

Universidade de Brasília UnB

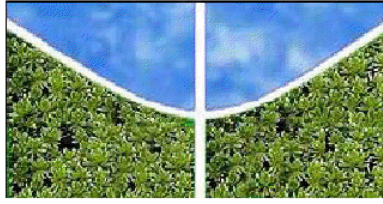
Instituto de Ciências Biológicas

Programa de Pós Graduação em Zoologia

**Plasticidade no comportamento acústico de *Molossops temminckii* (Chiroptera:  
Molossidae).**

Thiago Furtado de Oliveira

**2015**



Universidade de Brasília UnB

Instituto de Ciências Biológicas

Programa de Pós Graduação em Zoologia

**Plasticidade no comportamento acústico de *Molossops temminckii* (Chiroptera: Molossidae).**

Orientadora: Dr<sup>a</sup> Ludmilla Moura de Souza Aguiar

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós Graduação em Zoologia da Universidade de Brasília como um dos requisitos para obtenção do título de mestre em Zoologia defendida dia 30/07/2015

**Brasília**

**2015**

## Agradecimentos

Agradeço a energia inicial criadora do universo do caos, que em suas harmoniosas leis da natureza permitiu que dentre tantas galáxias existentes, a nossa também abrigasse a vida. Que entre tantos sois existentes um pequeno planeta chamado Terra pudesse orbita-lo a distância perfeita para não congelar e nem ferver a água e pudesse desfrutar de sua luz e calor servindo como gatilho perfeito que fez evoluir um cenário de formas tão prodigiosas de vida. Seres que servem a mim como inspiração para busca de respostas que elevam o ser humano à qualidade de curioso observador consciente de toda essa grande e cíclica transferência de energia que chamamos vida.

Agradeço a minha família que sempre me apoiou nas decisões que tomei e que é a base psicológica e emocional necessária para me expressar e ascender ao mundo como um ser único cheio de qualidades e defeitos, construtor de conhecimento e amante da ciência e da vida.

Agradeço a Leh, pela ajuda pratica e emocional, companheira mesmo que passageira, agradeço principalmente pelas risadas e pelos bons momentos que vivemos ao longo desse processo.

Agradeço a minha amiga e orientadora, Ludmilla Aguiar por acreditar em minha capacidade e apostar em meu trabalho, pelas horas de conversa e conselhos sobre o que deveria ser feito, como deveria ser feito e que poderia ser feito. Agradeço pelas revisões, pelo tempo, paciência, e carinho com que conduziu a orientação do trabalho que certamente não seria possível sem seu intelecto no produto que vos apresento.

Agradeço aos amigos de campo, laboratório e coração, Thales, pela paciência, ajuda estatística, com as figuras, com revisoes, mas principalmente pela amizade. Ao Renato, parceirão de campo, laboratório e da vida, agilizado, xarope e hiperativo. À Debora pelo suporte emocional, pela motivação, pela amizade e por ter um coração tão grande que não cabe em si e transborda a todos o amor que ali reside. À Elba parceira de campo, laboratório e analises pela ajuda e amizade. Ao Daniel pelas leituras do trabalho, conselhos e parceiro de buteco. Agradeço a todos que de alguma forma participaram, Paula, Aspira, Ana, Julia, Vandélio, e quem eu possa ter esquecido, seja no campo, no laboratório ou nas coisas da vida pelo suporte, carinho e atenção que tiverem comigo nessa fase, tão estressante e prazerosa que tive em minha vida.

Agradeço ao Pedro Diniz, pelas leituras do manuscrito, conselhos estatísticos e pela amizade que contribuíram para o estudo.

Agradeço a Emanuel Mora que acendeu a fagulha inspiradora do trabalho, ajudou no aprendizado sobre bioacústica, métodos de gravações e análises que permitiram a execução coerente do trabalho.

Agradeço a Universidade de Brasília e ao Programa de Pós Graduação em Zoologia que me deram a infraestrutura e corpo técnico necessário para realização do projeto. Agradeço também a CAPES pela bolsa cedida no tempo de execução do estudo.

Agradeço aos meus cachorros pelo amor incondicional e pela qualidade de bons ouvintes em tempos difíceis que passei ao longo da Dissertação.

Agradeço aos morcegos objeto do estudo, por suas fascinantes adaptações, por serem lindos e inspiradores. Agradeço ao mistério que esses animais inspiram, mistério que inspiram a mim buscar o entendimento correto do mundo, mesmo daquilo que não se pode ver.

Agradeço por fim a todos os seres de bem que impulsionam o mundo a frente e para cima que é de onde viemos.

## Sumário

<b>Resumo</b> .....	1
<b>Abstract</b> .....	1
<b>Introdução Geral</b> .....	2
Referências Bibliográficas .....	15
<b>Plasticidade no comportamento acústico de <i>Molossops temminckii</i> (Chiroptera: Molossidae)</b> .....	22
Introdução .....	22
Material e Métodos .....	23
Área de estudo .....	23
Captura dos indivíduos .....	24
Gravações .....	24
Parâmetros medidos .....	25
Análises estatísticas .....	26
Resultados .....	26
Discussão .....	28
Tabelas e Figuras .....	32
Referências Bibliográficas .....	38

## Resumo

A ecolocalização é um sistema sensorial ativo que certos animais utilizam para orientar-se no ambiente por meio do som e para captura de alimento. Morcegos da família Molossidae possuem asas estreitas e longas para o voo rápido, com pouca manobrabilidade, adaptados ao forrageio em ambientes sem obstáculos, ou abertos. No entanto, alguns morcegos dessa família, como *Molossops temminckii*, exploram outros ambientes e possuem grande plasticidade acústica. Esse pequeno molossideo apresenta uma peculiaridade que é a emissão de um chamado de frequência modulada ascendente, UFM. O objetivo desse estudo foi preencher a lacuna de conhecimento sobre o repertório acústico de *M. temminckii* em diferentes ambientes, e obter os primeiros registros acústicos da espécie para o Brasil. Foram gravados os chamados de cinco fêmeas e cinco machos em quatro tratamentos e dois ambientes, ambiente com obstáculos e ambiente sem obstáculos. Por meio de uma análise de variância (ANOVA), verifiquei diferença significativa nos parâmetros analisados dos chamados de *M. temminckii* entre ambiente com e sem obstáculos. Nos ambientes fechados *M. temminckii* utiliza curtos chamados de frequência modulada descendente com pequenos intervalos entre os pulsos para evitar a sobreposição dos ecos e manter uma janela livre de obstáculos. Em ambientes abertos *M. temminckii* emite pulsos UFM com maior duração e menor amplitude de banda. Também foi observado que em Brasília, emitem chamados mais curtos e com maior frequência mínima do que os gravados na Venezuela. A menor duração pode estar relacionada à altura de voo de *M. temminckii*, que provavelmente é maior na Venezuela, em decorrência das características de vegetação enquanto a frequência mínima pode ser um traço individual ou da população. As diferenças encontradas nos chamados de *M. temminckii* entre os ambientes e entre os morcegos do Brasil e da Venezuela evidenciam a necessidade, já relatada na literatura, em se conhecer melhor o repertório acústico das espécies. É importante conhecer os chamados não apenas entre os tipos de ambientes, mas também em nível regional, para uma identificação apurada em inventários acústicos. Assim, esse trabalho preencheu a lacuna dos tipos de chamados que *M. temminckii* emite em ambientes fechados, e contribuiu com registros acústicos de *M. temminckii* para o país, permitindo agora a identificação precisa em inventários e monitoramentos para o Brasil.

Palavras chave: ecolocalização, bioacústica, biblioteca de sons, chamados de frequência modulada ascendente, regionalização dos chamados de ecolocalização.

## Abstract

Echolocation is an active sensorial system whereby some animals use sound for orientation and food obtainment in their environment. Bats of the Molossidae family have long narrow wings for flying fast, but little maneuverability, adapted for hunting without obstacles, in open areas. Nonetheless, some bats of this family, like *Molossops temminckii* can explore others environments having great acoustic plasticity. This small molossideo shows a peculiarity, that is the emission of calls with upward frequency modulated UFM. The goal of this study was to fill

the gap of knowledge about the acoustic repertoire of *M. temminckii* in different environments and to obtain the very first acoustic recording for this species in Brazil. In Brasília we recorded the calls of five males and five females in four treatments and two environments, indoors or highly cluttered space (hall of Department of Zoology from University of Brasilia and tend) and outdoors (zip-line and hand release). With ANOVA, we detected significant differences in *M. temminckii* calls between cluttered (indoors) and uncluttered environments (outdoors). In cluttered space *M. temminckii* use short downward frequency modulated (DFM) calls with small intervals between calls to avoid overlapping echoes and to keep a free window view of clutter. In open space *M. temminckii* emits longer UFM calls with shorter bandwidth. In Brasília, bats emit shorter calls with higher minimum frequency when compared with bats recorded in Venezuela. The shorter duration may be related to flight height, which is probably greater in Venezuela, due to the characteristics of the vegetation, while minimum frequency may be an individual or population trace. The differences found in *M. temminckii* calls between environments and between the bats of Brazil and Venezuela, highlight the need for studies on the acoustic repertoire of the species, for more precise identification. It is important to analyse the calls, not only based upon the differences in environments and degree of clutter, but also at a regional level to allow a refined identification of the species for acoustic sampling. This study also contributes with acoustic records of *M. temminckii* for the country, allowing us, now, precise identification of this species for future sampling and ecological monitoring studies in Brazil.

Key words: Echolocation, bioacoustics, sound library, upward modulated frequency, regional calls.

### **Introdução Geral**

Os morcegos e alguns seres humanos cegos conseguem perceber objetos a sua volta utilizando o som, por meio do cálculo da diferença entre um pulso sonoro emitido e o eco que retorna a seus ouvidos (Griffin 1944). Em 1944, Griffin fez essa observação, pois percebeu em experimentos laboratoriais, que os morcegos conseguiam localizar objetos por meio da emissão de sons e da recepção do eco. Assim, ele cunhou o termo ecolocalização para definir todo tipo de mecanismo de orientação, natural ou artificial, onde o sujeito fosse capaz de localizar objetos com a utilização de sons e do eco. Embora existissem radares em navios e aviões que utilizavam esse sistema, o termo ganhou visibilidade e passou a ser alvo de estudos em diferentes animais somente após a publicação de Griffin (1944).

A ecolocalização representa uma convergência evolutiva (Fenton et al. 2012) utilizada por animais de diferentes classes e ordens para orientarem-se no ambiente ou para o forrageamento. Esse mecanismo evoluiu independentemente em duas ordens de aves (Caprimulgiformes e Apodiformes) que utilizam cliques de baixa frequência <20kHz (quilohertz) e curta duração para auxiliar a navegação em ambientes com pouca ou nenhuma luz (Griffin e Suthers 1970; Brinklov et al. 2013). Surgiu também em quatro ordens de mamíferos, Chiroptera (Griffin 1944), Cetacea (McBride 1955), Afrosoricida (Gould 1965) e Eulipotyphla (Buchler

1976), que podem utilizar chamados de alta e baixa frequência (>20kHz e <20kHz). No entanto, nos morcegos e cetáceos a ecolocalização é mais sofisticada, sendo essas as duas únicas ordens que utilizam a ecolocalização para capturar alimento (Fenton et al. 2012).

Os morcegos são os únicos mamíferos que desenvolveram o voo verdadeiro: constituem cerca de 20% das espécies de mamíferos do mundo, com mais de 1.300 espécies descritas (Fenton & Simmons 2014). Essa diversidade também é refletida nos hábitos alimentares, que faz do grupo um importante objeto de estudo (Simmons, 2005). Por meio da alimentação, prestam serviços ambientais como a polinização (Gribel e Hay 1993), a dispersão de sementes (Muscarella e Fleming 2007), e o controle de populações de insetos e outros animais (Cleveland et al. 2006). Morcegos possuem ainda relevante importância na saúde animal em virtude dos hábitos alimentares de *Desmodus rotundus* (Souza et al 2005). Conhecido como morcego vampiro, esse morcego, ao se alimentar do sangue de mamíferos, como o gado, pode transmitir o vírus da raiva e causar problemas de saúde pública (Mayen 2003). Apesar da diversidade de espécies da ordem Chiroptera e da variedade de hábitos alimentares, a história evolutiva do grupo ainda é alvo de discussões (Simmons 2005).

Indícios sugerem que a ordem quiróptera é monofilética (Teeling et al. 2005), era tradicionalmente dividida em duas sub-ordens: megachiroptera, que compõe todos os morcegos que não ecolocalizam da família Pteropodidae (com exceção do gênero Rousettus que ecolocaliza com cliques produzidos pela língua), e microchiroptera, que abrange todos os outros morcegos que ecolocalizam por meio da laringe (Miler 1907).

Recentes estudos moleculares propõem uma nova abordagem na separação filogenética (Teeling et al. 2005). Esses autores demonstram que a superfamília Rhinolophidae, antes agrupada junto aos microchiroptera, representa um grupo irmão da família Pteropodidae (antes megachiroptera), uma vez que é capaz de sofisticada ecolocalização com a laringe, formando a nova sub-ordem Yingochiroptera (Teeling et al. 2005, Jones e Teeling 2006). Todos os outros morcegos que possuem ecolocalização pela laringe formam a nova sub ordem, Yangochiroptera (Van De Bussche et al. 2004, Teeling et al. 2005, Jones e Teeling 2006). A maior parte dos morcegos (Yingochiroptera e Yangochiroptera) emite pulsos ultrassônicos pela laringe, acima da percepção da audição humana (<20 kHz) (Jones e Teeling 2006). Pulsos ultrassônicos são difíceis de serem detectados, pois se dispersam facilmente no ar em razão da alta frequência das ondas sonoras e dificultam o estudo da ecolocalização nos morcegos (Adams et al. 2012).

Chamados de alta frequência (acima de 20 kHz) com ondas sonoras mais curtas e rápidas sofrem maior atenuação atmosférica e dificultam ainda mais o estudo da ecolocalização nos morcegos, dessa maneira, o estudo da ecolocalização em morcegos sempre foi um desafio para os cientistas devido à necessidade de uma instrumentação apropriada. Nas décadas de 50 e 60, poucos cientistas tinham acesso a equipamentos capazes de captar e analisar ultrassons (Griffin 1953; Griffin e Novick, 1955; Griffin et al 1960).



Somente a partir das décadas de 70 e 80 é que esses equipamentos ficaram mais acessíveis aos cientistas de países desenvolvidos. Foram esses pesquisadores que iniciaram com maior assiduidade trabalhos nessa linha de pesquisa. Suga e O'Neil (1978) estudaram os chamados de ecolocalização de *Pteronotus parnellii rubiginosus* e, no mesmo ano, Simmons et al (1978) analisaram a estrutura dos chamados de procura, aproximação e captura de presas de *Tadarida brasiliensis*. Um ano depois, Simmons et al (1979) avaliaram as mudanças nas características dos chamados de *Tadarida brasiliensis*, *Eptesicus fuscus*, *Pteronotus personatus*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Phyllostomus hastatus*, *Plecotus phyllotis* e *Noctilio leporinus* nos chamados de procura, aproximação e captura (Tabela 1).

