

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NATÁLIA LUCIA DOS SANTOS

CARACTERIZAÇÃO SONOGRÁFICA DAS EMISSÕES ULTRASSÔNICAS DE  
QUATRO ESPÉCIES DE MORCEGOS DA MATA ATLÂNTICA

CURITIBA

2014

NATÁLIA LUCIA DOS SANTOS



CARACTERIZAÇÃO SONOGRÁFICA DAS EMISSÕES ULTRASSÔNICAS DE  
QUATRO ESPÉCIES MORCEGOS DA MATA ATLÂNTICA

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, junto ao Departamento de Zoologia, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Fernando de Camargo Passos

Co-orientador: MSc. Itiberê Piaia Bernardi

CURITIBA

2014

## RESUMO

Morcegos são capazes de emitir pulsos de alta frequência, ultrassônicos em sua maioria, para se localizar no espaço, desviar de obstáculos à noite, procurar alimentos e até mesmo para se comunicar. Esta característica biológica presente na maioria das espécies de quirópteros é espécie-específica, ou seja, é possível identificar as espécies apenas pelo som que elas emitem. O monitoramento acústico tem demonstrado ser uma metodologia complementar essencial para o acesso de comunidades de morcegos e a construção de bibliotecas acústicas torna acessível tais dados para a comunidade científica, assistindo à construção de inventários, estudos ecológicos e comportamentais. O presente estudo caracterizou os pulsos ultrassônicos de quatro espécies de morcego da Mata Atlântica do Sul do Brasil: *Eptesicus diminutus*, *Myotis levis*, *Artibeus lituratus* e *Molossus rufus*. Gravações geradas pelas espécies *E. diminutus*, *M. levis* e *A. lituratus* dentro da tenda de voo revelaram sinais de ecolocalização de frequência modulada (FM), banda larga e curta duração parcialmente condicionados por um ambiente fechado. *M. rufus* demonstrou grande plasticidade nos pulsos de ecolocalização enquanto entrava e saía do abrigo, comportamento predito por estudos com populações de espécies do mesmo gênero, revelando dois sonotipos distintos e não correspondentes aos pulsos de ecolocalização emitido pela espécie durante forrageio.

## ABSTRACT

Bats are able to use high frequency calls, usually ultrasonic, in order to dislocate in space, to search for resources and also for communication. This biological feature found in the majority of bat species is species specific, which means that it is possible to identify bat species by their sound. The acoustic monitoring demonstrates to be an essential complementary methodology to access bat communities and the development of acoustic libraries allows such data to be accessible to the scientific community, assisting with inventories, ecological and behavioral studies. This study characterized ultrasonic calls from four bat species in Mata Atlântica, Southern Brazil: *Eptesicus diminutus*, *Myotis levis*, *Artibeus lituratus* and *Molossus rufus*. Recordings from *E. diminutus*, *M. levis* and *A. lituratus* inside a flight tent revealed short broadband frequency modulated (FM) calls which were partially conditioned by the enclosed space. *M. rufus* demonstrated high plasticity in its echolocation calls during the in and out flight from their roost, which was a predicted behavior reported for other species in this genus, presenting two distinct call types which did not correspond to the echolocation call emitted by this species during foraging.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
1.1	ORDEM CHIROPTERA .....	6
1.2	ECOLOCALIZAÇÃO .....	7
1.3	DISTRESS CALLS.....	10
1.4	IMPORTÂNCIA DA METODOLOGIA DA DETECÇÃO ACÚSTICA .....	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	OBJETIVO GERAL .....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1	CAPTURA E IDENTIFICAÇÃO DOS INDIVÍDUOS.....	14
3.2	GRAVAÇÕES DAS EMISSÕES ULTRASSÔNICAS .....	15
3.3	ANÁLISE DE DADOS .....	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
4.1	REPERTÓRIO ACUSTICO DE <i>Eptesicus diminutus</i> .....	21
4.2	REPERTORIO ACUSTICO DE <i>Myotis levis</i> .....	25
4.3	REPERTORIO ACUSTICO DE <i>Artibeus lituratus</i> .....	29
4.4	REPERTORIO ACUSTICO DE <i>Molossus rufus</i> .....	32
5	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS .....	39

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 ORDEM CHIROPTERA

Os morcegos compõem a ordem Chiroptera que apresenta duas subordens recentemente propostas (HUTCHEON & KIRSCH, 2006), Yinpterochiroptera e Yangochiroptera, também conhecidos por Pteropodiformes e Vespertilioniformes, respectivamente. A primeira subordem inclui a família Pteropodidae (classificados como subordem Megachiroptera por Dobson, 1875) e as famílias Craseonycteridae, Hipposideridae, Megadermatidae, Rhinolophidae e Rhinopomatidae. Sem representantes no Brasil, os animais da família Pteropodidae, também conhecidos como raposas voadoras, não emitem pulsos de altas frequências, exceto o gênero *Rousettus* (NOVICK, 1958) que é capaz de produzir estalidos com a língua. Em contrapartida, as espécies restantes são capazes de ecolocalizar através de estruturas anatômicas especializadas na extremidade da laringe (NOVICK & GRIFFIN, 1961).

Estudos envolvendo a ocorrência e distribuição de morcegos no Brasil, embora crescentes nas duas últimas décadas, são esparsos, com apenas 10% do território brasileiro considerado minimamente amostrado (BERNARD *et al.*, 2011). A Mata Atlântica possui registros em apenas 22% do seu território, embora seja o bioma melhor amostrado, de acordo com registros até 2009 de inventários de curta duração (em sua maioria) e tem sido fragmentada e destruída intensamente (BERNARD *et al.*, 2011). Recentes análises de riqueza confirmam a presença de 71 espécies de morcegos na região Sul do Brasil, contando com representantes das famílias Emballonuridae (1 espécie), Noctilionidae (2 espécies), Phyllostomidae (30 espécies), Furipteridae (1 espécie), Thyropteridae (1 espécie), Vespertilionidae (20 espécies), Molossidae (16 espécies) (PASSOS *et al.*, 2010; MORATELLI *et al.*, 2011).

## 1.2 ECOLOCALIZAÇÃO

O termo ecolocalização, cunhado por Griffin (1944), descreve a capacidade tanto de morcegos quanto de humanos e de equipamentos eletrônicos de interpretar ecos, reflexo de pulsos emitidos contra obstáculos. Pulsos de alta frequência, ultrassônicos em sua maioria, são emitidos por morcegos não somente para se localizarem no espaço e desviarem de obstáculos à noite. A ecolocalização também assiste na procura de alimentos, sejam estes insetos, vertebrados ou ainda flores capazes de reverberar pulsos ultrassônicos através de estruturas acústicas conspícuas (von HELVERSEN & von HELVERSEN, 1999). Ecolocalizar é uma atividade energeticamente custosa, embora considerada econômica quando acoplada a gastos na respiração e movimentos do voo (SPEAKMAN & RACEY, 1991). Além disso, morcegos podem se deslocar em silêncio no espaço utilizando de memória espacial ou revezar na emissão de pulsos com coespecíficos quando se deslocando em grupo (CHIU *et al.*, 2008).

A ecolocalização, especialmente para espécies insetívoras, serve na detecção, identificação e localização de presas e compõe-se de três fases: busca (search phase), aproximação (approach phase) e captura (feeding buzz) (GRIFFIN *et al.*, 1960; SCHNITZLER & KALKO, 2001). A primeira fase refere-se à procura pela presa e revela pulsos padronizados com baixa taxa de repetição. Dessa forma se faz conveniente caracterizar acusticamente as espécies apenas nessa fase. As duas últimas fases condizem à aproximação e captura da presa e expressam sinais com pulsos mais curtos e com intervalo entre pulsos menor (taxa de repetição crescente).

Os sinais espécie-específicos utilizados por morcegos na fase de busca podem ser caracterizados pelas seguintes propriedades acústicas: frequência (kHz, kilohertz), nível de pressão sonora (*SPL*, sound pressure level) ou intensidade (dB, decibel) e duração (ms, milissegundo) (FIGURA 1). O sonograma gerado por cada sinal representa a intensidade do sinal de forma gráfica por unidade de tempo. O espectrograma (frequência x duração) gerado para cada sinal revela, entre outros parâmetros utilizados para diferenciar sinais inter e intraespecíficos, frequência inicial, frequência final,

harmônicos, duração de cada pulso e intervalo entre os pulsos. Softwares capazes de detectar sinais de forma automatizada, como o software CallViewer (utilizado neste projeto), são capazes de extrair parâmetros auxiliares de frequência também utilizados para a caracterização dos pulsos, como frequência mínima, frequência máxima e frequência de maior energia.

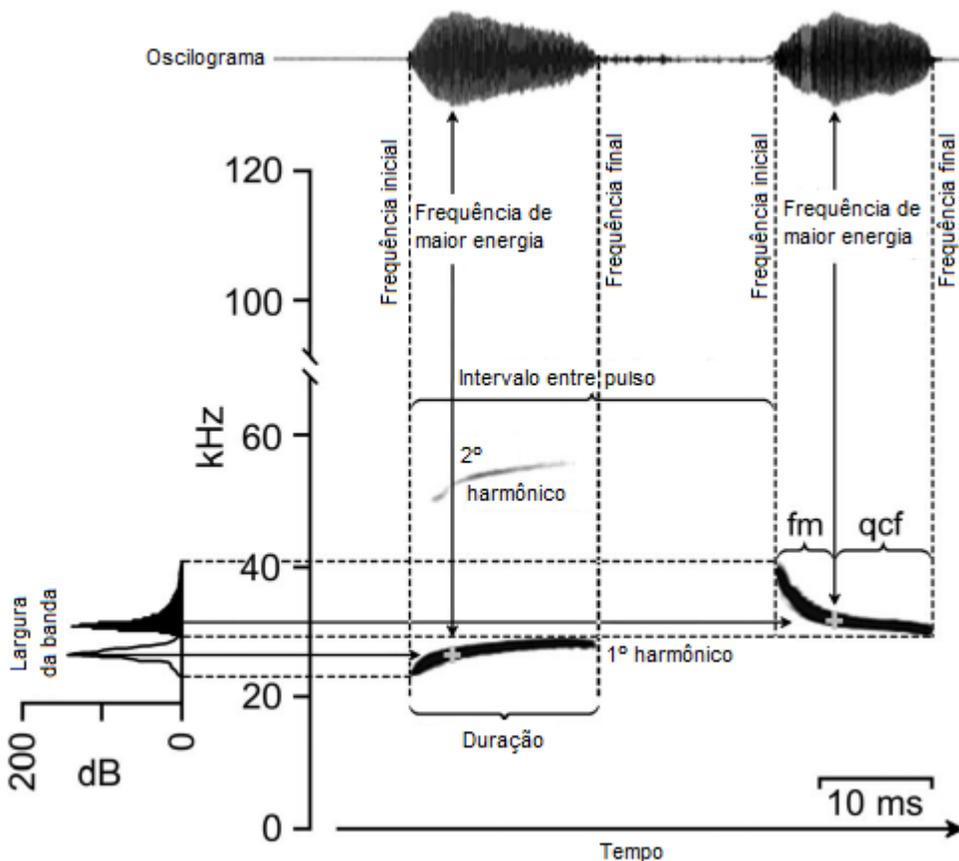


FIGURA 1: PARÂMETROS UTILIZADOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS PULSOS DAS ESPÉCIES DE QUIRÓPTEROS. ADAPTADO DE Jung *et al.* (2014).

