i>C. lami</i>	36	-0,2594945	<i>C. minutus</i>
<i>C. flamarioni</i>	13	-0,1217315	
<i>C. minutus</i>	36	0,435752	<i>C. lami</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=97 MSE=0,9188639 Critical Value=3,696958			

Na análise da variância de uma entrada para o PC2 ($F=16,54$; $P=0,000$) *C. torquatus* é estatisticamente diferente das demais espécies, conforme Figura 19 e Tabela 23.

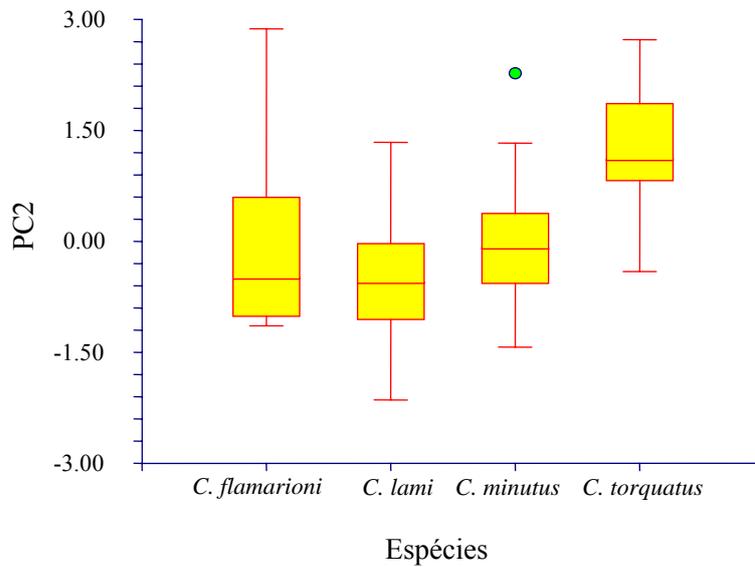


Figura 19 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC2 para as espécies de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.

Tabela 23 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (APC) para o segundo componente principal (PC2) dos 101 machos de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. lami</i>	36	-0.4923869	<i>C. torquatus</i>
<i>C. minutus</i>	36	-5.292539E-02	<i>C. torquatus</i>
<i>C. flamarioni</i>	13	-2.864728E-02	<i>C. torquatus</i>
<i>C. torquatus</i>	16	1.250229	<i>C. lami</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. flamarioni</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=97 MSE=0,6819726 Critical Value=3,696958			

4.2.3 Análise de discriminantes

Na análise do discriminante foram utilizados 242 espécimes, o gráfico de CVA teve o primeiro eixo canônico significativo (Wilk's Lambda = 0,24; $P < 0,0001$ - Tabela 24 e Figura 20a).

Tabela 24 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 242 espécimes de *Ctenomys*.

Todos										
Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l CPnt	Total CPnt	Canon Corr	Canon Corr2	F-Value	Numer DF	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	1,498512	70,7	70,7	0,7744	0,5998	17,7	24,0	670,6	0,0000	0,24124
2	0,547429	25,8	96,6	0,5948	0,3538	9,5	14,0	464,0	0,0000	0,60274
3	0,072157	3,4	100,0	0,2594	0,0673	2,8	6,0	233,0	0,0119	0,93269

Na função discriminante 41,3% foram classificados erroneamente em relação aos 242 espécimes que formam a amostra (Tabela 25), pelo fato de ambos os sexos terem sido analisados juntamente. O maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. mintus* e *C. lami*, seguido de *C. flamarioni*. Dos 86 exemplares previamente identificados como *C. lami*, 24 foram classificados pela função discriminante como *C. minutus* fornecendo assim um erro de 27,91% na separação inicial em espécies e 10 indivíduos foram reclassificados como *C. flamarioni* fornecendo um erro de 11,63%. Dos 66 espécimes previamente classificados em *C. minutus*, 18, ou seja, 27,27% eram *C. lami*, bem como 16,67% (11) eram *C. flamarioni*.

Tabela 25 – Agrupamento por distância de CVA para os 242 espécimes de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Atual	Classificação prévia				Total
	<i>C. flamarioni</i>	<i>C. lami</i>	<i>C. minutus</i>	<i>C. torquatus</i>	
<i>C. flamarioni</i>	33	2	1	1	37
<i>C. lami</i>	10	50	24	2	86
<i>C. minutus</i>	11	18	33	4	66
<i>C. torquatus</i>	0	1	1	51	53
Total	54	71	59	58	242

Para a análise por sexo, o gráfico de CVA para as fêmeas teve o primeiro eixo canônico significativo (Wilk's Lambda = 0,17; $P < 0,0001$ - Tabela 26 e Figura 20b).

Tabela 26 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para as 148 fêmeas de *Ctenomys*.

Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l CPnt	Total CPnt	Canon Corr	Canon Corr2	F-Value	Numer DF	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	2,341019	76,6	76,6	0,8371	0,7007	14,2	24,0	397,9	0,0000	0,16615
2	0,560736	18,3	95,0	0,5994	0,3593	6,7	14,0	276,0	0,0000	0,55511
3	0,154208	5,0	100,0	0,3655	0,1336	3,6	6,0	139,0	0,0025	0,86639

Na função discriminante 32,4% foram classificados erroneamente em relação às 148 fêmeas que formam a amostra (Tabela 27), onde o maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. minutus*, *C. lami* e *C. flamarioni*, onde dos 33 exemplares previamente identificados como *C. minutus*, oito foram novamente classificados pela função discriminante como *C. lami* e cinco como *C. flamarioni* fornecendo assim um erro de 24,24% e 15,15% respectivamente na separação inicial em espécies e as 52 espécimes previamente classificados em *C. lami*, 10, ou seja 19,23% eram *C. minutus*. E das 25 espécimes identificadas como *C. flamarioni* cinco (20%) foram reclassificadas em *C. lami* e duas (8%) em *C. minutus*.

Tabela 27 - Agrupamento por distância de CVA para as 148 fêmeas de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Atual	Classificação prévia				Total
	<i>C. flamarioni</i>	<i>C. minutus</i>	<i>C. torquatus</i>	<i>C. lami</i>	
<i>C. flamarioni</i>	17	2	1	5	25
<i>C. minutus</i>	5	20	0	8	33
<i>C. torquatus</i>	0	0	38	0	38
<i>C. lami</i>	4	10	1	37	52
Total	26	32	40	50	148

Para a análise por sexo, o gráfico de CVA para os machos teve o primeiro eixo canônico significativo (Wilk's Lambda = 0,18; $P < 0,0001$ - Tabela 28 e Figura 20c).

Tabela 28 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 101 machos de *Ctenomys*.

Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l CPnt	Total CPnt	Canon Corr	Canon Corr2	F-Value	Numer DF	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	1,340330	53,1	53,1	0,7568	0,5727	8,7	24,0	261,6	0,0000	0,18339
2	1,042661	41,3	94,4	0,7145	0,5104	6,8	14,0	182,0	0,0000	0,42919
3	0,140630	5,6	100,0	0,3511	0,1233	2,2	6,0	92,0	0,0543	0,87670

Na função discriminante 37% foram classificados erroneamente, em relação aos 101 machos que formam a amostra (Tabela 29), onde o maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. minutus*, *C. lami* onde dos 36 exemplares previamente identificados como *C. minutus*, 10 foram novamente classificados pela função discriminante como *C. lami*, quatro como *C. flamarioni* e dois como *C. torquatus* fornecendo assim um erro de 27,78 %, 11,11 % e 5,56 % respectivamente na separação inicial em espécies e os 36 espécimes previamente classificados em *C. lami*, 10, ou seja, 27,78% eram *C. minutus*. E dos 16 espécimes identificadas como *C. torquatus* dois (12,5%) em *C. minutus*.

Tabela 29 - Agrupamento por distância de CVA para os 101 machos de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Atual	Classificação prévia				Total
	<i>C. flamarioni</i>	<i>C. lami</i>	<i>C. minutus</i>	<i>C. torquatus</i>	
<i>C. flamarioni</i>	13	0	0	0	13
<i>C. lami</i>	0	26	10	0	36
<i>C. minutus</i>	4	10	20	2	36
<i>C. torquatus</i>	0	0	2	14	16
Total	17	36	32	16	101

4.2.3.1 Análise de variáveis canônicas

O primeiro eixo canônico separa nitidamente *C. torquatus* dos demais tanto na análise de toda a amostra como na separada em machos e fêmeas (Figura 20). Na figura 20a, b e c *C. minutus* se agrupa com *C. lami* e com *C. flamarioni*.

O segundo eixo canônico quando analisado para os 242 espécimes e separadamente por sexo não se mostrou significativo (Tabelas 24, 26 e 28). Porém a Figura 20 c indica uma tendência a separar os machos de *C. flamarioni* dos demais.

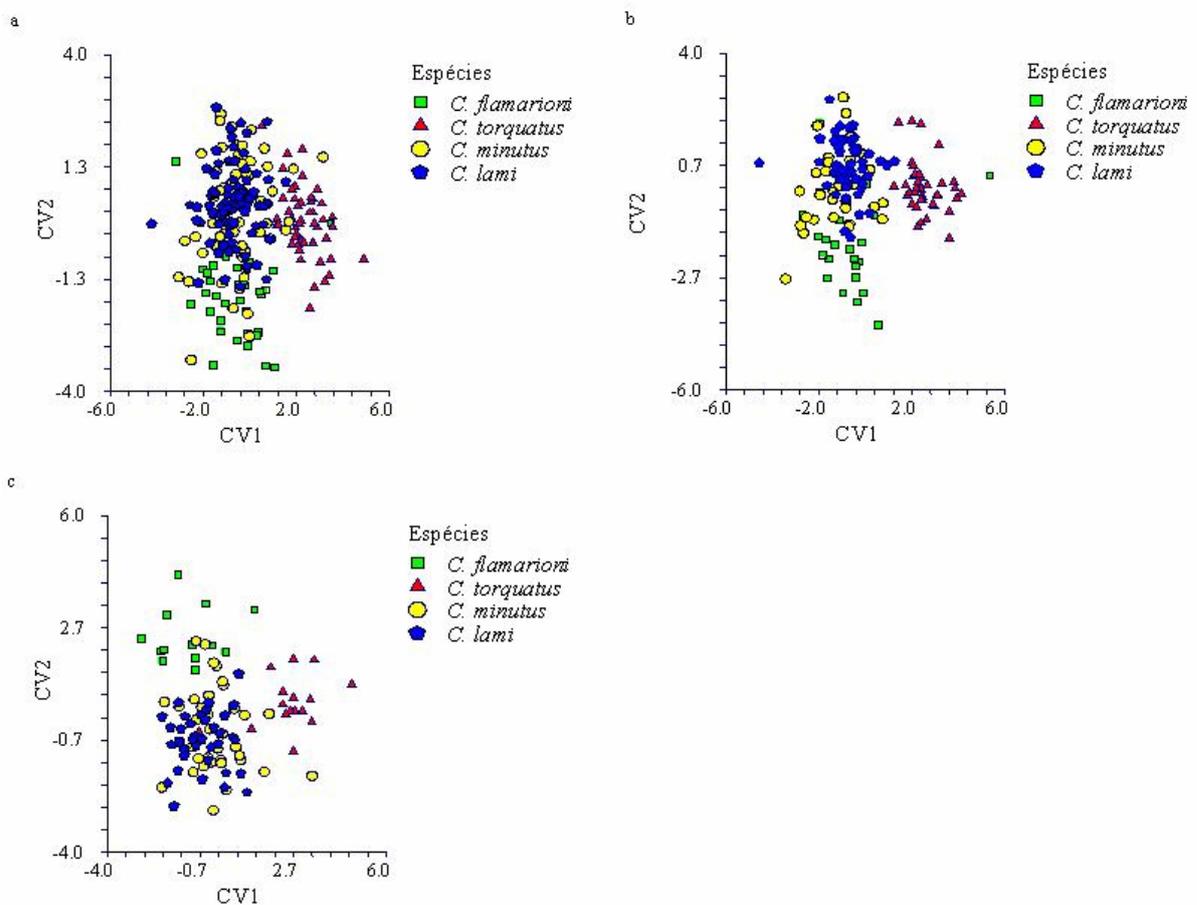


Figura 20 - Gráfico com os escores dos dois primeiros eixos canônicos através da análise de variáveis canônicas (CVA) para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*. Conforme a metodologia de Lessa & Stein 1992, onde: a – todos os exemplares; b – fêmeas; c – machos.

Conforme Tabela 30 a separação entre as espécies foi resultado da interação das oito variáveis estudadas tendo maior expressão largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), seguido de largura rostral (LR) e da distância da extremidade do incisivo superior até a base do pré-molar (DEIBPM). As demais medidas apresentam pouca influência na separação de *C. torquatus* das demais espécies (Figura 20a).

Tabela 30 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para os 242 espécimes de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	Escores Canônicos		
	1	2	3
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	-0,067304	-0,040954	0,639403
LOZ - largura do osso zigomático	0,060400	-0,116752	0,707092
LR - largura rostral	0,274549	0,021089	0,487051
PR - profundidade do rosto	-0,031561	0,310995	0,488449
CVI - comprimento vertical dos incisivos superiores	0,021868	0,074630	0,440154
DEIBPM - distância da extremidade do incisivo superior até a base do pré-molar	0,174964	0,164505	0,748436
CDS - comprimento do diastema superior	0,070233	0,089247	0,778160
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0,352109	-0,153282	0,337167

Conforme Tabela 31 quando analisado separadamente por sexo (fêmeas) observa-se que as variáveis com maior expressão foram: a largura rostral (LR), a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), e a distância da extremidade do incisivo superior até a base do pré-molar (DEIBPM). As demais medidas apresentam pouca influência na separação de *C. torquatus* das demais espécies (Figura 20b).

Nos machos observam-se diferenças em relação aos 242 espécimes e as 148 fêmeas. Esse dado mais uma vez reforça a necessidade da análise separada entre os sexos da mesma espécie, pela possibilidade de ocorrer uma tendência que possa não representar a realidade dos dados. Conforme Tabela 31, a expressão de outra variável antes sem importância como: comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), o qual possui oposição de sinal em relação a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), a largura rostral (LR) e a distância da extremidade do incisivo superior até a base do pré-molar (DEIBPM).

O segundo escore tanto na análise de todos os indivíduos, como separadamente por sexo, foi de baixa significância. Apesar disso, evidencia uma tendência em separar os machos de *C. flamarioni* dos demais (Figura 20c), sendo explicado pela oposição da profundidade do rosto (PR) em relação à largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), à largura do osso zigomático (LOZ) e ao comprimento côndilobasilar do crânio (CBO). Cabe salientar a importância de duas variáveis antes sem expressão para explicar o agrupamento sendo a largura do osso zigomático (LOZ) e comprimento côndilobasilar do crânio (CBO)(Tabela 31).

Tabela 31 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para fêmeas e machos de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	Fêmeas Escores Canônicos			Machos Escores Canônicos		
	1	2	3	1	2	3
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,05594	0,06929	0,680396	-0,17025	0,17849	0,86590
LOZ - largura do osso zigomático	0,19610	-0,09578	0,722252	-0,00402	0,18694	0,86092
LR - largura rostral	0,49879	-0,01119	0,440983	0,26361	0,05069	0,79827
PR - profundidade do rosto	0,10760	0,31820	0,243793	-0,08385	-0,31205	0,81463
CVI - comprimento vertical dos incisivos superiores	0,14325	0,18486	0,570707	0,02144	0,06376	0,48976
DEIBPM - distância da extremidade do incisivo superior até a base do pré-molar	0,40244	0,34309	0,660922	0,11526	0,01504	0,94153
CDS - comprimento do diastema superior	0,24909	0,18785	0,606025	-0,06138	0,02787	0,95539
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0,48442	-0,30050	0,337544	0,35482	0,18800	0,59174

4.3 Análise dos Componentes Principais entre as espécies (Mora *et al.*, 2003)

Analisando-se machos e fêmeas de toda a amostra com as medidas utilizadas por Mora *et al.*, (2003) também foi evidenciado que os 246 exemplares foram separados em machos e fêmeas pelo primeiro componente principal PC1 (Figura 21). Isso determinou que fosse feita uma análise separando machos e fêmeas.

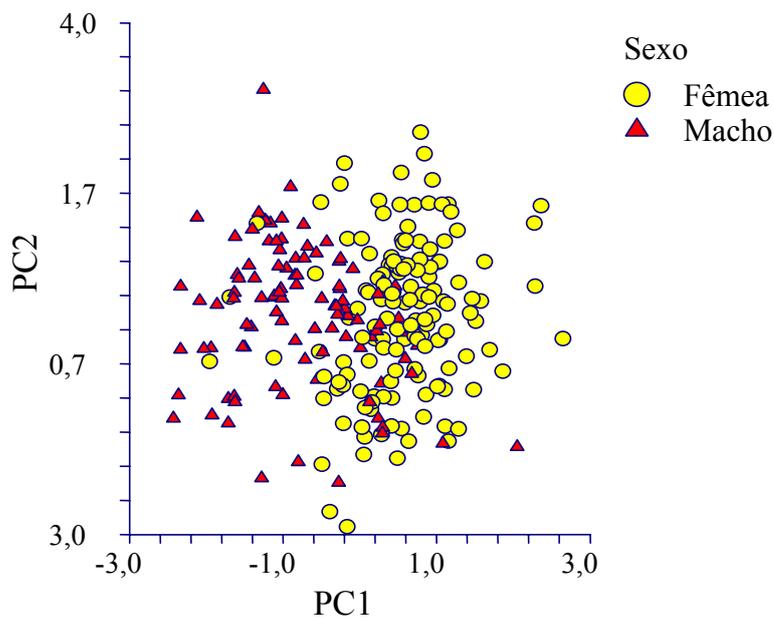


Figura 21 – Análise de Componentes Principais APC (PCA) segundo a metodologia de Mora *et al.*, 2003, para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus* mostrando o dimorfismo sexual.

4.3.1 Análise dos Componentes Principais para as fêmeas

Utilizando o Modelo de Mora *et al.*, (2003) observa-se que o primeiro componente principal PC1 “tamanho” para as fêmeas foi explicado pelo: comprimento rostral (CR), comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), largura do osso zigomático (LOZ), comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar (CDIEC), comprimento do eixo craniano básico (CECB), comprimento do diastema superior (CDS), largura da mandíbula (LM), espessura dos dentes incisivos superiores (ED), largura rostral (LR), largura dos dentes incisivos superiores (LDIS) e comprimento do osso zigomático (COZ). O segundo componente principal PC2 proporciona uma separação quanto à forma, sendo explicado pelo ângulo de procumbência superior (APS), comprimento do osso zigomático (COZ), largura dos dentes incisivos superiores (LDIS) e largura rostral (LR). O PC3 é explicado pelo ângulo de procumbência superior (APS) e o PC4 pelo comprimento do diastema superior (CDS).

As correlações no PC1 variam de 0,68 (COZ - medida do comprimento do osso zigomático) a 0,95 (CR - comprimento rostral) e apresentam o mesmo sinal (Tabela 32).

Tabela 32 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais das fêmeas de quatro espécies de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	PCs		
	PC1	PC2	PC3
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,942976	-0,127434	-0,124119
LOZ - largura do osso zigomático	0,928096	0,051709	0,024390
LR - largura rostral	0,801270	0,415356	0,233909
CDS - comprimento do diastema superior	0,860462	0,063550	0,072655
CECB - comprimento do eixo craniano básico	0,867766	-0,120406	-0,127532
CR - comprimento rostral	0,945961	0,017245	-0,065483
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0,742612	0,431978	0,306997
ED - espessura dos dentes incisivos superiores	0,834506	0,040836	0,298399
COZ - comprimento do osso zigomático	0,679121	-0,555473	-0,177897
LM - largura da mandíbula	0,854525	-0,194789	-0,120367
CDIEC - comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar	0,921272	-0,214071	-0,141700
APS - ângulo de procumbência superior	0,197523	0,804393	-0,535156
Autovalor	8,107904	1,437908	0,632441
Percentagem	67,57 %	11,98 %	5,27 %
Percentagem acumulada	67,57 %	79,55 %	84,82 %

Os três primeiros autovalores conservam 84,82% da variabilidade, o PC1 foi responsável por 67,57% com alta correlação com todas as variáveis. O PC2 foi responsável por 11,98% ,e o PC3 por 5,27% da informação conforme Tabela 32.

Pela dispersão dos pontos no gráfico de APC no PC1 não fica evidente uma separação das espécies para esse eixo. Já PC2 proporciona uma separação onde a menor “forma” seria

de *C. flamarioni*, passando por uma forma intermediária apresentada por *C. lami* e por *C. minutus* e no outro lado *C. torquatus*, conforme Figura 22. Porém o que se observa nitidamente é a separação de *C. torquatus* em relação à forma das demais espécies.

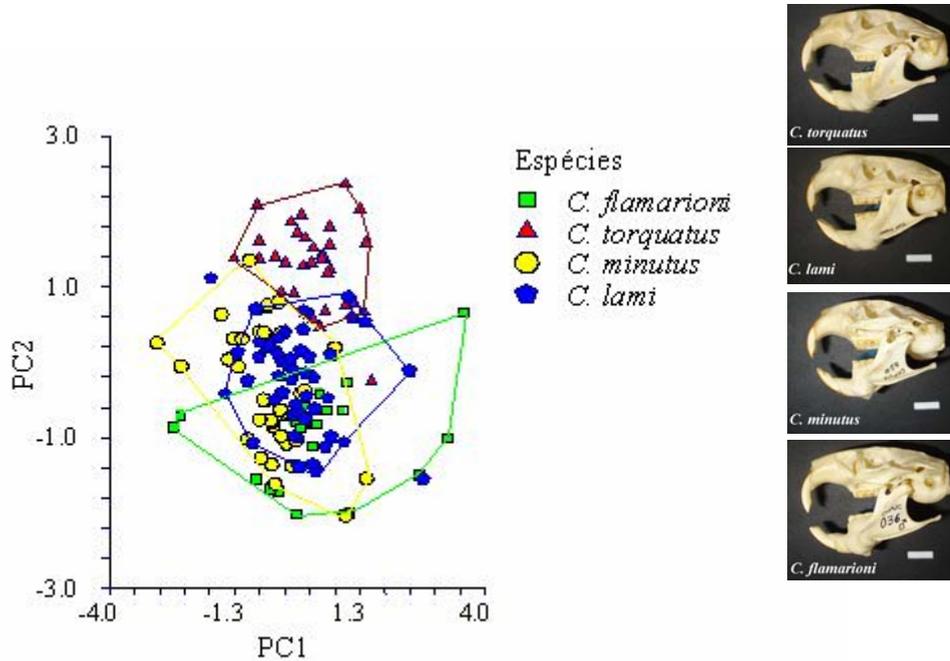


Figura 22 - Gráfico com os escores plotados nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais PCA segundo a metodologia de Mora *et al.*, 2003, para as fêmeas de *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*.

