



Universidade Federal do Pará
Núcleo de Teoria e Pesquisa do Comportamento
Programa de Pós-graduação em Teoria e Pesquisa do Comportamento

**Caracterização do chamado de alarme de *Dasyprocta sp.* e *Cuniculus paca*
(Rodentia, Caviomorpha) em cativeiro.**

João Gabriel Souza Silva

Belém

2015



Universidade Federal do Pará
Núcleo de Teoria e Pesquisa do Comportamento
Programa de Pós-graduação em Teoria e Pesquisa do Comportamento

**Caracterização do chamado de alarme de *Dasyprocta sp.* e *Cuniculus paca*
(Rodentia, Caviomorpha) em cativeiro.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Teoria e Pesquisa do Comportamento da Universidade Federal do Pará como requisito para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Ecoetologia

Orientador: Profa. Dra. Maria Luisa da Silva

Belém

2015

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Luisa da Silva
Universidade Federal do Pará
Departamento de Biologia
Programa de Pós Graduação em Teoria e Pesquisa do Comportamento
Orientadora

Profa. Dra. Ana Cássia Sarmento Ferreira
Instituto Federal do Pará
Membro

Profa. Dra. Alda Henriques Loureiro
Universidade Federal do Pará
Membro

Prof. Dr. Marcos Bentes
Universidade Federal do Pará
Departamento de Psicologia Experimental
Programa de Pós Graduação em Teoria e Pesquisa do Comportamento
Suplente

Dissertação de Mestrado

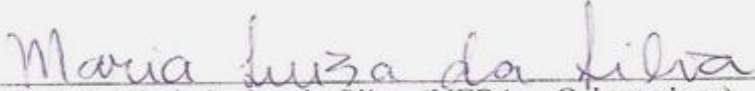
“Caracterização do Chamado de Alarme de Dasyprocta sp. e Cuniculus paca (Rodentia, Caviomorpha) em Cativeiro”


Aluno: João Gabriel Souza Silva.

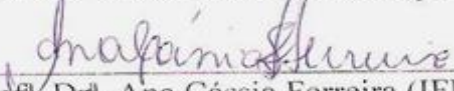
Data da Defesa: 31 de Março de 2015.

Resultado: Aprovado com Modificações.

Banca examinadora:


Prof.^a Dr.^a Maria Luisa da Silva (UFPA – Orientadora).


Prof.^a Dr.^a Alda Loureiro Henriques (UFPA - Membro).


Prof.^a Dr.^a Ana Cássia Ferreira (UFPA – Membro).

“E conhecereis a verdade, e a verdade vos libertará”

João 8:32

AGRADECIMENTOS

- Prof.^a Dr. Maria Luisa da Silva, pela sua orientação e sua imensa paciência.
- Prof.^a Dr. Patrícia Ferreira Monticelli, pela coorientação e apoio logístico.
- Prof. Dr. Jacques Marie Edme Vielliard (*in memoriam*) por beneficiar a humanidade com sua valiosa contribuição para a bioacústica.
- Equipe do Laboratório de Ornitologia e Bioacústica: Amanda Monte, Angélica Rodrigues, Gabriel Melo, Ramirez Sena, Viviany Costa, João Lopes, Ana Andrade, Victoria Silva, Iara Ramos, Rodrigo Matos e Danilo Arcoverde.
- Agradeço imensamente o amor, o carinho e a compreensão de minha mãe Maria do Socorro Silva e meu irmão João Eduardo Almeida.
- Agradeço ao “pedaço de Sol” que ilumina minha existência Edivânia Silva.

Silva, J. G. S. (2015). Caracterização do chamado de alarme de *Dasyprocta* sp. e *Cuniculus paca* (Rodentia, Caviomorpha) em cativeiro. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Teoria e Pesquisa do comportamento, Universidade Federal do Pará.

Resumo

Mamíferos sociais apresentam um comportamento vocal complexo e sofisticado, capazes de enviar e receber informações precisas referentes ao ambiente e as interações em grupo. A ordem Rodentia, maior dentre os mamíferos, contém espécies que desenvolveram amplo repertório vocal para intermediar relações tanto intraespecíficas como interespecíficas. Em situações de perigo, estes roedores emitem sinais sonoros específicos conhecidos como chamados de alarme, que possibilitam a percepção e a possível reação de luta ou fuga perante as ameaças, favorecendo uma defesa antipredador mais efetiva para essas espécies. Neste contexto, descrevemos e comparamos os parâmetros acústicos dos chamados de alarme de cutia (*Dasyprocta* sp.) e paca (*Cuniculus paca*), através de análises sonográficas de suas vocalizações em cativeiro. Os registros dos chamados de alarme de 16 indivíduos de *Dasyprocta* sp. e 6 indivíduos de *C. paca* foram realizados no biotério da Universidade Federal do Pará, totalizando 87 minutos de gravações dos chamados de alarme emitidos durante as observações nos respectivos recintos. A análise bioacústica das 539 amostras do chamado de alarme de cutias demonstrou que a faixa de frequência varia de 224 Hz a 978 Hz, com duração média de 898 ms. As 95 amostras do chamado de alarme de pacas apresentaram faixa de frequência com variação de 340 Hz a 1280 Hz, com duração média de 1967 ms. As características sonoras desses chamados indicaram que há uma predominância por frequências mais baixas do sinal acústico das duas espécies, porém as pacas podem atingir frequências máximas e mínimas muito maiores que as cutias, além de emitirem sinais de maior duração. A análise dos componentes principais (PCA) revelou que os chamados de alarme das duas espécies são diferenciados principalmente pela duração e frequência máxima dos sinais sonoros.

Palavras-chave: Bioacústica, chamado de alarme, roedores caviomorfo

Silva, J. G. S. (2015). Characterization of alarm call of *Dasyprocta* sp. and *Cuniculus paca* (Rodentia, Caviomorpha) in captivity.
Master thesis. Graduate program in theory and research of behavior, Federal University of Pará.

Abstract

The social mammal present complex and sophisticated vocal behavior, they are able to send and receive precise information about the environment and the interactions of the group. The order Rodentia, the biggest among mammals, has species that developed wide vocal repertoire in order to intermediate both interspecific and intraspecific relationships. During threatening context, some rodents emit specific vocalizations classified as alarm calls, these calls allow the perception of the threat and the possibility of subsequent reaction such as fight or scape. These reactions in the context of threat provide to these rodent species an effective defense against predation. In this context, we described and compared the acoustic parameter of the alarm call of the agouti (*Dasyprocta* sp.) and the lowland paca (*Cuniculus paca*) using the sonographic analysis of their vocalizations recorded in captivity. We realized the register of the agonistic calls of 16 individuals of *Dasyprocta* sp. and 6 individuals of *C. paca* in the vivarium placed in the Federal University of Para in a total of 85 minutes of recording. We recorded alarm calls during the social interactions that happened in their respective cages. The bioacoustics analysis of the 539 alarm calls of the agouti demonstrate that the frequency bandwidth varies from 224 to 978 Hz and the duration is 898 ms. The 95 alarm calls of the lowland paca analyzed presented frequency bandwidth that varied from 340 to 1280 Hz, the mean of the call's duration was 1967 ms. The sound characteristics of these so called indicated that there is a predominance of lower frequencies of the acoustic signal of the two species, but the pacas can reach high and low frequencies much larger than the agoutis, and issue of longer duration signals. The principal components analysis (PCA) revealed that the alarm calls of both species are differentiated primarily by the maximum duration and frequency of the beeps.

Keywords: Bioacoustics, alarm call, caviomorph rodents.

