

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Victor Sábado Rocha

**ASPECTOS DO COMPORTAMENTO ACÚSTICO  
DO LOBO-GUARÁ  
*Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815)**

Orientadora: Dra. Renata Santoro de Sousa Lima Mobley

Co-orientador: Dr. Flávio Henrique Guimarães Rodrigues

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre.

Belo Horizonte  
2011

## BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Luiz Pedreira Gonzaga - UFRJ

---

Prof. Dr. Adriano P. Paglia - UFMG

---

Prof. Dr. Paulo C. A. Garcia – UFMG  
Suplente

---

Dra. Renata S. de Sousa Lima Mobley  
Orientadora

---

Prof. Dr. Flávio H. G. Rodrigues  
Co-Orientador

## ÍNDICE

### Capítulo 1 – O Repertório vocal do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815): uma revisão

Resumo	1
Abstract	2
1.1 – Introdução	3
1.2 – Materiais e métodos	6
1.2.1 – Área de estudo e amostragem de dados	6
1.2.2 – Análises espectrográficas	9
1.3 – Resultados	10
1.3.1 – Lamentos ( <i>Whines</i> )	10
1.3.2 – Lamentos repetitivos ( <i>Repetitive whines</i> )	11
1.3.3 – Gritos ( <i>Screams</i> )	14
1.3.4 – Gemidos	14
1.3.5 – Zumbidos ( <i>Hums</i> )	15
1.3.6 – Inspiração ruidosa ( <i>Wheezing inhalation</i> )	17
1.3.7 – Rosnados ( <i>Growls</i> )	17
1.3.8 – Rosnados pulsados	19
1.3.9 – Aulidos ( <i>Roar-barks</i> )	19
1.3.10 – Latidos ( <i>Single barks</i> )	21
1.3.11 – Vocalizações compostas	21
1.4 – Discussão	25
1.5 – Referências bibliográficas	32

### Capítulo 2 – Taxa de emissão e função das vocalizações de longa distância do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815) em cativeiro

Resumo	39
Abstract	40
2.1 – Introdução	41
2.2 – Materiais e métodos	44
2.2.1 – Área de estudo e amostragem de dados	44
2.2.2 – Análises espectrográficas	44
2.2.3 – Análises estatísticas	44
2.3 – Resultados	46
2.3.1 – Taxa de emissão de sequências de aulidos por noite (NSEQ)	47
2.3.2 – Taxa de emissão de aulidos por sequência (NVOC)	50
2.4 – Discussão	56
2.5 – Referências bibliográficas	59

### **Capítulo 3 – Informações sobre o sexo e a identidade do emissor em vocalizações de longa distância do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815)**

Resumo	62
Abstract	63
3.1 – Introdução	64
3.2 – Materiais e métodos	67
3.2.1 – Área de estudo e amostragem de dados	67
3.2.2 – Análises espectrográficas	67
3.2.3 – Análises estatísticas	68
3.2.3.1 – Discriminação do sexo e da identidade	68
3.2.3.2 – Determinação do N mínimo de aulidos para discriminação máxima	70
3.3 – Resultados	72
3.3.1 – Discriminação da identidade	72
3.3.2 – Discriminação do sexo	80
3.3.3 – Determinando o número mínimo de Aulidos para discriminação máxima	83
3.4 – Discussão	84
3.4.1 – Discriminação da identidade	84
3.4.2 – Discriminação do sexo	85
3.4.3 – Número mínimo de aulidos para discriminação máxima	85
3.4.4 – Considerações finais	86
3.5 – Referências bibliográficas	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo 1 – O Repertório vocal do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815): uma revisão

#### 1.2 – Materiais e métodos

Figura 1.2.1 – Aspecto dos recintos das instituições onde o trabalho foi executado, exemplificado pela visão panorâmica de um dos recintos do CC-CBMM 8

Figura 1.2.2 – Exemplo da metodologia de amostragem de dados, ilustrando o uso do equipamento de gravação e a confecção de etogramas 8

#### 1.3 – Resultados

Figura 1.3.1 – Lamento (*Whine*) 13

Figura 1.3.2 – Lamento Repetitivo (*Repetitive whine*) 13

Figura 1.3.3 – Grito (*Scream*) 16

Figura 1.3.4 – Sequência de Gritos (*Screams*) 16

Figura 1.3.5 – Gemido 18

Figura 1.3.6 – Murmuro (*Hum*) e Inspiração ruidosa (*Wheezing inhalation*) 18

Figura 1.3.7 – Rosnado (*Growl*) 20

Figura 1.3.8 – Rosnado pulsado 20

Figura 1.3.9 – Aulidos 22

Figura 1.3.10 – Choro repetitivo seguido de latido 22

Figura 1.3.11 – Sequência de aulidos demonstrando o aumento da razão harmônico-para-ruído ao longo do tempo 23

Figura 1.3.12 – Vocalização composta 24

### Capítulo 2 – Taxa de emissão e função das vocalizações de longa distância do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815) em cativeiro

#### 2.3 – Resultados

Figura 2.3.1 – Gráficos *boxplot* demonstrando os valores médios e a variância do número de sequências de aulidos emitidos por noite e do número de aulidos emitidos por sequência, para cada indivíduo 46

### Capítulo 3 – Informações sobre o sexo e a identidade do emissor em vocalizações de longa distância do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815)

#### 3.2 – Materiais e métodos

Figura 3.2.1 – Heredograma demonstrando as relações de parentesco entre os lobos estudados 67

### 3.3 – Resultados

Figura 3.3.1 – Oscilograma e espectrograma apresentando aulidos de quatro indivíduos diferentes. A forma dos aulidos é uma evidência a favor da discriminação individual 72

Figura 3.3.2 – Gráficos de distribuição Quantil-Quantil para cada variável medida, indicando desvios modestos da normalidade 74

Figura 3.3.3 – Gráficos *boxplot* demonstrando a variância dos dados para cada variável medida comparando os indivíduos, com os respectivos testes de Brown-Forsythe de homogeneidade de variâncias 75

Figura 3.3.4 – Gráficos *boxplot* demonstrando a variância dos dados para cada variável medida comparando o sexo dos indivíduos, com os respectivos testes de Brown-Forsythe de homogeneidade de variâncias 81

Figura 3.3.5 – Intervalo de confiança das probabilidades médias de acerto da matriz de classificação da identidade dos emissores, para cada um dos tratamentos feitos para testar o valor mínimo de aulidos necessário para se alcançar a probabilidade máxima de discriminação dos indivíduos 83

## ÍNDICE DE TABELAS

### Capítulo 1 – O Repertório vocal do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815): uma revisão

#### 1.2 – Materiais e métodos

Tabela 1.2.1 – Dados dos indivíduos estudados, apresentando os nomes, siglas, sexo, idade, plantel ao qual pertence (local) e origem (nascido em cativeiro ou na natureza) 6

Tabela 1.2.2 – Nome das variáveis medidas nos sons, com suas respectivas siglas e descrições 9

#### 1.3 – Resultados

Tabela 1.3.1 – Valores médios dos parâmetros medidos em cada tipo de vocalização 12

### Capítulo 2 - Taxa de emissão e função das vocalizações de longa distância do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815) em cativeiro

#### 2.2 – Materiais e métodos

Tabela 2.2.2 – Descrição das variáveis independentes usadas nos modelos de predição do número de sequências de aulidos por noite e do número de aulidos por sequência 45

#### 2.3 – Resultados

Tabela 2.3.1 – Valores médios de vocalizações emitidas (aulidos e sequências de aulidos) registradas no proestro e no anestro 46

Tabela 2.3.2 – Seleção dos melhores modelos para descrever a emissão de sequências de vocalizações por noite (NSEQ), utilizando o Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc) 47

Tabela 2.3.3 – Coeficientes estimados e intervalos de confiança para cada variável presente nos melhores modelos eleitos para Estimar o número de sequências emitidas por noite (NSEQ) 48

Tabela 2.3.4 – Desvios residuais com os respectivos graus de liberdade dos Modelos de taxa de sequências emitidas por noite (NSEQ) 49

Tabela 2.3.5 – Seleção dos melhores modelos para descrever a taxa de emissão de aulidos por sequência (NVOC), utilizando o Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc) 50

Tabela 2.3.6 – Coeficientes estimados e intervalos de confiança para cada variável presente nos melhores modelos eleitos para estimar o número de aulidos emitidos por sequência (NVOC) 51

Tabela 2.3.7 – Desvios residuais com os respectivos graus de liberdade dos modelos de taxa de aulidos emitidos por sequência (NVOC) 55

### **Capítulo 3 – Informações sobre o sexo e a identidade do emissor em vocalizações de longa distância do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815)**

#### 3.2 - Materiais e métodos

Tabela 3.2.1 – Nome das variáveis medidas nos sons, com suas respectivas siglas e descrições 69

#### 3.3 – Resultados

Tabela 3.3.1 – Dados dos indivíduos estudados e o respectivo número de aulidos registrados durante o estudo 73

Tabela 3.3.2 – Matriz de correlação de postos de Spearman de todas as variáveis medidas e seus respectivos valores de rho. 76

Tabela 3.3.3 – Valores médios de probabilidade de acerto da matriz de classificação dos aulidos aos seus respectivos emissores, de cada função discriminante gerada pelo método de acréscimo gradativo 78

Tabela 3.3.4 – Matriz de classificação dos aulidos aos seus respectivos emissores, da melhor função de discriminação dos indivíduos, sem a inclusão dos lobos GI e GA 79

Tabela 3.3.5 – Matriz de classificação dos aulidos aos seus respectivos emissores, da melhor função de discriminação dos indivíduos, com a inclusão dos lobos GI e GA 79

Tabela 3.3.6 – Valores médios de probabilidade de acerto da melhor função discriminante da identidade dos emissores e das funções geradas pelo método de decréscimo gradativo para estimar a importância relativa de cada variável 79

Tabela 3.3.7 – Valores médios de probabilidade de acerto da matriz de classificação dos aulidos aos sexo dos emissores, de cada função discriminante gerada pelo método de acréscimo gradativo 82

Tabela 3.3.8 – Valores médios de probabilidade de acerto da melhor função discriminante do sexo dos emissores e das funções geradas pelo método de decréscimo gradativo para estimar a importância relativa de cada variável 83



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço à minha família, especialmente aos meus pais, por todo amor e carinho, pelo apoio incondicional desde que decidi me tornar um biólogo. Sem vocês definitivamente eu nunca teria chegado aonde cheguei e completar este programa de pós-graduação seria apenas um sonho distante. Não existem palavras que possam expressar a minha gratidão e o quanto eu os amo, obrigado por tudo.

Agradeço à minha namorada Akemi, cujo amor e apoio foram cruciais para que eu me mantivesse motivado durante os longos períodos de coleta durante as noites geladas e madrugadas intermináveis das campanhas amostrais, quando a minha única companhia eram os lobos, e sua paciência e carinho durante a fase final de redação desta dissertação. Definitivamente você foi a melhor coisa que me aconteceu durante este curso, muito obrigado por tudo.

Agradeço aos amigos de longa data, sejam eles “caóticos” ou não, pela amizade que mesmo nos dias mais difíceis desta caminhada me alegrava com bobagens e risadas.

Agradeço também a minha orientadora, a dra. Renata S. Sousa-Lima, que me recebeu de braços abertos e aceitou me orientar, me oferecendo esta oportunidade maravilhosa de poder estudar este belíssimo aspecto do comportamento animal que é a comunicação. Sei que hoje sou um pesquisador melhor e mais crítico por sua causa. Obrigado pela confiança e pela paciência, agradeço demais por tudo que nossa experiência juntos pode me proporcionar.

Agradeço ao professor dr. Flávio H. G. Rodrigues, pela amizade e por aceitar me co-orientar e contribuir com sua vasta experiência a respeito do lobo-guará. Obrigado também pela confiança ao permitir que eu contribuísse para a organização dos seminários da pós, foi uma experiência muito boa conhecer participar do funcionamento interno da pós-graduação.

Agradeço à Nadja, Ericson, Cris, Marina, Gitana, Mirinha e a todos os colegas de laboratório, pelo companheirismo, a convivência e acima de tudo o apoio mútuo durante esta caminhada do mestrado.

Agradeço a todos os colegas de pós-graduação, no mestrado e no doutorado, pela amizade, as risadas e a troca de experiências em campo

proporcionadas pelo curso de campo. Definitivamente a companhia de pessoas tão legais como vocês ajudou a amenizar as adversidades encontradas durante o percurso.

Agradeço à Valéria e toda a equipe do Zoológico da Fundação Zoobotânica de Belo Horizonte, pelo apoio ao projeto e por permitir a execução das primeiras coletas de dados, dando base à um projeto-piloto.

Agradeço também à Laura e toda a equipe do CC-CBMM e Cláudia e toda equipe ZOO-USIPA. Todos vocês não mediram esforços para me ajudar em tudo que precisei. Sem o apoio de vocês nada disto seria possível, meus sinceros agradecimentos.

Agradeço à Mercedes Leite, que gentilmente me forneceu um lar e pela companhia durante os dois meses que morei em Araxá. Jamais poderei retribuir este favor, meu muitíssimo obrigado.

Agradeço bastante ao Augusto, que aceitou encarar bravamente a rotina de análises espectrográficas, mesmo nos dias mais tediosos. Sem a sua ajuda eu não teria conseguido.

Agradeço ao “grande amigo” Diego, pela a amizade “inenarrável” e a ajuda para realizar as análises estatísticas, que com muita paciência aceitou me ensinar o caminho das pedras no uso do programa estatístico R. Obrigado de coração.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram com palavras e ações que me permitiram chegar até aqui e completar com sucesso esta caminhada. Muito obrigado a todos vocês!

## **Capítulo 1 - O Repertório vocal do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815): uma revisão**

### **Resumo**

Desde que o repertório vocal do lobo-guará foi descrito na década de 1980, as pesquisas envolvendo a espécie passaram a focar principalmente seus hábitos alimentares, uso de área e doenças e não houve mais estudos a respeito de seu comportamento acústico. O objetivo deste estudo foi descrever o repertório vocal do lobo-guará em cativeiro e investigar os contextos em que os tipos de vocalização são usados para tentar determinar suas funções, revisando a literatura existente. Foram analisadas 935 vocalizações de 10 lobos-guará adultos, descritas qualitativamente usando o alfabeto fonético internacional e quantitativamente por seis variáveis: duração da vocalização, frequência de maior energia, localização da amplitude máxima, localização do terceiro quartil de energia no domínio do tempo, localização do terceiro quartil de energia no domínio da frequência e frequência fundamental. As vocalizações foram separadas em 10 tipos. Eventualmente as vocalizações eram combinadas, dando origem às vocalizações compostas. Mesmo sendo uma espécie solitária, o lobo-guará apresentou uma riqueza de tipos de vocalizações semelhante à de espécies sociais. O repertório do lobo-guará está de acordo com as regras de estrutura-motivacional e ao princípio de antítese, e algumas vocalizações apresentaram fenômenos não lineares.

## **Chapter 1 – The vocal repertoire of the maned wolf *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815): a review study**

### **Abstract**

Since the maned wolf repertoire was described in the 1980s, research on the species started to focus mainly on its feeding habits, habitat use and diseases, and there hasn't been any more studies on its acoustic behavior. The objective of this study was to describe the vocal repertoire of the maned wolf in captivity and investigate the contexts in which the call types are used to determine its functions, reviewing the existing literature. 935 calls from 10 adult maned wolves were described qualitatively using the International Phonetic Alphabet and quantitatively by six variables: vocal duration, peak frequency, maximum amplitude location, 3<sup>rd</sup> quartile time location, 3<sup>rd</sup> quartile frequency location and fundamental frequency. They were separated into 10 call types. Eventually, the vocalizations were combined into composed calls. Even though the maned wolf is a solitary species, it has presented a call type richness similar to social canid species. The maned wolf repertoire is in accordance with motivation-structural rules and the principle of antithesis, and some vocalizations presented non-linear phenomena.

## 1.1 - Introdução

Apesar de nas últimas décadas o interesse nos mecanismos de comunicação acústica inter e intraespecíficos de diversos *taxa* tenha crescido bastante, existem pouco mais de uma dezena de trabalhos que abordam a descrição dos repertórios de espécies de canídeos (Bleicher 1963, McCarley 1975, Cohen & Fox 1976, Tembrock 1976, Lehner 1978, Marten 1980 *apud* Brady 1981, Brady 1981, Newton-Fisher 1993, Schassburger 1993, Volodin *et al.* 2001, Yeon 2007).

Os únicos estudos que abordam ou mencionam aspectos da comunicação acústica do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* foram realizados por Kleiman (1972), Tembrock (1976), Brady (1981) e Dietz (1984). Depois dos anos 1980 as pesquisas sobre a espécie têm focado principalmente hábitos alimentares, fisiologia, uso de área, parasitismo e hábito social (Consorte & McCrea 1994, Carvalho & Vasconcellos 1995, Motta-Júnior *et al.* 1996, Azevedo & Gastal 1997, Juarez 1997, Motta-Júnior 1997, Veado 1997, Rodrigues *et al.* 1998, Jácomo 1999, Santos 1999, Silveira 1999, Bestelmeyer 2000, Lilienfeld 2000, Aragona 2001, Aragona & Setz 2001, Mantovani 2001, Queirolo 2001, Maia & Gouveia 2002, Juarez & Marinho-Filho 2002, Rodrigues 2002, Silva 2002, Santos *et al.* 2003, Silva & Talamoni 2003, Bueno & Motta-Junior 2004, Jácomo *et al.* 2004, Belentani *et al.* 2005, Sábato *et al.* 2006, Songsasen *et al.* 2006, Trolle *et al.* 2007, Amboni 2007, Coelho *et al.* 2007, Corral 2007, Cummings *et al.* 2007, Melo *et al.* 2007, Coelho *et al.* 2008, Jácomo *et al.* 2009, Songsasen & Rodden 2010), e não foram realizados mais trabalhos tratando especificamente da comunicação acústica do lobo-guará e a influência da mesma em sua biologia, seja em cativeiro ou em ambiente natural.

O lobo-guará é o maior canídeo da América do Sul e habita a savana neotropical (Cerrado), as campinas e áreas alagadiças do continente (trechos do Pantanal), com uma distribuição original que vai do nordeste do Brasil (exceto a caatinga e áreas costeiras) até o norte da Argentina, Paraguai, leste da Bolívia e oeste dos Pampas del Chaco no Peru, em um total de aproximadamente 5 milhões de km<sup>2</sup> (Rodden *et al.* 2004). Não há estimativas populacionais precisas para os países de língua espanhola e para o Brasil há uma população estimada

em aproximadamente 21000 lobos-guará, sendo 13000 indivíduos adultos (Rodden *et al.* 2004, Paula *et al.* 2008) com previsão de um possível declínio populacional, uma vez que existe uma grande pressão devido a atropelamentos, perda de habitat devido à expansão da agricultura e da pecuária em grandes áreas de Cerrado do planalto central brasileiro e outras ameaças (Machado *et al.* 2008, Paula *et al.* 2008). O status de conservação da espécie segundo a UICN é “Quase Ameaçado” (Rodden *et al.* 2008) e no Brasil ele consta como “Vulnerável” na Lista de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (MMA 2003), além de constar no apêndice II da Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e da Flora Silvestres Ameaçadas de Extinção (CITES 2011).

O lobo-guará é um animal de vida solitária e não muito frequentemente é visto em pares, muito embora pesquisadores já observaram pares descansando, caçando e viajando juntos (Rodden *et al.* 2004). A quantidade de tempo que passam juntos aumenta significativamente durante o período reprodutivo (Brady 1981) e meses depois dão à luz a ninhadas de em média 3 indivíduos (Maia & Gouveia 2002). Sua maturidade sexual é alcançada aproximadamente ao final do primeiro ano de vida, mas geralmente os indivíduos só começam a se reproduzir a partir dos dois anos de idade (Rodden *et al.* 2004).

A espécie possui uma área de vida grande, variando de 20 a 115 km<sup>2</sup> (Dietz 1984, Carvalho & Vasconcellos 1995, Silveira 1999, Mantovani 2001, Rodrigues 2002, Trolle *et al.* 2007) e o casal partilha a mesma área de vida (Dietz 1984, Rodrigues 2002). Trolle *et al.* (2007) observaram densidades estimadas de  $3.64 \pm 0.77$  indivíduos em uma região do Cerrado e  $1.56 \pm 0.77$  indivíduos em uma região do Pantanal, em áreas de 100 km<sup>2</sup>. A demarcação do território é feita através de marcação de odor através de urina e fezes (Bestelmeyer 2000), e há evidências de que sua vocalização de longa distância, o aulido, também seja usada como um mecanismo de separação espacial (Kleiman 1972).

Por ocupar extensas áreas territoriais e interagir com baixa frequência (Dietz 1984, Rodden *et al.* 2004), o lobo-guará pode ter desenvolvido uma comunicação de longo alcance eficiente. Para isto a comunicação através de sinais acústicos oferece vantagens sobre as outras modalidades de comunicação. Os sons não possuem as limitações relacionadas à falta de direcionalidade dos sinais químicos, nem as mesmas limitações relacionadas à barreiras físicas e à

iluminação ambiente dos sinais visuais (Bradbury & Vehrencamp 1998). Fox (1975) sugere que canídeos solitários como o lobo-guará tendem a apresentar repertórios de vocalizações ricos e estereotipados, pois o hábito crepuscular ou noturno faz com que sinais visuais só sejam eficientes à pequenas distâncias, portanto uma compensação auditiva seria esperada e adaptativa nestes animais.

O comportamento arreado, somado ao modo de uso do espaço e hábito noturno dificultam a compreensão do comportamento do lobo-guará *in situ*, mas o uso da acústica passiva pode permitir a exploração de aspectos da biologia da espécie, antes inalcançáveis pelas metodologias tradicionalmente usadas como a captura-marcação-recaptura e o radiomonitoramento. Descrever apropriadamente os repertório de sinais acústicos emitidos pelo lobo-guará, compreender os contextos em que estes sinais são usados e determinar as suas funções em uma situação controlada (em cativeiro), são ações primordiais para aprimorar o entendimento sobre as interações sociais e comportamento da espécie e aplicá-lo para a conservação e estes foram os objetivos deste estudo.

## 1.2 - Materiais e Métodos

### 1.2.1 - Área de estudo e amostragem dos dados

Foram acompanhados 10 lobos-guará adultos (sexualmente maduros), 6 deles (2 machos e 4 fêmeas) no Criadouro Científico de Fauna Silvestre para Fins de Conservação da Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CC-CBMM) em Araxá, MG e os outros 4 (2 machos e 2 fêmeas) no Zoológico da Associação Esportiva e Recreativa dos Funcionários das Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A (ZOO-USIPA) em Ipatinga, MG (Tabela 1.2.1). Os recintos tinham entre 1500 e 6000 m<sup>2</sup> no CC-CBMM entre 175 e 185 m<sup>2</sup> no ZOO-USIPA e se constituíam de campos gramados de terreno suavemente inclinado, com 1-5 árvores e alguns arbustos em ambas as instituições, como ilustrado na Figura 1.2.1.

Tabela 1.2.1 – Dados dos indivíduos estudados. As letras indicam: a = anos, m = meses, M = macho, F = fêmea. Asteriscos indicam as idades estimadas. Todos são considerados adultos pois possuem mais do que 2 anos de idade e portanto são sexualmente maduros (Rodden *et al.* 2004).

Indivíduo				
Nome	Sigla	Sexo	Idade	Local
Neon	NE	M	5a 6m	CC-CBMM
Santana	SA	F	6a 4m	CC-CBMM
Juju	JU	F	9a 6m	CC-CBMM
Shrek	SH	M	3a 9m*	CC-CBMM
Fiona	FI	F	3a 6m*	CC-CBMM
Roxinha	RO	F	13a 8m*	CC-CBMM
Guaraná	GA	M	5a 6m	ZOO-USIPA
Lua	LU	F	12a	ZOO-USIPA
Guarani	GI	M	5a 6m	ZOO-USIPA
Baronesa	BA	F	4a*	ZOO-USIPA

No CC-CBMM os animais foram acompanhados durante 40 dias entre abril e junho de 2010 (10 dias em cada recinto, animais em um mesmo recinto foram observados simultaneamente) durante o proestro, confirmado através da análise das células epiteliais vaginais obtidas por meio de exames de esfregaços (*swabs*) realizados pela médica veterinária responsável. As sessões de observação foram realizadas entre as 17:30 e 23:30 horas ou entre as 00:30 e 6:30 horas, totalizando 6 horas de observação por noite. A janela de tempo entre 23:30 e 00:30 horas não foi



possível observar devido a limitações de transporte para acessar a área de estudo. O esforço total foi de 360 horas \* lobo.

No ZOO-USIPA os animais foram acompanhados durante 20 dias em novembro de 2010 (mais uma vez 10 dias em cada recinto, animais em um mesmo recinto foram observados simultaneamente) durante o anestro. Nesta campanha as sessões de observação foram realizadas entre as 19:00 e 01:00 horas ou entre as 01:00 e 07:00 horas devido à mudança de horário do período afótico decorrente da vigência do Horário Brasileiro de Verão, de modo a tornar comparáveis os dados das duas campanhas. Estes horários de observação foram escolhidos pois o lobo-guará é um animal de hábito noturno, com a maior parte de sua atividade circadiana ocorrendo do entardecer até a meia-noite (Dietz 1984). O esforço total foi de 240 horas \* lobo.

As vocalizações foram gravadas utilizando um microfone unidirecional Sennheiser K6 acoplado a um módulo Sennheiser ME-66, com frequência de resposta de 40 – 20000 Hz  $\pm$  2.5 dB e protegido por um *windscreen*, conectado a um gravador de estado sólido Marantz PMD-661 configurado para uma taxa amostral de 96 kHz e um tamanho amostral de 24 bit, para se obter a melhor qualidade de gravação de som possível permitida pelo equipamento usado. As gravações foram monitoradas usando um fone de ouvido Sony MDR-7506 e o nível de gravação foi estabelecido manualmente para maximizar a razão sinal-para-ruído e prevenir distorções por excesso de ganho, conhecidas como ceifamento (*clipping*). (Figura 1.2.2). A distância de gravação variou entre 5-200 metros.

As regras de amostragem eleitas foram o animal focal para o comportamento (etogramas) e amostragem de comportamento (*behaviour sampling*) para as vocalizações, enquanto a regra de registro eleita foi registro contínuo (*continuous recording*), segundo Martin & Bateson (2007). Os comportamentos foram registrados por meio de etogramas em um caderno e quando possível eram simultaneamente filmados usando uma câmera de vídeo Sony Handycam DCR-SR42 com visão noturna.



Figura 1.2.1 – Aspecto dos recintos das instituições onde o trabalho foi executado, exemplificado pela visão panorâmica de um dos recintos do CC-CBMM.



Figura 1.2.2 – Exemplo da metodologia de amostragem de dados: as vocalizações gravadas eram monitoradas com um fone de ouvido e os etogramas eram confeccionados simultaneamente.

### 1.2.2 - Análises espectrográficas

A partir do material obtido foram excluídas as vocalizações com interferência de sons de fonte antrópica, sobrepostas e de baixa razão sinal-para-ruído. As vocalizações restantes foram medidas usando o software Raven Pro 1.3 (Cornell Lab of Ornithology) com os seguintes parâmetros espectrográficos: *window type*: Hann; *window size*: 2048 samples; *3 dB filter bandwidth*: 67.4 Hz; *time grid overlap*: 50%; *time grid hop size*: 1024 samples; *frequency grid DFT size*: 2048 samples; *frequency grid spacing*: 46.9 Hz; função *smooth spectrogram* desabilitada. As variáveis medidas estão apresentadas e descritas na tabela 1.2.2. Informações adicionais sobre como estas variáveis são calculadas se encontram no manual do usuário do software Raven Pro 1.3 (Cornell Lab of Ornithology 2008).

Tabela 1.2.2 - As variáveis medidas e suas respectivas siglas, descrições e nomes das medidas como constam no programa Raven Pro 1.3.

Variável	Sigla	Descrição
Duração da Vocalização	VOD	Duração da vocalização em segundos. Medida usando <i>Delta Time (s)</i>
Frequência de maior energia	PFQ	Banda de frequência com maior energia. Medida usando <i>Peak Frequency (Hz)</i>
Localização da amplitude máxima	MAL	Momento na duração total da vocalização em que a amplitude é máxima. Assume valores de 0 a 1 (adimensional). Medida usando a fórmula: $MAL_N = \frac{Max\ Time_N - Begin\ Time_N}{Delta\ Time_N}$
Localização do terceiro quartil de energia no domínio do tempo	X3TL	Momento na duração total da vocalização em que o somatório da energia partir de 0 s equivale a 75% da energia de toda a vocalização. Assume valores de 0 a 1 (adimensional). Medida usando a formula: $X3TL_N = \frac{3rd\ Quartile\ Time_N - Begin\ Time_N}{Delta\ Time_N}$
Localização do terceiro quartil de energia no domínio da frequência	X3FL	Valor de frequência em que o somatório da energia a partir de 0 Hz equivale a 75% da energia de toda a vocalização. Medida usando <i>3rd Quartile Frequency (Hz)</i>
Frequência Fundamental	FFQ	Valor de frequência da primeira banda de frequência do espectrograma. Medida usando <i>Peak Frequency (Hz)</i> selecionando apenas a primeira banda de frequência.