No que diz respeito à frequência, os sinais são normalmente divididos em dois componentes de acordo com a sua amplitude: frequência modulada (FM) e frequência constante (CF). Um componente complementar é o de frequência quase-constante (QCF), que reflete na alocação de energia em uma banda estreita de frequências por uma duração mais longa. Componentes de banda curta consistem em sinais CF e QCF, e possuem variação de frequência menor que a metade de uma oitava (intervalo entre uma nota e outra) (SCHNITZLER & KALKO, 2001).

Componentes de banda larga normalmente compreendem sinais FM com uma alta amplitude de frequência para baixo (diminuição da frequência) em curto espaço de tempo. Componentes de banda larga são mais eficientes na localização espacial e distância de detecção do alvo. Em contrapartida CF são mais adequados para detecção de ecos fracos. Portanto há um *trade off* entre acurácia e detectabilidade entre os tipos de sinais (SCHNITZLER & KALKO, 2001).

O nível de pressão sonora (dB) é um parâmetro acústico difícil de ser estimado, uma vez que indivíduos gravados deslocam-se constantemente, mudando a direção e a distância do sinal registrado. Ainda assim, diferenças interespecíficas no SPL expõem importantes relações de compensação na intensidade de sinais ao se aproximar do alvo (presa), relações com a distância de detecção e com a percepção pelo alvo (SURLYKKE & KALKO, 2008).

A imagem acústica do ambiente pode ser formada de acordo com duas estratégias diferentes de “*duty cycle*” das espécies. Definido como a razão entre a duração e o período do pulso (considerando um fenômeno periódico), *duty cycle* representa a interpretação da diferença temporal entre pulsos e ecos. *Low duty cycles* (LDC), estratégia mais usada entre as espécies (KALKO & SCHNITZLER, 1989) e provavelmente a estratégia mais primitiva (FENTON *et al.*, 2012), compõem sinais curtos FM de banda larga em que os pulsos não se sobrepõem aos ecos. Esta separação temporal entre pulso e eco é importante, uma vez que a intensidade do eco é sempre menor que a do pulso, que não pode ser mascarado a fim de se tornar detectável (FENTON *et al.*, 2012). Em contrapartida, *high duty cycles* compõem sinais longos CF de banda curta que se sobrepõem aos ecos. Esta estratégia complementa-se à capacidade das espécies de interpretar o efeito Doppler gerado pela aproximação do indivíduo ao alvo e, portanto, interpretar o espaço por diferença de frequências.

Jones & Teeling (2006) apresentaram uma classificação com oito categorias de sinais que podem ser emitidos durante a ecolocalização de morcegos: ausência de ecolocalização, sinais curtos de banda larga com cliques de língua, sinais de banda curta dominados por um harmônico fundamental, sinais de banda curta multiharmônica, sinais curtos de banda larga com um harmônico fundamental dominante, sinais curtos

de banda larga multiharmônica, sinais longos de banda larga, sinais de frequência constante pura.

Embora não seja clara a extensão entre as relações filogenéticas e os sinais emitidos pelas espécies de morcegos, sabe-se que alguns tipos de sinais tiveram origens múltiplas independentes dentro da história evolutiva do grupo e que, de forma complementar, o tipo de habitat atua como um forte agente condicionante no tipo de sinal (JONES & TEELING, 2006). Da mesma maneira, os parâmetros acústicos variam de acordo com as exigências ecológicas de cada espécie (JONES, 1999; SCHNITZLER & KALKO, 2001).

### 1.3 DISTRESS CALLS

Morcegos também podem se utilizar de pulsos de alta frequência em um contexto social. De acordo com Fenton *et al.*(1976), *distress call* é um termo que pode ser utilizado para descrever pulsos gerados quando morcegos estão submetidos a condições estressantes, como seu aprisionamento e são capazes de promover respostas de co-específicos como resposta anti-predatória (RYAN *et al.*, 1985). Este tipo de sinal faz parte do repertório de sinais sociais do animal. Pouco se sabe sobre esse tipo de sinal em morcegos, embora apresente características semelhantes entre as espécies como alta taxa de repetição, sinais de banda larga e curta duração, podendo ser completa ou parcialmente audíveis (RYAN *et al.*, 1985) (FIGURA 2). Ainda que sinais de *distress call* de uma espécie possam gerar respostas de outras espécies de morcegos, como confirmam estudos usando *playback* de espécies específicas (FENTON *et al.*, 1976; RYAN *et al.*, 1985; RUSS *et al.*, 2003), variações inter e intra-específicas nos parâmetros acústicos desse tipo de sinal são significativas (RUSS *et al.*, 2003).

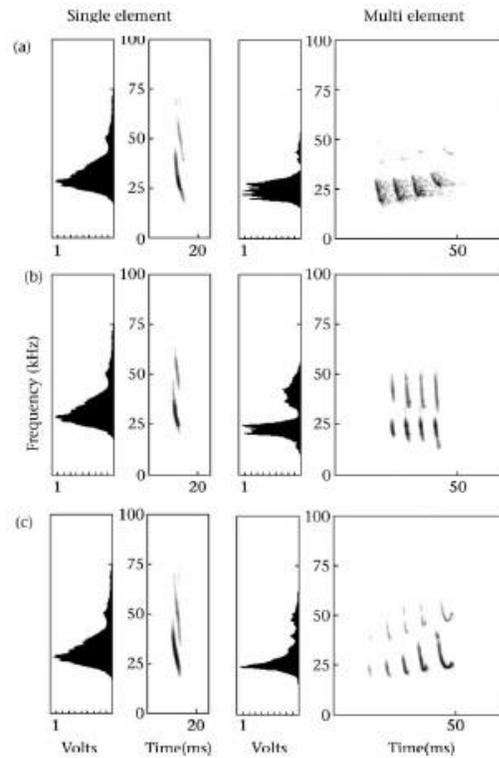


FIGURA 2: ESPECTROGRAMA E *POWER SPECTRUM* DOS SINAIS DE *DISTRESS CALL* COM UM OU MÚLTIPLOS ELEMENTOS DE TRÊS ESPÉCIES DO GÊNERO *Pipistrellus*. EXTRAÍDO ADAPTADO DE Russ *et al.*(2003).

#### 1.4 IMPORTÂNCIA DO MÉTODO DA DETECÇÃO ACÚSTICA

Pesquisas desenvolvidas nos últimos vinte anos que propõem relacionar morcegos neotropicais como indicadores biológicos, devido a sua importância ecológica, têm falhado em seguir um padrão metodológico que confira robustez dos resultados, dirigidos em sua maioria à captura de filostomídeos por redes de neblina (CUNTO & BERNARD, 2012). Flaquer *et al.*(2007) chegaram a mesma conclusão que Kunz & Brock (1975), onde amostragens tanto por redes de neblina quanto por *bat detector* ou por localização de abrigos são individualmente eficientes na estimativa de riqueza de espécies, embora possuam desvantagens e tendências particulares a cada

método. Dessa forma, se faz necessário o uso de métodos complementares na amostragem do grupo na Região Neotropical (BERGALLO *et al.*, 2003). A amostragem acústica, portanto, auxilia em diversos estudos com abordagem ecológica e de monitoramento, como no estudo feito por Estrada-Villegas *et al.*(2009) direcionado ao efeito de áreas fragmentadas em morcegos insetívoros.

Finalmente, a gravação e caracterização dos sinais de morcegos permite a construção de bibliotecas acústica, permitindo a acessibilidade de pesquisadores a esse banco de dados para o uso na pesquisa, o incentivo à caracterização de sinais ainda não descritos e a comparação regional das possíveis variações destes sinais. Portanto, o presente estudo tem por objetivo contribuir com o aumento de informações sobre a bioacústica de quatro espécies de morcegos ocorrentes em remanescentes do bioma Mata Atlântica sul-brasileiros.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Conhecer e caracterizar os pulsos ultrassônicos de quatro espécies de morcegos da Mata Atlântica do Sul do Brasil.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o repertório ultrassônico de *Eptesicus diminutus*
- 
- Caracterizar o repertório ultrassônico de *Myotis levis*.
- 
- Caracterizar o repertório ultrassônico de *Artibeus lituratus*.
- 
- Caracterizar o repertório ultrassônico de *Molossus rufus*.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CAPTURA E IDENTIFICAÇÃO DOS INDIVÍDUOS

Esforços de captura não sistematizados foram conduzidos de forma oportunista em duas Unidades de Conservação: (1) Bosque Capão da Imbuia - Museu de História Natural, Curitiba, PR (25°26'10"S 49°13'11"O, 911 m.s.n.m.) e (2) Parque Estadual do Palmito, Paranaguá, PR (25°35'33"S 48°33'33"O, 19 m.s.n.m.). Os morcegos foram capturados com o auxílio de redes de neblina, posicionadas no interior da floresta em diferentes alturas, bem como clareiras, trilhas, bordas e perpendicularmente sobre coleções d'água. A amostragem foi complementada com busca ativa em abrigos naturais e artificiais.

Os espécimes capturados foram acondicionados individualmente em sacos de algodão numerados e levados ao laboratório de campo para posterior triagem. A triagem dos exemplares foi realizada de acordo com a seguinte rotina:

1. Mensuração do comprimento do antebraço direito, com auxílio de paquímetro com aproximação para 0,5 mm;
2. Aferição da massa corpórea, com auxílio de dinamômetro com precisão de 1 g;
3. Identificação, em nível taxonômico mais preciso possível, considerando espécie como táxon terminal;
4. Determinação dos sexos a partir da observação do dimorfismo sexual secundário;
5. Determinação de classe etária, adulto ou imaturo, a partir do exame do grau de ossificação das epífises das falanges do terceiro, quarto e quinto dígitos, coloração e textura da pelagem e desgaste dentário;

6. Procedimento de gravação;
7. Marcação e liberação, ou morte e fixação do animal.

Os exemplares foram identificados em nível taxonômico mais preciso possível de acordo com Vieira (1942), LaVal (1973), Vizotto & Taddei (1973), Taddei *et al.* (1998), Barquez *et al.* (1999), López-González *et al.* (1999) e Gregorin & Taddei (2002). Comparações com espécimes depositados em museus também foram utilizadas para confirmação da identidade específica dos exemplares. Espécimes com identidade duvidosa ou que necessitaram análise craniana foram mortos, fixados e tombados na Coleção Científica de Mastozoologia do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná (DZUP-CCMZ), de acordo com as recomendações de Sikes *et al.* (2011). Os demais morcegos foram marcados com anilhas numeradas presas ao antebraço e liberados no local da captura.

### 3.2 GRAVAÇÕES DAS EMISSÕES ULTRASSÔNICAS

Individualmente, os espécimes foram mantidos durante 30 minutos no interior de uma tenda de voo (3m x 3m x 2.5m) suficientemente grande para o seu deslocamento e atividade de ecolocalização (FIGURA 3). As emissões ultrassônicas foram gravadas com o auxílio do detector de ultrassom Echo Meter 3+ (WILDLIFE ACOUSTICS, 2014), equipado com um microfone interno, a partir da introdução do animal à tenda. O equipamento foi configurado para gravações de sequências de 2 segundos com taxa amostral de 256 ou 384 amostras/segundo em formato de áudio WAV armazenados em cartões de memória SDHC. O equipamento possui uma característica denominada Expansão em Tempo Real (RTE) que permite visualizar o sonograma e o espectrograma gerados no próprio equipamento. Essa característica foi utilizada para monitorar a atividade de ecolocalização nos morcegos em tempo real. Em caderneta de campo foi anotado o horário inicial e final da gravação de cada espécime.