Sumário

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
Lista de figuras e tabelas.....	IV
1 Introdução.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Classificação taxonômica.....	4
2.2 Distribuição geográfica e habitats	5
2.3 Comunicação sonora animal e bioacústica.....	6
2.4 Repertórios acústicos em roedores.....	9
2.5 Chamados de alarme.....	11
3. OBJETIVO.....	13
3.1 Objetivo geral.....	13
3.2 Objetivos específicos.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1 Sujeitos experimentais e ambiente de estudo.....	14
4.2 Coleta e análise dos sinais acústicos.....	15
5. RESULTADOS.....	16
6. DISCUSSÃO.....	22
7. CONCLUSÃO.....	24
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01: Indivíduos adultos da espécie *Dasyprocta sp.* criados em cativeiro.....03
- Figura 02: Indivíduos adultos da espécie *C. paca* criados em cativeiro.....04
- Figura 03: Esquema demonstrando as relações filogenéticas da subordem Hystricognathi, segundo a revisão de Woods & Kilpatrick (2005), destacando as espécies *C. paca* e *Dasyprocta sp.* (adaptado de Alencar Jr, 2011).....05
- Figura 04: Mapa da distribuição geográfica da espécie *Dasyprocta sp.* (a), e distribuição geográfica da espécie *C. paca* (b). Segundo Eisenberg (1989).....06
- Figura 05: Local de alojamento e observação de animais. (a) Planta baixa esquematizando o biotério da UFPA, (b) viveiro de *Dasyprocta sp.* e (c) viveiro de *C. paca*.....14
- Figura 06: Representação sonográfica do chamado de alarme de *Cuniculus paca* (a) e *Dasyprocta sp.* (b), evidenciando a frequência máxima, frequência mínima e duração dos chamados.....17
- Figura 07: Valores mínimos, máximos e mediana das durações dos chamados de *Dasyprocta sp.* $H_{(gl=6, N=539)} = 52,704$, e *C. paca* $H_{(gl=2, N=95)} = 45,356$18
- Figura 08: Valores mínimos, máximos e mediana da faixa de frequência de *Dasyprocta sp.* $H_{(6, N = 539)} = 156$ e *C. paca* $H_{(gl2, N = 95)} = 29,4$ 18
- Figura 9: Valores mínimos, máximos e mediana da frequência mínima de *Dasyprocta sp.* $H_{(6, N= 539)} = 207,7$ (a), e *C. paca* $H_{(2, N= 95)} = 66,12$19
- Figura 10: Valores mínimos, máximos e mediana da frequência máxima de *Dasyprocta sp.* $H_{(gl = 6, N = 539)} = 200$ (a), e *C. paca* $H_{(gl = 2, N= 95)} = 104$20
- Figura 11: Análise dos componentes principais indicando a correlação positiva entre as variáveis duração e frequência máxima dos chamados de alarme.....21

1. INTRODUÇÃO

Rodentia é a ordem que apresenta o maior número de representantes da classe Mammalia (Eisenberg, 1989), sendo o continente Americano o mais rico em número de gêneros e espécies (Cabrera & Yepes, 1960). A principal característica dos roedores é a presença de quatro dentes incisivos, proeminentes e amarelados, de crescimento contínuo durante toda a sua vida. Como processo natural de desgaste destes incisivos, os animais passam boa parte do tempo roendo pedaços de madeira, objetos, troncos de árvores e alimentos (Clark & Olfert, 1986). Seus representantes são adaptados fisiologicamente e ecologicamente aos mais variados ecossistemas terrestres e a comunicação sonora é um importante componente das interações sociais da vida em grupo dos roedores (Emmons & Feer, 1997).

A cutia (*Dasyprocta sp.*) (Linneus, 1758), e a paca (*Cuniculus paca*) (Linnaeus, 1758), estão entre as maiores espécies de roedores existentes na região Neotropical (Emmons, 1990). Possuem hábitos escavadores de esconder e posteriormente procurar reservas de sementes dispersos em vários locais da sua área de vida, garantindo recursos durante períodos de escassez de alimentos (Smythe, 1989; Dubost, 1988; Hallwachs, 1986). O armazenamento e conservação de alimentos para uso futuro permite controlar a disponibilidade de alimento no espaço e no tempo, mantendo um fluxo contínuo de alimento para a prole durante a estação reprodutiva (Vander Wall, 1990). Com isso, desempenham importante função na manutenção da diversidade de árvores da floresta, através da dispersão e predação de sementes e de plântulas (Fragoso, 1994; Pimentel & Tabarelli, 2004; Guimarães *et al.*, 2005), ao passo que os carnívoros regulariam as populações de herbívoros e frugívoros (Terborgh *et al.*, 2001).

Estes roedores possuem grande potencial econômico por constituírem rica fonte de proteínas para alimentação o homem, principalmente indígenas e camponeses

(Smythe, 1978). Nas últimas décadas tem-se verificado um aumento da demanda de carne destes animais por ser muito palatável, o qual incrementou a caça predatória e o comércio ilegal, gerando uma séria diminuição progressiva de suas populações em seus habitats naturais (Altrichter, 2000). Atualmente são consideradas vulneráveis em algumas áreas do território brasileiro, um status provocado pela caça e pressão ecológica associada com a redução das florestas habitats (Bergallo *et al*, 2000). As cutias e as pacas também são importantes na dieta de vários carnívoros, sendo provavelmente a principal fonte alimentar de alguns felinos (*Felis pardalis*, *Panthera onca*, *Felis concolor* e *Felis yaguaroundi*) e de quatis (*Nasua nasua*) (Smythe, 1978).

Os roedores do gênero *Dasyprocta* (cutias) (Figura 01), possuem porte avantajado, para o grupo dos roedores, medem entre 40 a 60 centímetros de comprimento e pesam cerca de 4 Kg, sendo as fêmeas maiores do que os machos (Simpson, 1980). São animais de hábitos diurnos, adaptados à vida terrestre por uma redução de dedos funcionais, sendo quatro nos membros torácicos e três nos membros pélvicos. As unhas dos membros torácicos são ligeiramente arqueadas dando-lhes capacidade de escavar, embora não sejam verdadeiros cavadores (Smythe, 1989). As extremidades posteriores são bem maiores do que as anteriores, capacitando-as para saltos (Cabrera & Yepes, 1960). Vivem em pares monogâmicos e permanecem com sua prole até o final do período reprodutivo (Emmons & Feer, 1997). Atingem a maturidade sexual aos seis meses de idade e possuem uma gestação que dura em média de 104 dias, com dois filhotes por ninhada e partos distribuídos ao longo do ano (Guimarães, 1993; Guimarães, 2000).

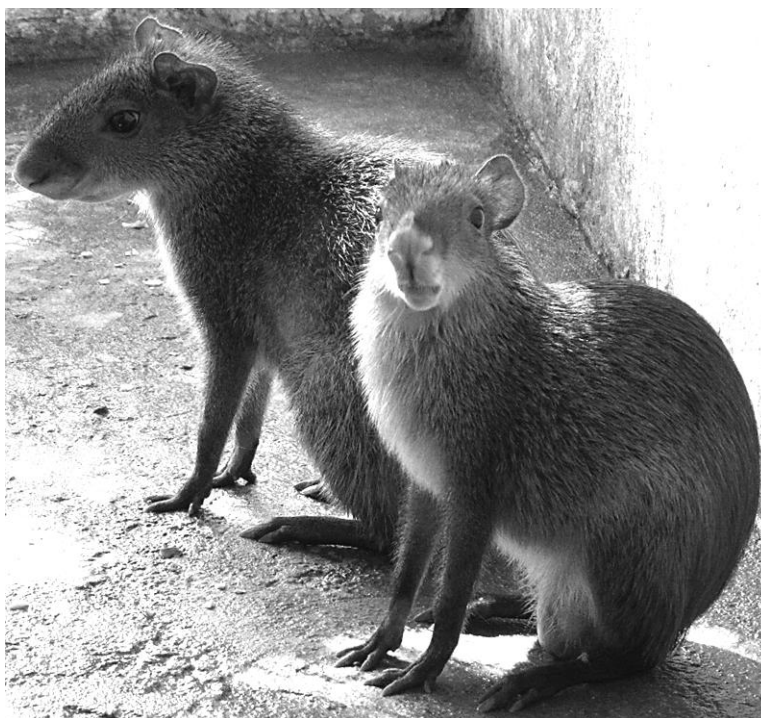


Figura 01: Indivíduos adultos da espécie *Dasyprocta sp.* criados em cativeiro.