### 1.3 - Resultados

Foram medidas 935 vocalizações de diferentes tipos, que foram divididas em categorias de fácil reconhecimento ao se ler um espectrograma e cuja relação completa com os valores medidos é apresentada na tabela 1.3.1. Entretanto, o repertório vocal do lobo-guará forma um *continuum*, e a emissão de versões intermediárias que incorporam características de mais de um tipo de vocalização são comuns e frequentes, refletindo as variações e especificidades dos contextos comportamentais em cada situação.

Cada tipo de vocalização foi descrita usando seus parâmetros acústicos e os fonemas do alfabeto fonético internacional (IPA 2005). Isto foi realizado para fornecer uma noção aproximada de cada som, usando uma referência padronizada e mais universal do que as tradicionais onomatopéias usadas em trabalhos deste tipo. Tipos de vocalização previamente descritos por Brady (1981) acompanham seus nomes originais em inglês para comparação.

#### 1.3.1 - Lamentos (*Whines*)

Os lamentos são vocalizações tonais de baixa amplitude, duração variada (VOD: mediana = 0.56 s, distância interquartil (DIQ = 3º quartil – 1º quartil) = 0.92) e bastante agudas, com valores altos de frequência fundamental (FFQ: mediana = 3000 Hz, DIQ = 662.3) e frequência de maior energia (PFQ:  $\bar{x}$  = 6128.5 Hz, desvio padrão (DP) = 1155.3), emitidos mantendo a boca fechada ou parcialmente aberta. São muito semelhantes aos lamentos do cão-doméstico *Canis lupus familiaris*, resultando na emissão de algo aproximado do fonema [ũ], e os valores de frequência mais elevados atingidos são semelhantes a um assovio agudo (e.g. PFQ = 8000 Hz) (Figura 1.3.1).

Os lobos foram observados emitindo lamentos quando aproximados pelo outro animal alojado no mesmo recinto, ou pelo animal do recinto imediatamente ao lado ou proveniente da natureza. O emissor mantém sempre as orelhas baixas e voltadas para trás, abaixando a parte anterior do corpo (reverência) ou o corpo inteiro (deitados), com a cauda entre as patas posteriores ou levemente erguida abanando-a. Em várias ocasiões uma fêmea (indivíduo JU) foi observada de pé

próximo à cerca do recinto ao lado buscando com os olhos um lobo de sexo oposto (indivíduo SH). Apenas em duas ocasiões estas vocalizações foram observadas sendo emitidas entre lobos do mesmo sexo (fêmea RO emitindo para fêmea FI), e não foram registrados estes comportamentos (lamentos e reverências) durante o período de anestro (novembro). Valores de frequência (Hz) e a duração variaram com o contexto. De modo geral o aumento do estímulo (normalmente a aproximação do outro lobo do sexo oposto) resulta na elevação da frequência (Hz) e no encurtamento da duração da vocalização, normalmente evoluindo para um lamento repetitivo.

### *1.3.2 - Lamentos repetitivos (Repetitive whines)*

Os lamentos repetitivos são vocalizações bastante semelhantes aos lamentos, com a mesma frequência fundamental e frequência de maior energia, porém com duração reduzida e organizado em sequências (Figura 1.3.2). A média de repetições registradas em uma sequência foi 5, com um máximo de 35. As posturas e contextos observadas foram as mesmas do lamento, sendo mais comum esta vocalização quando o lobo de sexo oposto se aproximava mantendo uma distância mínima de 5 metros (às vezes um pouco mais próximo). O aumento do estímulo (aproximação) resulta na elevação da frequência (Hz) e no encurtamento da duração das vocalizações, normalmente evoluindo para um grito.

Outro exemplo do uso ocorreu quando um macho (indivíduo NE) foi observado emitindo lamentos repetitivos ao tentar se aproximar da fêmea alojada em seu recinto (indivíduo FI). O macho se aproximou com as orelhas baixas e voltadas para trás, abanando a cauda levemente erguida, sendo prontamente afastado por rosnados da fêmea. Não foram registradas estas vocalizações no período de anestro (novembro).

Tabela 1.3.1 – Valores médios dos parâmetros medidos em cada vocalização. Variáveis com distribuição normal apresentam valores de média e desvio padrão, variáveis sem distribuição normal apresentam 3º quartil, mediana e 1º quartil, respectivamente, em negrito. A descrição das variáveis se encontra na tabela 1.2.2.

Vocalização	VOD (s)	PFQ (Hz)	MAL	X3TL	X3FL (Hz)	FFQ (Hz)	N
Lamento	<b>1.29</b>	6128.5	<b>0.79</b>	0.67	6588.5	<b>3154.8</b>	27
	<b>0.56</b>	1155.3	<b>0.53</b>	0.20	1004.0	<b>3000.0</b>	
	<b>0.37</b>		<b>0.24</b>			<b>2492.5</b>	
Lamento	0.14	<b>7125.0</b>	0.61	0.70	<b>7171.9</b>	<b>3326.1</b>	67
Repetitivo	0.03	<b>7031.2</b>	0.18	0.26	<b>6562.5</b>	<b>3237.0</b>	
		<b>3609.4</b>			<b>2109.4</b>	<b>720.0</b>	
Grito	1.77	<b>5320.3</b>	0.44	0.57	<b>6023.5</b>	<b>799.6</b>	19
	0.62	<b>1640.6</b>	0.32	0.26	<b>2578.1</b>	<b>576.0</b>	
		<b>1312.5</b>			<b>1500.0</b>	<b>554.1</b>	
Gemido	1.17	250.0	0.62	0.71	307.3	138.2	9
	0.92	57.4	0.30	0.11	81.6	30.4	
Murmuro	1.34	<b>187.5</b>	0.49	0.72	<b>234.4</b>	<b>94.9</b>	19
	0.70	<b>140.6</b>	0.27	0.09	<b>234.4</b>	<b>52.1</b>	
		<b>93.8</b>			<b>140.6</b>	<b>52.1</b>	
Inspiração	0.67	1369.8	0.51	0.65	2005.2	453.6	10
Ruidosa	0.40	775.8	0.20	0.16	306.3	37.6	
Rosnado	<b>0.48</b>	1162.5	0.44	0.63	1710.9	601.5	42
	<b>0.34</b>	196.4	0.17	0.13	350.1	178.8	
	<b>0.22</b>						
Rosnado	1.05	1425.0	0.31	0.62	2073.7	420.5	10
Pulsado	0.69	693.6	0.23	0.09	500.4	288.0	
Aulido	<b>0.60</b>	<b>937.5</b>	<b>0.60</b>	0.62	<b>1171.9</b>	<b>360.6</b>	725
	<b>0.54</b>	<b>750.0</b>	<b>0.48</b>	0.09	<b>937.5</b>	<b>313.1</b>	
	<b>0.48</b>	<b>562.5</b>	<b>0.39</b>		<b>750.0</b>	<b>276.9</b>	
Latido	<b>0.52</b>	<b>843.8</b>	<b>0.80</b>	0.68	997.8	361.7	7
	<b>0.50</b>	<b>750.0</b>	<b>0.75</b>	0.19	212.6	48.2	
	<b>0.46</b>	<b>750.0</b>	<b>0.68</b>				
<b>TOTAL</b>							<b>935</b>

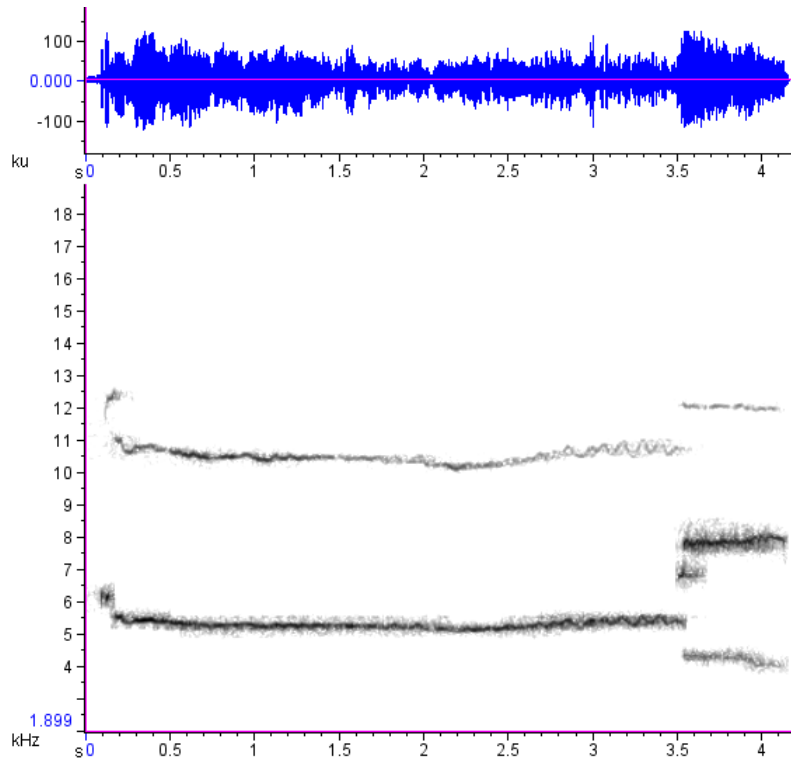


Figura 1.3.1 – Oscilograma e espectrograma do lamento do lobo-guará. Observe o salto na frequência a partir dos 3.5 s quando o indivíduo utiliza apenas o focinho para vocalizar, resultando no som tipo assovio com presença de bifonação e subharmônico (*window type: Hann, window size: 2048 samples*).

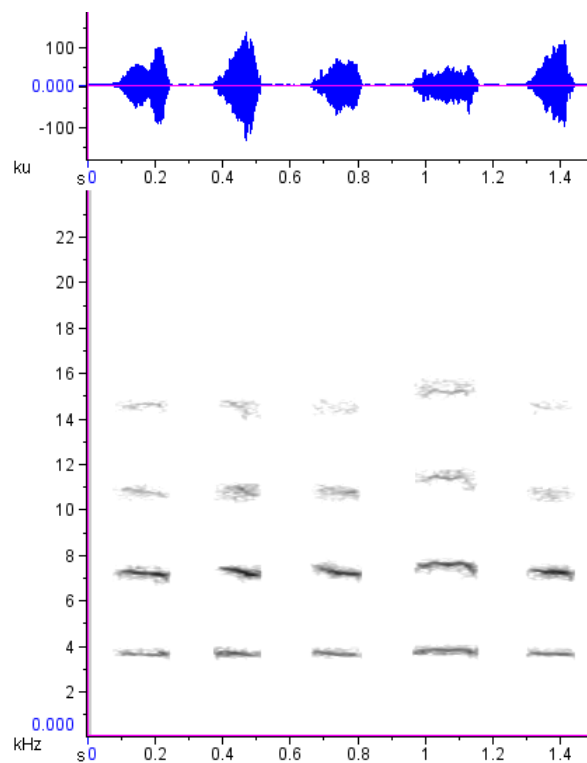


Figura 1.3.2 – Oscilograma e espectrograma do lamento repetitivo do lobo-guará. A frequência de maior energia situa-se aproximadamente aos 7500 Hz (*window type: Hann, window size: 2048 samples*).

### 1.3.3 - Gritos (Screams)

Os gritos são vocalizações tonais relativamente mais agudas de amplitude alta, em média uma ordem de grandeza mais fortes do que os lamentos (FFQ: mediana = 576 Hz, DIQ = 245.5; PFQ: mediana = 1640.6 Hz, DIQ = 4007.8), banda larga de frequência e ricas em harmônicos (Figura 1.3.3). São emitidos de boca bem aberta, resultando na emissão de algo aproximado aos fonemas [ã] e [ã̃], e muitas vezes apresentaram fenômenos não lineares como subharmônicos e a bifonação (presença de uma segunda frequência fundamental  $g0$ , devido a sons gerados aparentemente pela contração dos músculos internos do focinho, dada a nasalização característica da vocalização (observação pessoal), assim como visto nos lamentos de frequências mais elevadas).

Ao vocalizar o emissor mantém a boca bem aberta, as orelhas baixas e voltadas para trás, postura de reverência ou deitada e orienta o corpo de frente para o animal que está avançando em sua direção. A amplitude e a frequência (Hz) se elevam quanto maior o risco de um ataque (*i.e.* quanto menor for a distância entre indivíduos), e a emissão do grito se mantém enquanto permanecer o risco (Figura 1.3.4). Não foram registradas estas vocalizações no período de anestro (novembro).

### 1.3.4 - Gemidos

Os gemidos do lobo-guará são vocalizações tonais graves, com poucos harmônicos e amplitude baixa (FFQ:  $\bar{x}$  = 138.2 Hz, DP = 30.4; PFQ:  $\bar{x}$  = 250 Hz, DP = 57.4), com a energia concentrada nas frequências mais baixas e podendo apresentar suaves modulações de frequência. Normalmente são emitidos de boca fechada, resultando na emissão de algo aproximado ao fonema [ũ], mas o uso da boca parcialmente aberta foi registrado quando um lobo (indivíduo SA) emitiu esta vocalização ao perceber a aproximação de outro lobo (indivíduo SH), enquanto mastigava a comida ao se alimentar na área de manobra (Figura 1.3.5).

Os gemidos são emitidos em postura deitada ou de pé. O emissor encara o indivíduo que se aproxima com as orelhas baixas e voltadas para trás sem necessariamente posicionar o corpo de frente para o receptor, quando este se



encontra à uma distância moderada (aproximadamente 2 ou 3 metros) e não aparenta ter muito interesse no emissor. Os gemidos cessam com o distanciamento do receptor ou evoluem para um murmuro caso a distância se torne menor.

### 1.3.5 - Murmuros (*Hums*)

Os murmuros do lobo-guará são vocalizações bastante graves de amplitude baixa (FFQ: mediana = 52.1 Hz, DIQ = 40.8; PFQ: mediana = 140.6 Hz, DIQ = 93.7) (Figura 1.3.6), com a energia concentrada em apenas uma banda de frequência e aparentemente são uma série de rápidos pulsos velares (produzidos pela vibração do véu palatino, também chamado de palato mole) ou uvulares (produzidos pela úvula) (observação pessoal). São emitidos de boca fechada ou entreaberta, resultando na emissão de algo aproximado ao fonema [R]. Assim como os gemidos, os murmuros são emitidos em postura deitada ou de pé e o emissor encara o indivíduo que se aproxima com as orelhas baixas e voltadas para trás sem necessariamente posicionar o corpo de frente para o receptor. Quando de pé, ocasionalmente o lobo pode exibir piloereção da crina.

Os murmuros são emitidos quando o receptor encontra-se à uma distância curta (aproximadamente 1 ou 2 metros) e aparenta uma postura levemente agressiva ou algum interesse não correspondido no emissor (e.g. indivíduo NE aproximando-se do indivíduo FI durante o proestro). Eles cessam com o distanciamento do receptor ou evoluem para um rosnado, caso a distância se torne ainda menor e ou a postura do receptor se torne aparentemente mais agressiva.

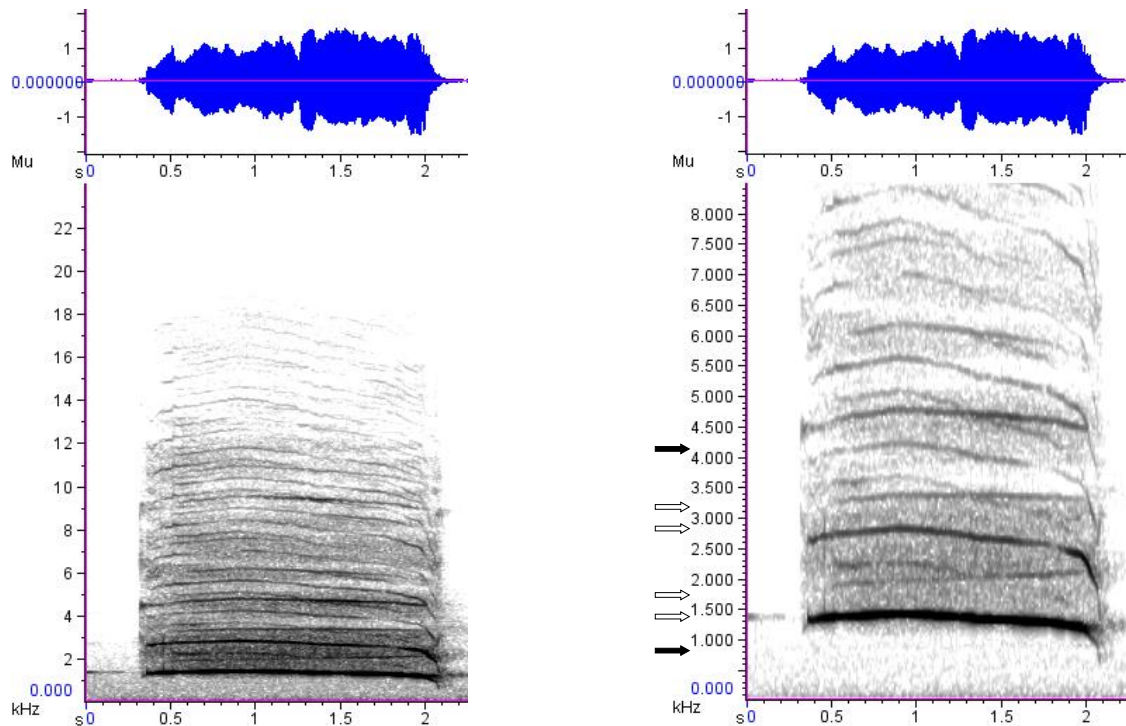


Figura 1.3.3 – Oscilograma e espectrograma do grito do lobo-guará. A primeira imagem demonstra a riqueza de harmônicos (aproximadamente 1000-18000 Hz). A segunda imagem é uma ampliação do segmento mais grave da mesma vocalização (0-8500 Hz), ilustrando claramente o fenômeno da bifonação (as setas pretas indicam os picos:  $f_0$  aos 1400 Hz e  $g_0$  aos 4800 Hz) e os subharmônicos (as setas brancas indicam subharmônicos de  $f_0$  e  $g_0$ ) (*window type: Hann, window size: 2048 samples*).

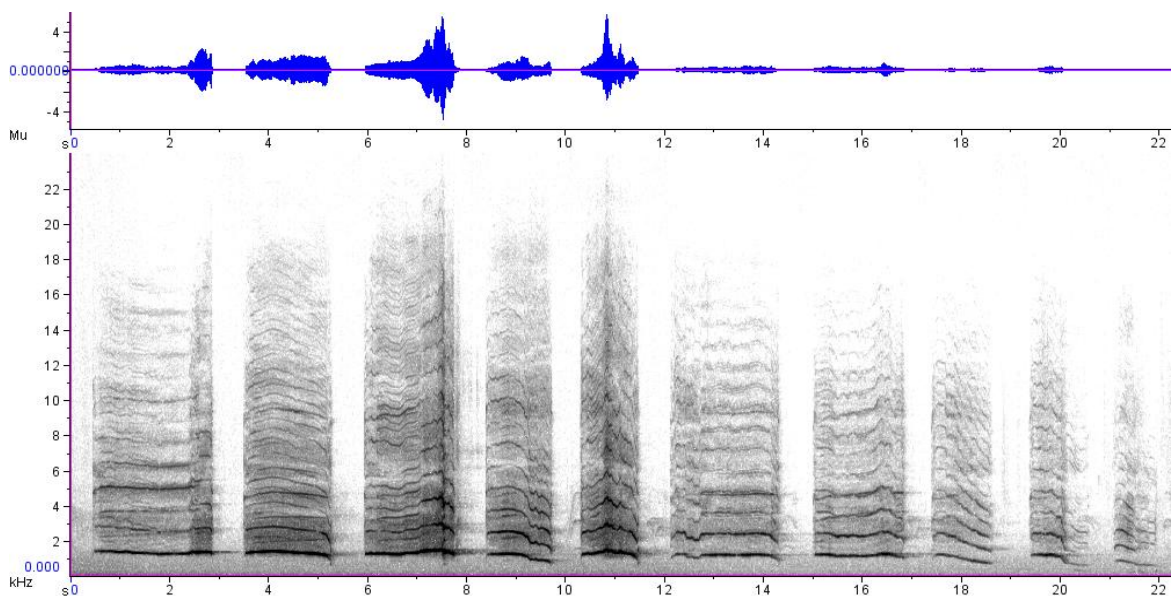


Figura 1.3.4 – Oscilograma e espectrograma de uma sequência de gritos de lobo-guará (indivíduo FI), frente a aproximação e o avanço de um lobo (indivíduo não cativo). Observe a variação na amplitude entre gritos consecutivos: o início da sequência é desencadeado pela aproximação do lobo selvagem (0 s); ele se aproxima mais e avança duas vezes contra o emissor através da grade do recinto provocando a emissão de dois gritos de amplitude alta (6-8 s e 10-12 s); então o agressor começa a se afastar e o emissor então reduz a amplitude das vocalizações (12-22 s) (*window type: Hann, window size: 2048 samples*).

### 1.3.6 - Inspiração ruidosa (*Wheezing inhalation*)

A inspiração ruidosa é um tipo de som ruidoso de amplitude baixa sem qualquer organização nítida em bandas de frequência, de banda larga de frequência (PFQ:  $\bar{x}$  = 1369.8 Hz, DP = 775.8) (Figura 1.3.6). Emitido com a boca aberta, seu um fonema aproximado é [ə<sup>h</sup>] ou [ə<sup>h</sup>ɪ]. É emitido tipicamente entre murmuros e rosnados, compartilhando seus contextos e suas posturas de emissão, e em algumas raras ocasiões apresenta componentes velares (vibração do véu palatino gerando pulsos suaves). Especula-se que seja criado pela passagem forçada de ar pelo aparelho fonador durante a inspiração gerando turbulência e conseqüentemente ruído (observação pessoal), entretanto a anatomia e o mecanismo de produção do som não foram abordados neste estudo.

### 1.3.7 - Rosnados (*Growls*)

Os rosnados do lobo-guará são vocalizações graves e ruidosas, relativamente estruturadas em bandas largas de frequência (FFQ:  $\bar{x}$  = 601.5 Hz, DP = 178.8; PFQ:  $\bar{x}$  = 1162.5 Hz, DP = 196.4) (Figura 1.3.7). São emitidos de boca aberta, resultando na emissão de algo próximo do fonema [Rɪ]. Os rosnados são sempre emitidos de pé, o emissor encara o lobo que se aproxima com as orelhas baixas e voltadas para trás, mantendo as costas arqueadas e piloereção da crina, com o corpo de frente ou caminhando de lado para o lobo receptor.

Os rosnados são emitidos quando o receptor se aproxima demais do emissor (até 1.5 metros) e ou aparenta uma postura agressiva, e cessam com o distanciamento do receptor ou evoluem para rosnados de amplitude mais elevada, mais ruidosos e com maior contribuição de pulsos (rosnados pulsados), associados a ameaças corpo-a-corpo (avanços sem mordidas) ou ataques. Não houve nenhuma confirmação de agressões reais entre lobos cativos associadas ao uso dos rosnados durante este estudo, mas houve momentos potencialmente violentos entre lobos cativos e selvagens que ocorreram através das cercas dos recintos.

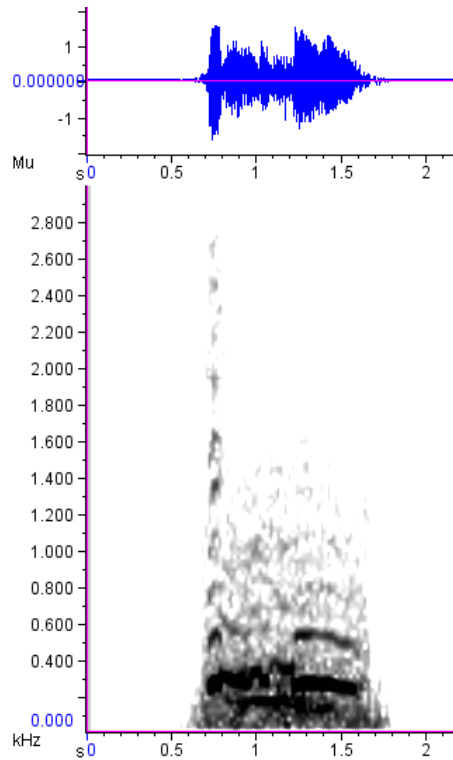


Figura 1.3.5 – Oscilograma e espectrograma de um gemido de lobo-guará. A vocalização começa emitida com a boca aberta, gerando um pequeno trecho com vários harmônicos, a partir de 1.0 s há uma breve e suave modulação de frequência para então a vocalização tornar-se mais tonal novamente. (*window type: Hann, window size: 4096 samples*).

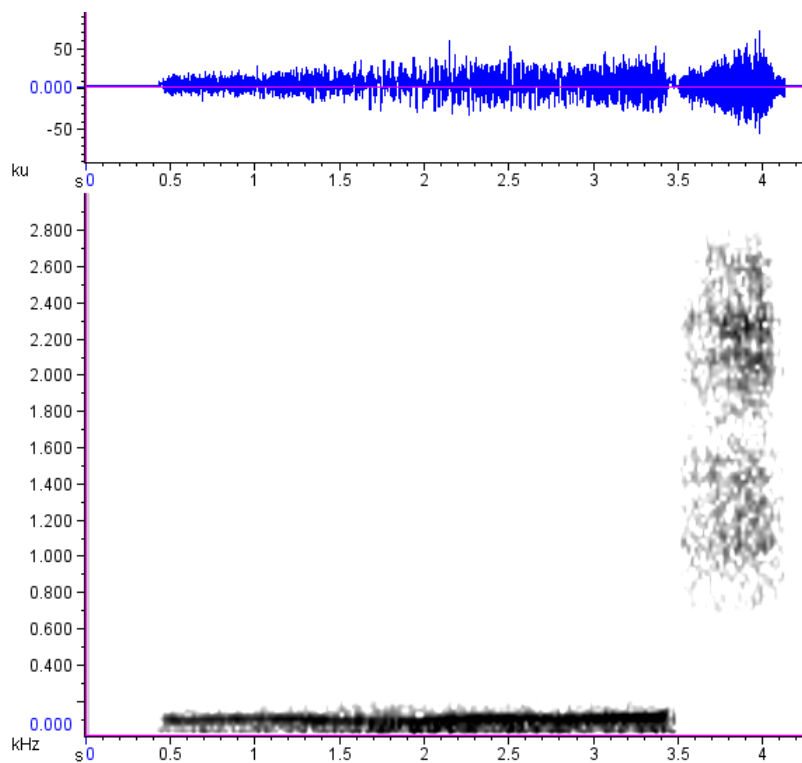


Figura 1.3.6 – Oscilograma e espectrograma de um murmuro, de frequência bem definida e duração longa (3.0 s), seguido de uma inspiração ruidosa a partir dos 3.5 s, com grande largura de banda e duração curta (0.5 s) (*window type: Hann, window size: 4096 samples*).

### 1.3.8 - Rosnados pulsados

Os rosnados pulsados são vocalizações bastante semelhantes aos rosnados, com frequência fundamental e frequência de maior energia parecidas, porém com maior amplitude, maior duração e com pulsos bastante nítidos, aparentemente gerados devido a presença de componentes velares e uvulares (observação pessoal) (Figura 1.3.8). São emitidos de boca aberta, resultando na emissão de algo aproximado ao fonema [R̥aɪ] ou [R̥aɪ]. As posturas e contextos são os mesmos do rosnado, porém os rosnados pulsados são usados em situações de maior risco de agressão entre lobos (muita proximidade e ameaças corpo-a-corpo).

### 1.3.9 - Aulidos (Roar-barks)

Os aulidos do lobo-guará são vocalizações de amplitude alta, graves (FFQ: mediana = 313.1 Hz, DIQ = 83.7; PFQ: mediana = 750 Hz, DIQ = 375), de banda larga de frequência (até os 20 kHz) e curta duração (VOD: mediana = 0.54 s, DIQ = 0.12), aparentemente com bastante ruído faringal e ou glotal (observação pessoal) (Figura 1.3.9). São semelhantes a um latido estendido de cão doméstico (duração maior), resultando na emissão de algo aproximado aos fonemas [ɦ] e [ɦ].

Os lobos emitem aulidos em sequências ( $N_{\text{voc}}$ :  $\bar{x}$  = 13, mín = 3, máx = 46 vocalizações) na maior parte das vezes de pé e eventualmente deitados, mas sempre erguendo a cabeça (focinho direcionado para cima). Duetos e coros são comuns, com a participação de indivíduos de ambos os sexos. Diferenças na frequência (Hz) e razão harmônico-para-ruído fornecem dicas da identidade do emissor, permitindo a discriminação individual por inspeção aural.