4.3.1.1 Análise de variância

Na análise da variância ANOVA para o PC1, ocorreu à rejeição da hipótese de igualdade entre as espécies ($F=7,10$; $P<0,05$). Na Figura 23 e Tabela 33 verifica-se que *C. minutus* é estatisticamente diferente das demais espécies.

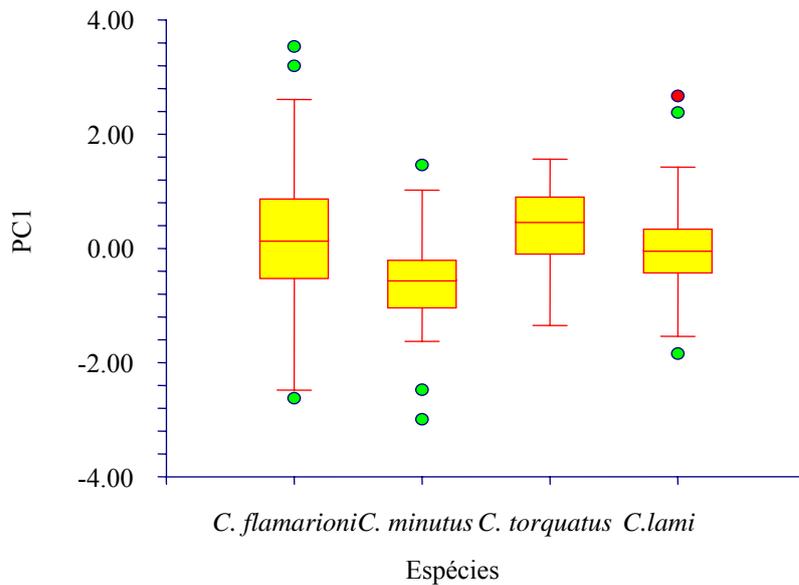


Figura 23 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC1 para as fêmeas de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes e vermelho, “outliers”.

Tabela 33 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o primeiro componente principal (PC1) das 145 fêmeas de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Espécie diferente de
<i>C. minutus</i>	33	-0.6107395	<i>C.lami</i> , <i>C. flamarioni</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C.lami</i>	51	7.787453E-03	<i>C. minutus</i>
<i>C. flamarioni</i>	24	0.2553413	<i>C. minutus</i>
<i>C. torquatus</i>	37	0.3683527	<i>C. minutus</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=141 MSE=0,8872535 Critical Value=3,633169			

Na análise de variância para o PC2 ($F=56,44$; $P<0,05$) pode-se concluir que *C. torquatus* é diferente de todas as outras espécies e *C. lami* difere também de *C. flamarioni*, conforme Figura 24 e Tabela 34.

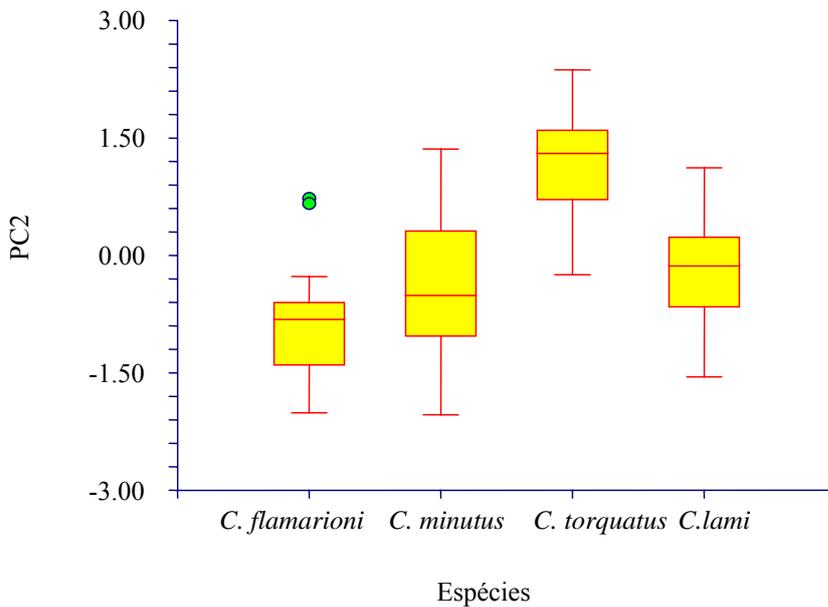


Figura 24 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC2 para as fêmeas de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes; “outliers”.

Tabela 34 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o segundo componente principal (PC2) das 145 fêmeas de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Espécie diferente de
<i>C. flamarioni</i>	24	-0.8599638	<i>C. lami</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. minutus</i>	33	-0.4040588	<i>C. torquatus</i>
<i>C. lami</i>	51	-0.2046065	<i>C. flamarioni</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. torquatus</i>	37	1.200216	<i>C. flamarioni</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. lami</i>
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=141 MSE=0.4640365 Critical Value=3.633169			

O mesmo procedimento foi realizado para o PC3 ($F=4,56$; $P<0,05$), onde ficou evidente a existência de diferenças entre as espécies, sendo que *C. torquatus* é diferente de *C. minutus* e *C. lami*, conforme Figura 25 e Tabela 35.

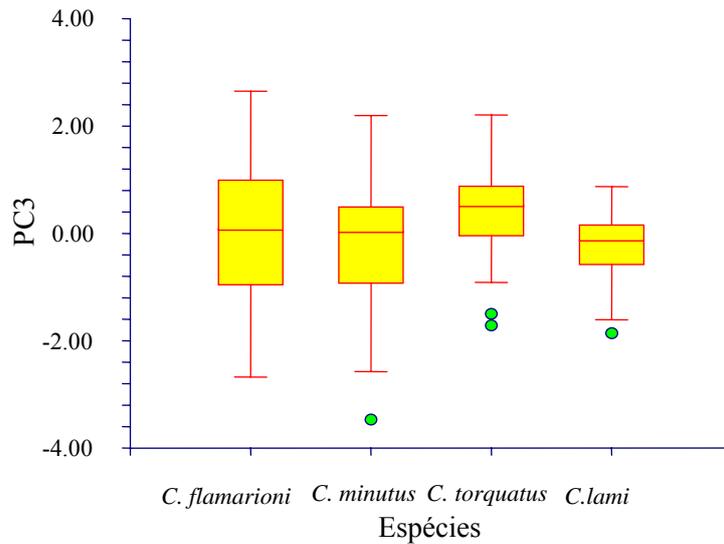


Figura 25 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC3 para as fêmeas de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes; “outliers”.

Tabela 35 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o terceiro componente principal (PC3) das 145 fêmeas de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da (s) espécie (s)
<i>C.lami</i>	51	-0.2542736	<i>C. torquatus</i>
<i>C. minutus</i>	33	-0.1993358	<i>C. torquatus</i>
<i>C. flamarioni</i>	24	0.1035282	
<i>C. torquatus</i>	37	0.4611177	<i>C.lami, C. minutus</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=141 MSE=0,9309703 Critical Value=3,633169			

Na análise de variância para os dados originais do APS constatou-se diferenças entre as espécies ($F=13,05$; $P<0,05$) (Figura 26). Através do Teste de Tukey pode-se concluir que *C. torquatus* é diferente de todas as outras espécies, conforme Tabela 36.

Tabela 36 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o ângulo de procumbência superior (APS) das 145 fêmeas de *Ctenomys*.

Anova APS dados originais – Fêmeas			
Espécie	N	Média (graus)	Diferente da (s) espécie (s)
<i>C. flamarioni</i>	24	88,9024	<i>C. torquatus</i>
<i>C. minutus</i>	33	89,99315	<i>C. torquatus</i>
<i>C.lami</i>	51	91,20623	<i>C. torquatus</i>
<i>C. torquatus</i>	37	95,18974	<i>C. flamarioni, C. minutus, C.lami</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=141 MSE=19,01728 Critical Value=3,633169			

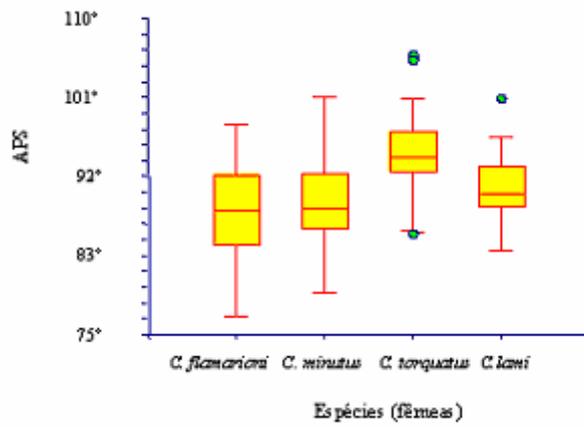


Figura 26 – Gráfico com os dados brutos de APS para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.

4.3.2 Análise dos Componentes Principais para os machos

O primeiro componente principal PC1 foi agrupado pelas seguintes variáveis: comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), comprimento rostral (CR), comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar (CDIEC), largura do osso zigomático (LOZ), comprimento do eixo craniano básico (CECB), largura da mandíbula (LM), comprimento do diastema superior (CDS), espessura dos dentes incisivos superiores (ED), largura rostral (LR), comprimento do osso zigomático (COZ), e largura dos dentes incisivos superiores (LDIS). O segundo componente principal PC2 proporciona uma separação quanto à forma, sendo explicado pelo ângulo de procumbência superior (APS) e pela largura dos dentes incisivos superiores (LDIS). O terceiro componente principal PC3 foi agrupado pelo ângulo de procumbência superior (APS).

Tabela 37 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais dos machos de quatro espécies de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	PCs		
	PC1	PC2	PC3
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,964163	0,100587	-0,106295
LOZ - largura do osso zigomático	0,929623	-0,176539	-0,062767
LR - largura rostral	0,842595	-0,378652	0,256224
CDS - comprimento do diastema superior	0,875942	0,011787	-0,056481
CECB - comprimento do eixo craniano básico	0,895384	0,111422	-0,028447
CR - comprimento rostral	0,942774	0,041507	-0,046392
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0,721114	-0,481548	0,342473
ED - espessura dos dentes incisivos superiores	0,861883	-0,071379	0,269105
COZ - comprimento do osso zigomático	0,767118	0,364676	-0,294622
LM - largura da mandíbula	0,876973	0,111830	-0,096036
CDIEC - comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar	0,933309	0,112988	-0,223479
APS - ângulo de procumbência superior	-0,197789	-0,821379	-0,523447
Autovalor	8,492171	1,268846	0,696711
Percentagem	70,77 %	10,57 %	5,81 %
Percentagem acumulada	70,77 %	81,34 %	87,15 %

Os três primeiros autovalores conservam 87,15% da variabilidade. O PC1 foi responsável por 70,77%, o PC2 foi responsável por 10,57% da informação conforme Figura 14, e o PC3 por 5,81% conforme Tabela 37.

No gráfico da Figura 27 para machos observa-se uma tendência do PC1 separar *C. flamarioni* de *C. lami* e *C. minutus*, em PC2 mais uma vez ocorre à separação de *C. torquatus* em relação a *C. flamarioni*, com a presença intermediária de *C. lami* e *C. minutus*, porém essas espécies se aproximam de *C. flamarioni*.

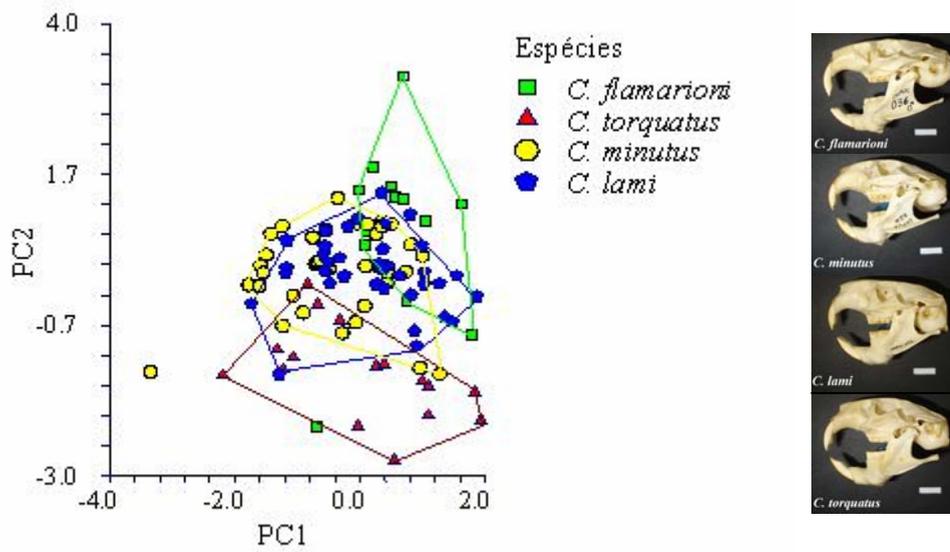


Figura 27 - Gráfico com os escores plotados nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais PCA segundo a metodologia de Mora *et al.*, 2003, para os machos de *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*.

4.3.2.1 Análise de variância

A análise da variância ANOVA para o PC1 ($F=3,95$; $P>0,05$), rejeitou a hipótese de igualdade. Observa-se na Figura 28 e Tabela 38 que a média de tamanho geral dos machos apresenta diferenças significativas entre *C. flamarioni* e *C. minutus*.

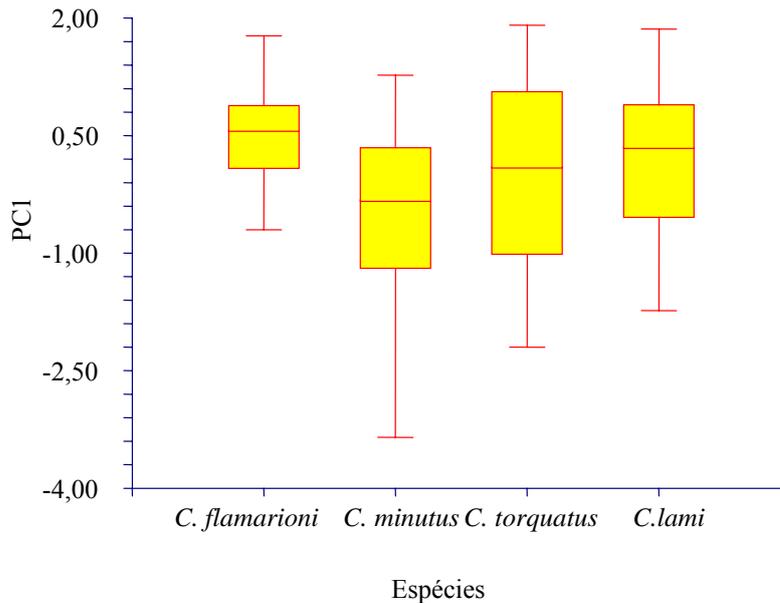


Figura 28 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC1 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.

Tabela 38 - Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o primeiro componente principal (PC1) dos 101 machos de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da (s) espécie (s)
<i>C. minutus</i>	36	-0,3959666	<i>C. flamarioni</i>
<i>C. torquatus</i>	16	2,157923E-02	
<i>C. lami</i>	36	0,1864299	
<i>C. flamarioni</i>	13	0,5536965	<i>C. minutus</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=97 MSE=0,9186739 Critical Value=3,696958			

Na análise da variância ANOVA para o PC2 ocorreu à rejeição da hipótese de igualdade ($F=23,98$; $P < 0,05$), sendo *C. torquatus* estatisticamente diferente das demais espécies, *C. minutus* e *C. lami* são iguais e *C. flamarioni* são diferentes além de *C. torquatus* de *C. lami* conforme Figura 29 e Tabela 39.

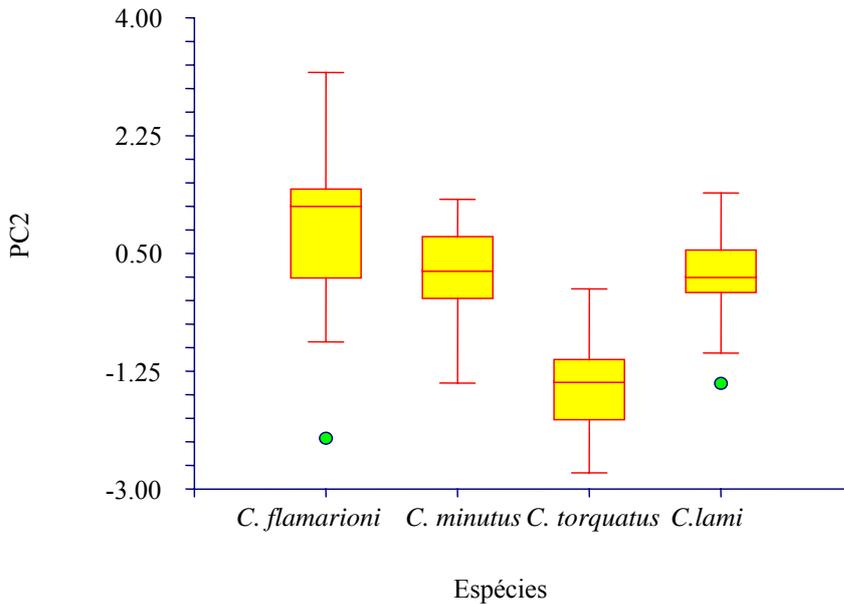


Figura 29 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC2 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes; “outliers”.

Tabela 39 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o segundo componente principal (PC2) dos 101 machos de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da (s) espécie (s)
<i>C. torquatus</i>	16	-1.411758	<i>C.lami</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. flamarioni</i>
<i>C.lami</i>	36	0.1632708	<i>C. torquatus</i> , <i>C. flamarioni</i>
<i>C. minutus</i>	36	0.1685168	<i>C. torquatus</i>
<i>C. flamarioni</i>	13	0.8187521	<i>C. torquatus</i> , <i>C.lami</i>

Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=97 MSE=0,5919012 Critical Value=3,696958

Na análise da variância ANOVA para o PC3 ocorreu à rejeição da hipótese de igualdade ($F=4,95$; $P < 0,05$), sendo *C. flamarioni* diferente de *C. torquatus* e *C. minutus* conforme Figura 30 e Tabela 40.

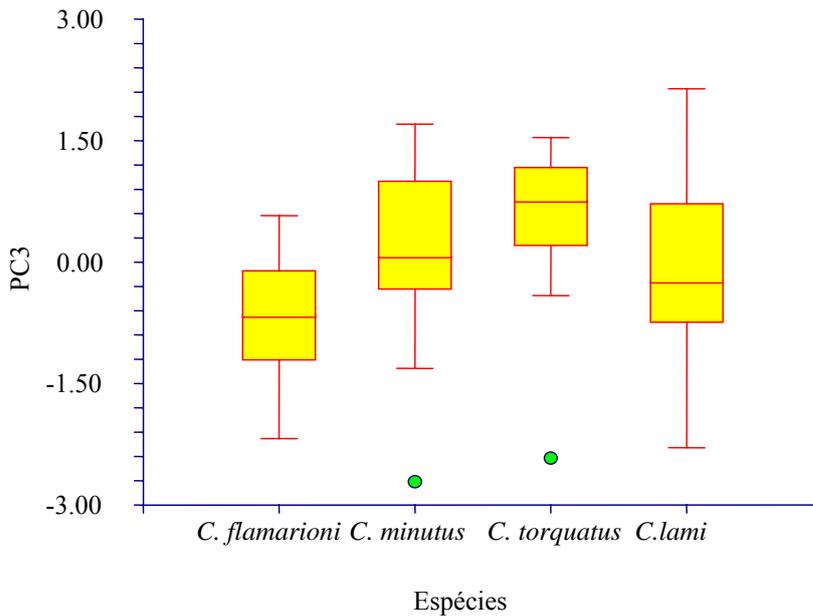


Figura 30 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC3 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes; “outliers”.

Tabela 40 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o terceiro componente principal (PC3) dos 101 machos de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da (s) espécie (s)
<i>C. flamarioni</i>	13	-0.7497243	<i>C. minutus</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. lami</i>	36	-0.110957	
<i>C. minutus</i>	36	0.1369143	<i>C. flamarioni</i>
<i>C. torquatus</i>	16	0.550747	<i>C. flamarioni</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=97 MSE=0,8940378 Critical Value=3,696958			

Na análise de variância para os dados originais do APS constatou-se diferenças entre as espécies ($F=5,22$; $P<0,05$) (Figura 31). Através do Teste de Tukey pode-se concluir que *C. torquatus* é diferente de todas as outras espécies, conforme Tabela 41.

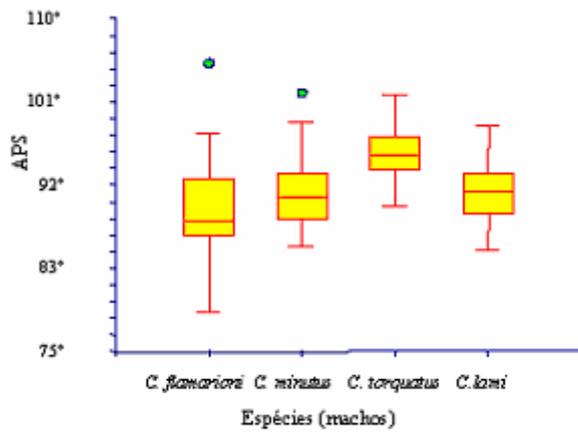


Figura 31 – Gráfico com os dados brutos de APS para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde, “outliers”.

Tabela 41 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o ângulo de procumbência superior (APS) dos 101 machos de *Ctenomys*.

Anova APS dados originais – Machos			
Espécies	N	Média	Diferente da (s) espécie (s)
<i>C. flamarioni</i>	13	90.56669	<i>C. torquatus</i>
<i>C. lami</i>	36	91.71219	<i>C. torquatus</i>
<i>C. minutus</i>	36	91.87373	<i>C. torquatus</i>
<i>C. torquatus</i>	16	95.63775	<i>C. flamarioni</i> , <i>C. lami</i> , <i>C. minutus</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=97 MSE=15,07012 Critical Value=3,696958			

4.3.3 Análise de discriminantes

Para a análise dos 246 espécimes o gráfico de CVA teve o primeiro eixo canônico significativo (Wilk's Lambda = 0,13; $P < 0,0001$ - Tabela 42 e Figura 32a).