As pacas, (*Cuniculus paca*), ocupam uma variedade de habitats, preferencialmente áreas florestadas próximas a cursos de água (Eisenberg, 1989). Medem aproximadamente 80 centímetros de comprimento e podem chegar a pesar 13 Kg, perdem em tamanho apenas para a capivara (Matamoros & Pashov, 1984). Possuem corpo longo e robusto, apresentam pelagem áspera, com coloração do dorso e cabeça variando entre pardo-amarronzado, castanho-avermelhado ou castanho-escuro, clareando em direção às laterais (Figura 02). Exibe um padrão de listras esbranquiçadas em linhas laterais que se estende do pescoço até próximo à base da quase imperceptível cauda.

Os dígitos são alongados, quatro nas patas anteriores e cinco nas posteriores, os três centrais providos de garras fortes, e os dois marginais reduzidos, não tocando o solo. A cauda é muito reduzida, quase imperceptível e nua. A pelagem do dorso e cabeça varia entre o castanho-avermelhado e o castanho-escuro, ou cinza-escuro,

clareando em direção às laterais, que apresentam um padrão de manchas arredondadas esbranquiçadas em linhas longitudinais, algumas delas.



Figura 02: Indivíduos adultos da espécie *C. paca* criados em cativeiro.

É uma espécie territorial, noturna e solitária, forrageiam ao entardecer e no crepúsculo (Beck-King *et al.*, 1999). Ocasionalmente vivem aos pares durante as estações reprodutivas, a gestação dura em média 148 dias ocorrendo o nascimento de um filhote duas vezes ao ano (Guimarães *et al.*, 2008). Dentro do ambiente florestal são consideradas importantes dispersoras e predadoras de sementes (Beck-King *et al.*, 1999; Janini, 2000), uma vez que se afastam dos locais de alimentação carregando os frutos e não consumindo todas as sementes carregadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Classificação taxonômica

A cutia é um mamífero pertencente à ordem Rodentia, subordem Hystricognathi, infraordem Caviomorpha, superfamília Caviioidea, família Dasyproctidae e ao gênero

Dasyprocta (Wilson & Reeder, 1993) (Figura 03). A revisão taxonômica mais abrangente realizada até o momento (Jack-Ximenes, 1999) inclui neste gênero oito espécies descritas de cutias que ocorrem no Brasil.

A paca, *Cuniculus paca*, é o terceiro maior roedor das Américas, pertencente à ordem Rodentia, subordem Hystricognathi, infraordem Caviomorpha, superfamília Caviodea, família Cuniculidae e gênero *Cuniculus*. Essa família inclui apenas um gênero e duas espécies de pacas, sendo que apenas uma delas é conhecida para o Brasil.

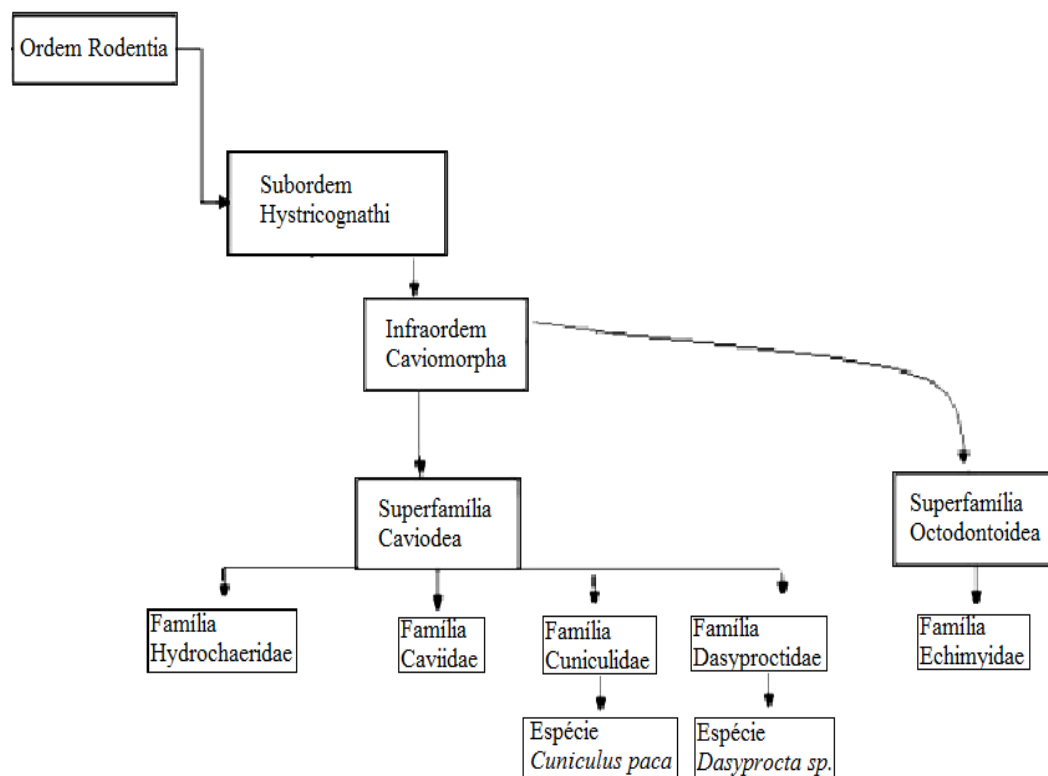


Figura 03: Esquema demonstrando as relações filogenéticas da subordem Hystricognathi, segundo a revisão de Woods & Kilpatrick (2005), destacando as espécies *C. paca* e *Dasyprocta sp.* (adaptado de Alencar Jr, 2011).

2.2 Distribuição geográfica e habitats

A distribuição geográfica do gênero *Dasyprocta* vai de Veracruz no sul do México, passando pela América Central, até o norte da Argentina, Paraguai, Uruguai e todo território brasileiro (Eisenberg, 1989). Vivem em florestas úmidas e ocupam um território com área estimada entre 4 a 8,5 ha (Eisenberg, 1989; Jorge & Peres 2005;

Silvius & Fragoso 2003). Muito pouco é conhecido sobre o seu habitat (Smythe, 1978), adultos raramente usam tocas, enquanto os jovens nascem geralmente próximos de uma abertura ou algumas tocas cavadas por outros animais, nas quais refugiam-se para abrigarem-se, exceto quando as fêmeas os chamam para amamentação (Eisenberg, 1989).

A paca (*C. paca*) é um roedor da região Neotropical cuja distribuição geográfica ocorre desde o sudeste do México ao norte da Argentina, passando por todo território brasileiro (Eisenberg, 1989) (Figura 04b). Emmons e Feer (1997) afirmam que a espécie pode viver em florestas perturbadas, secundárias, decíduas, florestas de galeria, jardins e plantações.

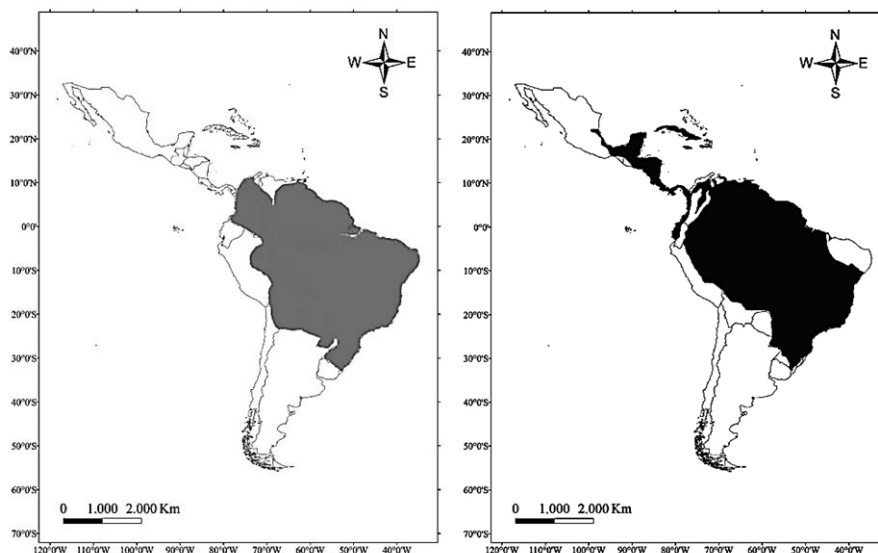


Figura 04: Mapa da distribuição geográfica da espécie *Dasyprocta sp.* (a), e distribuição geográfica da espécie *C. paca* (b). Segundo Eisenberg (1989).