Ambos machos observados durante o proestro apresentaram variação intraindividual na razão harmônico-para-ruído ao longo da sequência de aulidos com a redução do ruído a cada vocalização da sequência, mais proeminente em um dos machos (indivíduo SH) (Figura 1.3.11). Estes casos permitiram identificação da presença de harmônicos e subharmônicos nos aulidos.

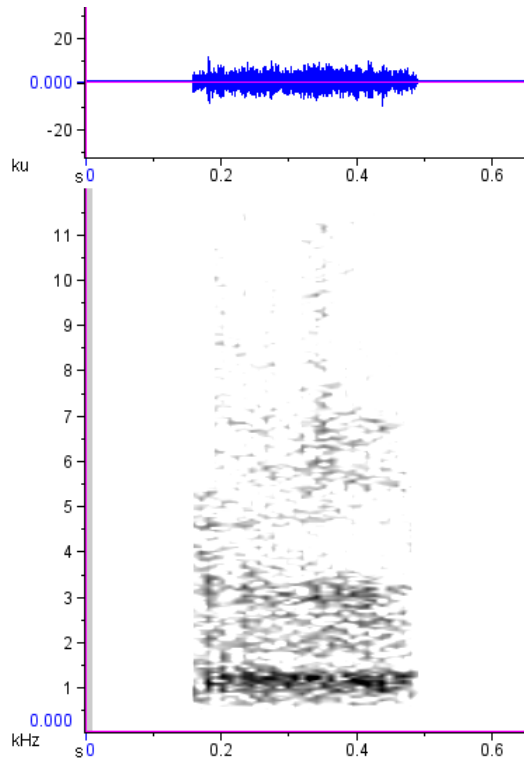


Figura 1.3.7 – Oscilograma e espectrograma de um rosnado do lobo-guará, com uma banda larga de frequência e bastante ruído espalhado no resto do espectro (*window type: Hann, window size: 2048 samples*).

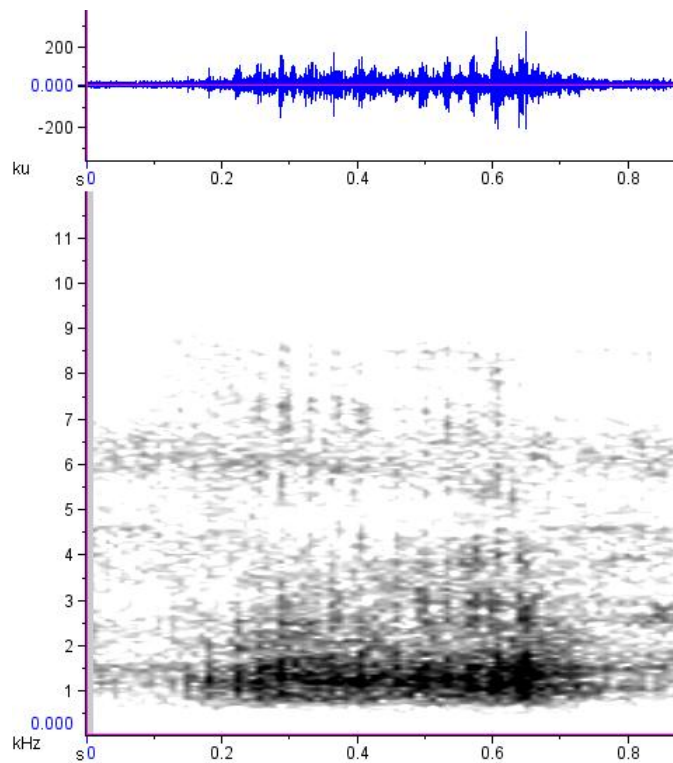


Figura 1.3.8 – Oscilograma e espectrograma de um rosnado pulsado do lobo-guará. É uma vocalização ruidosa com nítida estrutura de pulsos. (*window type: Hann, window size: 2048 samples*).

### *1.3.10 - Latidos (Single barks)*

Os latidos são vocalizações bastante semelhantes aos aulidos, com a mesma frequência fundamental e frequência de maior energia porém emitidos isoladamente, na maioria das vezes precedido de alguns poucos lamentos repetitivos (Figura 1.3.10). São emitidos sempre de pé, e foram registrados enquanto o emissor aparentemente estava buscando com os olhos um lobo de sexo oposto, alojado no mesmo recinto ou em recinto contíguo, em momentos que estes se encontravam fora de alcance visual do emissor (observação pessoal). Estes comportamentos (busca visual e emissão de latidos) não foram observados no período de anestro (novembro).

### *1.3.11 - Vocalizações compostas*

As categorias usadas foram descritas e ilustradas por vocalizações discretas para efeito didático. Porém os lobos-guará emitem vocalizações compostas, constituídas por um som com características de mais de uma categoria descrita ou por várias vocalizações emitidas em sequência, criando uma grande vocalização composta.

A figura 1.3.12 demonstra uma destas vocalizações, emitida por um lobo (indivíduo LU) ao ser aproximado por outro lobo (indivíduo GA). A uma distância relativa de aproximadamente 2 metros o emissor emite um gemido; a aproximação continua e o emissor abre a boca ao final do gemido e faz uma inspiração ruidosa; a distância entre os lobos se torna ainda menor (< 1 metro) e o emissor emite um rosnado pulsado; o receptor começa a se afastar e a vocalização do emissor perde o pulsado, tornando-se semelhante a um gemido de boca aberta; com o lobo receptor novamente a 2 metros de distância, o emissor faz mais uma inspiração ruidosa e para de vocalizar.

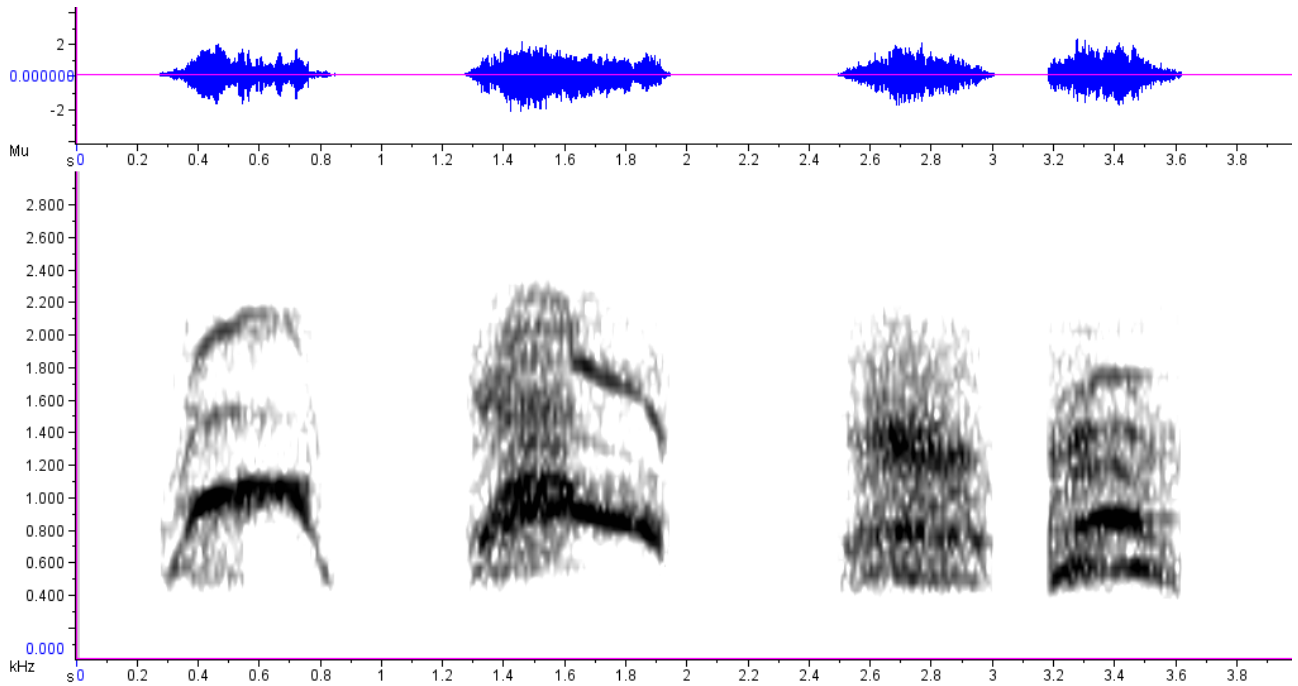


Figura 1.3.9 – Oscilograma e espectrograma do segmento mais grave de um trecho do coro de aulidos de dois machos e duas fêmeas de lobo-guará (SH, NE, FI e JU, respectivamente). Observe a diferença na frequências enfatizadas, na razão harmônico-para-ruído, e na duração das vocalizações. É perceptível a presença de um subharmônico na vocalização de SH e NE, próximo dos 1500 Hz (*window type: Hann, window size: 2048 samples*).

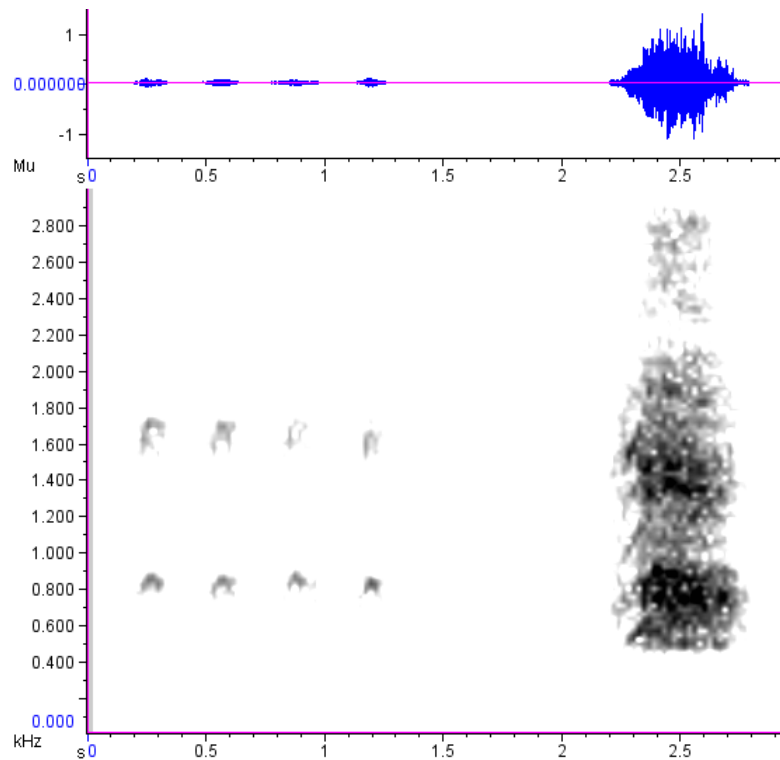


Figura 1.3.10 – Oscilograma e espectrograma de um latido de lobo-guará, precedido de choro repetitivo. Observe a diferença de amplitude nas vocalizações emitidas e a semelhança do latido com o aulido (*window type: Hann, window size: 2048 samples*).



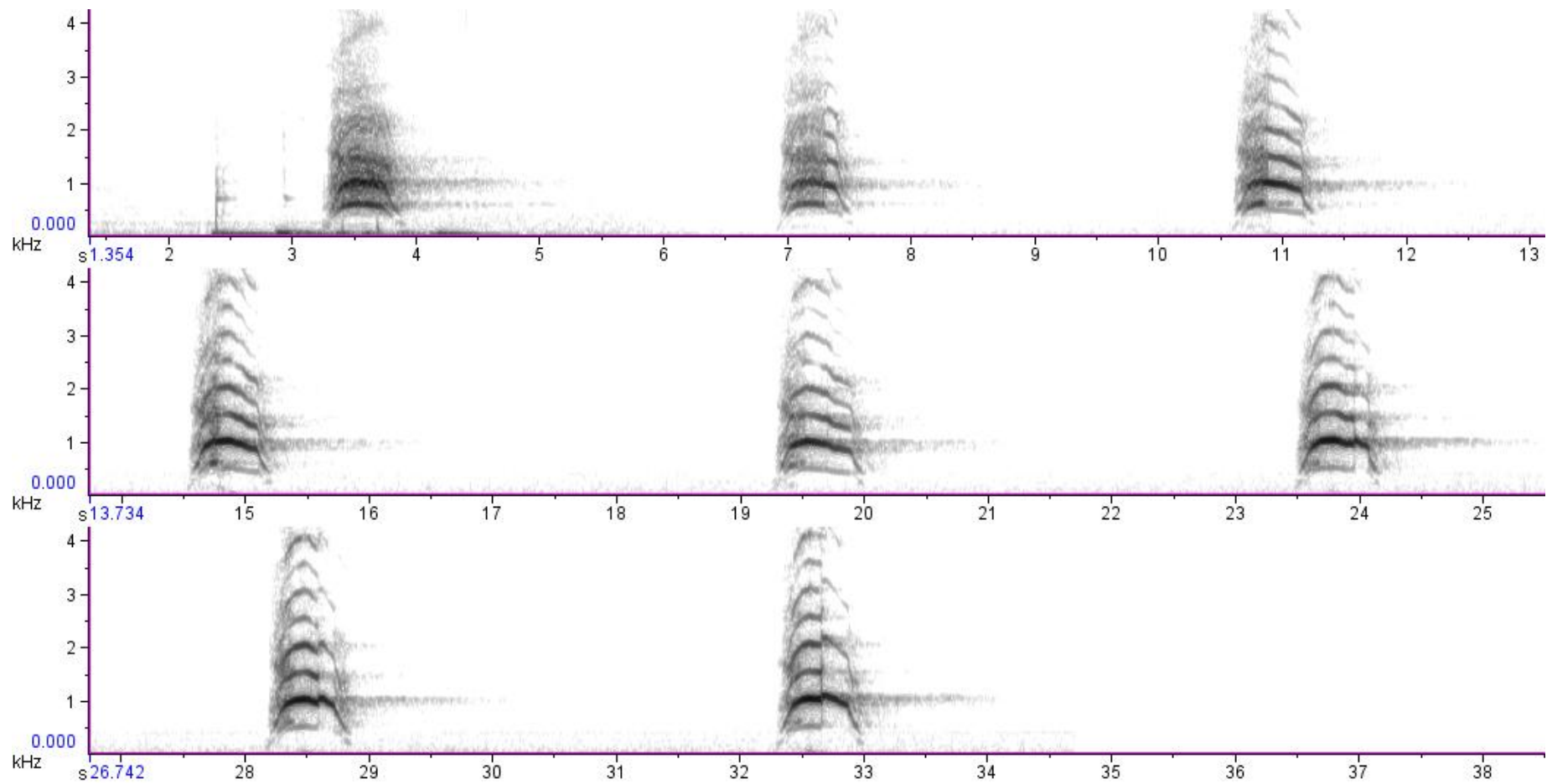


Figura 1.3.11 – Espectrograma de uma sequência de aulidos do lobo SH. Observe o aumento da razão harmônico-para-ruído, com redução da porção ruidosa (do primeiro ao quinto aulido) e subsequente desaparecimento de parte dos subharmônicos (do sexto ao oitavo aulido) (*window type*: Hann, *window size*: 2048 samples).

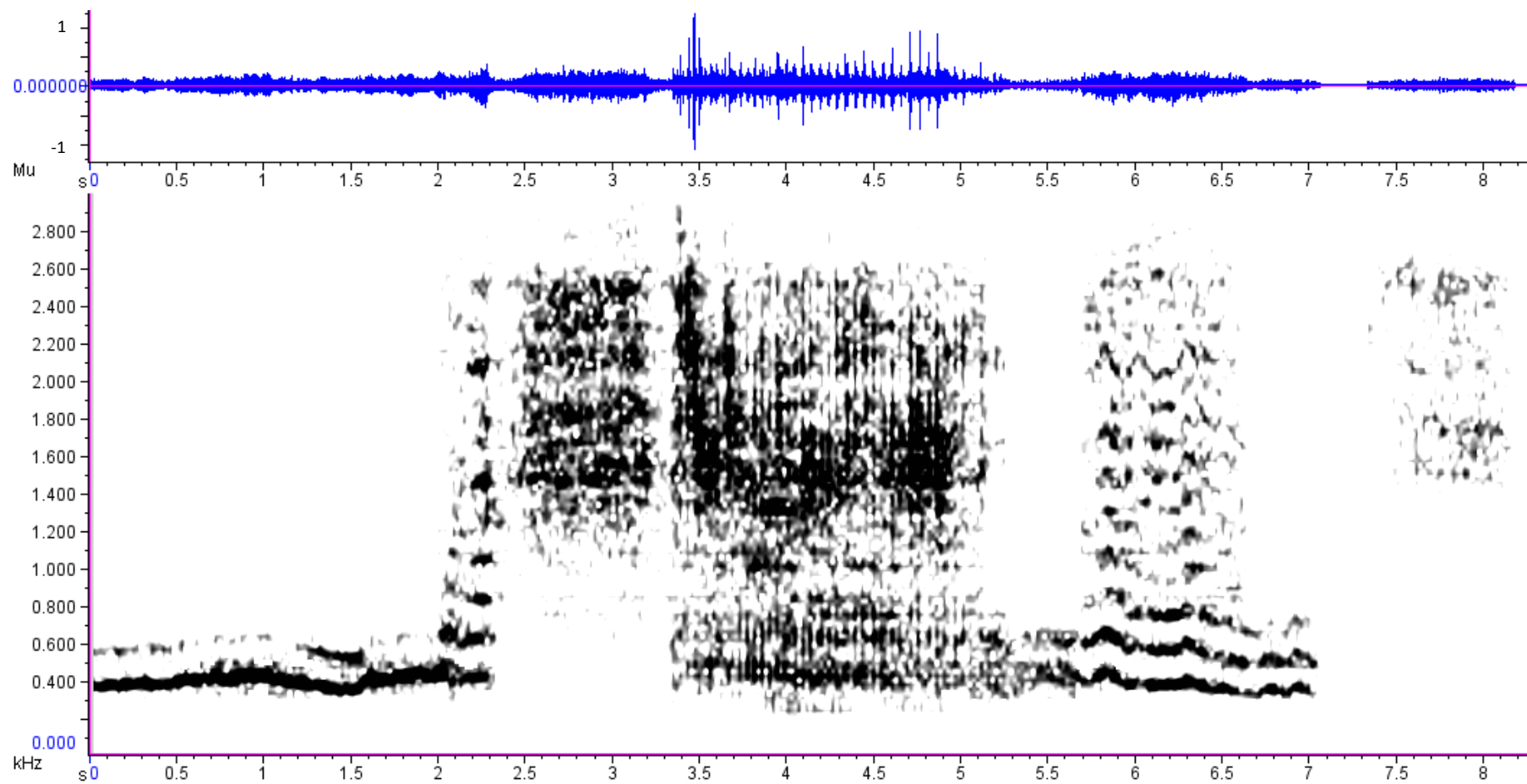


Figura 1.3.12 – Oscilograma e espectrograma de um exemplo de uma vocalização composta de lobo-guará. Na sequência em que foram emitidos: um gemido (até os 2 s) com posterior abertura da boca (dos 2 s até os 2.5 s); uma inspiração ruidosa (dos 2.5 s aos 3.25 s); um rosnado pulsado (dos 3.25 s até os 5.25 s) que posteriormente perde o componente velar e se transforma em um gemido dado de boca aberta (dos 5.25 s até os 7 s); outra inspiração ruidosa (dos 7.5 s aos 8.25 s) (*window type: Hann, window size: 4096 samples*).

## 1.4 - Discussão

Segundo Tembrock (1976), existem quatro aspectos que podem ser utilizados como critério para classificar as vocalizações: a estrutura do sinal (fonético), o padrão temporal das sequências de sons (sintático), o significado dos tipos de sons (semântico) e a função (pragmático), e baseado no aspecto fonético organizou os sons mais importantes de 16 espécies de canídeos, incluindo o lobo-guará, propondo 10 classes. Estas classes abrangem o grito, o uivo, o lamento e suas variações (grupos mais tonais), e também o ganido, o latido, o rosnado e suas variações, (grupos mais ruidosos). No presente estudo o repertório do lobo-guará também foi descrito segundo seus aspectos fonéticos e apresentou exemplos de praticamente todos os grupos citados.

De modo geral, outras espécies mais sociais apresentam apenas uma maior riqueza de subtipos dentro de cada grupo, como por exemplo os diversos latidos da raposa-vermelha *Vulpes vulpes* (Newton-Fisher *et al.* 1993) e do cão-doméstico *Canis lupus familiaris* (Yin & McCowan 2004), usados em diferentes contextos. Isto significa que mesmo sendo um animal solitário que interage com outros lobos com baixa frequência (Dietz 1984, Rodden *et al.* 2004) o lobo-guará possui um repertório relativamente rico, provavelmente para mediar conflitos à curtas distâncias e reduzir os riscos de agressão. Tais riscos são exemplificados por um incidente que envolveu o indivíduo SA. Durante uma interação agonística através da grade do recinto contíguo com outra fêmea também mantida em cativeiro (indivíduo RO), ela foi mordida e sofreu uma fratura grave da pata anterior direita. Foi realizada a redução da fratura com a colocação de pinos intramedulares, mas estes foram rejeitados e amputação da pata teve de ser realizada.

Isto demonstra que apesar da existência de mecanismos relacionados à mediação de conflitos eles não os impedem por completo. Os animais podem optar pelo conflito em situações específicas (*e.g.* defesa de filhotes e fome acentuada) Além disso os mecanismos não são à prova de falhas, pois há a possibilidade de alterações e interferências pontuais ou persistentes em algum momento da codificação, produção, transmissão, recepção e decodificação do sinal de comunicação.

Comparando o repertório encontrado neste estudo com o de Brady (1981), apenas o uivo não foi registrado, além das vocalizações de filhotes que não foram abordadas deste trabalho. Entretanto o uivo foi observado em apenas um lobo em cativeiro, sempre direcionado aos tratadores. Analisando as informações fornecidas por Brady (1981), sugere-se que o uivo poderia ser um aulido ou latido emitido com baixa razão harmônico-para-ruído, como observado em alguns casos neste estudo.

Ainda comparando os resultados, foram identificados tipos de sons não explicitamente descritos por Brady (1981), como o rosnado pulsado e o gemido. Embora não haja referências específicas sobre estes sons, é possível que Brady (1981) tenha os observado e decidiu agrupá-los dentro de categorias mais amplas como o rosnado e o murmuro, dada a variância dos valores de frequência fundamental fornecidos que vão de 50 à 1000 Hz (Brady 1981, tabela VI). Neste trabalho, entretanto, optou-se pela separação dos sons pois as vocalizações apresentavam estruturas acústicas distintas e foram usadas em contextos onde o risco de agressão eram visivelmente diferentes.

É importante ressaltar que a lista de tipos de vocalizações apresentada não é um catálogo exaustivo das vocalizações existentes e sim uma classificação didática para servir de referência para futuros estudos. Os resultados obtidos demonstram que o repertório do lobo-guará se organiza como um *continuum*, que reflete as variações e especificidades dos contextos comportamentais em cada situação. Sons com estruturas semelhantes (frequência e razão harmônico-para-ruído) não são independentes uns dos outros, eles são emitidos durante o mesmo contexto comportamental e as variações apresentadas na intensidade do sinal (e.g. amplitude e repetições) são proporcionais à intensidade da interação social (e.g. risco de agressão). Estas informações estão de acordo com o encontrado por Cohen & Fox (1976), que observaram que as vocalizações dos canídeos podem ser misturadas através da emissão de dois ou mais tipos em sequência, a sobreposição destes sons ou a combinação de tipos (e.g. latido trinado (*trill bark*) da raposa-vermelha, Newton-Fisher *et al.* 1993).

As vocalizações mais agudas e tonais do repertório do lobo-guará, o lamento, o lamento repetitivo e o grito, foram acompanhadas de sinais visuais como a reverência e o abanar de cauda, descritos como associados à

comportamentos amistosos e ou submissão em canídeos (Kleiman 1972, Bekoff 1977, Bradbury & Vehrencamp 1998, Yeon 2007). Por sua vez as vocalizações mais graves e ruidosas, o gemido, o murmuro, o rosnado, o rosnado pulsado e a inspiração ruidosa, foram acompanhadas de sinais visuais como a abertura da boca, a piloereção da crina e o arqueamento das costas, descritos como associados à comportamentos agressivos (Bradbury & Vehrencamp 1998, Rodden 2007). Uma evidência que corrobora esta informação são os sinais de ataque ou bote, apenas observados associados à vocalizações graves e ruidosas.

Estas informações sugerem que as vocalizações mais agudas e tonais são usadas para promover uma aproximação não agressiva (e.g. NE direcionado à FI), atrair a atenção (e.g. JU direcionada à SH), ou sinalizar submissão e prevenir agressões (e.g. SA direcionada a SH), enquanto as vocalizações graves e ruidosas são usadas para repelir a aproximação de outro indivíduo, informando-o do risco de agressão envolvido. Diferenças na frequência fundamental e na frequência de maior energia delimitam bem os dois grandes grupos de vocalizações, o que está de acordo com o trabalho de Tembrock (1976), que identificou a frequência como parâmetro-chave para diferenciação dos tipos de vocalizações.

Morton (1977), revisando trabalhos realizados sobre as vocalizações de algumas dezenas de aves e mamíferos de diferentes *taxa*, propôs as regras de estrutura-motivacional (*motivation-structural rules*). Segundo este autor, a seleção natural resultou em uma convergência na estrutura dos sons utilizados em interações sociais de curta distância, de maneira que os animais utilizam sons ruidosos e de frequência relativamente baixa em contextos hostis, enquanto sons mais tonais, puros e de frequência mais elevada são utilizados em contextos amistosos. As regras de Morton (1977) são a aplicação do princípio da antítese de Darwin (1872) aos sons, que em resumo afirma que os animais executam ações diretamente opostas (e.g. vocalizações graves *versus* agudas, ruidosas *versus* tonais) para expressar estados comportamentais diretamente opostos (agressivo *versus* amistoso). Analisando os tipos de vocalizações registrados e os respectivos comportamentos associados, foi possível observar que todo o repertório se enquadra nas regras de motivação-estrutural (Morton 1977)

exatamente como Brady (1981) havia sugerido, e conseqüentemente obedecem ao princípio da antítese de Darwin (1872).

Como dito anteriormente, o lamento, o lamento repetitivo e o grito foram usados em situações que requeriam a prevenção ou redução da agressão contra o emissor, e no caso dos tipos de lamento, também para tentar promover a aproximação de indivíduos do sexo oposto. A repetição do sinal acústico no lamento repetitivo provavelmente contribui reduzindo a probabilidade de agressão por permitir a atualização do sinal acústico (Bradbury & Vehrencamp 1998). Além disso, Gould (1971) e Eisenberg *et al.* (1975 apud Brady 1981) sugerem que um aumento na taxa de repetição reflete um aumento do nível de agitação do indivíduo, fornecendo dicas sobre a variação do estado motivacional do emissor ao receptor. Em ambos os casos, a repetição atua maximizando a eficiência da transmissão da informação.

Por sua vez, o gemido, o murmuro, o rosnado e o rosnado pulsado foram usados em situações em que o emissor queria prevenir a aproximação de um outro indivíduo, em situações com variados graus de risco de agressão. Ao compará-los com os sons dos fonemas do alfabeto fonético internacional (IPA 2005), a impressão é de que estes sons possuem componentes ruidosos gerados pela vibração de tecido mole (véu palatino e úvula) e pela modificação do formato da caixa vocal pela ação dos músculos da língua e faringe, de modo a torná-los bastante ruidosos. Como estes componentes estão sob controle voluntário do emissor, eles podem ser incorporados e dimensionados ou removidos da vocalização de modo a refletir o estado comportamental e o nível de agitação do indivíduo com maior precisão. Isto ajuda a prevenir interações agressivas desnecessárias ao permitir que o receptor possa fazer uma boa avaliação da motivação do emissor, minimizando falhas na comunicação da agressão iminente.

Aulidos e latidos são um caso a parte pois são usados para comunicação à longas distâncias, onde não existe o contato visual entre indivíduos. O latido, que foi sempre precedido de choro repetitivo e acompanhado de uma busca visual, aparentemente foi usado para tentar reunir o lobo emissor e o receptor, que se encontravam distantes um do outro (sem contato visual). Neste contexto descrito, os indivíduos (emissor e receptor) foram sempre de sexos opostos e este comportamento foi observado apenas durante o proestro (maio/junho), pois no

anestro (novembro) o interesse das fêmeas pelos machos durante o anestro foi muito baixo, dado que praticamente todas as aproximações feitas pelos machos foram repelidas com rosnados e ou agressões pelas fêmeas.