FIGURA 3: TENDA DE VOO UTILIZADA PARA GRAVAÇÃO DOS MORCEGOS.

### 3.3 ANÁLISE DE DADOS

Os arquivos de áudio resultantes das gravações com o detector de ultrassom foram primeiramente separados por sonotipos (tipo de sinal). Para avaliação dos arquivos e extração dos parâmetros acústicos foram utilizados dois softwares específicos para análise de sinais de ultrassom: Kaleidoscope e Call Viewer. O software Kaleidoscope (WILDLIFE ACOUSTICS, 2014) foi utilizado para a avaliação da integridade e qualidade dos arquivos de áudio. A seguir, o software Call Viewer, software não comercial desenvolvido por Mark Skowronski, foi utilizado para extração automatizada dos parâmetros temporais e de frequência dos pulsos reconhecidos através da função *Autodetection*. Os componentes dos sinais foram classificados entre componentes CF, QCF e FM. Os símbolos + ou - na frente da abreviação do componente refere-se à modulação do pulso para cima ou para baixo, respectivamente. A partir de um conjunto de pulsos selecionados para cada espécie, de acordo com o

critério de seleção representado na FIGURA 4, foi realizada estatística descritiva para os parâmetros a seguir: duração do pulso, frequência mínima, frequência de maior energia, frequência máxima, largura da banda de frequência e intervalo entre pulsos (TABELA 1).

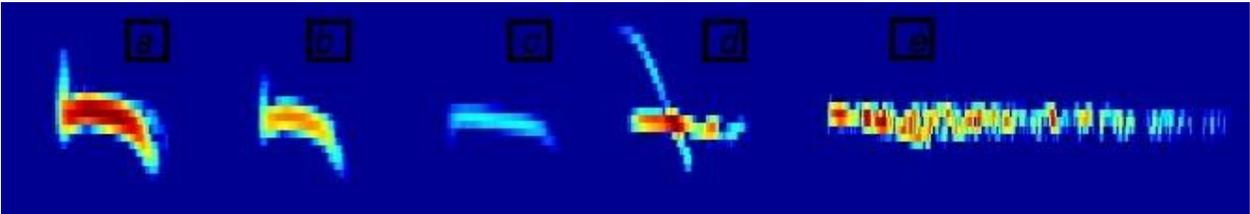


FIGURA4: CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE GRÁFICA DOS PULSOS REPRESENTADOS NO SOFTWARE CALL VIEWER. O PRIMEIRO E O SEGUNDO PULSO (a E b) FORAM SELECIONADOS PARA ANÁLISE E EXTRAÇÃO DOS PARÂMETROS ACÚSTICOS POR SEREM PULSOS DE GRANDE E MÉDIA ENERGIA (AMPLITUDE). OS DEMAIS PULSOS (c, d E e) FORAM REJEITADOS PARA ANÁLISE UMA VEZ QUE APRESENTAM PERDA DE INFORMAÇÃO. O PULSO c REPRESENTA UM PULSO DE BAIXA ENERGIA. O PULSO d REPRESENTA UM PULSO INTERROMPIDO OU SOBREPOSTO A OUTRO. O PULSO e REPRESENTA UM PULSO DANIFICADO.

Para a separação das espécies foram utilizados os parâmetros que, de acordo com a estatística descritiva, demonstraram menor sobreposição: duração do pulso, frequência mínima e largura de banda. Dessa forma, foi utilizada a técnica de ordenação Análise Discriminante para a separação das espécies através do *software* BioEstat (AYRES *et al.*, 2007). Para testar a significância dos agrupamentos gerados foi realizada uma análise de similaridade (ANOSIM) (CLARKE, 1993). O ANOSIM calcula a estatística R, a qual permite verificar se a diferença entre os grupos é maior que a diferença dentro dos grupos. A estatística R varia de -1 a 1, onde valores mais próximos a 1 indicam maior dissimilaridade, ou seja, diferença entre os grupos. Por outro lado, valores mais próximos de -1 indicam maior similaridade entre os grupos. Para acessar a significância do valor de R calculado, foram realizadas 999 permutações. A análise ANOSIM foi realizada no ambiente R (R Development Core Team, 2011).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidas gravações das emissões ultrassônicas de quatro espécies representantes de três famílias de quirópteros. No Bosque Capão da Imbuia - Museu de História Natural foram gravados *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (Phyllostomidae), (N=1), *Eptesicus diminutus* Osgood, 1915 (Vespertilionidae) (N=1) e *Myotis levis* (I. Geoffroy, 1824) (Vespertilionidae) (N=1) (TABELA 1). Estas gravações permitiram a análise de 183 pulsos referentes a passes (pulsos sequenciais) de 3 a 5 pulsos. No Parque Estadual do Palmito, as gravações foram realizadas na saída de um abrigo artificial de *Molossus rufus* É. Geoffroy, 1815 (Molossidae) e permitiram o reconhecimento de sinais de ecolocalização e de sinais sociais.

TABELA 1: DADOS BIOMÉTRICOS DOS INDIVÍDUOS GRAVADOS EM TENDA DE VOO.

Espécie	Sexo	Antebraço (mm)	Massa (g)	N
<i>E. diminutus</i>	Macho adulto	35.3	6	1
<i>M. levis</i>	Macho adulto	40.5	7	1
<i>A. lituratus</i>	Macho adulto	66	60	1

Dentre os parâmetros extraídos pelo *software* Call Viewer, foram escolhidas uma variável temporal e três variáveis de frequência para a caracterização dos pulsos: duração do pulso, frequência mínima, frequência de maior energia e frequência máxima; além da largura da banda (FMAX - FMIN) e o intervalo entre pulsos, calculados separadamente para cada pulso. A média e o desvio padrão dos parâmetros estão descritos na TABELA 2.

TABELA 2: PARÂMETROS DOS PULSOS DAS ESPÉCIES GRAVADAS DENTRO DA TENDA DE VOO E DOS PULSOS DE BUSCA DE *Molossus rufus*, COM SUAS RESPECTIVAS MÉDIAS ( $\bar{x}$ ) E DESVIO PADRÃO (SD). DURAÇÃO DO PULSO (DUR; ms); FREQUÊNCIA MÍNIMA (FMIN; kHz), FREQUÊNCIA DE MÁXIMA ENERGIA (FME; kHz), FREQUÊNCIA MÁXIMA (FMAX; kHz), LARGURA DA BANDA (BW, kHz), INTERVALO ENTRE PULSOS (IP; ms) E NÚMERO DE PULSOS AMOSTRADOS (n).

Espécie	DUR		FMIN		FME		FMAX		BW		IP		N
	$\bar{x}$	sd											
<i>E. diminutus</i>	1.8	0.37	40.45	1.59	66.37	3.36	82.89	6.41	42.43	6.45	50.78	25.42	64
<i>M. levis</i>	1.5	0.28	46	1.35	65.65	3.74	80.84	3.28	34.84	3.54	77.2	28.48	60
<i>A. lituratus</i>	1.3	0.33	57.1	1.74	68.49	1.99	79.41	3.98	22.3	3.61	63.15	35.86	59
<i>M. rufus</i>	3.6	1.2	37.26	4.84	40.44	5.09	41.41	5.16	4.15	1.62			196

A Análise Discriminante (Figura 5) mostra que as variáveis utilizadas suportam a discriminação dos pulsos entre as espécies. É possível observar que as espécies *E. diminutus* e *M. levis*, ambas da família Vespertilionidae, possuem resultados semelhantes em relação aos seus pulsos.

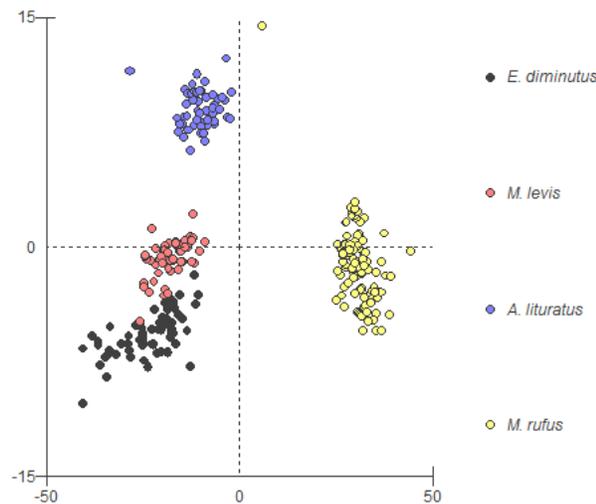


FIGURA 5: ANÁLISE DISCRIMINANTE ENTRE AS QUATRO ESPÉCIES DE MORCEGOS.

O resultado da análise ANOSIM corroborou com o agrupamento gerado na análise discriminante entre as quatro espécies ( $R = 0.95$ ,  $p = 0.001$ ), indicando que as diferenças entre os pulsos das quatro espécies são significativamente maiores que a variação intra-específica.

#### 4.1 REPERTÓRIO ACUSTICO DE *Eptesicus diminutus*

A análise de 64 pulsos provenientes dos primeiros cinco minutos de gravação de *E. diminutus* revelaram pulsos *sweep* (inclinação bem acentuada) (-FM) de curta duração ( $1.80 \pm 0.37$  ms) e banda larga ( $42.43 \pm 6.45$  kHz), apresentando o primeiro harmônico como o de maior energia e revelando um segundo harmônico sobreposto (em frequência) ao primeiro em pulsos de maior amplitude, como caracterizado no sonograma e espectrograma dos pulsos da espécie (FIGURA 7a e 7b). O intervalo entre os pulsos variou expressivamente de 19.9 ms a 117 ms de duração, tendo em média 50.78 ms (FIGURA 7e). Embora aparentemente menor entre pulsos que apresentavam o segundo harmônico, o intervalo entre os pulsos não foi criteriosamente analisado para fins de classificação das fases de busca neste trabalho, uma vez que o indivíduo não estava forrageando. Sabe-se, no entanto, que a fase de aproximação em algumas espécies aumenta a largura da banda de frequências (RODRÍGUEZ & MOURA, 2003) e diminui o intervalo entre pulsos. A frequência de maior energia estimada para a espécie foi de  $66.37 \pm 3.36$  kHz (TABELA 2).

Na literatura não há registro da caracterização de pulsos de ecolocalização de *E. diminutus*. Seu comportamento de forrageio é insetívoro aéreo, podendo ser encontrado em bordas ou no interior da floresta (BIANCONI & PEDRO, 2007). Das quatro espécies do gênero *Eptesicus* Rafinesque, 1820 que ocorrem no Sul do Brasil, há registro acústico apenas das espécies *E. furinalis* (d'Orbigny & Gervais, 1847) e *E. brasiliensis* (Desmarest, 1819). De acordo com Rydell *et al.* (2002), pulsos de ecolocalização de *E. furinalis* em condições de voo livre são pulsos *sweep* (-FM) com um curto componente QCF no final do pulso (FIGURA 6) e frequência de maior energia entre 36 e 41 kHz.