2.3 Comunicação sonora animal e bioacústica

A comunicação animal é criteriosamente estruturada pela transmissão de informações de um emissor para um ou mais receptores que reajam a este estímulo, (Grier & Burk, 1992; Krebs & Davies, 1996; Bradbury & Vehrencamp, 1998). Para contextualizar e codificar as distintas interações entre emissores e receptores são

utilizados sinais químicos e físicos como estímulos visuais, sonoros, olfativos, tácteis e elétricos aos diferentes órgãos sensoriais (Redondo, 1994; Krebs & Davies, 1996). A seleção de um tipo específico de sinal de comunicação não impede o uso complementar de um sinal de outra natureza para propagar a informação no ambiente.

Muitos animais emitem sinais sonoros para enviar e receber informações de forma mais rápida e eficiente dentro de um grupo, principalmente quando o ambiente não favorece outros meios de comunicação (Hauser, 1996). O som é modelado por ondas sonoras que propagam mecanicamente a energia em meio material, estruturado pela interação de três parâmetros físicos: frequência, amplitude e duração (Nepomuceno, 1977). Estes parâmetros não se apresentam isolados ou independentes um do outro, sendo combinados e transmitidos como um código único que fornece a informação correspondente à função biológica do sinal da comunicação sonora (Vieliard, 1987).

Um sistema de comunicação acústica é caracterizado por uma ampla escala de fatores correlacionados a contextos sociais e a códigos específicos da sinalização sonora (Naguib, 2006). As pressões seletivas ocorridas às funções biológicas da comunicação sonora animal permitiram o desenvolvimento de uma imensa variedade de sinais sonoros e sistemas de comunicação, em um processo evolutivo similar ao ocorrido em estruturas morfológicas (Wilson, 1975; Redondo, 1994).

Através da comunicação acústica é possível expressar estados comportamentais, indicar fontes de nutrientes, intermediar atividades em grupo, emitir alarmes, resolver disputas por território ou hierarquia, e sinalizar informações espécie-específicas utilizadas na seleção sexual, o que permite maior diferenciação específica dos sinais sonoros e eleva a complexidade da organização social do grupo (Hauser, 1996, Bradbury & Vehrencamp, 1998; Naguib, 2006). Os diferentes repertórios acústicos

desempenham funções comunicativas gerais, porém, nem sempre é fácil delimitar com precisão o número de categorias contidas no espectro das emissões vocais (Palombit, 1992).

A bioacústica é o ramo da zoologia que estuda os diversos aspectos comportamentais da comunicação sonora animal (Vielliard, 1987). No contexto histórico-científico a bioacústica se firmou como ciência após os avanços tecnológicos dos primeiros gravadores portáteis, datados do final dos anos 50, após a Segunda Guerra Mundial, quando tais equipamentos se tornaram disponíveis para comunidade científica (Vielliard & Silva, 2011). Este avanço permitiu maior precisão dos registros sonoros, maior fidelidade do armazenamento de dados e as primeiras descrições sonoras animais, estabelecendo o marco inicial da Bioacústica como instrumento de pesquisa. Nas últimas décadas, a rápida evolução da informática aperfeiçoou e barateou os softwares de gravação e armazenamento de dados, tornando os equipamentos compactos, com maior capacidade de memória e preservando ao máximo as informações originais do sinal (Palácios *et al.*, 2009).

A bioacústica pode ser utilizada como ferramenta prática para estudos nas áreas da etologia, neurociências, aprendizagem, ecologia, levantamento de fauna, conservação, taxonomia e sistemática filogenética (Vielliard & Silva, 2011). Dentre os inúmeros recursos metodológicos oferecidos pela bioacústica pode-se destacar a possibilidade do monitoramento não invasivo durante o levantamento de fauna (Márquez *et al.*, 2011), gerar informações sobre padrões de dispersão e uso de recursos por determinada espécie (Palácios *et al.*, 2009) e a vantagem de ser muito mais barata do que as análises genéticas para verificação de relações filogenéticas e mais precisas do que as análises morfológicas, no caso de espécies que são quase idênticas visualmente (Vielliard, 1997).

Embora a Bioacústica tenha favorecido uma distinta documentação sonora da biodiversidade de diversos grupos taxonômicos, ainda é subestimada enquanto ferramenta de pesquisa e trabalho com mamíferos brasileiros. As pesquisas e tecnologias brasileiras na área de monitoramento bioacústico estão muito aquém das necessidades, possibilidades e benefícios que a ferramenta oferece para o uso e conservação de espécies, tendo notável reflexo na carência de um bom acervo da mastofauna brasileira.

2.4 Repertórios acústicos em roedores

Estudos relacionados ao repertório acústico de roedores têm revelado adaptações comunicativas e enriquecido as discussões em torno da origem geográfica e das relações internas entre os táxons desta ordem (Ebensperger & Blumstein 2006; Freitas 2006, Marques 2009; Woods & Kilpatrick 2005). Categorizar os diferentes sinais comunicativos do repertório vocal destes animais permite uma melhor compreensão sobre o desempenho e os processos evolutivos envolvidos no comportamento acústico das espécies. Desta maneira, a bioacústica tem sido uma ferramenta bastante utilizada para elaboração de importantes hipóteses evolutivas sobre o comportamento vocal de Roedores (Coulon, 1975; Arvola, 1974; Berryman, 1976; Ades *et al.*, 1994; Tokumaru 2000; Monticelli, 2000). Um exemplo é o comportamento acústico nas relações sociais da espécie silvestre de preá (*Cavia aperea*), e na cobaia (*Cavia porcellus*), espécie domesticada que são marcadas por diferentes categorias de comportamentos que envolvem modulações complexas de sinais sonoros (Berryman, 1976). Monticelli (2005) identificou 10 amplas categorias acústicas nas espécies domesticadas, compostas de sinais pulsados como o bater de dentes, o chamado de alarme de curta distância e o chamado de corte, sinais compostos como os chamados de contato, chorinho, duas

categorias de gritos, o chamado de alerta à distância além dos sinais exclusivos de filhotes como o assobio de separação da mãe.

A capivara (*Hydrochoerus Hydrochaeris*) é a maior espécie de roedor vivente (Nogueira-Filho, 1999), considerada especialista em habitats semi-aquáticos, sua área de ocorrência está associada às bacias hidrográficas dos principais rios sul-americanos desde o leste da Colômbia, Venezuela e Guianas, Uruguai, nordeste da Argentina e Brasil (Ojasti, 1973; Mones & Ojasti, 1986). São animais que vivem em grupos de tamanhos variados, com uma estrutura de interações sociais complexas e hierarquizadas (Nogueira *et al.*, 1999).

Barros (2009), acompanhando essa estrutura social complexa descreveu um repertório composto por sete emissões vocais e uma emissão não vocal, dentre estas emissões vocais estão o latido, um sinal de alarme emitido por adultos e subadultos que desencadeava a postura de alerta no grupo; o estalido, emitidos durante o deslocamento dos animais em grupo tanto na área de terra quanto na água; o “cô”, uma vocalização exclusiva de animais imaturos sexualmente, observada em contextos agonísticos durante a alimentação quando dois ou mais animais disputavam o mesmo feixe de capim boca a boca; e o grito, emitidos tanto por adultos quanto por filhotes durante o manejo e captura dos indivíduos. O bater-de-dentes é a única emissão não vocal do repertório destes roedores, produzida pelo entrelaque dos dentes superiores com os dentes inferiores do animal, são emitidos em ocasiões agonísticas entre adultos durante a alimentação, ou no encontro entre machos de grupos diferentes.

Outro grupo de roedores com o repertório conhecido pertence à espécie de mocó (*Kerodon rupestris*), presente nas regiões de caatinga e cerrados brasileiros, são animais sociais que vivem em grandes grupos dentro de afloramentos rochosos (Mares & Lacher, 1987). Seu repertório acústico é composto por 12 sinais sonoros (Alencar Jr,

2011), dentre eles estão o bater-de-dentes produzido em interações agonísticas; os chamados de curta distância e estalidos, utilizados entre filhotes e adultos na manutenção de contato e coesão do grupo durante atividades de exploração e forrageamento; o choro, usados na regulação social, modulando o comportamento de aproximação e contato por parte de um receptor; e gritos, emitidos em resposta a um golpe recebido. Uma particularidade do mocó é o chamado de alarme que soa como um latido, tal qual na capivara e na cutia (Smythe 1978; Barros 2009), embora seja menos rouco e apresente uma estrutura tonal. Ele é eliciado pela presença de um potencial predador.