O contexto de uso do latido encontrado neste estudo difere do encontrado por Brady (1981), que observou o latido sendo usado em cativeiro apenas à curta distância e em interações agonísticas interespecíficas: uma fêmea com filhotes ao ser perturbada pela presença humanos investia contra eles, mantendo as orelhas baixas e voltadas para trás ao mesmo tempo em que batia a pata dianteira no chão. Entretanto, sinais tipicamente agonísticos como os rosnados e latidos são usados em contextos não agonísticos por cães-domésticos (Yeon 2007) e outras espécies de animais, quando indivíduos “brincam de brigar” (*play-fight*). Nestes casos os sinais acústicos são sempre acompanhados de outros sinais como a reverência (*play-bow*) e movimentação exuberante (Bleicher 1963). Desta maneira, sugere-se que assim como os rosnados às vezes são usados em contextos amistosos mediante o uso de outro sinal modificador como a reverência e o abanar da cauda (Yeon 2007), o latido do lobo-guará possa ser usado em contextos diferentes dependendo da presença de um sinal modificador amistoso (e.g. choro repetitivo) ou agonístico (e.g. bater de patas no chão).

O potencial do aulido de permitir a discriminação individual sugerido por Brady (1981) foi verificado empiricamente neste trabalho, enquanto Molnár *et al.* (2006) não observaram um nível de discriminação confiável de cães-domésticos por seus donos. É provável que apesar do aulido do lobo-guará e do latido do cão-doméstico serem ambas vocalizações bastante ruidosas e relativamente semelhantes, o aulido possui uma razão harmônico-para-ruído maior (*i.e.* é mais tonal) e esta característica facilite a discriminação individual.

Uma característica interessante observada no repertório do lobo-guará foi a presença de fenômenos não-lineares em suas vocalizações. O grito apresentou bifonação, que dá a impressão de ser causada pela passagem do ar pelo focinho do animal, que quando ocorre confere ao grito uma segunda frequência fundamental ( $g_0$ ) bastante aguda. Esta redundância (dois sons tonais e agudos) torna o sinal ainda mais conspícuo sob a lógica do princípio da antítese de Darwin (1872), o que provavelmente contribui para uma otimização da informação

transmitida por esta vocalização (*i.e.* promoção de interação amistosa / prevenção de agressão).

A bifonação é um fenômeno já registrado em outros canídeos e mamíferos (Wilden *et al.* 1998, Frommolt 1999, Riede *et al.* 2000, Volodin & Volodina 2002). As hipóteses para a origem destes sons são a vibração assíncrona das cordas vocais (Berry *et al.* 1996), a presença de estruturas nas cordas vocais denominadas *membranas vocais* ou *lábios vocais* (Brown & Cannito 1995, Riede *et al.* 2000), e a vorticidade (*vortex-shedding*) criada na vocalização pela contração da glote (Solomon *et al.* 1995). Entretanto, no lobo-guará o som ouvido gera a impressão de que é o fenômeno criado quando o indivíduo usa da nasalização de parte do ar proveniente dos pulmões, produzindo em algo semelhante à um assovio agudo. Portanto, sugere-se que a bifonação no lobo-guará é gerada pela constrição dos músculos das narinas e do interior do focinho, porém as estruturas anatômicas e os mecanismos de produção de som por trás do fenômeno permanecem desconhecidos.

Já o aulido e o latido apresentaram ruído (caos) e subharmônicos, muito bem ilustrados pelo indivíduo SH: seus aulidos tornam-se progressivamente mais tonais ao longo da sequência (redução do caos), expondo a estrutura harmônica da vocalização e seus subharmônicos (Figura 1.3.11). Porém, não está claro se tais variações foram geradas intencionalmente para sinalizar uma postura amistosa ou são reflexo de alguma patologia, referente à incapacidade de manutenção do tônus muscular do aparelho fonador para gerar os pulsos do véu palatino ou a turbulência glotal dentro da faringe durante a sequência de vocalizações.

Fenômenos não-lineares já foram descritos como exceção à regra, mas hoje são reconhecidos como inerentes às vocalizações dos canídeos e outros mamíferos (Tembrock 1976, Wilden *et al.* 1998, Riede *et al.* 2000, Tokuda *et al.* 2002, Volodin & Volodina 2002, Yin & McCowan 2004, Mitchell *et al.* 2006, Yeon 2007). Estas características são importantes pois apresentam variação intra e interindividual que afetam a distribuição de energia nas vocalizações e podem fornecer dicas que contribuam para a discriminação da identidade, sexo, estado comportamental e o nível de motivação dos indivíduos (*e.g.* Volodina *et al.* 2006).



Apesar do lobo-guará ser um animal que explora bem a comunicação multimodal, utilizando sinais visuais (postura, piloereção, fezes) e químicos (hormônios em secreções anogenitais, urina e fezes), devido o seu hábito territorialista, solitário e noturno (Dietz 1984, Rodden *et al.* 2004) os sinais acústicos apresentam vantagens importantes para a espécie. Estes sinais não possuem as limitações dos sinais químicos (falta de direcionalidade e baixa persistência temporal), ou visuais (limitação do alcance e necessidade de boa iluminação) (Bradbury & Vehrencamp 1998), e são muito eficientes para otimizar a transmissão da informação através da redundância sinais ao se usar a comunicação multimodal. Portanto, é previsível que os sinais acústicos desempenhem um papel crucial na organização e na manutenção das relações sociais desta espécie.

## 1.5 – Referências Bibliográficas

- Amboni, M. P. M. 2007.** Dieta, disponibilidade alimentar e padrão de movimentação do lobo-guará, *Chrysocyon brachyurus*, no Parque Nacional da Serra da Canastra, MG. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, MG. 108p.
- Aragona, M. 2001.** Ecologia alimentar do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*, Illiger, 1811) no Parque nacional de Chapada dos Guimarães – MT. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Mato Grosso, MT. 66p.
- Aragona, M. & Setz, E. Z. F. 2001.** Diet of the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Mammalia: Canidae), during wet and dry seasons at Ibitipoca State Park, Brazil. *Journal of Zoology*, **254**, 131-136.
- Azevedo, F. C. C. & Gastal, M. L. A. 1997.** Hábito alimentar do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), na APA do Gama / Cabeça do Veado – DF. In: Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado (Eds. L. L. Leite & C. H. Saito). Universidade de Brasília, DF. 238-240.
- Bleicher, N. 1963.** Physical and behavioral analysis of dog vocalization. *American Journal of Veterinary Research*, **24**, 415-427.
- Bradbury, J. W. & Vehrencamp, S. L. 1998.** Principles of Animal Communication.—Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Brady, C. A. 1981.** The vocal repertoires of the bush dog (*Speothos venaticus*), crab-eating fox (*Cerdocyon thous*), and maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*). *Animal Behaviour*, **29**, 649-669.
- Bekoff, M. 1977.** Social communication in canids: Evidence for the evolution of a stereotyped mammalian display. *Science*, **197**, 1097-1099
- Belentani, S. C. S., Motta-Júnior, J. C. & Talamoni, S. A. 2005.** Notes on the food habits and prey selection of the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) (MAMMALIA, Canidae) in southern Brazil. *Biociências*, **13(1)**, 95-98.
- Berry, D. A., Herzel, H., Titze, I. R. & Story, B. H. 1996.** Bifurcations in excised larynx experiments. *Journal of Voice*, **10**, 129–138.
- Bestelmeyer, S. V. 2000.** Solitary, reproductive and parental behavior of maned wolves (*Chrysocyon brachyurus*). PhD thesis. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 192p.
- Brown, C. H. & Cannito, M. P. 1995.** Modes of vocal variation in Syke's monkey (*Cercopithecus albogularis*) squeals. *Journal of Comparative Psychology*, **109**, 398–415.

- Bueno, A. D. & Motta-Júnior, J. C. 2004.** Food habits of two syntropic canids, the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) and the crab-eating fox (*Cerdocyon thous*), in southeastern Brazil. *Revista Chilena de Historia Natural*, **77**, 5-14.
- Carvalho, C. T. & Vasconcellos, L. E. M. 1995.** Disease, food and reproduction of the maned wolf – *Chrysocyon brachyurus* (Illiger) (Carnivora, Canidae) in southeast Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **12(3)**, 627-640.
- CITES. 2011.** Convention On International Trade In Endangered Species Of Wild Fauna And Flora – Appendix II. Valid from 27 April 2011. <<http://www.cites.org>>
- Coelho, C. M., Melo, L. F. B., Sábató, M. A. L., Rizel, D. N. & Young, R. J. 2007.** A note on the use of GPS collars to monitor wild maned wolves *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) (Mammalia, Canidae). *Applied Animal Behaviour Science*, **105**, 259-264.
- Coelho, C. M., Melo, L. F. B., Sábató, M. A. L., Vaz-Magni, E. M., Hirsch, A. & Young, R. J. 2008.** Habitat use by wild maned wolves (*Chrysocyon brachyurus*) in a transition zone environment. *Journal of Mammalogy*, **89(1)**, 97-104.
- Cohen, J. A. & Fox, M. W. 1976.** Vocalizations of wild canids and possible effects of domestication. *Behavioural Processes*, **1**, 77-92.
- Consorte-McCrea, A. G. 1994.** The maned wolf in captivity. *Canid News*, **2**, 8-12.
- Cornell Lab of Ornithology. 2008.** Raven Pro 1.3 User's Manual. <<http://www.birds.cornell.edu/brp/raven/Raven13UsersManual.pdf>>
- Corral, L. 2007.** Avaliação da predação de criações domésticas por lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) no entorno do Parque Nacional da Serra da Canastra, MG, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, MG. 83p.
- Cummings, D., Brown, J. L., Rodden, M. D. & Songsasen, N. 2007.** Behavioral and physiologic responses to environmental enrichment in the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*). *Zoo Biology*, **26**, 331-343.
- Darwin, C. R. 1872.** The expression of emotion in man & animals. London: John Murray.
- Dietz, J. M. 1984.** Ecology and Social Organization of the Maned Wolf. *Smithsonian Contributions to Zoology*, **392**.
- Eisenberg, J. F., Collins, L. R. & Wemmer, C. 1975.** Communication in the tasmanian devil (*Sarcophilus harrisii*) and survey of auditory

- communication in the Marsupialia. *Zeitschrift fur Tierpsychologie*, **37**, 379-399. In: Brady, C. A. 1981. The vocal repertoires of the bush dog (*Speothos venaticus*), crab-eating fox (*Cerdocyon thous*), and maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*). *Animal Behaviour*, **29**, 649-669.
- Fox, M. W. 1975.** Evolution of social behaviour in canids. In: Fox, M.W. (Ed.). *The Wild Canids*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Frommolt, K. H. 1999.** Sidebands - facts and artifacts. *Bioacoustics*, **10**, 219-224.
- Gould, E. 1971.** Studies of maternal-infant communication and development of vocalizations in the bats *Myotis* and *Eptesicus*. *Communications in Behavioral Biology*, **5**, 263-313.
- IPA. 2005.** International Phonetic Alphabet. <[http://www.langsci.ucl.ac.uk/ipa/IPA\\_chart\\_\(C\)2005.pdf](http://www.langsci.ucl.ac.uk/ipa/IPA_chart_(C)2005.pdf)>
- Jácomo, A. T. A. 1999.** Nicho alimentar do Lobo-Guará (*Chrysocyon Brachyurus*, Illiger, 1815) no Parque Nacional das Emas - GO. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, GO. 33p.
- Jácomo, A. T. A., Silveira, L. & Diniz, J. A. F. 2004.** Niche separation between the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*), the crab-eating fox (*Dusicyon thous*) and the hoary fox (*Dusicyon vetulus*) in central Brazil. *Journal of Zoology*, **262**, 99-106.
- Jácomo, A. T. A., Kashivakura, C. K., Ferro, C., Furtado, M. M., Astete, S. P., Tôrres, N. M., Sollmann, R. & Silveira, L. 2009.** Home range and spatial organization of maned wolves in the brazilian grasslands. *Journal of Mammalogy*, **90(1)**, 150-157.
- Juarez, K. M. 1997.** Dieta, uso de habitat e atividade de três espécies de canídeos simpátricas do Cerrado. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, DF. 59p.
- Juarez, K. M. & Marinho-Filho J. S. 2002.** Diet, habitat use, and home ranges of sympatric canids in Central Brazil. *Journal of Mammalogy*, **83(4)**, 925-933.
- Kleiman, D. G. 1972.** Social behavior of the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) and the bush dog (*Speothos venaticus*): a study in contrast. *Journal of Mammalogy*, **53**, 791-806.
- Lehner, P. N. 1978.** Coyote vocalizations: a lexicon and comparison with other canids. *Animal Behaviour*, **26**, 712-722.
- Lilienfeld, M. D. 2000.** Determinación de los hábitos alimenticios del Aguara guazú (*Chrysocyon brachyurus*) en dos zonas del Parque Nacional Noel

Kempff Mercado. Tesis de licenciatura en Biología, UAGRM, Santa Cruz, 59 p.

- Machado, A. B. M., Drummond, G. M. & Paglia, A. P. 2008.** Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.
- Maia, O. B. & Gouveia, A. M. G. 2002.** Birth and mortality of maned wolves *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1811) in captivity. *Brazilian Journal of Biology*. **62(1)**, 25-32.
- Mantovani, J. E. 2001.** Telemetria convencional e via satélite na determinação das áreas de vida de três espécies de carnívoros da região nordeste do estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, SP. 118 p.
- Marten, K. 1980.** Ecological sources of natural selection on animal vocalizations, with special reference to the African wild dog (*Lycaon pictus*). Ph.D. thesis, University of California at Berkeley. In: *Brady, C. A. 1981. The vocal repertoires of the bush dog (Speothos venaticus), crab-eating fox (Cerdocyon thous), and maned wolf (Chrysocyon brachyurus). Animal Behaviour*, **29**, 649-669.
- Martin, P. & Bateson, P. P. G. 2007.** Measuring behaviour: an introductory guide. Cambridge University Press, New York, 187p.
- McCarley, H. 1975.** Long-distance vocalizations of coyotes (*Canis latrans*). *Journal of Mammalogy*, **56**, 847-856.
- Melo, L. F. B., Sábató, M. A. L., Vaz-Magni, E. M., Young, R. J. & Coelho, C. M. 2007.** Secret lives of maned wolves (*Chrysocyon brachyurus* Illiger 1815) as revealed by GPS tracking collars. *Journal of Zoology*. **271**, 27-36.
- Mitchell, B. R., Makagon, M. M., Jaerger, M. M. & Barrett, R. H. 2006.** Information content of coyote barks. *Bioacoustics*, **15**, 289-314.
- MMA, 2003.** Ministério do Meio Ambiente (Brasília, BR). Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. <<http://www.mma.gov.br/port/sbf/fauna/index.cfm>>
- Morton, E. S. 1977.** On the occurrence and significance of motivation-structural rules in some bird and mammal sounds. *The American Naturalist*, **111(981)**, 855-868.
- Motta-Junior, J. C., Talamoni, S. A., Lombardi, J. A. & Simokomaki, K. 1996.** Diet of the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus*, in Central Brazil. *Journal of Zoology*, **240**, 277-284.

- Motta-Junior, J. C. 1997.** Ecologia alimentar do lobo-guará, *Chrysocyon brachyurus* (Mammalia: Canidae). In: *Anais do XV Encontro Anual de Etologia*. São Carlos, SP. 197-209p.
- Newton-Fisher, N., Harris, S., White, P. & Jones, G. 1993.** Structure and function of red fox *Vulpes vulpes* vocalizations. *Bioacoustics*, **5(1-2)**, 1-31.
- Paula, R. C., Medici, P. & Morato, R. G. 2008.** Plano de Ação para a Conservação do Lobo-Guará - Análise de Viabilidade Populacional e de Habitat. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas para Conservação dos Predadores Naturais - CENAP/ICMBio.
- Queirolo, D. 2001.** Seletividade e sazonalidade de presas consumidas pelo lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) no Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, SP. 95p.
- Riede, T., Herzel, H., Mehwald, D., Seidner, W., Trumler, E., Tembrock, G. & Böhme, G. 2000.** Nonlinear phenomena and their anatomical basis in the natural howling of a female dog-wolf breed. *Journal of the Acoustical Society of America*, **108**, 1435-1442.
- Rodden, M., Rodrigues, F. H. G. & Bestelmeyer, S. 2004.** Maned Wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) In: *Canids: Foxes, Wolves, Jackals and Dogs* (C. Sillero-Zubiri, M. Hoffmann & D. W. MacDonald, Eds.). IUCN/SSC Canid Specialist Group press. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Rodden, M. 2007. (Eds.).** Manual de manejo do lobo-guará. *Maned Wolf Species Survival Plan*. 94p.
- Rodden, M., Rodrigues, F. & Bestelmeyer, S. 2008.** *Chrysocyon brachyurus*. In: *IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1*. <<http://www.iucnredlist.org>>.
- Rodrigues, F. H. G., Hass, A., Lacerda A. C. R. & Grando R. L. S. C. 1998.** Biologia e Conservação do Lobo-Guará na Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. *Seminário de pesquisa em Unidades de Conservação. SEMATEC/IEMA*. 29-42.
- Rodrigues, F. H. G. 2002.** Biologia e Conservação do lobo-guará na Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, SP. 96p.
- Sábato, M. A. L., Melo, L. F. B., Vaz-Magni, E. M., Young, R. J. & Coelho, C. M. 2006.** A note on the effect of the full moon on the activity of wild maned wolves, *Chrysocyon brachyurus*. *Behavioural Processes*, **73**, 228-230.

- Santos, E. F. 1999.** Ecologia alimentar e dispersão de sementes pelo lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*, Illiger, 1811) em uma área rural no sudeste do Brasil (CARNIVORA: CANIDAE). Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, SP. 68p.
- Santos, E. F., Setz, E. Z. & Gobbi, N. 2003.** Diet of the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) and its role in seed dispersal on a cattle ranch in Brazil. *Journal of Zoology*. **260**, 203-208.
- Schassburger, R. M. 1993.** Vocal communication in the timber wolf (*Canis lupus*) Linnaeus – structure, motivation and ontogeny. *Advances in Ethology*, **30**, 1-84.
- Silva, J. A. 2002.** Área central de atividade e ecologia alimentar do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (ILLIGER, 1815) (Mammalia: Canidae) submetido à alimentação humana na Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra do Caraça, MG. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, MG. 66p.
- Silva, J. A. & Talamoni, S. A. 2003.** Diet adjustments of maned wolves, *Chrysocyon brachyurus* (Illiger) (Mammalia, Canidae), subjected to supplemental feeding in a private natural reserve Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **20**, 339-345.
- Silveira, L. 1999.** Ecologia e conservação dos mamíferos carnívoros do Parque Nacional das Emas, Goiás. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, GO. 117p.
- Solomon, N.P., Luschei, E. & Kang, L. 1995.** Fundamental frequency and tracheal pressure during three types of vocalizations elicited from anaesthetized dogs. *Journal of Voice*, **9**, 403-412.
- Songsasen, N., Rodden, M., Brown, J. L. & Wildt, D. E. 2006.** Patterns of fecal gonadal hormone metabolites in the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*). *Theriogenology*, **66(6-7)**, 1743-1750.
- Songsasen, N. & Rodden, M. D. 2010.** The role of the Species Survival Plan in maned wolf *Chrysocyon brachyurus* conservation. *International Zoo Yearbook*, **44**, 136-148.
- Tembrock, G. 1976.** Canid vocalizations. *Behavioural Processes*, **1**, 57-75.
- Tokuda, I., Riede, T., Neubauer, J., Owren, M. J. & Herzog, H. 2002.** Nonlinear analysis of irregular animal vocalizations. *Journal of the Acoustical Society of America*, **111**, 2908–2919.
- Trolle, M., Noss, A. J., Lima, E. S. & Dalponte, J. C. 2007.** Camera-trap studies of maned wolf density in the cerrado and pantanal do Brazil. *Biodiversity and Conservation*, **16**, 1197-1204.

- Veado, B. V. 1997.** Parental behavior in maned wolf *Chrysocyon brachyurus* at Belo Horizonte Zoo. *International Zoo Yearbook*, **35**, 279-286.
- Volodin, I. A., Volodina, E. V. & Isaeva, I. V. 2001.** Vocal repertoire in the dhole *Cuon alpinus* (Carnivora, Canidae) in captivity. *Entomological Review*, **81(1)**, S161-S166. Translated from *Zoologicheskii Zhurnal*, **80(10)**. 2001.
- Volodin, I. A. & Volodina, E. V. 2002.** Biphonation as a prominent feature of dhole *Cuon alpinus* sounds. *Bioacoustics*, **13**, 105-120.
- Volodina, E. V., Volodin, I. A., Isaeva, I. V. & Unck, C. 2006.** Biphonation may function to enhance individual recognition in the dhole *Cuon alpinus*. *Ethology*, **112**, 815–825.
- Yeon, S. C. 2007.** The vocal communication of canines. *Journal of Veterinary Behavior*, **2**, 141-144.
- Wilden, I., Herzel, H., Peters, G. & Tembrock, G. 1998.** Subharmonics, biphonation, and deterministic chaos in mammal vocalization. *Bioacoustics*, **9**, 171-196.
- Yin, S. & McCowan, B. 2004.** Barking in domestic dogs: context specificity and individual recognition. *Animal behavior*, **68**, 343-355.



## **Capítulo 2 – Taxa de emissão e função das vocalizações de longa distância do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815) em cativeiro**

### **Resumo**

A organização espacial e as relações sociais dos animais são mediadas por interações de curta e longa distância através da comunicação por meios de sinais químicos, elétricos, táteis, visuais e ou acústicos. O lobo-guará é um animal de hábito noturno e crepuscular que possui uma vocalização de amplitude alta chamada aulido, que permite a comunicação à longas distâncias e cuja função permanece desconhecida. O objetivo deste estudo foi tentar explicar como os lobos-guará utilizam esta vocalização. Foram gerados modelos matemáticos que incluem variáveis bióticas e abióticas para tentar explicar quantas vezes as sequências de aulidos são emitidas por noite e quantos aulidos os lobos emitem em cada sequência. Os resultados indicam que enquanto o número de sequências emitidas por noite possui um padrão de variação sazonal, com evidências de haja relação com o período reprodutivo, o número de vocalizações emitidas por sequência parece estar mais relacionado ao contexto e ao estado de motivação do emissor, porém boa parte da variação dos dados permanece inexplicada.

## Chapter 2 – Emission rate and function of long-distance calls of the maned wolf *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815) in captivity

### Abstract

The spatial organization and social relationships of animals are mediated by short and long-distance interactions through communication using chemical, electric, tactile, visual and acoustic signaling. The maned wolf is a nocturnal and crepuscular species and has a high-amplitude vocalization called *roar-bark* that allows long-distance communication, which function remains unknown. The objective of this study was to try to explain how do the maned wolves use this vocalization. Several biotic and abiotic variables were included into mathematical models to try to explain how many times the roar-bark bouts are emitted per night and how many roar-barks are emitted per bout. The results indicate that whereas the number of bouts emitted per night has a seasonal variation pattern, with evidence that it is related with the reproductive period, the number of roar-barks per bout seems to be closely related to the context and the motivational state of the emitter, however a great amount of data variation remains unexplained.

## 2.1 - Introdução

A organização espacial e das estruturas sociais dos animais são afetadas por uma série de fatores internos e externos. Variações ao longo do dia e do ano nas características abióticas como a disponibilidade de luz, temperatura, pluviosidade, e bióticas como o tamanho e estado de conservação do habitat, a densidade populacional, a razão entre o número de machos e fêmeas, a estrutura etária, a disponibilidade de recursos alimentares e as condições fisiológicas dos animais podem gerar alterações nesta organização, mediadas por interações de curtas e longas distâncias através da comunicação por meios de sinais químicos, elétricos, táteis, visuais e ou acústicos (Bradbury & Vehrencamp 1998).

Os mamíferos não são exceção à esta regra, entretanto, espécies que habitam áreas de vegetação densa e apresentam hábito crepuscular ou noturno possuem limitações quanto ao uso de sinais visuais para a comunicação a longas distâncias, e é razoável assumir que o uso da sinalização acústica é favorecido, particularmente para espécies de canídeos (Fox 1975, Cohen & Fox 1976).

De modo geral, as vocalizações mais fortes (de amplitude elevada) como os latidos e uivos contribuem para manter ou reestabelecer o contato entre membros do grupo social (matilha, casal, ninhada), enviar informações importantes a respeito do estado reprodutivo ou para defesa de territórios contra a invasão de coespecíficos evitando confrontos corpo-a-corpo (Cohen & Fox 1976, Tembrock 1976).

O lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* é um canídeo de hábito noturno, territorialista e solitário, que interage raramente à curtas distâncias com coespecíficos, que apresenta uma compensação acústica para a transmissão de sinais à longas distâncias e cujo repertório vocal foi pouco estudado (Brady 1981, Capítulo 1). Em seu repertório há uma vocalização ruidosa de amplitude alta denominada *aulido*, semelhante a um latido de duração prolongada de cão-doméstico.

Kleiman (1972) observou que um animal geralmente responde às vocalizações de um indivíduo do mesmo sexo, e sugeriu que os aulidos servem principalmente como um mecanismo de espaçamento intrasexual. Entretanto, duetos e coros de animais de sexos opostos são observados com certa

frequência (Brady 1981, Capítulo 1) e além disso os aulidos possuem variações intraindividuais suficientes para permitir a discriminação vocal dos indivíduos (Capítulo 3).

O lobo-guará é uma espécie com um status de conservação definido como “Quase Ameaçado” globalmente (Rodden *et al.* 2008) e “Vulnerável” no Brasil (MMA 2003), que sofre grande pressão devido a atropelamentos e perda de habitat (Machado *et al.* 2008, Paula *et al.* 2008), portanto ampliar a compreensão sobre a função do aulido do lobo-guará, que parece estar ligada ao seu uso do ambiente, organização espacial, coesão populacional e sucesso reprodutivo, é importante para tornar os esforços de conservação mais eficientes.

As possíveis funções de um sinal podem ser deduzidas ao se estabelecer relações entre o modo de uso deste com as características do contexto ambiental, fisiológico e comportamental medidas por variáveis abióticas e bióticas. Por exemplo, a vocalização da baleia-jubarte *Megaptera novaeangliae* conhecido como *canto* é emitida exclusivamente por machos adultos (variáveis bióticas “sexo” e “idade”) (Payne & McVay 1971), é mais comum no inverno quando ocorre o estro (variável abiótica “temperatura” e variável biótica “estado reprodutivo”) (Tyack 1981) e o número de machos cantando não varia ao longo do dia (variável abiótica “hora”) mas tende à aumentar ao longo da temporada reprodutiva (variável abiótica “dia da temporada”) (Sábato 2008). Baseado nestas informações presume-se que o canto está relacionado com o sucesso reprodutivo das baleias-jubarte, servindo para atrair fêmeas (Winn & Winn 1978, Tyack 1981, Smith *et al.* 2008) ou estabelecer hierarquias de dominância entre machos (Darling & Berube 2001).

O monitoramento acústico passivo foi usado neste estudo para tentar explicar como os lobos-guará utilizam os aulidos. Para tanto, foram gerados modelos matemáticos para explicar quantas vezes as sequências de aulidos são emitidas por noite e quantos aulidos os lobos emitem em cada sequência, analisando quais as variáveis são mais importantes para prever a taxa de emissão dos aulidos.

Hipóteses não mutuamente exclusivas referente às variáveis incluídas nos modelos e suas respectivas previsões (entre parênteses) são apresentadas a seguir. Estas hipóteses se aplicam tanto aos modelos para explicar a taxa de

emissão de sequências de aulidos por noite (NSEQ) quanto aos para explicar a taxa de emissão de aulidos por sequência (NVOC):

- **H1:** Machos usam os aulidos para defender territórios com recursos para atrair fêmeas e obter um bom sucesso reprodutivo, portanto possuem taxas de emissão de vocalizações maiores do que as das fêmeas (a variável “sexo” **SEXO** é importante, com a classe *macho* apresentando uma maior taxa de emissão);
- **H2:** Animais adultos mais jovens possuem maior vigor para defender territórios e portanto possuem taxas de emissão de vocalizações maiores do que as de animais mais velhos (a variável “idade” **IDAD** possui um efeito negativo);
- **H3:** O lobo-guará é uma espécie monoestral (Rodden *et al.* 2004, Rodden 2007) e os indivíduos interagem mais na época reprodutiva (inverno), portanto possuem taxas de emissão de vocalizações maiores em determinados dias do primeiro semestre do ano, quando as temperaturas caem (a variável “dia juliano” **DIA** possui valor negativo; a variável “temperatura mínima” **TMIN** possui um valor negativo; a interação **DIA\*TMIN** possui valor negativo).