Tabela 42 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 246 espécimes de *Ctenomys*.

Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l Pcnt	Total Pcnt	Canon Corr	Canon Corr2	F-Value	Numer DF	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	2,288139	68,7	68,7	0,8342	0,6959	18,3	36,0	683,2	0,0000	0,13623
2	0,809474	24,3	93,0	0,6688	0,4474	10,4	22,0	464,0	0,0000	0,44797
3	0,233662	7,0	100,0	0,4352	0,1894	5,4	10,0	233,0	0,0000	0,81059

Na função discriminante 30,4% foram classificados erroneamente em relação aos 246 espécimes que formam a amostra (Tabela 43), onde o maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. minutus* e *C. lami*, seguido de *C. flamarioni*, onde dos 87 exemplares previamente identificados como *C. lami*, 14 foram classificados pela função discriminante como *C. minutus* fornecendo assim um erro de 16,09% na separação inicial em espécies e os 69 espécimes previamente classificados em *C. minutus*, 12, ou seja, 17,39% eram *C. lami*, bem como 20,29% (14) eram *C. flamarioni*.

Tabela 43 – Agrupamento por distância de CVA para os 246 espécimes de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Atual	Classificação prévia				Total
	<i>C. flamarioni</i>	<i>C. minutus</i>	<i>C. torquatus</i>	<i>C. lami</i>	
<i>C. flamarioni</i>	29	6	1	1	37
<i>C. minutus</i>	14	40	3	12	69
<i>C. torquatus</i>	0	1	52	0	53
<i>C. lami</i>	3	14	1	69	87
Total	46	61	57	82	246

Para a análise das fêmeas, o gráfico de CVA teve o primeiro eixo canônico significativo, (Wilk's Lambda = 0,07; $P < 0,0001$ - Tabela 44 e Figura 32b).

Tabela 44 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para as 145 fêmeas de *Ctenomys*.

Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l Pcnt	Total Pcnt	Canon Corr	Canon Corr2	F-Value	Numer DF	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	3,681525	72,2	72,2	0,8868	0,7864	14,8	36,0	384,8	0,0000	0,07711
2	1,103170	21,6	93,8	0,7242	0,5245	7,9	22,0	262,0	0,0000	0,36099
3	0,317104	6,2	100,0	0,4907	0,2408	4,2	10,0	132,0	0,0000	0,75924

Quando analisado o sexo separadamente 21,1% foram classificados erroneamente em relação às 145 fêmeas que formam a amostra (Tabela 45), onde o maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. minutus*, *C. lami* e *C. flamarioni*, onde dos 33 exemplares previamente identificados como *C. minutus*, quatro foram novamente classificados pela função discriminante como *C. lami* e seis como *C. flamarioni* fornecendo assim um erro de 12,12% e 18,18% respectivamente na separação inicial em espécies e as 51 espécimes previamente classificados em *C. lami*, cinco, ou seja, 9,80% eram *C. minutus* e duas 3,92% eram *C. flamarioni*. E das 24 espécimes identificadas como *C. flamarioni* cinco (20,83%) foram reclassificadas em *C. minutus* e uma (4,17%) em *C. torquatus*.

Tabela 45 - Agrupamento por distância de CVA para os 145 fêmeas de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Atual	Classificação prévia				Total
	<i>C. flamarioni</i>	<i>C. minutus</i>	<i>C. torquatus</i>	<i>C. lami</i>	
<i>C. flamarioni</i>	18	5	1	0	24
<i>C. minutus</i>	6	23	0	4	33
<i>C. torquatus</i>	0	0	37	0	37
<i>C. lami</i>	2	5	0	44	51
Total	26	33	38	48	145

Para a análise dos machos, o gráfico de CVA teve o primeiro eixo canônico significativo (Wilk's Lambda = 0,14; $P < 0,0001$ - Tabela 46 e Figura 32c) respectivamente.

Tabela 46 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 101 machos de *Ctenomys*.

Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l Pcnt	Total Pcnt	Canon Corr	Canon Corr2	F-Value	Numer DF	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	1,947029	63,6	63,6	0,8128	0,6607	6,6	36,0	254,8	0,0000	0,14235
2	0,762808	24,9	88,5	0,6578	0,4327	4,3	22,0	174,0	0,0000	0,41953
3	0,352174	11,5	100,0	0,5103	0,2605	3,1	10,0	88,0	0,0020	0,73955

Quando analisado o sexo separadamente 26,4% foram classificados erroneamente dos 101 machos que formam a amostra (Tabela 47), onde o maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. minutus*, *C. lami* onde dos 36 exemplares previamente identificados como *C. minutus*, cinco foram classificados pela função discriminante como *C. lami*, três como *C. torquatus* e dois como *C. flamarioni* fornecendo assim um erro de 13,89%, 8,33% e 5,56% respectivamente na separação inicial em espécies e os 36 espécimes previamente classificados em *C. lami*, quatro, ou seja, 11,11% eram *C. minutus* e dois como *C. flamarioni* (5,56%).

Tabela 47 - Agrupamento por distância de CVA para os 101 machos de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Atual	Classificação prévia				Total
	<i>C. flamarioni</i>	<i>C. minutus</i>	<i>C. torquatus</i>	<i>C. lami</i>	
<i>C. flamarioni</i>	11	1	0	1	13
<i>C. minutus</i>	2	26	3	5	36
<i>C. torquatus</i>	0	1	15	0	16
<i>C. lami</i>	2	4	1	29	36
Total	15	32	19	35	101

4.3.3.1 Análise de variáveis canônicas

O primeiro eixo canônico separa nitidamente *C. torquatus* dos demais tanto na análise sem distinção de sexo como nas análises realizadas para fêmeas e machos (Figura 32).

O segundo eixo canônico quando analisado para os 246 espécimes foi pouco correlacionado já que Wilk's Lambda=0,44; $P < 0,0001$ foi alto, Tabela 42 e Figura 32a, porém na representação gráfica tende a separar algumas espécies. Mesmo padrão foi observado quando separado por fêmeas (Wilk's Lambda=0,36; $P < 0,0001$ - Tabela 44 e Figura 32b) e por machos (Wilk's Lambda=0,42; $P < 0,0001$ - Tabela 46 e Figura 32c).

Na figura 32 a, b e c observa-se uma tendência a formar três grupos tendo em um lado *C. flamarioni*, como intermediário *C. minutus* e *C. lami* e do outro extremo *C. torquatus*.

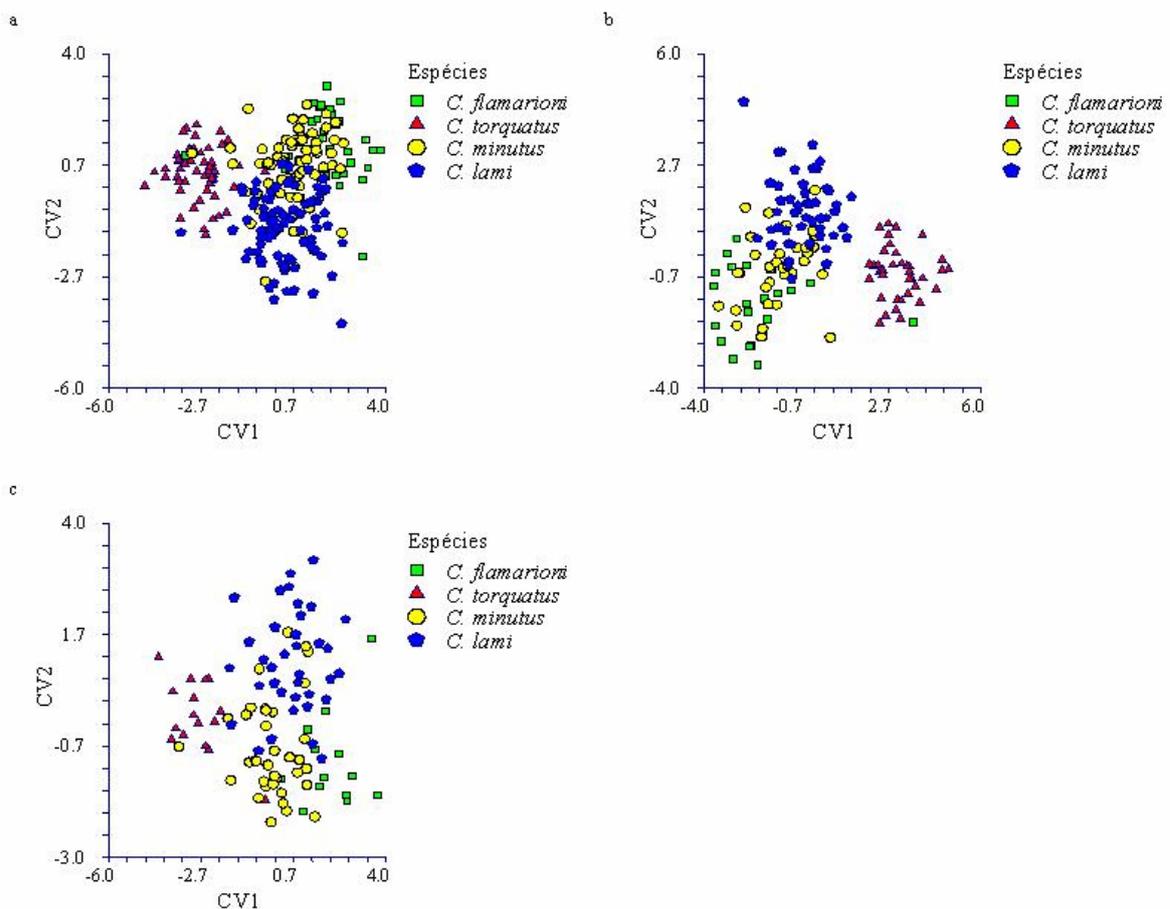


Figura 32 Gráfico com os escores dos dois primeiros eixos canônicos através da análise de variáveis canônicas (CVA) para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*. Conforme Mora *et al.*, 2003, onde: a – todos os exemplares; b – fêmeas; c – machos.

A separação entre as espécies foi resultado da iteração das 12 variáveis estudadas

(Tabela 48) tendo maior expressão o ângulo de procumbência superior (APS), a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), seguido da largura rostral (LR) com oposição de sinal ao comprimento do osso zigomático (COZ) e ao comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar (CDIEC), separando visivelmente *C. torquatus* (Figura 32a). As demais medidas apresentaram pouca influência na separação das espécies.

Tabela 48 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para os 242 espécimes de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	Escores canônicos		
	Variate1	Variate2	Variate3
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,045776	-0,129000	0,280811
LOZ - largura do osso zigomático	-0,039445	-0,047007	0,429133
LR - largura rostral	-0,219969	0,007056	0,286705
CDS - comprimento do diastema superior	-0,081456	-0,168784	0,258333
CECB - comprimento do eixo craniano básico	0,025584	-0,001603	0,223634
CR - comprimento rostral	-0,005451	-0,181191	0,295938
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	-0,248506	0,166520	0,428702
ED - espessura dos dentes incisivos superiores	0,020797	-0,005425	0,113121
COZ - comprimento do osso zigomático	0,275161	0,080070	0,515141
LM - largura da mandíbula	0,085076	0,128159	0,195227
CDIEC - comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar	0,100247	-0,031494	0,384989
APS - ângulo de procumbência superior	-0,307390	-0,008265	0,003370

Analisando-se separadamente por sexo observa-se que nas fêmeas as variáveis com maior expressão foram: a largura rostral (LR), a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), o ângulo de procumbência superior (APS), o comprimento do diastema superior (CDS) a largura do osso zigomático (LOZ) seguido do comprimento rostral (CR), com oposição de sinal ao comprimento do osso zigomático (COZ). As demais medidas apresentam pouca influência na separação das espécies (Tabela 49).

Observa-se para os machos Tabela 49 a existência de diferentes variáveis com maior ou menor influência quando comparado com todos os indivíduos e com as fêmeas. O agrupamento foi realizado pelo ângulo de procumbência superior (APS), pela largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), pela largura rostral (LR) com oposição de sinal em relação ao comprimento do osso zigomático (COZ), ao comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar (CDIEC), ao comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), a largura da mandíbula (LM), ao comprimento rostral (CR) e ao comprimento do eixo craniano básico (CECB). Nesse entram outras variáveis que não se expressaram antes, como, comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), comprimento do eixo craniano básico (CECB), largura da mandíbula (LM) e comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar (CDIEC), apresentam valores opostos (são inversamente proporcionais) as demais variáveis

destacando-se o ângulo de procumbência superior (APS), a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS) e a largura rostral (LR). Apesar da baixa significância do segundo escore, também para os machos, cabe salientar que existe a oposição de largura da mandíbula (LM) em relação as demais variáveis, tendendo a separar *C. lami* de *C. minutus* e *C. flamarioni* dos demais.

Tabela 49 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para fêmeas e machos de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	Fêmeas Escore Canônico			Machos Escore Canônico		
	1	2	3	1	2	3
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,05106	0,11435	0,44468	0,18262	0,20549	0,47769
LOZ - largura do osso zigomático	0,13491	-0,02971	0,60950	0,04983	0,18262	0,55994
LR - largura rostral	0,37694	-0,16137	<u>0,52734</u>	-0,18952	0,22475	<u>0,46749</u>
CDS - comprimento do diastema superior	0,21610	0,10192	0,38840	0,07180	0,32579	0,35032
CECB - comprimento do eixo craniano básico	0,04932	-0,02837	0,33001	0,10402	0,04290	0,45107
CR - comprimento rostral	0,13350	0,14953	0,57731	0,13251	0,30159	0,34936
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0,33683	<u>-0,32266</u>	<u>0,57782</u>	-0,24443	<u>0,05301</u>	<u>0,62226</u>
ED - espessura dos dentes incisivos superiores	0,06805	-0,10904	0,52854	0,03686	0,10443	0,16633
COZ - comprimento do osso zigomático	-0,20778	-0,17885	0,65218	0,45092	-0,01525	0,60982
LM - largura da mandíbula	-0,02249	-0,15113	0,29524	0,13983	-0,15350	0,42996
CDIEC - comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar	-0,02201	-0,03506	0,63447	0,21127	0,11390	0,52089
APS - ângulo de procumbência superior	0,27434	<u>0,02043</u>	<u>-0,01178</u>	-0,27945	<u>0,02976</u>	<u>0,15712</u>

Através da análise de variáveis canônicas as fêmeas (Figura 32b) foram melhor diferenciadas para o primeiro escore, mostrando a existência de um gradiente que vai de *C. torquatus*, com as maiores medidas de ângulo de procumbência superior (APS), de largura rostral (LR), de largura dos dentes incisivos superiores (LDIS) e com menor medida de comprimento do osso zigomático (COZ), a *C. flamarioni* com as menores medidas de APS, LR, LDIS e maior COZ.

4.4 Análise dos Componentes Principais entre as espécies (Todas as medidas morfológicas)

Analisando-se machos e fêmeas de toda a amostra com o uso das medidas utilizadas por Lessa & Thaeler (1989), Lessa & Stein (1992) e Mora *et al.*(2003) foi evidenciado que os 242 exemplares foram separados em machos e fêmeas pelo primeiro componente principal PC1 (Figura 33). Determinando a realização de uma análise separando machos e fêmeas.

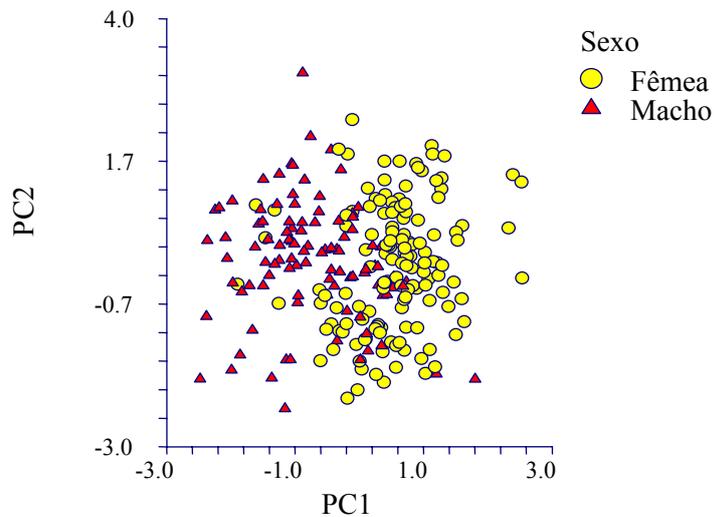


Figura 33 - Análise de Componentes Principais PCA, para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus* mostrando o dimorfismo sexual para o PC1.

4.4.1 Análise dos Componentes Principais para as fêmeas

O primeiro componente principal PC1 foi formado pelas seguintes variáveis: comprimento rostral (CR), largura do osso zigomático (LOZ), comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), comprimento total do crânio (CTO), comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar (CDIEC), altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM), comprimento do eixo craniano básico (CECB), largura da mandíbula (LM), espessura dos dentes incisivos superiores (ED), largura rostral (LR), profundidade do rostro (PR), largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), largura do osso mastóide (LOM), largura da constrição inter orbital (LCIO), comprimento do osso zigomático (COZ), alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL), largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA), comprimento da placa anterior da “fossa glenóide” (FG) e comprimento do eixo maior do côndilo articular (CEMCA). O segundo componente principal PC2 “forma” é explicado pela razão de procumbência superior (RPS), ângulo de procumbência superior (APS), alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL), comprimento do osso zigomático (COZ), largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA) e largura dos dentes incisivos inferiores (LDII). E o PC3 foi explicado pela razão de procumbência inferior (RPI) e comprimento do eixo maior do côndilo articular (CEMCA).

Todas as variáveis que influenciaram o PC1 das fêmeas possuem o mesmo sinal, tendo como exceção, a razão de procumbência inferior (RPI), que é uma variável de baixa correlação com esse eixo. Para PC2, observa-se oposição do comprimento total do crânio (CTO), comprimento côndilobasilar do crânio (CBO), largura do osso zigomático (LOZ), largura do osso mastóide (LOM), comprimento do eixo craniano básico (CECB), comprimento rostral (CR), espessura dos dentes incisivos superiores (ED), comprimento do osso zigomático (COZ), largura da mandíbula (LM), comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar (CDIEC), alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL) e comprimento do eixo maior do côndilo articular (CEMCA), em relação à altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM), largura da constrição inter orbital (LCIO), largura rostral (LR), profundidade do rostro (PR), largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), comprimento da placa anterior da “fossa glenóide” (FG), ângulo de procumbência superior (APS), ângulo de procumbência inferior (API), largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA), razão de procumbência superior (RPS) e razão de procumbência inferior (RPI). O PC3 apresenta

correlação negativa da razão de procumbência inferior (RPI) com esse eixo conforme Tabela 50.

Tabela 50 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais das fêmeas das quatro espécies de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	PCs		
	PC1	PC2	PC3
CTO - comprimento total do crânio	0.914820	0.210240	0.089001
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0.928128	0.173888	0.074261
LOZ - largura do osso zigomático	0.936060	0.020475	0.039257
LOM - largura do osso mastóide	0.732196	0.298116	0.350117
PCNDM - altura do crânio até o nível dos dentes molariformes	0.885124	-0.187436	-0.015483
LCIO - largura da constrição inter orbital	0.651704	-0.386645	-0.008577
LR - largura rostral	0.823884	-0.343977	-0.097970
PR - profundidade do rostro	0.791867	-0.113724	0.049791
CECB - comprimento do eixo craniano básico	0.861755	0.152115	0.030994
CR - comprimento rostral	0.940045	0.037731	0.063234
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0.742672	-0.323829	-0.163048
LDII - largura dos dentes incisivos inferiores	0.744899	-0.419573	-0.193884
ED - espessura dos dentes incisivos superiores	0.828579	0.011899	-0.113980
COZ - comprimento do osso zigomático	0.644872	0.658117	0.032389
LM - largura da mandíbula	0.843949	0.234283	0.012309
CDIEC - comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar	0.902040	0.293754	0.000543
INL - alavanca interna do membro superior dos m adutores da mandíbula	0.644872	0.658117	0.032389
FG - comprimento da placa anterior da “fossa glenóide”	0.423536	-0.193786	-0.245696
APS - ângulo de procumbência superior	0.247143	-0.687813	0.353474
API - ângulo de procumbência inferior	0.149943	-0.355742	0.315900
CEMCA - comprimento do eixo maior do côndilo articular	0.406380	0.130682	-0.540284
LEMCA - largura do eixo menor do côndilo articular	0.548871	-0.472721	-0.091148
RPS - razão de procumbência superior	0.307743	-0.732427	0.189060
RPI - razão de procumbência inferior	-0.012457	-0.196455	-0.630614
Autovalor	12.225779	3.245416	1.253062
Percentagem	50.94 %	13.52 %	5.22 %
Percentagem acumulada	50.94 %	64.46 %	69.68 %

Os três primeiros autovalores conservam 69,68% da variabilidade. O PC1 foi responsável por 50,94 %. O PC2 foi responsável por 13,52% e o PC3 por 5,22% da informação conforme Tabela 50 e Figura 34.

Os gêneros de *Ctenomys* não foram separados pelo PC1 (Figura 34a), mas o PC2 mostra uma tendência em separar *C. torquatus* de *C. flamarioni* aparecendo nos dois extremos *C. flamarioni* e *C. torquatus*, passando por uma forma intermediária de *C. lami* e *C. minutus* os quais apresentam medidas ora com tendência a um extremo ora a outro, formando assim três grupos. Nos escores para o PC3 observa-se que *C. lami* se diferencia de *C. minutus* e *C. torquatus* com *C. flamarioni* totalmente disperso nesse eixo, conforme Figura 34 b.