2.5 Chamados de alarme

Chamados de alarme são comuns entre os animais terrestres e são caracterizados pelas vocalizações emitidas por presas para alertar a presença de predadores (Eisenberg 1974). Estes sinais servem não apenas para alertar os membros da mesma espécie como também desviar a atenção do predador ou desencorajá-lo o ataque (Ebensperger, 1998).

Os emissores destes chamados podem ter limites variáveis de excitação perante um perigo, aumentando consideravelmente o risco de predação durante o chamado. Individualmente, esta sinalização tem um alto custo para sobrevivência do emissor e muitas vezes parecem beneficiar principalmente os receptores. Evidências sugerem que, sob certas circunstâncias, os animais para reduzir o próprio risco de serem predados evitam emitir sinais de alarme, porque ao fazê-lo se tornariam ainda mais vulneráveis aos predadores (Blumstein, 1999). No entanto, este comportamento é mantido por seleção natural, sugerindo que os benefícios em manter esta sinalização são maiores que os seus custos (Macedónia & Evans 1993), quando coespecíficos fogem em segurança, em resposta a uma chamada, o emissor ganha aptidão através de sua sobrevivência.

Mesmo sendo potencialmente arriscado ao emissor, o reconhecimento destes chamados é fundamental para a sobrevivência em grupo, pois fornece o reconhecimento específico, mantém a coesão dos grupos e provocam uma melhor postura de alerta e vigilância, desencadeando uma possível ação evasiva frente às ameaças (Fichtel & Kappeler 2002; Furrer & Manser 2009).

As espécies de roedores são um excelente modelo para pesquisar a evolução do chamado de alarme, pois emitem sinais sonoros quando localizam um predador em potencial, o que fornece aos membros do grupo informações sobre os diferentes níveis de perigos e urgência (Krebs & Davies, 1996; Ebensperger, 1998; Meuthen *et al.*, 2012). Estas emissões vocais são sinais de longa distância, funcionalmente, mais eficientes para espécies diurnas, sociais ou coloniais, entretanto para a maioria dos roedores que são de espécies noturnas, solitárias e semifossoriais, estes sinais são menos eficientes. Chamando no escuro, quando um emissor não é capaz de avaliar o risco ou controlar com precisão a sua própria vulnerabilidade, poderia expor os chamadores para riscos excessivos com pouco benefício e pode, portanto, ser desfavorecida.

Compreender a utilidade adaptativa de comunicação de alarme tem sido uma forte influência na explicação da evolução do comportamento social (Keller & Reeve, 2002), o reconhecimento, pelo pesquisador, destes chamados específicos permite acessar informações mais precisas a respeito da comunicação acústica e da organização social do grupo, possibilitando uma maior compreensão do significado adaptativo e os custos de emitir estes sinais (Ehret 1980), mas, devido à insuficiência de dados comparativos, é difícil saber o quão comum são esses sinais entre as espécies.

Embora sejam encontradas em diferentes sistemas florestais e em número abundante, são poucos os trabalhos realizados no que diz respeito ao comportamento acústico de cutia (*Dasyprocta sp.*) e paca (*Cuniculus paca*), em particular dos chamados

de alarme. Neste sentido, o presente estudo é parte integrante do projeto intitulado “Comunicação acústica em mamíferos terrestres neotropicais; descrição comparativa de repertórios e uso da Bioacústica como ferramenta para estudo de populações naturais” (Processo FAPESP 2011/18253-7, EBAC, FFCLRP, USP). Visando contribuir para uma maior compreensão do aspecto comportamental envolvido na comunicação sonora dos roedores da subordem Hystricognathi (figura 01), este estudo descreve e compara os parâmetros físicos da estrutura acústica dos chamados de alarme de pacas e cutias em cativeiro.

3. OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi descrever e comparar os parâmetros físicos da estrutura acústica do chamado de alarme de cutias (*Dasyprocta sp.*) e pacas (*C. paca*), em cativeiro.

3.2 Objetivos específicos

(1) Registrar emissões sonoras que constituam sinais de comunicação acústica de espécies-modelo para *Dasyprocta sp.* e *C. paca*, incorporando tais dados à coleção do “Arquivo de Sons da Amazônia” (ASA) e ao acervo ARQSOMA da Fonoteca César Ades (EBAC, FFCLRP, USP).

(2) Descrever o comportamento vocal dos chamados de alarme das espécies expostas durante as interações em suas baias.

(3) Realizar comparação intra e interespecíficas da estrutura acústica das emissões sonoras registrados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Sujeitos experimentais e ambiente de estudo

Os registros sonoros e comportamentais de *Dasyprocta sp.* e *Cuniculus paca* foram coletados de animais adultos mantidos e adaptados em cativeiros (biotério). Os animais utilizados neste estudo são pertencentes ao Criatório Científico da Universidade Federal do Pará, que mantém em seu recinto 16 espécimes de cutia (sendo 13 pertencentes à espécie *Dasyprocta leporina* e 3 pertencentes a espécie *Dasyprocta prymnolopha*) e 6 espécimes de paca. O biotério é formado por dois amplos corredores que apresentam um total de 24 baias (figura 05), a composição das colônias varia de dois a quatro indivíduos por baia, sendo que as cutias são alojadas em sete baias e as pacas alojadas em três baias, os restantes das baias não estão sendo utilizadas.

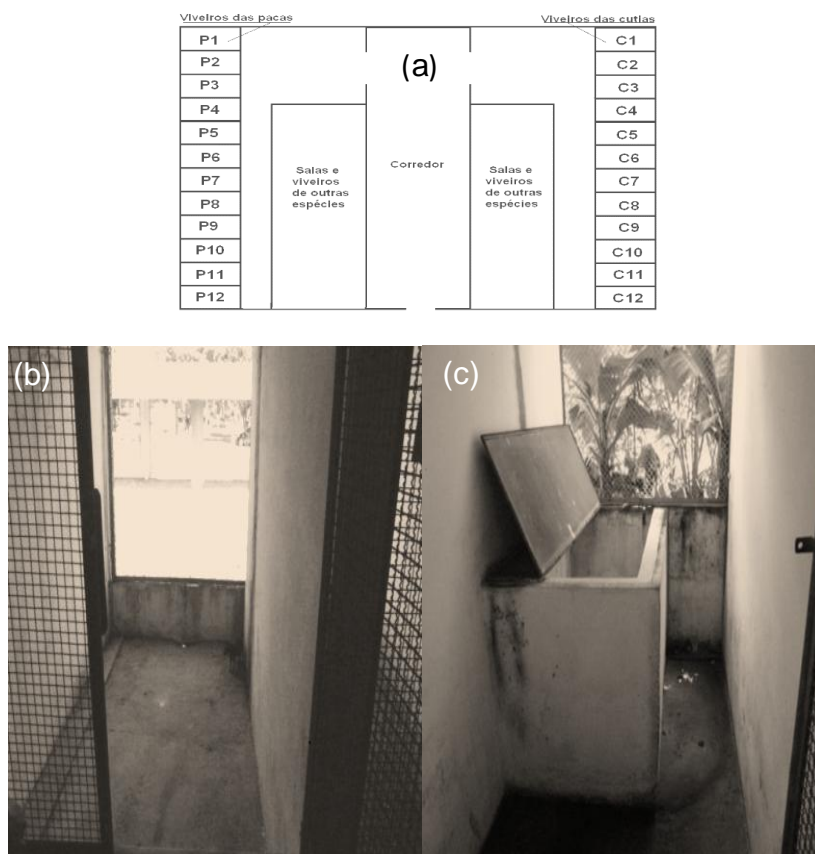


Figura 05: Local de alojamento e observação de animais. (a) Planta baixa esquematizando o biotério da UFPA, (b) viveiro de *Dasyprocta sp.* e (c) viveiro de *C. paca*.