## 2.2 - Materiais e Métodos

### 2.2.1 - Área de estudo e amostragem dos dados

A área de estudo e o método de amostragem de dados são os mesmos descritos no capítulo 1. Concomitante às gravações e o registro do comportamento, foram registrados os valores de temperatura mínima de cada sessão de gravação usando um medidor climático Kestrel 2000 (Nielsen-Kellerman Inc.).

### 2.2.2 - Análises espectrográficas

Os sons obtidos nas gravações foram analisados usando o software Raven Pro 1.3 (Cornell Lab of Ornithology) usando os parâmetros espectrográficos descritos no capítulo 1 (Cornell Lab of Ornithology 2008). O número de sequências de aulidos por noite e o número de aulidos por sequência de cada indivíduo foram contados para realizar as análises estatísticas.

### 2.2.3 - Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas usando o programa R versão 2.12.1 (R Development Core Team 2010). Duas variáveis dependentes foram estudadas: o “número de sequências de aulido por noite” **NSEQ** e o “número de aulidos por sequência” **NVOC**. As variáveis independentes analisadas foram: “sexo do indivíduo” **SEXO**, “idade do indivíduo” **IDAD**, “dia juliano” **DIA**, “temperatura mínima” **TMIN** e a interação entre as variáveis “dia juliano” e “temperatura mínima” **DIA\*TMIN** (tabela 2.2.2).

Para descobrir quais as variáveis independentes que possuem influência sobre as variáveis resposta foram usados modelos lineares generalizados (*Generalized Linear Models*) através da função `glm {stats}` com família Poisson para o NSEQ e gaussiana para NVOC. A variável categórica SEXO foi transformada em fator (*dummy variable*) usando a função `as.factor {base}` (classe MACHO = 1, classe FÊMEA = 0).

Tabela 2.2.2 – Descrição das variáveis independentes usadas nos modelos

Variável	Descrição
SEXO	Variável categórica que identifica o sexo dos indivíduos (2 classes)
IDAD	Variável contínua (inclui frações de ano) que descreve a idade dos indivíduos
DIA	Variável contínua contada a partir do primeiro dia do ano (dia juliano)
TMIN	Variável contínua que descreve a temperatura mínima registrada durante a sessão de observação em que houve a emissão vocal

Os modelos foram selecionados usando o Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc) (Akaike 1973, Burnham & Anderson 2002, 2004). Ao invés de escolher apenas um modelo como o melhor, foram eleitos vários bons modelos para uma análise mais apurada dos efeitos das variáveis estudadas. Os eleitos como os melhores para predizer cada variável resposta foram os modelos que apresentaram valor de  $\Delta AICc < 4$ , obtidos usando a função *aictab* {*AICcmodavg*} (Mazerolle 2011). Como o número de sequências de aulido por noite NSEQ possui uma distribuição de Poisson, houve a necessidade de se calcular o valor do parâmetro de sobredispersão, *i.e.* o Fator de Inflação da Variância (Hair *et al.* 1998), usando a função *c\_hat* {*AICcmodavg*}, e a análise retornou os valores de quasi-probabilidade análogos.

## 2.3 - Resultados

Foram gravados um total de 2321 aulidos, distribuídos em 185 sequências de aulidos (Tabela 2.3.1). Ao longo do ano, o número de sequências de aulidos por noite variou de 0-9 (N = 185;  $\bar{x}$  = 0.57; mediana = 0; distância interquartil (DIQ) = 1), e o número de aulidos por sequência variou de 3-46 (N = 2321;  $\bar{x}$  = 13.4; mediana = 12; DIQ = 9) (Figura 2.3.1).

Tabela 2.3.1 – Valores médios de vocalizações emitidas (aulidos e sequências de aulidos), registrados neste estudo.

Dias amostrados	Proestro			Anestro		
	40			20		
	Machos (N=2)	Fêmeas (N=4)	TOTAL	Machos (N=2)	Fêmeas (N=2)	TOTAL
Aulidos registrados	1124	888	2161	166	143	309
Sequências registradas	92	71	163	14	8	22
Sequências por noite	1.15	0.44	0.68	0.35	0.20	0.28
Vocalizações por sequência	12.2	12.5	13.3	11.9	17.9	14.0

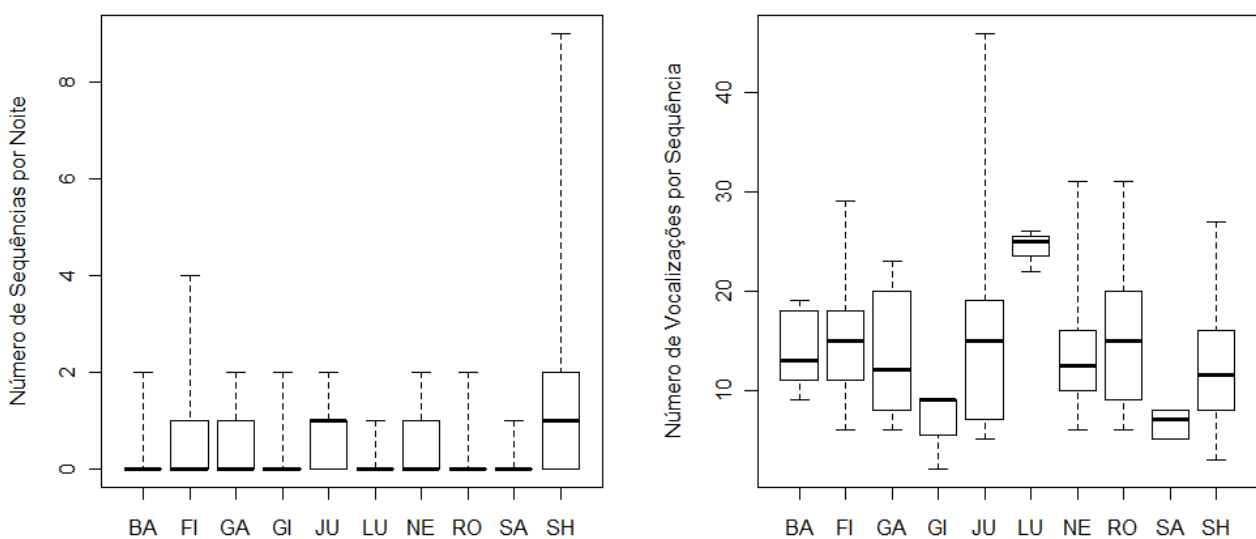


Figura 2.3.1 – Gráficos *boxplot* demonstrando os valores médios e a variância dos dados para as variáveis medidas, comparando-se os indivíduos.



### 2.3.1 – Taxa de emissão de sequências de aulidos por noite (NSEQ)

Todas as variáveis estão presentes nos melhores modelos encontrados para estimar a taxa de emissão de sequências de aulidos por noite, entretanto todos os modelos apresentaram valores elevados de Quasi-AICc (Tabela 2.3.2). Comparando estes modelos não houve grande diferença entre os intervalos de confiança estimados para cada variável (Tabela 2.3.3).

Tabela 2.3.2 – Seleção dos melhores modelos para descrever a emissão de sequências de vocalizações por noite (NSEQ), utilizando o Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc). Os melhores modelos são apresentados em negrito ( $\Delta AICc < 4$ ).

Modelos	N dos Parâmetros Estimados (K)	Quasi-AICc	Delta Quasi-AICc	Peso Quasi-AICc	Peso Quasi-AICc cumulativo	Quasi LnProb
<b>NSEQ = DIA+SEXO+IDAD+TMIN</b>	<b>6</b>	<b>455.92</b>	<b>0.00</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>-221.82</b>
<b>NSEQ = DIA+SEXO+IDAD+TMIN+DIA:TMIN</b>	<b>7</b>	<b>458.00</b>	<b>2.09</b>	<b>0.18</b>	<b>0.68</b>	<b>-221.82</b>
<b>NSEQ = DIA+SEXO+TMIN</b>	<b>5</b>	<b>458.65</b>	<b>2.73</b>	<b>0.13</b>	<b>0.81</b>	<b>-224.23</b>
<b>NSEQ = DIA+SEXO+IDAD</b>	<b>5</b>	<b>458.86</b>	<b>2.94</b>	<b>0.12</b>	<b>0.93</b>	<b>-224.33</b>
NSEQ = DIA+SEXO+TMIN+DIA:TMIN	6	460.73	4.81	0.05	0.98	-224.23
NSEQ = DIA+SEXO	4	461.50	5.58	0.02	1.00	-226.68
NSEQ = DIA + IDAD + TMIN	5	466.27	10.35	0.00	1.00	-228.04
NSEQ = DIA + IDAD + TMIN + DIA:TMIN	6	468.35	12.43	0.00	1.00	-228.04
NSEQ = DIA + IDAD	4	469.50	13.58	0.00	1.00	-230.69
NSEQ = DIA + TMIN	4	483.47	27.55	0.00	1.00	-237.67
NSEQ = DIA + TMIN + DIA:TMIN	5	485.53	29.61	0.00	1.00	-237.67
NSEQ = DIA	3	486.75	30.83	0.00	1.00	-240.34
NSEQ = SEXO + IDAD	4	486.94	31.02	0.00	1.00	-239.41
NSEQ = SEXO + IDAD + TMIN	5	488.10	32.19	0.00	1.00	-238.96
NSEQ = SEXO	3	491.66	35.74	0.00	1.00	-242.79
NSEQ = SEXO + TMIN	4	492.51	36.59	0.00	1.00	-242.19
NSEQ = IDAD	3	493.47	37.56	0.00	1.00	-243.70
NSEQ = IDAD + TMIN	4	495.07	39.16	0.00	1.00	-243.47
NSEQ = $\bar{X}_{NSEQ}$	2	510.12	54.21	0.00	1.00	-253.04
NSEQ = TMIN	3	511.77	55.85	0.00	1.00	-252.85

Tabela 2.3.3 – Coeficientes estimados e intervalos de confiança para cada variável presente nos melhores modelos eleitos para estimar o número de sequências emitidas por noite (NSEQ).

<b>DIA</b>				
	Valor Estimado	Erro Padrão	Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NSEQ = D+S+I+T	-0.009	0.001	-0.011	-0.006
NSEQ = D+S+I+T+D:T	-0.008	0.016	-0.039	0.024
NSEQ = D+S+T	-0.009	0.001	-0.012	-0.006
NSEQ = D+S+I	-0.007	0.001	-0.010	-0.005
<b>SEXO*</b>				
	Valor Estimado	Erro Padrão	Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NSEQ = D+S+I+T	0.691	0.167	0.363	1.019
NSEQ = D+S+I+T+D:T	0.691	0.167	0.363	1.019
NSEQ = D+S+T	0.927	0.149	0.634	1.220
NSEQ = D+S+I	0.700	0.168	0.371	1.028
<b>IDAD</b>				
	Valor Estimado	Erro Padrão	Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NSEQ = D+S+I+T	-0.078	0.030	-0.138	-0.019
NSEQ = D+S+I+T+D:T	-0.078	0.030	-0.138	-0.019
NSEQ = D+S+T	-	-	-	-
NSEQ = D+S+I	-0.077	0.030	-0.137	-0.018
<b>TMIN</b>				
	Valor Estimado	Erro Padrão	Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NSEQ = D+S+I+T	0.068	0.026	0.017	0.118
NSEQ = D+S+I+T+D:T	0.075	0.120	-0.160	0.311
NSEQ = D+S+T	0.067	0.026	0.017	0.118
NSEQ = D+S+I	-	-	-	-
<b>DIA:TMIN</b>				
	Valor estimado	Erro Padrão	Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NSEQ = D+S+I+T	-	-	-	-
NSEQ = D+S+I+T+D:T	-0.00005	0.00075	-0.00152	0.00142
NSEQ = D+S+T	-	-	-	-
NSEQ = D+S+I	-	-	-	-
<b>Intercepto</b>				
	Valor Estimado	Erro Padrão	Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NSEQ = D+S+I+T	-0.141	0.474	-1.070	0.789
NSEQ = D+S+I+T+D:T	-0.292	2.462	-5.118	4.534
NSEQ = D+S+T	-0.703	0.428	-1.542	0.137
NSEQ = D+S+I	0.814	0.303	0.220	1.407

Legenda: NVOC = Nº de Aulidos, T = Temp. Mínima, I = Idade, D = Dia, S = Sexo, D:T = Interação Dia/Temp. Mínima.

A variável SEXO sofreu transformação em fator (classe MACHO = 1, classe FÊMEA = 0) de modo que o coeficiente demonstre a diferença entre classes. Com intervalos de confiança de valores positivos para os coeficientes nos modelos selecionados, os resultados indicam que a classe MACHO possui uma taxa maior de emissão de sequências de aulidos por noite, o que corrobora a hipótese **H1** para a taxa de emissão de sequências de aulidos por noite (NSEQ).

A variável IDAD apresentou intervalos de confiança de valores negativos para seus coeficientes nos modelos selecionados. Estes resultados indicam que indivíduos mais jovens possuem maior taxa de emissão de sequências de aulidos por noite, o que corrobora a hipótese **H2** para NSEQ.

A variável DIA apresentou intervalos de confiança com apenas valores negativos para seus coeficientes em três dos quatro modelos selecionados. Enquanto isso, a variável TMIN apresentou intervalos de confiança com apenas valores positivos em dois dos três modelos selecionados que possuem esta variável. Já a interação das variáveis DIA:TMIN apresentou um intervalo de confiança com valores positivos e negativos, com uma tendência muito suave para a negatividade. Estes resultados corroboram parcialmente a hipótese **H3** para NSEQ.

O desvio residual dos melhores modelos foi bastante elevado, variando entre 388.68 e 395.95, enquanto o desvio residual do modelo mínimo (modelo em que apenas a média da variável resposta é usada como variável independente) foi de 479.09 com 319 graus de liberdade (Tabela 2.3.4). Isto significa que os modelos explicam pouco da variação dos dados, existindo boa parte da variância não explicada pelas variáveis incluídas nos modelos eleitos.

Tabela 2.3.4 – Desvios residuais com os respectivos graus de liberdade dos modelos de taxa de sequências emitidas por noite (NSEQ). Observe em negrito os valores para o modelo mínimo, que utiliza apenas a média dos valores observados como variável independente.

Modelo	Desvio Residual	Graus de Liberdade
NSEQ = D+S+I+T	388.69	315
NSEQ = D+S+I+T+D:T	388.68	314
NSEQ = D+S+T	395.65	316
NSEQ = D+S+I	395.95	316
<b>NSEQ = <math>\bar{X}_{NSEQ}</math></b>	<b>479.09</b>	<b>319</b>

### 2.3.2 – Taxa de emissão de aulidos por sequência (NVOC)

Todas as variáveis também estão presentes nos melhores modelos encontrados para estimar a taxa de emissão de aulidos por sequência, porém neste caso os valores de AICc dos modelos são ainda mais elevados (Tabela 2.3.5). Comparando estes modelos houve algumas pequenas diferenças entre os intervalos de confiança estimados, mas de modo geral cada variável exibe a tendência para um efeito positivo ou negativo (*i.e.* o intervalo de confiança possuir mais valores positivos ou negativos) (Tabela 2.3.6).

Tabela 2.3.5 – Seleção dos melhores modelos para descrever a taxa de emissão de aulidos por sequência (NVOC), utilizando o Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc). Os melhores modelos são apresentados em negrito ( $\Delta AICc < 4$ ).

Modelos	N dos Parâmetros Estimados (K)	AICc	Delta AICc	Peso AICc	Peso AICc cumulativo	LnProb
<b>NVOC = TMIN + IDAD</b>	<b>4</b>	<b>1213.49</b>	<b>0.00</b>	<b>0.18</b>	<b>0.18</b>	<b>-602.63</b>
<b>NVOC = TMIN + IDAD + DIA</b>	<b>5</b>	<b>1214.19</b>	<b>0.70</b>	<b>0.12</b>	<b>0.30</b>	<b>-601.93</b>
<b>NVOC = TMIN + IDAD + SEXO</b>	<b>5</b>	<b>1214.74</b>	<b>1.25</b>	<b>0.09</b>	<b>0.39</b>	<b>-602.20</b>
<b>NVOC = TMIN + IDAD + DIA + DIA:TMIN</b>	<b>6</b>	<b>1215.08</b>	<b>1.59</b>	<b>0.08</b>	<b>0.47</b>	<b>-601.31</b>
<b>NVOC = TMIN + SEXO</b>	<b>4</b>	<b>1215.46</b>	<b>1.97</b>	<b>0.07</b>	<b>0.54</b>	<b>-603.62</b>
<b>NVOC = TMIN + IDAD + DIA+SEXO</b>	<b>6</b>	<b>1215.47</b>	<b>1.98</b>	<b>0.07</b>	<b>0.61</b>	<b>-601.50</b>
<b>NVOC = IDAD</b>	<b>3</b>	<b>1215.70</b>	<b>2.21</b>	<b>0.06</b>	<b>0.67</b>	<b>-604.78</b>
<b>NVOC = TMIN + DIA + SEXO</b>	<b>5</b>	<b>1216.00</b>	<b>2.51</b>	<b>0.05</b>	<b>0.72</b>	<b>-602.83</b>
<b>NVOC = TMIN + IDAD + DIA + SEXO + DIA:TMIN</b>	<b>7</b>	<b>1216.19</b>	<b>2.70</b>	<b>0.05</b>	<b>0.77</b>	<b>-600.78</b>
<b>NVOC = IDAD + SEXO</b>	<b>4</b>	<b>1216.21</b>	<b>2.72</b>	<b>0.05</b>	<b>0.82</b>	<b>-603.99</b>
<b>NVOC = TMIN + DIA + SEXO + DIA:TMIN</b>	<b>6</b>	<b>1216.33</b>	<b>2.84</b>	<b>0.04</b>	<b>0.86</b>	<b>-601.93</b>
<b>NVOC = SEXO</b>	<b>3</b>	<b>1216.38</b>	<b>2.89</b>	<b>0.04</b>	<b>0.90</b>	<b>-605.12</b>
NVOC = IDAD + DIA	4	1217.50	4.01	0.02	0.92	-604.64
NVOC = SEXO + IDAD + DIA	5	1217.97	4.48	0.02	0.94	-603.82
NVOC= SEXO + DIA	4	1218.00	4.51	0.02	0.96	-604.89
NVOC = TMIN	3	1218.22	4.73	0.02	0.98	-606.04
NVOC = TMIN + DIA	4	1218.61	5.12	0.01	0.99	-605.19
NVOC = TMIN + DIA + DIA:TMIN	5	1219.14	5.65	0.01	1.00	-604.40
NVOC = $\bar{X}_{NVOC}$	2	1220.36	6.87	0.00	1.00	-608.14
NVOC = DIA	3	1222.00	8.52	0.00	1.00	-607.94

Tabela 2.3.6 – Coeficientes estimados e intervalos de confiança para cada variável presente nos melhores modelos eleitos para estimar o número de aulidos emitidos por sequência (NVOC).

	<b>DIA</b>			
	Valor Estimado	Erro Padrão	Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NVOC = T+I	-	-	-	-
NVOC = T+I+D	0.009	0.007	-0.006	0.023
NVOC = T+I+S	-	-	-	-
NVOC = T+I+D+D:T	-0.084	0.085	-0.250	0.082
NVOC = T+S	-	-	-	-
NVOC = T+I+D+S	0.009	0.007	-0.006	0.023
NVOC = I	-	-	-	-
NVOC = T+D+S	0.009	0.007	-0.005	0.024
NVOC = T+I+D+S+D:T	-0.091	0.085	-0.257	0.075
NVOC = I+S	-	-	-	-
NVOC = T+D+S+D:T	-0.103	0.085	-0.269	0.063
NVOC = S	-	-	-	-
<b>SEXO</b>				
	Valor Estimado	Erro Padrão	Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NVOC = T+I	-	-	-	-
NVOC = T+I+D	-	-	-	-
NVOC = T+I+S	-1.050	1.144	-3.291	1.192
NVOC = T+I+D+D:T	-	-	-	-
NVOC = T+S	-2.106	0.958	-3.982	-0.229
NVOC = T+I+D+S	-1.046	1.142	-3.285	1.193
NVOC = I	-	-	-	-
NVOC = T+D+S	-2.068	0.957	-3.943	-0.193
NVOC = T+I+D+S+D:T	-1.157	1.145	-3.401	1.088
NVOC = I+S	-1.416	1.135	-3.640	0.808
NVOC = T+D+S+D:T	-2.109	0.955	-3.981	-0.237
NVOC = S	-2.347	0.952	-4.214	-0.481

Legenda: NVOC = Nº de Aulidos, T = Temp. Mínima, I = Idade, D = Dia, S = Sexo, D:T = Interação Dia/Temp. Mínima.

Tabela 2.3.6 – (Continuação)

	Valor Estimado	Erro Padrão	IDAD	
			Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NVOC = T+I	0.415	0.159	0.104	0.726
NVOC = T+I+D	0.405	0.159	0.094	0.716
NVOC = T+I+S	-	-	-	-
NVOC = T+I+D+D:T	0.394	0.159	0.082	0.705
NVOC = T+S	-	-	-	-
NVOC = T+I+D+S	0.309	0.191	-0.065	0.682
NVOC = I	0.417	0.160	0.103	0.731
NVOC = T+D+S	-	-	-	-
NVOC = T+I+D+S+D:T	0.286	0.191	-0.089	0.661
NVOC = I+S	0.286	0.191	-0.088	0.661
NVOC = T+D+S+D:T	-	-	-	-
NVOC = S	-	-	-	-
			TMIN	
	Valor Estimado	Erro Padrão	Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NVOC = T+I	-0.299	0.145	-0.582	-0.016
NVOC = T+I+D	-0.350	0.151	-0.645	-0.055
NVOC = T+I+S	-0.276	0.147	-0.563	0.012
NVOC = T+I+D+D:T	-1.018	0.625	-2.243	0.207
NVOC = T+S	-0.254	0.147	-0.542	0.034
NVOC = T+I+D+S	-0.327	0.153	-0.627	-0.027
NVOC = I	-	-	-	-
NVOC = T+D+S	-0.309	0.153	-0.609	-0.009
NVOC = T+I+D+S+D:T	-1.043	0.625	-2.268	0.183
NVOC = I+S	-	-	-	-
NVOC = T+D+S+D:T	-1.116	0.626	-2.342	0.110
NVOC = S	-	-	-	-

Legenda: NVOC = Nº de Aulidos, T = Temp. Mínima, I = Idade, D = Dia, S = Sexo, D:T = Interação Dia/Temp. Mínima.

Tabela 2.3.6 – (Continuação)

	<b>DIA:TMIN</b>			
	Valor estimado	Erro Padrão	Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NVOC = T+I	-	-	-	-
NVOC = T+I+D	-	-	-	-
NVOC = T+I+S	-	-	-	-
NVOC = T+I+D+D:T	0.005	0.004	-0.004	0.013
NVOC = T+S	-	-	-	-
NVOC = T+I+D+S	-	-	-	-
NVOC = I	-	-	-	-
NVOC = T+D+S	-	-	-	-
NVOC = T+I+D+S+D:T	0.005	0.004	-0.003	0.013
NVOC = I+S	-	-	-	-
NVOC = T+D+S+D:T	0.006	0.004	-0.003	0.014
NVOC = S	-	-	-	-
<b>Intercepto</b>				
	Valor Estimado	Erro Padrão	Intervalo de Confiança	
			Limite Inferior	Limite Superior
NVOC = T+I	16.104	2.689	10.834	21.374
NVOC = T+I+D	15.760	2.702	10.465	21.055
NVOC = T+I+S	16.865	2.815	11.348	22.383
NVOC = T+I+D+D:T	29.165	12.469	4.726	53.603
NVOC = T+S	18.918	2.545	13.930	23.906
NVOC = T+I+D+S	16.520	2.827	10.978	22.061
NVOC = I	10.962	1.031	8.940	12.983
NVOC = T+D+S	18.486	2.565	13.459	23.513
NVOC = T+I+D+S+D:T	31.013	12.602	6.314	55.712
NVOC = I+S	12.523	1.620	9.347	15.698
NVOC = T+D+S+D:T	34.639	12.409	10.318	58.961
NVOC = S	14.696	0.721	13.283	16.109

Legenda: NVOC = Nº de Aulidos, T = Temp. Mínima, I = Idade, D = Dia, S = Sexo, D:T = Interação Dia/Temp. Mínima.

A variável SEXO apresentou intervalos de confiança tendendo para valores negativos. Estes resultados indicam que a classe MACHO possui uma taxa menor de emissão de aulidos por sequência, o que não oferece suporte à hipótese **H1** para a taxa de emissão de aulidos por sequência (NVOC).

A variável IDAD apresentou intervalos de confiança tendendo para valores positivos. Estes resultados indicam que indivíduos mais jovens possuem menor taxa de emissão de aulidos por sequência, o que não oferece suporte à hipótese **H2** para NVOC.

A variável DIA apresentou intervalos de confiança tendendo tanto para valores positivos quanto para valores negativos (ambas situações com três modelos selecionados). Enquanto isso, a variável TMIN apresentou intervalos de confiança tendendo para valores negativos. Já a interação das variáveis DIA:TMIN apresentou um intervalo de confiança com valores positivos. Estes resultados corroboram parcialmente a hipótese **H3** para NVOC.

Finalmente, o desvio residual dos melhores modelos foi bastante elevado, variando entre 7168.10 e 7512.80, enquanto o desvio residual do modelo mínimo (modelo em que apenas a média da variável resposta é usada como variável independente) foi de 7762.20 com 184 graus de liberdade (Tabela 2.3.7). Isto significa que estes modelos também explicam muito pouco da variação dos dados, existindo boa parte da variância não explicada pelas variáveis incluídas nos modelos eleitos.



Tabela 2.3.7 – Desvios residuais com os respectivos graus de liberdade dos modelos de taxa de aulidos emitidos por sequência (NVOC). Observe em negrito os valores para o modelo mínimo, que utiliza apenas a média dos valores observados como variável independente.

Modelo	Desvio Residual	Graus de Liberdade
NVOC = T+I	7313.20	182
NVOC = T+I+D	7257.50	181
NVOC = T+I+S	7279.30	181
NVOC = T+I+D+D:T	7208.90	180
NVOC = T+S	7391.40	182
NVOC = T+I+D+S	7223.90	180
NVOC = I	7485.00	183
NVOC = T+D+S	7329.10	181
NVOC = T+I+D+S+D:T	7168.10	179
NVOC = I+S	7421.40	182
NVOC = T+D+S+D:T	7257.70	180
NVOC = S	7512.80	183
<b>NVOC = <math>\bar{X}_{NVOC}</math></b>	<b>7762.20</b>	<b>184</b>

## 2.4 – Discussão

Analisando os resultados referentes à taxa de emissão de sequências de vocalização por noite (NSEQ), constatou-se que indivíduos machos e mais jovens possuem taxas de emissão mais elevadas do que suas contrapartes fêmeas e mais maduras. Além disso, também constatou-se o efeito do período do ano e algum efeito deste com a temperatura sobre as taxas de emissão, apesar do efeito oposto observado pela variável TMIN sozinha. A presença destes dois efeitos combinados indica que a taxa de emissão de sequências de vocalizações é maior no inverno, estação do ano que coincide com o período reprodutiva dos lobos-guará. Neste contexto, é possível que a sugestão de Kleiman (1972) esteja correta e a emissão de sequências de aulidos seja usada para manter o espaçamento entre lobos do mesmo sexo, e talvez também atrair lobos do sexo oposto.

Ainda assim, os valores de desvio residual dos modelos selecionados para explicar a taxa de emissão de sequências de aulidos indicam que parte da variância ainda não foi explicada. Como a NSEQ aparenta estar mais relacionada com o estado reprodutivo dos animais, é possível que a inclusão de variáveis que indiquem mais precisamente este estado possa refinar a capacidade preditiva do modelo, como por exemplo o nível hormonal no sangue, nas fezes ou inferências comportamentais sobre níveis de interação entre machos e fêmeas.

Analisando as variáveis que possuem influência sobre a taxa de emissão de vocalizações por sequência (NVOC), a primeira vista os resultados apresentados apontam que a maior taxa de emissão é realizada por fêmeas mais velhas, fora do período de estro. Entretanto, os elevados valores de desvio residual indicam que as variáveis observadas contribuem muito pouco para explicar a variação encontrada nos dados. Soma-se a isto o fato que os dados brutos de média de emissão (tabela 2.3.1 e figura 2.3.1) demonstram que com exceção de uma fêmea, a NVOC é bastante semelhante quando comparados sexos e períodos do ano.

A partir deste conjunto de evidências, sugere-se que NVOC está mais intimamente ligado ao contexto comportamental em que ocorrem. Provavelmente as variáveis mais importantes estão relacionadas às características da situação

em que vocalizaram, refletindo seus estados de ânimo e os níveis de estímulo ao qual são submetidos durante a emissão da sequência de vocalizações (e.g. um emissor pode prolongar sua sequência de vocalizações em resposta aos outros lobos emissores, aumentando o número de aulidos emitidos). Portanto, é possível que a inclusão de informações sobre as interações vocais como o número de lobos envolvidos no coro, seus respectivos sexos e quanto tempo permanecem respondendo ao emissor, possa refinar a capacidade preditiva deste modelo.