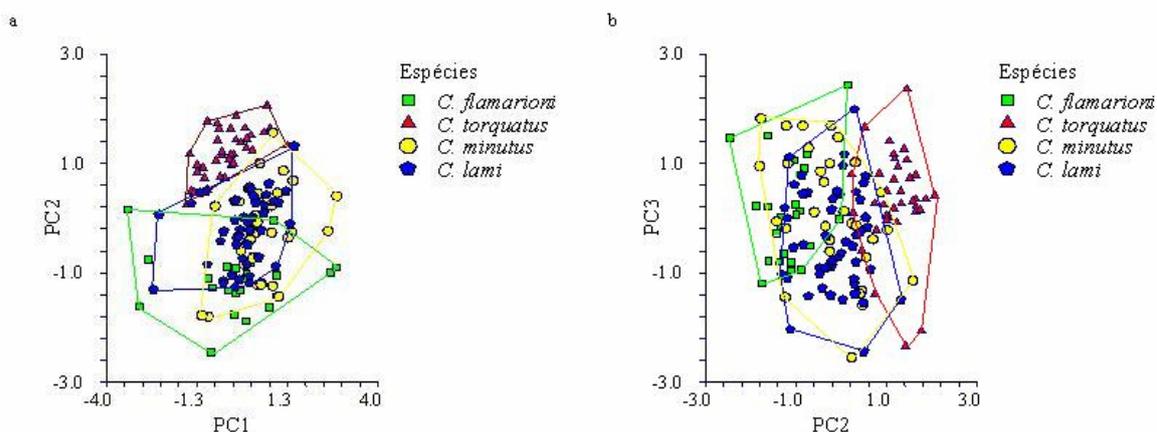


Figura 34 – Gráfico com os escores plotados da Análise de Componentes Principais PCA para as fêmeas de *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus* usando todas as variáveis, onde: a – PC1 x PC2; b – PC2 x PC3.

4.4.1.1 Análise de variância

Na análise da variância ANOVA de uma entrada para o PC1, ($F=6,82$; $P=0,000$), sendo *C. minutus* estatisticamente diferente das demais espécies, *C. minutus* e *C. lami* apresentam tamanhos diferentes e *C. flamarioni* só tem tamanho diferente de *C. minutus*, apresentando tamanho diferente em relação às demais espécies, conforme Figura 35 e Tabela 51.

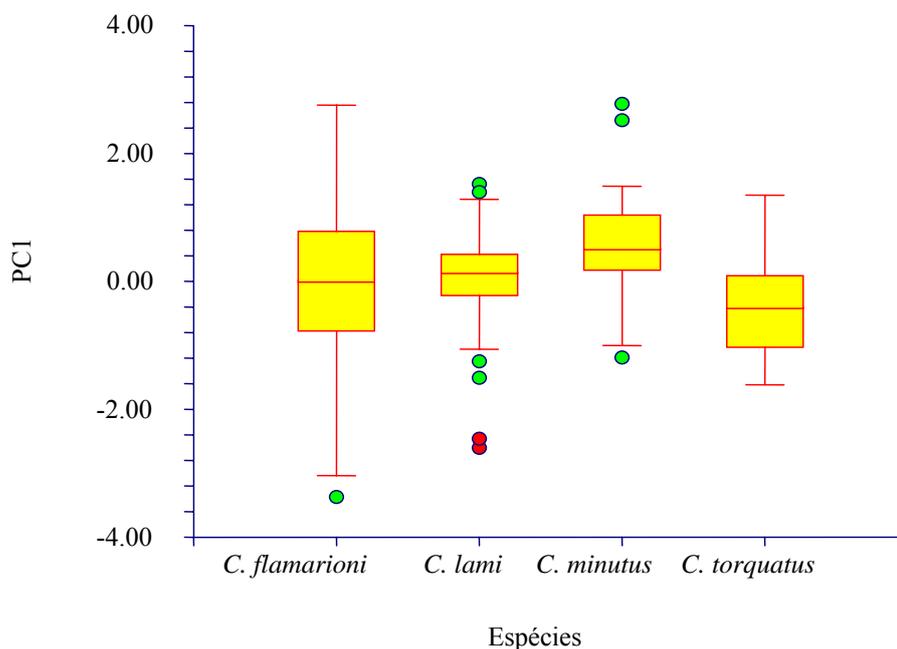


Figura 35 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC1 para as fêmeas de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes e vermelho; “outliers”.

Tabela 51 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o primeiro componente principal (PC1) das 142 fêmeas de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. torquatus</i>	37	-0.4238381	<i>C. minutus</i>
<i>C. flamarioni</i>	24	-0.1172419	<i>C. minutus</i>
<i>C. lami</i>	50	-3.286655E-03	<i>C. minutus</i>
<i>C. minutus</i>	31	0.6019403	<i>C. torquatus</i> , <i>C. flamarioni</i> , <i>C. lami</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=138 MSE=0,8897872 Critical Value=3,633169			

Na análise da variância ANOVA de uma entrada para o PC2 ($F=73,41$; $P=0,000$), *C. torquatus* e *C. flamarioni* são estatisticamente diferentes das demais espécies, bem como *C. minutus* e *C. lami* apresentam tamanhos iguais conforme Figura 36 e Tabela 52.

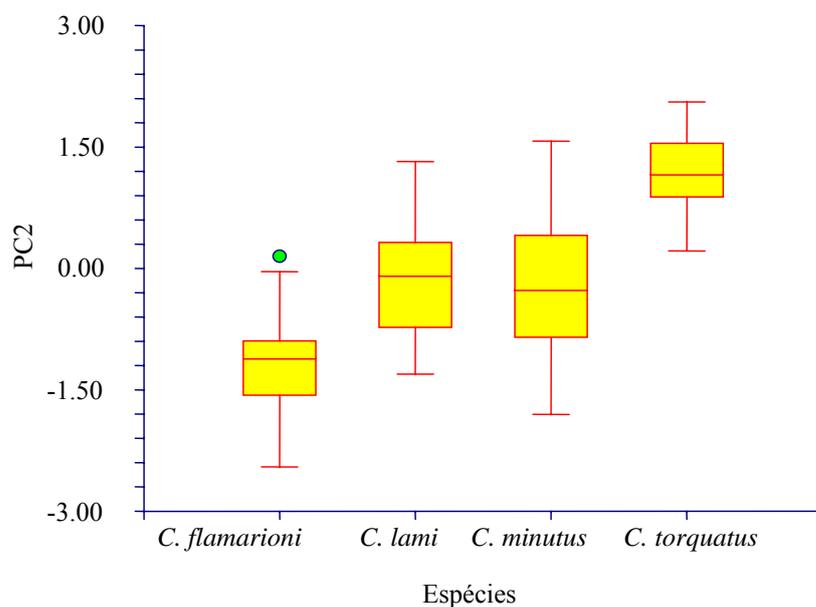


Figura 36 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC2 para as fêmeas de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde; “outliers”.

Tabela 52 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o segundo componente principal (PC2) das 142 fêmeas de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. flamarioni</i>	24	-1.15962	<i>C. minutus</i> , <i>C. lami</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. minutus</i>	31	-0.232365	<i>C. flamarioni</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. lami</i>	50	-0.1704979	<i>C. flamarioni</i> , <i>C. torquatus</i>
<i>C. torquatus</i>	37	1.177273	<i>C. flamarioni</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C. lami</i>
Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=138 MSE=0,3936124 Critical Value=3,633169			

Na análise da variância ANOVA de uma entrada para o PC3 ($F=4,28$; $P=0,000$), *C. lami* é diferentes de *C. torquatus*, conforme Figura 37 e Tabela 53.

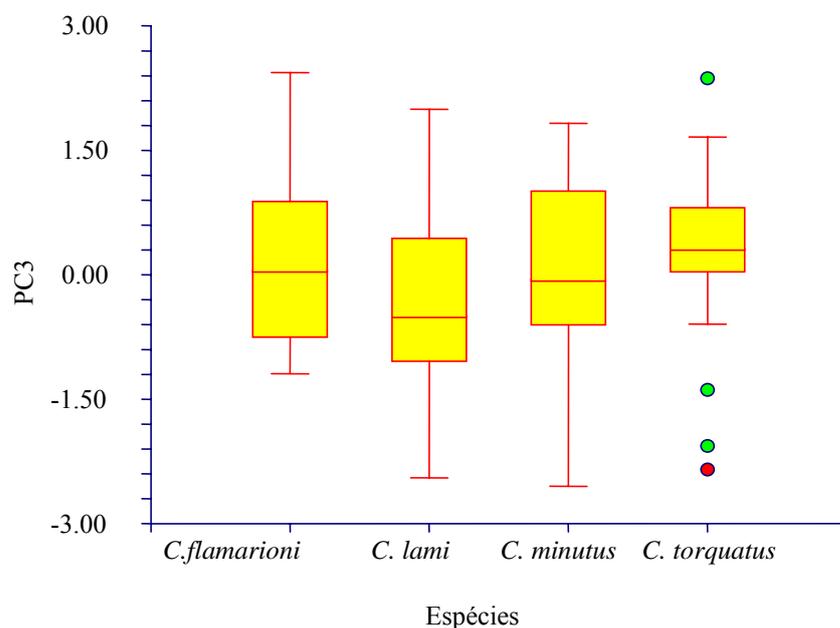


Figura 37 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC3 para as fêmeas de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculos verdes e vermelho; “outliers”.

Tabela 53. – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o terceiro componente principal (PC3) das 142 fêmeas de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. lami</i>	50	-0.3783863	<i>C. torquatus</i>
<i>C. minutus</i>	31	0.1139794	
<i>C. flamarioni</i>	24	0.1326979	
<i>C. torquatus</i>	37	0.3297623	<i>C. lami</i>
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=138 MSE=0.9347272 Critical Value=3.633169			

4.4.2 Análise dos Componentes Principais para os machos

O primeiro componente principal PC1 incluiu as seguintes variáveis: comprimento cêndilobasilar do crânio (CBO), largura do osso zigomático (LOZ), comprimento rostral (CR), comprimento total do crânio (CTO), comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar (CDIEC), altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM), comprimento do eixo craniano básico (CECB), largura rostral (LR), espessura dos dentes incisivos superiores (ED), largura da mandíbula (LM), profundidade do rostro (PR), largura do osso mastóide (LOM), comprimento do osso zigomático (COZ), alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL), largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), largura da constrição inter orbital (LCIO), comprimento do eixo maior do cêndilo articular (CEMCA) e comprimento da placa anterior da “fossa glenóide” (FG). O segundo componente principal PC2 “forma” é explicado pela razão de procumbência superior (RPS), ângulo de procumbência superior (APS), largura do eixo menor do cêndilo articular (LEMCA), ângulo de procumbência inferior (API), alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL), comprimento do osso zigomático (COZ), e largura dos dentes incisivos inferiores (LDII). E o PC3 foi explicado pela razão de procumbência inferior (RPI) e ângulo de procumbência superior (APS).

Todas as variáveis para PC1 possuem o mesmo sinal tendo exceção o APS. Para PC2, observa-se oposição entre comprimento total do crânio (CTO), comprimento cêndilobasilar do crânio (CBO), largura do osso mastóide (LOM), comprimento do eixo craniano básico (CECB), comprimento rostral (CR), comprimento do osso zigomático (COZ), largura da mandíbula (LM), comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar (CDIEC), alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL) e comprimento do eixo maior do cêndilo articular (CEMCA) em relação a altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM), largura da constrição inter orbital (LCIO), largura rostral (LR), profundidade do rostro (PR), largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), comprimento da placa anterior da “fossa glenóide” (FG), ângulo de procumbência superior (APS), ângulo de procumbência inferior (API), largura do eixo menor do cêndilo articular (LEMCA), espessura dos dentes incisivos superiores (ED), largura do osso zigomático (LOZ), razão de procumbência superior (RPS) e razão de procumbência inferior (RPI) e, o PC3 apresenta correlação positiva da razão de procumbência inferior (RPI) com esse eixo conforme Tabela 54 .

Tabela 54 - Correlações, autovalores, percentagem de cada vetor e acumulada dos três primeiros eixos da análise dos componentes principais dos machos das quatro espécies de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	PCs		
	PC1	PC2	PC3
CTO - comprimento total do crânio	0.925620	-0.192723	-0.116052
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0.942754	-0.181752	-0.071353
LOZ - largura do osso zigomático	0.940905	<u>0.062215</u>	-0.084306
LOM - largura do osso mastóide	0.784997	-0.082256	-0.345376
PCNDM - altura do crânio até o nível dos dentes molariformes	0.896704	0.216824	-0.019373
LCIO - largura da constrição inter orbital	0.576486	0.362049	-0.251054
LR - largura rostral	0.860806	0.319579	0.136956
PR - profundidade do rostro	0.809161	0.077482	-0.135263
CECB - comprimento do eixo craniano básico	0.879261	-0.159853	0.090718
CR - comprimento rostral	0.927429	-0.090989	-0.088609
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0.725997	0.377553	0.279614
LDII - largura dos dentes incisivos inferiores	0.662917	0.423117	0.389941
ED - espessura dos dentes incisivos superiores	0.858815	<u>0.063877</u>	0.128886
COZ - comprimento do osso zigomático	0.749820	-0.485551	-0.035277
LM - largura da mandíbula	0.850767	-0.193254	0.058393
CDIEC - comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar	0.922318	-0.188289	-0.070628
INL - alavanca interna do membro superior dos m adutores da mandíbula	0.749677	-0.485653	-0.035401
FG - comprimento da placa anterior da “fossa glenóide”	0.435115	0.285791	0.052449
APS - ângulo de procumbência superior	-0.154051	0.675501	-0.430592
API - ângulo de procumbência inferior	0.065328	0.488835	-0.087243
CEMCA - comprimento do eixo maior do côndilo articular	0.481454	-0.016809	0.059501
LEMCA - largura do eixo menor do côndilo articular	0.324567	0.508101	0.039979
RPS - razão de procumbência superior	0.103099	0.760919	-0.121372
RPI - razão de procumbência inferior	0.082601	0.109680	0.785770
Autovalor	12.387178	2.897357	1.352310
Percentagem	51.61 %	12.07 %	5.63 %
Percentagem acumulada	51.61 %	63.69 %	69.32 %

O PC1 foi responsável por 51,61 %, o PC2 foi responsável por 12,07% e o PC3 por 5,63% da informação, juntamente, os três primeiros autovalores conservam 69,32% da variabilidade, conforme Tabela 54.

Os escores para o PC1 não separam os gêneros de *Ctenomys* (Figura 38a) para o PC2 mostra uma tendência de separar *C. torquatus* de *C. flamarioni* aparecendo nos dois extremos *C. flamarioni* e *C. torquatus*, passando por uma forma intermediária de *C. lami* e *C. minutus*, mesma formação observada nas fêmeas. Nos escores para o PC3 observa-se que existe uma diferença entre *C. torquatus* e *C. lami*, conforme Figura 38b.

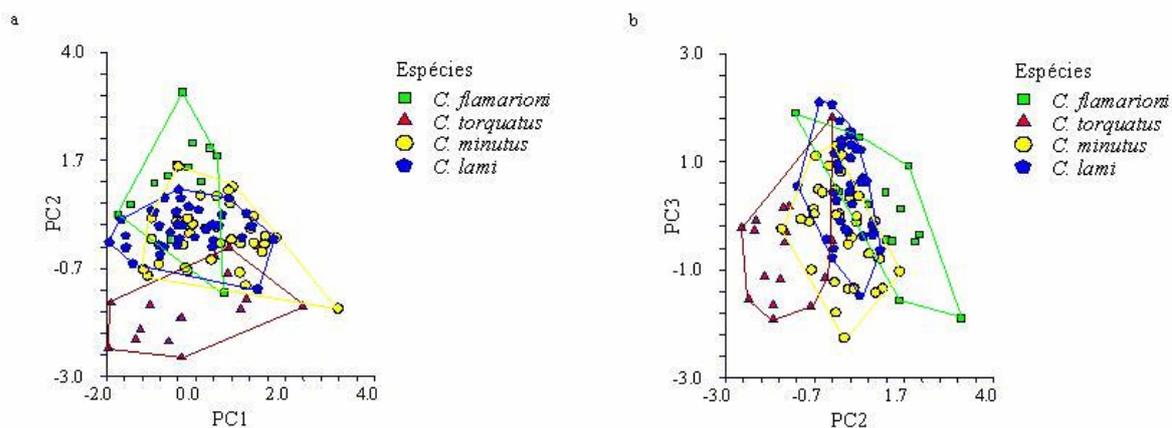


Figura 38. – Gráfico com os escores plotados da Análise de Componentes Principais PCA para os machos de *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus* usando todas as variáveis, onde: a – PC1 x PC2; b – PC2 x PC3.

4.4.2.1 Análise de variância

A análise da variância ANOVA de uma entrada para o PC1 ($F=3,38$; $P=0,021$), rejeitou a hipótese de igualdade, onde a média de tamanho geral dos machos apresenta diferenças significativas entre *C. minutus* e *C. lami* conforme Figura 39 e Tabela 55

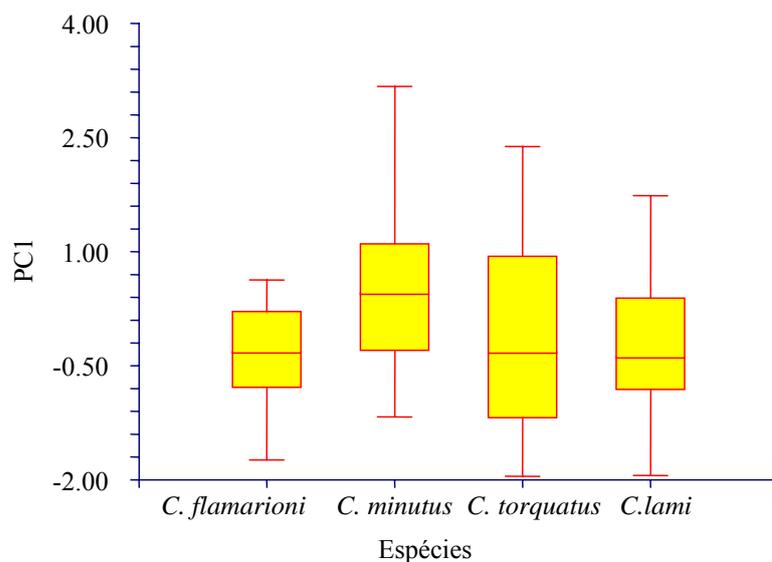


Figura 39 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC1 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.

Tabela 55 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o primeiro componente principal (PC1) dos 100 machos de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. flamarioni</i>	13	-0.3711298	
<i>C.lami</i>	36	-0.2246857	<i>C. minutus</i>
<i>C. torquatus</i>	16	-7.973239E-02	
<i>C. minutus</i>	35	0.4054025	<i>C.lami</i>

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=96 MSE=0.9326875 Critical Value=3.697631

Na análise da variância ANOVA de uma entrada para o PC2 (F=40,93; P=0,000) ocorreu à rejeição da hipótese de igualdade, sendo *C. torquatus* estatisticamente diferente das demais espécies, *C. minutus* e *C. lami* apresentam a mesma forma e *C. flamarioni* é diferente de *C. minutus*, *C. torquatus* e *C. lami*, conforme Figura 40 e Tabela 56.

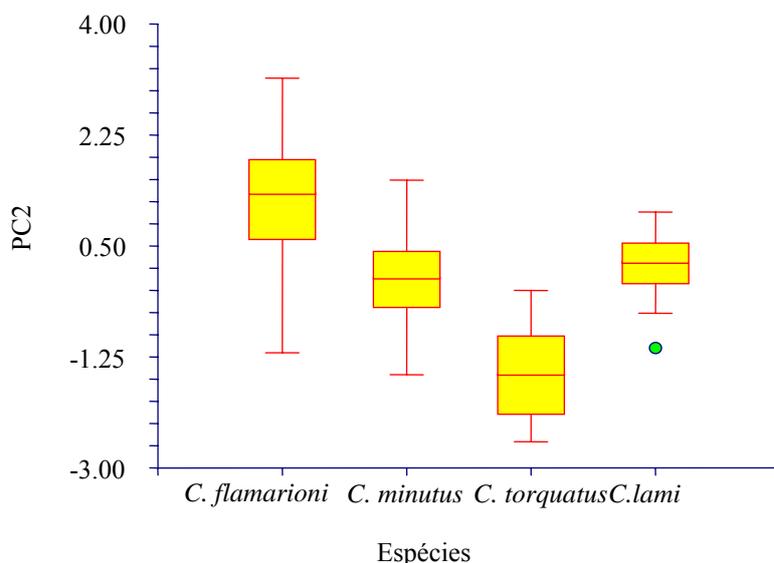


Figura 40 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC2 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança; círculo verde; “outliers”.

Tabela 56 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o segundo componente principal (PC2) dos 100 machos de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. torquatus</i>	16	-1.483329	<i>C. minutus</i> , <i>C.lami</i> , <i>C. flamarioni</i>
<i>C. minutus</i>	35	0.0304068	<i>C. torquatus</i> , <i>C. flamarioni</i>
<i>C.lami</i>	36	0.1933443	<i>C. torquatus</i> , <i>C. flamarioni</i>
<i>C. flamarioni</i>	13	1.208356	<i>C. torquatus</i> , <i>C. minutus</i> , <i>C.lami</i>

Alpha=0,050 Error Term=S(A) DF=96 MSE=0,4524586 Critical Value=3,697631

Na análise da variância ANOVA de uma entrada para o PC3 (F=7,49; P=0,000), rejeitando a hipótese de igualdade.

Observa-se na Figura 41 e Tabela 57 que *C. minutus* é estatisticamente diferente de *C. lami* e *C. torquatus*.

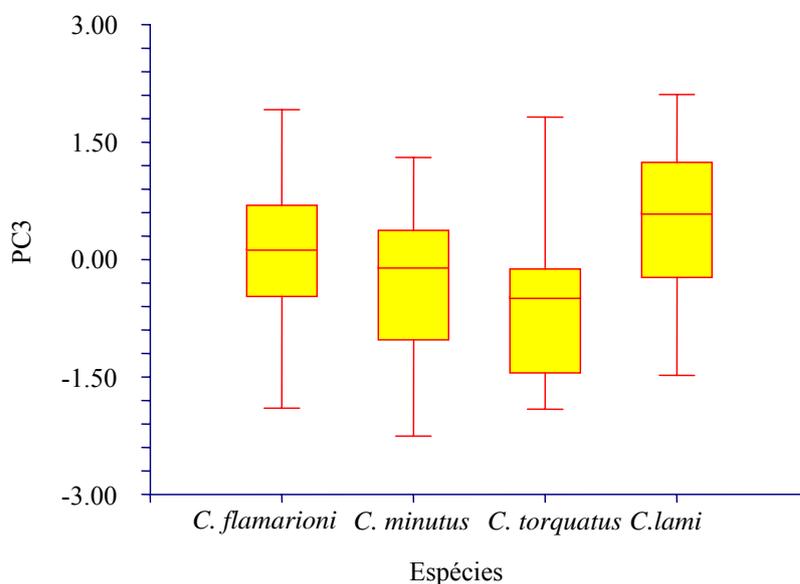


Figura 41 – Gráfico com a distribuição dos escores de PC3 para os machos de *Ctenomys*. Linha horizontal, média; linhas verticais, intervalo de confiança.