Cada recinto é estruturado em alvenaria e são gradeados com tela de aço para possibilitar a ventilação e a iluminação natural, medem 2,70 metros de altura; 1,35 metros de largura, e 3,30 metros de comprimento e possuíam um comedouro (0,4m X 0,2m). Devido as paca serem roedores de hábitos noturnos, em suas baias foi construído uma estrutura de alvenaria com aparência similar a uma toca para que durante o dia pudesse ficar abrigada.

4.2 Coleta e análise dos sinais acústicos

Os registros das interações sociais de cutias e pacas em suas baias foram realizadas no período de janeiro de 2013 a março de 2014. Seguindo o paradigma de Berryman (1976), coletamos os sinais sonoros a partir de sessões de observação de 10 a 20 minutos de amostragem por baia, sem a manipulação direta dos animais, em horários alternados e não regulares entre 6h00 e 18h00 horas, sendo realizadas três observações em cada baia das duas espécies. Selecionamos as vocalizações emitidas sempre que os animais eram expostos à presença do observador, esta situação provocava a emissão do chamado de alarme o que desencadeava automaticamente a postura de alerta dos animais. Para todos os sinais sonoros coletados foram medidos os parâmetros físicos de frequência mínima, frequência máxima, faixa de frequência e duração das emissões.

Para a gravação dos registros sonoros destes roedores, posicionamos um microfone ultradirecional Sennheiser ME 66[®], conectado ao gravador digital profissional Tascam DR-100[®] (gravando em formato WAV e com taxa de frequência de amostragem de 48 KHz), a aproximadamente 1 m do solo e a 2 m de distância dos indivíduos observados. Paralelamente, utilizamos uma câmera filmadora Canon[®] *Power Shot* para registrar e armazenar em formato de vídeo os contextos comportamentais que acompanharam a emissão das vocalizações e o possível emissor.

A digitalização e a produção de sonogramas do material coletado foi realizado no Laboratório de Ornitologia e Bioacústica (LOBio), da Universidade Federal do Pará. Analisamos a estrutura acústica destes parâmetros com o uso dos programas Avisoft SASLabPro (Avisoft Bioacoustic, Berlim), Raven 1.4 (Cornell Lab. Of Ornithology, Ithaca, NY) e Adobe Audition 1.5. Para a análise descritiva dos dados, todas as medidas foram armazenadas em tabelas do programa Excel (Microsoft Office Versão 2010) e posteriormente integradas ao programa Statistica (Statsoft).

Para analisar a estrutura acústica dos chamados de forma generalista, agrupamos as vocalizações de todos os indivíduos por baias e os renomeamos com um código único, deste modo analisamos as vocalizações que representavam as colônias em que os animais eram mantidos (Tabela 01).

Tabela 1: Composição das colônias de cutias e pacas do criatório científico da UFPA. O sexo dos animais é indicado pelas letras F (fêmea) e M Macho. Os indivíduos foram codificados de acordo com as colônias as quais pertenciam.

Espécie	Indivíduos	Código
<i>Dasyprocta sp.</i>	F22 M417	C1
	F428 M411	C2
	F426 M416	C3
	F446F447M455M454	C4
	F440 M439	C5
	M444 M445	C6
	F23 M311	C7
<i>Cuniculus paca</i>	F53 e M47	P1
	F52 e M49	P2
	F22 e M48	P3

5. RESULTADOS

Descrevemos o chamado de alarme de pacas e cutias a partir dos dados obtidos de três horas de gravações simultâneas de áudio e vídeo dos animais em cativeiro. Medimos os parâmetros físicos de 539 chamados de alarme de *Dasyprocta sp.* e 95 chamados de alarme de *C. paca* (figura 07). Os chamados foram caracterizados por vocalizações de baixa frequência e curta duração, apresentando um padrão de notas graves assemelhando-se a rosnados guturais.

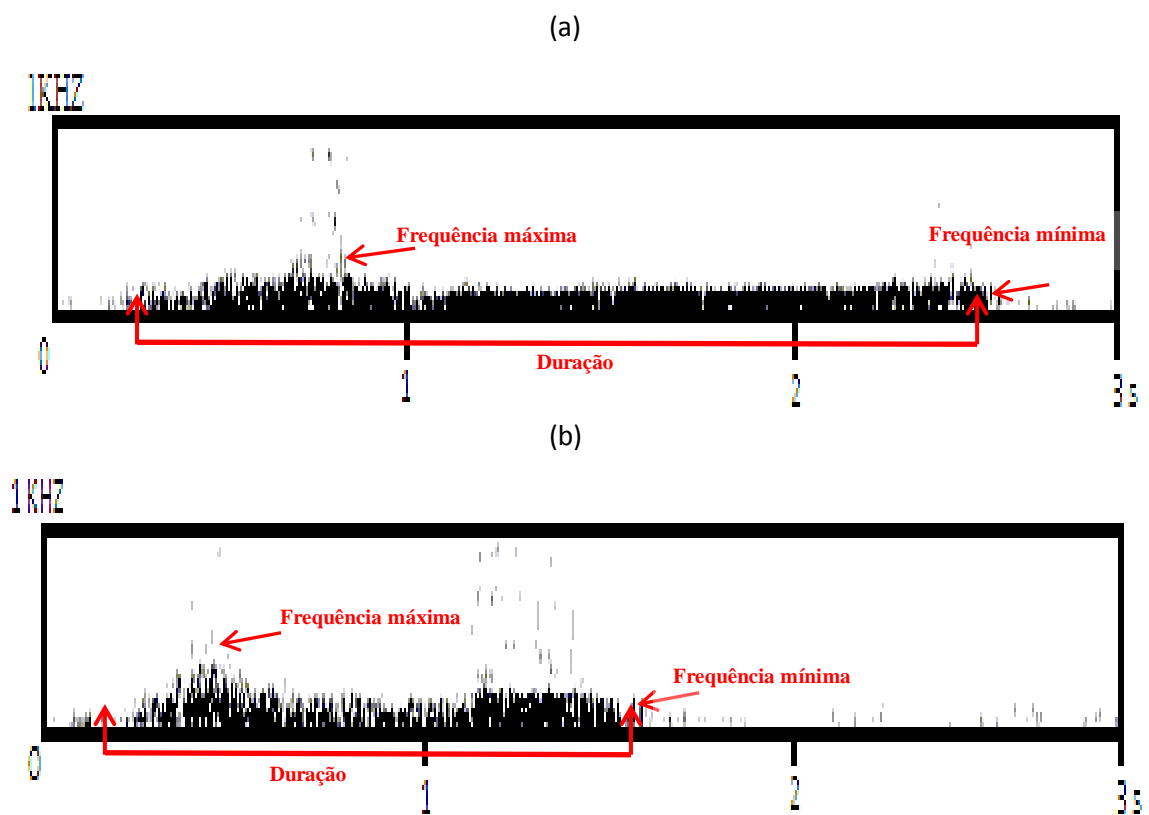


Figura 06: Representação sonográfica do chamado de alarme de *Cuniculus paca* (a) e *Dasyprocta sp.* (b), evidenciando a frequência máxima, frequência mínima e duração dos chamados.

Analisamos os valores estatístico descritivos dos parâmetros temporais dos chamados de alarme utilizando o teste de Kruskal-Wallis ($\alpha= 0,01$), as vocalizações de cutia apresentaram duração variando de 165 ms a 2918 ms com valor da mediana de 877 ms, $H_{(gl=6, N=539)} = 52,704$, os valores da duração dos chamados de pacas apresentaram variação de 404 ms a 7594 ms com valor da mediana de 1727 ms, $H_{(gl=2,$

$N=95$) = 45,356 (figura 07). Observamos que os indivíduos da mesma espécie apresentam valores semelhantes de duração dos chamados, porém quando comparamos as pacas com as cutias, observamos que as cutias possuem chamados de alarme mais curtos e que as pacas podem emitir chamados de alarme de maior duração.

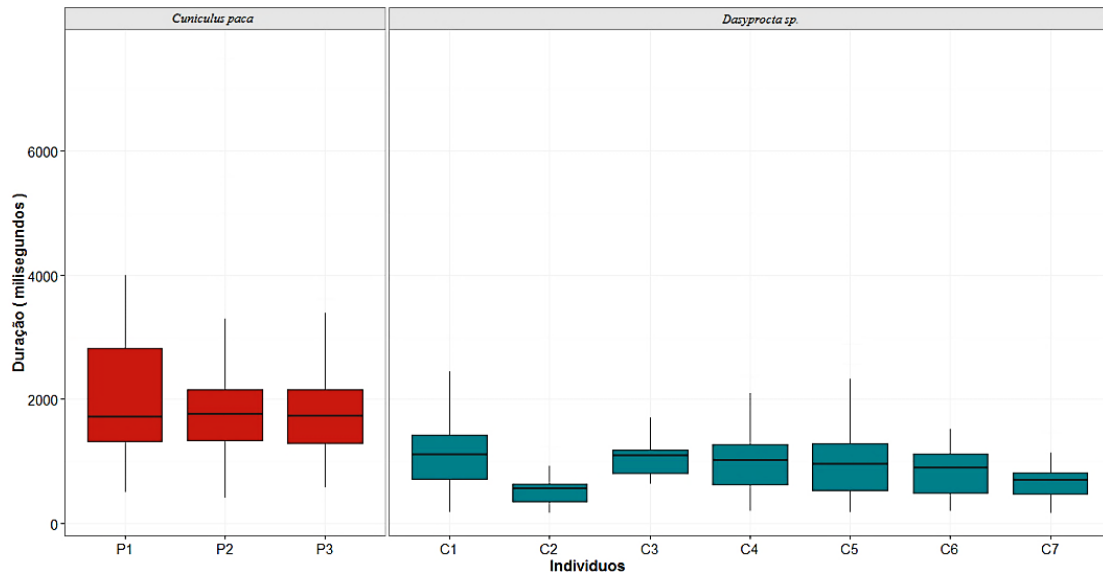


Figura 07: Valores mínimos, máximos e mediana das durações dos chamados de *Dasyprocta sp.* $H_{(gl=6, N=539)} = 52,704$, e *C. paca* $H_{(gl=2, N=95)} = 45,356$.

As faixas de frequências dos chamados de alarme das duas espécies apresentaram espectro de variação menores que 1 KHz, de 224 Hz a 978 Hz, com mediana em 576 Hz para os chamados de cutia $H_{(gl=6, N = 539)} = 156,0$, e variando de 340 Hz a 1280 Hz, com mediana de 724,5 Hz para os chamados de paca $H_{(gl=2, N = 95)} = 29,4$ (figura 08). Desta forma, verificou-se que os chamados de alarme de pacas atingem uma faixa de frequência mais alta que os chamados de cutias.

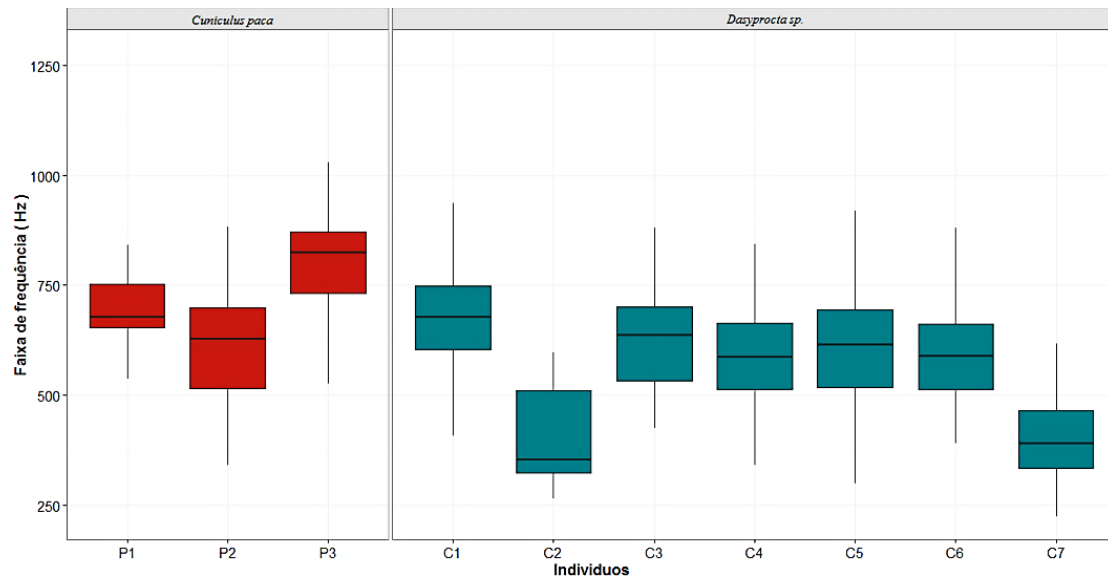


Figura 08: Valores mínimos, máximos e mediana da faixa de frequência de *Dasyprocta sp.* H (6, N = 539) = 156 e *C. paca* H (gl2, N = 95) = 29,4.

As emissões sonoras de ambas as espécies foram caracterizadas pela baixa frequência do sinal sonoro emitido em suas vocalizações. O espectro da frequência mínima dos chamados de cutias apresentou valor da mediana em 276 Hz $H_{(gl=6, N= 539)} = 207,7$, e a frequência mínima dos chamados de paca apresentou valor da mediana em 80 Hz $H_{(gl=2, N= 95)} = 66,12$ (figura 9). Estes valores demonstram que a frequência mínima dos chamados de alarme de pacas são maiores que as do chamado de cutias, considerando tanto os valores máximos quanto as medias.

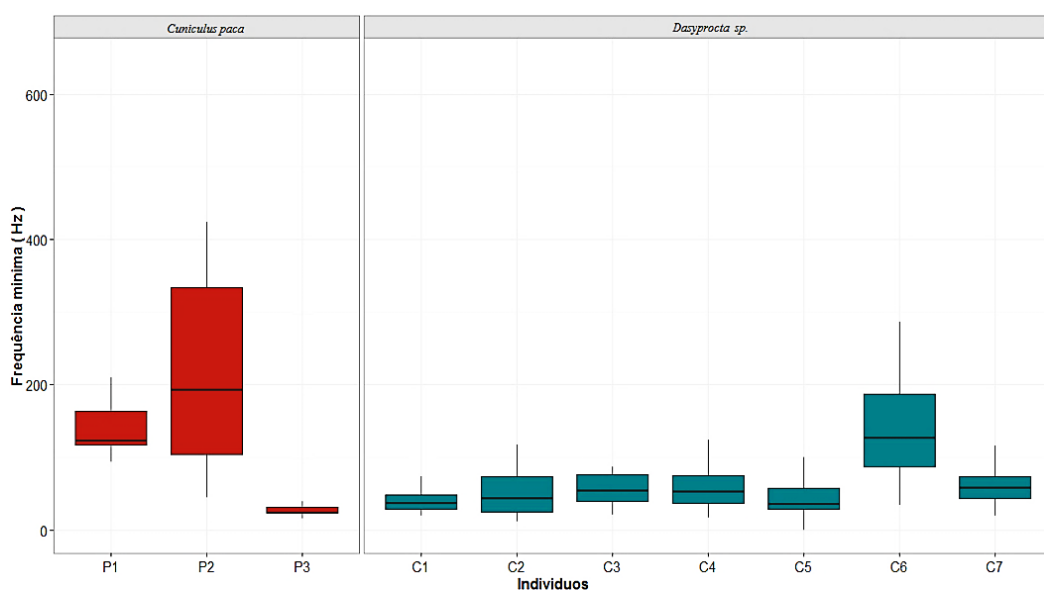


Figura 9: Valores mínimos, máximos e mediana da frequência mínima de *Dasyprocta sp.* H (6, N = 539) =207,7 (a), e *C. paca* H (2, N= 95) = 66,12.

Os valores da frequência máxima apresentaram valores de mediana de 665 Hz para os chamados de cutia $H_{(gl = 6, N = 539)} = 200$, e valor de mediana de 833 Hz para os chamados de alarme de paca $H_{(gl = 2, N = 95)} = 104$ (figura 10). Podemos observar que os indivíduos da mesma espécie apresentam valores semelhantes de frequência máxima dos chamados, porém quando comparamos entre as espécies, verificamos que as cutias tem chamados com menor frequência máxima, isto é, eles emitem chamados mais graves.