A taxa de emissão de sequências de aulidos e de aulidos por sequência foi maior durante o inverno (que abrange o proestro) do no verão. Resultados semelhantes foram encontrados para a raposa-vermelha *Vulpes vulpes* (Newton-Fisher *et al.* 1993). Segundo Newton-Fisher *et al.* (1993) durante o inverno, que também corresponde ao período de reprodução das raposas, o rigoroso sistema territorial desta espécie é perturbado: machos invadem territórios adjacentes procurando oportunidades de acasalamento e fêmeas se movimentam perto dos limites dos territórios, provavelmente marcando-os com cheiro para atrair machos vizinhos. Este fenômeno o aumenta a quantidade de interações intraespecíficas, tornando a defesa territorial mais ativa e as taxas de vocalização mais elevadas (White 1992 apud Newton-Fisher *et al.* 1993).

Fenômeno parecido foi observado nos coiotes *Canis latrans*. Quando há redução da disponibilidade de presas pela dificuldade em detectá-las em determinados períodos do mês, há um aumento na taxa de invasão de territórios por outros indivíduos (Bekoff & Wells 1986). Isto também pode estar ocorrendo com os lobos-guará, pois mesmo este estudo abranger apenas animais em cativeiro o que somado à confirmação da presença de parâmetros acústicos nos aulidos que podem ser usados para discriminar indivíduos (capítulo 3), indicam que o aulido provavelmente é usado para alardear a presença e localização do indivíduo, sua dominância sobre o território e sobre os recursos presentes nele, especialmente no período reprodutivo, de modo a repelir indivíduos do mesmo sexo e atrair os de sexo oposto.

Em resumo, as informações obtidas neste estudo trazem novas pistas a respeito da função dos aulidos. Os resultados indicam que os aulidos são usados tanto no proestro quanto no anestro, com a taxa de uso das sequências e a sua duração influenciadas por variáveis distintas: enquanto o número de sequências

emitidas por noite possui um padrão de variação influenciado pelo tempo (sazonal), com evidências de que esta variação seja regida pela estação reprodutiva da espécie, o número de vocalizações emitidas por sequência parece ser dependente de características mais relacionadas ao contexto e ao estado de motivação de cada indivíduo no momento em que ocorrem.

A confirmação do uso dos aulidos *in situ* com as funções sugeridas neste estudo pode contribuir muito para o entendimento do comportamento do lobo-guará e dos processos que orientam o seu sucesso reprodutivo. Compreendendo este aspecto da biologia da espécie será possível usar ferramentas acústicas na conservação e no manejo desta espécie ameaçada.

Algumas possibilidades de manejo seriam expor animais em cativeiro à gravações (*playbacks*) de aulidos para enriquecimento ambiental ou tentar estimular as fêmeas através de sons de machos para aumentar o número de montas de sucesso. *Playbacks* de vocalizações podem também ser usadas em limites das áreas protegidas ou na interface de áreas preservadas e urbanas, para tentar repelir indivíduos e prevenir a predação de animais de criação ou atropelamento em estradas. Seria importante também compreender melhor como a sinalização acústica de longa distância (com informação sobre a identidade e motivação do emissor) poderia afetar as relações de parentesco e de territorialidade, i.e. como poderia estar influenciando o processo de dispersão de jovens e a ocupação do espaço pela população.

Por fim, o lobo-guará é uma exceção à regra entre os canídeos pois se trata de uma espécie solitária, onívora e de grande porte. Avanços no estudo do seu comportamento social podem alavancar progressos na compreensão de todo o táxon, ao elucidar algumas das diversas soluções encontradas para lidar com as diferentes pressões evolutivas às quais os canídeos estão submetidos.

## 2.5 – Referências Bibliográficas

- Akaike, H. 1973.** Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. 267-281 In: B. N. Petrov and F. Csaki, (Eds). *Second international symposium on information theory*. Akademiai Kiado, Budapest, Hungary.
- Bekoff, M. & Wells, M.C. 1986.** Social ecology and behaviour of coyotes. *Advances in the Study of Behavior*, **16**, 251-338.
- Bradbury, J. W. & Vehrencamp, S. L. 1998.** Principles of Animal Communication.—Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Brady, C. A. 1981.** The vocal repertoires of the bush dog (*Speothos venaticus*), crab-eating fox (*Cerdocyon thous*), and maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*). *Animal Behaviour*, **29**, 649-669.
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R. 2002.** Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach, 2nd ed. Springer-Verlag.
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R. 2004.** Multimodel inference: understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods and Research*, **33**, 261-304.
- Cohen, J. A. & Fox, M. W. 1976.** Vocalizations of wild canids and possible effects of domestication. *Behavioural Processes*, **1**, 77-92.
- Cornell Lab of Ornithology. 2008.** Raven Pro 1.3 User's Manual. <<http://www.birds.cornell.edu/brp/raven/Raven13UsersManual.pdf>>
- Darling, J. D. & Berube, M. 2001.** Interactions of singing humpback whales with other males. *Marine Mammal Science*. **17**, 570-584.
- Fox, M. W. 1975.** Evolution of social behaviour in canids. In: Fox, M.W. (Ed.). *The Wild Canids*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. & Black, W. C. 1998.** Multivariate Data Analysis. 5<sup>th</sup> ed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc.
- Kleiman, D. G. 1972.** Social behavior of the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) and the bush dog (*Speothos venaticus*): a study in contrast. *Journal of Mammalogy*, **53**, 791-806.
- Machado, A. B. M., Drummond, G. M. & Paglia, A. P. 2008.** Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.
- Mazerolle, M. J. 2011.** AICcmodavg-package help file. < <http://cran.r-project.org/web/packages/AICcmodavg/AICcmodavg.pdf>>.

- MMA, 2003.** Ministério do Meio Ambiente (Brasília, BR). Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. <<http://www.mma.gov.br/port/sbf/fauna/index.cfm>>
- Newton-Fisher, N., Harris, S., White, P. & Jones, G. 1993.** Structure and function of red fox *Vulpes vulpes* vocalizations. *Bioacoustics*, **5(1-2)**, 1-31.
- Paula, R. C., Medici, P. & Morato, R. G. 2008.** Plano de Ação para a Conservação do Lobo-Guará - Análise de Viabilidade Populacional e de Habitat. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas para Conservação dos Predadores Naturais - CENAP/ICMBio.
- Payne, R. S. & McVay, S. 1971.** Songs of humpback whales. *Science*. **173**, 585-597.
- R Development Core Team. 2010.** R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <<http://www.R-project.org/>>
- Rodden, M., Rodrigues, F. H. G. & Bestelmeyer, S. 2004.** Maned Wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) In: Canids: Foxes, Wolves, Jackals and Dogs (C. Sillero-Zubiri, M. Hoffmann & D. W. MacDonald, eds.). IUCN/SSC Canid Specialist Group press. Cambridge, UK.
- Rodden, M. 2007. (Eds).** Manual de manejo do lobo-guará. *Maned Wolf Species Survival Plan*. 94p.
- Rodden, M., Rodrigues, F. & Bestelmeyer, S. 2008.** *Chrysocyon brachyurus*. In: *IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1*. <<http://www.iucnredlist.org>>.
- Sábato, V. 2008.** Variação Temporal da Atividade Vocal de Baleias Jubarte, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) na Área de Reprodução da Região do Arquipélago de Abrolhos (Bahia, Brasil). Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Minas Gerais, MG. 21p.
- Smith, J. N., Goldizen, A. W., Dunlop, R. A. & Noad, M. J. 2008.** Songs of male humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, are involved in intersexual interactions. *Animal Behaviour*. **76**, 467-477.
- Tembrock, G. 1976.** Canid vocalizations. *Behavioural Processes*, **1**, 57-75.
- Tyack, P. L. 1981.** Interactions between singing Hawaiian humpback whales and conspecifics nearby. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. **8**, 105-116.
- White, P. C. L. 1992.** Spacing and contact behavior in an urban fox (*Vulpes vulpes*) population. PhD thesis. University of Bristol. In: Newton-Fisher, N., Harris, S., White, P. & Jones, G. 1993. Structure and function of red fox *Vulpes vulpes* vocalizations. *Bioacoustics*, **5(1-2)**, 1-31.

**Winn, H. E. & Winn, L. K. 1978.** The song of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the West Indies. *Marine Biology*. **47**, 97-114.

### Capítulo 3 – Informações sobre o sexo e a identidade do emissor em vocalizações de longa distância do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815)

#### Resumo

A presença de informações nos sinais acústicos que permitam a discriminação individual, conhecida como *assinatura vocal*, é uma característica importante pois presumidamente beneficia emissores e receptores, podendo ser usada para evitar o mau direcionamento do cuidado parental, restabelecer o contato entre indivíduos e seus filhotes ou parceiros e auxiliar na resolução de conflitos. A evidência empírica da existência de assinatura vocal nas vocalizações de longa distância do lobo-guará que permitam a discriminação individual já foi reportada anteriormente. O objetivo deste estudo foi descrever os parâmetros acústicos do aulido que codificam informações a respeito da identidade e do sexo dos lobos-guará. Foram analisados 725 aulidos de 10 lobos-guará adultos, medidos por dez variáveis: duração da vocalização, frequência de maior energia, localização da amplitude máxima, localização do terceiro quartil de energia no domínio do tempo, localização do terceiro quartil de energia no domínio da frequência e frequência do primeiro subharmônico (i.e. o subharmônico de frequência inferior à frequência fundamental), limites inferior e superior da frequência do primeiro subharmônico, variação da frequência do primeiro subharmônico, e duração do primeiro subharmônico. A análise discriminante quadrática indicou 80.6% de classificações corretas para a discriminação da identidade e 89.4% para a discriminação do sexo do indivíduo. As variáveis mais importantes para a discriminação da identidade estão relacionadas com o domínio da frequência (limites superior e inferior da frequência fundamental), enquanto para a discriminação do sexo estão relacionadas com o domínio do tempo (duração da vocalização). Também se almejou definir o número mínimo de aulidos necessário para se alcançar o máximo de eficiência discriminatória, para estabelecer o esforço amostral mínimo a ser feito em censos acústicos. Os resultados indicam um esforço mínimo de 24 noites de amostragem durante o proestro e 60 noites de amostragem durante o anestro para cada 100 km<sup>2</sup>.



### **Chapter 3 – Information about the sex and identity of the emitter in the long-distance calls of the maned wolf *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815)**

#### **Abstract**

The presence of information in the acoustic signals that allows individual discrimination, also known as *vocal signature*, is an important feature because it presumably benefits emitters and receivers, as it may be used to avoid misdirection of parental care, reestablish contact between an individual and its pups or mate or assist conflict resolution. Empirical evidence of the existence of vocal signature in the maned wolf roar-bark has been reported previously. The objective of this study was to describe the acoustic parameters that encode information about the identity and sex of the maned wolves. 725 calls from 10 adult maned wolves were measured using ten variables: vocal duration, peak frequency, maximum amplitude location, 3<sup>rd</sup> quartile time location, 3<sup>rd</sup> quartile frequency location, 1<sup>st</sup> subharmonic frequency (i.e. the subharmonic with a frequency lower than the fundamental frequency), 1<sup>st</sup> subharmonic lower and higher frequency limit, 1<sup>st</sup> subharmonic delta frequency and 1<sup>st</sup> subharmonic duration. The quadratic discriminant analysis with bootstrap cross-validation demonstrated 80.6% of correct assignment for the individual discrimination and 89.4% for the sex discrimination. The most important variables to establish individual discrimination were frequency-related (lower and higher fundamental frequency limits), whereas to sex discrimination the variables were time-related (vocal duration). The quadratic discriminant analysis was also used to determine the minimal roar-bark samples required to reach maximum discriminatory efficiency, to establish the minimum sampling effort necessary to perform an acoustic census. The results indicated that the minimum sampling effort is 24 sampling nights during proestrous and 60 sampling nights during anestrus for each 100 km<sup>2</sup>.

### 3.1 - Introdução

Os sinais de comunicação animal frequentemente carregam consigo informações a respeito do emissor como seu estado de motivação, sexo, idade e identidade (Halliday & Slater 1983). Os sinais acústicos não são exceção à regra, e estas informações podem estar codificadas em parâmetros como a duração, a amplitude, a frequência, a razão harmônico-para-ruído e na taxa de emissão das vocalizações.

A presença de informações nos sinais acústicos que permitam a discriminação individual, frequentemente referida como *assinatura vocal*, é um fenômeno bem documentado já registrado em aves (e.g. Falls 1982) e em diversos grupos de mamíferos, como primatas (e.g. Marler & Hobbett 1975), quirópteros (e.g. Balcombe 1990), ungulados (e.g. Reby *et al.* 2001), cetáceos (e.g. Sayigh *et al.* 1998), sirênios (e.g. Sousa-Lima *et al.* 2002, 2008), pinípedes (e.g. Insley *et al.* 2003), proboscídeos (e.g. McComb *et al.* 2003), roedores (e.g. Kober *et al.* 2008), carnívoros (e.g. Mathevon *et al.* 2010), e sugere-se que seja uma característica universal (Falls 1982). Esta característica é importante pois as informações que transmite presumidamente beneficiam emissores e receptores, ao oferecer vantagens adaptativas como: evitar o mau direcionamento do cuidado parental, restabelecer o contato entre filhotes e os verdadeiros pais, escolher e encontrar o melhor parceiro sexual e auxiliar na resolução de conflitos intra e interespecíficos prevenindo agressões (Bradbury & Vehrencamp 1998).

Em canídeos, o hábito crepuscular ou noturno faz com que sinais visuais só sejam eficientes a pequenas distâncias, portanto Fox (1975) sugere que uma compensação auditiva seria esperada e adaptativa neste animais. Algumas vocalizações dos canídeos apresentam assinatura vocal, tipicamente associada às vocalizações de longa distância, como documentado em lobos-cinzentos *Canis lupus lupus* (Tooze 1990), cães-selvagens-asiáticos *Cuon alpinus* (Durbin 1998), raposas-orelhudas *Vulpes velox* (Darden *et al.* 2003), raposas-do-ártico *Alopex lagopus* (Frommolt *et al.* 1997), cães-domésticos *Canis lupus familiaris* (Yin & McCowan 2004), cães-selvagens-africanos *Lycaon pictus* (Hartwig 2005), coiotes *Canis latrans* (Mitchell *et al.* 2006), lobos-cinzentos-ibéricos *Canis lupus signatus* (Palacios *et al.* 2007). Esta presença frequente em canídeos é um indício de que a

capacidade de discriminar indivíduos através de suas vocalizações e as vantagens associadas podem ter um valor adaptativo importante para estas espécies. Para o lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* ainda não existem estudos sobre a presença de assinatura vocal, porém Brady (1981) observou variação interindividual no chamado de longa distância dos lobos e sugeriu que este tipo de vocalização pode ser utilizada para identificação individual.

A assinatura vocal e seu uso para a discriminação individual geralmente evoluem em situações em que a falha na identificação correta do emissor (filhote, parceiro, competidor) gera a redução do *fitness* do receptor e, simultaneamente, a falha em ser identificado corretamente pelo receptor como o emissor certo gera a redução do *fitness* do emissor (Bradbury & Vehrencamp 1998). Estas situações normalmente envolvem o risco de mau direcionamento do cuidado parental, comum em espécies que se organizam em grandes colônias como pinguins (Jouventin *et al.* 1999), morcegos (Fanis & Jones 1996) e pinípedes (Charrier & Harcourt 2006), ou a importância de se diferenciar indivíduos que estejam vocalizando em territórios vizinhos dos que estejam invadindo o seu território, otimizando a energia gasta na defesa de recursos, como observado em raposas-do-ártico (Frommolt *et al.* 2003).

O lobo-guará é um animal hábito territorialista, solitário e noturno, que interage com coespecíficos com pouca frequência (Dietz 1984, Rodden *et al.* 2004). Indivíduos possuem uma área de vida grande (20-115 km<sup>2</sup>) (Dietz 1984, Silveira 1999, Carvalho & Vasconcellos 1995, Rodrigues 2002, Mantovani 2001, Trolle *et al.* 2007) e vivem em baixas densidades populacionais (1.56-3.64 indivíduos por 100 km<sup>2</sup>) (Trolle *et al.* 2007).

É uma espécie monógama facultativa (Rodden *et al.* 2004). O casal partilha a mesma área de vida (Dietz 1984, Rodrigues 2002) mas só passam uma considerável quantidade de tempo juntos durante o período reprodutivo (Brady 1981). Neste período dão à luz a ninhadas pequenas (1-7 indivíduos,  $\bar{x}$  = 3) (Maia & Gouveia 2002) cujos filhotes acompanham os pais por aproximadamente um ano antes de começarem a se dispersar (Rodden *et al.* 2004). A demarcação do território é feita através de marcação de odor através de urina e fezes (Bestelmeyer 2000), e há evidências de que sua vocalização de longa distância, o aulido, também seja usada como um mecanismo de separação espacial (Kleiman 1972).

Por ser um animal solitário, de baixa densidade populacional e que interage pouco com outros indivíduos, é possível que as pressões seletivas para a evolução da assinatura vocal no lobo-guará sejam baixas. Entretanto, Brady (1981) sugere que as vocalizações de longa distância do lobo-guará, o aulido, possui variações individuais que poderiam ser usadas para o reconhecimento individual, possibilidade que foi verificada empiricamente por inspeção aural (capítulo 1).

Portanto, como o lobo-guará possui um hábito noturno, gera poucos filhotes por ninhada, necessita de diferenciar o parceiro de outros lobos invasores que possam entrar no território do casal e só interage mais intensamente com indivíduos do sexo oposto durante o proestro e o estro, é possível que a assinatura vocal tenha evoluído no aulido para manter os filhotes próximos e à salvo de ameaças, otimizar o uso de energia destinado a defesa do território, encontrar um indivíduo do sexo oposto ou reunir um casal pré-estabelecido durante o período reprodutivo.

A confirmação da presença da assinatura vocal no aulido através da identificação dos parâmetros acústicos que a definem abre a possibilidade do uso de ferramentas acústicas para realização de estudos menos invasivos e mais precisos, reduzindo a necessidade de captura para obter informações sobre o tamanho e dinâmica populacional, e o uso da área, e a interação entre coespecíficos. Além disso, com o uso de equipamentos de gravação autônoma é possível reduzir ao máximo o efeito da presença humana para obter informações mais fidedignas sobre o comportamento do lobo-guará.

Desta maneira, o objetivo deste estudo foi encontrar e descrever os parâmetros acústicos do aulido que codificam informações a respeito da identidade e do sexo dos lobos-guará. Também se almejou definir o esforço amostral mínimo (número mínimo de aulidos) para se alcançar o máximo de eficiência discriminatória (valores máximos para a taxa de discriminações corretas), de modo a estabelecer critérios de amostragem (duração média mínima das campanhas de gravação) que sirvam de referência para a aplicação da identificação acústica individual de lobo-guará *in situ*.

## 3.2 - Materiais e Métodos

### 3.2.1 - Área de estudo e amostragem dos dados

A área de estudo e o método de amostragem de dados são os mesmos descritos no capítulo 1. O heredograma demonstrando as relações de parentesco entre os lobos está representado na figura 3.2.1.

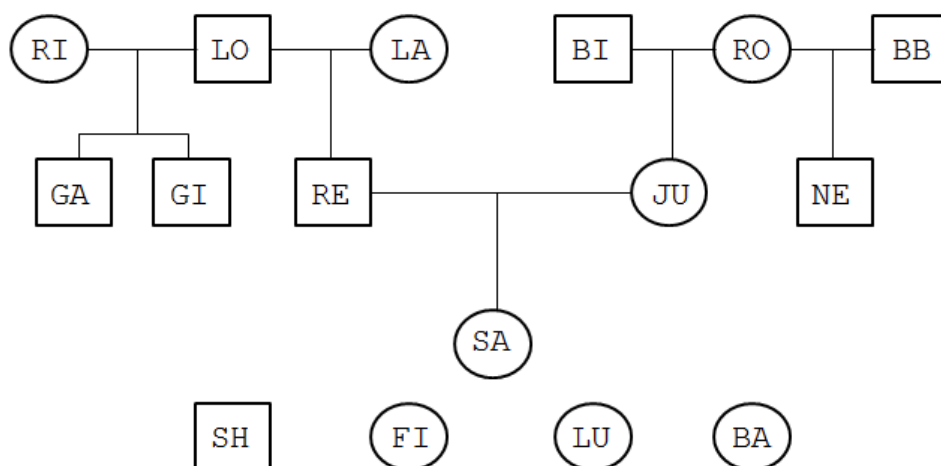


Figura 3.2.1 – Heredograma demonstrando as relações de parentesco entre os lobos estudados. Quadrados representam machos e círculos representam fêmeas: RI – Rita, LO – Lobão, LA – Lobinha, BI – Bibi, RO – Roxinha, BB – Barbacena, GA – Guaraná, GI – Guarani, RE – Rêmulos, JU – Juju, NE – Neon, SA – Santana. Os lobos SH – Shrek, FI – Fiona, LU – Lua e BA – Baronesa não possuem nenhuma relação de parentesco com outros lobos.

### 3.2.2 - Análises espectrográficas

Apenas os aulidos do lobo-guará foram analisados para tentar discriminar a identidade e o gênero dos lobos-guará. Este tipo de vocalização foi escolhido por ser uma vocalização conspícua, de amplitude alta e emitida em sequências que variam de 3 a 46 sons, usada para comunicação à longa distância ao longo da noite e madrugada (capítulo 1, Brady 1981). Foram excluídas as vocalizações onde houve sobreposição de dois ou mais sons e aquelas de baixa razão sinal-para-ruído.

As análises e extração das variáveis acústicas dos aulidos selecionados foram feitas usando o programa Raven Pro 1.3 (Cornell Lab of Ornithology), usando os parâmetros espectrográficos descritos no capítulo 1.

Em ambos os locais de amostragem houve a interferência de sons de fonte antrópica nas gravações, devido a proximidade com a metalurgia no CC-CBMM e

com um transformador de energia no ZOO-USIPA. Esta interferência é visível como um som de larga banda de frequência entre os 4500 e os 6000 Hz nos espectrogramas de várias das gravações. Por este motivo foi escolhido o valor de 4000 Hz como limite superior das seleções feitas nos sons de interesse, para remover qualquer influência desses sons espúrios nas medidas realizadas.

Para realizar as medições desejadas foram feitas duas caixas de seleção por vocalização, uma selecionando toda a vocalização contida até o limite superior de 4000 Hz (denominada “4kHz”) e outra selecionando apenas o primeiro subharmônico (i.e. o subharmônico de frequência inferior à frequência fundamental, denominado “sub1”). As variáveis medidas estão apresentadas e descritas na tabela 3.2.1. Informações adicionais sobre como estas variáveis são calculadas se encontram no manual do usuário do software Raven Pro 1.3 (Cornell Lab of Ornithology 2008).

### 3.2.3 - Análises estatísticas

#### 3.2.3.1 – Discriminação do sexo e da identidade

As análises estatísticas foram realizadas usando o programa R versão 2.12.1 (R Development Core Team 2010). As variáveis medidas nos audios foram testadas quanto a distribuição multivariada e univariada usando o teste de Shapiro-Wilk, usando as funções `mshapiro.test` `{mvnormtest}` e `shapiro.test` `{stats}` respectivamente, e quanto a homogeneidade de variâncias entre os fatores de agrupamento (lobos) usando o teste de Brown–Forsythe (Zar 1999) usando `hov` `{HH}`. Então o grau de correlação entre variáveis foi investigado através uma matriz de coeficientes de correlação de postos de Spearman (Zar 1999), para identificar variáveis passíveis de serem removidas da função discriminante. Valores de rho superiores a  $\pm 0.80$  foram escolhidos como limite para definir a exclusão de uma das variáveis correlacionadas.

Para realizar a análise discriminante com o intuito de definir a capacidade de discriminar a identidade dos indivíduos baseando-se apenas em suas vocalizações, foi utilizada a análise discriminante quadrática (*Quadratic Discriminant Analysis*) através da função `qda` `{MASS}`, pois esta análise não pressupõe a homogeneidade

Tabela 3.2.1 - -As variáveis medidas e suas respectivas siglas, descrições e nomes das medidas como constam no programa Raven Pro 1.3.

Variável	Sigla	Descrição
Duração da Vocalização	VOD	Duração da vocalização em segundos. Medida usando <i>Delta Time (s)</i>
Frequência de maior energia	PFQ	Banda de frequência com maior energia. Medida usando <i>Peak Frequency (Hz)</i>
Localização da amplitude máxima	MAL	Momento na duração total da vocalização em que a amplitude é máxima. Assume valores de 0 a 1 (adimensional). Medida usando a fórmula: $MAL_N = \frac{Max\ Time_N - Begin\ Time_N}{Delta\ Time_N}$
Localização do terceiro quartil de energia no domínio do tempo	X3TL	Momento na duração total da vocalização em que o somatório da energia a partir de 0 s equivale a 75% da energia de toda a vocalização. Assume valores de 0 a 1 (adimensional). Medida usando a formula: $X3TL_N = \frac{3rd\ Quartile\ Time_N - Begin\ Time_N}{Delta\ Time_N}$
Localização do terceiro quartil de energia no domínio da frequência	X3FL	Valor de frequência em que o somatório da energia à partir de 0 Hz equivale a 75% da energia de toda a vocalização. Medida usando <i>3rd Quartile Frequency (Hz)</i>
Frequência do 1º Subharmônico	SHF	Valor de frequência do primeiro subharmônico do espectrograma. Medida usando <i>Peak Frequency (Hz)</i> selecionando apenas a primeira banda de frequência.
Limite inferior do 1º Subharmônico	LOW	Valor de frequência mais baixo registrado para do primeiro subharmônico durante a vocalização. Medida usando <i>Low Frequency (Hz)</i> selecionando apenas na primeira banda de frequência.
Limite superior do 1º Subharmônico	MSH	Valor de frequência mais alto registrado para do primeiro subharmônico durante a vocalização. Medida usando <i>High Frequency (Hz)</i> selecionando apenas a primeira banda de frequência.
Variação de frequência do 1º Subharmônico	DSH	Valor de modulação máxima do primeiro subharmônico. Medida usando <i>Delta Frequency (Hz)</i> selecionando apenas a primeira banda de frequência.
Duração do 1º Subharmônico	SHD	Duração do primeiro subharmônico em segundos. Medida usando <i>Delta Time (s)</i> selecionando apenas a primeira banda de frequência.

de matrizes de variância e covariância. A análise discriminante foi utilizada em conjunto com o método de acréscimo gradativo (*stepwise forward*) para estabelecer uma série de funções discriminantes, para selecionar a função com o melhor conjunto de variáveis para a discriminação dos lobos, tendo como referência a probabilidade média de acerto da matriz de classificação de cada função. Este método envolve a inclusão de variáveis na função discriminante uma por vez com base no seu poder discriminatório, mantendo as variáveis que mais aumentam o poder discriminatório da função e removendo as que diminuem-no (Hair *et al.* 1998).

A validação dos resultados foi feita usando o método de validação cruzada deixo-um-fora (*leave-one-out cross validation*), onde uma amostra é usada como dado de teste e todas as outras amostras são usadas como dados de treino, e o processo é repetido até que todas as amostras tenham sido testadas. A probabilidade média de acerto serviu como parâmetro de comparação entre funções discriminantes. Esta informação, associada aos dados da matriz de correlação, foi usada para determinar o melhor conjunto de variáveis para obter a função de discriminância máxima.

A partir da melhor função discriminante foi possível estabelecer a importância relativa de cada variável removendo sistematicamente uma por vez (decrécimo gradativo) e observando a nova probabilidade média de acerto da matriz de correlação. As variáveis que ao serem removidas geraram a maior queda na probabilidade média de acerto foram consideradas as mais importantes para discriminação dos indivíduos.

Os procedimentos descritos anteriormente foram então repetidos para definir a capacidade de discriminar o sexo dos indivíduos através de suas vocalizações.

### 3.2.3.2 – Determinação do número mínimo de aulidos para discriminação máxima

A partir da melhor função discriminante da identidade dos lobos-guará, buscou-se determinar o número mínimo de aulidos por indivíduo necessários para se obter o maior valor encontrado de probabilidade de acerto de classificação dos aulidos aos seus respectivos emissores. Para tanto também foi utilizada a análise discriminante quadrática, em conjunto com o método de reamostragem aleatória (*bootstrapping*) (Zar 1999) para fazer a validação cruzada dos resultados.



Partindo de uma amostra balanceada ( $N_{\text{aulidos}} = 66$  para todos os indivíduos), a análise discriminante foi rodada com dados de treino usando de 15% a 95% do número de aulidos disponíveis escolhidos aleatoriamente, deixando o resto das vocalizações como dados de teste. Foram realizadas 1000 repetições para se obter uma probabilidade de acerto média e determinar a qualidade da função discriminante para cada um destes tratamentos com o número amostral reduzido, usando a função *predict.qda* {MASS}.