Na década de 80, algumas espécies de morcegos da América do Norte e da África foram identificadas por meio dos chamados de ecolocalização (Fenton e Bell 1981). Esses autores analisaram padrões nos chamados de procura, e exploraram as variações que ocorriam em cada espécie. Do mesmo modo, Barclay (1983) diferenciou quatro espécies de embalonurídeos no Panamá, identificando duas espécies que foram capturadas em rede de espera e separando-as das outras duas que não tinham sido capturadas. Outro estudo de caso importante mostra que mesmo que os chamados de uma família, como a Vespertilionidae, sejam estereotipados, ou seja, possuem características semelhantes nos parâmetros de tempo (duração do pulso e intervalo entre os pulsos), frequência (mínima, máxima, pico de frequência e amplitude de banda) e intensidade (SPL), as características dos pulsos sonoros emitidos podem variar de forma intraespecífica e interespecífica (Miler e Deng 1981, Kayleigh e Ratcliffe 2015).

Em uma avaliação dos pulsos emitidos por quatro espécies de vespertilionídeos, Miler e Degen (1981) identificaram grande plasticidade acústica no repertório de *Eptesicus serotinus*, *Nyctalus noctula* e *Pipistrellus pipistrellus* ao se alimentarem, enquanto que os chamados de *Myotis daubentoni* seguiam sempre o mesmo padrão durante o forrageio. Por meio da análise de parâmetros acústicos dos chamados de ecolocalização, é possível a identificação de espécies, gêneros ou família em maior ou menor grau de certeza, indicando que um banco de sons pode ser uma importante ferramenta para o estudo da ecologia e comportamento dessas espécies (Fenton e Bell 1981).

Ainda nos anos 80, foram realizados importantes estudos sobre aspectos evolutivos do mecanismo de ecolocalização em morcegos e parâmetros acústicos dos chamados utilizados para captura de alimento (Simmons e Stein 1980, Pye 1980). Estudos realizados com o objetivo de compreender as estratégias de forrageio dos morcegos insetívoros que utilizavam a ecolocalização para captura de alimento permitiram que alguns autores fizessem generalizações sobre essas estratégias e padrões nos chamados. Fenton (1986) e Neuweiler (1989) identificaram que padrões na ecolocalização de morcegos insetívoros catadores que utilizam chamados de curta duração e grande amplitude de frequência eram semelhantes aos chamados de morcegos insetívoros que caçam próximos à vegetação ou na borda das matas. Os autores observaram ainda diferenças nas estratégias utilizadas por morcegos que caçam

em áreas abertas, acima das copas das árvores, caracterizados por emitirem chamados de longa duração e baixa frequência, para detectar insetos a longas distâncias (Fenton 1986, Neuweiler 1989). Essas generalizações foram mais tarde corroboradas por Schnitzler e Kalko (2001), que relacionaram os parâmetros acústicos e o desenho dos chamados com o nível de obstáculos do ambiente em que os morcegos forrageiam.

No final dos anos 90, quase todas as espécies de morcegos da Europa (~32) (Ahlén e Baagoe 1999), América do Norte e alguns morcegos Neotropicais já possuíam o repertório acústico conhecido (tabela 1). Nessa época, os detectores de ultrassom passaram a ser amplamente utilizados para o monitoramento das espécies em estudos de campo (Fenton e Bell 1981; O'Farrell e Miller 1997; Ahlén e Baagoe 1999; O'Farrell et al. 1999). No final da década de 90 os detectores de ultrassom começaram a ser utilizados em países megadiversos a partir de parcerias que foram estabelecidas entre pesquisadores de países em desenvolvimento e países desenvolvidos como Canadá e Brasil (Fenton et al. 1999b; Portfors et al. 2000), EUA e Venezuela (Ochoa et al 2000), Espanha e México (Guillén Servent e Ibáñez, 2007; MacSwiney et al. 2008), Alemanha, Espanha e Cuba (Mora et al. 2004, Macias et al. 2005, Mora et al. 2005, Macias et al. 2006, Mora e Rodrigues 2006, Mora e Macias 2007, Mora et al. 2011), Alemanha e Panamá (Kalko 1995, Kalko et al. 1998, Kalko et al. 2008), França e Brasil (Falcão et al. 2015), entre outros. Esses trabalhos impulsionaram a construção de um banco de sons de morcegos Neotropicais que conta atualmente com cerca de 103 espécies incluindo aquelas da América do Norte (tabela 1).

O estudo da diversidade acústica das espécies de morcegos gerou dados suficientes para a construção de uma base de sons que permite a identificação de várias espécies (Kalko 1995, Kalko et al. 1998, O Farrell et al. 1999, O Farrell e Miler 1999, Barclay 1999, Schnitzler e Kalko 2001, Siemers et al. 2001, Farias 2012). Entretanto, como ressaltado por Gillam e McCracken (2007) é importante avaliar os chamados de ecolocalização dos morcegos em diferentes condições devido à alta plasticidade de algumas espécies, que podem apresentar chamados diferentes entre indivíduos de uma mesma população e entre diferentes populações (Rodríguez e Mora 2006). Além disso, a estrutura dos chamados de ecolocalização pode variar em decorrência da atividade que o animal executa, como localização, detecção ou perseguição (Schnitzler e Kalko 2001). Variações também podem ocorrer em função do nível de obstáculos do ambiente de forrageio (Schnitzler e Kalko 2001, Mora et al. 2004, Xu et al. 2008), na presença de coespecíficos (Ubernicketl et al. 2012; Mora et al. 2013) e variações geográficas (Barclay et al. 1999, Rodríguez e Mora 2006).

As variações na estrutura dos chamados de ecolocalização podem ocorrer nos seguintes parâmetros acústicos: duração do pulso, comprimento do intervalo entre os pulsos, frequência e intensidade (Schnitzler e Kalko 2001). Essas variações ocorrem principalmente em função do ambiente em que os morcegos percorrem. Depois varia em relação a tarefa que executam, como detecção, classificação e localização de presas (Fenton 1986, Schnitzler e Kalko 2001). Na fase de detecção, os morcegos procuram por sinais acústicos no eco que

indiquem a presença de alguma presa, geralmente utilizando chamados de frequência constante (CF). Na classificação os morcegos determinam forma, textura, tamanho e velocidade do alvo, geralmente utilizando chamados de frequência modulada ou FM, na localização ele adapta os pulsos diminuindo a duração e o intervalo entre os pulsos a medida que o morcego se aproxima da presa (Schnitzler e Kalko 2001).

Os sinais de ecolocalização de banda estreita, ou sinais de frequência constante (CF) são divididos em dois sub-tipos: frequência quase constante (QCF), quando o sinal tem o começo ou o final com alguma amplitude de banda (frequência modulada ou FM); e sinais totalmente CF, quando a variação de frequência é pequena ou quase ausente (Schnitzler 1970). Animais que utilizam chamados CF e QCF podem usar também compensação efeito Doppler (*Doppler shift compensation*), permitindo que os morcegos possam separar o chamado emitido, do eco, por meio da frequência e não do tempo (Fenton et al. 2012). Assim, é possível para esses animais a emissão de um segundo chamado antes mesmo de o eco do primeiro retornar (Schnitzler 1970; Schnitzler et al. 2003; Macias et al. 2006; Fenton et al. 2012).

Outros morcegos utilizam alta taxa de ciclo (*high duty cycle*), de forma que conseguem separar o chamado do eco pela frequência, o que permite que eles suportem a sobreposição de sons, e assim, essas espécies produzem chamados com um intervalo menor de tempo entre um chamado e outro (Fenton et al. 2012). Morcegos que utilizam *high duty cycle* geralmente emitem longos pulsos CF e forrageiam em áreas abertas (Fenton 2013). Morcegos que utilizam chamados FM com baixa taxa de ciclo (*low duty cycle*) são mais eficientes na classificação e localização das presas e forrageiam em ambientes com maior quantidade de obstáculos (Schnitzler e Kalko 2001; Fenton 2013). A maioria dos morcegos utiliza a separação temporal dos chamados que emitem e dos ecos que retornam, e não conseguem suportar a sobreposição de sons (Fenton et al. 2012; Fenton 2013). Dessa maneira, as espécies que utilizam baixa taxa de ciclo (*low duty cycle*) com intervalos maiores entre um sinal e outro precisam esperar que o eco do chamado anterior retorne a seus ouvidos antes de emitir um segundo chamado (Fenton 2013).

Os chamados de banda larga ou frequência modulada (FM) possuem grande amplitude de variação em frequência e podem ser de dois sub-tipos: frequência descendente, DFM (frequência inicial alta e segue descendente até a frequência final) e frequência ascendente UFM (frequência inicial baixa subindo até a máxima no fim do chamado) (Fenton 1982; Guillén-Servent e Ibáñez 2007; Mora et al. 2011). Apesar de diversos fatores poderem provocar variações na estrutura dos chamados de ecolocalização, a estrutura do ambiente é que dita o tipo de chamado de ecolocalização (Schnitzler e Kalko, 2001).

A quantidade de obstáculos que o ambiente apresenta restringe o modo de forrageio dos morcegos (Schnitzler e Kalko 2001). Morcegos que utilizam chamados CF de longa duração são geralmente insetívoros aéreos, e os chamados são para detecção de presas a longas distâncias e navegação por espaços abertos (Schnitzler e Kalko 2001). Na região

Neotropical, a maior parte de morcegos que utilizam chamados CF pertence às famílias Emballonuridae e Molossidae (Rydell et al. 2002; Jung et al. 2014).

Morcegos que utilizam QCF detectam a presa com a porção CF do chamado e classificam a presa com a porção FM do mesmo chamado (Schnittlezer e Kalko 2001). Os chamados QCF são usados para navegar em ambientes com alguns obstáculos, como ocorre nos morcegos da família Mormoopidae (Mora e Macias 2011, Mora et al. 2013). Apesar da família Molossidae ser composta majoritariamente por insetívoros aéreos que emitem chamados CF e QCF alguns dos menores molossídeos como *Mormopterus minutus* (Mora et al. 2011) e *Molossops temminckii* (Guilém-Servent e Ibáñez 2007) possuem alta plasticidade vocal e emitem chamados FM e QCF para o forrageio em áreas com grande quantidade de obstáculos.

Alguns estudos relatam a importância em se descrever a plasticidade nos chamados de ecolocalização para evitar ambiguidade nas identificações das espécies (O'Farrell e Miller 1999, Rydell et al. 2002, Biscardi et al. 2004, Xu et al. 2008), principalmente para aquelas espécies que possuem alta plasticidade no repertório acústico, como *Tadarida brasiliensis* (Simmons et al. 1978), *Molossus molossus* (Mora et al. 2004), *Molossops temminckii* (Guillén-Servent e Ibanez 2007) e *Mormopterus minutus* (Mora et al. 2011). Um estudo realizado na Venezuela com chamados de ecolocalização de *Molossops temminckii* (Guillén-Servent e Ibanez 2007), a espécie alvo do presente estudo, registrou chamados de procura e alimentação em ambientes naturais abertos (campo) e em áreas com alguns obstáculos (savana). Os autores constataram o uso de chamados de modulação descendente (DFM) e modulação ascendente (UFM). No entanto, ainda não é conhecida com precisão qual variação dos chamados de *M. temminckii* em ambientes fechados. No Brasil, não há nenhum estudo da ecolocalização da espécie, embora ela seja muito comum nas áreas de Cerrado, ou seja, em 23% do território nacional (Silva et al. 2008).

Nesse sentido o objetivo de minha dissertação é preencher essa lacuna no conhecimento do repertório acústico de *M. temminckii* avaliando a variação entre os chamados de *M. temminckii* em ambiente aberto (sem obstáculo) e fechado (com obstáculo). Dessa forma vou descrever o repertório acústico de *M. temminckii* e fornecer dados que permitirão sua identificação taxonômica mais precisa, em inventários e programas de monitoramento futuros que utilizem detectores de ultrassom.

Tabela 1: Relação dos trabalhos sobre ecolocalização de espécies de morcegos realizados nas Américas. Registros organizados por espécie, localidade do estudo e referência bibliográfica. Dados obtidos de trabalhos publicados de 1953 até 2015.

<b>Família/Espécie</b>	<b>Local do estudo</b>	<b>Fonte</b>
<b>Emballonuridae</b>		
<i>Balantiopteryx io</i>	Belize	16
<i>Balantiopteryx plicata</i>	Panamá ou Costa Rica,	28
<i>Centronycteris centralis</i>	Belize, América Central (Panamá ou Costa Rica)	10,16, 28
<i>Cyttarops alecto</i>	Panamá ou Costa Rica	28
<i>Diclidurus albus</i>	Panamá, Costa Rica, Venezuela (Rancho Grande)	10; 17, 28
<i>Saccopteryx bilineata</i>	Panamá, Belize, Costa Rica, Venezuela (Rancho Grande, Guatopo, Cuare), México (Yucatan).	7, 9, 10,11,15, 16 ,17, 28, 30
<i>Saccopteryx canescens</i>	Venezuela (Guatopo, Cuare)	17
<i>Saccopteryx leptura</i>	Panamá ou Costa Rica, Venezuela (Rancho Grande, Guatopo, Cuare)	10, 17, 28
<i>Cormura brevirostris</i>	Panamá, Costa Rica	7, 10, 28
<i>Rhynchonycteris naso</i>	Belize, Costa Rica, Panamá	10, 11, 12, 15, 28
<i>Peropteryx macrotis</i>	México (Yucatan), Brasil (São Paulo), (Rancho Grande) Venezuela.	18, 20, 28, 30
<i>Peropteryx kappleri</i>	Belize, Panamá ou Costa Rica; Venezuela (Rancho	15,17, 28

## Grande, Guatopo)

**Phyllostomidae**

<i>Carollia perspicillata</i>	Panamá, Brasil (São Paulo)	9,18
<i>Chilonycteris rubiginosa</i>	Panamá	9
<i>Desmodus rotundus</i>	Panamá, Brasil (São Paulo)	9, 18
<i>Erophylla sezekorni</i>	Bahamas	31
<i>Glossophaga soricina</i>	Panamá	9, 32
<i>Glossophaga commissarisi</i>	Não especificado	32
<i>Lonchorhina aurita</i>	Panamá	9
<i>Lonchophylla robusta</i>	Panamá	9
<i>Macrophyllum macrophyllum</i>	Panamá	9
<i>Macrotus waterhouse</i>	Bahamas	31
<i>Micronycteris megalotis</i>	Brasil (São Paulo)	13,18
<i>Mimon bennettii</i>	Brasil (São Paulo)	13
<i>Phyllostomus hastatus</i>	Panamá	9
<i>Phyllops falcatus</i>	Cuba	22
<i>Phyllonycteris poeyi</i>	Cuba (Havana)	29
<i>Sturnira lilium</i>	Brasil (São Paulo)	18
<i>Uroderma bilobatum</i>	Panamá	9
<b>Moormopidae</b>		
<i>Moormops blainvillei</i>	Cuba	24
<i>Moormops megalophylla</i>	México (Belize, Yucatan), Venezuela (Rancho Grande, Cuare)	16 ,17, 20, 30
<i>Pteronotus macleayii</i>	Cuba	24

<i>Pteronotus parnellii</i>	México (Belize, Yucatan), Venezuela (Rancho Grande, Guatopo, Yacambú, Cuare), Cuba	11, 16, 17, 20, 24, 30
<i>Pteronotus davyi</i>	México (Belize, Yucatan), Venezuela (Rancho Grande, Guatopo, Yacambú, Cuare)	11, 14, 16, 17, 20, 30
<i>Pteronotus personatus</i>	Belize, Venezuela (Rancho Grande), México (Yucatan)	11, 16, 17, 30
<i>Pteronotus gymnonotus</i>	Cuare (Venezuela)	17
<i>Pteronotus quadridens</i>	Cuba	24
<b>Noctilionidae</b>		
<i>Noctilio albiventris</i>	Panamá, Brasil (São Paulo)	8, 3
<i>Noctilio leporinus</i>	Panamá, Belize, Trinidad e Tobago, Venezuela (Cuare)	2, 9, 10, 16, 17
<b>Furipteridae</b>		
<i>Amorphochilus schnablii</i>	Peru (Arequipa)	35
<i>Furipterus horrens</i>	Brasil (São Paulo, Bahia), Guiana Francesa	18, 35
<b>Thyropteridae</b>		
<i>Thyroptera tricolor</i>	Costa Rica	12
<b>Natalidae</b>		
<i>Natalus stramineus</i>	México (Yucatan)	20
<i>Nyctiellus lepidus</i>	Bahamas	31
<b>Molossidae</b>		
<i>Cynomops greenhallii</i>	Não especificado	34

<i>Cynomops planirotris</i>	Não especificado	34
<i>Eumops auripendulus</i>	Venezuela (Guatopo, Cuare)	17
<i>Eumops dabbenei</i>	Não especificado	34
<i>Eumops glaucinus</i>	Não especificado, Venezuela (Rancho Grande, Guatopo)	17, 34
<i>Eumops nanus</i>	Não especificado	34
<i>Eumops perotis</i>	Venezuela (Cuare)	17
<i>Molossops greenhalli</i>	Venezuela (Rancho Grande, Guatopo, Cuare)	17
<i>Molossops neglectus</i>	Não especificado	34
<i>Molossops temminckii</i>	Não especificado, Venezuela (Rancho Grande, Apure)	17, 27, 34
<i>Molossus ater</i>	Belize	16
<i>Molossus currentium</i>	Não especificado	34
<i>Molossus molossus</i>	Belize, Venezuela (Rancho Grande, Guatopo, Yacambú, Cuare), Cuba (Havana)	16, 17, 21, 34
<i>Molossus rufus</i>	Não especificado, Rancho Grande, Venezuela (Guatopo), México (Yucatan)	17, 30, 34
<i>Molossus sinaloae</i>	Belize, Venezuela (Rancho Grande), México (Yucatan)	16, 17, 30, 34
<i>Moormopterus minutus</i>	Cuba (Havana)	33
<i>Neoplatymops mattogrossensis</i>	Não especificado	34



<i>Nycticeius cubanus</i>	Cuba (Pinar del Río, Havana)	23
<i>Nyctinomops macrotis</i>	Não especificado	34
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	Venezuela (Rancho Grande, Cuare), México (Yucatan)	17, 30, 34
<i>Promops nasutus</i>	Não especificado	34
<i>Promops centralis</i>	Não especificado	34
<i>Tadarida brasiliensis</i>	USA (Arizona, Florida, Georgia, South Carolina, Mississippi, Louisiana, Arkansas, Oklahoma, Texas, New México, Colorado, Utah, Califórnia), Bahamas, Brasil (São Paulo), Venezuela (Yacambú)	4, 6, 17, 18, 26, 31, 34
<i>Tadarida macrotis</i>	USA (Arizona)	4, 6
<b>Vespertilionidae</b>		
<i>Antrozous pallidus</i>	USA (Arizona)	6
<i>Bauerus dubiaquercus</i>	Belize	16
<i>Euderma maculatum</i>	USA (British Columbia, New York)	6
<i>Eptesicus brasiliensis</i>	Brasil (São Paulo), Venezuela (Rancho Grande, Yacambú)	17, 18
<i>Eptesicus fuscus</i>	USA (Arizona), Canada (Ontario), Venezuela (Rancho Grande, Yacambú), Cuba (Havana)	1, 6, 17, 25
<i>Eptesicus furinalis</i>	Belize, México (Yucatan), Venezuela (Guatopo,	16, 17, 20, 30

	Yacambú)	
<i>Histiotus velatus</i>	Brasil (São Paulo)	13, 18
<i>Lasionycteris noctivagans</i>	USA (Nevada)	15
<i>Lasiurus borealis</i>	USA, Bahamas	1, 31
<i>Lasiurus cinereus</i>	USA (Arizona e New México), Venezuela (Rancho Grande, Guatopo, Yacambú, Cuare)	6, 15, 17
<i>Lasiurus ega</i>	Belize, México (Yucatan), Venezuela (Cuare)	16, 17, 20, 30
<i>Lasiurus intermedius</i>	México (Yucatan)	20, 30
<i>Myotis auriculus</i>	USA (Arizona)	5, 6
<i>Myotis californicus</i>	USA (Arizona; New Mexico, British, Columbia, New York)	5, 6, 15
<i>Myotis ciliolabrum</i>	USA (Wyoming, New México)	15
<i>Myotis elegans</i>	Belize	16
<i>Myotis evotis</i>	(USA) British Columbia, New York	6
<i>Myotis keaysi</i>	México (Yucatan), Venezuela (Rancho Grande, Guatopo, Yacambú)	17, 20, 30
<i>Myotis leibii</i>	USA (British Columbia, New York)	6
<i>Myotis lucifugus</i>	Canada (Ontario)	1, 6
<i>Myotis nigricans</i>	Pánama, Brasil (São Paulo), Venezuela (Rancho Grande,	17, 18, 19

Guatopo, Yacambú,  
Cuare)

<i>Myotis septentrionalis</i>	USA (British Columbia, New York)	6
<i>Myotis riparius</i>	Costa Rica, Brasil (São Paulo)	12, 13, 18
<i>Myotis ruber</i>	Brasil (São Paulo)	13
<i>Myotis sodalist</i>	USA (British, Columbia, New York)	6
<i>Myotis thysanodes</i>	USA (Arizona)	5, 6
<i>Myotis volans</i>	USA (Arizona)	5, 6
<i>Myotis yumanensis</i>	USA (Arizona; New México)	15
<i>Pipistrellus hesperus</i>	USA (Arizona)	6
<i>Roghessa aeneus</i>	México (Yucatan)	20, 30
<i>Rhogessa minutilla</i>	Venezuela (Cuare)	17
<i>Rogheessa tímida</i>	Belize	16

Legenda: Relação das referências utilizadas na tabela, organizados por ordem cronológica e numérica. Griffin 1953 -1, Suthers 1965 -2, Suthers e Fattu 1973 -3, Simmons et al 1978 -4, Fenton e Bell 1979 -5, Fenton e Bell 1981 -6, Barckey 1983 -7, Brown et al 1983 -8, Griffin e Novick 1955 -9, Kalko 1995 -10, O'Farrell e Miller 1997 -11, Fenton et al 1999a -12, Fenton et al. 1999b -13, Ibanez 1999 -14, O'Farrell et al 1999 -15, O'Farrel e Miller 1999 -16, Ochoa et al. 2000 -17, Portfors et al. 2000 -18, Siemers et al 2001 -19, Rydell et al. 2002 -20, Mora et al 2004 -21, Macias et al. 2005 -22, Mora et al 2005 -23, Macias et al 2006 -24, Rodriguez e Mora 2006 -25, Gillam e McCracken 2007 -26, Guillén-Servent e Ibáñez 2007 -27, Jung et al. 2007 -28, Mora e Macias 2007 -29, MacSwiney et al. 2008 -30, Murray et al. 2009 -31, Knornschild et al. 2010 -32, Mora et al 2011 -33, Jung et al 2014 -34, Falcão et al 2015 -35.

## Referências Bibliográficas

- Adams AM, Jantzen MK, Hamilton RM, Fenton BM (2012) Do you hear what I hear? Implications of detector selection for acoustic monitoring of bats. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 992-998.
- Ahlén I, Baagoe HJ (1999) Use of ultrasound detectors for bats studies in Europe: experiences from field identification, surveys, and monitoring. *Acta Chiropterologica* 2: 137-150.
- Barclay RMR (1983) Echolocation calls of emballonurid bats from Panamá. *Journal of Comparative Physiology* 151: 515-520.
- Barclay RMR (1999) Bats are not birds – a cautionary note on using echolocation calls to identify bats: A comment. *Journal of Mammalogy* 80: 290-296.
- Barclay RMR, Fullard JH, Jacobs DS (1999) Variation in the echolocation calls of the hoary bats (*Lasiurus cinereus*): influence of body size, habitat structure, and geographic location. *Canadian Journal of Zoology* 77: 530-534.
- Biscardi S, Orprecio J, Fenton MB, Tsoar A, Ratcliffe JM (2004) Data, sample sizes and statistics affect the recognition of species of bats by their echolocation calls. *Acta Chiropterologica* 6: 347–363.
- Brinklov S, Jakobsen L, Ratcliffe JM, Surlykke A (2010) Echolocation call intensity and directionality in flying short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae). *Journal of the Acoustical Society of America* 129: 427–435.
- Brinklov S, Fenton MB, Ratcliff JM (2013) Echolocation in oilbirds e swiftlets. *Frontiers in Physiology* 4: article 123.
- Brown PE, Brown TW, Grinnell AD (1983) Echolocation, development, e vocal communication in the lesser bulldog bat, *Noctilio albiventris*. *Behav. Ecol. Sociobiol* 13: 287-298.
- Buchler ER (1976) The use of echolocation by the weering shrew, *Sorex vagrans*. *Animal Behaviour* 24: 858-873.
- Cleveland CJ, Betke M, Federico P, Frank JD, Hallam TG, Horns J, López JD, McCracken GF, Medellín RA, Moreno-Valdez A, Sansones CG, Westbrook JK, Kunz TH (2006)

- Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas *Front Ecol Environ* 4: 238-243.
- Falcão F, Ugarte-Núñez JA, Faria D, Caselli CB (2015) Unraveling the calls of discrete hunters: acoustic structure of echolocation calls of furipterid bats (Chiroptera, Furipteridae). *Bioacoustics* 12: 44.
- Farias HM (2012) Monitoramento e identificação acústica de espécies de morcegos na Mata Atlântica por sinais de ecolocalização: Contribuições ecológicas e potencial para conservação. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Santa Cruz – Bahia.
- Fenton MB, Bell GP. (1981). Recognition of species of insectivorous bats by their echolocation calls. *Journal of Mammalogy* 62: 233-243.
- Fenton MB (1982). Echolocation, Insect Hearing, e Feeding Ecology of Insectivorous Bats. In, Kunz, T. H. *Ecology of Bats*. Plenum Publishing Corporation.
- Fenton MB (1986) Design of bat echolocation calls: implications for foraging ecology and communication. *Mammalia*. 50: 193-203.
- Fenton MB, Rydell J, Vonhof MJ, Eklof J, Lancaster WC (1999a) Constant-frequency e frequency-modulated components in the echolocation calls of three species of small bats (Emballonuridae, Thyropteridae e Vespertilionidae). *Can. J. Zool* 77: 1981-1990.
- Fenton MB, Whitaker Jr. JO, Vonhof MJ, Waterman JF, Pedro WA, Aguiar LMS, Baumgarten JE, Bouchard S, Faria DM, Portfors CV, Rautenbach NIL, Scully W, Zortea M (1999b). The diet of bats from Southeastern Brazil: the relation to echolocation e foraging behavior. *Revista Brasileira de Zoologia* 16: 1081-1085.
- Fenton MB, Faure PA, Ratcliffe JM. (2012) Evolution of high duty cycle echolocation in bats. *The Journal of Experimental Biology* 215: 2935-2944.
- Fenton MB (2013) Evolution of Echolocation. In. Adams, R. A., Pedersen, S. C. *Bat Evolution, Ecology e Conservation*. Springer Science, Business media New York.
- Fenton MB, Simmons NB (2014) *Bats a world of science and mystery*. University of Chicago Press. 340 pp.
- Gillam EH, McCracken GF (2007) Variability in the echolocation of *Tadarida brasiliensis*: effects of geography e local acoustic environment. *Animal Behaviour* 74: 277-286.

- Gould E. (1965) Evidence for echolocation in the Tenrecidae of Madagascar. Proceedings of the American Philosophical Society. 109, 352-360.
- Gribel R, Hay JD. (1993) Pollination ecology of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in Central Brazil Cerrado vegetation. Journal of Tropical Ecology 9: 199-211.
- Griffin DR (1944) Echolocation by blind men, bats and radar, Science. Vol 100. N° 2609.
- Griffin DR. (1953) Bat sounds under natural conditions with evidence for the echolocation of insect prey. Journal of Experimental Zoology. 123: 435-466.
- Griffin DR, Novick A (1955) Acoustic orientation of neotropical bats. Journal of Experimental Zoology 130: 251-299.
- Griffin DR, Webster FA, Michael CR (1960) The echolocation of flying insects by bats. Biological laboratories, Harvard University.
- Griffin DR, Suthers RA (1970) Sensitivity of echolocation in cave swiftlets. Biological Bulletin 139: 495-501.
- Guillen-Servent A, Ibanez C. (2007) Unusual echolocation behavior in a small molossid bat, *Molossops temminckii*, that forages near background clutter. Behavioral Ecology e Sociobiology 61: 1599–1613. Ibáñez C, Ochoa JG (1985) Distribución y taxonomía de *Molossops temminckii* (Chiroptera: Molossidae) en Venezuela. Doñana Acta Vertebr 12: 141-150.
- Ibáñez C, Guillén A, Juste JB, Pérez-Jordá JL (1999) Echolocation calls of *Pteronotus davyi* (Chiroptera: Mormoopidae) from Panamá. Journal of Mammalogy 80: 924-928..
- Jones G, Teeling EC (2006) The evolution of echolocation in bats. Trends in Ecology and Evolution 21: 149-156.
- Jung K, Kalko EKV, Herversen OV (2007) Echolocation calls in central american emballonurid bats: signal design e call frequency alternation. Journal of Zoology 272 : 125–137.
- Jung K, Molinari J, Kalko EKV (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 EKV (1995). Echolocation signal design, foraging habitats e guild structure in six Neotropical sheath-tailed bats (Emballonuridae), Symposium of Zoological Society of London. 67:259-273.
- Kalko EFV, Schnitzler HU, Kaipf I, Grinnell AD (1998) Echolocation and foraging behavior of the lesser bulldog bat, *Noctilio albiventris*: preadaptation for piscivory? Behaviour Ecological Sociobiology 42: 305-319.
- Kalko EFV, Vilegas SE, Schmidt M, Wegman M, Meyer CFJ (2008) Integrative and Comparative Biology 48: 60-73.
- Kayleigh F, Ratcliffe JM (2015) Clutter and conspecifics: a comparison of their influence on echolocation and flight behavior in Daubenton's bat, *Myotis daubentonii*. Journal of Comparative Physiology. A 201: 295-304.
- Knorschild M, Glockner V, Helversen OV (2010) The vocal repertoire of two sympatric species of nectar-feeding bats (*Glossophaga soricina* e *G.commissaris*). Acta Chiropterologica 12: 205-125.
- Macias S, Mora EC, Koch C, Helversen OV (2005) Echolocation behavior of *Phyllops falcatus* (Chiroptera: Phyllostomidae): unusual frequency range of the first harmonic. Acta Chiroptologica 7: 275-283.
- Macias S, Mora EC, Garcia A (2006) Acoustic identification of mormoopid bats: a survey during the evening exodus. Journal of Mammalogy 87: 324-330.
- MacSwiney GMC, Clarke FM, Racey PA (2008) What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. Journal of Applied Ecology 45: 1364-1371.
- Mayen F. (2003) Haematophagous Bats in Brazil, Their Role in Rabies Transmission, Impact on Public Health, Livestock Industry e Alternatives to an Indiscriminate Reduction of Bat Population. Journal of Veterinarian. Medicine 50: 469-472.
- McBride AF. (1955) Evidence of echolocation by cetaceans. Journal of Comparative. Neurology. 54 (2): 437-499.
- Miller GS (1907) The families and genera of bats. Series: Bulletin (United States National Museum) 57.

- Miller LA, Deng HJ (1981) The acoustic behavior of four species of Vespertilionidae bats studied in the field. *Journal of Comparative Physiology*. 142: 67-74.
- Mora EC, 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* 190:561-574.
- Mora EC, Rodríguez A, Macías S, Quiñonez I, Mellado MM (2006) The echolocation behaviour of *Nycticeius cubanus* (Chiroptera: Vespertilionidae): inter e intra- individual plasticity in vocal signatures. *Bioacoustics* 15:175-193.
- Mora EC, Macías S (2007) Echolocation calls of Poey's flower bat (*Phyllonycteris poeyi*) unlike those of other phyllostomids. *Naturwissenschaften* 94: 380–383.
- Mora EC, Macías S (2011) Short Cf-Fm e Fm-short CF calls in the echolocation behavior of *Pteronotus macleayii* (Chiroptera: Mormoopidae). *Acta Chiropterologica* 13, 457–463.
- Mora EC, IbañezC, Macías S, Juste J, López I, Torres L (2011) Plasticity in the echolocation inventory of *Mormopterus minutus* (Chiroptera: Molossidae). *Acta Chiropterologica* 13: 179–187.
- Mora EC, Macías S, Hechavarría J, Vater M, Kossl M (2013) Evolution of heteroharmonic strategy for target-range computation in echolocation of Mormoopidae. *Frontiers in Physiology* 4: Article 141.
- Murray KL, Fraser E, Davy C, Fleming TH, Fenton MB (2009) Characterization of the Echolocation calls of bats from Exuma, Bahamas. *Acta Chiropterologica* 11: 415-424.
- Muscarella R, Fleming TH (2007) The role of frugivorous bats in Tropical Forest Sucession. *Biological. Review* 82: 573-590.
- Neuweiler G (1989) Foraging ecology and audition in echolocating bats. *Tree* 4: 160-166.
- Ochoa J, O'Farrell MJ, Miller B (2000) Contribution of acoustic methods to the study of insectivorous bat diversity in protected areas from northern Venezuela. *Acta Chiropterologica* 2: 171–183.
- O'Farrell MJ, Miller BW (1997) A new examination of echolocation calls of some neotropical bats (Emballonuridae e Mormoopidae). *American Society of Mammalogists* 78: 954-963.
- O'Farrell MJ, Miller BW (1999) Use of vocal signatures for the inventory of free-flying Neotropical bats. *Biotropica* 31:507-516.



- O'Farrell MJ, Miller BW, Gannon WL (1999) Qualitative identification of free -flying bats using the anabat detector. *Journal of Mammalogy* 80(1):11- 23.
- Portfors CV et al (2000) Bats from fazenda intervals southeaster Brazil – species account e comparison between diferente sampling methods. *Revista Brasileira de Zoologia* 17: 533-538.
- Pye D (1980) Adapteveness of echolocation signals in bats. *TINS* 232-235.
- Rodriguez A, Mora EC (2006) The Echolocation Repertoire of *Eptesicus fuscus* (Chiroptera:Vespertilionidae) in Cuba. *Caribbean Journal of Science* 42: 121-128.
- Rydell J, Aritra HT, Santos M, Granados J (2002) Acoustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatan, Mexico. *Journal of Zoology of London* 257: 27-36.
- Schnitzler HU (1970) Comparison fo the echolocation behavior in *Rhinolophus Ferrumequinum* and *Chilonycteris rubiginosa*. *Proceedings 2<sup>nd</sup> International Bat Research Conference*.
- Schnitzler HU, Kalko EKV (2001) Echolocation behavior at insect eating bats. *Bioscience* 51:557–56.
- Schnitzler HU, Moss CF, Denzinger A (2003) From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. *Trends in Ecology and Evolution*. 18: 386-394.
- Siemers BM, Kalko EKV, Schnitzler HU (2001) Echolocation behavior e signal plasticity in the Neotropical bat *Myotis nigricans* (Schinz, 1821 (Vespertilionidae): a convergent case with European species of *Pipistrellus*? *Behaviour Ecological Sociobiology* 50, 317—328.
- Simmons JA, Lavender WA, Lavender RA, Childs JE, Hulebak K, Rigden MR, Sherman J, Woolman B (1978) Echolocation by free-tailed bats (Tadarida). *Journal of Comparative Physiology* 125 :291–299.
- Simmons JA, Fenton MB, O'Farrell MJ (1979) Echolocation and pursuit of prey by bats. *Science* 203: 16-20.
- Simmons JA, Stein RA (1980) Acoustic imaging in bat sonar: Echolocation signals and the evolution of echolocation. *Journal of Comparative Physiology* 135: 61-84.
- Simmons NB (2005) Order Chiroptera. Wilson, DE, Reeder, DM (Eds). *Mammal species of the world: a taxonomic e geographic reference*. 3 ed v1. Baltimore: Jonh Hopkins University Press, p. 312-529.

- Souza LC, Langoni H, Silva RC, Lucheis SB (2005) Vigilância epidemiológica da raiva da região de Batucatu-SP: Importância dos quirópteros na manutenção do vírus na natureza. *ARS Veterinária*, Jaboticabal SP 21:062-068.
- Suga N, O'Neill (1978) Mechanisms of echolocation in bats – comments on the neuroethology of the biosonar system of CF-FM bats. *TINS*.
- Suthers RA (1965) Acoustic orientation by fish-catching bats. *Journal of Experimental Zoology*. 158: 319-348.
- Suthers RA, Fattu JM (1973) Fishing behavior e acoustic orientation by the bat (*Noctilio labialis*). *Animal Behaviour* 21:61-66.
- Teeling EC, Springer MS, Madsen O, Bates P, O'Brien SJ, Murphy WJ (2005) A molecular phylogeny for bats illuminates biogeography and the fossil record. *Science* 307: 580-584.
- Urbnickel K, Tschapka M, Kalko EKV (2012) Selective eavesdropping behaviour in three neotropical bat species. *Ethology* 119: 66–76.
- Van Den Bussche RA, Hofer SR (2004) Phylogenetic relationships among recent chiropteran families and the importance of choosing appropriate out-group taxa. *Journal of Mammalogy* 2: 321-330.
- Xu Z, Jing W, Keping S, TingleiJ, YunleiJ, Jiang F (2008) Echolocation calls of *Rhinolophus ferrumequinum* in relation to habitat type e environmental factors. *Acta Ecologica Sinica* 28(11): 5248-5258.

## Plasticidade no comportamento acústico de *Molossops temminckii* (Chiroptera: Molossidae).

### Introdução

A ecolocalização é um sistema sensorial ativo que permite aos animais a orientação espacial e a captura de alimentos por meio do som (Fenton 2013, Kossel et al. 2013). Os chamados emitidos colidem com obstáculos e retornam aos ouvidos do emissor em forma de eco (Griffin 1944). As diferenças entre o chamado e o eco são interpretadas pelo cérebro dos animais que podem assim perceber o ambiente ao seu redor. Podem perceber também a textura, velocidade e tamanho de presas potenciais (Schnitzler e Kalko 2001, Fenton 2013). Além de sua importância para um melhor entendimento do comportamento de forrageio das espécies, o estudo da ecolocalização permitiu também uma melhor compreensão da evolução filogenética na ordem Chiroptera (Schnitzler e Kalko 2001, Teelling et al. 2005).

Morcegos da família Molossidae caracterizam-se pela cauda livre que perfura o uropatágio e pelas asas longas e estreitas, adaptadas ao voo rápido (Freeman 1981). Correspondente a sua morfologia esses morcegos são especialistas em caçar insetos em áreas abertas, ou seja, sem obstáculos (Noberg e Rayner 1987, Schnitzler e Kalko 2001, Jung et al. 2014). Até o presente momento são conhecidas 98 espécies de molossídeos no mundo (sem considerar sub-espécies) (Wilson e Reeder 2007). Morcegos dessa família ocupam regiões tropicais e sub tropicais, sendo cosmopolitas (Koopman e Cockrum 1967). Cada espécie tem seu mecanismo de ecolocalização adaptado ao ambiente em que vive e ao método de forrageio (Schnitzler e Kalko 2001). Consequentemente, a família engloba alta plasticidade no repertório acústico das espécies (Fenton 1984, Schnitzler e Kalko 2001).

*Molossops temminckii* é um morcego pequeno (peso = 6 g; antebraço = 30 mm) identificado por suas orelhas triangulares separadas e face lisa (Freeman 1981; Gregorin e Taddei 2002). Sua distribuição geográfica abrange toda a América do Sul, desde a Venezuela até o Uruguai (Koopman 1994). Possui pequena capacidade alar de carga (*wing loading*) e baixa relação comprimento largura (*aspect ratio*), conferindo um voo mais lento, porém com maior capacidade de fazer manobras (Noberg e Ryaner 1987). São predadores de insetos, alimentando-se principalmente de Coleoptera, Lepdoptera, Hymenoptera, Hemiptera e Ortoptera (Freeman 1981, Ibanez e Ochoa 1985, Guillém-Servent e Ibáñez 2007). *Molossops temminckii* caça em pleno voo (insetívoros aéreos), geralmente forrageando em áreas próximas à vegetação com nível intermediário de obstáculos, entre árvores espaçadas como as do cerrado. O ambiente em que os morcegos forrageiam está diretamente relacionado e influencia fortemente a estrutura dos chamados de ecolocalização (Schnitzler e Kalko 2001). A estrutura dos chamados de ecolocalização pode variar em decorrência da atividade que os morcegos executam, como localização, detecção ou perseguição de presas (Schnitzler e Kalko 2001). Os chamados também são influenciados pelo nível de obstáculos do ambiente de forrageio

(Schnitzler e Kalko 2001, Mora et al. 2004, Xu et al. 2007), pela presença de coespecíficos (Ubernicket et al. 2012; Mora et al. 2013) e variações geográficas (Barclay et al. 1999, Rodríguez e Mora 2006).

Assim, como ressaltado por Gillam e McCracken (2006) é importante avaliar os chamados de ecolocalização dos morcegos em diferentes condições devido à alta plasticidade de algumas espécies. Nos morcegos neotropicais observa-se que as espécies podem emitir chamados que variam entre indivíduos de uma mesma população e entre populações diferentes (Simmons et al. 1978; Mora et al. 2004; Rodriguez e Mora 2006; Guillén-Servent e Ibáñez 2007).

Decorrente da grande diversidade de espécies de morcegos neotropicais e da dificuldade em capturar espécies insetívoras que ecolocalizam com as tradicionais redes de captura de morcegos (mist nets) (Kalko et al. 2008), há uma demanda por um banco de sons para servir como referência para uma correta identificação acústica das espécies (Kalko 1995, Kalko et al. 1998, Thies et al. 1998, O Farrell et al. 1999, O Farrell e Miler, 1999, Barclay 1999, Schnitzler e Kalko 2001, Siemers et al. 2001, Farias 2012).

Levando em consideração os resultados de alguns trabalhos onde é relatada a importância de se registrar a variabilidade nos chamados das espécies de alta plasticidade vocal, e a fim de evitar ambiguidades nas identificações de *Molossops temminckii* (Kalko e Schnitzler 1993, O'Farrell e Miller 1999, Rydell et al. 2002, Biscardi et al. 2004, Xu et al. 2008, Mora et al. 2011, Guillén-Servent e Ibáñez 2007), este trabalho teve como objetivo fornecer a primeira comparação dos chamados de *M. temminckii* em diferentes ambientes seguindo um gradiente de obstáculos (ambiente fechado e ambiente aberto), além de contribuir de forma mais completa com o repertório da espécie para um banco de sons de morcegos do Cerrado.

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo*

O estudo foi conduzido no Distrito Federal (Brasília) região inserida no bioma Cerrado, no planalto central do Brasil. O clima da região é tropical úmido com subtipo clima de savana Aw na classificação Köppen, com precipitação média de 1500 mm e temperatura variando entre 18 e 28 graus célsius (Silva et al. 2008). A região apresenta estações bem definidas, a chuvosa é quente e úmida, entre outubro e março, enquanto a estação seca é entre abril e setembro, constantemente seca e fria (Ribeiro e Walter 2008). A vegetação do bioma Cerrado compreende desde formações florestais, como as matas de galeria e o cerradão, passando por formações savânicas como o cerrado *stricto sensu*, até as formações campestres como campo limpo (Ribeiro e Walter 2008). Nesse estudo, os morcegos foram capturados em áreas de cerrado *stricto sensu* compreendidas por ambientes com árvores tortuosas de porte médio, espaçadas com a presença de algumas lenhosas maiores e arbustos espalhados em um extrato gramineo sem a formação de dossel contínuo (Ribeiro e Walter 2008).

### *Captura dos indivíduos*

Foram capturados doze indivíduos de *Molossops temminckii* no decorrer do ano de 2014, em quatro pontos do Distrito Federal (DF). As capturas foram realizadas com a utilização de redes de espera armadas ao entardecer, permanecendo abertas por cerca de seis horas. Dois machos foram capturados na Estação Ecológica de Águas Emendadas ESEC-AE (15° 32' 29.87" S, 47° 34' 23.83" O). As capturas na ESEC-AE ocorreram nas bordas das matas ciliares com os indivíduos saindo da mata (provavelmente do abrigo) em direção ao cerrado *stricto sensu* circundante. Cinco fêmeas e dois machos foram capturados na área externa ao aeroporto de Brasília (15°53'16.87" S, 47°56'39.12" O). Dois machos foram capturados no Centro Olímpico, C.O (15°45'57.24"S, 47°51'19.76" O) da Universidade de Brasília, UnB, e por fim um macho foi capturado em uma propriedade particular em Planaltina (DF) (15°36'32.51"S, 47°36'48.13"O). As capturas na área externa ao aeroporto de Brasília, na área particular de Planaltina e no C.O ocorreram em área de cerrado *stricto sensu*, onde por vezes outros indivíduos foram flagrados visualmente e com auxílio do detector de ultrassom (Pettersson Ultrasound Detector D 240x), voando acima da copa das árvores, a mais de 3 metros altura do chão e abaixo e entre as maiores árvores do local, como as do gênero *Vochyzia* de 10 metros de altura.

Os animais capturados foram pesados, sexados, categorizados como adultos (por análise da junção das epífises dos artelhos), medidos e identificados com auxílio das chaves de identificação (Vizzoto e Taddei 1978, Gregorin e Taddei 2002). Posteriormente, foram acondicionados em sacos de pano e transportados ao biotério da UnB. Permaneceram no biotério sob condições controladas e com fotoperíodo regulado por um ou dois dias, até executarmos as gravações. Após as gravações, todos os indivíduos foram soltos com exceção de um macho e uma fêmea que foram depositados na Coleção de Chiroptera da Universidade de Brasília (CCHUNB) como material testemunho. Indivíduos que permaneceram por mais de um dia foram alimentados com larvas de tenébrio antes de serem soltos no local de captura. Esse estudo foi realizado sob autorização do Sisbio (licença número 27719) e aprovação da comissão de ética no uso de animais da Universidade de Brasília (CEUA-UnB) (número 111378/2014).

### *Gravações*

As gravações dos sons emitidos pelos morcegos foram realizadas com dois gravadores de ultrassons da marca Song Meter SM2BAT+, e um microfone omni direcional SMX-US para cada gravador. Os gravadores foram programados para gravar em estéreo, na frequência máxima de 192 kHz, com exceção da soltura de um macho que gravamos com a frequência máxima de 384 kHz. Esse valor foi definido com o intuito de capturar altas frequências e possíveis harmônicas até 192 kHz, uma vez que segundo o teorema de Nyquist, a frequência de amostragem de um gravador digital deve ser duas vezes a frequência daquela a ser gravada.

As gravações de *M. temminckii* foram realizadas em quatro tratamentos e dois ambientes, seguindo um gradiente de obstáculos, do maior ao menor nível. Corredor e tenda correspondem ao ambiente fechado ou com obstáculos. Zip line (linha) e soltura correspondem ao ambiente aberto, ou com menor nível de obstáculos. Quatro machos foram gravados no corredor do Departamento de Zoologia da UnB (2.5m largura, 3m altura, 50m comprimento), seis indivíduos (quatro fêmeas e dois machos) foram gravados em uma tenda de 3x3x2.5 m (comprimento, largura e altura respectivamente em metros) coberta por sombrite. Oito indivíduos foram gravados com o método zip-line de acordo com procedimento descrito em Szewczak (2000). Dois machos foram gravados durante a soltura (hand released) no local de captura.

Foram selecionadas as sequências com melhores *aspect-noise ratio* (relação entre o ruído e o som alvo da análise). Um gravador foi mantido no chão e o outro foi manuseado de modo intencional a ficar próximo e capturar os chamados de ecolocalização do morcego que estava sendo gravado, a uma altura de 1,5m, acompanhando o morcego que voava. Esse procedimento foi repetido, em todas as situações: linha, corredor, tenda e soltura.

#### *Parâmetros medidos*

De cada chamado ou pulso de ecolocalização gravados foram mensurados os seguintes parâmetros acústicos; duração do pulso (medido em milissegundos do início ao final do pulso), intervalo entre os pulsos (medidos em milissegundos do início de um pulso até o início do pulso seguinte), frequência máxima (medida em kHz, correspondendo a frequência final do pulso para chamados de frequência ascendente UFM e medido no início do pulso para chamados de frequência descendente DFM), frequência mínima (medido em kHz no início do pulso quando o chamado é ascendente, UFM e no final do pulso quando o chamado é descendente DFM), pico de frequência (correspondente a máxima intensidade no meio do pulso) e amplitude de banda (correspondente a diferença entre a frequência máxima e a frequência mínima). Não foi medida a frequência de intensidade máxima. Somente a harmônica fundamental de cada chamada foi analisada, mesmo tendo sido identificado que existe pelo menos uma segunda harmônica mais fraca nos chamados UFM e DFM.

Os dados foram analisados no programa Avisoft-SAS Lab Pro version 5.1.05.30. Os chamados foram processados com separação automática dos elementos com -20dB de máxima amplitude, separados com algoritmo de três limiares de medida (*thresholds*). Esses pulsos foram plotados simultaneamente no espectrograma (que mostra a relação entre a frequência, tempo e intensidade) e no oscilograma (digitalização temporal das gravações, que representa a intensidade e o tempo do pulso) e foram analisados com espectrograma feito com 512 pontos de *Fast Fourier Transforms* (FFT), sobreposição (*overlap*) de tempo em 93.75%, tamanho do quadro (*frame length*) de 100% e *Window Hamming*. Foram analisados somente chamados que ultrapassaram -20dB no espectro de potência (*power spectro* representa a intensidade do som), em decorrência ao bom razão da relação de ruído (*aspect-noise ratio*) e conseqüente maior precisão nas análises.

### *Análises estatísticas*

Para verificar se havia diferenças nos parâmetros acústicos analisados em relação às áreas de gravação, ambiente aberto (linha e soltura) e ambiente fechado (corredor e tenda). Realizei uma análise de variância (ANOVA) por indivíduo relacionando o parâmetro analisado com o ambiente de gravação, e teste de Tukey para identificar quais parâmetros eram significativamente diferentes entre as áreas. Realizei o teste post-hoc de Bonferroni para corrigir o valor de “p” depois de feitas todas as ANOVAs. Para verificar graficamente a separação espacial dos grupos de dados no espaço amostral fiz uma análise discriminante linear (LDA). Foram calculadas as médias e o erro padrão de todos os pulsos para cada indivíduo em cada tratamento, separando os chamados em dois grandes grupos: chamados UFM, frequência modulada ascendente e chamados DFM, de frequência modulada descendente, porque as médias são diferenciadas em relação a frequência inicial e a final.

A LDA foi calculada para os chamados UFM e chamados DFM separadamente, e em conjunto, para identificar os agrupamentos nos parâmetros de indivíduos em voos de diferentes áreas. Para identificar o repertório acústico de *M. temminckii* foi utilizada a análise de agrupamento (Cluster K-means), aliada a uma cuidadosa análise visual do formato dos pulsos e dos parâmetros analisados. Todas as análises foram feitas no programa R usando a interface R studio versão 0.98.1091 (Team 2010).

### **Resultados**

Analisei 1.464 pulsos de 64 sequências de *M. temminckii*. Só foram analisadas sequências com no mínimo seis pulsos. O número exato de chamados por área, médias, erro padrão e resultado das ANOVAS que indicaram diferença significativa dos parâmetros entre as áreas estão na tabela 2.

Com o resultado da ANOVA para os chamados UFM verifiquei diferença significativa entre a duração do pulso ( $p=0.003$ ), o intervalo entre pulsos ( $p=0.001$ ) e o pico de frequência dos pulsos ( $p=0.004$ ) entre as áreas abertas e fechadas. Com o teste *post-hoc* de Tukey observei que a diferença no parâmetro duração do pulso está entre as gravações na linha e na tenda ( $p=0.001$ ). Com o mesmo teste mostrei que para o intervalo entre os pulsos, a diferença está entre as gravações na linha e no corredor ( $p<0.001$ ), entre gravações na soltura e no corredor ( $p=0.04$ ), e entre as gravações na tenda e na linha ( $p=0.03$ ). Com o teste de Tukey verifiquei diferença no parâmetro pico de frequência dos pulsos, nas gravações feitas na tenda e durante a soltura dos morcegos ( $p=0.002$ ) (Tabela 2).

Para os chamados DFM, verifiquei por meio da ANOVA diferenças nos parâmetros intervalo entre pulsos ( $p=0.002$ ), frequência mínima ( $p=0.0001$ ) e amplitude de banda ( $p<0.001$ ). Pelo teste *post-hoc* de Tukey verifiquei que a diferença no intervalo entre pulsos está entre a linha e o corredor ( $p=0.02$ ), entre a tenda e a soltura ( $p=0.02$ ), entre a soltura e o corredor ( $p=0.05$ ) e entre tenda e linha ( $p=0.006$ ). Observei ainda, com o teste de Tukey, que o parâmetro frequência mínima foi diferente entre linha e corredor ( $p=0.0002$ ) e tenda e linha

( $p=0.001$ ), assim como a amplitude de banda que foi diferente entre linha e corredor ( $p<0.001$ ), soltura e corredor ( $p=0.02$ ), tenda e linha ( $p<0.001$ ) e tenda e soltura ( $p=0.02$ ) (Tabela 2).

Não houve diferença entre tratamentos de níveis semelhante de obstáculos, ou seja, entre as gravações em linha e durante a soltura, e entre as gravações em corredor e em tenda. No entanto, para as gravações de morcegos em ambientes abertos e ambientes fechados as diferenças ocorreram em cinco dos seis parâmetros analisados. Com a ANOVA verifiquei que para chamados UFM e DFM só não houve diferença para frequência máxima (tendência a significância  $p=0.04$ ). Todos os outros parâmetros analisados apresentaram diferença significativa, mesmo com o ajustamento de “p” após o teste de Bonferrone com valor de  $p=0.008$ . O resultado da LDA reflete graficamente a diferenciação que houve entre os pulsos emitidos em ambientes abertos e ambientes fechados. Para os chamados UFM a LDA indica no eixo “x” com 68% da explicação no agrupamento de dados que existe a separação entre o voo em ambiente aberto e fechado.

Para chamados DFM o eixo x da LDA explicou 85% da distribuição do grupo de dados em relação as áreas de voo reflete a diferenciação entre diferentes parâmetros evidenciando a diferença entre o voo em área aberta (linha e soltura) e área fechada (corredor e tenda) (Figuras 1 e 2).

Todas as combinações de intervalo para análise de Cluster K-means entre 3 e 19 e entre 9 e 19 tiveram o resultado de 10 grupos, indicando que 10 é o número para o melhor agrupamento do conjunto de dados. A análise separou os 1.464 chamados em 10 sonogramas. Por uma análise visual cuidadosa confirmei que a melhor separação dos dados ocorre com 10 grupos, ou 10 sonogramas, que são apresentados na figura 3.

Foram identificados cinco sonogramas DFM onde a frequência inicial é cerca de 65 -70 kHz e a frequência final cerca de 30 - 35 kHz. São pulsos com pequena duração e pequeno intervalo entre pulsos, mas grande amplitude de banda (cerca de 40 kHz). Esses chamados foram muito mais utilizados para navegação nos ambientes fechados (corredor e tenda). Identifiquei cinco sonogramas UFM, quando a frequência inicial é cerca de 40 kHz e a frequência final cerca de 50 kHz. Esses pulsos têm maior duração e em consequência uma pequena porção QCF no final do chamado. O intervalo entre os pulsos é maior, e parecem ser pulsos utilizados para navegação no ambiente aberto (linha e soltura). Possuem menor amplitude de banda com máximo de  $(8.86 \pm 0.41\text{ms})$  para o corredor.

A diferenciação entre os sonogramas UFM e DFM ocorreu em função principalmente da duração, intervalo entre os pulsos e frequência mínima. A diferença entre os parâmetros analisados pode ter ocorrido em função dos diferentes níveis de obstáculos da área aberta e área fechada onde ocorreram as gravações. Chamados UFM raramente ocorreram em ambientes fechado (corredor e tenda) entretanto, quando ocorreram tiveram duração e intervalo entre os pulsos significativamente menores que os chamados UFM que ocorriam em chamados emitidos em ambiente aberto. Em relação aos chamados DFM que são utilizados para navegação em ambiente fechado ocorriam em menor frequência nos ambientes abertos e quando ocorriam em ambientes abertos, tinham significativamente maior duração e intervalo



entre os pulsos. As sequências de linha (figura 4), soltura (figura 5), corredor (figura 6) e tenda (figura 7), mostram a diferença nos pulsos entre os ambientes de voo analisados.

## Discussão

As principais diferenças que encontrei nos chamados de ecolocalização de *M. temminckii* entre os ambientes analisados ocorreram nos parâmetros de duração do pulso, intervalo entre pulsos e amplitude de banda. Em ambiente fechado, *M. temminckii* utiliza chamados DFM de curta duração e com pequeno intervalo entre pulsos para evitar a sobreposição de ecos (Tabela 2). Esse comportamento já foi observado para *Myotis nigricans* (Siemers et al. 2001), *Nycticeius cubanus* (Mora et al. 2005), *Eptesicus fuscus* (Surlykke e Moss 2000, Mora e Rodriguez 2006), *Phyllops falcatus* (Macias et al. 2005), *Rhinolophus ferrumequinum* (Xu et al. 2008) e *Myotis daubentonii* (Kayleigh e Ratcliffe 2015). Esse parece ser um padrão que diferentes famílias (Molossidae, Vespertilionidae, Phyllostomidae e Rhinolophidae) de morcegos desenvolveram para manter uma janela livre de obstáculos e evitar a sobreposição dos ecos decorrente do voo em ambientes fechados e assim evitar a colisão. Corroborando a hipótese de Kalko e Schintzler (1993) sobre a adaptação dos pulsos de ecolocalização dos morcegos para evitar colisões por meio da estratégia de rejeição a obstáculos.

Confirmei com esse estudo que *Molossops temminckii* possui uma grande plasticidade em seu repertório acústico, como já relatado por Guillén-Servent e Ibáñez (2007). Essa não é uma característica única da espécie, pois a plasticidade acústica já foi observada para outras espécies de morcegos da família Molossidae, como *Tadarida brasiliensis* (Simmons et al. 1978), *Molossus molossus* (Mora et al. 2004) e *Mormopterus minutus* (Mora et al. 2011). A grande plasticidade no repertório acústico permite aos morcegos adaptar os pulsos de ecolocalização a diferentes tipos de ambientes, conferindo a estas espécies uma vantagem comportamental. Essa plasticidade permite que os morcegos explorem recursos em ambientes abertos e fechados. Entretanto, essa capacidade de adaptar os pulsos da ecolocalização aos diferentes ambientes dificulta enormemente a identificação correta da espécie, sendo necessário acessar o repertório acústico completo da espécie para uma melhor identificação.

Os molossídeos são tidos como os arquétipos dos insetívoros aéreos, adaptados ao voo rápido e com pouca manobrabilidade, para capturar insetos acima da copa das árvores em ambientes abertos (Norberg e Rayner 1987, Schintzler e Kalko 2001). Entretanto, diferentemente da maior parte dos molossídeos, *M. temminckii* possui chamados FM curtos que são utilizados para voo em ambiente com alguns obstáculos. Os sonogramas de *M. temminckii* são mais parecidos com os registrados para morcegos da família Vespertilionidae, que forrageiam em ambiente com bastante ou alguns obstáculos (Kalko e Schintzler 1993). Os chamados FM e as adaptações que *M. temminckii* implementa para navegar em ambientes fechados por meio do aumento da amplitude de banda permite uma melhor análise do ambiente, além de proporcionar detalhes dos obstáculos e das possíveis presas como textura, velocidade e tamanho (Simmons e Stein 1980, Schintzler e Kalko 2001).

Para ambientes abertos ou com menor nível de obstáculos, *M. temminckii* aumenta a duração dos pulsos, tornando-os mais QCF concentrando a energia do pulso em uma amplitude menor de banda, que diminui a atenuação atmosférica e aumenta a distância de detecção de obstáculos e possíveis presas (Schintzler e Kalko 2001). (Schintzler e Kalko 2001). Os autores Simmons et al (1978), Mora et al (2004) e Guillén-Servent e Ibáñez (2007) sugerem que morcegos que utilizam chamados com componentes CF, QCF e FM conseguem em um mesmo chamado evitar obstáculos e procurar por indícios de presas com a porção CF/QCF do pulso e com a porção FM adquirir informações detalhadas como velocidade, textura e tamanho das presas (Schintzler e Kalko 2001).

Alguns parâmetros (duração do chamado e frequência mínima) dos chamados de procura UFM de *M. temminckii* gravados em Brasília possuem menor duração e frequência mínima maior do que os apresentados por Guillén-Servent e Ibáñez (2007) para os *M. temminckii* da Venezuela. Essa diferença mostra como é importante obter referência local ou regional do repertório acústico de espécies para correta identificação. Provavelmente, essa variação ocorra em virtude da adaptação dos morcegos aos ambientes em que vivem (Mora et al. 2004), ao aprendizado ou diferenças genéticas das populações (Catchpole & Slater 1995). Os sonogramas registrados nesse estudo são em geral parecidos com os registrados na Venezuela (Guillén-Servent e Ibáñez 2007), onde os chamados UFM tem pico de frequência em torno dos 50 kHz. Esse parece ser o melhor parâmetro para identificar a espécie e funciona tanto para o Brasil quanto para a Venezuela, apesar das diferenças nas durações e frequências mínimas entre as localidades.

Chamados com maior duração e menor frequência mínima são usados por morcegos que voam alto (Jensen e Miler 1999), o que sugere que a altura de voo de *M. temminckii* pode estar afetando os chamados do presente estudo. Provavelmente, devido ao ambiente diferente, propiciado pela vegetação de Cerrado, em comparação com a savana da Venezuela, esses animais estariam voando mais baixo, o que pode explicar a menor duração dos pulsos. As gravações na Venezuela ocorreram em ambiente de savana, com muitas áreas abertas e poucas manchas de floresta espaçadas ao norte da bacia do Rio Orinoco (Guillén-Servent e Ibáñez 2007). Essas manchas de árvores amazônicas altas podem forçar os morcegos a voarem mais alto mesmo no ambiente aberto da savana circundante, diferente do que ocorre no Cerrado *strictu sensu*, que possui árvores menores, espaçadas entre si sem uniformidade, que caracteriza o ambiente heterogêneo do bioma Cerrado. As áreas de floresta presentes no Cerrado são geralmente mata de galeria ou cerradão, mais baixas que as áreas de mata da Amazônia.

A frequência mínima também foi um parâmetro diferente entre os ambientes e entre as populações de *M. temminckii* de Brasília e da Venezuela (Guillén-Servent e Ibáñez 2007). Esse pode ser um traço da população de *M. temminckii* de Brasília ou do Cerrado, uma vez que O'Farrell et al. (1999) destacam a frequência mínima como o principal parâmetro de identificação de espécies de Molossidae e Vespertilionidae. Em um estudo sobre a ecolocalização de *E. fuscus* em Cuba (Mora e Rodriguez 2006), foi encontrado que os

principais parâmetros que indicam diferenças das populações dos EUA (Surlykke e Moss 2000) e Cuba foram duração do pulso e frequência mínima. A frequência mínima também é alterada na presença de coespecíficos para que os morcegos não confundam o eco de outros morcegos com seus próprios ecos, diminuindo assim o risco de colisão com obstáculos e outros morcegos que voam em um mesmo ambiente (Mora et al. 2011, Kayleigh e Ratcliffe 2015).

Nesse estudo encontrei um sonotipo a mais do que os nove encontrados na descrição de Guillén-Servent e Ibáñez (2007). Esse sonotipo tem modulação ascendente, UFM, com maior duração, uma pequena porção FM com outra porção QCF maior do que os encontrados para *M. temminckii* na Venezuela. A medida que o ambiente de voo do morcego muda, o animal adapta os sonotipos que seguem um gradiente temporal (ms) e espectral (kHz) diretamente relacionado ao grau de obstáculos. Assim, a separação precisa dos sonotipos é subjetiva e este novo sonotipo é provavelmente reflexo do maior número de tratamentos em que *M. temminckii* foi gravado neste estudo. Entretanto, as sequências de alimentação de *M. temminckii* parecem englobar a maior parte dos sonotipos que *M. temminckii* consegue produzir e mostram-se como bons parâmetros para identificação correta da espécie, desde que observado com cautela o ambiente de voo do morcego durante a gravação dos sons.

Assim, somando aos dados apresentados por Guillem e Servent-Ibanez (2007), temos agora uma descrição mais completa do repertório acústico de *M. temminckii*. Essa espécie possui grande plasticidade vocal e as gravações em diferentes ambientes são essenciais para sua correta identificação acústica (Biscard et al 2004, Barckay e Brigham 1991). Essencial para inventários e monitoramento de morcegos. É importante para o pesquisador que faz amostragem com detectores de ultrassom relatar bem o local de gravação e conhecer previamente as espécies que podem ocorrer no local.

*Molossops temminckii* consegue adaptar separadamente as diferentes porções FM e QCF de seus chamados. Identificada tal plasticidade acústica, pode-se inferir que *M. temminckii* é bem adaptado a tipos diferentes de ambientes, assim como *N. cubanus* (Mora et al 2004), *M. molossus* (Mora et al 2004), *Rhinoplophus ferrumequinum* (Xu et al 2008), *Momopterus minutus* (Mora et al 2011). Se o número de sonotipos reflete o número de funções que os morcegos conseguem resolver, então a plasticidade de *M. temminckii* confere uma vantagem comportamental que permite a esses animais explorarem diferentes ambientes e diferentes recursos alimentares, como elucidado pela história natural dessa espécie (Freeman 1981; Ibanez e Ochoa 1985; Guillém-Servent e Ibáñez 2007). *M. temminckii* é bem adaptado à heterogeneidade da vegetação do ambiente de savana onde ocorreram as gravações de Guillén-Servent e Ibáñez (2007) e Cerrado (*stricto sensu*), onde ocorreram as gravações desse estudo.

De fato, a hipótese de plasticidade no repertório acústico das espécies prevê que as similaridades presentes na estrutura dos pulsos de ecolocalização evoluíram de modo convergente sob condições de habitat similares de um ancestral comum desconhecido (Siemers et al. 2001).

As espécies de morcego após dispersarem e atingirem um novo ambiente com condições estabelecidas de vegetação (ambiente com e sem obstáculos e todo gradiente entre os dois extremos) e clima, parece adaptar seu método de forrageio para o nível de obstáculos que podem suportar. De modo que os insetívoros aéreos (forrageio sem obstáculos), insetívoros de bordas de mata (nível médio de obstáculos), insetívoros de dentro da mata e catadores (maior nível de obstáculos), essas restrições ambientais parecem ser os principais fatores que dentro da capacidade fenotípica de cada espécie fizeram evoluir os diferentes tipos de chamados de ecolocalização até hoje identificados (Siemers et al. 2001, Schnitzler e Kalko 2001, Jung et al. 2014).

Os inventários que utilizam métodos acústicos são essenciais no estudo dos morcegos. Tendo em vista a riqueza de espécies de morcegos neotropicais e para o Cerrado é indicado o método de monitoramento acústico para todos os inventários, monitoramentos e estudos relacionados a ecologia das espécies. O método atualmente mais utilizado em estudos com morcegos é a rede de espera ou mist net e não é capaz de capturar toda riqueza de espécies que existe na ordem Chiroptera, principalmente para espécies da família Molossidae, Vespertilionidae, Natalidae, Thyropteridae, Emballonuridae e Mormoopidae que existem no Cerrado. Com inventário acústico, é possível aumentar até 30% o número de espécies registradas em relação à utilização de rede de espera (Mc Siney et al. 2008). Considerando a plasticidade de algumas espécies como demonstrado para *M. temminckii* faz-se necessário que essa caracterização dos chamados seja completa, com avaliação de todos os ambientes de voo que os morcegos conseguem navegar (Biscart et al. 2004) para que não ocorram identificações errôneas como apresentado por Clemente et al. (2014).

Este trabalho fornece a primeira análise dos chamados de ecolocalização de *M. temminckii* para o Cerrado, com gravações do voo em diferentes níveis de obstáculos, mostrando que existe diferença nos chamados de *M. temminckii* voando em ambiente aberto e em ambiente fechado. Permitindo agora a identificação acústica precisa para esta espécie. Fornece também o indício de sotaque dos morcegos brasileiros em relação aos venezuelanos, uma vez que foi constatada que a duração e o intervalo entre os pulsos de *M. temminckii* no Brasil é menor que da Venezuela. Além disso a frequência mínima que é tida como um traço populacional ou individual de *M. temminckii* no Brasil foi maior que de *M. temminckii* na Venezuela.

## Tabelas

**Tabela 1:** Valores de médias, erro padrão e resultado das Análises de Variância, ANOVAs, para os chamados analisados nos dois tratamentos. Com ajustamento de bonferroni o valor é de  $p=0.008$ . Os valores entre parêntese representam o número de chamados analisados.

Chamados UFM	Área fechada		Área aberta		ANOVA p
	Corredor (30)	Tenda (202)	Linha (353)	Soltura (142)	
Duração (ms)	3.99 ± 0.35 ab	3.45 ± 0.07 a	5.01 ± 0.07 b	4.11 ± 0.11 ab	0.003
Intervalo (ms)	61.76 ± 4.33 c	96.27 ± 3.58 bc	149.55 ± 4.91 a	118.63 ± 4.52 ab	0.001
Min freq. (kHz)	44.06 ± 0.43 a	47.36 ± 0.16 a	45.59 ± 0.14 a	43.98 ± 0.20 a	0.055
Max freq. (kHz)	52.92 ± 0.21 a	53.56 ± 0.08 a	52.51 ± 0.05 a	51.74 ± 0.14 a	0.08
Pico freq. (kHz)	51.30 ± 0.18 ab	51.91 ± 0.09 a	50.95 ± 0.06 ab	49.38 ± 0.15 b	0.004
Amplitude (kHz)	8.86 ± 0.41 a	6.20 ± 0.13 a	6.92 ± 0.12 a	7.76 ± 0.12 a	0.1
Chamados DFM	Corredor (321)	Tenda (242)	Linha (117)	Soltura (57)	
Duração (ms)	2.05 ± 0.02 A	1.90 ± 0.04 A	2.47 ± 0.08 A	3.23 ± 0.15 A	0.11

Intervalo (ms)	47.48 ± 0.97 B	46.90 ± 1.54 B	84.87 ± 4.61 A	99.66 ± 4.69A	0.002
Min freq. (kHz)	40.08 ± 0.27 B	44.26 ± 0.43 B	46.74 ± 0.48 A	43.31 ± 0.51 AB	-0
Max freq. (kHz)	66.30 ± 0.21 A	68.01 ± 0.29 A	64.50 ± 0.37 A	58.82 ± 0.63A	0.04
Pico freq. (kHz)	52.99 ± 0.22 A	55.70 ± 0.26 A	54.20 ± 0.20 A	45.62 ± 0.81A	0.15
Amplitude (kHz)	26.21 ± 0.34 B	23.75 ± 0.51 B	17.75 ± 0.69 A	16.51 ± 0.45A	-0

Letras minúsculas e maiúsculas mostram o resultado do teste de Tukey, indicando em quais tratamentos os parâmetros analisados mostraram diferenças significativas, após identificadas diferenças significativas na ANOVA (letras iguais mostram que não há diferença significativa entre os parâmetros). Tukey < 0.05.

**Tabela 2:** Grupo de médias para chamados UFM (chamados de frequência modulada ascendente) resultante da análise discriminante LDA.

	Duração (ms)	Intervalo (ms)	Freq. Min.(kHz)	Freq. Max.(kHz)	Pico de Freq.(kHz)	Amplitude (kHz)
Corredor	-0.0836	-1.2602	-0.5895	-0.0727	0.0911	0.7148
Tenda	-0.9563	-0.3305	0.8947	0.8047	0.8584	-0.7444
Linha	0.817	0.7822	-0.2428	-0.2757	-0.1708	0.1739
Soltura	-0.1546	0.2555	-0.3559	-0.777	-1.3829	0.0722

Unidade de medida (ms) milissegundos e (kHz) quilohertz.

**Tabela 3:** Coeficiente linear discriminante para chamados UFM (chamados de frequência modulada ascendente) resultante da análise discriminante linear, LDA.

	-321	-242	-117
Duração (ms)	2.05 ± 0.02 A	1.90 ± 0.04 A	2.47 ± 0.08 A
Intervalo (ms)	47.48 ± 0.97 B	46.90 ± 1.54 B	84.87 ± 4.61 A
Min freq. (kHz)	40.08 ± 0.27 B	44.26 ± 0.43 B	46.74 ± 0.48 A
Max freq. (kHz)	66.30 ± 0.21 A	68.01 ± 0.29 A	64.50 ± 0.37 A
Pico freq. (kHz)	52.99 ± 0.22 A	55.70 ± 0.26 A	54.20 ± 0.20 A
Amplitude (kHz)	26.21 ± 0.34 B	23.75 ± 0.51 B	17.75 ± 0.69 A

	LD1	LD2	LD3
Duração (ms)	-0.168	-0.454	-0.2526
Intervalo (ms)	-1.6499	-0.7909	0.5917
Freq. Min.(kHz)	-0.2167	1.111	0.1939
Freq. Max.(kHz)	-0.4957	1.918	-0.1859
Pico Freq.(kHz)	2.1398	-3.2745	0.4625
Amplitude(kHz)	0.01746	-0.3798	-0.3093

Unidade de medida (ms) milissegundos e (kHz) quilohertz.

**Tabela 4:** Grupo de médias gerado pela análise discriminante linear, LDA, para chamados DFM (chamados de frequência modulada descendente).

	Duração (ms)	Intervalo (ms)	Freq. Min (kHz)	Freq. Max (kHz)	Pico Freq. (kHz)	Amplitude (kHz)
Corredor	-0.4467	-0.7465	-1.0443	0.2123	-0.3228	0.891
Tenda	-0.5394	-0.7905	-0.5535	0.8125	0.4977	0.855
Linha	0.6400	0.6768	0.9671	-0.4002	0.1654	-0.9375
Soltura	-0.0323	0.7713	-0.0793	-0.8351	-1.0061	-0.3977

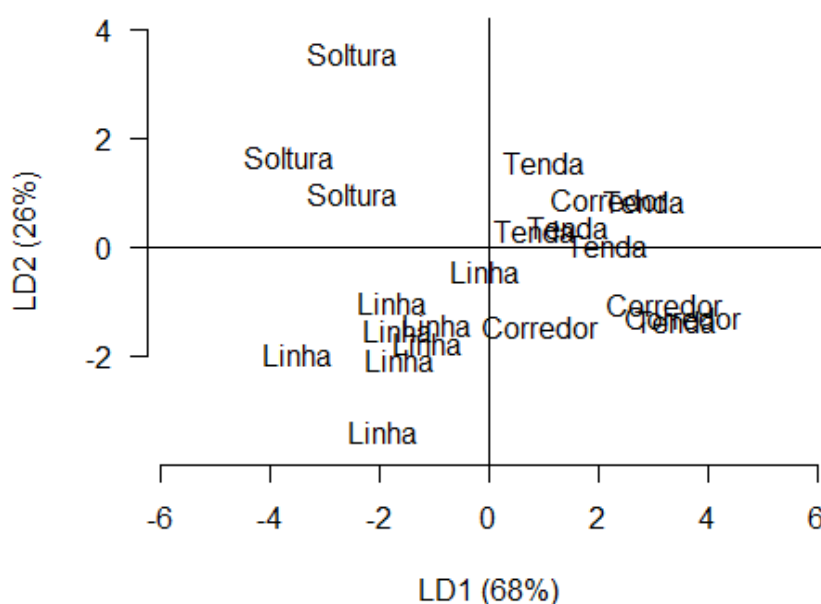
Unidade de medida (ms) milissegundos e (kHz) quilohertz.

**Tabela 5:** Coeficiente discriminante linear gerado pela análise linear discriminante, LDA, para chamados DFM (chamados de frequência modulada descendente).

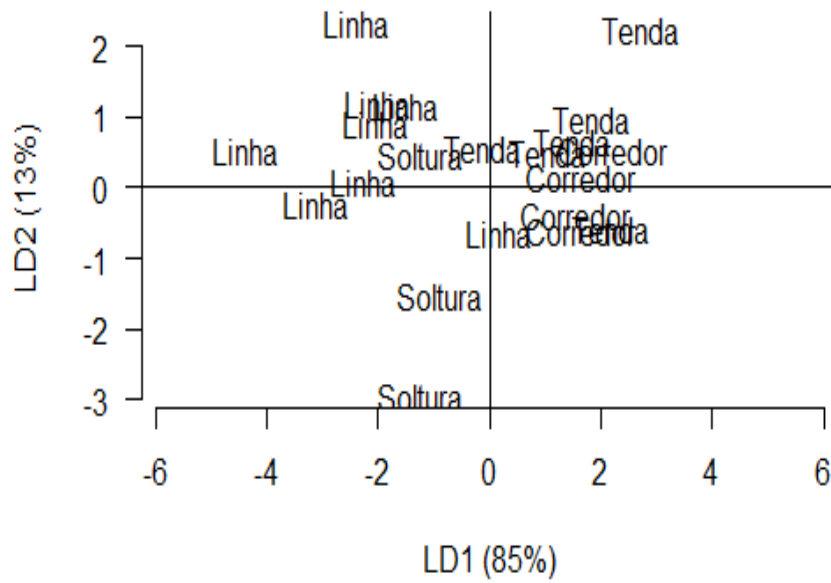
Amplitude (kHz)		8.86 ± 0.41 a	6.20 ± 0.13 a	6.92 ± 0.12 a
Chamados DFM		Corredor	Tenda	Linha
		-321	-242	-117
Duração (ms)		2.05 ± 0.02 A	1.90 ± 0.04 A	2.47 ± 0.08 A
Intervalo (ms)		47.48 ± 0.97 B	46.90 ± 1.54 B	84.87 ± 4.61 A
Min freq. (kHz)		40.08 ± 0.27 B	44.26 ± 0.43 B	46.74 ± 0.48 A
Max freq. (kHz)		66.30 ± 0.21 A	68.01 ± 0.29 A	64.50 ± 0.37 A

Unidade de medida (ms) milissegundos e (kHz) quilohertz.

## Figuras



**Figura 1:** Análise linear discriminante, LDA, obtida a partir das médias dos chamados de frequência modulada ascendente (UFM) indicando a separação espacial dos dois tratamentos, ambiente fechado (corredor e tenda) e ambiente aberto (linha e soltura), das gravações emitidas dos sons de *Molossops temminckii*.



**Figura 2:** Análise linear discriminante, LDA, obtida a partir das médias dos chamados de frequência modulada descendente (DFM) indicando a separação espacial dos dois tratamentos, ambiente fechado (corredor e tenda) e ambiente aberto (linha e soltura), das gravações emitidas dos sons de *Molossops temminckii*.



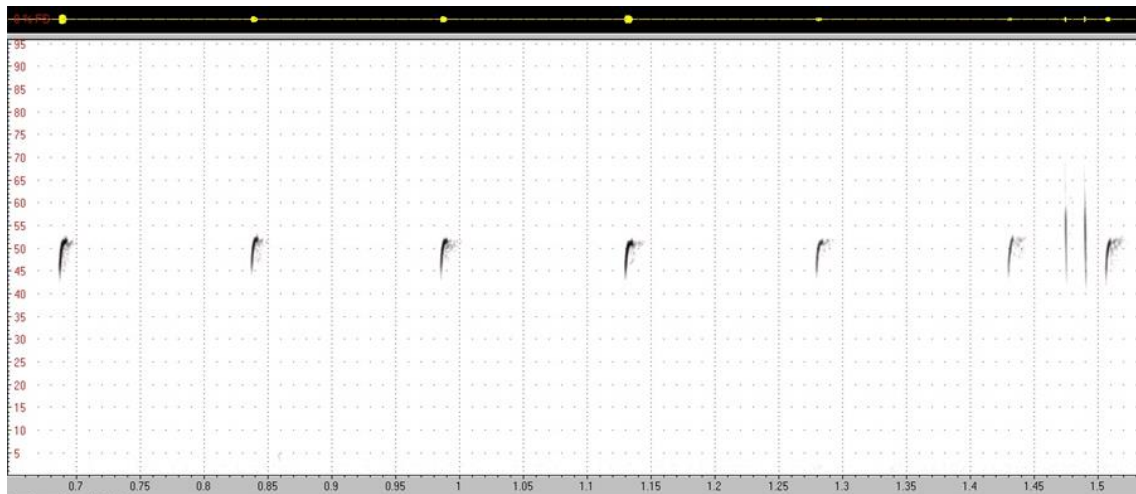


Figura 3: Sonotipos registrados para *M. temminckii* em Brasília. Separados por meio da análise de Cluster K-means e cuidadosa análise visual. Oscilograma acima, espectrograma a direita e power spectrum a esquerda, indicando os parâmetros de tempo, kilohertz e intensidade (dB).

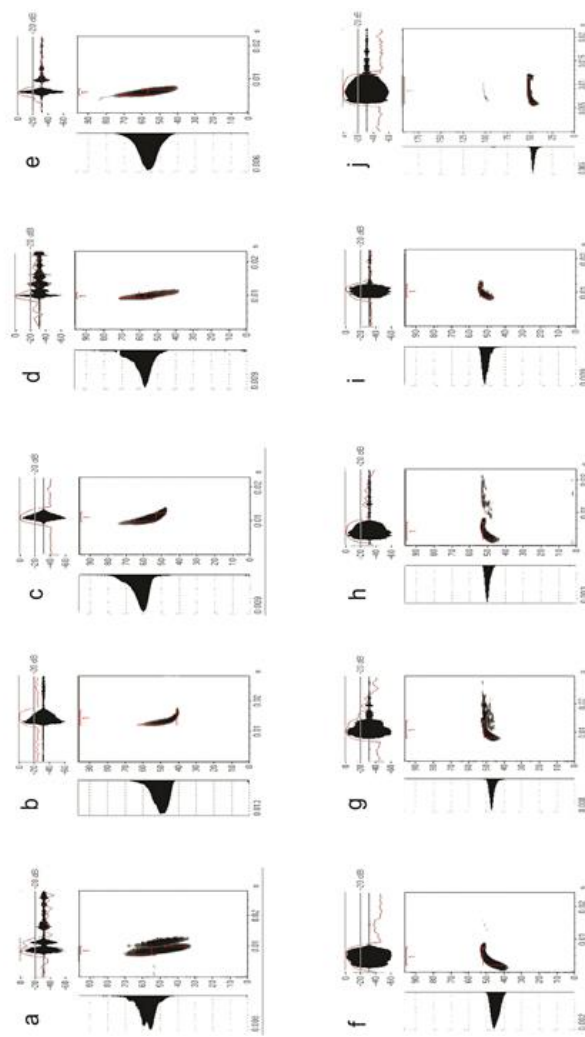


Figura 4: Sequência de chamados de ecolocalização de *Molossops temminckii* no método (linha) zip-line.

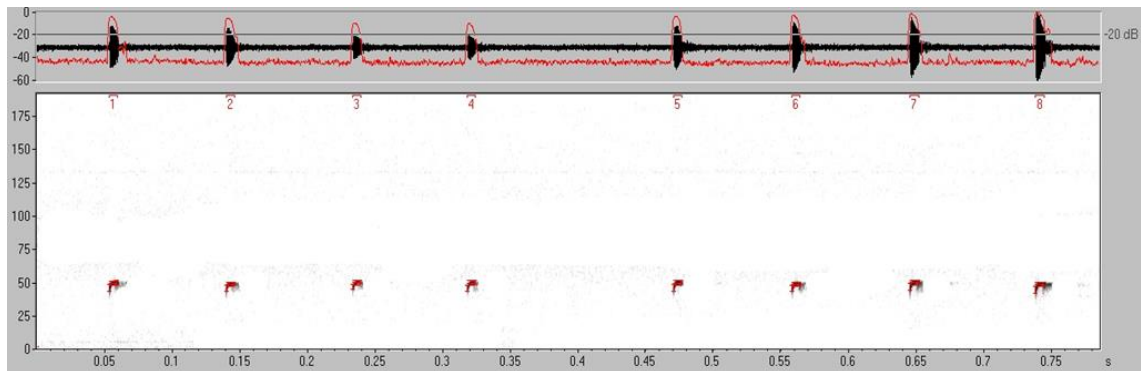


Figura 5: Sequência de chamados de ecolocalização de *Molossops temminckii* no método soltura (hand release).

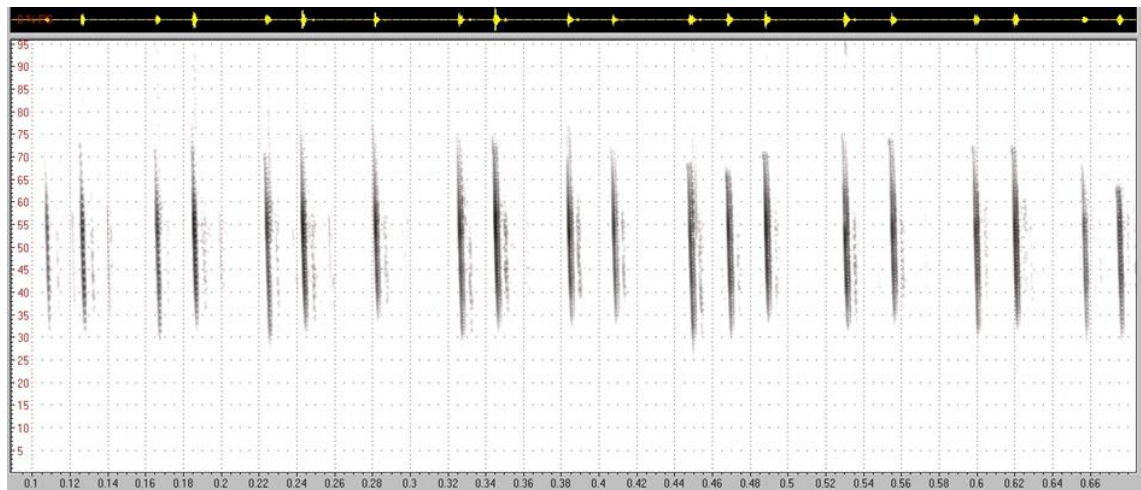


Figura 6: Sequência de chamados de ecolocalização de *Molossops temminckii* no corredor do departamento de zoologia da Universidade de Brasília.

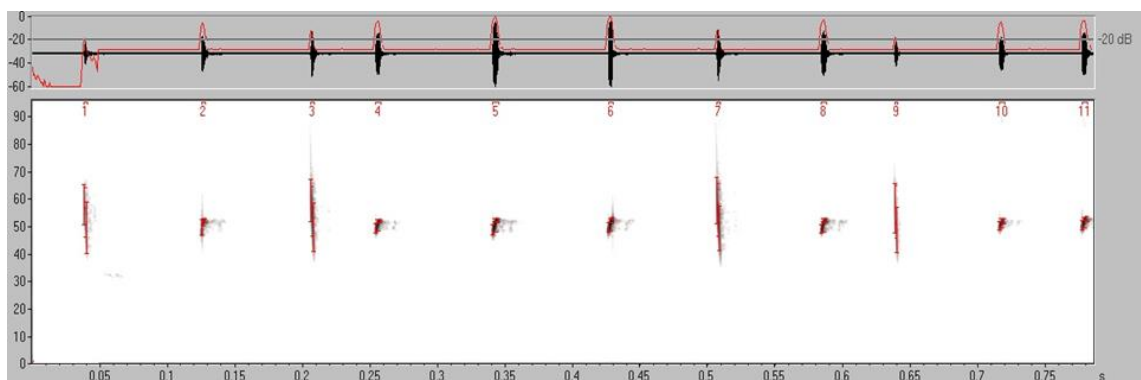


Figura 7: Sequência de chamados de ecolocalização de *Molossops temminckii* na tenda.

### **Referências Bibliográficas**

- Adams AM, Jantzen MK, Hamilton RM, Fenton BM (2012) Do you hear what I hear? Implications of detector selection for acoustic monitoring of bats. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 992-998.
- Ahlén I, Baagøe HJ (1999) Use of ultrasound detectors for bats studies in Europe: experiences from field identification, surveys, and monitoring. *Acta Chiropterologica* 2: 137-150.

- Barclay RMR (1983) Echolocation calls of emballonurid bats from Panamá. *Journal of Comparative Physiology* 151: 515-520.
- Barclay RMR, Brigham RM (1991) Prey detection, dietary niche breadth, and size in bats: Why are aerial insectivorous bats so small?. *The American Naturalist* 137: 693-703.
- Barclay RMR (1999) Bats are not birds – a cautionary note on using echolocation calls to identify bats: A comment. *Journal of Mammalogy* 80: 290-296.
- Barclay RMR, Fullard JH, Jacobs DS (1999) Variation in the echolocation calls of the hoary bats (*Lasiurus cinereus*): influence of body size, habitat structure, and geographic location. *Canadian Journal of Zoology* 77: 530-534.
- Biscardi S, Orprecio J, Fenton MB, Tsoar A, Ratcliffe JM (2004) Data, sample sizes and statistics affect the recognition of species of bats by their echolocation calls. *Acta Chiropterologica* 6: 347–363.
- Brinklov S, Jakobsen L, Ratcliffe JM, Surlykke A (2010) Echolocation call intensity and directionality in flying short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae). *Journal of the Acoustical Society of America* 129: 427–435.
- Brinklov S, Fenton MB, Ratcliff JM (2013) Echolocation in oilbirds e swiftlets. *Frontiers in Physiology* 4: article 123.
- Brown PE, Brown TW, Grinnell AD (1983) Echolocation, development, e vocal communication in the lesser bulldog bat, *Noctilio albiventris*. *Behav. Ecol. Sociobiol* 13: 287-298.
- Buchler ER (1976) The use of echolocation by the weering shrew, *Sorex vagrans*. *Animal Behaviour* 24: 858-873.
- Catchpole CK, Slater PJB (1995) Bird song biological themes and variations. Cambridge: Cambridge Press, 1995.
- Clement MJ, Murray KL, Solick DI, Gruver JC (2014) The effect of call libraries and acoustic filters on the identification of bat echolocation. *Ecology and evolution* 3482-3493. doi: 10.1002/ece3.1201.
- Cleveland CJ, Betke M, Federico P, Frank JD, Hallam TG, Horns J, López JD, McCracken GF, Medellín RA, Moreno-Valdez A, Sansones CG, Westbrook JK, Kunz TH (2006) Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas *Front Ecol Environ* 4: 238-243.

- Falcão F, Ugarte-Núñez JA, Faria D, Caselli CB (2015) Unraveling the calls of discrete hunters: acoustic structure of echolocation calls of furiferid bats (Chiroptera, Furiparidae). *Bioacoustics* 12: 44.
- Farias HM (2012) Monitoramento e identificação acústica de espécies de morcegos na Mata Atlântica por sinais de ecolocalização: Contribuições ecológicas e potencial para conservação. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Santa Cruz – Bahia.
- Fenton MB, Bell GP (1979) Echolocation e feeding behaviour in four species of *Myotis* (Chiroptera). *Can. J. Zool.* 57: 1271-1277.
- Fenton MB, Bell GP. (1981). Recognition of species of insectivorous bats by their echolocation calls. *Journal of Mammalogy* 62: 233-243.
- Fenton MB (1982). Echolocation, Insect Hearing, e Feeding Ecology of Insectivorous Bats. In, Kunz, T. H. *Ecology of Bats*. Plenum Publishing Corporation.
- Fenton MB (1984). Echolocation: Implications for Ecology e Evolution of Bats. *The Quarterly Review of Biology* 59: 33-53.
- Fenton MB (1986) Design of bat echolocation calls: implications for foraging ecology and communication. *Mammalia*. 50: 193-203.
- Fenton MB, Rydell J, Vonhof MJ, Eklof J, Lancaster WC (1999a) Constant-frequency e frequency-modulated components in the echolocation calls of three species of small bats (Emballonuridae, Thyropteridae e Vespertilionidae). *Can. J. Zool* 77: 1981-1990.
- Fenton MB, Whitaker Jr. JO, Vonhof MJ, Waterman JF, Pedro WA, Aguiar LMS, Baumgarten JE, Bouchard S, Faria DM, Portfors CV, Rautenbach NIL, Scully W, Zorzea M (1999b). The diet of bats from Southeastern Brazil: the relation to echolocation e foraging behavior. *Revista Brasileira de Zoologia* 16: 1081-1085.
- Fenton MB (2002). Bat natural history e echolocation. In. Brigham R. M; Kalko, E. K. V; Jones, G; Parsons, S; Limpens, H. J. G. A. *Bat echolocation research, tools, techniques e analysis*. Bat conservation International, Austin, Texas. 2002.
- Fenton MB, Jacobs DS, Richardson EJ, Taylor PJ, White W (2004) Individual signatures in the frequency-modulated sweep calls of African large-eared, free-tailed bats *Otomops martiensseni* (Chiroptera: Molossidae). *Journal of Zoology London* 262: 11-19.

- Fenton MB, Faure PA, Ratcliffe JM. (2012) Evolution of high duty cycle echolocation in bats. *The Journal of Experimental Biology* 215: 2935-2944.
- Fenton MB (2013) Evolution of Echolocation. In: Adams, R. A., Pedersen, S. C. *Bat Evolution, Ecology e Conservation*. Springer Science, Business media New York.
- Fenton MB, Simmons NB (2014) *Bats a wolrd of science and mystery*. University of Chicago Press. 340 pp.
- Freeman PW (1981) A multivariate study of the family Molossidae (Mammalia: Chiroptera): morphology, ecology and evolution. *Mammalogy papers: University of Nebraska State Museum* 3-31.
- Gillam EH, McCracken GF (2007) Variability in the echolocation of *Tadarida brasiliensis*: effects of geography e local acoustic environment. *Animal Behaviour* 74: 277-286.
- Gould E. (1965) Evidence for echolocation in the Tenrecidae of Madagascar. *Proceedings of the American Philosophical Society*. 109, 352-360.
- Gribel R, Hay JD. (1993) Pollination ecology of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in Central Brazil Cerrado vegetation. *Journal of Tropical Ecology* 9: 199-211.
- Griffin DR (1944) Echolocation by blind men, bats and radar, *Science*. Vol 100. N° 2609.
- Griffin DR. (1953) Bat sounds under natural conditions with evidence for the echolocation of insect prey. *Journal of Experimental Zoology*. 123: 435-466.
- Griffin DR, Novick A (1955) Acoustic orientation of neotropical bats. *Journal of Experimental Zoology* 130: 251-299.
- Griffin DR (1958) *Listening in the dark*. New Haven, Connecticut: Yale University Press.
- Griffin DR, Webster FA, Michael CR (1960) *The echolocation of flying insects by bats*. Biological laboratories, Harvard University.
- Griffin DR, Suthers RA (1970) Sensitivity of echolocation in cave swiftlets. *Biological Bulletin* 139: 495-501.
- Gregorin R, Taddei VA (2002) Chave artificial para identificação de molossídeos brasileiros (Mammalia: Chiroptera). *J. Neotrop. Mammal.* 9: 13-32.

- Guillen-Servent A, Ibanez C. (2007) Unusual echolocation behavior in a small molossid bat, *Molossops temminckii*, that forages near background clutter. *Behavioral Ecology e Sociobiology* 61: 1599–1613.
- Ibáñez C, Ochoa JG (1985) Distribución y taxonomía de *Molossops temminckii* (Chiroptera: Molossidae) en Venezuela. *Doñana Acta Vertebr* 12: 141-150.
- Ibáñez C, Guillén A, Juste JB, Pérez-Jordá JL (1999) Echolocation calls of *Pteronotus davyi* (Chiroptera: Mormoopidae) from Panamá. *Journal of Mammalogy* 80: 924-928.
- Holderied MW, Korinek K, Fenton MB, Parsons S, Robson S, Jones G. (2005) *The Journal of Experimental Biology* 208: 1321-1327.
- Jensen ME, Miller L. (1999) Echolocation signals of the bat *Eptesicus serotinus* recorded using a vertical microphone array: effect of flight altitude on searching signals. *Behav Ecol Sociobiol* 47: 60-69.
- Jones G, Teeling EC (2006) The evolution of echolocation in bats. *Trends in Ecology and Evolution* 21: 149-156.
- Jung K, Kalko EKV, Helvesen OV (2007) Echolocation calls in central american emballonurid bats: signal design e call frequency alternation. *Journal of Zoology* 272 : 125–137.
- Jung K, Molinari J, Kalko EKV (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 EKV, Schnitzler HU (1993) Plasticity in echolocation signals of European pipistrelle bats in search flight: implications for habitat use and prey detection. *Behav Ecol Sociobiol* 33: 415-428.
- Kalko EKV (1995). Echolocation signal design, foraging habitats e guild structure in six Neotropical sheath-tailed bats (Emballonuridae), *Symposium of Zoological Society of London*. 67:259-273.
- Kalko EFV, Schnitzler HU, Kaipf I, Grinnell AD (1998) Echolocation and foraging behavior of the lesser bulldog bat, *Noctilio albiventris*: preadaptation for piscivory? *Behaviour Ecological Sociobiology* 42: 305-319.
- Kalko EFV, Vilegas SE, Schmidt M, Wegman M, Meyer CFJ (2008) Integrative and Comparative Biology 48: 60-73.

- Kayleigh F, Ratcliffe JM (2015) Clutter and conspecifics: a comparison of their influence on echolocation and flight behavior in Daubenton's bat, *Myotis daubentonii*. *Journal of Comparative Physiology. A* 201: 295-304.
- Koopman KF, Cockrum EL (1967) Bats. In *Recent mammals of the world*, ed. S. Anderson and J. K. Jones, Jr., 109–50. New York: Ronald Press Co. 453 p.
- Koopman KV (1994) Chiroptera: systematics. *Handbook of Zoology, VIII (Mammalia)*. Berlin and New York: Walter de Gruyter 217p.
- Knorschild M, Glockner V, Helversen OV (2010) The vocal repertoire of two sympatric species of nectar-feeding bats (*Glossophaga soricina* e *G.commissaris*). *Acta Chiropterologica* 12: 205-125.
- Kossl M, Voss C, Mora EC, Macias S, Foeller E, Vater M. (2013) Auditory cortex of newborn bats is prewired for echolocation. *Nature Communications* | Doi: 10.1038/ncomms1782.
- Macias S, Mora EC, Koch C, Helversen OV (2005) Echolocation behavior of *Phyllops falcatus* (Chiroptera: Phyllostomidae): unusual frequency range of the first harmonic. *Acta Chiropterologica* 7: 275-283.
- Macias S, Mora EC, Garcia A (2006) Acoustic identification of mormoopid bats: a survey during the evening exodus. *Journal of Mammalogy* 87: 324-330.
- MacSwiney GMC, Clarke FM, Racey PA (2008) What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *Journal of Applied Ecology* 45: 1364-1371.
- Mayen F. (2003) Haematophagous Bats in Brazil, Their Role in Rabies Transmission, Impact on Public Health, Livestock Industry e Alternatives to an Indiscriminate Reduction of Bat Population. *Journal of Veterinarian. Medicine* 50: 469-472.
- McBride AF. (1955) Evidence of echolocation by cetaceans. *Journal of Comparative. Neurology*. 54 (2): 437-499.
- Miller GS (1907) The families and genera of bats. Series: Bulletin (United States National Museum) 57.
- Miller LA, Deng HJ (1981) The acoustic behavior of four species of Vespertilionidae bats studied in the field. *Journal of Comparative Phisiology*. 142: 67-74.



- Mora EC, 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* 190:561-574.
- Mora EC, Rodríguez A, Macías S, Quiñonez I, Mellado MM (2006) The echolocation behaviour of *Nycticeius cubanus* (Chiroptera: Vespertilionidae): inter e intra- individual plasticity in vocal signatures. *Bioacoustics* 15:175-193.
- Mora EC, Macías S (2007) Echolocation calls of Poey's flower bat (*Phyllonycteris poeyi*) unlike those of other phyllostomids. *Naturwissenschaften* 94: 380–383.
- Mora EC, Macías S (2011) Short Cf-Fm e Fm-short CF calls in the echolocation behavior of *Pteronotus macleayii* (Chiroptera: Mormoopidae). *Acta Chiropterologica* 13, 457–463.
- Mora EC, Ibañez C, Macías S, Juste J, López I, Torres L (2011) Plasticity in the echolocation inventory of *Mormopterus minutus* (Chiroptera: Molossidae). *Acta Chiropterologica* 13: 179–187.
- Mora EC, Macías S, Hechavarría J, Vater M, Kossl M (2013) Evolution of heteroharmonic strategy for target-range computation in echolocation of Mormoopidae. *Frontiers in Physiology* 4: Article 141.
- Murray KL, Fraser E, Davy C, Fleming TH, Fenton MB (2009) Characterization of the Echolocation calls of bats from Exuma, Bahamas. *Acta Chiropterologica* 11: 415-424.
- Muscarella R, Fleming TH (2007) The role of frugivorous bats in Tropical Forest Sucession. *Biological. Review* 82: 573-590.
- Neuweiler G (1989) Foraging ecology and audition in echolocating bats. *Tree* 4: 160-166.
- Neuweiler G (2003) Evolutionary aspects of bat echolocation. *Journal of Comparative Physiology* 189: 245–256.
- Norberg UM, Rayner JMV (1987) Ecological morphology and flight in bats (Mammalia: Chiroptera) wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 316: 335-427.
- Ochoa J, O'Farrell MJ, Miller B (2000) Contribution of acoustic methods to the study of insectivorous bat diversity in protected areas from northern Venezuela. *Acta Chiropterologica* 2: 171–183.

- O'Farrell MJ, Miller BW (1997) A new examination of echolocation calls of some neotropical bats (Emballonuridae e Mormoopidae). American Society of Mammalogists 78: 954-963.
- O'Farrell MJ, Miller BW (1999) Use of vocal signatures for the inventory of free-flying Neotropical bats. Biotropica 31:507-516.
- O'Farrell MJ, Miller BW, Gannon WL (1999) Qualitative identification of free -flying bats using the anabat detector. Journal of Mammalogy 80(1):11- 23.
- Portfors CV et al (2000) Bats from fazenda intervals southeaster Brazil – species account e comparison between diferente sampling methods. Revista Brasileira de Zoologia 17: 533-538.
- Pye D (1980) Adapteveness of echolocation signals in bats. TINS 232-235.
- Rodriguez A, Mora EC (2006) The Echolocation Repertoire of *Eptesicus fuscus* (Chiroptera:Vespertilionidae) in Cuba. Caribbean Journal of Science 42: 121-128.
- Rydell J, Aritra HT, Santos M, Granados J (2002) Acustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatan, Mexico. Journal of Zoology of London 257: 27-36.
- Schnitzler HU (1970) Comparison fo the echolocation behavior in *Rhinolophus Ferrumequinum* and *Chilonycteris rubiginosa*. Proceedings 2<sup>nd</sup> International Bat Research Conference.
- Schnitzler HU, Kalko EKV (2001) Echolocation behavior at insect eating bats. Bioscience 51:557–56.
- Schnitzler HU, Moss CF, Denzinger A (2003) From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. Trends in Ecology and Evolution. 18: 386-394.
- Szewczak JM (2000) A tethered zip-line arrangement for reliably collecting bat echolocation reference calls. Bat Research News 41: 142.
- Siemers BM, Kalko EKV, Schnitzler HU (2001) Echolocation behavior e signal plasticity in the Neotropical bat *Myotis nigricans* (Schinz, 1821 (Vespertilionidae): a convergent case with European species of *Pipistrellus*? Behaviour Ecological Sociobiology 50, 317—328.
- Simmons JA, Lavender WA, Lavender RA, Childs JE, Hulebak K, Rigden MR, Sherman J, Woolman B (1978) Echolocation by free-tailed bats (Tadarida). Journal of Comparative Physiology 125 :291–299.
- Simmons JA, Fenton MB, O'Farrell MJ (1979) Echolocation and pursuit of prey by bats. Science 203: 16-20.

- Simmons JA, Stein RA (1980) Acoustic imaging in bat sonar: Echolocation signals and the evolution of echolocation. *Journal of Comparative Physiology* 135: 61-84.
- Simmons NB (2005) Order Chiroptera. Wilson, DE, Reeder, DM (Eds). *Mammal species of the world: a taxonomic e geographic reference*. 3 ed v1. Baltimore: Jonh Hopkins University Press, p. 312-529.
- Souza LC, Langoni H, Silva RC, Lucheis SB (2005) Vigilância epidemiológica da raiva da região de Batucatu-SP: Importancia dos quirópteros na manuntencao do vírus na natureza. *ARS Veterinária, Jaboticabal SP* 21:062-068.
- Suga N, O'Neill (1978) Mechanisms of echolocation in bats – comments on the neuroethogoly of the biosonar system of CF-FM bats. *TINS*.
- Surlykke A, Moss CF (2000) Echolocation behavior of big brown bats, *Eptesicus fuscus*, in the field e the laboratory. *Journal of the Acoustic Society of America* 108(5):2419-2429.
- Suthers RA (1965) Acoustic orientation by fish-catching bats. *Journal of Experimental Zoology*. 158: 319-348.
- Suthers RA, Fattu JM (1973) Fishing behavior e acoustic orientation by the bat (*Noctilio labialis*). *Animal Behaviour* 21:61-66.
- Thomas JA, Moss CF, Vater M (2002) *Echolocation in bats e dolphins*. University of Chicago Press.
- Team, RDC (2010) *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria. [http:// www.R-project.org](http://www.R-project.org).
- Teeling EC, Springer MS, Madsen O, Bates P, O'Brien SJ, Murphy WJ (2005) A molecular phylogeny for bats illuminates biogeography and the fossil record. *Science* 307: 580-584.
- Ubernicket K, Tschapka M, Kalko EKV (2012) Selective eavesdropping behaviour in three neotropical bat species. *Ethology* 119: 66–76.
- Van Den Bussche RA, Hofer SR (2004) Phylogenetic relationships among recent choropteran families and the importance of choosing appropriate out-group taxa. *Journal of Mammalogy* 2: 321-330.

- Vizotto LD, Taddei VA (1973) Chave para determinação de quirópteros brasileiros. São José do Rio Preto, Universidade Estadual Paulista.
- Wilson DE, Reeder DM (2005) Order Chiroptera. In: Simmons NB editor. Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference. Volume 1. Baltimore: Johns Hopkins University Press 312–529.
- Xu Z, Jing W, Keping S, TingleiJ, YunleiJ, Jiang F (2008) Echolocation calls of *Rhinolophus ferrumequinum* in relation to habitat type e environmental factors. *Acta Ecologica Sinica* 28(11): 5248-5258.
- Yovel Y, Falk B, Moss CF, Ulanovsky N (2010). Optimal localization by pointing off axis. *Science* 327:701–704.