Tabela 57 – Valores da Análise de Variância ANOVA - (Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test) para os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (PCA) para o terceiro componente principal (PC3) dos 100 machos de *Ctenomys*.

Espécies	N	Média	Diferente da(s) espécie(s)
<i>C. torquatus</i>	16	-0.6206151	<i>C.lami</i>
<i>C. minutus</i>	35	-0.2702787	<i>C.lami</i>
<i>C. flamarioni</i>	13	2.778882E-02	
<i>C.lami</i>	36	0.528565	<i>C. torquatus, C. minutus</i>

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=96 MSE=0.8355507 Critical Value=3.697631

4.4.3 Análise de discriminantes

O gráfico de CVA teve o primeiro eixo canônico significativo (Wilk's Lambda = 0,04; $P < 0,0001$ - Tabela 58 e Figura 42a).

Tabela 58 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 242 espécimes de *Ctenomys*.

Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l Pcnt	Total Pcnt	Canon Corr	Canon Corr2	F-Value	Numer DF	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	3.676943	57.8	57.8	0.8867	0.7862	16.7	72.0	643.4	0.0000	0.04293
2	2.056617	32.3	90.1	0.8203	0.6728	11.6	46.0	432.0	0.0000	0.20081
3	0.629128	9.9	100.0	0.6214	0.3862	6.2	22.0	217.0	0.0000	0.61382

Na função discriminante 12,1% foram classificados erroneamente em relação aos 242 espécimes que formam a amostra (Tabela 59). Onde o maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. minutus* e *C. lami*, seguido de *C. flamarioni*. Onde dos 86 exemplares previamente identificados como *C. lami*, sete foram novamente classificados pela função discriminante como *C. minutus* fornecendo assim um erro de 8,14% na separação inicial em espécies e um indivíduo foi reclassificado como *C. flamarioni* fornecendo um erro de 1,16%. Dos 66 espécimes previamente classificados em *C. minutus*, cinco, ou seja, 7,58% eram *C. lami*, bem como 6,06% (quatro) eram *C. flamarioni* e 3,03% (dois) eram *C. torquatus*.

Tabela 59 - Agrupamento por distância de CVA para os 242 espécimes de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Actual	Classificação prévia				Total
	<i>C. lami</i>	<i>C. torquatus</i>	<i>C. flamarioni</i>	<i>C. minutus</i>	
<i>C. lami</i>	78	0	1	7	86
<i>C. torquatus</i>	0	52	0	1	53
<i>C. flamarioni</i>	0	1	35	1	37
<i>C. minutus</i>	5	2	4	55	66
Total	83	55	40	64	242

Para a análise por sexo, o gráfico de CVA para as fêmeas teve o primeiro eixo canônico significativo (Wilk's Lambda = 0,02; $P < 0,0001$ - Tabela 60 e Figura 42b).

Tabela 60 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para as 142 fêmeas de *Ctenomys*.

Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l Pcnt	Total Pcnt	Canon Corr	Canon Corr2	F-Value	Numer DF	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	4.937935	56.4	56.4	0.9119	0.8316	12.5	72.0	344.5	0.0000	0.02137
2	2.658739	30.4	86.8	0.8525	0.7267	9.1	46.0	232.0	0.0000	0.12690
3	1.153725	13.2	100.0	0.7319	0.5357	6.1	22.0	117.0	0.0000	0.46431

Na função discriminante 7,5% foram classificados erroneamente em relação às 142 fêmeas que formam a amostra (Tabela 61), onde o maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. minutus*, *C. lami* e *C. flamarioni*, onde dos 31 exemplares previamente identificados como *C. minutus*, um foi novamente classificado pela função discriminante como *C. lami* e dois como *C. flamarioni* fornecendo assim um erro de 3,23% e 6,45% respectivamente na separação inicial em espécies e as 50 espécimes previamente classificados em *C. lami*, três, ou seja 6% eram *C. minutus*.

Tabela 61 – Agrupamento por distância de CVA para as 142 fêmeas de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Actual	Classificação prévia				Total
	<i>C. lami</i>	<i>C. torquatus</i>	<i>flamarioni</i>	<i>minutus</i>	
<i>C. lami</i>	47	0	0	3	50
<i>C. torquatus</i>	0	37	0	0	37
<i>flamarioni</i>	1	1	22	0	24
<i>minutus</i>	1	0	2	28	31
Total	49	38	24	31	142

Para os machos o gráfico de CVA teve o primeiro eixo canônico significativo (Wilk's Lambda = 0,02; $P < 0,0001$ - Tabela 62 e Figura 42c).

Tabela 62 - Autovalores, percentagem, correlações, valor de F, nível de probabilidade e Wilk's Lambda para os escores dos três eixos canônicos de CVA para os 100 machos de *Ctenomys*.

Fn	Inv(W)B Eigenvalue	Ind'l Pcnt	Total Pcnt	Canon Corr	Canon Corr2	F-Value	Numer DF	Denom DF	Prob Level	Wilks' Lambda
1	4.536037	51.8	51.8	0.9052	0.8194	7.8	72.0	219.0	0.0000	0.02214
2	3.334310	38.1	89.9	0.8771	0.7693	6.0	46.0	148.0	0.0000	0.12259
3	0.882003	10.1	100.0	0.6846	0.4687	3.0	22.0	75.0	0.0002	0.53134

Na função discriminante 10,7% foram classificados erroneamente em relação ao 100 machos que formam a amostra (Tabela 63), onde o maior erro de classificação ficou entre as espécies de *C. minutus*, *C. lami* onde dos 35 exemplares previamente identificados como *C. minutus*, três foram novamente classificados pela função discriminante como *C. lami*, dois como *C. flamarioni* fornecendo assim um erro de 8,57 % e 5,71 % respectivamente na separação inicial em espécies e os 36 espécimes previamente classificados em *C. lami*, um, ou seja 2,78% eram *C. minutus* e um, ou seja 2,78% eram *C. torquatus*. E dos 16 espécimes identificados como *C. torquatus* um (6,25%) em *C. minutus*.

Tabela 63 – Agrupamento por distância de CVA para os 100 machos de *Ctenomys*. Grupos originais nas linhas, agrupamento de CVA nas colunas. Os números em negrito representam os exemplares que foram erroneamente classificados.

Atual	Classificação prévia				Total
	<i>C. flamarioni</i>	<i>C. minutus</i>	<i>C. torquatus</i>	<i>C.lami</i>	
<i>C. flamarioni</i>	13	0	0	0	13
<i>C. minutus</i>	2	30	0	3	35
<i>C. torquatus</i>	0	1	15	0	16
<i>C.lami</i>	0	1	1	34	36
Total	15	32	16	37	100

4.4.3.1 Análise de variáveis canônicas

O primeiro eixo canônico separa nitidamente *C. torquatus* dos demais tanto na análise sem distinção de sexo como nas análises realizadas para fêmeas e machos (Figura 42). Na figura 42 a, e b *C. minutus* se agrupa com *C. lami* e tende a separar de *C. flamarioni*. Separação essa, melhor evidente para os machos (Figura 42c).

O segundo eixo canônico quando analisado para os 242 espécimes foi significativo (Wilk's Lambda = 0,20; $P < 0,0001$ - Tabela 58 e Figura 42a). Mesmo padrão foi observado quando separado por fêmeas (Wilk's Lambda = 0,13; $P < 0,0001$ - Tabela 60 e Figura 42b) e por machos (Wilk's Lambda = 0,13; $P < 0,0001$ - Tabela 62 e Figura 42c).

A figura 42 a, b e c separa *C. lami* de *C. flamarioni* para o segundo eixo canônico. Separação melhor visualizada para os machos. Tendendo a agrupar *C. minutus* com *C. flamarioni* e separar de *C. torquatus*. A Figura 42 c indica uma tendência a separar nitidamente os machos de *C. lami* de *C. minutus*.

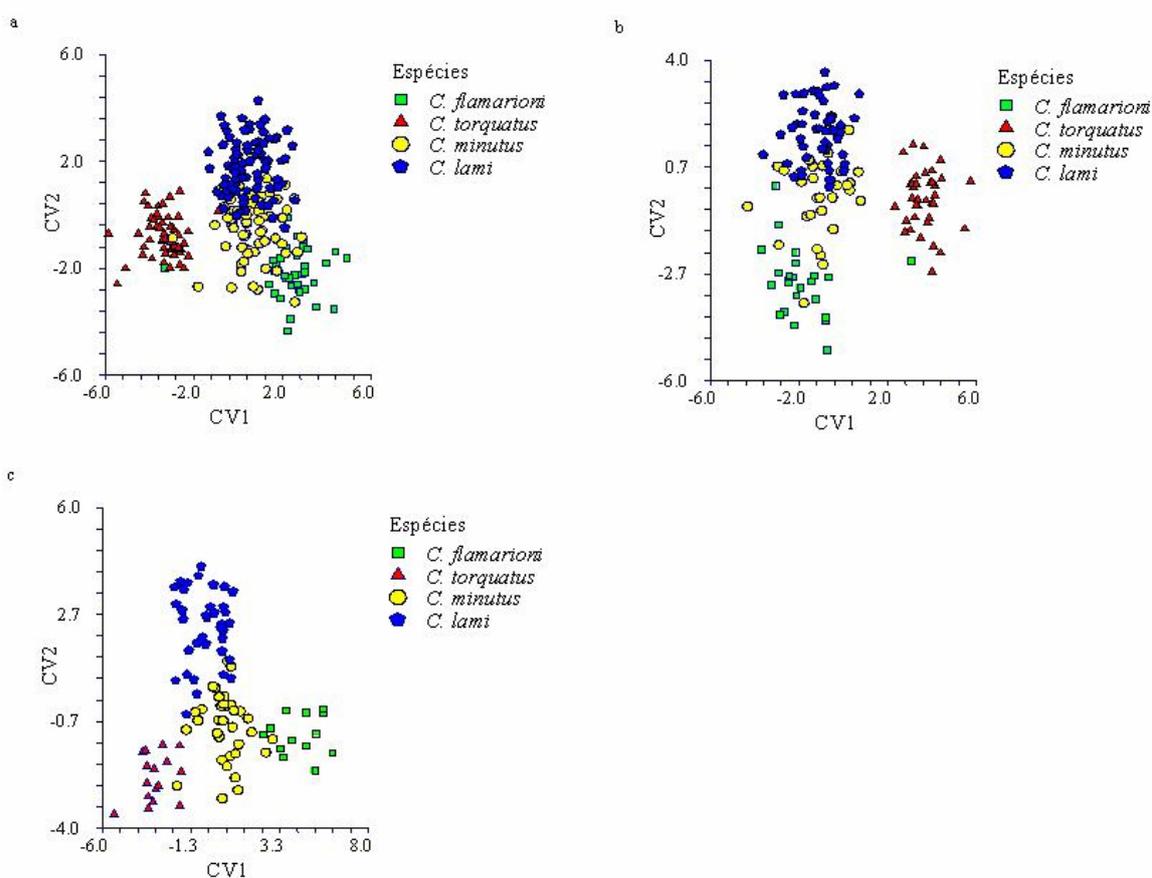


Figura 42 - Gráfico com os escores dos dois primeiros eixos canônicos através da análise de variáveis canônicas (CVA) para *C. flamarioni*, *C. minutus*, *C. lami* e *C. torquatus*, onde: a – todos os exemplares; b – fêmeas; c – machos.

Conforme a Tabela 64 a separação visualizada pelo primeiro eixo canônico foi efetuada pelas correlações com esse eixo da largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), da largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA), do ângulo de procumbência superior (APS), da razão de procumbência superior (RPS) e da largura dos dentes incisivos superiores (LDIS) as quais são inversamente proporcionais ao comprimento do osso zigomático (COZ) e à alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL). Variáveis, essas, responsáveis pela formação de três grupos, com a nítida separação de *C. torquatus* das demais espécies e da transição entre *C. minutus* e *C. flamarioni* (Figura 42a).

No segundo eixo canônico existe a oposição de sinal entre a profundidade do rostro (PR), a largura da constrição inter orbital (LCIO), a altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM) e o comprimento total do crânio (CTO) em relação à largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS) e ao comprimento do eixo maior do côndilo articular (CEMCA). Medidas essas que agrupam *C. torquatus* com *C. minutus* e *C. flamarioni* separando visivelmente *C. lami* das demais (Figura 42a).

Tabela 64 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para os 242 espécimes de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	PCs		
	1	2	3
CTO - comprimento total do crânio	0,060529	0,116302	-0,262336
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,043282	0,066534	-0,183631
LOZ - largura do osso zigomático	-0,021580	0,006879	-0,273895
LOM - largura do osso mastóide	0,108409	0,085322	-0,256873
PCNDM - altura do crânio até o nível dos dentes molariformes	-0,121133	0,111452	-0,081226
LCIO - largura da constrição inter orbital	-0,167944	0,179111	0,101065
LR - largura rostral	-0,167359	-0,020187	-0,205193
PR - profundidade do rostro	-0,028152	0,182627	0,015259
CECB - comprimento do eixo craniano básico	0,025097	-0,007186	-0,138026
CR - comprimento rostral	0,003937	0,096415	-0,203057
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	-0,187470	-0,127051	-0,265740
LDII - largura dos dentes incisivos inferiores	-0,274283	-0,181834	-0,184235
ED - espessura dos dentes incisivos superiores	0,019231	-0,002256	-0,063441
COZ - comprimento do osso zigomático	0,227628	-0,074256	-0,251952
LM - largura da mandíbula	0,070400	-0,089622	-0,080281
CDIEC - comprimento dos dentes incisivos a Extremidade condilar	0,088070	0,000031	-0,216901
INL - alavanca interna do membro superior dos m adutores da mandíbula	0,227613	-0,074210	-0,251994
FG - comprimento da placa anterior da “fossa glenóide”	-0,064735	-0,013414	0,154540
APS - ângulo de procumbência superior	-0,242409	0,002418	-0,052706
API - ângulo de procumbência inferior	-0,178588	0,006309	-0,080023
CEMCA - comprimento do eixo maior do côndilo articular	-0,018196	-0,122697	-0,060267
LEMCA - largura do eixo menor do côndilo articular	-0,267934	0,038229	-0,086460
RPS - razão de procumbência superior	-0,225825	0,039706	-0,019624
RPI - razão de procumbência inferior	-0,067130	-0,014446	0,071204

Quando os sexos são analisados separadamente (fêmeas) observa-se que as variáveis mais significativas foram: a largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), a largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA) a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS), a largura rostral (LR), a razão de procumbência superior (RPS), o ângulo de procumbência superior (APS), a largura da constrição inter orbital (LCIO) e a altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM), apresentando oposição em relação ao comprimento do osso zigomático (COZ) e a alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL), conforme Tabela 65. Sendo essas medidas morfológicas responsáveis pela separação total das fêmeas de *C. torquatus* das demais espécies (Figura 42b).

No segundo eixo existe oposição da largura da constrição inter orbital (LCIO), da profundidade do rostro (PR), da razão de procumbência superior (RPS) e da largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA) em relação a largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), ao comprimento do osso zigomático (COZ), a alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL), ao comprimento do eixo maior do côndilo articular (CEMCA) e a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS). Conforme Figura 42b as fêmeas formam três grupos para o segundo eixo canônico, sendo eles *C. torquatus* e *C. minutus* aparecendo em posição intermediária e *C. flamarioni* em oposição a *C. lami*.

Os machos também formaram para o primeiro eixo canônico três grupos (Figura 42c), sendo explicados pela alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL), pelo comprimento do osso zigomático (COZ), pela largura da mandíbula (LM), pela largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), pelo comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar (CDIEC) em relação a largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), ao ângulo de procumbência inferior (API), a razão de procumbência superior (RPS), a largura da constrição inter orbital (LCIO), ao ângulo de procumbência superior (APS), a largura do eixo menor do côndilo articular (LEMCA), a largura rostral (LR), a altura do crânio até o nível dos dentes molariformes (PCNDM) e a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS).

No segundo eixo existe oposição entre a profundidade do rostro (PR), o comprimento total do crânio (CTO), a largura do osso mastóide (LOM), o comprimento rostral (CR), o comprimento do osso zigomático (COZ), a alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula (INL) e o comprimento côndilobasilar do crânio (CBO) em relação a largura dos dentes incisivos inferiores (LDII), a razão de procumbência superior (RPS), a largura dos dentes incisivos superiores (LDIS) e ao ângulo de procumbência superior (APS), separando *C. lami* das demais espécies (Figura 42c).

Tabela 65 - Correlações entre as variáveis (medidas morfológicas) e os eixos da análise de variáveis canônicas para fêmeas e machos de *Ctenomys*.

Medidas morfológicas	Fêmeas Escores Canônicos			Machos Escores Canônicos		
	1	2	3	1	2	3
CTO - comprimento total do crânio	0,00012	0,04633	-0,38190	0,04487	0,21488	0,37878
CBO - comprimento côndilobasilar do crânio	0,02453	0,04663	-0,26296	0,07875	0,11538	0,34592
LOZ - largura do osso zigomático	0,10791	-0,03706	-0,33589	0,01246	0,04726	0,39157
LOM - largura do osso mastóide	-0,06940	-0,02895	-0,31676	0,06063	0,21550	0,32425
PCNDM - altura do crânio até o nível dos dentes molariformes	0,18785	0,12993	-0,12252	-0,12911	0,07087	0,26981
LCIO - largura da constrição inter orbital	0,21416	0,21280	0,02868	-0,16831	0,09675	0,00421
LR - largura rostral	0,32648	-0,05836	-0,30670	-0,13412	-0,02427	0,34827
PR - profundidade do rostro	0,08412	0,13418	-0,09398	-0,09336	0,22342	0,03173
CECB - comprimento do eixo craniano básico	0,03972	-0,02937	-0,18608	0,06704	0,02364	0,29215
CR - comprimento rostral	0,08753	0,07426	-0,34251	0,02604	0,14228	0,28917
LDIS - largura dos dentes incisivos superiores	0,30843	-0,17011	-0,29404	-0,12266	-0,12619	0,39289
LDII - largura dos dentes incisivos inferiores	0,43302	-0,22806	-0,24020	-0,19631	-0,20720	0,29179
ED - espessura dos dentes incisivos superiores	0,06170	-0,09767	-0,26278	0,00557	0,04262	0,13061
COZ - comprimento do osso zigomático	-0,16714	-0,20764	-0,26782	0,27985	0,12499	0,36379
LM - largura da mandíbula	-0,00626	-0,12421	-0,12353	0,12731	-0,03875	0,21791
CDIEC - comprimento dos dentes incisivos a extremidade condilar	-0,02531	-0,07743	-0,31127	0,11557	0,08713	0,34532
INL - alavanca interna do membro superior dos músculos adutores da mandíbula	-0,16705	-0,20742	-0,26829	0,28030	0,12492	0,36398
FG - comprimento da placa anterior da "fossa glenóide"	0,09379	0,01222	0,24074	-0,02783	-0,01699	0,09137
APS - ângulo de procumbência superior	0,22968	0,07317	-0,04665	-0,15679	-0,11142	0,10958
API - ângulo de procumbência inferior	0,14796	0,01084	-0,04920	-0,18540	-0,04944	0,12354
CEMCA - comprimento do eixo maior do Côndilo articular	0,06044	-0,16624	-0,07752	0,00473	-0,06910	0,09032
LEMCA - largura do eixo menor do côndilo articular	0,30894	0,11689	-0,15122	-0,14196	-0,07380	0,05799
RPS - razão de procumbência superior	0,23825	0,13222	-0,12774	-0,17746	-0,14532	0,09058
RPI - razão de procumbência inferior	0,05559	0,03350	-0,05120	-0,05786	-0,12533	-0,10977

4.5 Solos

4.5.1 Ensaio de caracterização

Os ensaios de caracterização indicaram as principais características físicas dos solos arenosos deste trabalho. A primeira característica determinada foi o teor de umidade natural das areias, segundo as prescrições da norma brasileira NBR 6457/86 (ABNT, 1986). Os valores obtidos estão indicados na Tabela 66. Os valores apontados na tabela correspondem à média de três leituras de teor de umidade para cada areia.

Tabela 66 – Teor de umidade natural dos solos.

Tipo de solo	Umidade Natural (%)
Areia de dunas – <i>C. flamarioni</i>	14,55
Areia de campo arenoso - <i>C. lami</i> e <i>C. minutus</i>	3,91
Areia de campo - <i>C. torquatus</i> remoldado*	0,74
Areia de campo - <i>C. torquatus</i> indeformado	23,12

* esse ensaio foi realizado com amostra deformada, pelo fato da quase ausência de umidade natural na amostra; a mesma, quando do momento da passagem do anel para a caixa de cisalhamento se desestruturou, por isso houve a necessidade de uma segunda coleta.

De acordo com a Tabela 66, comparando-se as amostras indeformadas, a areia de campo arenoso apresenta um baixo teor de umidade, inferior ao teor apresentado pela areia de dunas e do campo *C. torquatus*. Porém, quando comparado com o campo, *C. torquatus* remoldado, o mesmo apresenta a menor umidade natural.

A curva granulométrica de cada areia foi obtida por meio de ensaios de granulometria por peneiramento e defloculação, conforme prescrições da norma brasileira NBR 7181/88 (ABNT, 1988). As curvas granulométricas obtidas das três areias estão ilustradas na Figura 43, juntamente com a escala de frações do solo, propostas pela ABNT.

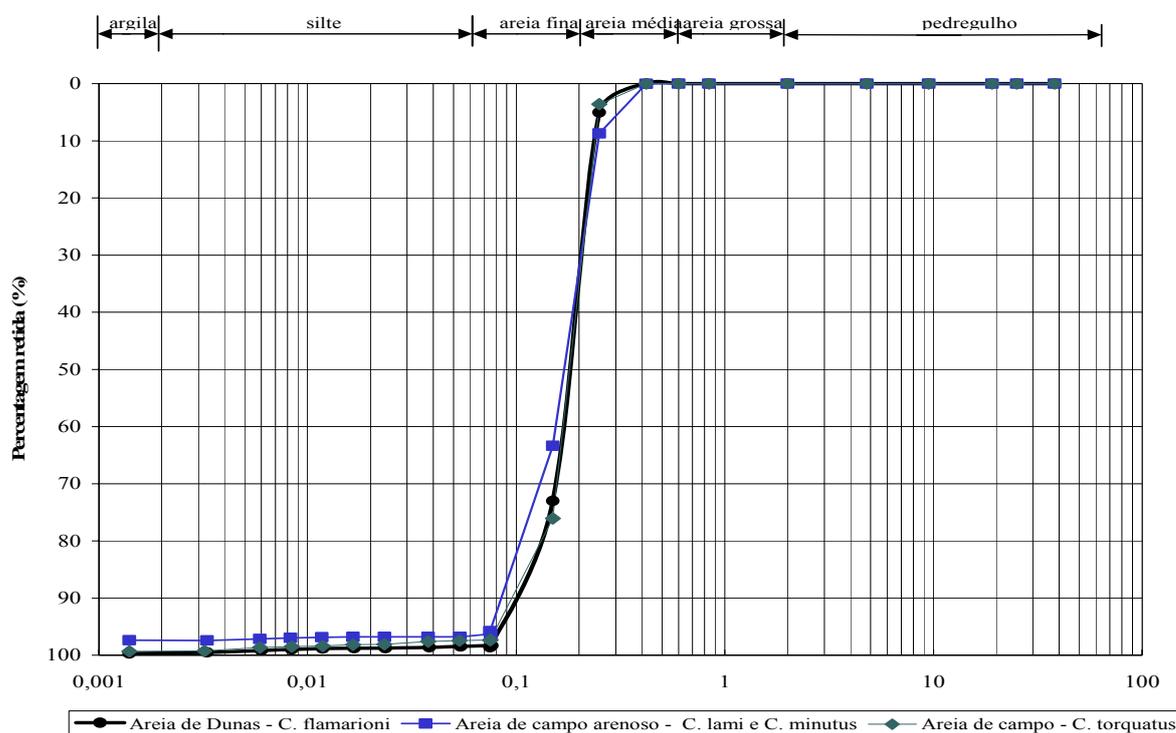


Figura 43 – Curvas granulométricas dos solos ensaiados.

Quanto à composição granulométrica, pode-se concluir que os solos em estudo são basicamente compostos pelas frações areia fina e areia média, correspondendo de 96% a 97% da composição analisada nos três ambientes, com ausência total das frações areia grossa e pedregulho. Na Figura 43, observa-se que os três solos apresentam a mesma distribuição granulométrica, com pequenas diferenças quanto à presença de material fino (Figura 44). A Figura 44 mostra a ocorrência da fração silte nos três ambientes, enquanto a fração argila somente é encontrada no campo arenoso e no campo *C. torquatus*.

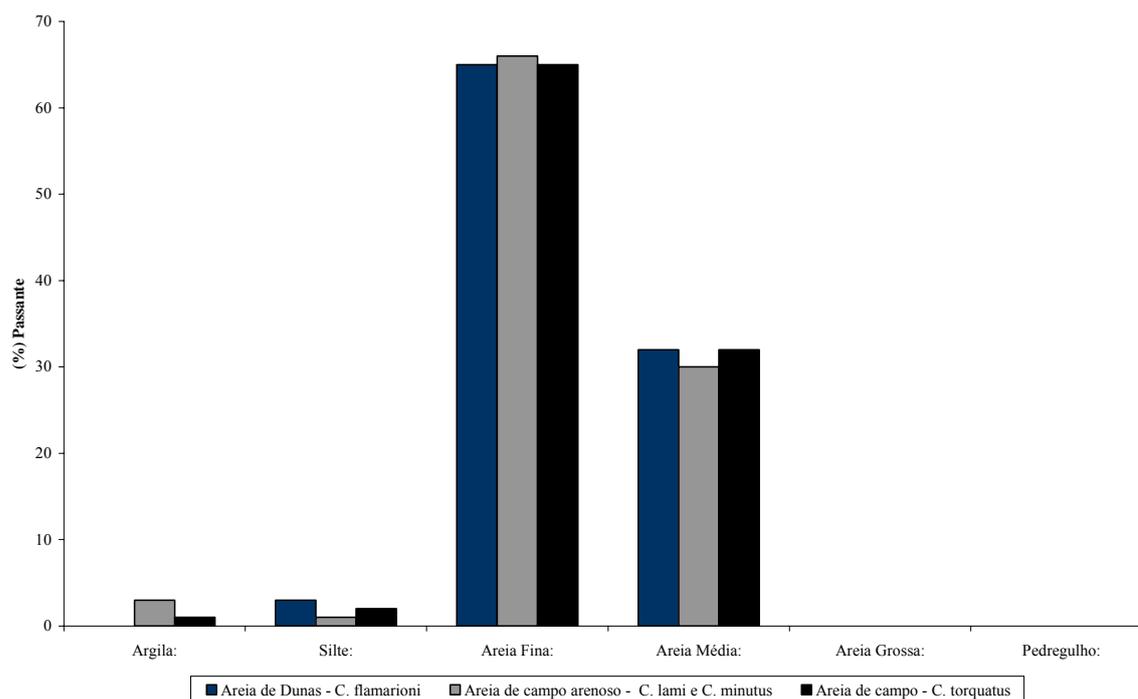


Figura 44 – Histogramas da composição granulométrica dos solos ensaiados.

Os ensaios para a determinação do peso específico dos grãos foram efetuados nas três areias, seguindo-se as prescrições da norma brasileira NBR 6508/84 (ABNT, 1984). Foram realizados dois ensaios com cada tipo de areia, sendo o valor de peso específico apresentado, tomado como a média dos resultados obtidos e considerados satisfatórios de acordo com a norma. A Tabela 67 indica os valores médios dos resultados.

Tabela 67 – Peso específico dos grãos.

Tipo de solo	Peso específico dos grãos (kN/m ³)
Areia de dunas – <i>C. flamarioni</i>	26,02
Areia de campo arenoso - <i>C. lami e C. minutus</i>	26,02
Areia de campo - <i>C. torquatus</i>	25,97

4.5.2 Ensaios de cisalhamento direto

Conforme Tabela 68 as areias de dunas, na condição natural, em relação as três profundidades apresentam os menores índices de vazios (0,59, 0,76 e 0,57). Na condição seca os índices de vazios são muitos parecidos nos três ambientes. E na condição inundada as dunas possuem o menor índice de vazios. As areias estudadas apresentaram no geral índices de vazios que variaram ora de areia moderadamente fofa à areia fofa, tendo como exceção as areias de dunas na condição inundada com tensões normais equivalentes a 0,25m e 0,50m de profundidade, as quais podem ser descritas com maior compactabilidade.

Tabela 68 – Índice de vazios (e), umidade do solo (W %) e tensão cisalhante máxima (τ kPa). Para os três solos analisados em três níveis de tensões normais equivalentes às profundidades de 0,25m, de 0,50m e de 1,50m e em diferentes níveis de saturação do solo remoldado (seco e inundado) e indeformado (natural).

Habitat/Condições	Profundidades									
	0,25m			0,50m			1,50m			
	e	W (%)	τ (kPa)	e	W (%)	τ (kPa)	e	W (%)	τ (kPa)	
Dunas seco	0,54	0,00	8,02	0,75	0,00	5,99	0,74	0,00	8,99	
Dunas natural	0,59	12,64	10,70	0,76	18,24	12,18	0,57	12,77	26,47	
Dunas inundado	0,43	16,14	6,67	0,41	15,60	10,19	0,62	23,52	19,12	
Campo arenoso seco	0,61	0,00	10,72	0,58	0,00	9,91	0,59	0,00	23,48	
Campo arenoso natural	0,82	3,90	8,17	0,80	3,92	8,11	0,82	3,92	16,77	
Campo arenoso inundado	0,80	30,22	2,36	0,85	31,95	4,99	0,59	22,06	18,49	
Campo seco	0,61	0,00	10,46	0,68	0,00	12,18	0,59	0,00	22,24	
Campo natural	0,68	22,63	8,58	0,87	21,64	11,16	0,79	25,10	19,31	
Indeformado										
Campo inundado	0,61	23,19	5,67	0,65	24,64	10,58	0,62	23,25	18,05	
Campo Remoldado*	natural	0,70	0,78	6,30	0,82	0,78	11,81	0,70	0,67	18,58

* esse ensaio foi realizado com amostra deformada, pelo fato da quase ausência de umidade natural na amostra, a mesma quando do momento da passagem do anel para a caixa de cisalhamento se desestruturou, por isso houve a necessidade de uma segunda coleta aqui identificada como campo natural indeformado.

Na figura 45, no teor de umidade (w) equivalente a aproximadamente 0%, com tensão de confinamento correspondente à profundidade de 0,25m, o campo arenoso (*C. lami* e *C. minutus*) e o campo (*C. torquatus*) apresentam valores similares de resistência ao cisalhamento e mesmo valor de índice de vazios. A menor resistência ao cisalhamento foi apresentada pela areia de dunas (*C. flamarioni*), a qual também apresentou o menor índice de vazios, conforme a Tabela 68.

A análise das tensões de cisalhamento máximas realizadas para a amostra indeformada (Figura 45) indica que a areia de duna apresenta o maior valor de resistência ao cisalhamento (em kPa) e o menor índice de vazios (0,59) quando comparada com campo e campo arenoso (Tabela 64)

Na condição inundada, na qual o teor de umidade (w) foi calculado considerando-se uma situação hipotética de 100% de grau de saturação, o habitat das dunas apresentou a maior resistência ao cisalhamento e o menor índice de vazios (0,43) a um teor de umidade de 16%. Sendo seguido de campo, com 23% de teor de umidade e de campo arenoso, com 30% de teor de umidade (Tabela 68 e Figura 45).

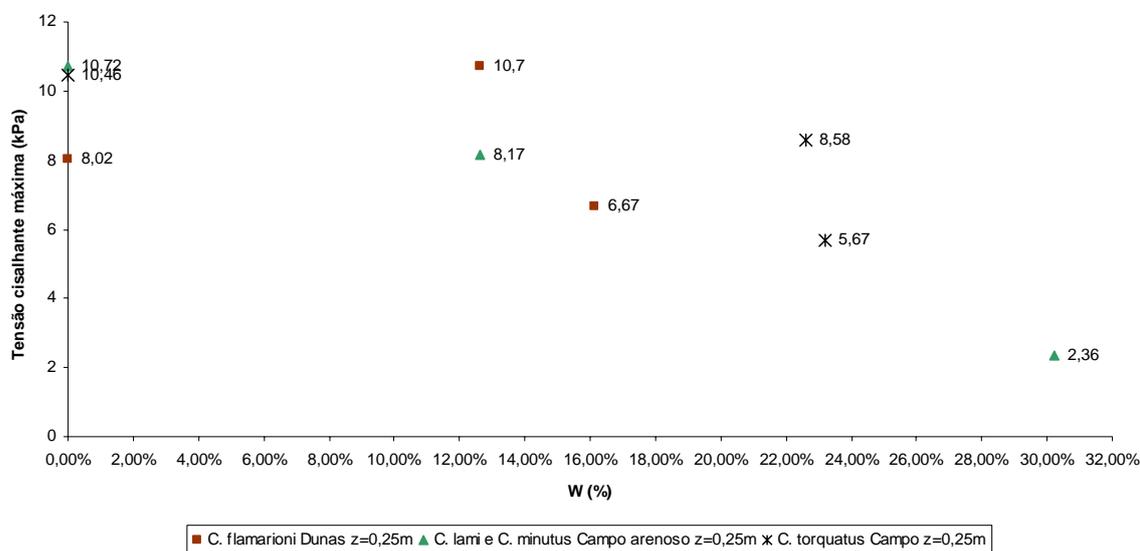


Figura 45 - Resistência ao cisalhamento em diferentes teores de umidade para os diferentes solos, em diferentes condições de saturação, quando submetidos a uma tensão vertical equivalente a 0,25m de profundidade.

Analisando-se as areias de dunas ensaiadas nos diferentes teores de umidade, constata-se a maior resistência ao cisalhamento na amostra indeformada, a qual foi obtida com a menor perda de estrutura durante a coleta, com umidade natural de campo de 12,64%, seguida do teor de 0% e a menor resistência ocorrendo na saturação máxima com teor de umidade

correspondente a 16,14%. Nas areias de campo arenoso e campo a maior resistência ocorre com o menor teor de umidade ($\sim 0\%$), com a resistência diminuindo à medida que a umidade aumenta (Figura 45).

Na tensão normal correspondente à profundidade de 0,50m, com o menor teor de umidade ($\sim 0\%$), a maior resistência ao cisalhamento ocorre nas areias de campo, sendo seguido de campo arenoso e por último de dunas. Isto corresponde aos índices de vazios de 0,68, de 0,58 e de 0,75 respectivamente, conforme a Tabela 68 e a Figura 46.

Na amostra indeformada, as areias de dunas apresentaram a maior resistência ao cisalhamento, com teor de umidade natural de 18,24% e índice de vazios igual a 0,76, sendo seguido de campo, com teor de umidade natural de 21,64% e índice de vazios de 0,87, tendo a menor resistência ao cisalhamento o campo arenoso com 3,92% de teor de umidade natural e índice vazios de 0,80, conforme a Tabela 68 e a Figura 46.

Na condição de saturação hipotética de 100%, o teor de umidade calculado para campo corresponde a 24,64%. Este apresenta a maior resistência ao cisalhamento, com índice de vazios de 0,65, seguido das areias de dunas com 15,60% de umidade e índice de vazios de 0,41. Tendo a menor resistência ao cisalhamento às areias de campo arenoso com índice de vazios de 0,85 e 31,95% de teor de umidade, conforme Tabela 68 e Figura 46.

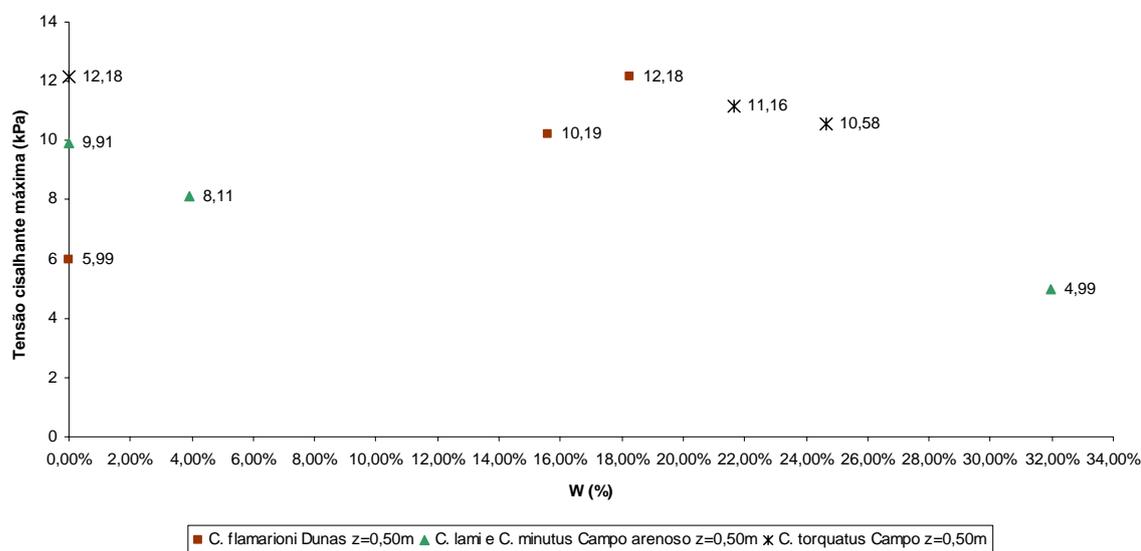


Figura 46. Resistência ao cisalhamento, em diferentes teores de umidade, para os diferentes solos em diferentes condições de saturação, quando submetidos a uma tensão vertical equivalente a 0,50m de profundidade.

Analisando-se as areias de dunas nos diferentes teores de umidade, constata-se a maior resistência ao cisalhamento na amostra indeformada com o maior valor de umidade

natural de campo de 12,64%, e a menor resistência ocorre no teor de aproximadamente 0%. Nas areias de campo arenoso e campo, a maior resistência ocorre com a menor umidade (~0%), com a resistência diminuindo à medida que a umidade aumenta (Figura 46).

Na tensão normal equivalente à profundidade de 1,50m, na condição seca (0%) de umidade, o campo arenoso apresentou a maior resistência ao cisalhamento. Campo apresentou valores similares a campo arenoso e ambos apresentaram mesmo índice de vazios (0,59), sendo as areias de dunas aquelas com a menor resistência ao cisalhamento (Tabela 68 e Figura 47). Nesse caso os índices de vazios apresentaram pouca variação entre os solos, sendo o comportamento explicado provavelmente pela sucção.

Na amostra indeformada, as areias de maior resistência ao cisalhamento foram as de dunas com 12,77% de teor de umidade e 0,57 de índice de vazios, seguidas de campo com 25,10% de teor de umidade e 0,79 de índice de vazios e de campo arenoso com 3,92% de teor de umidade e 0,82 de índice de vazios.

Na condição de saturação hipotética de 100%, as dunas apresentaram maior resistência ao cisalhamento com teor de umidade de 23,52% e 0,62 de índice de vazios, seguido de campo arenoso com 22,06% de teor de umidade e 0,59 de índices de vazios e de campo com 23,25% de teor de umidade e 0,62 de índice de vazios (Tabela 68 e Figura 47). Nessa situação houve pouca variação de índice de vazios e de umidade entre os solos analisados.

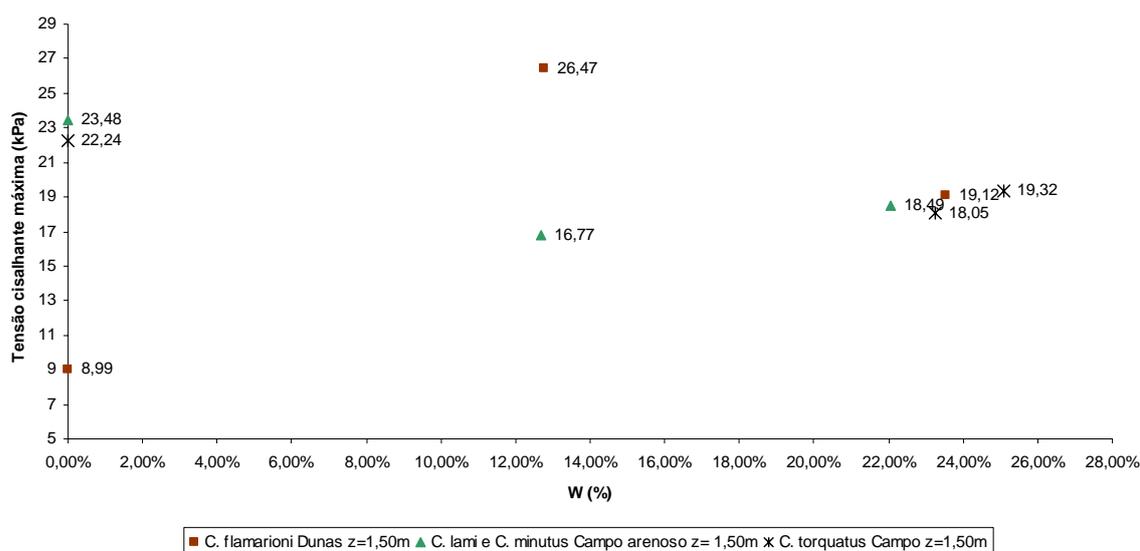


Figura 47 - Resistência ao cisalhamento, em diferentes teores de umidade, para os diferentes solos em diferentes condições de saturação, quando submetidos a uma tensão vertical equivalente a 1,50m de profundidade.

Analisando-se as areias de dunas nos diferentes teores de umidade, constata-se que a maior resistência ao cisalhamento ocorreu na amostra indeformada, seguido da amostra inundada e a menor resistência ocorreu no teor de umidade de aproximadamente 0%. Nas areias de campo a maior resistência ocorreu com a menor umidade (~0%), com a resistência diminuindo à medida que a umidade aumenta. E no campo arenoso a maior resistência ocorreu novamente em um teor de umidade de aproximadamente 0%, sendo seguido da condição inundada e pela amostra indeformada, porém a diferença de umidade entre as duas condições é baixa, bem como a diferença entre os valores de máximos de resistência em kPa (Figura 47). Isto indica novamente a tendência da resistência ao cisalhamento ser inversamente proporcional à umidade nesses solos.

4.6. Indícios iniciais do comportamento da construção das tocas de tuco-tucos

Na observação das três espécies estudadas foi possível observar o mesmo padrão inicial de comportamento de escavação de tocas conforme Tabela 69. Tanto a espécie que habita a região de dunas como as que habitam regiões mais interioranas no estado do Rio Grande do Sul cavam tanto com as garras quanto com os incisivos.

Tabela 69 – Descrição do comportamento inicial de escavação das tocas de *Ctenomys* em três localidades do Rio Grande do Sul.

Espécie	Local de coleta	Comportamento de Escavação inicial das tocas		
		Cava com as garras	Cava com os incisivos	Cava com as garras e incisivos
<i>C. flamarioni</i>	E.E. Taim - RS			X
<i>C. minutus</i>	Osório – RS			X
<i>C. torquatus</i>	Santo Amaro do Sul – RS			X

4.6.1 Descrição do comportamento

Na observação de cinco indivíduos de *Ctenomys minutus* coletados em campo, no município de Osório (Figura 48b), foi possível determinar que os mesmos usam ora as garras ora os incisivos para realizar o comportamento de escavação. Tendo iniciado o comportamento usando as garras e posteriormente usando os dentes, apresentando casos de alternância. Através dessas observações de campo bem como das condições naturais da área estudada, ficou evidente que quando o solo está em condição de menor umidade, apresenta-se “solto”. Essa espécie quando encontra esta condição provavelmente usa as garras para cavar, porém quando atinge uma área mais “dura” usa os incisivos para cavar torcendo a cabeça para ambos os lados.

Ctenomys flamarioni, nos seis indivíduos analisados na Estação Ecológica do Taim observou-se o uso das garras e dos incisivos (Figura 48a) . Essa espécie usa tanto as garras como os dentes para a execução do comportamento de escavação inicial das tocas. Foi possível constatar que a condição de solo mais “solto”, fofo e com menor umidade propicia o uso inicial das garras sendo seguido do auxílio dos incisivos, uma vez que, à medida que executam o processo de escavação, os tuco-tucos começam a encontrar maior resistência estando associada a um aumento da umidade. Essa espécie também torce a cabeça para ambos os lados enquanto usa os incisivos para cavar.

Para, *C. torquatus* o mesmo comportamento observado nas demais espécies foi determinado em três indivíduos na localidade Santo Amaro do Sul (Figura 48c).

Através da análise do comportamento de escavação das três espécies estudadas é possível dizer que para os indivíduos observados nas condições naturais e com a presença do observador os mesmos usam tanto as garras como os incisivos para iniciar a escavação das tocas. Para todos, o início da escavação foi realizado com as garras, uma vez que o solo superficial no momento da observação encontrava-se solto. Porém quando o mesmo começava a ficar mais compacto e úmido, no caso das dunas, e mais compacto e duro no caso do campo arenoso, e do campo os animais usavam os incisivos, torcendo o pescoço com a finalidade de maior força para quebrar a resistência do solo.

Além disso, é possível afirmar que para os indivíduos das espécies de *C. minutus* e *C. torquatus* se a escavação se inicia em local com cobertura vegetal (herbácea) os mesmos iniciam a limpeza da área com os dentes até a retirada da vegetação com suas principais raízes e se o solo estiver fofo usam as garras em seguida.

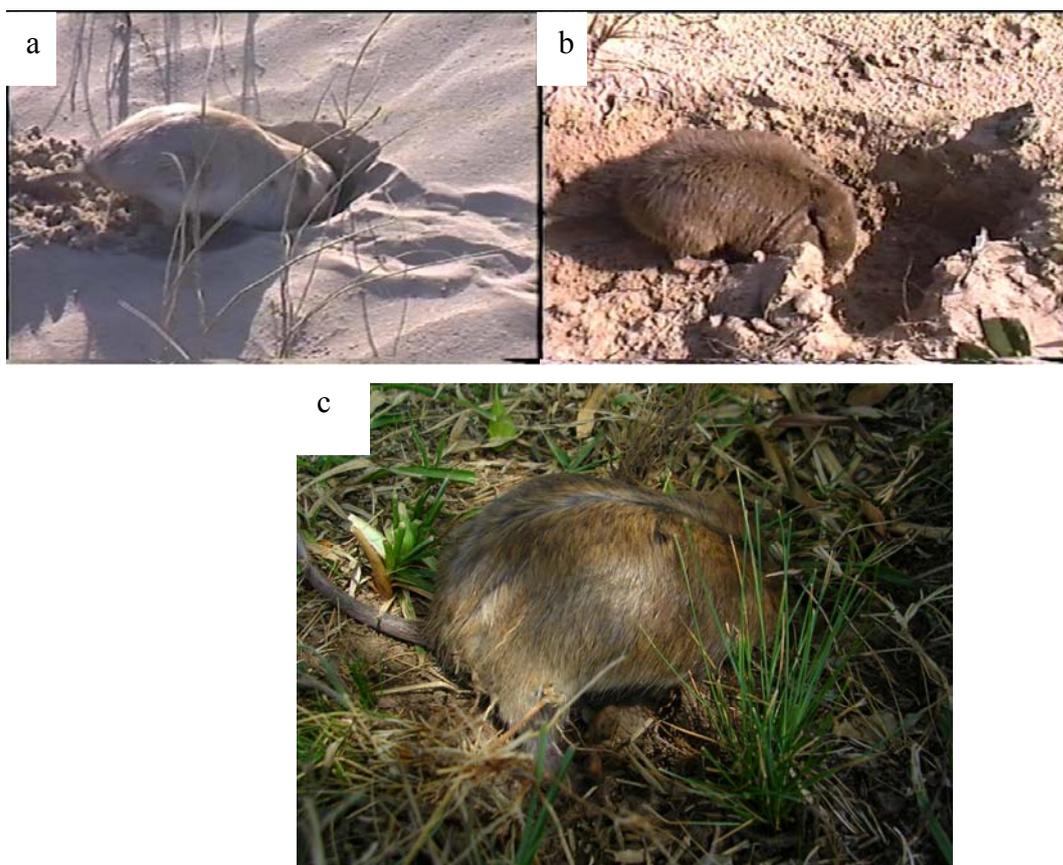


Figura 48 - Comportamento de escavação inicial das tocas de (a) *C. flamarioni*, (b) *C. minutus* e (c) *C. torquatus* em seu ambiente natural com a presença do observador.

5. DISCUSSÃO

Nesse trabalho foram testados quatro espécies e quatro modelos de morfologia ecológica. Em relação aos modelos, os dois primeiros foram utilizados visando interpretações ecológicas em roedores subterrâneos da família Geomyidae (Lessa & Thaeler, 1989; Lessa & Stein, 1992) e o terceiro para *Ctenomys* (Mora *et al.*, 2003). O quarto foi adaptado neste trabalho utilizando todas as variáveis dos três anteriores e também foram utilizados dados referentes a características físicas dos solos de ocorrência das quatro espécies no Rio Grande do Sul. O que pode contribuir muito em termos de novos dados relacionados à ecologia destes roedores.

5.1 Modelos

A análise de variáveis canônicas (CVA), providenciou uma distinção das espécies mais evidente do que a análise de componentes principais (APC), em todas as metodologias empregadas.

A metodologia de Lessa & Thaeler (1989) apresenta tendência a formar três grupos, sendo um formado por *C. torquatus*, outro por *C. lami* e *C. flamarioni* e *C. minutus* como intermediário. Porém, ocorre à nítida separação de *C. torquatus* em relação às demais espécies, fato observado para fêmeas. A análise de discriminantes mostrou que todos os indivíduos classificados como *C. torquatus* são completamente distintos das demais espécies e que, existe uma dificuldade de classificação entre indivíduos das outras três espécies.

Na metodologia usada por Lessa & Stein (1992) *C. torquatus* também se diferencia nitidamente das demais, ficando agrupados *C. minutus* e *C. lami*. A análise discriminante também mostrou a separação de *C. torquatus*, o qual não apresentou nenhum erro de classificação, estando a desordem mais uma vez entre *C. flamarioni*, *C. minutus* e *C. lami*.

Segundo a metodologia usada por Mora *et al.*, (2003) que indica um tamanho isométrico dessas variáveis, sendo que, a “forma” de *C. torquatus* mais uma vez se diferenciou das demais, nessa metodologia, e *C. minutus* e *C. lami* ficam agrupados

mostrando uma tendência à separação em relação a *C. flamarioni*, existindo uma mescla entre elas. A análise de discriminante também mostrou a separação de *C. torquatus*, o qual não apresentou nenhum erro de classificação. Novamente houve problemas de classificação entre *C. flamarioni*, *C. minutus* e *C. lami*.

Usando todas as variáveis, apareceu o mesmo padrão das metodologias anteriores, mas com o uso de 24 variáveis morfológicas fica mais evidente a separação de *C. flamarioni* de *C. lami* e *C. minutus*, fato esse melhor observado no escore 1 para indivíduos machos. Já o escore 2 separa *C. lami* de *C. minutus* para todos e para as fêmeas, sendo evidente nos machos também a separação de *C. minutus* de *C. lami*. A análise discriminante confirmou a separação de *C. torquatus*, o qual não apresentou nenhum erro de classificação, enquanto existe dificuldades na classificação dos indivíduos entre *C. flamarioni*, *C. minutus* e *C. lami*.

Quando da comparação entre os quatro modelos pode-se observar que a utilização de todas as características melhor explicou as diferenças, apresentou o menor erro de classificação das espécies e os dois escores foram significativos. O mesmo padrão foi observado na análise dos componentes principais, onde o número de características também explicou melhor os vetores e o segundo componente principal apresentou maior autovalor (importância). No geral, *C. torquatus* é sempre diferente das demais espécies, *C. minutus* e *C. lami* aparecem no mesmo espaço, posição geralmente intermediária no gráfico de dispersão, e *C. flamarioni* tende a se posicionar em local oposto a *C. torquatus*, com alguns indivíduos plotados juntamente com *C. minutus*. Isto, em parte seria esperado levando-se em conta a localização geográfica das espécies, sendo que em alguns locais *C. flamarioni* e *C. minutus* ocorrem juntos e *C. torquatus* não ocorre no mesmo local que as demais espécies. *C. minutus* e *C. lami* ocupam áreas geográficas distintas, porém com o mesmo passado geológico. Como *C. flamarioni* pertence ao grupo *mendocinus* (Freitas, 1994) seria esperado que esta fosse a espécie mais diferenciada das demais, fato não observado no presente estudo.

Freitas (1995) afirmou que *C. lami* é morfológicamente muito similar a *C. minutus*, podendo ocorrer erro na identificação das espécies, fato descrito no presente estudo. Entretanto, sua distribuição geográfica, seus cariótipos e uma análise de morfologia mais detalhada mostra que são espécies diferentes. *C. lami* habita a região

denominada de Coxilha das Lombas, a qual se estende desde o norte do Lago Guaíba a noroeste da Lagoa de Barros. *C. minutus* é a espécie de maior distribuição na planície costeira do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Na porção norte de sua distribuição ocupa tanto campo arenoso como dunas, enquanto próximo a Lagoa de Barros habitam somente campos arenosos. *C. flamarioni* habita tanto a primeira como a segunda linha de dunas, locais com alta salinidade, vegetação esparsa e muitas vezes dunas móveis. *C. torquatus* além de habitar a planície costeira, habita também a depressão central e a região dos pampas no estado, indo até o norte do Uruguai.

Segundo Freitas (1995), *C. flamarioni*, *C. lami* e *C. minutus* vivem em regiões que geograficamente são caracterizadas como barreiras, e *C. torquatus* ocorre em campos arenosos situados em ilhas no centro e no sul do estado do RS. Existem evidências de que esse gênero se originou no meio do Plioceno e que *C. lami* seria a espécie mais basal das três espécies da Planície Costeira, ficando isolada na Coxilha das Lombas devido aos movimentos de transgressão e regressão do mar.

Segundo Villwock *et al.* (1986), durante o desenvolvimento da costa do RS ocorreu a formação dos sistemas do tipo barreira-laguna relacionados aos quatro movimentos de transgressão e regressão do oceano. A primeira barreira apareceu no início do Pleistoceno, denominada de Coxilha das Lombas. Um segundo evento originou uma barreira que iniciou a separação da Lagoa dos Patos e da Lagoa Mirim no meio do Pleistoceno. No fim do Pleistoceno ocorreu o terceiro evento de transgressão e regressão do mar aumentando a Planície Costeira e adicionando um terceiro sistema de barreira-laguna ao segundo sistema, formando um sistema múltiplo de barreiras. E, no início do Holoceno o último evento ocorreu dando origem ao quarto sistema barreira-laguna, formando assim as dunas recentes. Então, esta região é geograficamente caracterizada pelo depósito de areias de origem marinha e heólica de diferentes idades geológicas.

5.2 Análise de Componentes Principais - tamanho x forma

Os dados resultantes de análise de componentes principais (PCA) evidenciaram algumas diferenças entre as espécies. A diferença de tamanho foi de difícil visualização, sendo melhor observada a diferença de forma entre as espécies. Porém, quando se

realizou a análise de variância, essa indicou diferenças de tamanho entre as espécies em todas as metodologias empregadas. Diferenças de forma entre os sexos não foi evidenciada, sendo discordante do encontrado por Freitas (1990), o qual também utilizou medidas lineares e análise de componentes principais, observando diferenças entre machos e fêmeas quanto à forma do crânio, para *C. lami* e *C. minutus*. Fornel (2005), usando morfometria geométrica não encontrou diferenças quanto à forma para *C. lami*, esses dois trabalhos diferem entre si pela metodologia utilizada. No presente trabalho também foram utilizadas medidas lineares, porém as mesmas são medidas usadas para inferências ecológicas e não somente morfológicas.

Na metodologia usada por Lessa & Thaeler (1989), ocorre a formação de três grupos para as fêmeas relacionados à forma mesmo procedimento ocorre, tanto para fêmeas como para machos, quando utilizadas as medidas morfológicas contidas nas três metodologias. Nos machos, as formas de *C. flamarioni* estão sobrepostas as de *C. lami*, não ocorrendo a formação de três grupos distintos mas, com *C. lami* ora ocorrendo juntamente com *C. minutus*. Tanto para fêmeas como para machos a forma de *C. flamarioni* é totalmente diversa de *C. torquatus*.

No modelo utilizado por Lessa & Stein (1992), as fêmeas de *C. torquatus* apresentam tamanho diferente e mesma forma que *C. flamarioni*, *C. minutus* e *C. lami* ficam portanto, agrupadas quanto à forma, mas com tamanhos diferentes. Nos machos observa-se a nítida separação de *C. torquatus* em relação as outras espécies no PC2 “forma”.

A metodologia de Mora *te al.* (2003) mostrou que as fêmeas e os machos de *C. flamarioni* apresentam a “forma” totalmente diversa de *C. torquatus*. Não ocorrendo a formação de três grupos, pois *C. flamarioni* aparece com indivíduos sobrepostos a *C. lami* e esse, posicionado juntamente a *C. minutus*.

Dois padrões foram evidentes quando os escores individuais foram distribuídos no PC2. Primeiramente algumas espécies ficaram agrupadas, como *C. flamarioni*, *C. lami* e *C. minutus*, onde *C. flamarioni* possui maior tamanho que as outras duas espécies e pertence ao grupo *mendocinus*, a qual não é relacionada filogeneticamente com *C. lami* e *C. minutus*. No presente estudo, observa-se que *C. torquatus* em todas as metodologias

empregadas é a espécie mais diferenciada, contrariando o esperado, onde teoricamente *C. flamarioni* deveria se separar das demais.

5.3 Ângulo de Procumbência Superior - garra ou dente escavador?

O ângulo de procumbência superior (APS) é a principal variável responsável pela separação das formas e todas as espécies usam tanto garras com dentes para realizar a escavação. Pela APC o PC2 separou *C. torquatus* quanto à “forma”, pois das quatro espécies estudadas apresenta o maior ângulo de procumbência superior (APS=95°).

Segundo Mora *et al.* (2003), o APS é uma característica altamente variável em *Ctenomys*, os quais usam tanto as garras como os incisivos para cavar.

Alto valor de APS providencia um ângulo efetivo de ataque e é uma condição observada em roedores não relacionados filogeneticamente, os quais são primariamente dente escavadores, tais como *Cryptomys*, *Georychus*, *Heliophobius* (Bathyergidae), *Rhizomys* e *Tachyoryctes* (Muridae), *Spalacopus* (Octodontidae) e *Thomomys* (Geomyidae) (Landry, 1957; Wake, 1993; Stein 2000).

A alometria positiva da largura dos incisivos e sua espessura, em espécies grandes, propicia resistência a grandes forças, sendo contraditório, uma vez que algumas espécies de maior tamanho habitam solos fracos. Entretanto, apresentam músculos masseter relativamente maciços (Vassalo, 1998), os quais podem aumentar a força dos incisivos.

Segundo Vassalo (1998), *C. talarum* apresenta pequeno tamanho corporal, ângulo variando de moderado a alto (APS = 100,3°), ocorrendo em inúmeras formas de solo, desde solos fofos e arenosos usando as garras, a solos com maior resistência usando os dentes para escavação. Enquanto espécies grandes como *C. australis* habitam solos arenosos e fracos, tendem a ser um garra-escavador por causa do baixo valor de APS (APS = 95,4°), é interessante ressaltar que *C. australis* e *C. flamarioni* (APS = 89,49°) são filogeneticamente muito próximos e habitam ambientes semelhantes (Massarini & Freitas, 2005), mas possuem ângulos diferentes (Tabela 70).

Tabela 70 – Ângulos de procumbência dos incisivos superiores (APS) de algumas espécies de *Ctenomys* em relação a sua distribuição geográfica, habitat e tipo de solo. Tabela baseada na apresentada por *Mora et al.*, (2003).

Espécies	APS (média)	Distribuição	Habitat	Referências
<i>C. flamarioni</i>	89,49°	Região costeira do Rio Grande do Sul - Brasil	Primeira linha de dunas Solos arenosos	Freitas (1995) Presente estudo
<i>C. minutus</i>	90,97°	Planícies Costeiras do Rio Grande do Sul e na região sul da costa de Santa Catarina - Brasil	Segunda linha de dunas e campos arenosos com pequena fração de argila	Freitas (1995) Presente estudo
<i>C. lami</i>	91,42°	Coxilha das Lombas, entre a Lagoa dos Barros e o Lago Guaíba Rio Grande do Sul - Brasil	Habita a região arenosa	Freitas (1995) Presente estudo
<i>C. mendocinus</i>	92,6°	Uma vasta área de fronteira entre o Norte de Santa Cruz e Província Mendoza	Locais secos e semi secos com comunidades herbáceas e arbustivas, solos arenosos e pouco desenvolvidos	Camin <i>et al.</i>
<i>C. torquatus</i>	95,32°	Centro sul do Estado do Rio Grande do Sul, Depressão Central (Pampas), estendendo-se até o norte do Uruguai, e ao sul da Planície Costeira do RS.	Campos, com solos arenosos e com pequena fração de argila	Freitas (1995) Presente estudo
<i>C. australis</i>	95,4°	SE da Província de Buenos Aires	Dunas arenosas com gramíneas. Solos muito fracos.	Malizia <i>et al.</i> (1991) Comparatore <i>et al.</i> (1992) Pearson (1984)
<i>C. emilianus</i>	96,5°	Província Meuquén – Argentina	Dunas arenosas acima de 800m. Solos fracos	Pearson (1959)
<i>C. opinus</i>	96,8°	Desde o sul do Peru ao norte do Chile e da Argentina	Ocorre em ares de vegetação esparsa, entre as altitudes de 2.500 a 5.000m, com solos arenosos bem drenados.	Cook <i>et al.</i> (1990)
<i>C. latro</i>	100°	Província de Tucumán e Salta – Argentina	Áreas secas com vegetação adaptada a ambientes secos, com altitude acima de 600m e solos fofos e arenosos	Reig & Kibliscky (1969)

<i>C. talarum</i>	100,3°	Ao longo da costa a Província de Buenos Aires	Áreas bem vegetadas, gramadas. Com solos formados de areias quebradiças a duras e solos argilosos.	Malizia <i>et al.</i> (1991) Vassalo (1998)
<i>C. pearsoni</i>	105°	Departamentos de Soriano, San José e Colônia - Uruguai	Solos predominantemente arenosos com frações variáveis de argila.	Lessa & Langguth (1983)
<i>C. tuconax</i>	105,5°	Província de Tucumán	Áreas planas úmidas a 3.000 m de altitude, variando de solos argilosos compactos a solos mais húmidos	Reig <i>et al.</i> (1990)
<i>C. tucumanus</i>	109°	Província de Tucumán	Áreas úmidas	Reig & Kiblsky (1969)

Comparando os garras escavadores com os dentes escavadores, esses últimos permitem a escavação em solos de maior resistência (Lessa & Thaeler, 1989).

Segundo Mora *et al.* (2003) existe uma relação entre baixos valores de AIP e solos arenosos, fracos, e alto AIP com solos mais compactos (Tabela 70), no qual o uso dos dentes parece ser a melhor forma de escavação.

Devido a sua ampla distribuição no sul da América do Sul, as diferentes espécies de *Ctenomys* ocupam diversos habitats e tipos de solo. Conseqüentemente esse gênero apresenta um desenho de crânio que permite versatilidade estrutural de acordo com a diversidade ecológica, de acordo com diferentes demandas funcionais e com a alta taxa de especiação (Mora *et al.*, 2003).

Mora *et al.* (2003) encontraram que o comprimento do arco zigomático tem alometria positiva em *Ctenomys*, ou seja, um arco zigomático alongado permite que a musculatura masétrica seja deslocada para compensar mudanças na alavanca externa preservando a performance mecânica. Deve ser notado que em roedores a porção anterior do arco zigomático é formado pelos ossos maxilares (Feldhamer *et al.*, 1999), o qual pode ser influenciado pela alometria positiva com o rosto, que afeta roedores e mamíferos no geral (Radinsky, 1985).

5.4 Solos

Na tentativa de um melhor entendimento das características físicas do solo, as quais provavelmente estão ligadas à força seletiva do ambiente em relação às estruturas morfológicas, buscaram-se valores de resistência dos substratos de origem das espécies, como umidade, granulometria e peso específico dos grãos para uma possível explicação da influência de um fator “solo” na ecologia das espécies estudadas. Uma vez que esses testes podem ser interpretados como a força exercida pelas espécies para romperem o solo para a construção de suas tocas.

Nos dados obtidos de solo, a tensão de cisalhamento aumenta com o aumento da pressão de confinamento. Tendo no geral uma tendência das pressões normais equivalentes a 1,50m de profundidade apresentarem maiores resistências ao cisalhamento independente do teor de umidade e do tipo de solo. Segundo Freudlund *et al.* (1995), baixas pressões de confinamento a que os solos são submetidos fazem com que a curva de resistência ao cisalhamento cresça e após sofra uma queda com o aumento da sucção.

Devido à sensibilidade do aparelho de cisalhamento direto utilizado no laboratório de Geotecnia da Engenharia Civil, as curvas apresentam oscilações relacionadas ao problema de medição do sensor, o qual está calibrado para altas tensões verticais. Por isso a curva com melhor desempenho nessa análise exploratória de dados foi a tensão vertical equivalente a 1,50m de profundidade.

Na condição de umidade muito baixa, os solos com maior resistência ao cisalhamento foram campo (*C. torquatus*) e campo arenoso (*C. lami* e *C. minutus*), com as resistências diminuindo com o aumento da umidade no solo. A variação de resistência do campo com o aumento do teor de umidade foi menor do que a variação verificada para as amostras de campo arenoso. Isto reflete possivelmente a capacidade de desenvolvimento de maior sucção para umidades muito baixas nas amostras campo e campo arenoso contendo argila, quando comparado com as areias de dunas.

Na condição natural, isto é, cujas amostras foram indeformadas, conservando assim as estruturas naturais existentes em campo, as areias de dunas (*C. flamarioni*) apresentaram a maior resistência ao cisalhamento, apresentando aqui uma diminuição de

resistência com a diminuição de umidade até valores ~0%. Este último efeito é interessante, como referido no parágrafo acima, estando possivelmente relacionado à ausência de argila.

Aliado as informações ecomorfológicas e de características físicas dos solos, fez - se uma descrição superficial e inicial do comportamento de escavação das tocas, sendo que através da análise do comportamento de escavação das três espécies estudadas é possível dizer que, para os indivíduos observados nas condições naturais e com a presença do observador, usam tanto as garras como os incisivos para iniciar a escavação das tocas. Em todos, o início da escavação foi realizado com as garras, uma vez que o solo superficial no momento da observação encontrava-se solto. Porém, quando o mesmo começava a ficar mais compacto e úmido no caso das dunas e mais compacto e duro no caso do campo arenoso e do campo, os animais usavam os incisivos, torcendo o pescoço com a finalidade de maior força para vencer a resistência do solo.

Além disso, é possível afirmar que para os indivíduos das espécies de *C. minutus* e *C. torquatus* se a escavação se inicia em local com cobertura vegetal (herbácea) os mesmos iniciam a limpeza da área com os dentes até a retirada da vegetação com suas principais raízes e se o solo estiver fofo usam as garras em seguida.

A morfologia determina a variação ecológica do fenótipo, a qual pode determinar os limites ecológicos e geográficos de uma população e, a coexistência de populações em comunidades locais, representando a relação entre os organismos e seus ambientes Wainwright (1994).

5.5 Ecomorfologia

A ecomorfologia propicia a estimativa de relações ecológicas entre espécies através de suas posições no espaço morfológico. Possibilitando assim inferências ecológicas dos padrões morfológicos e o entendimento de como essa relação funcional entre a morfologia e a ecologia é influenciada pelo comportamento e pela performance do organismo (Ricklefs & Miles, 1994). Baseado nessa teoria as espécies de *Ctenomys* existentes no Rio Grande do Sul apresentam diferentes morfologias que as capacitam a explorar uma área em detrimento a outra.

Segundo Wainwright (1994), o fenótipo fornece informação vantajosa entre a relação ecologia e morfologia, mostrando expressões consistentes do resultado dos reajustes ecológicos e morfológicos entre ambiente e fenótipo. Pode-se observar que o ângulo de procumbência dos incisivos está relacionado com a resistência dos solos. Uma vez que à medida que se entra para o interior do continente, no caso do Estado do Rio Grande do Sul existe a tendência de aumento do ângulo de procumbência superior, bem como, o aumento das resistências dos solos. Mesmo em áreas de mesma composição e mesmo passado geológico, ocorrem diferenças de comportamento dos solos, fato esse atribuído ao intemperismo (Marcon, 2005).

Pela análise do comportamento inicial de escavação das tocas ficou evidente que as espécies utilizadas nesse estudo usam tanto as garras como os incisivos com essa finalidade. Sendo a correspondência entre ecologia e morfologia modificada pela variação no comportamento e na performance. Morfologias podem acentuar ou limitar a flexibilidade no (ethotype) (Wainwright, 1994). Espécies com diferentes ângulos de procumbência, ocorrendo em locais com uma composição granulométrica semelhante, porém com pequenas frações de argila diferentes, usam tanto as garras como os incisivos em seu comportamento inicial de escavação. E os ensaios de caracterização dos solos indicaram que tanto áreas de dunas como campo e campo arenoso apresentam suas resistências ao cisalhamento, relacionadas à umidade do solo e conseqüentemente a capacidade de sucção do mesmo. Fato que leva a indicar que a resistência ao cisalhamento do solo além de estar relacionado à umidade e a composição granulométrica possui influência sazonal, conforme a estação do ano, com maior ou menor disponibilidade de umidade, bem como a presença (profundidade) ou ausência do lençol freático, fazendo com que mesmo a espécie menos procumbente, *C. flamarioni*, em certas épocas e locais use os incisivos na realização desta atividade e também que *C. torquatus*, a espécie mais procumbente das quatro estudadas, ora use as garras e ora os incisivos.

Lessa & Thaeler (1989), em um estudo de especialização morfológica relacionadas com o processo de escavação para roedores fossoriais pertencentes à Família Geomyidae, constataram uma diferenciação quanto à especialização para escavação entre os gêneros *Geomys*, *Thomomys* e *Cratogeomys*, os quais eram especializados em escavação com as garras, com os incisivos e/ou usando tanto as garras como os dentes

respectivamente. O uso das garras para escavar estava relacionado a solos arenosos e o uso dos incisivos possibilitava uma maior exploração de habitats. Esses roedores variam de formas tipicamente garra-escavadoras para dentes escavadores (Lessa & Thaeler, 1989; Lessa & Stein, 1992).

Para o gênero *Ctenomys* identificou-se que a estrutura morfológica responsável pela variedade de formas dos crânios entre as espécies, é o ângulo de procumbência do incisivo (AIP), o qual é altamente variável nesse gênero. Além disso, devido à relação significativa entre o AIP e o comprimento do eixo craniano básico, tanto as espécies pequenas como as grandes possuem valores altos e baixos de AIP. E que existe uma semelhança entre baixos valores de AIP e solos arenosos quebradiços e altos valores de AIP e solos compactos, o que indica o uso dos dentes para escavação ser a forma mais indicada em solos mais resistentes. Os resultados apontaram que os incisivos são capazes de resistir a grandes forças, logo apresentando forma mais curva, o que é indicado pela relação de alometria positiva entre a largura e a espessura dos incisivos (Mora *et al.*, 2003).

Fato encontrado no presente estudo, onde pela análise da diferença dos ângulos entre as espécies pode - se inferir que mesmo com a variação no ângulo *C. flamarioni*, *C. lami*, *C. minutus* e *C. torquatus* se classificam como garra e incisivos escavadores, evidenciando mais uma vez a tendência de maior uso das garras em *C. flamarioni* e o maior uso dos incisivos em *C. torquatus* (Tabela 70), bem como o aumento do ângulo conforme ocorre a entrada para dentro do continente.

Segundo Camin *et al.* (1995), *C. mendocinus* é um garra-escavador, o qual usa ocasionalmente os incisivos, estando provavelmente o uso desses relacionado com a ampla distribuição geográfica dessa espécie, a qual inclui regiões com solos de maior resistência. Também observaram a não existência de diferenças no comportamento de escavação entre machos e fêmeas.

Bacigalupe *et al.* (2002) não encontraram diferenças significativas entre populações que habitam os Andes e a costa para *Spalacopus cyanus* (cururo), apesar de apresentarem solos com diferentes resistências. As variáveis analisadas, comprimento rostral, largura do osso zigomático, largura rostral, largura dos dentes incisivos superiores, comprimento basal do crânio, comprimento vertical dos incisivos, espessura

dos incisivos superiores, distância da extremidade do incisivo até a base do pré-molar, comprimento do diastema superior e altura do rosto, não mostraram diferenciação morfológica, porém, apresentaram uma diferença clara quanto a resistência nos incisivos, levando a conclusão de que aparentemente a dureza do solo não representa um fator de pressão seletiva para o aparato de escavação desta espécie. O que vem discordar do referencial teórico descrito para *Ctenomys* e para as espécies do presente estudo.

Segundo Lessa (1990), em roedores subterrâneos, o comprimento rostral mostra ontogenia positiva e alometria interespecífica em relação às outras dimensões do crânio, como altura do rosto, comprimento e largura do crânio. Além disso, os incisivos tem crescimento contínuo. Devido a essas regras uma pequena alteração no ângulo de procumbência pode estar associado com o aumento de tamanho ou não ser dependente do tamanho bem como, da combinação dos dois. O ângulo de procumbência inferior geralmente não acompanha o ângulo de procumbência superior, uma vez que, existe a mobilidade da mandíbula inferior e a superior pelo fato de ser imóvel, deve ter um ângulo de ataque efetivo.

Os roedores caviomorfos de maior tamanho possuem o rosto proporcionalmente mais longo, e seus aspectos ecológico, comportamentais, fisiológicos e biomecânicos são alterados pelas relações de forma e tamanho do crânio (Vassalo, 2000). Mora *et al.* (2003) mostraram a relação entre o tamanho do rosto e o ângulo dos incisivos superiores, enfatizando o importante papel da dentição tanto na escavação como no forrageio.

Segundo Lessa (1990), uma característica restrita aos mamíferos subterrâneos para solos quebradiços e arenosos é ser um garra-escavador, enquanto uma espécie especializada em utilizar os dentes para escavação apresenta uma maior possibilidade de exploração de uma variedade muito maior de texturas de solo. Provavelmente a textura do solo exerce uma força seletiva entre os roedores subterrâneos.

6 CONCLUSÕES

C. torquatus é a espécie mais procumbente e diferenciada das estudadas.

Todas as espécies executam o comportamento de escavação usando tanto as garras como os incisivos como ferramentas. E, em locais de vegetação mais densa, utilizam os incisivos para a retirada da vegetação.

Nossos resultados sugerem uma separação ecomorfológica das espécies, com a existência de diferentes adaptações.

As espécies apresentam diferenças significativas quanto ao tamanho e a forma. Sendo o tamanho relacionado ao dimorfismo sexual e a forma não relacionada.

A separação ecomorfológica ocorre devido às espécies apresentarem diferentes formas altamente correlacionadas com o Ângulo de Procumbência Superior (APS).

Nas metodologias que utilizaram o ângulo de procumbência superior, indivíduos com um maior APS apresentam a largura dos incisivos diretamente proporcional e inversamente proporcional (com algumas alterações) ao comprimento do osso zigomático (COZ). Além disto geralmente a largura do rostró é inversamente proporcional a altura/profundidade do mesmo.

Os resultados obtidos sugerem a ocorrência de diferentes adaptações para a escavação entre as espécies ao longo de um gradiente quanto à dureza do solo (campo, campo arenoso e dunas costeiras repectivamente).

Nos dados obtidos de solo, as pressões normais, equivalentes a 1,50m de profundidade, apresentaram maiores resistências ao cisalhamento independente do teor de umidade e do tipo de solo.

Devido à sensibilidade do aparelho de cisalhamento direto utilizado no laboratório de Geotecnologia da Engenharia Civil, as curvas apresentam oscilações relacionadas ao problema de medição do sensor, o qual está calibrado para altas tensões verticais. Por isso, a curva com melhor desempenho nessa análise exploratória de dados, foi à tensão vertical equivalente a 1,50m de profundidade.

Na condição de ausência de umidade os solos com maior resistência foram campo (*C. torquatus*) e campo arenoso (*C. lami* e *C. minutus*), com as resistências diminuindo com o aumento da umidade no solo.

Na condição natural, as areias de dunas (*C. flamarioni*) apresentaram a maior resistência, apresentando aqui uma diminuição de resistência com a diminuição de umidade.

A variação na resistência dos solos depende da estação do ano, composição granulométrica, umidade do solo, características físicas como coesão, sucção, localização do lençol freático e intemperismo do local de ocorrência.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altuna AC (1983) Sobre la estructura de las construcciones de *Ctenomys pearsoni* LESSA y LANGGUTH,(Rodentia, Octodontidae). **Res. Com. Jorn. C. Nat**, 3: 70-72.
- Altuna AC, Tassinio B & Izquierdo G (1992) Estructura de sistemas de cuevas y disponibilidades de forraje en una población de *Ctenomys* (*Cariomorfo solis*), (Rodentia, Octodontinae). **Bol. Soc. Zool. Uruguay**, 7:39-40.
- Antinuchi CD & Busch C (1992) Burrow structure in the subterranean rodent *Ctenomys talarum*. **Z. Säugetierkunde**, 57: 163-168.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 7181**: Solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. **NBR 6508**: Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm – determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.
- Bacigalupe LD, Iriarte-Díaz J & Bozinovic F (2002) Functional morphology and geographic variation in the digging apparatus of cururos (Octodontidae: *Spalacocus cyanus*). **Journal of Mammalogy**, 83(1):145-152.
- Bretschneider, D.S. (1987) **Alguns aspectos da biologia e ecologia de *Ctenomys flamarioni* Travi, 1981 (Rodentia: Ctenomyidae)**. Curso de Pós Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS: Porto Alegre. (Dissertação de Mestrado).
- Cadima JFCL & Jolliffe IT (1996) Size- and Shape- Related Principal Component Analysis. **Biometrics**, 52:710-716.
- Camin S, Madoery L & Roig V (1995) The burrowing behavior of *Ctenomys mendocinus* (Rodentia). **Mammalia**, 59(1) 9-17.
- Callegari-Jaques SM, **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- Comparatore VM, Agnusdei M & Busch C (1992) Habitat relations in sympatric populations of *Ctenomys talarum* and *Ctenomys australis* (Rodentia, Octodontidae) in a natural grassland. **Z. Säugetierkunde**, 57: 47-55.
- Comparatore VM, Maceira NO, Busch C (1990) Habitat relations in *Ctenomys talarum* (Caviomorpha, Octodontidae) in a natural grassland. **Z. Säugetierkunde**
- Contreras LC, Torres-Mura JC & Yáñez JL (1987) Biogeography of Octodontid Rodents: an eco-evolutionary hypothesis. **Fieldiana Zoology**, 39:401-411.

- Cook JA, Anderson S & Yates TL (1990) Notes on Bolivian Mammals 6. The genus *Ctenomys* (Rodentia: Ctenomyidae) in the highlands. **American Museum Novitates**, 2980: 1-27.
- Cook, J.A.; Lessa, E.P.(1998) Are rates of diversification in subterranean South American Tuco-Tucos (Genus *Ctenomys*, Rodentia: Octodontidae) unusually high? **Evolution**, 52(5): 1521-1527.
- El Jundi TARJ & Freitas TRO (2004) Genetic and demographic structure in a population of *Ctenomys lami* (Rodentia-Ctenomyidae). **Hereditas**, 140:18-23.
- Feldhamer GA, Drickamer LC, Vessey SH, Merritt JF (1999) **Mammalogy**. Boston, MA: McGraw-Hill
- Fernández, G.P. (2002) **Análise da estrutura populacional e da variabilidade genética em três populações de *Ctenomys flamarioni* (Rodentia: Ctenomyidae) através de loci de microssatélites**. Curso de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular, UFRGS, Porto Alegre. (Dissertação de Mestrado).
- Fonseca, M.B.da. (2003) **Biologia populacional e classificação etária do roedor subterrâneo Tuco-Tuco *Ctenomys minutus* NEHRING, 1887 (Rodentia: Ctenomyidae) na planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil**. Curso de Pós Graduação em Ecologia, UFRGS, Porto Alegre.(Dissertação de Mestrado).
- Fornel, R (2005) **Estudo da Variação Morfológica Craniana entre quatro blocos populacionais de *Ctenomys lami* (Rodentia, Ctenomyidae) através de morfometria geométrica**. Curso de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular, UFRGS, Porto Alegre. (Dissertação de Mestrado).
- Freitas TRO (1990) **Estudos citogenéticos e craniométricos em três espécies do gênero *Ctenomys***. Curso de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular, UFRGS: Porto Alegre. (Tese de Doutorado).
- Freitas TRO (1994) Geographic variation of heterochromatin in *Ctenomys flamarioni* (Rodentia, Octodontidae) and its cytogenetic relationship with other species of the genus. **Cytogenetics and Cell Genetics**, 67:193-198.
- Freitas TRO (1995) Geographic distribution and conservation of four species of the genus *Ctenomys* in southern Brazil. **Studies on Neotropical fauna and Environment**, 30: 53-59.
- Freitas TRO (2001) Tuco-tucos (Rodentia, Octodontidae) in southern Brazil: *Ctenomys lami* spec. nov. Separated from *C. minutus* Nehring 1887. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, 36(1): 1-8.
- Freudlund DG, Xing A, Freudland MD & Barbour SL (1995) The relationship of the unsaturated soil shear strength to the soil-water characteristic curve. **Can. Geotech. J.**, 32:440-448.

- Gallardo MH & Anrique JA (1991) Populational parameters and burrow systems in *Ctenomys maulinus brunneus* (Rodentia, Ctenomyidae). **Medio Ambiente**, 11(2): 48-53.
- Gastal, M.L. de A (1994^a) Densidade, razão sexual e dados biométricos de uma população de *Ctenomys minutus* NEHRING, 1887 (Rodentia, Caviomorpha, Ctenomyidae). **Iheringia, Ser. Zool.**, Porto Alegre, 77: 35-33.
- Gastal ML (1994b) Sistema de túneis e áreas de vida de *Ctenomys minutus* Nehring, 1887 (Rodentia, Caviomorpha, Ctenomyidae) **Iheringia, Ser. Zool.** Porto Alegre, 77: 35-44.
- IBGE – Mapas interativos < <http://mapas.ibge.gov.br/>> acessado em: 06 de fevereiro de 2006.
- Landry SO (1957) Factors affecting the procumbency of rodent upper incisors. **Journal of Mammalogy**, 77: 35-44.
- Lacey EA, Patton JL & Cameron NG (2000) **Life Underground: Biology of Subterranean Rodents**. The University of Chicago Press, London 449 pp.
- Lessa EP (1990) Morphological evolution of subterranean mammals: integrating structural, functional, and ecological perspectives. **In:** Nevo E, Reig OA, (eds) Evolution of subterranean mammals at the organismal and molecular levels. Allan Liss, New York pp 211-230.
- Lessa EP & Cook JA (1998) The molecular phylogenetics of tuco-tucos (genus *Ctenomys*, Rodentia: Octodontidae) suggests an early burst of speciation. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 9:88-99.
- Lessa EP & Langguth A (1983) *Ctenomys pearsoni*, n. sp., (Rodentia: Octodontidae), del Uruguay. Resúmenes Comunicaciones Jornadas de Ciencias Naturales del Uruguay, 3: 86-88.
- Lessa, E.P.; Stein, B.R (1992) Morphological constraints in the digging apparatus of pocket gophers (Mammalia: Geomyidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, 47: 439-453.
- Lessa, E.P.; Thaler, Jr, C.S (1989) A reassessment of morphological specialization for digging in pocket gophers. **Journal of Mammalogy**, 70(4): 689-700.
- LISTA SISTEMÁTICA DE MAMÍFEROS DO MATO GROSSO.< www.ufmt.br/niefa/listsistmamiferos.html> acessado em : 02 de setembro de 2004.
- Malizia AI, Vassalo AI & Busch C (1991) Population and habitat characteristics of two sympatric species of *Ctenomys* (Rodentia: Octodontidae) **Acta Theriologica**, 36:(1-2) 87-94.

- Marcon LP (2005) **Estudo comparativo do comportamento mecânico de duas areias de Osório – RS**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS:Porto Alegre. (Dissertação de Mestrado).
- Massarini AI, Freitas TRO (2005) Morphological and cytogenetics comparison in species of the *mendocinus*-group (genus *Ctenomys*) with emphasis in *C. australis* and *C. flamarioni* (Rodentia-ctenomyidae). **Caryologia**, 58(1): 21-27.
- Mora M, Olivares AI & Vassalo AI (2003) Size, shape and structural versatility of the skull of the subterranean rodent *Ctenomys* (Rodentia, Caviomorpha): functional and morphological analysis. **Biological Journal of the Linnean Society**, 78: 85-96.
- Nowack RM & Paradiso JL (1991) **Walker's mammals of the world**. Baltimore & London, Johns Hopkins University Press.
- Pearson OP (1959) Biology of subterranean rodents, *Ctenomys*, in Peru. **Memorias Museo Natural "Javier Prado"**, 9:1-56.
- Pearson OP (1984) Taxonomy and natural history of some fossorial rodents of Patagonia, southern Argentina. **Journal of Zoology**, 202:225-237
- Pinto, C. de S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.
- Radinsky LB (1985) Approaches in evolutionary morphology: a search for patterns. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 16:1-14.
- Reig OA, Busch C, Ortells MO & Contreras JR (1990) An overview of evolution, systematics, populations biology, cytogenetics, molecular biology and speciation in *Ctenomys*. **In**: Evolutions of the subterranean mammals at the organismal and molecular levels, pp 71-86.
- Reig OA, Kiblsky P (1969) Chromosome multiformity in the genus *Ctenomys* (Rodentia, Octodontidae) **Chromosoma**, 28:211-244.
- Ricklefs RE & Miles DB. (1994) Ecological and Evolucionary inference from morphology and ecological perspective. **In**: Wainwright PC & Reilly S, eds. Ecological Morphology integrative organismal biology. The University of Chicago Press, 13-41.
- Stein BR (2000) Morphology of subterranean rodents. **In**: Lacey EA, Patton JL & Cameron NG, eds. Life Underground: Biology of Subterranean Rodents. The University of Chicago Press, 19-61
- Silva, F. **Mamíferos Silvestres do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do RS, 1994.

- Travi VH (1983) **Etologia de *C. torquatus* Lichtenstein, 1830 (Rodentia, Ctenomyidae) na Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil**, UFRGS: Porto Alegre. (Dissertação de Mestrado).
- Tomazelli LJ & Villwock JA. (2000) O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície COSTEIRA. **In:** Holz M & Rios LF, eds. Geologia do Rio Grande do Sul. : Porto Alegre: CIGO/UFRGS. 375-406.
- Vassalo AI (1998) Functional morphology, comparative behaviour, and adaptation in two sympatric subterranean rodents genus *Ctenomys* (Caviomorpha: Octodontidae). **Journal of Zoology**, 244:415-427.
- Vassalo AI (2000) Alometría e Isometría em varias especies de roedores caviomorfos, com comentarios sobre la estructura del aparato masticatorio del orden Rodentia. **Mastozoologia Neotropical**, 7(1): 37-46.
- Vilwock JA, Tomazelli LJ, Loss EL, Dehnhardt EA, Horn FNO, Bachi FA & Dehnhardt BA. (1986) Geology of the Rio Grande do Sul coastal province. **In:** Rabassa J. & Balkema AA, eds. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. Rotterdam.
- Wainwright PC. (1994) Morphology a tool in ecological research. **In:** Wainwright PC & Reilly S, eds. Ecological Morphology integrative organismal biology. The University of Chicago Press, 42-53.
- Wainwright PC & Reilly S. (1994) Brief historic of Ecological Morphology. **In:** Wainwright PC & Reilly S, eds. Ecological Morphology integrative organismal biology. The University of Chicago Press, 2-9.
- Wake MH. (1993) The Skull as a locomotor organ. **In:** Hanken J. & Hall BK, eds. The skull: functional and evolutionary mechanisms. The University of Chicago Press, 197-240.