A distribuição dos valores médios de probabilidade de acerto de classificação de cada tratamento foi testada usando o teste de Shapiro-Wilk, verificando-se que os mesmos não possui distribuição normal. Então a diferença entre as variâncias dos tratamentos foi testada através do teste Kruskal-Wallis usando *kruskal.test* {stats} e confirmada com a comparação par-a-par das variâncias usando um teste não-paramétrico adaptado (*kruskalmc* {pgirmess}), para determinar a partir de que ponto a inclusão de mais aulidos como dados de treino (*i.e.* ter um número amostral maior) não implica em um aumento na probabilidade de acerto de classificação de aulidos (*i.e.* melhoria na capacidade de discriminação dos indivíduos).

### 3.3 - Resultados

#### 3.3.1 - Discriminação da identidade

Foram analisados 725 aulidos (Tabela 3.3.1). Durante as sessões de coleta de dados foi possível diferenciar as vocalizações e discriminar os lobos empiricamente através da inspeção aural, após um período de uma semana de treinamento para habituação com as características dos aulidos de cada lobo. Observações preliminares dos padrões de forma dos aulidos nos espectrogramas também demonstraram fortes evidências a favor da discriminação individual utilizando as vocalizações (Figura 3.3.1).

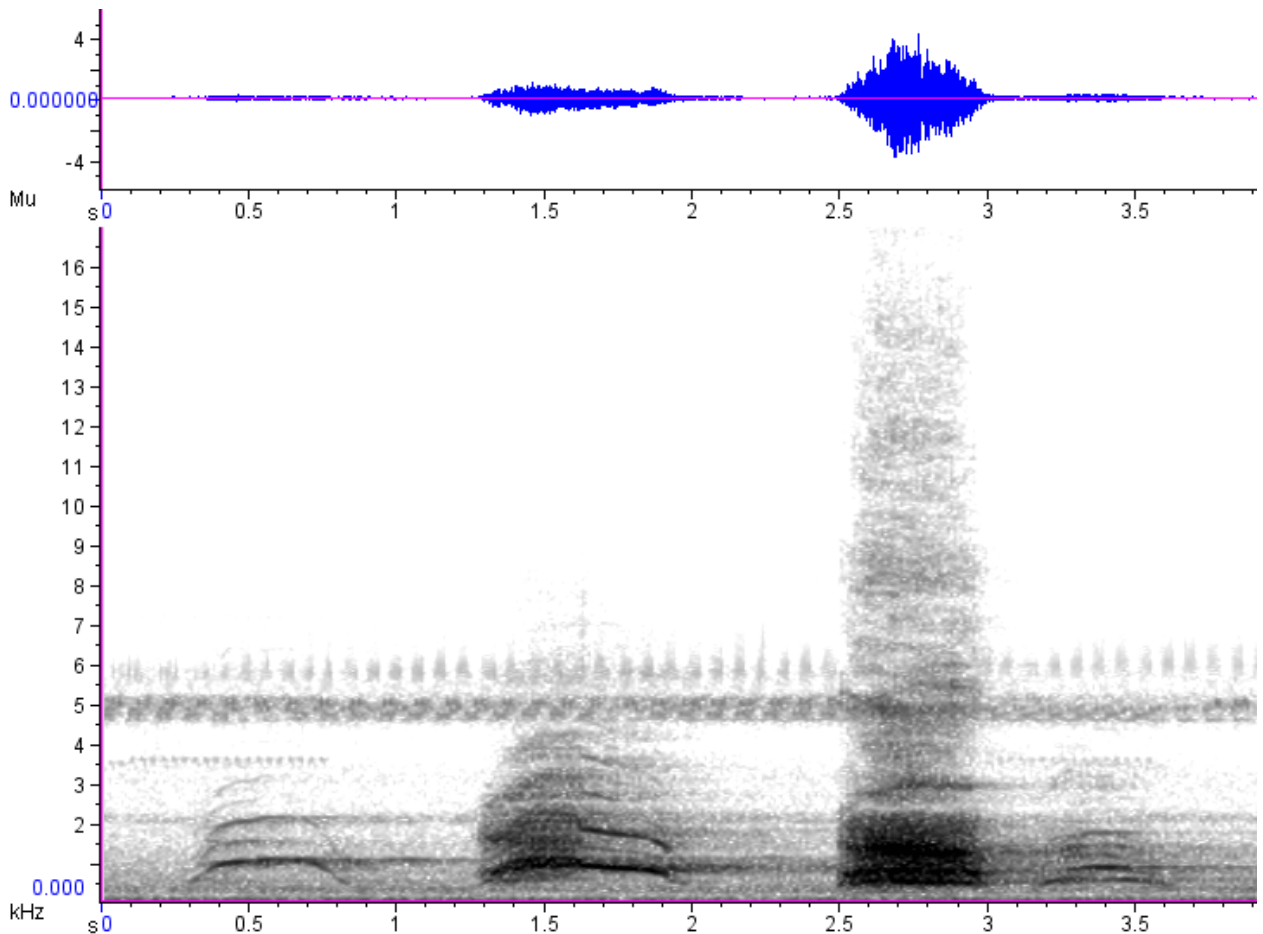


Figura 3.3.1 – Oscilograma e espectrograma com vocalizações de 4 indivíduos à distâncias diferentes do microfone. Na ordem em que aparecem: SH (aprox. 100 metros), NE, FI (aprox. 15 metros) e JU (aprox. 90 metros). A faixa de som constante entre 4500 e 6500 Hz é o ruído da metalurgia da Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM).

Tabela 3.3.1 – Dados dos indivíduos estudados e respectivos número de aulidos registrados neste estudo (gravados e analisados). As letras indicam: a = anos, m = meses, M = macho, F = fêmea. Asteriscos indicam as idades estimadas.

Indivíduo						Aulidos	
Nome	Sigla	Sexo	Idade	Local	Origem	Gravados	Analisados
Neon	NE	M	5a 6m	CC-CBMM	Cativeiro	297	87
Santana	SA	F	6a 4m	CC-CBMM	Cativeiro	33	29
Juju	JU	F	9a 6m	CC-CBMM	Cativeiro	353	75
Shrek	SH	M	3a 9m*	CC-CBMM	Natureza	827	83
Fiona	FI	F	3a 6m*	CC-CBMM	Natureza	354	97
Roxinha	RO	F	13a 8m*	CC-CBMM	Natureza	148	91
						2012	462
Guaraná	GA	M	5a 6m	ZOO-USIPA	Cativeiro	137	99
Lua	LU	F	12a	ZOO-USIPA	Cativeiro	73	72
Guarani	GI	M	5a 6m	ZOO-USIPA	Cativeiro	29	26
Baronesa	BA	F	4a*	ZOO-USIPA	Natureza	70	66
						309	263
<b>TOTAL</b>						2321	725

Os testes de Shapiro-Wilk de distribuição multivariada ( $W = 0.507$ ,  $p < 0.001$ ) e univariada revelaram que as variáveis acústicas extraídas dos aulidos não possuem distribuição normal. No entanto, os gráficos de distribuição Quantil-Quantil indicaram uma aproximação da normalidade (Figura 3.3.2). Um pressuposto da análise discriminante é a normalidade da distribuição, porém Lachenbruch (1975) indica que a análise discriminante é relativamente robusta mesmo quando existem modestas violações deste pressuposto. Portanto, assumiu-se que as variáveis acústicas possuem uma variação normal para a realização das análises.

O teste de Brown-Forsythe de homogeneidade de variâncias entre os fatores de agrupamento (lobos) indicou heterocedasticidade para todas as variáveis medidas (Figura 3.3.3). Deste modo, os testes foram realizados utilizando a análise discriminante quadrática, pois esta função não pressupõe a homogeneidade de matrizes de variância e covariância.

Investigando a matriz de correlação de postos de Spearman, as variáveis frequência do 1º subharmônico (SHF) e o limite superior do 1º subharmônico (MSH) aparecem como bastante correlacionadas ( $\rho = 0.83$ ) (Tabela 3.3.2). Como a variável SHF é a que mais viola o pressuposto de distribuição normal (Figura 3.3.2), ela foi excluída das análises.

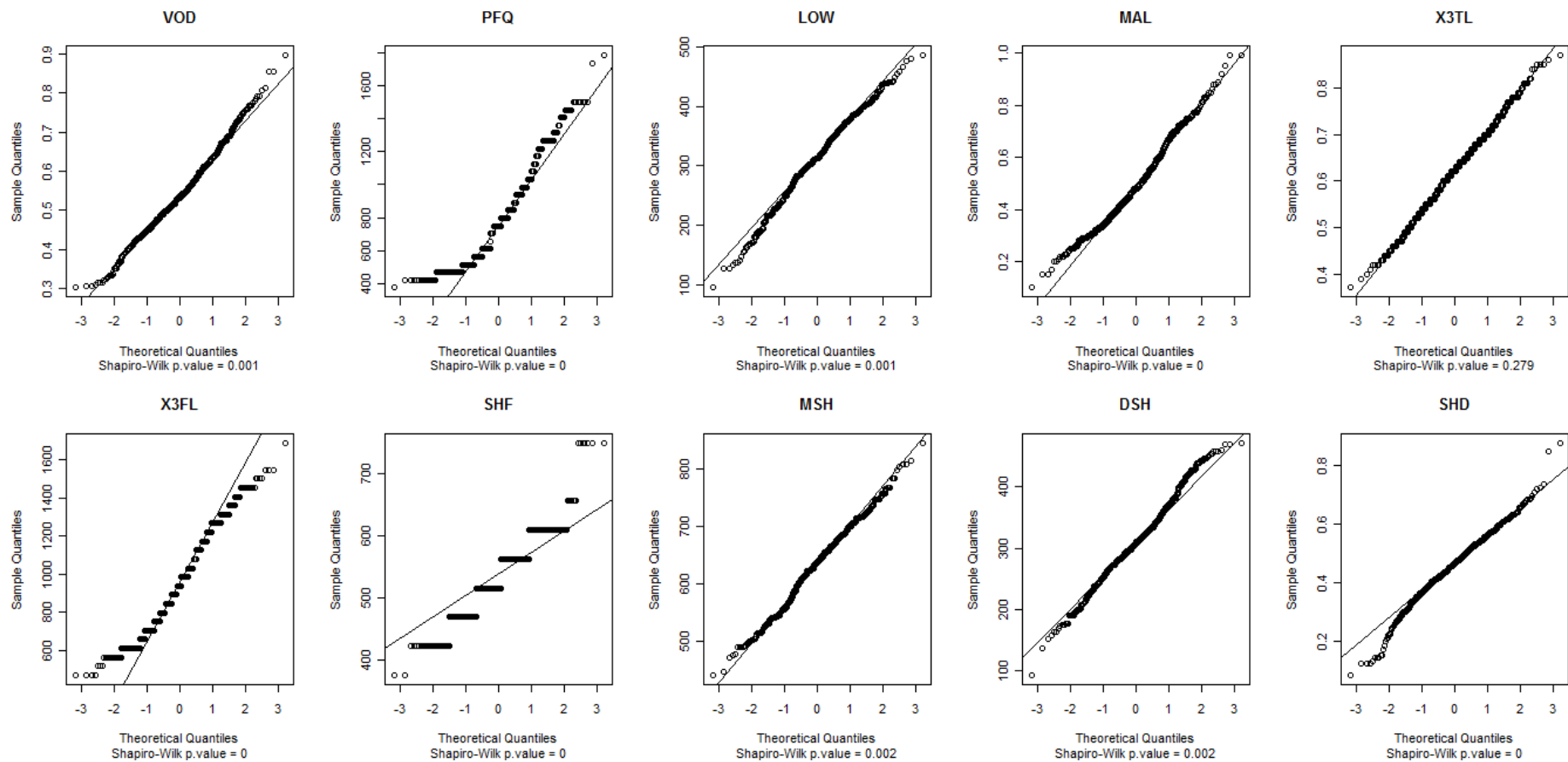


Figura 3.3.2 – Gráficos de distribuição Quantil-Quantil para cada variável medida, com os respectivos valores de significância (p) do teste normalidade univariada de Shapiro-Wilk. Valores de p menores que 0.05 indicam que a hipótese nula de que os dados possuem distribuição normal deve ser rejeitada. A linha no gráfico indica a posição prevista para uma distribuição normal.

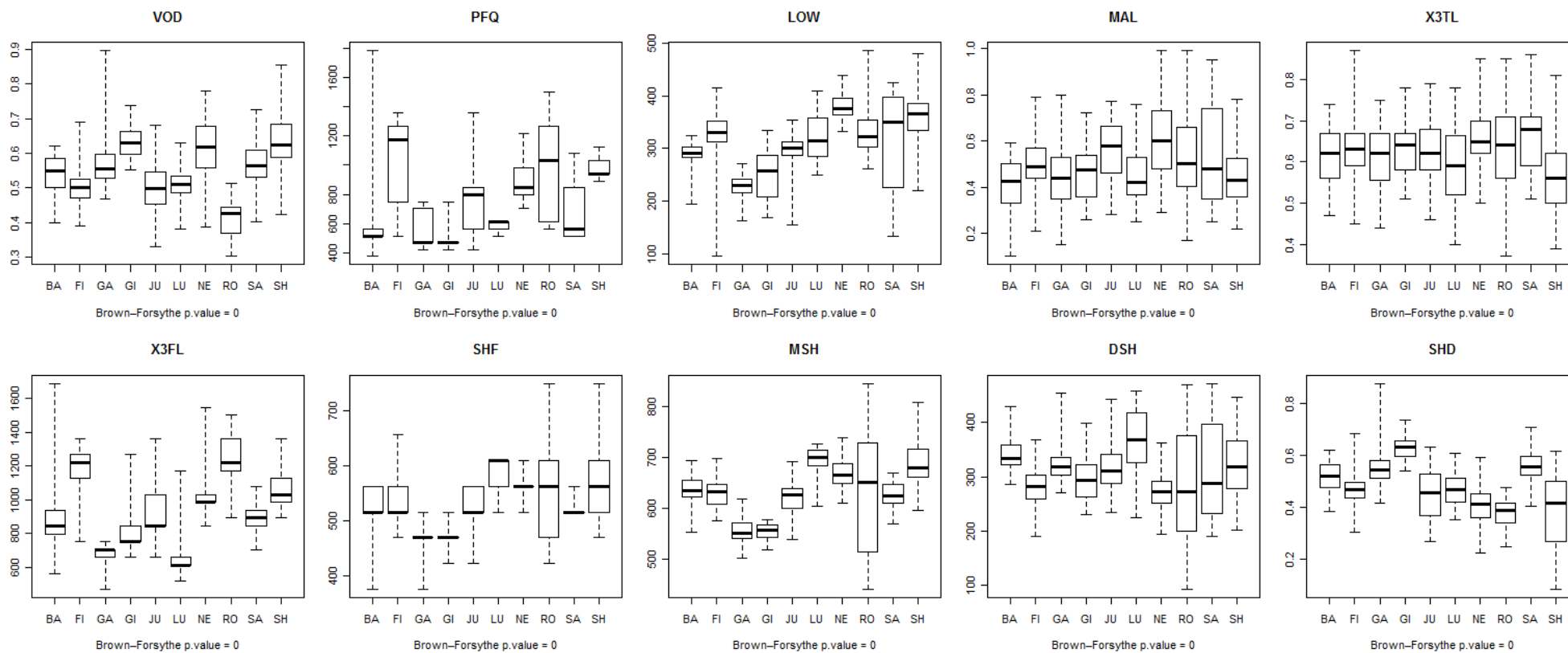


Figura 3.3.3 – Gráficos *boxplot* demonstrando a variância dos dados para cada variável medida comparando-se indivíduos, com os respectivos valores de significância (p) do teste de homogeneidade de variâncias de Brown-Forsythe. Valores de p menores que 0.05 indicam heterocedasticidade.

Tabela 3.3.2 – Matriz de correlação de Spearman de todas as variáveis medidas, com os respectivos valores de rho. Valores acima de  $\pm 0.80$  se encontram em negrito.

	VOD		PFQ		LOW		MAL		X3TL		X3FL		SHF		MSH		DSH	
	rho	P	rho	P	rho	P	rho	P	rho	P	rho	P	rho	P	rho	P	rho	P
PFQ	-0.09	0.01																
LOW	0.06	0.09	0.47	0.00														
MAL	-0.18	0.00	0.18	0.00	0.15	0.00												
X3TL	-0.18	0.00	-0.01	0.83	0.05	0.19	0.42	0.00										
X3FL	-0.22	0.00	0.68	0.00	0.43	0.00	0.18	0.00	0.07	0.04								
SHF	0.04	0.27	0.38	0.00	0.51	0.00	0.09	0.02	-0.02	0.64	0.18	0.00						
MSH	0.06	0.09	0.36	0.00	0.56	0.00	0.06	0.13	-0.02	0.55	0.18	0.00	<b>0.83</b>	<b>0.00</b>				
DSH	0.01	0.80	-0.18	0.00	-0.43	0.00	-0.11	0.00	-0.07	0.04	-0.29	0.00	0.27	0.00	0.39	0.00		
SHD	0.45	0.00	-0.46	0.00	-0.45	0.00	-0.21	0.00	-0.09	0.01	-0.40	0.00	-0.33	0.00	-0.34	0.00	0.18	0.00

Para produzir as funções discriminantes usando o método de acréscimo gradativo, os indivíduos GI e SA foram removidos pois não tinham número amostral suficiente para este passo da análise. As funções geradas e seus respectivos valores médios de probabilidade de acerto de classificação dos aulidos aos seus respectivos emissores se encontram na tabela 3.3.3.

A melhor função discriminante inclui as variáveis: localização do terceiro quartil de energia no domínio da frequência (X3FL), limite superior do 1º subharmônico (MSH), limite inferior do 1º subharmônico (LOW), duração da vocalização (VOD), frequência de maior energia (PFQ), localização da amplitude máxima (MAL), duração do 1º subharmônico (SHD) e localização do terceiro quartil de energia no domínio do tempo (X3TL). A adição da variável variação de frequência do 1º subharmônico (DSH) reduz a probabilidade de acerto da função discriminante (Tabela 3.3.3).

Esta função foi capaz de classificar os aulidos corretamente em média 80.6% das vezes, com um valor mínimo de 55% de probabilidade de acerto (indivíduo JU) (Tabela 3.3.4), sendo que a probabilidade de classificação correta ao acaso é de 10%. Ao reincorporar os lobos GI e SA ao conjunto de dados, a classificação correta dos aulidos caiu para uma média de 76.8%, porém com valores mínimos de 59% e 60% de probabilidade de acerto (indivíduos SA e JU, respectivamente) (Tabela 3.3.5).

A partir da melhor função discriminante, as variáveis foram removidas sistematicamente uma por vez (decréscimo gradativo) e a importância relativa de cada uma foi medida pela redução da probabilidade de acerto (*i.e.* queda na capacidade discriminatória) da função discriminante após sua remoção (Tabela 3.3.6). As variáveis que removidas geraram as maiores quedas na probabilidade de acerto foram o limite inferior do 1º subharmônico (LOW, queda de 8.9%), o limite superior do 1º subharmônico (MSH, queda de 6.3%) e a frequência de maior energia (PFQ, queda de 5.8%). Portanto, estas são as variáveis mais importantes para a discriminação da identidade dos lobos-guará através dos aulidos.

Tabela 3.3.3 – Valores médios de probabilidade de acerto da matriz de classificação dos auidos aos seus respectivos emissores, de cada função discriminante gerada pelo método de acréscimo gradativo. O maior valor possível de probabilidade de acerto é 1 (um). A melhor função discriminante encontrada aparece em negrito. A descrição das variáveis se encontra na tabela 3.2.1.

Prob. de acerto	Função									
<b>0.806</b>	<b>X3FL</b>	<b>MSH</b>	<b>LOW</b>	<b>VOD</b>	<b>PFQ</b>	<b>MAL</b>	<b>SHD</b>	<b>X3TL</b>		
0.797	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ	MAL	SHD			
0.794	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ	MAL	SHD	X3TL	DSH	
0.792	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ	MAL	X3TL			
0.786	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ	MAL	SHD	DSH		
0.772	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ	MAL				
0.766	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ	X3TL				
0.761	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ	SHD				
0.761	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ	MAL	DSH			
0.754	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ					
0.751	X3FL	MSH	LOW	VOD	MAL					
0.734	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ	DSH				
0.732	X3FL	MSH	LOW	VOD	X3TL					
0.728	X3FL	MSH	LOW	VOD	SHD					
0.714	X3FL	MSH	LOW	VOD	DSH					
0.708	X3FL	MSH	LOW	VOD						
0.703	X3FL	MSH	LOW	PFQ						
0.695	X3FL	MSH	LOW	SHD						
0.686	X3FL	MSH	LOW	MAL						
0.660	X3FL	MSH	LOW	X3TL						
0.643	X3FL	MSH	LOW							
0.639	X3FL	MSH	DSH							
0.631	X3FL	MSH	LOW	DSH						
0.629	X3FL	MSH	PFQ							
0.617	X3FL	MSH	VOD							
0.605	X3FL	MSH	SHD							
0.591	X3FL	MSH	MAL							
0.579	X3FL	MSH	X3TL							
0.519	X3FL	MSH								
0.519	X3FL	DSH								
0.513	X3FL	VOD								
0.500	X3FL	PFQ								
0.493	X3FL	MAL								
0.490	X3FL	X3TL								
0.485	X3FL	LOW								
0.468	X3FL	SHD								
0.417	X3FL									
0.414	LOW									
0.403	PFQ									
0.387	MSH									
0.348	SHD									
0.331	VOD									
0.302	DSH									
0.231	MAL									
0.195	X3TL									



Tabela 3.3.4 – Matriz de classificação dos aulidos aos seus respectivos emissores (discriminação da identidade), sem a inclusão dos lobos GI e SA. Os valores de probabilidade de acerto aparecem em negrito e variam de 0 a 1, onde 1 corresponde a 100% de acerto.

	BA	FI	GA	JU	LU	NE	RO	SH
BA	<b>0.67</b>	0.12	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00
FI	0.00	<b>0.69</b>	0.00	0.03	0.00	0.05	0.02	0.00
GA	0.00	0.00	<b>0.96</b>	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
JU	0.15	0.06	0.04	<b>0.55</b>	0.02	0.07	0.02	0.00
LU	0.03	0.02	0.00	0.00	<b>0.98</b>	0.00	0.00	0.00
NE	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	<b>0.82</b>	0.00	0.17
RO	0.12	0.08	0.00	0.13	0.00	0.00	<b>0.93</b>	0.00
SH	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.02	<b>0.83</b>

Tabela 3.3.5 – Matriz de classificação dos aulidos aos seus respectivos emissores (discriminação da identidade), com a inclusão dos lobos GI e SA. Os valores de probabilidade de acerto aparecem em negrito e variam de 0 a 1, onde 1 corresponde a 100% de acerto.

	BA	FI	GA	GI	JU	LU	NE	RO	SA	SH
BA	<b>0.64</b>	0.06	0.01	0.00	0.13	0.01	0.00	0.00	0.07	0.01
FI	0.02	<b>0.73</b>	0.00	0.00	0.07	0.04	0.02	0.00	0.21	0.07
GA	0.02	0.00	<b>0.96</b>	0.35	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GI	0.03	0.00	0.01	<b>0.65</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
JU	0.17	0.08	0.02	0.00	<b>0.60</b>	0.04	0.02	0.01	0.03	0.01
LU	0.06	0.01	0.00	0.00	0.01	<b>0.89</b>	0.00	0.00	0.03	0.00
NE	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.85</b>	0.00	0.07	0.11
RO	0.03	0.08	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	<b>0.99</b>	0.00	0.01
SA	0.03	0.02	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	<b>0.59</b>	0.00
SH	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	<b>0.78</b>

Tabela 3.3.6 – Valores médios de probabilidade de acerto da melhor função discriminante da identidade dos emissores (em negrito) e de cada função discriminante gerada pelo método de decréscimo gradativo. O maior valor possível de probabilidade de acerto é 1 (um). A importância relativa de cada variável é proporcional à redução no valor de probabilidade de acerto após sua remoção. A descrição das variáveis se encontra na tabela 3.2.1.

Prob. de Acerto	Função								
<b>0.806</b>	<b>X3FL</b>	<b>MSH</b>	<b>LOW</b>	<b>VOD</b>	<b>PFQ</b>	<b>MAL</b>	<b>SHD</b>	<b>X3TL</b>	
0.797	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ	MAL	SHD		
0.794	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ		SHD	X3TL	
0.792	X3FL	MSH	LOW	VOD	PFQ	MAL		X3TL	
0.786	X3FL	MSH	LOW		PFQ	MAL	SHD	X3TL	
0.769		MSH	LOW	VOD	PFQ	MAL	SHD	X3TL	
0.748	X3FL	MSH	LOW	VOD		MAL	SHD	X3TL	
0.743	X3FL		LOW	VOD	PFQ	MAL	SHD	X3TL	
0.717	X3FL	MSH		VOD	PFQ	MAL	SHD	X3TL	

### 3.3.2 - Discriminação do sexo

O teste de Brown-Forsythe de homogeneidade de variâncias com o sexo dos indivíduos como fatores de agrupamento também indicou heterocedasticidade para todas as variáveis medidas (Figura 3.3.4), portanto os testes para a discriminação do sexo dos indivíduos através de seus aulidos também foram realizados utilizando a análise discriminante quadrática.

Neste caso os lobos GI e SA também foram removidos para produzir as funções discriminantes usando o método de acréscimo gradativo, pois não tinham número amostral suficiente para este passo da análise. As funções geradas e seus respectivos valores médios de probabilidade de acerto de classificação dos aulidos aos seus respectivos emissores se encontram na tabela 3.3.7.

A melhor função discriminante inclui as variáveis: duração da vocalização (VOD), limite inferior do 1º subharmônico (LOW), frequência de maior energia (PFQ), limite superior do 1º subharmônico (MSH), localização da amplitude máxima (MAL), duração do 1º subharmônico (SHD) e localização do terceiro quartil de energia no domínio da frequência (X3FL). A adição das variáveis variação de frequência do 1º subharmônico (DSH) e localização do terceiro quartil de energia no domínio do tempo (X3TL) reduz a probabilidade de acerto da função discriminante (tabela 3.3.7).

Esta função foi capaz de classificar corretamente os aulidos ao sexo do emissor em média 89.4% das vezes, com um valor de 85.1% para os machos e 92.2% para fêmeas, sendo que a probabilidade de classificação correta ao acaso é de 60% para fêmeas e 40% para machos. Ao reincorporar os lobos GI e SA ao conjunto de dados, a classificação correta dos aulidos caiu para uma média de 88.4%, com um valor 83.1% para os machos e 92.1% para fêmeas.

A partir da melhor função discriminante, as variáveis também foram removidas sistematicamente uma por vez para calcular a importância relativa de cada (Tabela 3.3.8). As variáveis que removidas geraram as maiores quedas na probabilidade de acerto foram a duração da vocalização (VOD, queda de 7.3%), seguida pela duração do 1º subharmônico e o limite inferior do 1º subharmônico (SHD e LOW, queda de 1.5%). Portanto, estas são as variáveis mais importantes para a discriminação do sexo dos lobos-guará através dos aulidos.