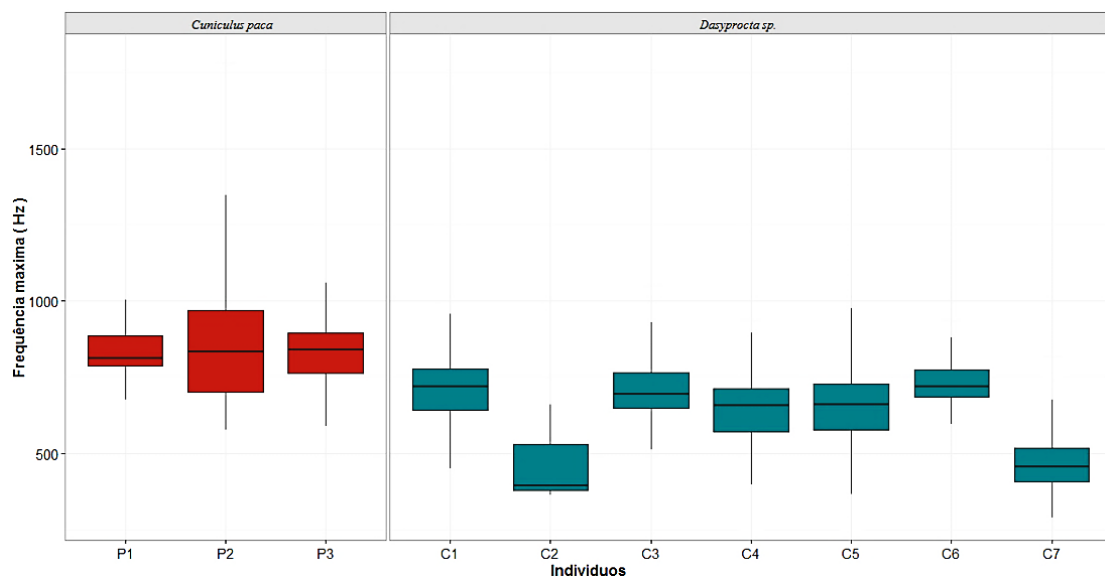


Figura 10: Valores mínimos, máximos e mediana da frequência máxima de *Dasyprocta sp.* $H_{(gl = 6, N = 539)} = 200$ (a), e *C. paca* $H_{(gl = 2, N = 95)} = 104$.

Para caracterizarmos a tendência de variação dos dados e verificarmos se existem correlações entre os parâmetros físicos dos chamados de alarme de *Dasyprocta sp.* e *C. paca* realizamos uma Análise dos Componentes Principais (PCA). Testamos a significância entre os agrupamentos obtidos nas análises da PCA com um teste T de variâncias separadas, pois as mesmas não são homogêneas ($F = 8,54$ $p < 0,01$), e verificamos que as variáveis duração e frequência máxima dos chamados de alarme foram positivamente correlacionadas (figura 11). Como podemos observar a partir da primeira e da segunda componentes que explicam juntas 76% de variação nos dados, os

dois grupos não se sobrepõem. O chamado de alarme de cutias está indicado pelo círculo vermelho e os de paca pelo círculo azul, se os círculos estão separados significa que os chamados são diferentes, nesse caso, só uma pequena parte do círculo está em interseção, sugerindo que eles podem ser diferenciados pelo chamado. Com isso, os grupos podem ser diferenciados pelo chamado e as variáveis mais importantes na diferenciação deste chamado são a duração e frequência máxima.

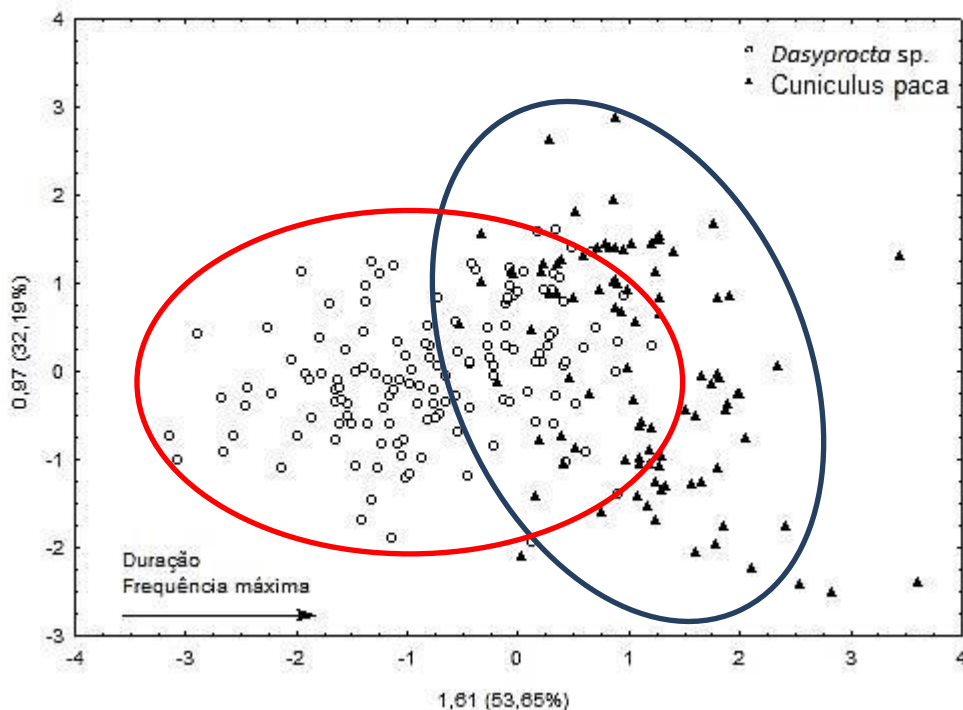


Figura 11: Análise dos componentes principais indicando a correlação positiva entre as variáveis duração e frequência máxima dos chamados de alarme.

Identificamos durante as observações a ocorrência de sinais visuais associados aos contextos de emissão dos alarmes vocais caracterizados pela piloereção (ericação dos pelos da região dorsal traseira), a imobilidade com postura de alerta e o *foot drumming* (som produzido pelo bater das patas traseiras contra o solo), porém incluímos em nossas análises apenas as características dos parâmetros físicos do sinal sonoro.

6. DISCUSSÃO

Evidenciou-se durante este estudo que o chamado de alarme é uma vocalização presente no comportamento destes roedores mesmo estando em condições cativa. As características acústicas para discriminar os parâmetros físicos fundamentais desta vocalização nas espécies de roedores *Dasyprocta sp.* e *Cuniculus paca* são demonstradas na literatura de forma limitada em relação aos parâmetros físicos do sinal sonoro, a maioria das descrições são onomatopeias pouco precisas (Smythe, 1978; Meritt, 1983). Chamadas de alarme são sinais de longa distância, os valores encontrados demonstraram que estruturalmente os parâmetros acústicos destes chamados são compostos por sinais de baixa frequência e curta duração, possivelmente a faixa de frequência entre 200 Hz a 1300 Hz é a mais eficiente para propagação dos chamados de alarme destes indivíduos. Espécies de roedores que habitam a floresta apresentam vocalizações de menor frequência que as espécies de habitats abertos para maximizar a distância de transmissão, pois sons de baixa frequência podem contornar objetos e se atenuam bem menos que os sons de alta frequência (Hanson 2001; Blumstein & Daniel 2004; Swan & Hare, 2008), além disso vocalizações de baixa frequência se propagam de forma omnidirecional e alcançam maiores distâncias para comunicação (Bradbury & Vehremcamp 1998).

As características estruturais dos diferentes chamados estão submetidas à influência do meio em que são emitidos e também no modo como as ondas de som são propagadas, alteradas e distorcidas (Brown *et al.* 1995). As análises bioacústicas de nossos resultados corroboram estes resultados e indicam que há uma predominância por frequências menores que 1 KHz nos chamados de alarme de cutia e paca. A frequência dos chamados e a altura em relação ao solo na qual são emitidas são variáveis importantes na atenuação do som, segundo Marten & Marler (1977) há uma faixa de