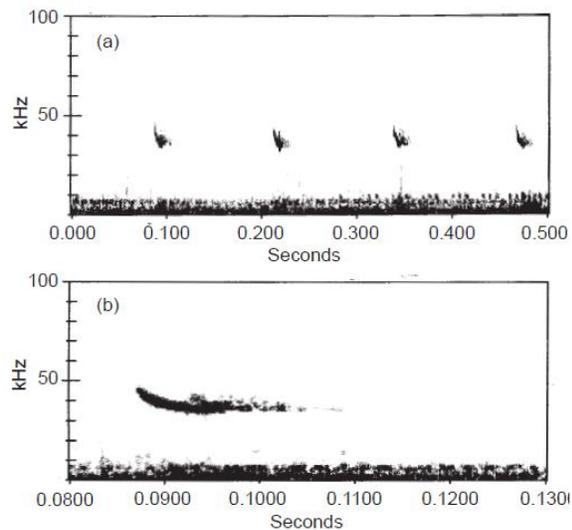


FIGURA 6: ESPECTROGRAMA DE UMA SEQUENCIA DE SINAIS DE BUSCA DE *E. furinalis* E DE UM PULSO INDIVIDUALIZADO. EXTRAÍDO DE Rydel *et al.* (2002).

A descrição do repertório acústico de *Eptesicus fuscus* (Palisot de Beauvois, 1796) por Rodríguez & Mora (2003) revela que a frequência de maior energia, a frequência máxima e a largura da banda dos sinais emitidos durante saída do abrigo, em forrageio e em um espaço fechado possuem pequenas variações, tendo valores maiores durante a saída de abrigo e valores menores durante forrageio. Entretanto, sinais de ecolocalização emitidos em circunstâncias que não de forrageio (saída de abrigo, voo em tenda) refletem valores intermediários das fases de busca e aproximação conhecidas em insetívoros (RODRÍGUEZ & MOURA, 2003).

Esta plasticidade de adaptar pulsos FM em diferentes condições de voo pode ser explicada pela *clutter rejection strategy*, estratégia sugerida por Kalko & Schnitzler (1993) para evitar ecos externos que se sobrepõem a ecos da presa em ambientes fechados, uma estratégia temporal e uma espacial. A estratégia temporal compreende a diminuição da duração dos pulsos para evitar sobreposição de ecos e explica a modulação do sinal FM entre ambientes abertos e fechados para espécies que se utilizam deste componente. Portanto, é possível inferir que os pulsos emitidos por *E. diminutus* dentro da tenda provavelmente conservem características do pulso de ecolocalização em condições normais de voo, podendo expressar uma modulação de

frequência mais acentuada condicionada pela restrição espacial do animal.

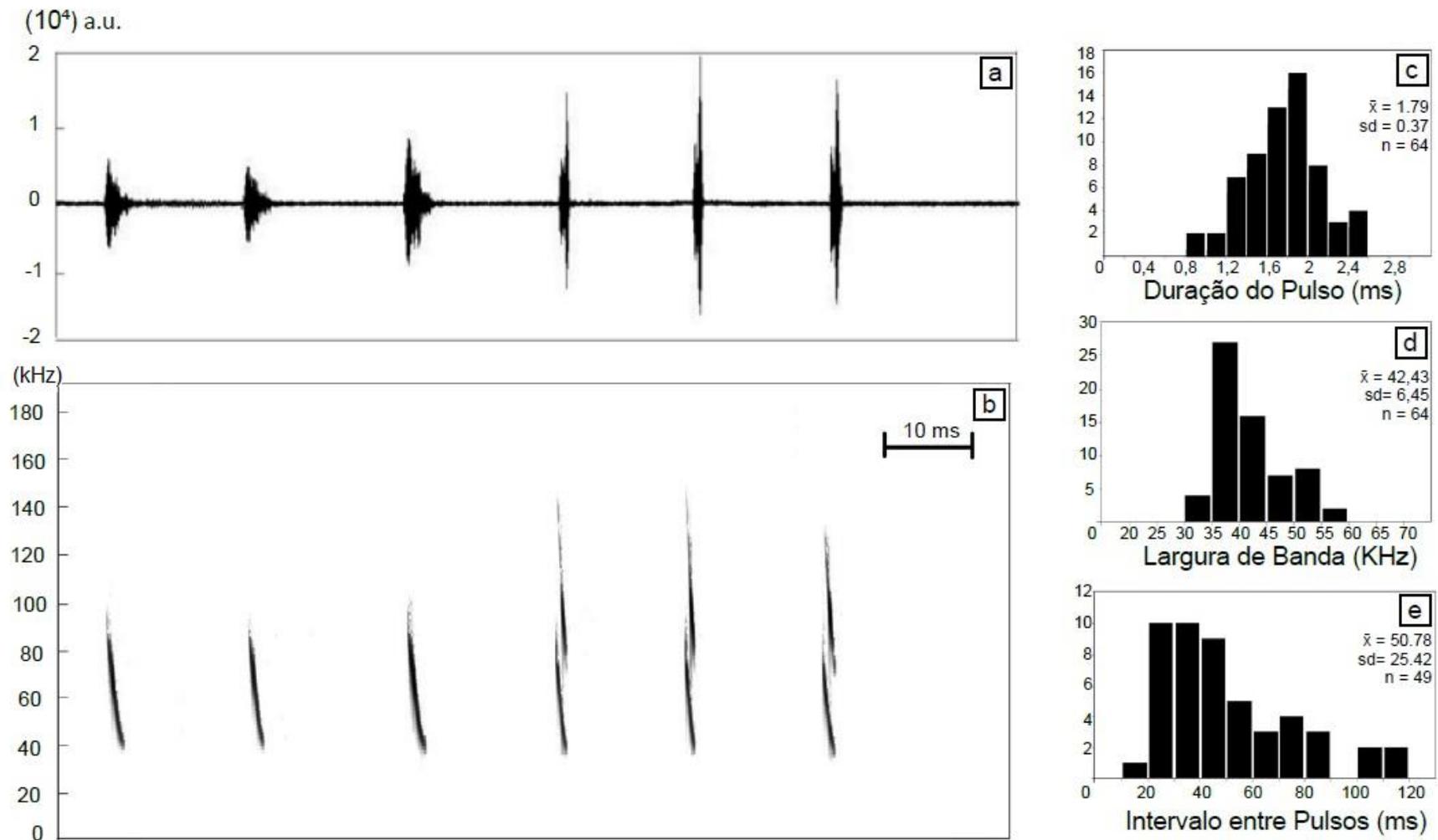


FIGURA 7: SONOGRAMA E ESPECTROGRAMA DOS PULSOS DA ESPÉCIE *Eptesicus diminutus* (7A E 7B) EMITIDOS EM VOO DENTRO DA TENDA. O INTERVALO ENTRE OS PULSOS ESTÁ FORA DE ESCALA. HISTOGRAMAS DE DURAÇÃO DO PULSO (7C), LARGURA DE BANDA (7D) E INTERVALO ENTRE OS PULSOS (7E) REFERENTE A SEQUÊNCIAS ANALISADAS.

## 4.2 REPERTORIO ACUSTICO DE *Myotis levis*

A análise de 60 pulsos provenientes de treze minutos de gravação de *M. levis* revelaram pulsos *steep* FM para baixo de curta duração ( $1.53 \pm 0.28$  ms ) e banda larga ( $34.84 \pm 3.54$  kHz) (TABELA 2), apresentando um único harmônico, como caracterizado no sonograma e espectrograma dos pulsos da espécie (FIGURA 10a e 10b). O intervalo entre os pulsos se concentrou dentro de uma faixa de 50 - 100 ms de duração, tendo, em média 77.2 ms (FIGURA 10e). A frequência de maior energia estimada para a espécie foi de  $65.65 \pm 3.74$  kHz (TABELA 2).

O gênero *Myotis* Kaup, 1829 compreende mais de cem espécies e é o gênero mais amplamente distribuído entre os morcegos (GARDNER, 2007). Não foram encontrados registros bibliográficos da caracterização de pulsos de ecolocalização de *M. levis*. Informações sobre seu comportamento de forrageio sugerem uma dieta insetívora e forrageio em áreas abertas, podendo ser encontrado em florestas e capoeiras (BIANCONI & PEDRO, 2007). O gênero *Myotis* apresenta geralmente sinais *steep* FM para baixo com largura de banda maior que 40 kHz durante a fase de busca (SIEMERS *et al.*, 2001). Esse tipo de sinal, de banda larga e curta duração, facilita a detecção precisa de insetos localizados contra substrato e vegetação, permitindo a separação dos ecos da presa e do substrato (SCHNITZLER & KALKO, 2001).

Gravações de *Myotis riparius* Handley 1960 em tenda de voo (7m x 5m x 2.2m) revelaram sinais “steep” (-FM) de alta intensidade e banda larga (FIGURA 8), semelhantes às gravações de *M. levis* apresentadas neste trabalho, podendo apresentar um componente CF curto no final do pulso (Fenton *et al.*, 1999).

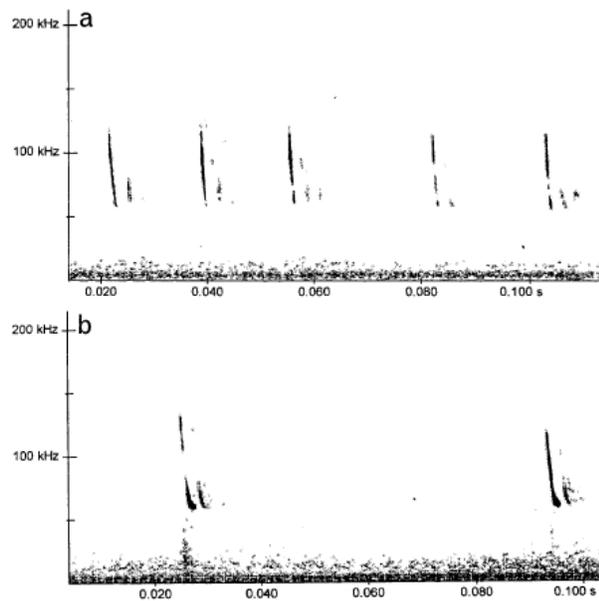


FIGURA 8: ESPECTROGRAMA DE SINAIS DE ECOLOCALIZAÇÃO DE *M. riparius* EM VOO DENTRO DE TENDA MOSTRANDO VARIAÇÃO NOS SINAIS DE DOIS PASSES INDEPENDENTES. EXTRAÍDO DE Fenton *et al.* (1999).

De acordo com Siemers *et al.* (2001), pulsos de ecolocalização de *Myotis nigricans* (Schinz, 1821), em condições de voo livre podem apresentar ou não um componente longo *steep* FM inicial, dependendo do seu descolamento em ambientes abertos ou fechados (*gap-and-edge*) (FIGURA 9). Em contraste com espécies temperadas, os pulsos de ecolocalização de *M. nigricans* em ambientes abertos são pulsos (-FM)-CF-(-FM), sendo os componentes FM curtos. Já em *edge – and - gap* (voos de até 5m do chão e 5m da vegetação) e em voo dentro de uma gaiola, a espécie introduziu um componente (-FM) inicial de banda larga, de menor duração e menor intervalo entre os pulsos, havendo pequenas, mas significativas, diferenças nos parâmetros temporais e de frequência inicial entre as duas situações. A frequência de maior energia, no entanto, se manteve constante entre as três situações.

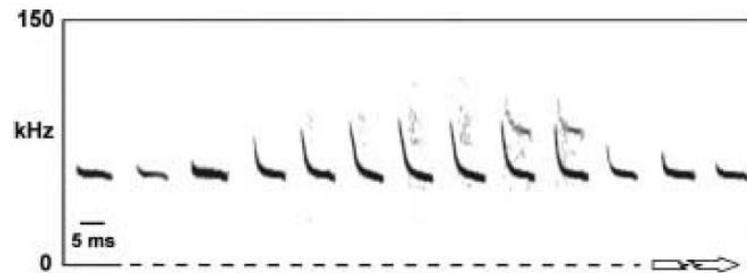


FIGURA 9: SEQUÊNCIA DE SINAIS DE UM INDIVÍDUO DE *M. nigricans* VOANDO DE UM AMBIENTE ABERTO PARA UM AMBIENTE FECHADO (*EDGE - AND - GAP*) E DE NOVO PARA AMBIENTE ABERTO. O INTERVALO ENTRE PULSOS ESTÁ FORA DE ESCALA. EXTRAÍDO DE Siemers *et al.* (2001).

Levando em conta a plasticidade de sinal apresentada em *M. nigricans* e o comportamento de caça aérea de *M. levis*, é possível inferir que os sinais emitidos dentro da tenda de voo por *M. levis* são sinais de ecolocalização semelhantes aos sinais que o animal emitiria em ambientes fechados (borda e interior de floresta), aumentando a eficiência da detecção e localização de presas. O comportamento, entretanto, não pode ser atribuído como um comportamento natural, uma vez que foi condicionado por uma restrição espacial, nem como um comportamento plástico, pois não se sabe se a modulação do sinal se alteraria em ambiente aberto. A relação entre sinais emitidos em tenda e sinais emitidos em ambientes fechados só pode ser verificada com estudos complementares de observação direta e monitoramento acústico da espécie durante forrageio ou deslocamento em diferentes ambientes.

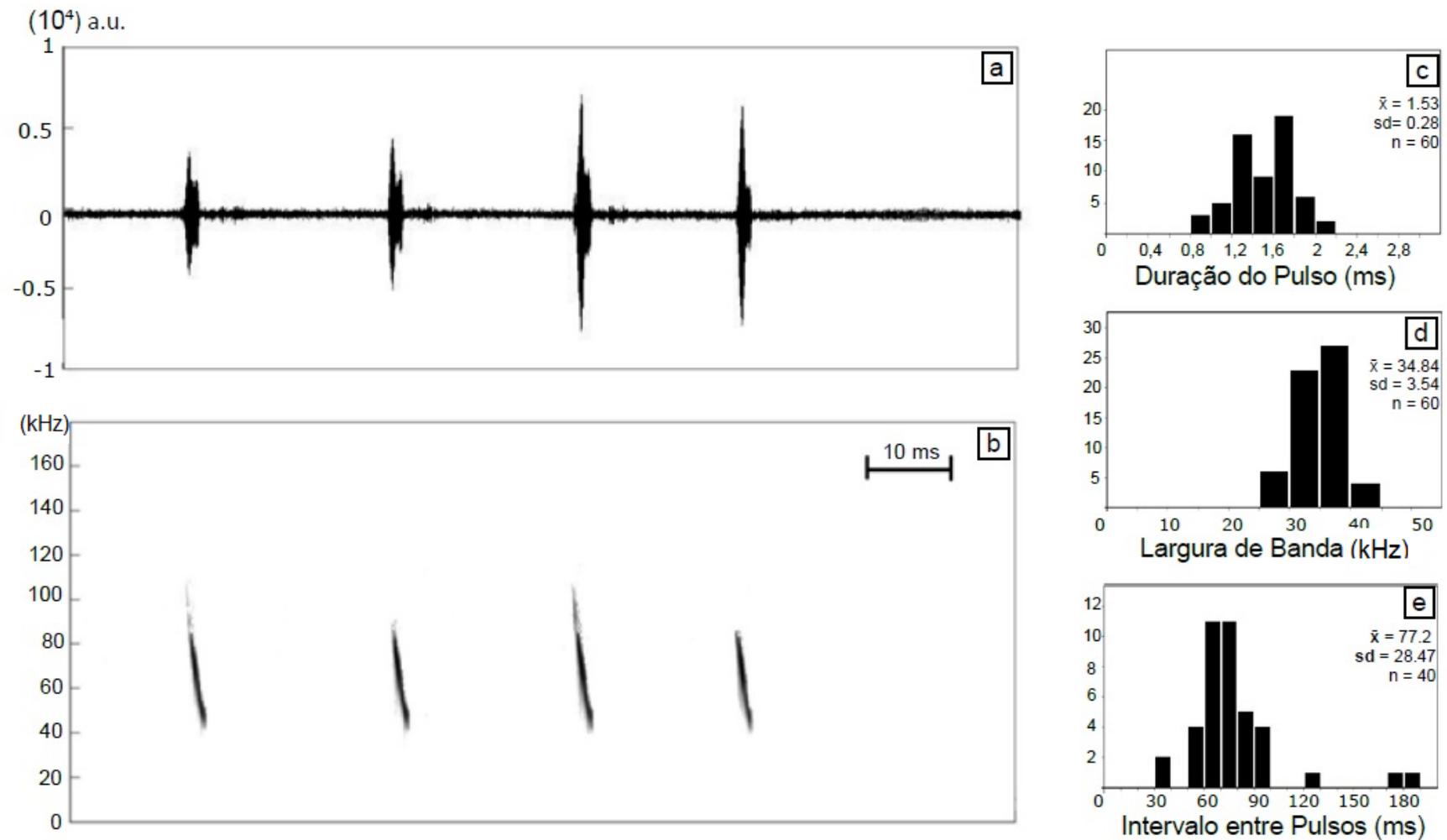


FIGURA 10: SONOGRAMA E ESPECTROGRAMA DOS PULSOS DA ESPÉCIE *Myotis levis* (10a E 10b) EMITIDOS EM VOO DENTRO DA TENDA. O INTERVALO ENTRE OS PULSOS ESTÁ FORA DE ESCALA. HISTOGRAMAS DE DURAÇÃO DO PULSO (10c), LARGURA DE BANDA (10d) E INTERVALO ENTRE OS PULSOS (10e) REFERENTE A SEQUÊNCIAS ANALISADAS.

### 4.3 REPERTORIO ACUSTICO DE *Artibeus lituratus*

A análise de 59 pulsos provenientes de dez minutos de gravação de *A. lituratus* revelaram pulsos FM multiharmônicos de curta duração ( $1.31 \pm 0.33$  ms) e banda larga ( $22.30 \pm 3.61$  kHz) (valores atribuídos ao primeiro harmônico) como caracterizado no sonograma e espectrograma dos pulsos da espécie (FIGURA 12a e 12b). O intervalo entre os pulsos teve uma grande amplitude entre passes, variando de 18.3 ms à 135 ms de duração, com média de 63.15 ms (FIGURA 12e). A frequência de maior energia estimada para a espécie foi de  $68.49 \pm 1.99$  kHz (TABELA 2) no primeiro harmônico. No entanto, foi observado que a energia no primeiro e segundo harmônico é bem semelhante, o que, por vezes, fez com que o segundo harmônico contivesse frequências de maior energia (FMIN =  $57.1 \pm 1.74$  kHz/ FME =  $68.49 \pm 1.99$  kHz/ FMAX =  $79.41 \pm 3.98$  kHz). A modulação da amplitude entre pulsos subsequentes foi identificada (FIGURA 12a) e pode ser atribuída a movimentos da cabeça. Esta caracterização corrobora com a caracterização dos pulsos de *A. lituratus* por Pio *et al.*, 2010, sendo apenas a duração do pulso menor que a registrada por Pio *et al.*, 2010 ( $2.3 \pm 0.6$  ms).

*Artibeus lituratus* se alimenta primariamente de frutos, mas sua dieta pode se estender a flores, folhas e insetos (PASSOS & GRACIOLLI, 2004). Mesmo auxiliado por “deixas” odoríferas, a espécie precisa encontrar seu alimento frente a barreiras acústicas, como vegetação e substrato, os quais refletem ecos que se sobrepõem a ecos vindos do seu alvo (SCHNITZLER & KALKO, 2001). Frente a estas exigências, Schnitzler & Kalko (2001), predizem que sinais de alta frequência, banda larga e curta duração são melhor adaptados para a detecção e localização de alvos em ambientes com muito ruído.

Conhecidos como morcegos “sussurrantes”, muitas das espécies de morcegos da família Phyllostomidae ainda não tiveram seus sinais gravados por emitirem pulsos de baixa intensidade (JENNING *et al.*, 2004). Mas em geral, membros da família apresentam sinais multiharmônicos *steep* (-FM), como exemplificado na FIGURA 11.

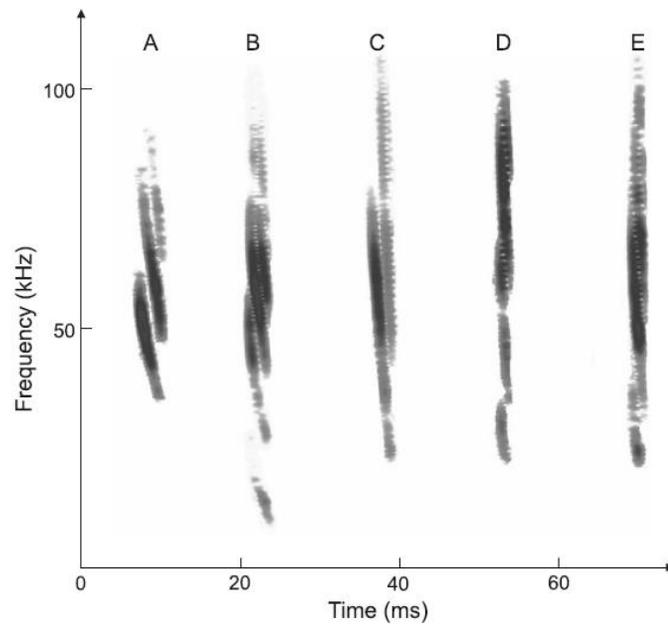


FIGURA 11. ESPECTROGRAMA DE SINAIS DE ECOLOCALIZAÇÃO DE MORCEGOS DA SUBFAMÍLIA STENODERMATINAE. EXTRAÍDO DE Jennings *et al.* (2014).

RYAN *et al.*(1985) descrevem sinais de *distress call* de *A. lituratus* como sinais audíveis e capazes de atrair co-específicos e até mesmo outras espécies de morcegos quando emitidos como resposta anti-predatória. Tais sinais, no entanto, não foram encontrados nas gravações da espécie no presente estudo.

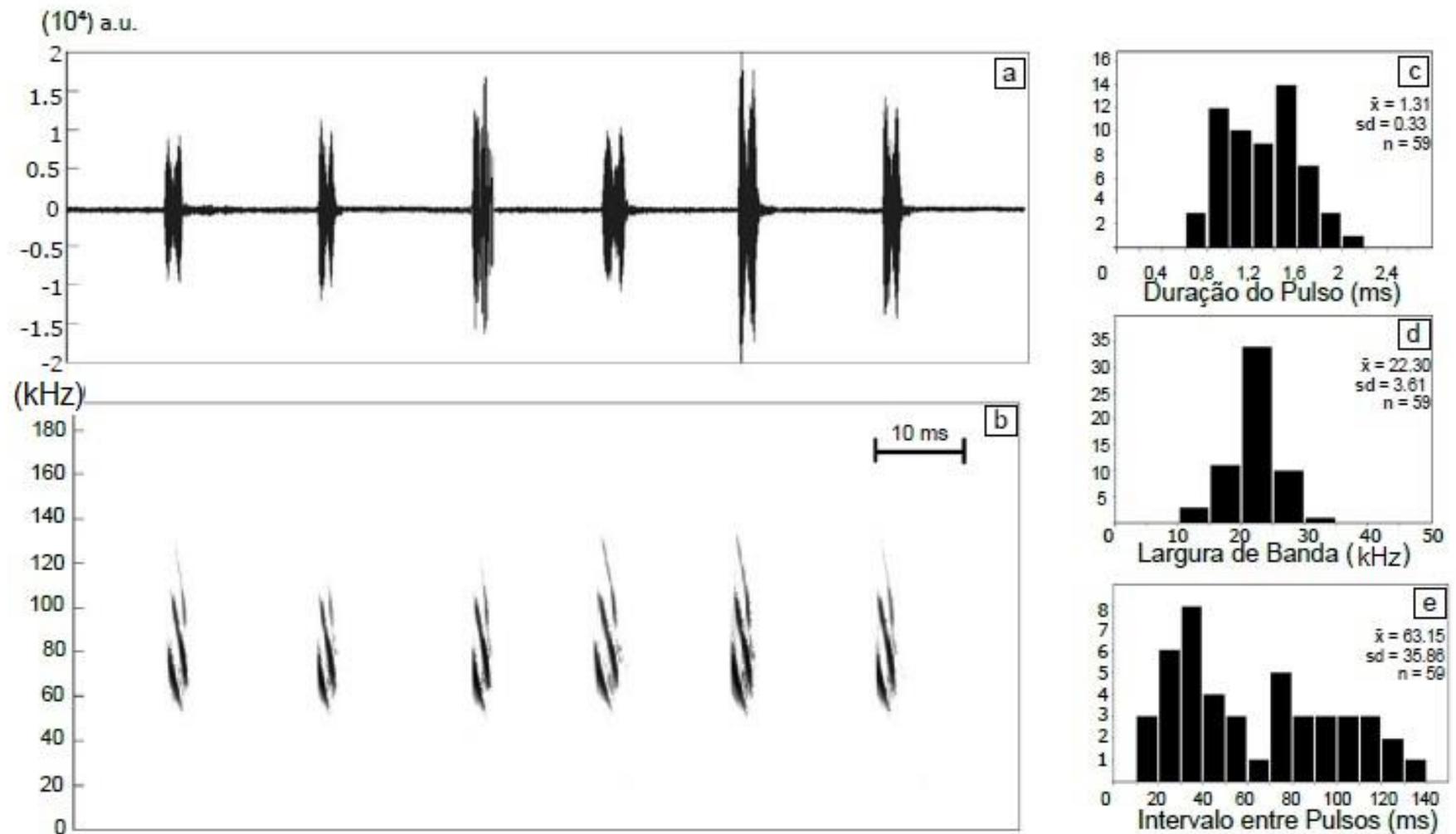


FIGURA 12: SONOGRAMA E ESPECTROGRAMA DOS PULSOS DA ESPÉCIE *Artibeus lituratus* (12a E 12b) EMITIDOS EM VOO DENTRO DA TENDA. O INTERVALO ENTRE OS PULSOS ESTÁ FORA DE ESCALA. HISTOGRAMAS DE DURAÇÃO DO PULSO (12c), LARGURA DE BANDA (12d) E INTERVALO ENTRE OS PULSOS (12e) REFERENTE A SEQUÊNCIAS ANALISADAS.

#### 4.4 REPERTÓRIO ACÚSTICO DE *Molossus rufus*

Um conjunto de 196 pulsos provenientes de 50 minutos de gravação de *M. rufus* durante a saída de indivíduos do abrigo revelaram um sonotipo S1 composto de pulsos QCF de duração  $3.60 \pm 1.20$  ms e banda curta ( $4.15 \pm 1.62$  kHz), como caracterizado no sonograma e espectrograma dos pulsos da espécie (FIGURA 14a, 14b e 14c). O intervalo entre os pulsos não foi medido uma vez que a maioria dos pulsos foi avaliada individualmente, e não em passes, pela dificuldade de individualizar sequências (houve muita sobreposição de passes). A frequência de maior energia estimada para a espécie foi de  $40.44 \pm 5.09$  kHz (TABELA 2) no primeiro harmônico identificado, sendo visíveis o segundo e até o terceiro harmônicos em algumas sequências de sinais. Em alguns passes analisados, pulsos consecutivos tiveram uma clara alternância de frequência, sem sobreposição de frequências entre eles (FIGURA 14b e 14c), revelando a plasticidade do sonotipo. Não foi possível diferenciar, no entanto, dois grupos claramente distintos de pulsos (altos e baixos), uma vez que entre os pulsos analisados houve uma ampla e constante distribuição de frequências (FIGURA 16a, 16b e 16c). Jung *et al.* (2014), concluem que, embora seja comum a alternância da frequência de maior energia em pulsos da mesma sequência dentro da família Molossidae, variações inter-específicas são significativamente maiores que variações intra-específicas. Da mesma forma, sinais variam significativamente mais entre os gêneros de molossídeos do que dentro dos gêneros.

O'Farrell & Miller (1999), ao amostrar três espécies do gênero *Molossus* É. Geoffroy, 1815 em Belize, incluindo *Molossus molossus* (Pallas, 1766), espécie ocorrente na região Sul do Brasil, advertiram sobre a plasticidade dos pulsos tanto em atividade de forrageio/caça quanto em saída de abrigo e afirmaram que existem diferenças nos pulsos entre estas duas situações. Ainda sim, o gênero mantém pulsos QCF, sendo a duração um importante parâmetro para distinguir as espécies (O' FARRELL & MILLER, 1999).

*Molossus rufus* é uma espécie insetívora aérea, forrageia acima da copa das árvores e possui um pico de atividade de forrageio concentrado na primeira hora após o por do sol (43.6% de capturas) (ESBÉRARD & BERGALLO, 2010). São conhecidos para espécie sinais de busca (-QCF) com dois pulsos alternos cujas frequências inicial e final são  $26.3 \pm 0.4$  kHz e  $24.7 \pm 0.6$  kHz (pulso baixo) e  $27.8 \pm 0.4$  kHz e  $25.7 \pm 0.5$  kHz (pulso alto), com duração de  $12.96 \pm 1.2$  ms e intervalo entre pulsos de  $343.76 \pm 131.0$  ms (JUNG *et al.*, 2014). Um número pequeno de sinais de busca descritos para a espécie foram identificados nas gravações deste trabalho, assim como a ausência de *feeding buzzes* (apenas uma sequência amostrada, FIGURA 15b), indicando reduzida atividade de forrageio próxima ao abrigo. Entretanto, vale observar a grande modulação que ocorre entre pulsos de busca e *feeding buzz* no gênero *Molossus* (MORA *et al.*, 2004), cujo aumento da largura da banda para frequências maiores e a diminuição da duração dos pulsos permite uma melhor avaliação das dimensões físicas da presa (SCHITZLER & KALKO, 2001).

Molossídeos em geral emitem sinais de ecolocalização QCF relativamente longos e de menor frequência, ideal para forrageio em ambientes abertos (JUNG *et al.*, 2014) (FIGURA 13). Insetívoros aéreos de ambientes abertos se beneficiam de pulsos longos de baixa frequência uma vez que estes sinais conferem uma detecção de longo alcance resultante de baixa atenuação atmosférica. Em contrapartida, estes sinais não são eficientes para a localização de insetos pequenos, pois quão menor a frequência emitida, menor é o direcionamento do sinal e quanto maior a duração do sinal maior a sobreposição entre sinal e eco de objetos muito próximos (SCHITZLER & KALKO, 2001).

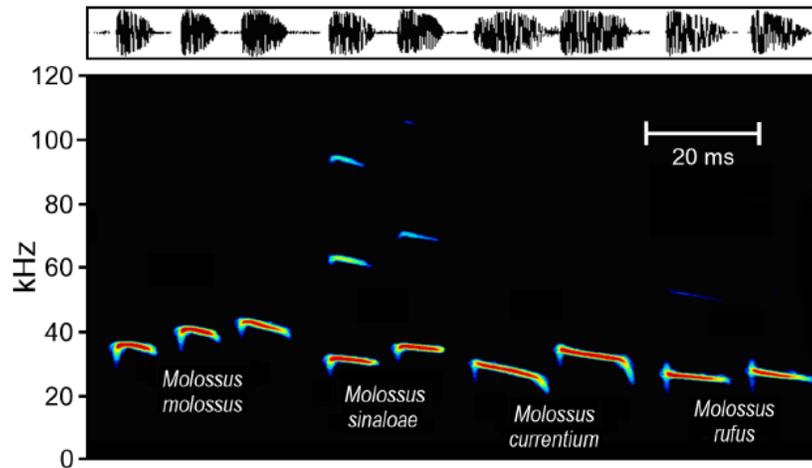


FIGURA 13: SONOGRAMA E ESPECTROGRAMA DOS SINAIS DE QUATRO ESPÉCIES DO GÊNERO *Molossus*. ADAPTADO DE Jung *et al.*(2014).

Gravações de *M. rufus* do presente trabalho também registraram com frequência um segundo sonotipo, caracterizado como sonotipo S2 com componentes QCF- (-FM) apresentando geralmente dois harmônicos parcialmente sobrepostos (em frequência) (FIGURA 15a), porém seus parâmetros acústicos não foram analisados. Ambos os tipos de sinais registrados para *M. rufus* durante a saída e retorno dos indivíduos do abrigo foram anteriormente reportados por Mora *et al.* (2004) para a espécie *M. molossus* nas mesmas condições, sendo que os sinais QCF – (-FM) foram registrados também em gravações de indivíduos durante voo em espaço confinados (MORA *et al.*, 2004).

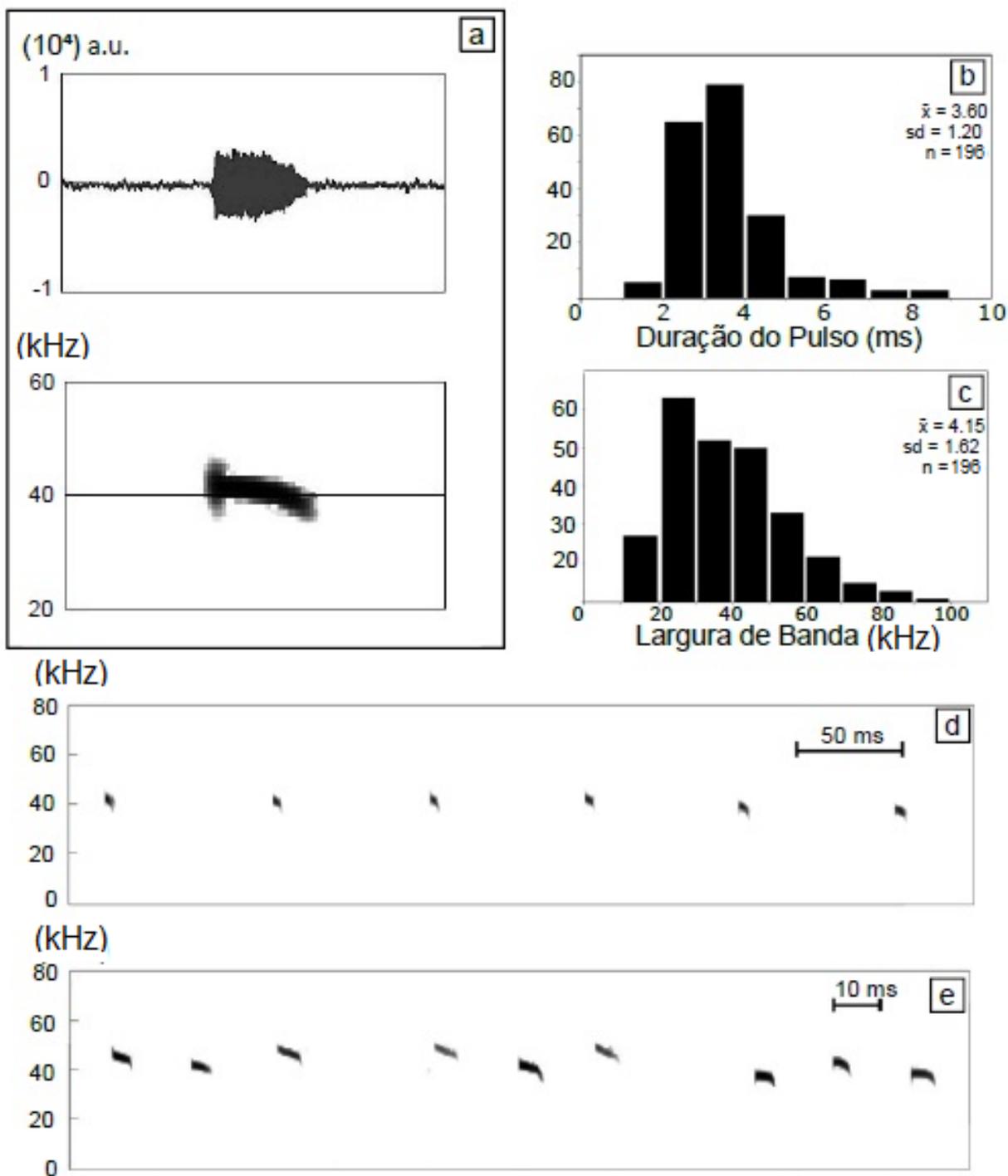
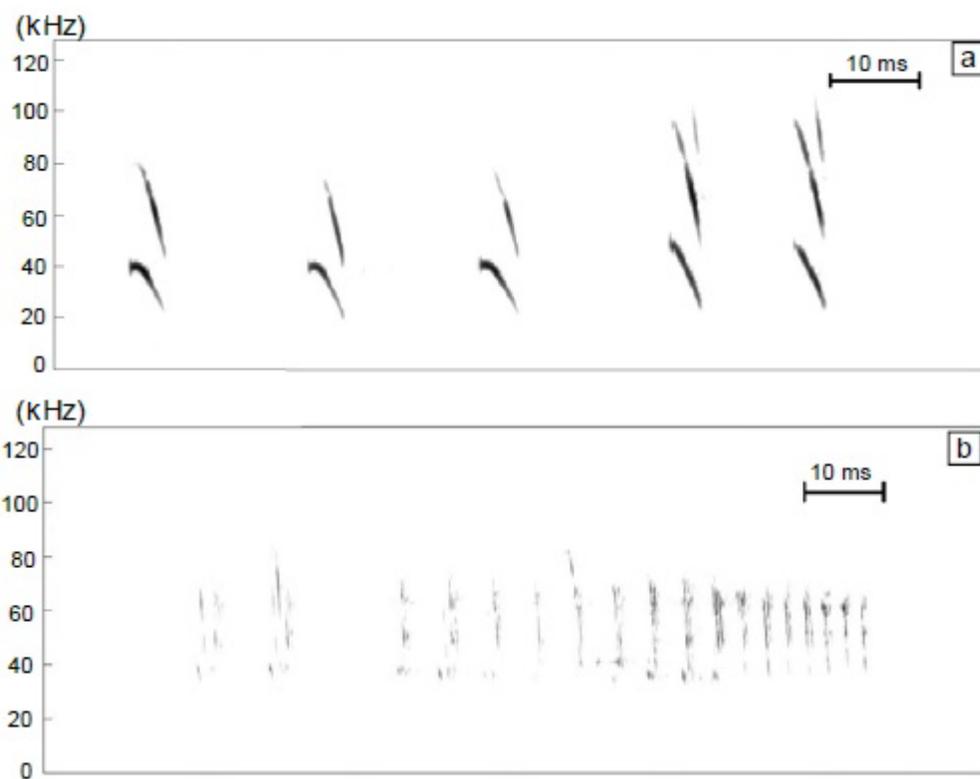


FIGURA 14: SONOGRAMA E ESPECTROGRAMA DE UM PULSO DE *Molossus rufus* (14a) CLASSIFICADO COMO SONOTIPO S1 EM UMA ESCALA DE 10 ms EMITIDO EM VOO NA SAÍDA DE UM ABRIGO ARTIFICIAL. HISTOGRAMAS DE DURAÇÃO DO PULSO (14b) E LARGURA DE BANDA, (14c) REFERENTES A SEQUÊNCIAS ANALISADAS. PULSOS SEQUENCIAIS DE *M. rufus* QUE DEMONSTRAM A PLASTICIDADE DO GRUPO CAPAZES DE PRODUZIR PASSES COM PULSOS CONSTANTES (14d) OU COM PULSOS ALTERNOS (14e). A ESCALA DO INTERVALO ENTRE OS PULSOS FOI MANTIDA APENAS NA FIGURA 14d.



**FIGURA 15:** ESPECTROGRAMAS DE PULSOS DE BUSCA (15a) CLASSIFICADOS COMO SONOTIPO S2 E DE FEEDING BUZZ (15b) DA ESPÉCIE *Molossus rufus* EMITIDO EM VOO NA SAÍDA DE UM ABRIGO ARTIFICIAL NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO. A ESCALA ENTRE OS PULSOS FOI MANTIDA APENAS NA FIGURA 15b.

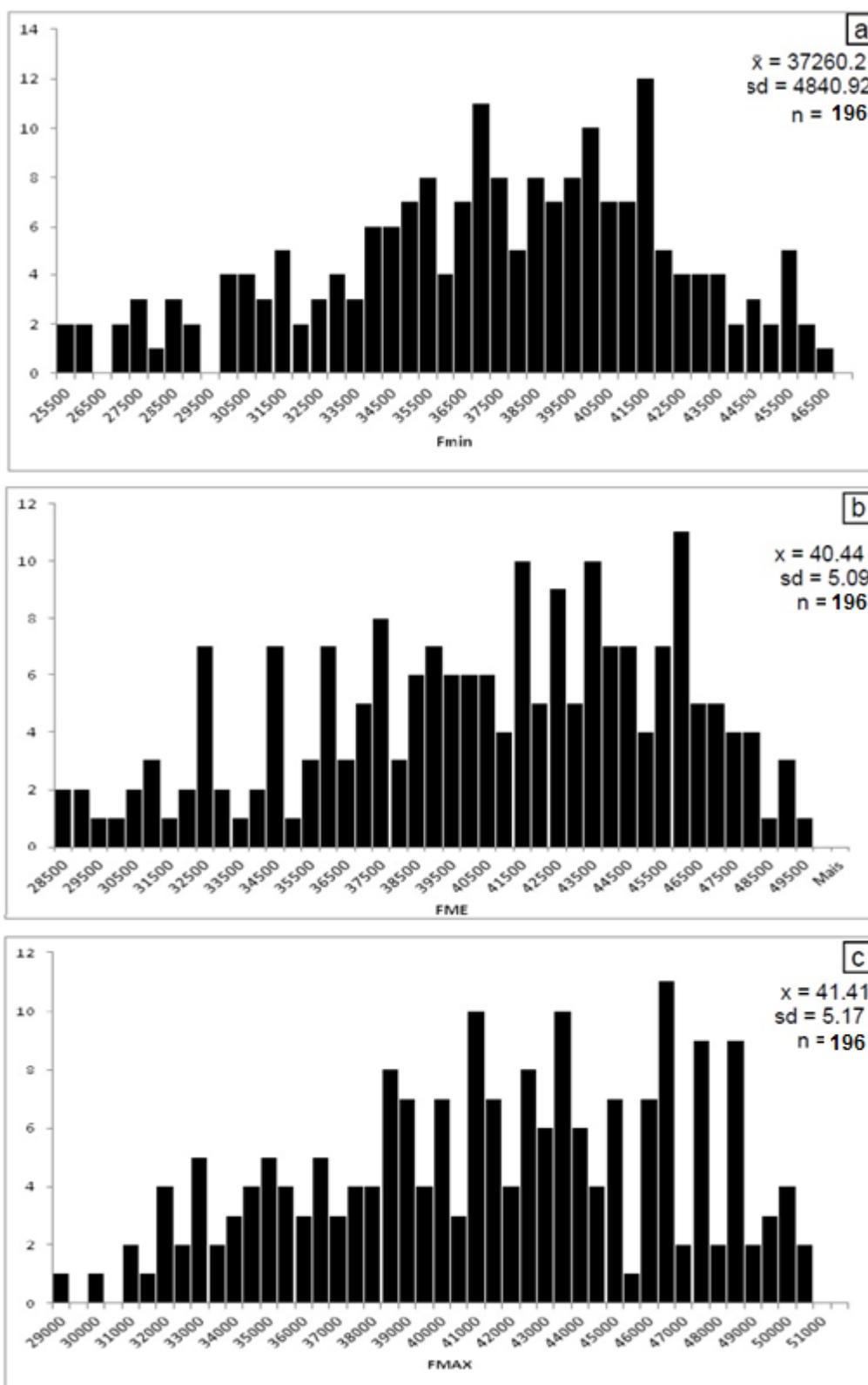


FIGURA 16: HISTOGRAMAS REFERENTES À FMIN (16a), FME (16b) E FMAX (16c) UTILIZADAS EM PULSOS DE ECOLOCALIZAÇÃO DE *Molossus rufus* AO SAIR DO ABRIGO.

## 5 CONCLUSÃO

Gravações geradas pelas espécies *E. diminutus*, *M. levis* e *A. lituratus* dentro da tenda de voo revelaram sinais de ecolocalização FM de banda larga e curta duração parcialmente condicionados por um ambiente fechado. Este trabalho apresenta a primeira descrição dos pulsos das espécies *E. diminutus* e *M. levis*. De maneira geral, sinais de aproximação, sinais modulados para deslocamento em ambientes fechados e sinais de *distress call* compartilham características semelhantes (pulsos FM de banda larga e curta duração). Entretanto, podem-se utilizar indicativos comportamentais nas sequências de pulsos registrados para a interpretação do sinal, como a presença de *feeding buzz* ou detecção de pulsos audíveis. A caracterização dos pulsos de ecolocalização dessas espécies, mesmo em condições não naturais, indica que comportamentos de forrageio são excelentes preditores do tipo de sinal das espécies de quirópteros. *Molossus rufus* demonstrou grande plasticidade nos pulsos de ecolocalização enquanto entrava e saía do abrigo, comportamento predito por estudos com populações de espécies do mesmo gênero.

A ecolocalização é um aspecto biológico negligenciado em estudos com morcegos no país e informações acústicas de morcegos neotropicais se restringem a comunidades da América Central. Frente a limitações metodológicas, torna-se cada vez mais necessária a complementação do acesso a comunidades de quiróptera por metodologias alternativas. A construção de bibliotecas acústicas, portanto, se faz uma ferramenta eficaz e diferencial para a construção de inventários, descrição e comparação do repertório acústico das espécies e para estudos ecológicos e comportamentais.

## REFERÊNCIAS

- AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L. & SANTOS, A. A. 2007. BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Ong Mamiraua. Belém, PA.
- BARQUEZ, R. M., MARES, M. A. & BRAUN, J. K. 1999. The Bats of Argentina. *Special Publications Museum of Texas Tech University* 42:1-275.
- BERNARD, E., MACHADO, R.B. & AGUIAR, L.M.S. 2011. Discovering the Brazilian bat fauna: a task for two centuries? *Mammal Review* 41(1): 23-39.
- BERNARD, E. 2003. Ecos na escuridão o fascinante sistema de orientação dos morcegos. *Ciência Hoje* 32: 14-20.
- BERGALLO, H. G., ERBÉRARD, C. E. L., MELLO, M. A. R. & BATISTA, M. 2003. Bat Sampling in Atlantic Forest: How much should the minimum effort be? *Biotropica* 35(2): 278-288.
- BIANCONI, G. V. & PEDRO, W. A. 2007. Família Vespertilionidae. In. *Morcegos do Brasil*. 167 – 195. Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- CHIU C., XIAN W., MOSS C. F. 2008. Flying in silence: echolocating bats cease vocalizing to avoidsonar jamming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105:13116-21.
- CUNTO G. C.&BERNARD E. 2012. Neotropical Bats as Indicators of Environmental Disturbance: What is the Emerging Message? *Acta Chiropterologica* 14 (1): 143-151.
- DOBSON, G. E. 1875. Conspectus of the suborders, families and genera of Chiroptera arranged according to their natural affinities. *Annals and Magazine of Natural History* 16: 345–357.
- ESBÉRARD, C. E. L & BERGALLO, H. G. 2010. Foraging activity of the free-tailed bat *Molossus molossus*(Chiroptera; Molossidae) in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70: 1011 – 1014.
- ESTRADA-VILLEGAS, S., MEYER, C. F. J. &KALKO E. K. V. 2010. Effects of tropical forest fragmentation on aerial insectivorous bats in a land-bridge island system. *Biological Conservation* 143: 597–608.

- FENTON, M. B.; BELWOOD, J. J.; FULLARD, J. H. & KUNZ, T. H. 1976. Responses of *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae) to calls of conspecifics and to other sounds. *Canadian Journal of Zoology*. 54 (9): 1443-1448.
- FENTON, M. B., FAURE, P. A., RATCLIFFE, J. M. 2012. Evolution of high duty cycle echolocation in bats. *The Journal of Experimental Biology* 215: 2935 – 2944.
- FENTON, M. B.; RYDELL, M. J. V.; EKLOF, J. & LANCASTER, W. C. 1999. Constant-frequency and frequency-modulated components in the echolocation calls of three species of small bats (Emballonuridae, Thyropteridae, and Vespertilionidae). *Canadian Journal of Zoology* 77:1891 – 1999.
- GARDNER, A.L. 1977. Feeding habits. In *Biology of bats of the New World family Phyllostomidae Part II*. (R.J. Baker, J.K. Jones & D.C. Carter, eds.). Texas Tech Press, Lubock, 293-350
- GARDNER, A. L. 2007. *Mammals of South America, Volume 1. Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats*. The University of Chicago Press.
- GREGORIN, R. & TADDEI, V.A. 2002. Chave artificial para a identificação de Molossídeos brasileiros (Mammalia, Chiroptera). *Mastozoologia Neotropical* 9(1): 13-32.
- GRIFFIN, D. R. 1944. Echolocation by blind men and radar. *Science*, 100: 589-590.
- GRIFFIN, D. R., WEBSTER, F. A., & MICHAEL, C. R. 1960. The echolocation of flying insects by bats. *Animal Behaviour* 8:141–154.
- HUTCHEON, J. M. & KIRSCH, J. A. W. 2006. A moveable face: deconstructing the Microchiroptera and a new classification of extant bats. *Acta Chiroptera* 8 (1): 1-10.
- JENNINGS, N. V.; PARSONS, S.; BARLOW, K. E. & GANNON, M. R. 2014. Echolocation calls and wing morphology of bats from the West Indies. *Acta Chiropterologica* 6(1): 75 – 90.
- JONES, G. 1999. Scaling of echolocation call parameters in bats. *The Journal of Experimental Biology* 202: 3359 – 3367.
- JONES, G. & TEELING, E. C. 2006. The evolution of echolocation in bats. *Trends in Ecology & Evolution* 21 (3):149 – 156.
- JUNG, K.; KALKO, E. K. V. & von Helversen, O. 2007. Echolocation calls in Central American emballonurid bats: signal design and call frequency alternation. *Journal of Zoology* 272 (2): 125 – 137.

- JUNG, K.; MOLINARI, J. & KALKO, E. K. V. 2014. Driving Factors for the Evolution of Species-Specific Echolocation Call Design in New World Free-Tailed Bats (Molossidae). PLoS ONE 9 (1): e85279.
- KALKO, E. K. V. & SCHNITZLER, H. U. 1989. The echolocation and hunting behavior of Daubenton's bat, *Myotis daubentoni*. Behavioral Ecology and Sociobiology 24: 225-238.
- KALKO, E. K. V. & SCHNITZLER, H. U. 1993. Plasticity in echolocation signals of European pipistrelle bats in search flight: implications for habitat use and prey detection. Behavioral Ecology and Sociobiology 33: 415 – 428.
- LAVAL R. 1973. A revision of the Neotropical bats of the Genus *Myotis*. Natural History Museum Los Angeles County 15:1-54.
- LÓPEZ-GONZÁLEZ C. 1998. Systematics and zoogeography of the bats of Paraguay. Tese de Doutorado. Texas Tech University, Lubbock.
- MIRANDA, J. M. D.; BERNARDI, I. P. & PASSOS, F. C. 2006. A new species of *Eptesicus* (Mammalia: Chiroptera: Vespertilionidae) from the Atlantic Forest, Brazil. Zootaxa 1383: 57 - 68.
- MORA, E. C.; MACÍAS, S.; VATER, M.; CORO, F. & KOSSL, M. 2004. Specializations for aerial hawking in the echolocation system of *Molossus molossus* (Molossidae, Chiroptera). Journal of Comparative Physiology A 190: 561 – 574.
- MORATELLI, R., PERACCHI, A.L., DIAS, D & OLIVEIRA, J.A. 2011. Geographic variation in South American populations of *Myotis nigricans* (Schinz, 1821) (Chiroptera, Vespertilionidae), with the description of two new species. Mammalian Biology 76: 592–607.
- NOVICK, A. 1958. Orientation in Paleotropical bats. II. Megachiroptera. The Journal of Experimental Zoology 137: 443-461.
- NOVICK, A.D & GRIFFIN, D. R. 1961. Laryngeal Mechanisms in Bats for the Production of Orientation Sounds. The Journal of Experimental Zoology 148: 125-145.
- O' FARRELL, M. J. & MULLER, B. W. 1999. Use of Vocal Signatures for the Inventory of Free-flying Neotropical Bats. Biotropica 31(3): 507 – 516.
- PASSOS, F. C. & GRACIOLLI, G. Observações da dieta de *Artibeus lituratus* (Olfers) (Chiroptera, Phyllostomidae) em duas áreas do sul do Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 21(3): 487 - 489.
- PASSOS, F.C., MIRANDA, J.M.D., BERNARDI, I.P.; KAKU-OLIVEIRA, N.Y.; MUNSTER, L.C. 2010. Morcegos da Região Sul do Brasil: análise comparativa da riqueza de espécies, novos registros e atualizações nomenclaturais (Mammalia, Chiroptera). Iheringia 100(1): 25-34.

- R Development Core Team. 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing
- RODRÍGEZ, A. & MORA E. C. 2006. The Echolocation Repertoire of *Eptesicus fuscus* (Chiroptera:Vespertilionidae) in Cuba. Caribbean Journal of Science 42(1): 121 – 128.
- RUSS, J. M.; JONES, G.; MACKIE, I. J. & RACEY, P. A. 2003. Interspecific responses to distress calls in bats(Chiroptera: Vespertilionidae): a function for convergence in call design? Animal Behaviour 67: 1005 – 1014.
- RYAN, J. M.; CLARK, B. D. & LACKEY, J. A. 1985. Response of *Artibeus lituratus* (Chiroptera: Phyllostomidae) to Distress Calls of Conspecifics. American Society of Mammalogists 66 (1): 179 – 181.
- RYDELL, J.; ARITA, H. T. & GRANADOS, J. 2002. Acoustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatan, Mexico. Journal of Zoology 257: 27 – 36.
- SIEMERS, B. M., KALKO, E. K. V. & SCHNTZLER, H-U. 2001. Echolocation behavior and signal plasticity in the Neotropical bat *Myotis nigricans* (Schinz, 1821) (Vespertilionidae): a convergent case with European species of *Pipistrellus*? Behavioral Ecology and Sociobiology 50: 317 – 328.
- SIKES, R. S.; GANNON, W. L. & the Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists. 2011. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. Journal of Mammalogy 92(1):235-253.
- SCHNITZLER, H-U. & KALKO, E. K. V. 2001. Echolocation by Insect - Eating Bats. American Institute of Biological Science. 51(7): 557 – 569.
- SPEAKMAN, J. R. & RACEY, P. A. 1991. No cost of echolocation for bats flight. Nature 350: 421-423.
- SURLYKKE, A. & KALKO, E. K. V. 2008. Echolocating Bats Cry Out Loud to Detect Their Prey. PLoS ONE 3(4): e2036.
- PIO, D. V. V.; CLARKE, F. M.; MACKIE, I. & RACEY, P. A. 2010 Echolocation calls of the Bats of Trinidad, West Indies: Is Guild Membership Reflected in Echolocation Signal Design? Acta Chiropterologica 12(1): 217 – 229.
- VIEIRA, C. O. C. 1942. Ensaio monográfico sobre os quirópteros do Brasil. Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo 3:1-471.
- VIZOTTO LD e VA TADDEI. 1973. Chave para determinação de quirópteros brasileiros. Boletim de Ciências, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, São José do Rio Preto 1:1-72.

von HELVERSEN, D. & von HELVERSEN, O. 1999. Acoustic guide in bat-pollinated flower. *Nature* 389: 759-760.

WILDLIFE ACOUSTICS. Wildlife Acoustics, Inc. – Bioacoustics Monitoring Systems. <http://wildlifeacoustics.com/> (Acesso 09/07/14)