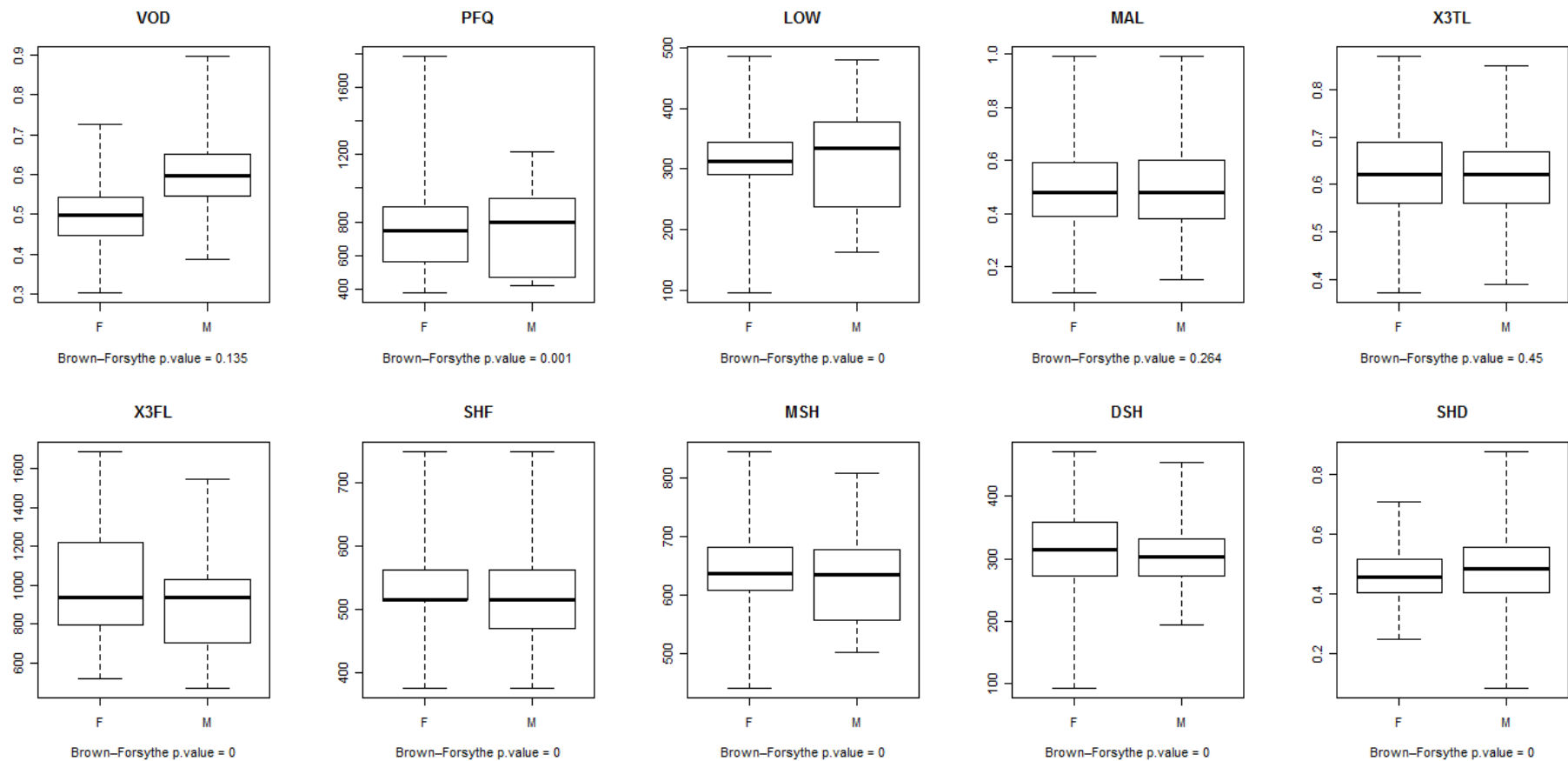


Figura 3.3.4 – Gráficos *boxplot* demonstrando a variância dos dados para cada variável medida comparando-se sexos, com os respectivos valores de significância (p) do teste de homogeneidade de variâncias de Brown-Forsythe. Valores de p menores que 0.05 indicam heterocedasticidade.

Tabela 3.3.7 – Valores médios de probabilidade de acerto da matriz de classificação dos aulidos ao sexo emissores, de cada função discriminante gerada pelo método de acréscimo gradativo. O maior valor possível de probabilidade de acerto é 1 (um). A melhor função discriminante encontrada aparece em negrito. A descrição das variáveis se encontra na tabela 3.2.1.

Prob. de Acerto	Função								
<b>0.894</b>	<b>VOD</b>	<b>LOW</b>	<b>PFQ</b>	<b>MSH</b>	<b>MAL</b>	<b>SHD</b>	<b>X3FL</b>		
0.893	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL	SHD	X3FL	X3TL	
0.891	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL	SHD	X3FL	X3TL	DSH
0.889	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL	SHD	X3TL		
0.887	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL	SHD	X3FL	DSH	
0.883	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL	SHD	DSH		
0.882	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL				
0.882	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL	SHD			
0.880	VOD	LOW	PFQ	MSH	X3TL				
0.880	VOD	LOW	PFQ	MSH	SHD				
0.879	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL	X3FL			
0.877	VOD	LOW	PFQ	MSH					
0.877	VOD	LOW	PFQ	MSH	X3FL				
0.871	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL	X3TL			
0.870	VOD	LOW	PFQ	X3FL					
0.870	VOD	LOW	PFQ	DSH					
0.868	VOD	LOW	PFQ	MAL					
0.864	VOD	LOW	PFQ						
0.859	VOD	LOW	PFQ	X3TL					
0.859	VOD	LOW	PFQ	MSH	DSH				
0.859	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL	DSH			
0.856	VOD	LOW	X3FL						
0.852	VOD	LOW	PFQ	SHD					
0.835	VOD	LOW	MSH						
0.823	VOD	LOW	MAL						
0.819	VOD	LOW	DSH						
0.808	VOD	LOW	X3TL						
0.805	VOD	LOW	SHD						
0.804	VOD	LOW							
0.786	VOD	MSH							
0.779	VOD	MAL							
0.771	VOD	X3TL							
0.770	VOD								
0.767	VOD	X3FL							
0.767	VOD	DSH							
0.761	VOD	SHD							
0.759	VOD	PFQ							
0.674	LOW								
0.625	SHD								
0.598	PFQ								
0.598	X3TL								
0.598	X3FL								
0.598	DSH								
0.595	MAL								
0.570	MSH								

Tabela 3.3.8 – Valores médios de probabilidade de acerto da melhor função discriminante do sexo dos emissores (em negrito) e de cada função discriminante gerada pelo método de decréscimo gradativo. O maior valor possível de probabilidade de acerto é 1 (um). A importância relativa de cada variável é proporcional à redução no valor de probabilidade de acerto após sua remoção.

Prob. de Acerto	Função						
<b>0.894</b>	<b>VOD</b>	<b>LOW</b>	<b>PFQ</b>	<b>MSH</b>	<b>MAL</b>	<b>SHD</b>	<b>X3FL</b>
0.885	VOD	LOW	PFQ	MSH		SHD	X3FL
0.882	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL	SHD	
0.882	VOD	LOW	PFQ		MAL	SHD	X3FL
0.880	VOD	LOW		MSH	MAL	SHD	X3FL
0.879	VOD		PFQ	MSH	MAL	SHD	X3FL
0.879	VOD	LOW	PFQ	MSH	MAL		X3FL
0.821		LOW	PFQ	MSH	MAL	SHD	X3FL

### 3.3.3. – Determinando o número mínimo de aulidos para discriminação máxima

Os resultados das análises para determinar o número mínimo de aulidos necessários para se obter o maior valor encontrado de probabilidade de acerto de classificação dos aulidos aos seus respectivos emissores estão sintetizados na figura 3.3.5. Não há diferenças estatisticamente significativas entre as probabilidades de acerto de classificação dos tratamentos que usaram de 75% a 95% das vocalizações da subamostra balanceada ( $N_{\text{aulidos}} = 50$  a  $63$ ,  $\bar{x} = 80.2\% \pm 0.4\%$  de probabilidade de acerto) como dados de treino.

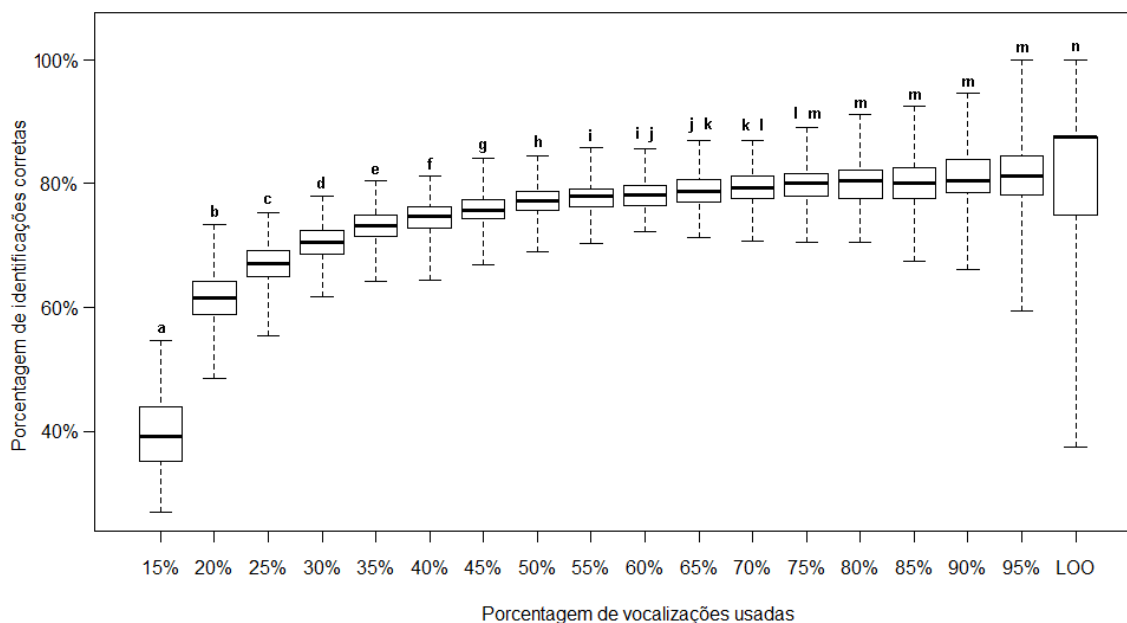


Figura 3.3.5 – Intervalo de confiança das probabilidades médias de acerto da matriz de classificação da identidade dos emissores, com tratamentos usando de 15% ( $N = 10$ ) a 95% ( $N = 63$ ) dos aulidos da subamostra balanceada ( $N = 66$ ) como dado de treino e o deixo-um-fora (LOO). Letras semelhantes sobre determinado par de *boxplot* indicam que não há diferença estatisticamente significativa entre a probabilidade de classificações corretas dos tratamentos analisados.

### 3.4 - Discussão

#### 3.4.1 – Discriminação da identidade

As análises espectrográficas realizadas comprovaram a sugestão de Brady (1981), que diz que os lobos-guará poderiam ser identificados individualmente através de seus aulidos. Além disso, foi verificado que os aulidos também carregam informações à respeito do sexo do emissor. A variação dos valores dos parâmetros acústicos encontrados foi maior entre indivíduos do que intraindividualmente, o que permite a discriminação da identidade e do sexo do emissor com uma elevada probabilidade de acerto (80.6% e 89.4%, respectivamente).

Os resultados demonstraram que as variáveis relacionadas com o domínio da frequência possuíram maior importância na discriminação individual dos lobos-guará, das quais as variáveis limite inferior do 1º subharmônico (LOW), o limite superior do 1º subharmônico (MSH) e a frequência de maior energia (PFQ) foram as mais importantes. Parâmetros relacionados ao domínio da frequência são fortemente definidos pela morfologia do aparelho fonador do emissor (e.g. diâmetro da glote, comprimento das cordas vocais) e das estruturas que agem como filtros, cujo formato é único para cada indivíduo (Fant 1960 *apud* Fitch 1997, Lieberman 1984 *apud* Fitch 1997, Michelson 1983, Owren & Rendall 2003), portanto sua influência na discriminação individual era esperada. Estes resultados reafirmam a importância da frequência fundamental e outros parâmetros relacionados ao domínio de frequência para a identificação individual, observada em vários dos trabalhos realizados com canídeos (Tooze *et al.* 1990, Frommolt *et al.* 2003, Hartwig 2005, Mitchell *et al.* 2006, Palacios *et al.* 2007) e mamíferos em geral (e.g. Rendall *et al.* 1998, Sousa-Lima *et al.* 2002 e 2008).

A porcentagem de erro de classificação dos aulidos aos seus respectivos emissores mais elevada foi observada no indivíduo GI sendo classificado como indivíduo GA (Tabela 3.3.5). Uma possível explicação para este fenômeno é o fato destes lobos serem irmãos (Figura 3.2.1), pois efeitos visíveis da consanguinidade refletidos na semelhança entre vocalizações foram encontrados entre mãe e filhote de peixes-boi-da-amazônia *Trichechus inunguis* (Sousa-Lima *et al.* 2002) e entre irmãs gêmeas de peixes-boi-marinheiros *Trichechus manatus manatus* (Sousa-Lima *et*

al. 2008). Entretanto, esta hipótese não apresenta muito suporte pois os valores encontrados neste estudo para outros lobos aparentados (indivíduos RO, JU e SA) não indicam um grande efeito da consanguinidade nos erros de classificação.

#### 3.4.2 – Discriminação do sexo

Analisando os resultados da discriminação do sexo dos emissores dos aulidos, as variáveis relacionadas com o domínio do tempo, a duração da vocalização (VOD) e a duração do 1º subharmônico (SHD), possuíram maior importância para uma discriminação eficiente. A codificação do sexo do emissor através de diferenças na duração da vocalização também foi registrada em outras espécies (e.g. peixe-boi-marinho *Trichechus manatus manatus* Sousa-Lima *et al.* 2008, macaco-mangabei *Cercocebus torquatus* Bouchet *et al.* 2010) mas com diferenças no código usado (vocalizações de fêmeas mais longas em *T. manatus manatus*, e mais curtas em *C. torquatus*).

A diferença na duração das vocalizações ocorre em algumas espécies pois estas apresentam dimorfismo sexual (e.g. diferença nos tamanhos corporais) e a duração máxima de uma vocalização é dependente da capacidade pulmonar do indivíduo (Fitch 2002). Porém não existe diferença significativa entre os tamanhos corporais de machos e fêmeas do lobo-guará (Rodden 2007) e a duração dos aulidos (mediana = 0.54 s, distância interquartil = 0.12; capítulo 1) parece ser breve demais para esgotar a capacidade pulmonar dos lobos. Portanto, é possível que a codificação do sexo no aulido esteja sob o controle voluntário do indivíduo, através dos mesmos mecanismos usados na codificação da motivação.

#### 3.4.3 – Número mínimo de aulidos para discriminação máxima

As análises realizadas indicaram que são necessários pelo menos 50 aulidos de cada indivíduo para se atingir uma capacidade de 80% de acerto na discriminação individual. As informações a respeito do uso do aulidos pelo lobo-guará (capítulo 2), indicam uma taxa média de emissão correspondente a uma sequência de aulidos a cada 2 noites durante o proestro (0.68 sequências por noite em maio/junho) e uma sequência de aulidos a cada 4 noites durante o anestro (0.28

sequências por noite em novembro), com uma média de 13.4 aulidos emitidos por sequência. Cruzando estas informações com a densidade populacional média do lobo-guará (1.56-3.64 indivíduos / 100 km<sup>2</sup>, Trolle *et al.* 2007), chega-se a um esforço amostral mínimo de 24 noites de amostragem durante o proestro e 60 noites de amostragem durante o anestro para cada 100 km<sup>2</sup>, para alcançar a o nível mais alto de capacidade discriminatória.

#### 3.4.4 - Considerações finais

Alguns estudos sobre a identificação individual em canídeos através de parâmetros acústicos obtiveram melhores resultados na discriminação dos animais - *C. lupus lupus*: 86.5% de acerto (Tooze *et al.* 1990), *A. lagopus*: 91.7% de acerto (Frommolt *et al.* 2003), *V. velox*: 99% de acerto (Darden *et al.* 2003) - o que pode estar relacionado com alguns fatores inerentes a biologia do lobo-guará e aos métodos usados neste estudo.

As pressões seletivas as quais os lobos-guará estão submetidos correspondem a um destes fatores. Por se tratar de uma espécie solitária e territorialista que possui uma área de vida grande (20-115 km<sup>2</sup>) (Dietz 1984, Silveira 1999, Carvalho & Vasconcellos 1995, Rodrigues 2002, Mantovani 2001), a densidade de indivíduos é bastante baixa, o que reduz a pressão seletiva por um sistema de identificação acústica de alta eficiência. O lobo-guará também produz poucos filhotes por ninhada, e estes ficam dentro do território do grupo familiar, quase sempre acompanhados dos pais e isolados de outros filhotes, portanto é muito difícil que hajam falhas no direcionamento do cuidado parental que justifiquem a evolução de uma assinatura vocal bastante conspícua.

Além disso o lobo-guará é um animal que faz uso de comunicação multimodal, explorando sinais acústicos (vocalizações), visuais (postura, piloereção, fezes) e químicos (hormônios em secreções anogenitais, urina e fezes) para sinalizar sua presença, seu estado comportamental e fisiológico à curtas e longas distâncias e a curto e longo prazo. Em teoria o uso combinando dos diferentes tipos de sinais maximiza a eficiência transmissão da informação por meio da redundância, prevenindo erros de interpretação (Bradbury & Vehrencamp 1998). O resultado



desta redundância seria a redução da pressão seletiva sobre conspicuidade e eficiência de cada modalidade de sinal isoladamente.

A inclusão de medidas da razão harmônico-para-ruído também poderia contribuir para aumentar a eficiência da discriminação, uma vez que foram identificadas variações intra e interindividuais deste parâmetro nos aulidos (Capítulo 1). Porém isso pode significar um aumento no tempo gasto com as análises espectrográficas, com o uso de transformações e planilhas com macros (Riede *et al.* 2001) ou outras análises espectrográficas (Yin & McCowan 2004) para calcular as variações de frequência inerentes ao caos da vocalizações ruidosas.

O aulido do lobo-guará é um tipo de vocalização bastante ruidoso e repleto de fenômenos não-lineares mas que conserva estruturas tonais em maior ou menor grau dependendo do indivíduo (capítulo 1), que parece ser um som híbrido de latido e uivo. Reunir as características destes dois tipos de vocalização em apenas uma pode apresentar vantagens.

De acordo com o modelo fonte-filtro (*source-filter model*), sons tonais como os uivos favorecem a transmissão de informações a respeito da identidade do emissor (Fant 1960 *apud* Fitch 1997, Lieberman 1984 *apud* Fitch 1997, Michelson 1983, Owren & Rendall 2003), enquanto sons como os latidos são úteis para estimar a distância do emissor baseado na reverberação e na degradação estimada do sinal acústico recebido (Naguib & Wiley 2001), além de em alguns casos também carregar informações a respeito da identidade do emissor (*e.g.* cão-doméstico *Canis lupus familiaris* Yin & McCowan 2004, coiote *Canis latrans* Mitchell *et al.* 2006). Desta maneira, há fortes evidências de que os aulidos do lobo-guará sejam usados não apenas para alardear sua motivação e sua dominância sobre o território e sobre os recursos presentes nele, de modo a repelir indivíduos do mesmo sexo e atrair os de sexo oposto (capítulo 2), mas também possam ser usados para informar a identidade, presença e localização do os emissores.

Apesar de este estudo ter confirmado a presença de características individuais e sexuais nos parâmetros acústicos do aulido do lobo-guará, não é possível afirmar que os lobos efetivamente discriminem e reconheçam indivíduos diferentes baseados nas mesmas as variáveis discriminatórias identificadas neste estudo. É necessário que esta hipótese seja confirmada através de experimentos em campo com o uso de *playback*, como os estudos sobre reconhecimento de vizinhos

e membros do grupo realizados por Sayigh *et al.* (1998) Reby *et al.* (2001) e Frommolt *et al.* (2003).

Este é o primeiro estudo de que se tem notícia que se dedica a estabelecer o esforço amostral para obter o número mínimo de aulidos amostrados e alcançar o nível ótimo de probabilidade de acerto da função discriminante. Esta informação é extremamente importante para a aplicação do monitoramento acústico como ferramenta para a conservação do lobo-guará. Somada às informações sobre a função presumida e o padrão nictemeral e sazonal de emissão dos aulidos, ela permite um melhor planejamento do desenho amostral para a realização de censos acústicos, ao estabelecer um critério de referência para os esforços de amostragem que pode otimizar o uso dos recursos (financeiros, humanos etc.) para a conservação da espécie, que via de regra são escassos.

### 3.5 – Referências Bibliográficas

- Balcombe, J. P. 1990.** Vocal recognition of pups by mother Mexican free-tailed bats, *Tadarida brasiliensis mexicana*. *Animal Behaviour*, **39**, 960-966
- Bestelmeyer, S. V. 2000.** Solitary, reproductive and parental behavior of maned wolves (*Chrysocyon brachyurus*). PhD thesis. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 192p.
- Bradbury, J. W. & Vehrencamp, S. L. 1998.** Principles of Animal Communication.— Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Brady, C. A. 1981.** The vocal repertoires of the bush dog (*Speothos venaticus*), crab-eating fox (*Cerdocyon thous*), and maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*). *Animal Behaviour*, **29**, 649-669.
- Carvalho, C. T. & Vasconcellos, L. E. M. 1995.** Disease, food and reproduction of the maned wolf – *Chrysocyon brachyurus* (Illiger) (Carnivora, Canidae) in southeast Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **12(3)**, 627-640.
- Charrier, I. & Harcourt, R. G. 2006.** Individual vocal identity in mother and pup Australian sea lions. *Journal of Mammalogy*, **87(5)**, 929-938.
- Cornell Lab of Ornithology. 2008.** Raven Pro 1.3 User's Manual. <<http://www.birds.cornell.edu/brp/raven/Raven13UsersManual.pdf>>
- Darden, S. K., Dabelsteen, T. & Pedersen, S. B. 2003.** A potential tool for swift fox (*Vulpes velox*) conservation: individuality of long-range barking sequences. *Journal of Mammalogy*. **84(4)**, 1417-1427.
- Dietz, J. M. 1984.** Ecology and Social Organization of the Maned Wolf. *Smithsonian Contributions to Zoology*, **392**.
- Durbin, L. S. 1998.** Individuality in the whistle call of the Asiatic dog *Cuon alpinus*. *Bioacoustics*, **9**, 197-206.
- Falls, J. B. 1982.** Individual recognition by sound in birds. In: Acoustic communication in birds. D. E. Kroodsma, E. H. Miller. Academic Press, NY. 237-238.
- Fant, G. 1960.** Acoustic Theory of Speech Production. Mouton, The Hague. In: Fitch, W. T. 1997. Vocal tract length and formant frequency dispersion correlate with body size in rhesus macaques. *Journal of the Acoustical Society of America*, **102(2)**, 1213-1222.
- Fanis, E. & Jones, G. 1996.** Allomaternal care and recognition between mothers and young in pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*). *Journal of Zoology*, **240**, 781—787.

- Fitch W. T. 2002.** Primate vocal production and its implications for auditory research. In: Ghazanfar, A. (Eds). Primate audition: ethology and neurobiology. Boca Raton CRC Press. 87–108.
- Fox, M. W. 1975.** Evolution of social behaviour in canids. In: Fox, M.W. (Ed.). The Wild Canids, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Frommolt, K. H., Kruchenkova, E. P. & Russig, H. 1997.** Individuality of territorial barking in arctic foxes. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, **62(Sup. II)**, 66-70.
- Frommolt, K. H., Goltsman, M. E. & MacDonald, D. W. 2003.** Barking foxes *Alopex lagopus*: field experiments in individual recognition in a territorial mammal. *Animal Behaviour*, **65**, 509-518.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. 1998.** Multivariate Data Analysis. 5<sup>th</sup> ed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc.
- Hartwig, S. 2005.** Individual acoustic identification as a non-invasive conservation tool: an approach to the conservation of the African wild dog an approach to the conservation of the African wild dog *Lycaon pictus* (Temminck, 1820). *Bioacoustics*, **15**, 35-50.
- Insley, S. J., Philips, A. V. & Charrier, I. 2003.** A review of social recognition in pinnipeds. *Aquatic Mammals*. **29(2)**, 181-201.
- Jouventin, P., Aubin, T. & Lengagne, T. 1999.** Finding a parent in a king penguin colony: the acoustic system of individual recognition. *Animal Behaviour*, **57**, 1175-1183.
- Kleiman, D. G. 1972.** Social behavior of the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) and the bush dog (*Speothos venaticus*): a study in contrast. *Journal of Mammalogy*, **53**, 791-806.
- Kober, M., Trillmich, F. & Naguib, M. 2008.** Vocal mother-offspring communication in guinea pigs: females adjust maternal responsiveness to litter size. *Frontiers in Zoology*, **5(13)**
- Lachenbruch, P. A. (1975).** Discriminant analysis. NY: Hafner.
- Lieberman, P. 1984.** The Biology and Evolution of Language. Harvard University Press. Cambridge, MA. In: Fitch, W. T. 1997. Vocal tract length and formant frequency dispersion correlate with body size in rhesus macaques. *Journal of the Acoustical Society of America*, **102(2)**, 1213-1222.
- Maia, O. B. & Gouveia, A. M. G. 2002.** Birth and mortality of maned wolves *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1811) in captivity. *Brazilian Journal of Biology*. **62(1)**, 25-32.
- Mantovani, J. E. 2001.** Telemetria convencional e via satélite na determinação das áreas de vida de três espécies de carnívoros da região nordeste do estado de

São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, SP. 118 p.

- Marler, P. & Hobbett, L. 1975.** Individuality in long-range vocalization of wild chimpanzees. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, **38**, 97-109.
- Mathevon, N. Koralek, A., Weldele, M., Glickman, S. & Theunissen, T. E. 2010.** What the hyena's laugh tells: sex, age, dominance and individual signature in the giggling call of *Crocuta crocuta*. *BioMed Central Ecology*, **10(9)**.
- McComb, K., Reby, D., Baker, L., Moss, C., & Sayialel, S. 2003.** Long-distance communication of acoustic cues to social identity in African elephants. *Animal Behaviour*, **65**, 317-329.
- Michelson, A. 1983.** Biophysical basis of sound communication. In: Bioacoustics: a comparative approach (Ed. by B. Lewis). 3-38. Academic Press.
- Mitchell, B. R., Makagon, M. M., Jaerger, M. M. & Barrett, R. H. 2006.** Information content of coyote barks. *Bioacoustics*, **15**, 289-314.
- Naguib, M. & Wiley, H. 2001.** Estimating the distance to a source of sound: mechanisms and adaptations for long-range communication. *Animal Behaviour*, **62**, 825-837.
- Owren, M. J. & Rendall, D. 2003.** Salience of caller identity in rhesus monkey (*Macaca mulatta*) coos and screams: perceptual experiments with human (*Homo sapiens*) listeners. *Journal of Comparative Psychology*, **117(4)**, 380-390.
- Palacios, V., Font, E. & Márquez, R. 2007.** Iberian wolf howls: acoustic structure, individual variation, and a comparison with north american populations. *Journal of Mammalogy*, **88(3)**, 606-613.
- R Development Core Team. 2010.** R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <<http://www.R-project.org/>>
- Reby, D., Hewison, M., Izquierdo, M. & Pépin, D. 2001.** Red deer (*Cervus elaphus*) hinds discriminate between the roars of their current harem-holder stag and those of neighbouring stags. *Ethology*, **107**, 951-959.
- Rendall, D., Owren, M. J., & Rodman, P. S. 1998.** The role of vocal tract filtering in identity cueing in rhesus monkey (*Macaca mulatta*) vocalizations. *Journal of the Acoustical Society of America*, **103**, 602-614.
- Riede, T., Herzel, H., Hammerschmidt, K., Brunberg, L., and Tembrock, G. 2001.** The harmonic-to-noise-ratio applied to dog barks. *Journal of the Acoustical Society of America*, **110**, 2191-2197.

- Rodden, M., Rodrigues, F. H. G. & Bestelmeyer, S. 2004.** Maned Wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) In: Canids: Foxes, Wolves, Jackals and Dogs (C. Sillero-Zubiri, M. Hoffmann & D. W. MacDonald, eds.). IUCN/SSC Canid Specialist Group press. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Rodden, M. 2007. (Eds).** Manual de manejo do lobo-guará. *Maned Wolf Species Survival Plan*. 94p.
- Rodrigues, F. H. G. 2002.** Biologia e Conservação do lobo-guará na Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, SP. 96p.
- Sayigh, L. S., Tyack, P. L., Wells, R. S., Solow, A. R., Scott, M. D., and Irvine, A. B. 1998.** Individual recognition in wild bottlenose dolphins: afield test using playback experiments. *Animal Behaviour*, **57**, 41–50.
- Silveira, L. 1999.** Ecologia e conservação dos mamíferos carnívoros do Parque Nacional das Emas, Goiás. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, GO. 117p.
- Sousa-Lima, R. S., Paglia, A. P. & Fonseca, G. A. D. B. 2002.** Signature information and individual recognition in the isolation calls of Amazonian manatees, *Trichechus inunguis* (Mammalia: Sirenia). *Animal Behaviour*, **63(2)**, 301-310.
- Sousa-Lima, R. S., Paglia, A. P. & Fonseca, G. A. D. B. 2008.** Gender, age and identity in the isolation calls of antillean manatees (*Trichechus manatus manatus*). *Aquatic Mammals*, **34(1)**, 109-122.
- Tooze, Z. J., Harrington, F. H. & Fentress, J. C. 1990.** Individually distinct vocalizations in timber wolves, *Canis lupus*. *Animal Behaviour*, **40**, 723-730.
- Trolle, M., Noss, A. J., Lima, E. S., & Dalponte, J. C. 2007.** Camera-trap studies of maned wolf density in the cerrado and pantanal do Brazil. *Biodiversity and Conservation*, **16**, 1197-1204.
- Yin, S. & McCowan, B. 2004.** Barking in domestic dogs: context specificity and individual recognition. *Animal behavior*, **68**, 343-355.
- Zar, J.H. 1999.** Biostatistical analysis. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc.