

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA
Programa de Pós-Graduação do INPA
Biologia de Água Doce e Pesca Interior

**Ontogenia do Padrão Vocal Individual
do Peixe-Boi da
Amazônia *Trichechus inunguis*
(Sirenia, Trichechidae)**

Giovanna Alves Dantas

**Manaus, Amazonas
Setembro/2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA
Programa de Pós-Graduação do INPA
Biologia de Água Doce e Pesca Interior**

**Ontogenia do Padrão Vocal Individual
do Peixe-Boi da
Amazônia *Trichechus inunguis*
(Sirenia, Trichechidae)**

**GIOVANNA ALVES DANTAS
Dra. Vera Maria Ferreira Da Silva
Dra. Renata Santoro de Sousa-Lima Mobley**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração Biologia de Água Doce e Pesca Interior.

**Manaus, Amazonas
Setembro/2009**

D192

Dantas, Giovanna Alves

Ontogenia do padrão vocal individual do peixe-boi da Amazônia
Trichechus inunguis (Sirenia, trichechidae) / Giovanna Alves Dantas .---
Manaus : [s.n.], 2009.
xi, 71 f. : il. color.

Dissertação (mestrado)-- INPA/UFAM, Manaus, 2009

Orientador : Vera Maria Ferreira da Silva

Co-orientador : Renata Santoro Sousa-Lima Mobley

Área de concentração : Biologia de Água Doce e Pesca Interior

1. Peixe-boi – Comportamento. 2. Peixe-boi – Vocalização. 3. Sirenia.
4. *Trichechus inunguis*. 5. Bioacústica. 6. Ontogenia. I. Título.

CDD 19. ed. 599.55

*Dedico esta dissertação a Victor, Samuel, Luca e Francisco,
companheiros maravilhosos nesta aventura da vida...*

*E a Tuã e Tucano que, com suas vozes,
deram mais cor e encanto à minha vida*

Agradecimentos

Chega um tempo em que percebemos que não estamos sós. Descobrimos então quantas amálgamas são necessárias para moldar o metal de que fomos feitos. É quando nos damos conta de que tudo o que produzimos tem o toque de muitas outras mãos. Porque muitos foram os que nos precederam. E muitos os que virão depois de nós. Então compreendemos o real sentido da gratidão. Aquela sobre a qual tentaram nos ensinar desde a mais tenra infância, e cujo significado ainda não alcançávamos.

Numa retrospectiva a partir deste momento, agradeço àqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho:

Às minhas orientadoras, Vera e Renata, que acreditaram, apoiaram e me deram suporte (mais do que técnico).

A Marco, amigo desde os tempos de faculdade e que, apesar da distância, manteve-se presente e atento, dando grande contribuição e apoio em minhas dúvidas estatísticas.

A Dani, Rodrigo e Fernando, que nesta reta final compartilharam comigo tanto conhecimento, além de muitos momentos, cafés, chás e idéias.

Aos tratadores Raimundo, Jeová, Marcelo, Daniel, Nazaré e Everton que, sempre prestativos, possibilitaram as condições para que as gravações fossem efetuadas.

A Anselmo, Paula, Nicole, Gália, Andrea, Jone, Paulão, Nanda, Diogo, Fê, Talitha, Claryana, Nildon e todos os amigos do laboratório por todo o apoio nos momento em que se fez necessário.

A Renata, Louzamira, Laíz, Márcia Munick, André, Sihame, Mônica, Aírton, Karen e demais pessoas que, ao longo dos último onze anos, possibilitaram as gravações que foram utilizadas neste trabalho.

Aos financiadores Capes, AMPA e Petrobrás que proporcionaram este estudo.

Ao Dr. Jeff Podos pelos tantos ensinamentos, artigos e respostas.

Ao Dr. Mario Conh-Haft pelas sugestões e pela doçura dos chocolates.

Aos professores doutores Marina Anciães, Jeffrey Podos, José Gomes, Carlos Ramón e Sheila Marino que enriqueceram este trabalho com seus comentários, suas críticas e sugestões.

Aos colegas do mestrado, companheiros e acolhedores, Carminha e Elany, gentis e prestativas.

A Camila, com quem dividi dúvidas e inquietações.

A José Eustáquio, Madu e Alessandra que sempre apoiaram e incentivaram meu crescimento profissional.

A Victor, Samuel, Luca e Francisco, companheiros de todas as jornadas, que embarcaram comigo nesta empreitada

A Clarice que me permitiu paz e tranquilidade, com sua presença doce em nossas vidas.

A Juliana, Claudía, Patrícia, Ana Cristina, Luzia, Marco, Julio, Ricardo e suas respectivas famílias que há 20 anos me dão estabilidade e significado com suas presenças em minha vida.

A Cecília Kierulff e Zique que me possibilitaram crescimento e experiência profissional, além de companheirismo e grandes vivências.

Aos meus pais que me permitiram a existência, fortaleceram meu espírito e me forneceram habilidades e valores para encarar os desafios de frente.

Aos meus irmãos Fabrícia, Rogério e Flávia, que me ensinaram a compartilhar.

À minha avó Lau, exemplo de força e coragem.

Ao meu avô Belino e aos meus tios Nini, Santa e Almir que me descortinaram um mundo de possibilidades.

Às minhas tias Vilma e Cida, mães de coração.

Muito obrigada!

Resumo

Existem evidências de que o peixe-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*) fornece a seus co-específicos informações acerca de sua identidade por meio da comunicação sonora. Evidências da existência de assinatura vocal, bem como de reconhecimento individual já foram documentados na espécie. No entanto, existem poucas informações sobre o comportamento vocal da espécie e sobre o desenvolvimento do seu padrão vocal individual. Trinta e oito indivíduos vivendo em cativeiro no INPA tiveram suas vocalizações gravadas em um período de onze anos. As taxas de vocalização desses animais foram analisadas e comparadas entre classes etárias e sexos. Três fêmeas que se reproduziram em cativeiro também tiveram suas vocalizações comparadas em duas fases distintas: lactação e não-lactação. Fêmeas em lactação e filhotes apresentam as taxas de vocalização mais elevadas que os demais, sugerindo que a coesão entre mãe e filhote seria a principal função da comunicação sonora no peixe-boi da Amazônia. Para verificar se o padrão vocal individual tenderia a reduzir sua variabilidade ao longo do tempo, vinte e três indivíduos tiveram suas vocalizações analisadas. Para isso, os espectrogramas das vocalizações emitidas, por indivíduo, a cada dia de gravação foram submetidos a uma correlação cruzada. Os índices de similaridade resultantes dessa correlação foram plotados, em relação ao tempo, para cada indivíduo. Não houve tendência clara ao aumento ou à redução dos índices de similaridade com o passar do tempo. Variações intra-individuais também foram analisadas em alguns parâmetros acústicos. Dentre eles, apenas a frequência de maior intensidade na fundamental variou significativamente, aumentando seu valor para os cinco indivíduos acompanhados na mudança de classe etária (de filhotes para juvenis). Quando parâmetros acústicos foram comparados entre as classes etárias e entre os sexos, diferenças significativas não foram encontradas entre a variação da frequência fundamental, nem na frequência fundamental de maior intensidade. Somente a duração do sinal mostrou variação significativa entre classes etárias, mais especificamente entre filhotes e adultos, sendo mais elevada nestes últimos. Não houve diferença significativa na duração do sinal entre filhotes e juvenis nem entre juvenis e adultos. Um filhote nascido em cativeiro teve suas vocalizações gravadas a partir do nascimento. Em um estudo de caso, observou-se o aumento da similaridade entre as vocalizações do filhote e as vocalizações maternas ao longo do tempo, sugerindo aprendizado vocal na espécie.

Abstract

There are evidences that Amazonian manatee convey identity information, to its conspecifics, using sounds. Evidences about the presence of vocal signature and individual recognition have been documented in the specie. However, there is little information about the vocal behavior and the development of the individual vocal pattern for this species. The vocalizations of thirty eight individuals living in captivity at INPA had their vocalizations recorded throughout eleven years. The calling rates from these animals were compared across age classes and sexes. Three females that reproduced in captivity also had their calling rates compared in two different stages: lactating and non-lactating. Lactating females and calves presented higher calling rates than the others, emphasizing that the main role of manatee's acoustic communication is the maintenance of proximity between mother and calf. Aiming to verify if the variability within individual vocal pattern would tend to decrease with age, we analyzed vocalizations of twenty three individuals. We performed spectrographic cross-correlation of vocalizations emitted by each animal, within each recording day. The resulting similarity indexes were plotted across time for each individual. The similarity indexes did not show any clear tendency of increase or decrease across time. We also investigated intra-individual variations in some acoustic parameters. Among them, only the maximum fundamental frequency showed significant increase in five individuals that were analyzed during the change of age class from calf to juvenile. When we compared the acoustic parameters within age classes and sexes, we did not find any significant differences in the fundamental range or in the maximum fundamental frequency. Only signal duration showed a significant difference among age classes, more specifically, between calves and adults, with longer signal durations in adults. There wasn't a significant difference in signal duration between calves and juveniles, or between juveniles and adults. A calf born in captivity was recorded since birth. In this case study, we observed that the similarity between the calf's vocalizations and those from his mother increased through time, suggesting the existence of vocal learning in this species.

Lista de Tabelas

Tabela 01: Apresentação dos animais cujas gravações foram utilizadas neste estudo.....	17
Tabela 02: Cronograma de gravações do filhote Tuã.....	24
Tabela 03: Identificação dos indivíduos e vocalizações utilizadas nas análises...	29
Tabela 04: Comparações entre os índices de similaridade intra e inter-individuais.....	32
Tabela 05: Resultado do teste de Friedman para verificação de mudanças individuais no valor de maior intensidade na fundamental entre filhotes e juvenis.....	37
Tabela 06: Resultado das ANOVAs de um fator para verificação da variação da duração do sinal entre diferentes classes etárias e entre os sexos.....	38
Tabela 07: Características das vocalizações da mãe e do filhote no dia do nascimento.....	41
Tabela 08: Vocalizações do filhote com 1, 2, 3 ou 4 notas no período compreendido entre 1 e 1312 dias de vida.....	42
Tabela 09: Vocalizações da mãe com uma, duas, três ou quatro notas no primeiro, quarto e octogésimo segundo dia após o parto.....	42
Tabela 10: Resultados absolutos e proporcionais da comparação do número de notas nas vocalizações do par mãe-filhote.....	43
Tabela 11: Parâmetros da frequência fundamental nas vocalizações do filhote ao longo do tempo.....	43
Tabela 12: Média da duração do sinal durante o desenvolvimento do filhote.....	45

Lista de Figuras

- Figura 01: Delimitação da frequência fundamental para realização de medidas..... **21**
- Figura 02: Delimitação da duração do sinal a partir do domínio do tempo – “waveform” **22**
- Figura 03: Figura 03: O gráfico mostra a taxa de vocalizações nas três classes etárias: filhotes (n=16), juvenis (n=15) e adultos (n=7). A barra horizontal no “boxplot” representa a mediana. As bordas do “boxplot” definem o intervalo de confiança que agrupa 95% dos dados. As linhas externas, paralelas às bordas, representam o primeiro e o terceiro quartis. Os “outliers” estão plotados em separado..... **28**
- Figura 04: Taxa de vocalizações por minuto para os sexos masculino e feminino. A barra horizontal no “boxplot” representa a mediana. As bordas do “boxplot” definem o intervalo de confiança que agrupa 95% dos dados. As linhas externas, paralelas às bordas, representam o primeiro e o terceiro quartis. Os “outliers” estão plotados em separado..... **30**
- Figura 05: Taxa de vocalizações por minuto apresentada por três fêmeas em duas fases distintas: no período de lactação e fora desse período. A barra horizontal no “boxplot” representa a mediana. As bordas do “boxplot” definem o intervalo de confiança que agrupa 95% dos dados. As linhas externas, paralelas às bordas, representam o primeiro e o terceiro quartis. Os “outliers” estão plotados em separado..... **31**
- Figura 06: Índices de similaridade das vocalizações intra-individuais ao longo do tempo (expresso em meses)..... **33**
- Figura 07: Variação da duração do sinal por classe etária. A barra horizontal no “boxplot” representa a mediana. As bordas do “boxplot” definem o intervalo de confiança que agrupa 95% dos dados. As linhas externas, paralelas às bordas, representam o primeiro e o terceiro quartis. Os “outliers” estão plotados em separado..... **39**

Figura 08- Primeira vocalização do filhote após o nascimento. A vocalização da mãe acontece após 0,9s. Na “waveform” (acima) pode-se perceber que a intensidade e duração do sinal, são maiores para as vocalizações do filhote.....	40
Figura 09: Regressão linear da variação na frequência fundamental nas vocalizações do filhote em relação ao tempo (linha contínua) em seu primeiro ano de vida. A linha pontilhada indica a tendência dos dados quando se acrescenta a gravação do animal aos três anos de idade (juvenil).....	44
Figura 10: Resultado da regressão linear da diferença na duração do sinal do par mãe/filhote ao longo do tempo.....	46
Figura 11: Distribuição da energia na série harmônica ao longo do tempo de vida do filhote. Cada retângulo representa um componente da série: borda azul: fundamental, borda vermelha: 2º harmônico, borda verde: 3º harmônico, borda roxa: 4º harmônico e borda rosa: 5º harmônico.....	47
Figura 12: Gráfico resultante da análise de regressão linear da diferença entre as frequências de maior intensidade registradas para os pares de vocalização da dupla mãe e filhote.....	48
Figura 13: Espectrogramas representando a diversidade de vocalizações da mãe e do filhote ao longo no primeiro, quarto e octogésimo segundo dia de vida do filhote.	49
Figura 14: Vocalizações em seqüência do par mãe-filhote 82 dias após o nascimento. Nas três seqüências as vocalizações situadas à esquerda pertencem, coincidentemente, ao filhote.....	51

Sumário

Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Figuras.....	ix
Introdução.....	01
Objetivos.....	03
Estado da Arte.....	04
Aspectos Gerais da Espécie.....	04
Comunicação Sonora e Bioacústica.....	06
Ontogenia Vocal: inato e aprendido.....	11
Material e Métodos.....	14
Coleta de Dados.....	15
Análise dos Dados.....	18
Resultados.....	27
Discussão.....	52
Conclusão e Considerações Finais.....	61
Referências bibliográficas.....	62

1. Introdução

A comunicação é a base que estrutura e mantém coesas as sociedades animais. Interações como o acasalamento, a alimentação e a proteção contra a predação entre os animais que integram uma sociedade são mediadas pela comunicação, que precisa ser ágil e eficaz (Bradbury e Vehrencamp, 1998).

O etólogo Tinbergen, um dos fundadores do estudo do comportamento biológico, expôs em 1951 quatro questões que ainda hoje continuam altamente relevantes e atuais (Alcock, 2005). Hauser (1996), seguindo as questões propostas por Tinbergen, explora a diversidade dos sistemas de comunicação animal em quatro perspectivas:

- 1- Mecânica: Compreendendo os mecanismos que servem de base à expressão de um caráter.
- 2- Ontogenética: Determinando os componentes genéticos e os fatores ambientais que guiam o desenvolvimento de um caráter.
- 3- Funcional: Observando um caráter em termos de seus efeitos na sobrevivência e na reprodução (conseqüências no sucesso reprodutivo dos indivíduos).
- 4- Filogenética: Verificando a história evolutiva das espécies e avaliando o caráter à luz de características ancestrais (origem do comportamento).

Essas perspectivas não apresentam estruturação hierárquica. Elas constituem uma teoria e uma metodologia para o estudo e a explicação da comunicação. A tendência emergente no estudo do comportamento animal é reverter às prescrições de Tinbergen, integrando os estudos da função da comunicação com os estudos das causas mecânicas, ontogenéticas e filogenéticas (Hauser, 1996).

Os mecanismos de aprendizado e transformação do sinal ao longo do tempo (ontogenia) despertam questões fascinantes, que somam o interesse de biólogos e psicólogos. Questões, por vezes, difíceis de responder devido à nossa necessidade obsessiva de categorizar um caráter como inato ou aprendido (Hauser, 1999).

Mas a ontogenia da comunicação pode também ser vista com o olhar do naturalista que observa o padrão de mudança para, mais tarde, apontar as suas causas básicas (Hauser, 1999). Essa análise conduz a uma documentação da variação fenotípica, do estágio inicial e do tempo decorrido na mudança.

Existem evidências de que o peixe-boi da Amazônia, assim como outras espécies de sirênios, fornece a seus co-específicos informações à cerca de sua identidade através das vocalizações. A evidência da existência de assinatura vocal na espécie, bem como a existência de reconhecimento individual já foram documentados (Sousa-Lima *et al.*, 2002). Além disso, estudos de caso envolvendo um filhote nascido em cativeiro e um filhote adotado por uma fêmea lactante sugerem, ainda, a possibilidade de aprendizado vocal na espécie (Sousa-Lima, 1999; 2001).

Há 35 anos o Laboratório de Mamíferos Aquáticos do INPA sedia o Projeto Peixe-boi, que tem por finalidade obter informações sobre a biologia e os hábitos do peixe-boi da Amazônia. Há onze anos, em um trabalho pioneiro, Sousa-Lima promoveu os primeiros registros sistemáticos das vocalizações dos animais mantidos em cativeiro no INPA. Desde então, gravações desses animais vêm sendo realizadas, possibilitando um estudo da ontogenia do seu padrão vocal.

As questões suscitadas pelos trabalhos desenvolvidos por Sousa-Lima geraram e nutriram este estudo. A proposta desta dissertação é investigar o comportamento vocal do peixe-boi da Amazônia buscando explorar as questões ontogenéticas e funcionais prescritas por Tinbergen (1963).

2. Objetivos

2.1- Objetivo geral

Explorar o comportamento vocal do peixe-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*), verificando a ontogenia do seu padrão vocal individual e caracterizando o desenvolvimento da identidade em seu padrão vocal.

2.2- Objetivos específicos

- 1- Comparar a taxa de vocalização do peixe-boi da Amazônia entre:
 - 1.1- classes etárias (filhote, juvenis e adultos)
 - 1.2- sexos
 - 1.3- fêmeas lactantes e não-lactantes

- 2- Verificar se o padrão vocal individual tende a reduzir sua variabilidade ao longo do desenvolvimento

- 3- Comparar características do padrão vocal do peixe-boi da Amazônia entre:
 - 2.1- classes etárias
 - 2.2- machos e fêmeas.

- 4- Descrever o estudo de caso do desenvolvimento do padrão vocal individual de um indivíduo nascido em cativeiro, comparando suas vocalizações às vocalizações de sua mãe.

3. Estado da Arte

3.1- Aspectos Gerais da Espécie

O peixe-boi da Amazônia, *Trichechus inunguis* NATTERER, 1883 é um mamífero aquático pertencente à ordem Sirenia. Os sirênios alcançaram o auge da sua diversidade no Mioceno, com cerca de doze gêneros conhecidos (Domning, 1980). Desde então, houve uma redução do número de espécies em consequência do resfriamento climático, das mudanças oceanográficas e da exploração humana (Domning, 2002).

A ordem Sirenia constitui-se apenas de duas famílias atuais: Dugongidae - representada pelos gêneros *Dugong* (dugongo) e *Hydrodamalis* (a extinta vaca marinha de Steller) e a família monogênica Trichechidae, da qual fazem parte, além do peixe-boi da Amazônia, o peixe-boi marinho – *T. manatus* - e o peixe-boi da costa africana – *T. senegalensis* (Nowak, 1991).

Embora possam ter algumas similaridades com focas e golfinhos, os sirênios apresentam uma origem evolutiva muito distinta dos pinípedes e dos cetáceos. Análises bioquímicas indicam maior grau de parentesco entre peixes-bois, elefantes e hyraxes - ordens Sirenia, Proboscidea e Hyracoidea. Os três grupos possuem, segundo análise de proteína ocular (De Jong e Zweers, 1980) e de sua estrutura placentária (Carter *et. al.*, 2008) uma origem monofilética.

De todos os mamíferos aquáticos atuais, os sirênios são os únicos realmente herbívoros e, dentre eles, os peixes-bois (*Trichechus* spp) são os forrageadores mais generalistas (Marshall *et al.*, 2003). Os trichechideos são conhecidos por consumir uma grande variedade de macrófitas aquáticas e semi-aquáticas. Segundo Best (1981), os sirênios estão restritos a águas de profundidade relativamente baixa, onde as macrófitas aquáticas apresentam grande produtividade. Esta característica contribuiu para expor esses animais a uma maior pressão de caça por humanos. Todas as espécies atuais de sirênios encontram-se hoje vulneráveis à extinção. (IUCN, 2009).

Há, no Brasil, duas espécies de peixe-boi: o peixe-boi marinho e o peixe-boi da Amazônia, que coexistem na foz do rio Amazonas (Cantanhede *et. al.*, 2005). As duas espécies apresentam características facilmente distinguíveis. O peixe-boi da Amazônia possui as nadadeiras peitorais desprovidas de unhas e o peixe-boi marinho as possui, apresenta porte reduzido, sendo a menor espécie entre os sirênios atuais e manchas brancas ou rosadas na superfície ventral do corpo (Best e da Silva, 1979; Rosas, 1994).

O peixe-boi da Amazônia é a única espécie atual da ordem Sirenia restrita à água doce. Distribui-se ao longo da Bacia Amazônica ocupando rios do Brasil, Colômbia, Peru e Equador. Pode ser encontrado nos diferentes tipos de águas (brancas, pretas ou claras), mas seu habitat preferencial são lagos de várzea e canais dos sistemas de água branca onde há maior disponibilidade de alimento (Rosas, 1994; da Silva, 2004) e a temperatura da água oscila entre 25 e 30 graus Celsius – temperaturas abaixo de 23°C parecem limitar a ocorrência da espécie (Gallivan *et al.*, 1982).

O peixe-boi é um animal tímido. Sua acuidade auditiva (Chapla *et al.*, 2007; Nummela, 2009) permite-lhe perceber o perigo e evadir-se sem ser visto. Segundo Domning (1981), crianças da região amazônica usam o estribo do peixe-boi como um adorno para que, ao crescer, possam “ouvir como o peixe-boi”. Sua discricção, associada à turbidez das águas onde vive, dificulta imensamente o estudo da espécie em ambiente natural. Estudos comportamentais desenvolvidos com os animais de cativeiro (Best, 1984-a) indicam que eles são igualmente ativos nos períodos diurno e noturno e dividem seu comportamento em descansar (17%), alimentar-se (33%) e nadar (50%).

Os peixes-bois são animais de vida longa, há registro de indivíduo morto na natureza com mais de trinta anos (Best, 1984-b) e reprodução tardia. Rodrigues e colaboradores (2008), em estudo das características anatômicas e histológicas do aparelho reprodutor feminino do peixe-boi da Amazônia, analisaram uma fêmea que, aos seis anos de idade, ainda não havia atingido plena maturidade sexual.

Em condições naturais, a reprodução do peixe-boi da Amazônia parece ser regulada pela disponibilidade de alimentos. Tanto as cópulas quanto os nascimentos estão associados ao aumento do nível das águas, quando os recursos alimentares são abundantes. A gestação, que dura aproximadamente 12 meses (Best, 1983; da Silva *et.*

al., 1998; do Nascimento *et. al.*, 2002), sugere sincronização entre o ciclo estral das fêmeas e a disponibilidade de alimentos (Best, 1983). Embora os peixes-bois sejam fundamentalmente solitários, a relação mãe-filhote pode perdurar por mais de dois anos (Rosas, 1994), período pelo qual se estende a amamentação (da Silva *et. al.*, 2000).

Eisenberg (1981, 1986) afirma que espécies de vida longa que geram reduzido número de filhotes por período gestacional e apresentam alto cuidado parental tendem a apresentar alto quociente de encefalização (incremento na relação massa cerebral/massa corporal) e a investir no aumento percentual do tempo de vida usado em situação de aprendizado social. Essa tendência torna-se ainda maior se a base de recursos disponíveis no ambiente for incerta (ex: primatas como os chimpanzés – *Pan troglodytes verus* – Crockford *et. al.*, 2004 e golfinhos nariz-de-garrafa – *Tursiops truncatus* – Krützen *et. al.*, 2005)

Submetidos a um ambiente em que a disponibilidade de alimento é sazonal, dependente do regime de enchente e vazante dos rios (Best, 1981; Gallivan e Best, 1986), o peixe-boi da Amazônia preenche alguns dos quesitos acima. Isso nos permite supor um provável investimento da espécie em aprendizado social. Contudo, contrariando as previsões, o peixe-boi apresenta um quociente de encefalização extremamente baixo (Eisenberg, 1981; O’Shea e Reep, 1990; Reep e Bonde, 2006), associado a um cérebro praticamente liso, sem circunvoluções – caracteres remanescentes mantidos ao longo da evolução dos sirênios (O’Shea e Reep, 1990; Reep e Bonde, 2006). Baixos quocientes de encefalização aparentemente encontram-se associados a uma “programação prévia” do sistema nervoso da espécie envolvida, bem como a uma reduzida capacidade de armazenagem e retenção de informações – o que, por conseqüência, estaria associado a uma baixa capacidade de aprendizado (Eisenberg, 1981).

3.2-Comunicação Sonora e Bioacústica

Ainda que não haja consenso entre os pesquisadores na definição do termo, quase todos concordam que comunicação envolve o envio de uma informação pelo emissor e sua posterior “captação” pelo receptor que, por sua vez, decide como responder a essa informação (Bradbury e Vehrencamp, 1998). Assim sendo, não é difícil concluir que as

possibilidades de comunicação são definidas pelos sentidos que cada espécie utiliza em sua percepção do ambiente. Os mamíferos aquáticos vivem em um meio que lhes impõe severas restrições à produção e/ou recepção de sinais visuais e químicos. Assim, quase todas as espécies de mamíferos aquáticos apresentam comunicação fundamentalmente, tátil e acústica (Dudzinski *et al.*, 2009).

Nos peixes-bois o tato é bem desenvolvido, com presença de grande número de vibrissas faciais e disco oral ricamente inervado (Marshall *et al.*, 2003; Reep e Bonde, 2006). Os pêlos distribuídos pelo corpo são também funcionais, atuando como vibrissas que, segundo Reep e Bonde (2006), funcionariam como uma versão da linha lateral dos peixes. Embora eficaz, a comunicação tátil se dá apenas a curta distância.

Apesar dos olhos pequenos e do nervo óptico reduzido (Piggins *et al.*, 1983; Reep e Bonde, 2006), sabe-se que os peixes-bois utilizam a visão quando a luminosidade assim o permite sendo, inclusive, capazes de discriminar cores (Griebel e Schmid, 1996). Observando os animais em cativeiro, já tivemos oportunidade de presenciar, repetidas vezes, animais com objetos presos ao corpo serem meticulosamente inspecionados (visualmente) por outros indivíduos com os quais dividiam o tanque. No entanto a turbidez do ambiente natural em que vivem impõe severas restrições à comunicação visual.

A comunicação química também é dificultada no ambiente aquático. De maneira similar aos cetáceos, os sirênios só abrem o orifício nasal no momento da respiração (Dudzinski *et al.*, 2009, Reep e Bonde, 2006) e outros receptores químicos não são conhecidos nesses animais. Os peixes-bois, bem como os demais sirênios, apresentam reduções significativas em todas as estruturas envolvidas na olfação (Reep e Bond, 2006).

A audição dos peixes-bois é bem desenvolvida para sons de alta frequência (Nummela, 2009). Submetido a exame para verificação do potencial evocado, um peixe-boi da Amazônia demonstrou sensibilidade a sons entre 200 Hz e 35 KHz e pico de sensibilidade em torno de 3 kHz (Bullock *et al.*, 1980). Os peixes-bois apresentam, na região do rosto, ossos ricos em óleo que aparentemente servem como canal de condução para o som (Bullock *et al.*, 1980, Chapla *et al.*, 2007). A existência desse canal de condução, associada à presença de espaços de ar no ouvido médio do peixe-boi

umentam a acuidade auditiva da espécie, favorecendo a percepção da direção da fonte sonora (Chapla *et al.*, 2007; Colbert *et al.*, 2009).

Gould (1983) sugere que as duas maiores pressões de seleção que atuam sobre a audição dos mamíferos sejam a predação e a comunicação entre indivíduos da mesma espécie. Considerando-se que a pressão de predação do peixe-boi em seu ambiente natural é baixa, torna-se mais evidente a importância da comunicação sonora para a espécie, cuja audição é bem desenvolvida. Avaliando-se, ainda, as outras possibilidades de comunicação acima descritas, podemos apontar a comunicação sonora como a principal forma de comunicação da espécie no ambiente de baixa visibilidade em que vivem.

O som é amplamente utilizado na comunicação animal. As vocalizações de mamíferos envolvem desde infra-sons, como no caso do elefante africano, *Loxodonta africana cyclotis* (Thompson, 2009) e do elefante asiático, *Elephas maximus* (Payne *et al.*, 1986) até ultra-sons, como em muitas espécies de morcegos (Moss *et al.*, 1997). Apesar disso, a parcimônia é característica marcante da comunicação acústica dos mamíferos. Mesmo morcegos, que podem chegar a apresentar uma taxa de vocalização de 10 pulsos/segundo, passam cerca de 90% do tempo em silêncio (Gould, 1983).

Ainda são pobres as informações sobre o sistema de produção de sons dos sirênios. Segundo Dexler e Feund (1906 – apud Ronald *et al.*, 1978), os peixes-bois não apresentam pregas vocais e a geração de sons seria consequência da vibração de cartilagens da laringe. Harrison e King (1980) corroboram com essa descrição. Segundo eles, a epiglote dos sirênios é rudimentar e, em lugar de cordas vocais, eles apresentariam “pregas” proeminentes e flexíveis constituídas de “tecidos moles”. Frankell (2009) considera que a produção de sons nesses animais ocorre de maneira similar aos mamíferos terrestres - através da laringe, embora saliente que esse seja um assunto ainda pouco estudado. Diferente dos mamíferos terrestres, o peixe-boi não expira ao vocalizar. Anderson e Barclay (1995) consideram, a partir de observações comportamentais, que alguns sons produzidos por dugongos parecem originar-se da área frontal, por um mecanismo similar àquele de produção de sons dos golfinhos. Os peixes-bois (Sousa-Lima *et al.*, 2008) e dugongos (Tyack e Miller, 2002) contraem a área posterior às narinas enquanto vocalizam, mas Tyack e Miller (2002) consideram que pouco se sabe sobre o mecanismo anatômico gerador das vocalizações de sirênios.

As vocalizações do peixe-boi apresentam frequência adequada ao ambiente aquático. Segundo Bradbury e Vehrencamp (1998) a grande maioria dos mamíferos aquáticos utilizam sons entre 1 e 15 kHz em sua comunicação. Sons de alta frequência (acima de 2,5 kHz) são rapidamente absorvidos e, por consequência, rapidamente atenuados (Morton, 1975, Bradbury e Vehrencamp, 1998), mas no meio aquático a taxa de atenuação é bem menor que no meio terrestre. Frequências mais altas conferem maior direcionalidade à fonte sonora, já que o receptor do sinal pode interpretar mais facilmente a diferença de atenuação dos sons que chegam aos seus ouvidos e converter a informação em posição do emissor.

A média da frequência fundamental descrita na literatura é diferente para os sexos: machos apresentam média igual a 3,2 kHz, enquanto as fêmeas apresentam a média igual a 4,8 kHz (Sousa-Lima *et al.*, 2002). No entanto, entre as classes etárias não foram encontradas diferenças significativas no valor da frequência fundamental (Sousa-Lima *et al.*, 2002). Essa situação os difere da grande maioria dos mamíferos em que a voz dos filhotes normalmente apresenta frequências mais altas que a dos adultos (Morton, 1977; Gould, 1983).

Animais monomórficos em relação ao tamanho e à aparência (Ralls e Mesnik, 2009), os peixes-bois produzem sons que Frankell (2009) classifica como estereotipados. Essa característica condiz com a predição de Gould (1983), segundo a qual espécies de mamíferos que não apresentam dimorfismo sexual em relação ao tamanho corporal, tendem a apresentar vocalizações semelhantes para os dois sexos.

Os peixes-bois da Amazônia se comunicam por sons audíveis e breves (em geral não excedem 0,5s). Seus sinais sonoros consistem de vocalizações compostas por até quatro notas constituídas pela fundamental e uma série de harmônicos (Sousa-Lima *et al.*, 2002).

Sousa-Lima e colaboradores (2002) encontraram fortes evidências da existência de um padrão vocal individual (assinatura vocal) no peixe-boi da Amazônia. A média da frequência fundamental, identificada como a característica mais conservativa no indivíduo, seria para eles o principal componente da assinatura vocal. A existência de

assinatura vocal na espécie pressupõe a possibilidade do reconhecimento individual. Sousa-Lima e colaboradores (2002) também documentaram evidências de reconhecimento individual entre mãe/filhote no peixe-boi da Amazônia.

A relação mãe/filhote compõe o contexto predominante em que o reconhecimento individual tem sido documentado (Gould, 1983). Para Gould, o reconhecimento ocorre predominantemente nas espécies que necessitam de uma identificação prévia ao contato físico, seja devido ao contexto social, seja devido à separação freqüente do par mãe/filhote – o que pode ocorrer durante o forrageamento do peixe-boi. O reconhecimento vocal entre mãe e filhote permite pressupor a importância da comunicação sonora para a manutenção da coesão dessa estrutura. A importância dessa comunicação pode ser ainda corroborada pela alta taxa de vocalização dos filhotes de peixe-boi da Amazônia encontrada por Sousa-Lima *et. al.* (2008).

Estudos desenvolvidos com o lobo marinho (*Arctocephalus tropicalis*) apontam que a distribuição de energia na série harmônica, bem como a modulação da freqüência são fatores fundamentais para o reconhecimento vocal. As pesquisas sugerem também que as mudanças ocorridas no padrão vocal individual dos filhotes podem ser retidas pela mãe ao longo do tempo (Charrier *et al.*, 2002; Charrier *et al.*, 2003). Para Charrier e colaboradores (2002), os filhotes seriam capazes de identificar a voz materna poucos dias após o nascimento - entre dois e cinco dias para a espécie estudada, enquanto as mães possivelmente aprenderiam a reconhecer as chamadas do filhote poucas horas após o parto – “imprinting” materno. Estudos sobre o comportamento de outras espécies de mamíferos como focas - *Callorhinus ursinus* (Bartholomew, 1959) e caprinos (Klopfer *et. al.*, 1964) corroboram com a teoria do “imprinting” materno, ainda que o foco desses estudos tenha sido a memória olfativa. O “imprinting” materno ocorre durante um breve período após o parto no qual as mães aprendem a identificar a voz e/ou o cheiro do filhote.

O fenômeno do “imprinting” foi descrito, no entanto, como um mecanismo especializado de aprendizagem em que os filhotes identificam a mãe. Utilizado inicialmente para aves (Lorenz, 1937), o conceito de “imprinting” tem sido relacionado também a mamíferos, incluindo os ungulados (Klopfer *et.al.*, 1964) e os golfinhos nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus*, (Fripp e Tyack, 2008).

3.3- Ontogenia vocal: inato e aprendido

Uma forma de aprendizado social, o aprendizado vocal tem sido foco de muitas pesquisas na tentativa de elucidar as interações entre o inato e o aprendido. Os pássaros, aprendizes de grande versatilidade vocal, constituem importante objeto desse estudo (Janik e Slater, 2000; Bradbury *et al.*, 2001; Podos *et al.*, 2004). Em geral, o desenvolvimento do sinal é determinado por uma combinação de fatores geneticamente herdados e influências do ambiente. A razão concernente à herdabilidade ou à influência ambiental do sinal sonoro varia entre os taxa e dentro do próprio taxon (Bradbury e Verhemcamp, 1998).

A alteração do padrão vocal durante a ontogenia ocorre em praticamente todas as espécies devido aos processos de amadurecimento e crescimento. A descrição detalhada desse processo constitui importante parâmetro para futuras investigações acerca da capacidade de aprendizado vocal de uma espécie. (Janik e Slater, 2000)

Janik e Slater (2000) definem diferentes formas de aprendizado social na comunicação animal: o aprendizado contextual e o aprendizado da produção sonora. O aprendizado da produção sonora envolve a alteração do som em três diferentes instâncias: no controle dos músculos respiratórios (provocando alterações da duração e amplitude do sinal), no controle do aparelho fonatório (alterando frequência e modulação) e no controle do sistema de filtros (alterando a distribuição da energia sonora).

Beecher e Brenowitz (2005) consideram que, embora existam diferentes estratégias de aprendizado vocal entre as aves, entre os pássaros canoros (oscines), o processo de aprendizado é similar para um grande número de espécies. Nos pássaros, a plasticidade vocal vai sendo gradualmente perdida à medida que o canto se aproxima do padrão típico dos adultos - quando a cristalização vocal se estabelece. Pesquisas realizadas com indivíduos da espécie *Luscinia megarhynchos* apontaram que o processo de cristalização sonora está associado à redução da capacidade de memória auditiva (Todt e Geberzahn, 2003). Outro estudo, desenvolvido com a espécie *Mimus gilvus* sugere que a consistência na estereotipação do canto durante o processo de cristalização vocal estaria associada ao sucesso reprodutivo (Botero *et al.*, 2009).

Para Podos e Moseley (2009) as vocalizações de alguns grupos de aves (incluindo pássaros canoros, beija-flores e psitacídeos) se desenvolvem através do aprendizado por imitação. Os autores ressaltam que os pássaros canoros aprendem a cantar por meio de uma diversidade de estratégias (ou programas) de aprendizado. Da mesma maneira que o aprendizado da linguagem humana, a imitação vocal dos pássaros envolve uma fase sensorial e uma fase moto-sensorial. Nesta última, os pássaros desenvolvem uma proficiência com o aparato vocal, possibilitando a reprodução dos modelos de canto memorizados na fase sensorial.

Além das aves, muitas espécies dispõem de mecanismos de aprendizado comportamental e neurofisiológico da comunicação sonora. É o caso de algumas espécies de anuros (Kanwal, 1999) e de alguns grupos de mamíferos, como primatas (Kanwal, 1999; Egnor e Hauser, 2004), quirópteros (Kanwal, 1999, Beecher e Brenowitz, 2005), cetáceos (Reiss *et. al.*, 1997; Beecher e Brenowitz, 2005) e proboscídeos (Poole *et. al.*, 2005).

Gould (1983) considera que, em muitas espécies de mamíferos, o número e a seqüência das vocalizações seguem um padrão similar de desenvolvimento: em um curto intervalo de tempo após o nascimento, as vocalizações evocariam aproximação e contato maternos. Com o amadurecimento dos indivíduos haveria uma tendência ao surgimento de vocalizações agonísticas e ao aumento da variedade de vocalizações ao mesmo tempo em que ocorreria uma tendência à redução da atividade vocal nos juvenis.

Sousa-Lima e colaboradores (2002), estudando o padrão vocal dos peixes-bois da Amazônia, observaram uma maior variação nos limites da frequência fundamental individual dos filhotes do que dos adultos e uma correlação negativa entre esta variável e o tamanho corporal, o que levou os autores a sugerir a existência de maior plasticidade vocal em indivíduos mais jovens. Um estudo de caso envolvendo um filhote nascido em cativeiro e um filhote adotado por uma fêmea lactante sugere, ainda, a possibilidade de aprendizado vocal na espécie, posto que, em ambos os casos, houve aumento da similaridade entre as vocalizações da mãe e do filhote (Sousa-Lima, 1999; 2001).

O aprendizado vocal tem sido intensamente estudado sob a perspectiva de elucidar interações entre o inato e o aprendido. Existem muitas vias através das quais o

aprendizado social pode influenciar a comunicação vocal, o que dificulta a compreensão e o estudo do processo de aprendizado. Isso mostra a necessidade de um arcabouço teórico claro, possibilitando a comparação entre espécies e a compreensão dos fatores que influenciam a ocorrência de aprendizado na comunicação animal (Janik e Slater, 2000).

O peixe-boi da Amazônia é uma espécie discreta, cuja observação direta em condições naturais é extremamente difícil. Assim, pouco se conhece sobre o comportamento social da espécie na natureza, hoje considerada vulnerável à extinção pela IUCN. Para que se possam sugerir planos de manejo e reduzir as ameaças que pairam sobre a espécie é fundamental que se conheçam suas características. A bioacústica constitui alternativa importante para a análise indireta das populações naturais. Conhecer as características dos sons produzidos por esses animais intensifica o conhecimento da espécie e das relações que se estabelecem entre os seus indivíduos. Vale ainda ressaltar que conservar o peixe-boi da Amazônia não é um fim em si mesmo. Em uma perspectiva mais ampla, conservar o peixe-boi da Amazônia é contribuir para a manutenção da biodiversidade brasileira.

4. Material e Métodos

O Laboratório de Mamíferos Aquáticos (LMA) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) está localizado em Manaus, no estado do Amazonas. Nele está sediado o Projeto Peixe-boi iniciado em 1974 com a finalidade de obter informações sobre a biologia e os hábitos do peixe-boi da Amazônia.

Em 1974 havia no INPA um único exemplar de peixe-boi. Dez anos mais tarde, já eram 15 animais em cativeiro (Best, 1984). Grande parte dos peixes-bois do INPA chegaram ao Instituto como filhotes órfãos que tiveram suas mães ilegalmente capturadas. No entanto, houve casos de animais que chegaram adultos, bem como quatro animais nascidos no próprio Instituto.

Neste estudo, foram consideradas três classes etárias: filhotes (conforme descrito acima), jovens (animais que não recebem aleitamento e têm até 9 anos de idade) e adultos (aqui considerados animais com idade igual ou superior a 10 anos).

São aqui classificados como filhotes os indivíduos em fase de aleitamento. Eles recebem uma dieta láctea - cuja formulação já passou por diversas alterações ao longo do tempo para melhor se adequar às suas necessidades nutricionais (Best *et. al.*, 1982; Rodriguez *et. al.*, 1999), associada à introdução gradual de vegetais até que tenham pelo menos dois anos e pesem cerca de 60 Kg. A partir daí são transferidos para os tanques grandes, onde recebem a mesma dieta dos adultos – para maiores informações, ver Chacon (2001).

Os jovens e adultos se encontram distribuídos em três tanques grandes, expostos à visitação pública, com 10 metros de diâmetro e 3 metros de profundidade. Comunicando os tanques, existem dois tanques de manejo com dimensões de 3,5m x 2,5m x 1,5m.

Em área separada, com acesso restrito ao público, localizam-se quatro tanques pequenos, circulares, em fibra de vidro, com 3 metros de diâmetro por 0,90 m de profundidade e um tanque oval, com 3,50 m de comprimento, 2,0 m de largura e 0,70 m

de profundidade. Nesses tanques encontram-se alocados os filhotes.

Os tanques dos filhotes apresentam razoável isolamento acústico. Neles, podem encontrar-se entre um e três indivíduos, número estabelecido pela conjunção de dois fatores: número total de filhotes e temperamento dos filhotes.

4.1- Coleta de dados

Desde 1998 registros sonográficos dos indivíduos em cativeiro vêm sendo realizados no Laboratório de Mamíferos Aquáticos do INPA (Tabela 01). Até o fim das coletas, em agosto de 2008, havia 37 indivíduos, sendo 28 entre jovens e adultos e 09 filhotes órfãos. As gravações foram realizadas utilizando-se hidrofone High Tech HTI-94-SSQ ou Cetacean Research Technology 50Ca e gravador portátil Sony TC-DM5 ou WM-D6C. Tais sistemas de gravação têm frequência de resposta superior entre 15-18 kHz, suficiente para a captação de todo o espectro de sons já registrados na literatura para o peixe-boi da Amazônia.

As fitas k-7 gravadas (184) foram digitalizadas a uma taxa de amostragem de 44100 Hz com o auxílio de uma placa de som (Creative Sound Blaster 24Bit) e captadas pelo *Software* Raven (versão 1.3) Copyright ©2003 Cornell Lab of Ornithology. Mais de 82 horas de gravação foram digitalizadas. No processo, foram gerados arquivos com 2 minutos de duração, a 16 bits, em seqüências sem período de latência, salvos em pastas identificadas por indivíduo e dia de gravação. Os arquivos foram então perscrutados, as vocalizações foram triadas e as informações dos sons selecionados foram salvas em pastas de “seleções” identificadas por indivíduo e dia de gravação.

Além das fitas gravadas e digitalizadas, gravações dos filhotes foram realizadas mensalmente no período compreendido entre fevereiro e agosto de 2008. No mesmo período, animais de outras classes etárias (jovens e adultos) cujas vocalizações já haviam sido registradas também foram gravados novamente.

Para a gravação, os filhotes e jovens foram isolados em tanques de fibra de vidro com 3 metros de diâmetro e 0,90 m de profundidade. O isolamento dos adultos ocorreu nos tanques de manejo com dimensões 3,5m x 2,5m x 1,5m ou nos tanques grandes (3m de

diâmetro x 10 m de profundidade).

Essas gravações foram realizadas com o auxílio de uma placa de som (Creative Sound Blaster- 24 bit) diretamente conectada ao computador (*laptop* Acer) utilizando o *Software* Raven 1.3 a uma taxa de amostragem de 44.100 Hz (a mesma taxa de amostragem empregada na digitalização das fitas já gravadas).

Para as gravações, manteve-se o protocolo empregado por Sousa-Lima, 1999. O animal era isolado, o hidrofone colocado à profundidade de meio tanque e então a gravação era iniciada, mantendo-se pelo tempo médio de 30 minutos. Nesse período, uma ficha de gravação era preenchida, com informações sobre o animal (nome, classe etária), dados da gravação (identificação, aparelhagem utilizada, hora do registro, pessoa responsável) e ainda observações e descrição do comportamento do peixe-boi associado ao momento do registro.

Foram realizadas mais de 44 horas de gravação em 2008. Os arquivos de gravação foram gerados no mesmo formato e perscrutados da mesma forma já descrita para os arquivos das fitas digitalizadas.

Todas as vocalizações que apresentavam boas condições para análise (alta razão sinal/ruído) foram selecionadas como de boa qualidade e disponibilizadas para sorteio. Utilizando-se o programa R, os sorteios foram feitos considerando-se o número de vocalizações registradas por indivíduo para cada data de gravação. Utilizando-se o comando “sample” do programa, números aleatórios eram gerados e as vocalizações correspondentes eram então separadas em novas pastas e disponibilizadas para análise.

Tabela 01: Apresentação dos animais cujas gravações foram utilizadas neste estudo

n	Registro LMA	Nome	Sexo	Procedência
01	0002	Boo	F	Doação
02	0018	Yanomama	M	Doação, B. Parque 10 - Manaus
03	0057	Cambá	F	Lago Amanã
04	0060	Tucano	F	Lago Amanã
05	0071	Cunhantaí	F	Solimões, entre Coari e Codajás
06	0075	Puru	M	Município de Manacapuru
07	0082	Erê	M	Nascido em cativeiro, filhote da Boo
08	0083	Anamã	M	Município de Manacapuru
09	0085	Xibó	M	Lago Xiborena, entre os rios Negro e Solimões
10	0086	Mapixari	M	Com. Jacitara (doação)/Mun. Maraã (AM)
11	0089	Tapajós	M	Rio Tapajós
12	0091	Adana	F	Careiro da Várzea, Rio Solimões
13	0092	Manaós	F	Lago Xiborena, entre os rios Negro e Solimões
14	0094	Baré	F	Doação – B. São Francisco, Manaus
15	0095	Urucará	F	Município de Urucará (AM)
16	0098	Tuã	M	Nascido em cativeiro, filhote da Tucano
17	0100	Nanica	F	Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém-PA
18	0101	Barreirinha	F	Município de Barrerinha, doação IBAMA
19	0103	Pirai	M	Rio Andirá, Comunidade do Pirai, Município Barrerinha
20	0105	Matupá	M	Lago Matupá, Rio Purus
21	0107	Paricatuba	M	Lago Paricatuba/Rio Negro. Cacau Pirera (AM)
22	0108	Autazes	F	Município de Autazes, Novo Mundo, Lago do Tracajá
23	0109	Kinja	M	Nascido em cativeiro, filhote da Boo
24	0112	Anori	F	Anori (AM)
25	0115	Catalã	F	Lago do Catalão, Careiro da Várzea (AM)
26	0116	Itacoati	M	Costa do Catana, Rio Amazonas/Itacoatiara (AM)
27	0119	Crauarí	M	Terra Santa – Pará
28	0120	Inaê	F	Nascido em cativeiro, filhote da Cambá
29	0125	Murutinga	M	Lago Tracajá, Murutinga Autazes
30	0129	Mawa	F	Itacoatiara
31	0130	Orebe	M	Monte Orebe, Rio Madeira/Manicoré
32	0133	Parintins	F	Parintins
33	0135	Piracaoera	F	Comunidade Piracaoera, Rio Amazonas, Santarém-PA
34	0136	Maués	F	Maués
35	0137	Oliveira	M	Rio Solimões, São Paulo do Oliveira
36	0138	Guarabira	M	Coari, estrada do Guarabira, lago do Mamuá
37	0139	Araçá	M	Rio Preto da Eva, Com. N.Sra. do Perpétuo Socorro
38	0140	Compensa	M	Bairro da Compensa, Manaus
39	0141	Janã	F	Curari, Careiro da Várzea, Rio Solimões

4.3- Análise dos dados

4.3.1. Objetivo 1 - Comparar a taxa de vocalização do peixe-boi da Amazônia entre classes etárias, sexos e entre fêmeas lactantes e não-lactantes

4.3.1.1- Taxa de Vocalização por classe etária e por sexo

Com o objetivo de se maximizar o número amostral, selecionou-se o maior número possível de indivíduos por classe etária – cada indivíduo foi amostrado somente em uma classe etária. Nenhuma fêmea em período de lactação foi amostrada.

Com o intuito de equiparar o esforço amostral, foram sorteados seis arquivos com 2 minutos de duração para cada indivíduo. Somadas as vocalizações de cada indivíduo por classe etária, calculou-se a taxa (individual) de vocalizações por minuto. As taxas de vocalização dos diversos indivíduos foram então utilizadas na realização dos testes estatísticos. As diferenças nas taxas de vocalização entre classes etárias foram verificadas utilizando-se o teste Kruskal-Wallis. A diferença nas taxas de vocalização entre os sexos foi averiguada por meio do teste de Mann-Whitney.

4.3.1.2- Taxa de vocalização de fêmeas amostradas em duas fases: lactantes e não-lactantes

Três fêmeas, gravadas em duas fases reprodutivas distintas: lactantes e não-lactantes, tiveram suas taxas de vocalização comparadas. Para cada fase, arquivos de gravação totalizando 12 minutos foram tomados como amostra. Em todas as gravações feitas na fase em que não estavam amamentando, as fêmeas estavam isoladas. Das gravações realizadas na fase de lactação, duas foram realizadas com as fêmeas em isolamento (indivíduos 0002 e 0057) e uma delas (indivíduos 0060) foi gravada junto ao seu filhote.

4.3.2. Objetivo 2 – Verificar se o padrão vocal individual tende a reduzir sua variabilidade ao longo do desenvolvimento

4.3.2.1- Correlação Cruzada dos Espectrogramas

As correlações cruzadas consistem de ferramentas que fornecem comparações entre dois sinais. Os sinais, espectrogramas no caso deste estudo, são comparados deslizando-se um sobre o outro. A cada tempo, um valor de correlação (entre 0 e 1) é estabelecido. Os valores são plotados em relação ao tempo para mostrar a medida de similaridade entre os sinais. O maior valor, definido como pico de correlação, foi o valor tomado como índice de similaridade para cada par de vocalizações deste estudo (Charif, R.A., 2008).

Para a correlação cruzada, os espectrogramas foram gerados a um FFT (*fast Fourier Transform*) de comprimento igual a 512. A escolha do FFT foi feita buscando-se priorizar o domínio da frequência (os sinais são de curta duração). Delimitados à duração do sinal, os espectrogramas foram salvos em pastas específicas para análise. A seguir, foram submetidos à correlação cruzada (SPCC) – *spectrographic cross-correlation*, disponível no *Software Raven 1.3* (Copyright ©2003 Cornell Lab of Ornithology) através da ferramenta “batch correlation”. Para a análise, os espectrogramas foram ainda submetidos a um filtro de frequência até 1500 Hz, com o intuito de se reduzir o ruído.

4.3.2.1.1 – Comparação dos valores dos índices de correlação intra e inter-individuais

Com a finalidade de comparar as médias dos índices de similaridade intra-individuais ao longo do tempo aos índices de similaridade inter-individuais, foram realizadas duas correlações cruzadas dos espectrogramas, conforme se segue:

- 1- Índices inter-individuais: Quatro vocalizações de cada um dos onze animais de maior período temporal amostrado foram sorteadas ao longo de seu desenvolvimento. Os espectrogramas foram submetidos à correlação cruzada. Os índices oriundos dessas correlações (excluídos todos os valores resultantes de correlações intra-individuais) foram submetidos a análise estatística descritiva.

- 2- Índices intra-individuais: Para cada um dos onze indivíduos utilizados na análise anterior foram sorteadas 15 vocalizações ao longo do desenvolvimento. Os espectrogramas das vocalizações sorteadas foram submetidos à correlação cruzada e, os picos de correlação intra-individuais foram utilizados para uma análise estatística descritiva.

4.3.2.1.2 – Análise da variação dos valores dos índices de correlação intra-individuais ao longo do tempo

Foram sorteadas 16 vocalizações (de boa qualidade) de 23 indivíduos por dia de gravação e organizadas em pastas para a correlação cruzada. Os espectrogramas foram então submetidos à correlação cruzada (seguindo os critérios já descritos).

Uma vez que a matriz de correlação gera um quadrado em que os valores dispostos são espelhados acima e abaixo da diagonal, somente a metade dos resultados obtidos foi utilizada (totalizando-se 120 índices por dia de gravação para cada animal). Para as análises, os valores dos índices de correlação foram plotados graficamente em relação à idade do animal utilizando-se o programa R_{2.7.2} (R Development Core Team 2008).

4.3.2.2 – Análise da variação das medidas dos parâmetros acústicos intra-individuais

A frequência fundamental, principal componente da assinatura vocal do peixe-boi da Amazônia (Sousa-Lima *et. al.*, 2002), teve dois de seus aspectos analisados:

- 1- Variação da frequência fundamental (Valor máximo da frequência fundamental subtraído do valor mínimo da frequência fundamental) – Este parâmetro decresce com o tamanho do indivíduo (Sousa-Lima *et al.*, 2002; 2008) e filhotes apresentam variação da frequência fundamental significativamente mais elevada que as demais classes etárias. Sousa-Lima *et. al.* (2002, 2008) sugerem, a partir desses resultados, que existe uma maior plasticidade vocal nos filhotes. Para determinar a variação da fundamental, foi feito o delineamento preciso da frequência fundamental no espectrograma a 512 FFT (Figura 01). A variação foi dada pelo cálculo da diferença entre os limites superior e inferior da frequência fundamental – função “delta frequency” do programa Raven Pro 1.3.

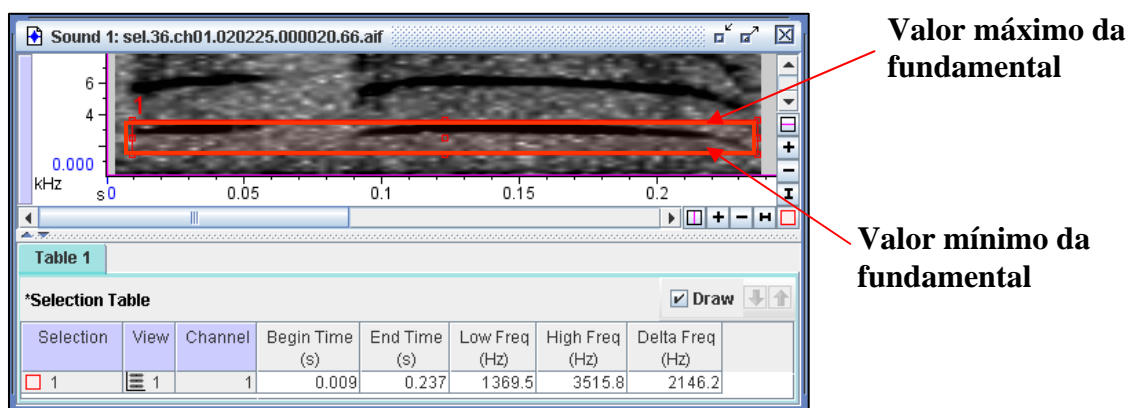


Figura 01: Delimitação da frequência fundamental para realização de medidas.

- 2- Frequência de maior intensidade na fundamental – Parâmetro escolhido para representar a frequência fundamental. Uma vez delimitada a área do espectrograma (a 512 FFT) que compreende a frequência fundamental, a frequência de maior intensidade na fundamental foi definida por meio da função “Max frequency” do programa Raven Pro 1.3.

Além das medidas da fundamental citadas acima, para cada vocalização sorteada, foi também registrada a duração do sinal. Sousa-Lima e colaboradores (2002) não encontraram, para o peixe-boi da Amazônia, diferença significativa nos valores da duração do sinal entre classes etárias. No entanto, foram registradas diferenças na duração do sinal entre classes etárias para o peixe-boi marinho, *Trichechus manatus manatus* (Sousa-Lima *et. al.*, 2008).

A determinação da duração do sinal foi feita utilizando-se o domínio do tempo (*waveform*) com objetivo de melhor precisar os limites da vocalização. A partir da delimitação do sinal, sua duração foi calculada através da função “delta time” do programa Raven 1.3 (Figura 02).

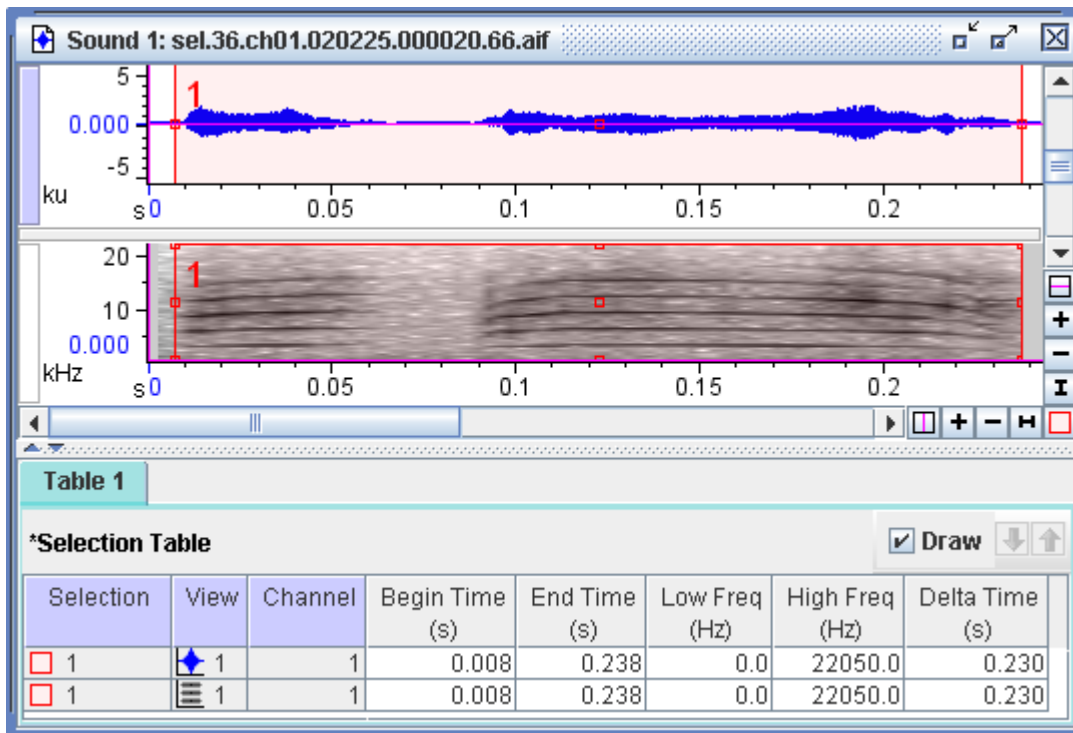


Figura 02: Delimitação da duração do sinal a partir do domínio do tempo - “waveform”.

Análises Estatísticas

As análises foram realizadas usando o programa R_{2.7.2} (R Development Core Team 2008). Como o delineamento do experimento consistia de diferentes indivíduos e medidas repetidas para cada um deles ao longo do tempo (dados longitudinais) foram ajustados modelos mistos seguindo o procedimento do pacote “nlme” no R (Pinheiro e Bates, 2000; Venables e Ripley, 2002).

Os parâmetros sonoros da vocalização (duração do sinal, frequência fundamental de maior intensidade, variação da frequência fundamental) foram definidos como variáveis resposta. A classe etária (variável categórica), o sexo e a interação entre eles foram determinados fatores fixos. O animal foi definido como fator aleatório (Crawley, 2002).

Os modelos competidores foram ajustados utilizando-se o método de máxima verossimilhança e comparados usando um teste de razão de verossimilhança (Test L. ratio). As análises foram seguidas pela inspeção dos resíduos para verificar a adequação do modelo aos pressupostos de homocedasticidade e normalidade (Pinheiro e Bates, 2000; Venables e Ripley, 2002). Outras variáveis como tempo de medida e idade (em

meses) também foram investigados, mas os modelos não se ajustaram aos pressupostos de homocedasticidade e normalidade.

Então, os dados foram reajustados e submetidos à análise de variância de Friedman utilizando-se o programa BioEstat. A análise de variância de Friedman é um teste não-paramétrico, equivalente a uma anova de dois fatores. Este procedimento é também chamado de dupla análise de variância por postos. Os indivíduos são dispostos horizontalmente e suas análises repetidas no tempo, dispostas em posição vertical (Ayres *et. al.*, 2007). Um dos pressupostos da análise – a regularidade nas medidas, restringiu sobremaneira o número amostral. Foram submetidas ao teste as vocalizações de 10 filhotes cujas gravações, realizadas a intervalos médios de 40 dias, permitiram análise de quatro períodos com intervalos regulares. Também foram submetidas ao teste as vocalizações de cinco animais amostrados em duas classes etárias distintas (filhotes e juvenis).

4.3.3. Objetivo 3 – Comparar características do padrão vocal do peixe-boi da Amazônia entre classes etárias e entre sexos

As mesmas medidas descritas para análise da variação do padrão vocal individual também foram empregadas na análise estatística de um modelo misto de regressão com o intuito de se observar as alterações ocorridas a cada um desses parâmetros em relação ao sexo e à fase de desenvolvimento do animal.

Análises Estatísticas: Verificação das diferenças do padrão vocal entre sexos e classes etárias

Os dados foram analisados com o objetivo de verificar as variações dos parâmetros acústicos aqui mensurados entre classes etárias e entre sexos. Para isso, os dados foram separados de maneira a se maximizar o número de amostras por classe etária, com seleção de 16 filhotes (8 fêmeas e 8 machos), quatro juvenis (duas fêmeas e dois machos) e quatro adultos (duas fêmeas e dois machos) sem repetições ao longo do tempo. Foram utilizados para a análise os valores médios dos parâmetros acústicos medidos em 16 vocalizações sorteadas por gravação. Com a utilização do programa R, as médias individuais dos parâmetros acústicos descritos anteriormente foram utilizadas

para verificar a existência de variações entre classes etárias ou sexos. Em função do reduzido número amostral, foram realizados testes de ANOVA separados para cada fator (evitando-se o uso da ANOVA de dois fatores). Os testes estatísticos foram feitos utilizando-se o programa R_{2.7.2} (R Development Core Team 2008).

4.3.4. Objetivo 4 – Descrever o estudo de caso de um filhote nascido em cativeiro

Em fevereiro de 2002 ocorreu o nascimento de um filhote no Laboratório de Mamíferos Aquáticos do INPA. Gravações foram realizadas no momento do parto. O filhote, identificado pelo número de registro 0098, recebeu o nome de Tuã. Filho da fêmea Tucano, o animal foi concebido em cativeiro e sua paternidade, conhecida por análise de DNA, foi atribuída a Yanomama – registrado no INPA pelo número 0018 (Cantanhede *et. al*, 2008).

Além das gravações feitas no momento do parto, o filhote foi gravado diversas vezes ao longo de seus primeiros anos de vida. As gravações ocorreram tanto em conjunto com a mãe quanto em isolamento e o cronograma de gravações está registrado na tabela 02.

Tabela 02: Cronograma de gravações do filhote Tuã.

Data da gravação	Tempo de vida do filhote (dias)
21/02/2002*	01
25/02/2002*	04
26/02/2002**	05
07/03/2002	14
26/03/2002	33
29/04/2002	67
14/05/2002*	82
25/06/2002	125
27/08/2002**	187
27/09/2002	217
26/12/2002	307
14/01/2003**	324
13/02/2003	356
07/05/2003**	434
08/07/2003**	495
05/10/2005	1340
23/10/2008**	2425
27/10/2008**	2429
28/10/2008**	2430

* Gravações feitas em junto à mãe.

** Gravações de baixa qualidade, ou sem registro de vocalizações.

O parâmetro utilizado na distinção das vocalizações do par mãe/filhote nos casos de gravação conjunta foi a frequência fundamental, característica mais conservativa nas vocalizações individuais (Sousa-Lima *et. al.*, 2002).

Para a descrição da ontogenia do padrão vocal individual do filhote, foram analisados os espectrogramas de boa qualidade (cuja autoria pode ser identificada sem abrir margem à dúvida) de todas as vocalizações emitidas a cada dia de gravação. Os espectrogramas foram inspecionados e tiveram o número de notas computado. Foram ainda selecionados e expostos espectrogramas representativos da diversidade do sinal (figura 13).

Para análise das características acústicas, 16 espectrogramas foram sorteados por dia de gravação, tendo sido mensurados os seguintes parâmetros:

- Variação da frequência fundamental – analisada por meio de regressão linear simples;
- Frequência de maior intensidade na fundamental;
- Frequência de maior intensidade;
- Duração do sinal.

Esses parâmetros tiveram os seus valores médios e sua variação expostos em uma tabela para que pudessem ser comparados ao longo do tempo.

Para verificar a possibilidade de aprendizado vocal, as gravações realizadas em conjunto do par mãe/filhote foram cuidadosamente inspecionadas com objetivo de identificar um aumento na similaridade entre as vocalizações emitidas pela mãe e pelo filhote.

A primeira vocalização registrada a cada dia de gravação foi selecionada e teve sua autoria identificada. A partir de então, selecionou-se a vocalização dada em resposta pelo outro indivíduo, que foi também selecionada. Somente após a “resposta” do interlocutor é que novo par de vocalizações foi selecionado. Repetições de vocalização do mesmo indivíduo em seqüência foram desconsideradas na análise. Assim, criou-se um arquivo de seleções contendo pares de vocalizações da dupla mãe/filhote para análise posterior.

Buscou-se analisar as diferentes instâncias que envolvem o aprendizado da produção sonora (Janik e Slater, 2000): o controle dos músculos respiratórios (provocando alterações na duração do sinal), o controle do aparelho fonatório (alterando frequência e modulação - o controle do aparelho fonatório foi acompanhado através das medidas dos parâmetros da fundamental descritos acima) e o controle do sistema de filtros (alterando a distribuição da energia sonora).

Dessa forma, para cada par de vocalizações mãe/filhote, foram medidas:

- 1- A diferença existente entre a duração dos sinais (duração da primeira vocalização – duração da segunda vocalização). Os resultados obtidos para cada dia de gravação foram submetidos a uma regressão linear.
- 2- A diferença entre as frequências de maior intensidade nas duas vocalizações (Frequência de maior intensidade da primeira vocalização – Frequência de maior intensidade da segunda vocalização). Os resultados obtidos para cada dia de gravação foram submetidos a uma regressão linear.
- 3- A variação no número de notas de cada par de vocalizações. A cada par com mesmo número de notas foi atribuído o valor 1 (sucesso). Para os pares de vocalizações em que o número de notas não foi coincidente, atribuiu-se o valor 0 (insucesso). Os resultados foram submetidos a uma regressão logística.

5. Resultados

Foram identificadas mais de 24000 vocalizações nas gravações analisadas. É importante, no entanto, salientar, que os indivíduos não foram igualmente amostrados, seja devido à baixa taxa de vocalizações (ou ausência de vocalizações), à má qualidade da gravação ou ainda à irregularidade nos intervalos de gravação. Assim sendo, à exceção das taxas de vocalização cujo número amostral foi de 38 indivíduos, apenas 24 animais tiveram suas vocalizações empregadas nas análises (Tabela 03)

5.1. Objetivo 1 - Comparar a taxa de vocalização do peixe-boi da Amazônia entre classes etárias, sexos e entre fêmeas lactantes e não-lactantes

5.1.1- Taxa de Vocalização por classe etária e por sexo

Houve diferença significativa entre as taxas de vocalização das diferentes classes etárias (teste de Kruskal-Wallis). Em teste “post-hoc”, verificou-se que os filhotes apresentaram taxa de vocalização significativamente mais alta que os juvenis ($p < 0,00$), e que os adultos ($p = 0,02$, teste de Student-Newman-Keuls). Entre juvenis e adultos, a diferença não foi significativa ($p = 0,85$). A taxa de vocalização das três classes etárias está representada na figura 03.

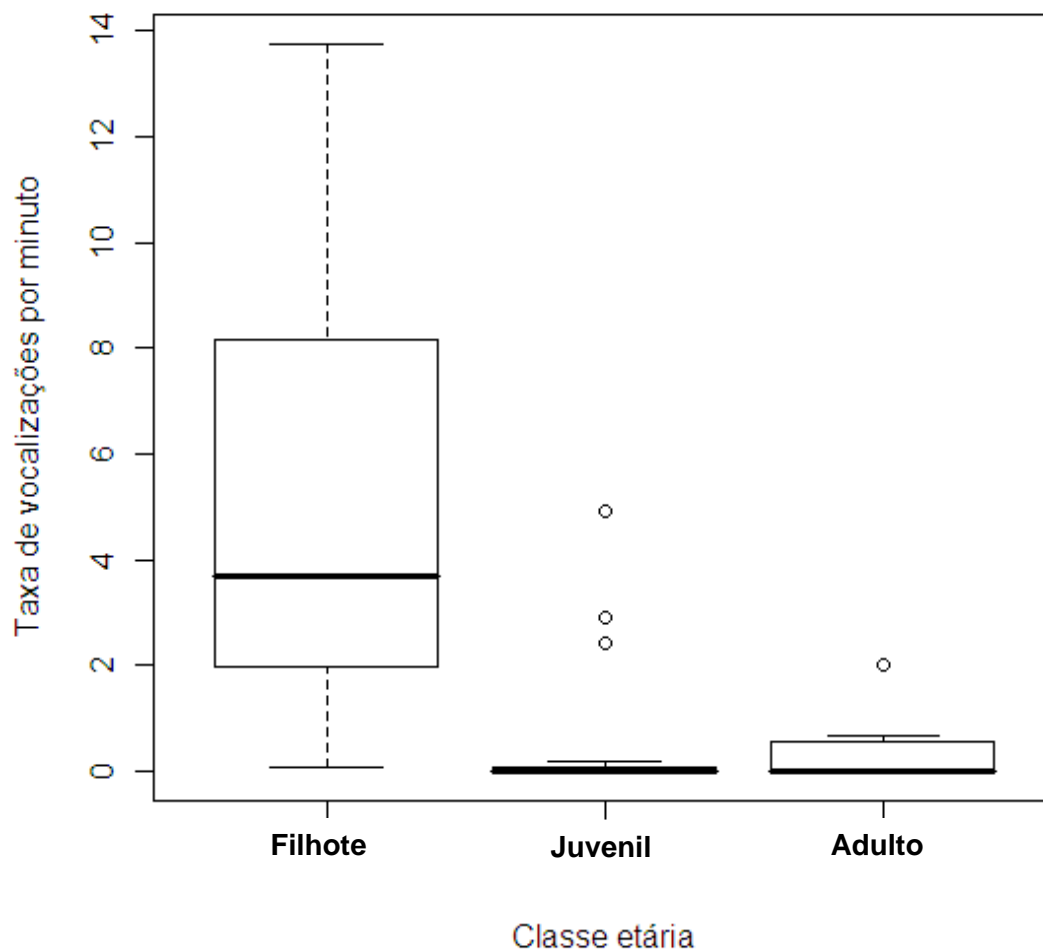


Figura 03: O gráfico mostra a taxa de vocalizações nas três classes etárias: filhotes (n=16), juvenis (n=15) e adultos (n=7). A barra horizontal no “boxplot” representa a mediana. As bordas do “boxplot” definem o intervalo de confiança que agrupa 95% dos dados. As linhas externas, paralelas às bordas, representam o primeiro e o terceiro quartis. Os “outliers” estão plotados em separado.

Não houve diferenças nas taxas de vocalizações entre os sexos, não indicou diferença significativa ($p=0,43$, teste de Mann-Whitney). A diferença nas taxas de vocalizações entre os sexos está representada na figura 04.

Tabela 03: Identificação dos indivíduos e vocalizações utilizadas nas análises. Para cada gravação, foi registrado o número de vocalizações encontrado.

Animal	1 ^a Gravação	2 ^a Gravação	3 ^a Gravação	4 ^a Gravação	5 ^a Gravação	6 ^a Gravação	7 ^a Gravação	Tempo médio transcorrido entre duas gravações consecutivas (meses)	Idades mínima e máxima amostradas (meses)
0002	61	152	255	02**	---	---	---	54	300 – 408
0018***	31***	20***	---	---	---	---	---	12	264 – 276
0057*	0**	398	0**	---	---	---	---	54	180 – 288
0082	58	112	05**	44***	04**	49	---	51	18 – 120
0083	63	28	00**	06**	06**	---	---	9	18 – 27
0085	41	32	31***	70	09***	---	---	45.5	1 – 92
0086	0**	35	9**	8**	10***	---	---	24	4 – 96
0092	207	143	147	101	0**	---	---	18	15 – 20
0094	78	23	31	43	---	---	---	3.33	14 – 24
0095	145	71	33	57	0**	0**	0**	9.67	14 – 72
0098	Informações disponíveis no estudo de caso								
0100	65	164	267	83	04**	---	---	15	8 – 53
0101	15	127	148	207	---	---	---	21	12 – 75
0103	38	304	133	94	78	22	---	7.2	3 – 39
0105*	02**	61	0**	0**	0**	---	---	14.25	3 – 60
0107	284	411	117	0**	---	---	---	16	11 – 59
0108*	0**	0**	0**	0**	0**	0**	---	9.3	10 – 58
0109	18	72	---	---	---	---	---	53	1 – 54
0112	503	405	271	0**	---	---	---	10.5	12 – 54
0115	109	32	237***	197***	299	160	---	5.4	3 – 30
0116	118	321	496	435	06**	0**	---	10	2 – 50
0119*	163***	71***	26***	0**	---	---	---	13.33	2 – 42
0129	145	275	157	29	---	---	---	3.33	21 – 26
0130	184	72	141	123	62	69	---	1	14 – 19
0133	195	298	392	313	313	35	136	1	10 – 16
0136	63	297	211	318	138	---	---	1	10 – 14
0137	73	208	451	342	479	325	---	1	7 – 12
0138	213	497	34	204	282	330	---	1	2 – 7
0139	26	162	47	169	318	409	---	1	1 – 6
0140	112	23	218	375	385	303	---	1	1 – 6
0141	80	81	82	---	---	---	---	1	1 – 3

* Animais que só participaram da análise da taxa de vocalização. **Número de vocalizações insuficiente para análise ***Animais ou gravações excluídas da análise

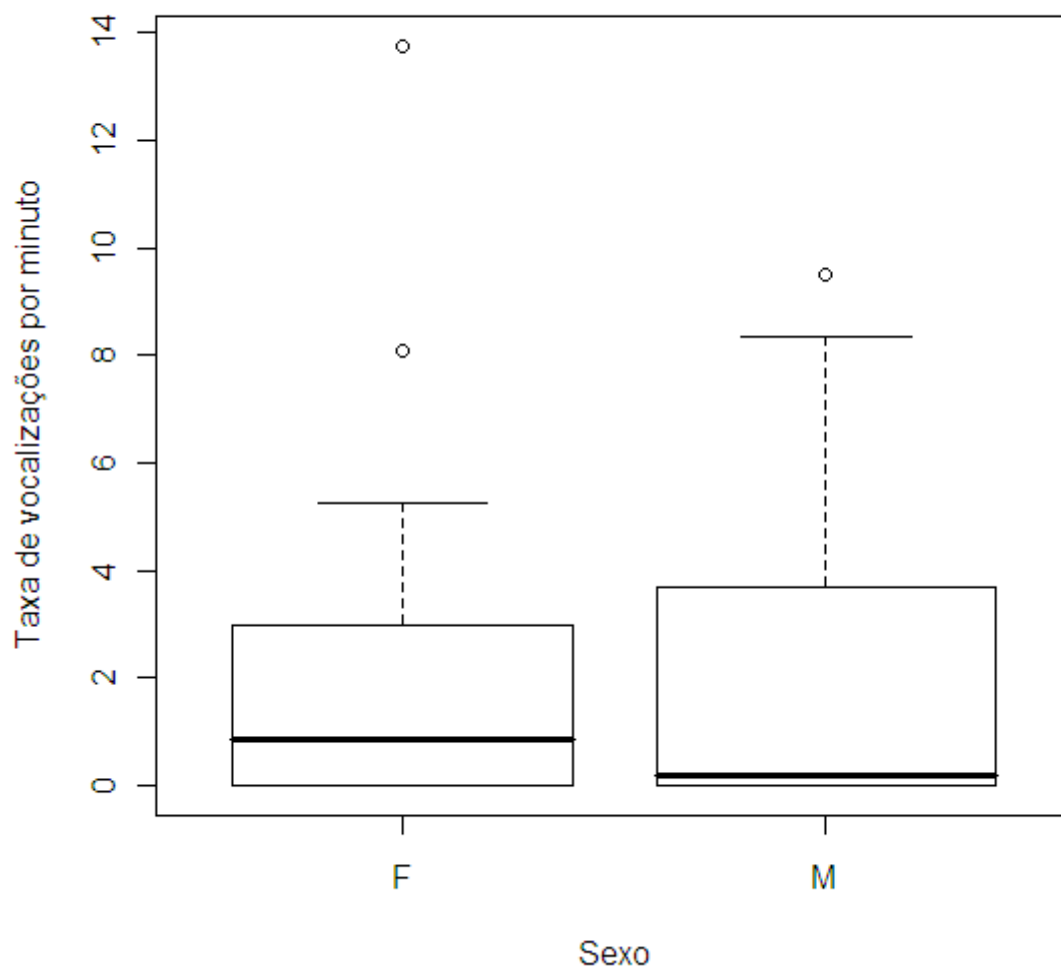


Figura 04: Taxa de vocalizações por minuto para os sexos masculino e feminino (entre representantes das diferentes classes etárias. A barra horizontal no “boxplot” representa a mediana. As bordas do “boxplot” definem o intervalo de confiança que agrupa 95% dos dados. As linhas externas, paralelas às bordas, representam o primeiro e o terceiro quartis. Os “outliers” estão plotados em separado.

5.1.2- Taxa de vocalização entre fêmeas lactantes e não-lactantes

Embora a média da taxa de vocalizações das fêmeas em período de lactação (4,25 vocalizações/min) tenha sido superior à média da taxa de vocalização das fêmeas fora desse período (0,139 vocalizações/min), e as medianas também tenham sido graficamente distintas (Figura 05), nenhuma diferença significativa foi observada entre os dois períodos ($p=0,08$, teste de Friedman).

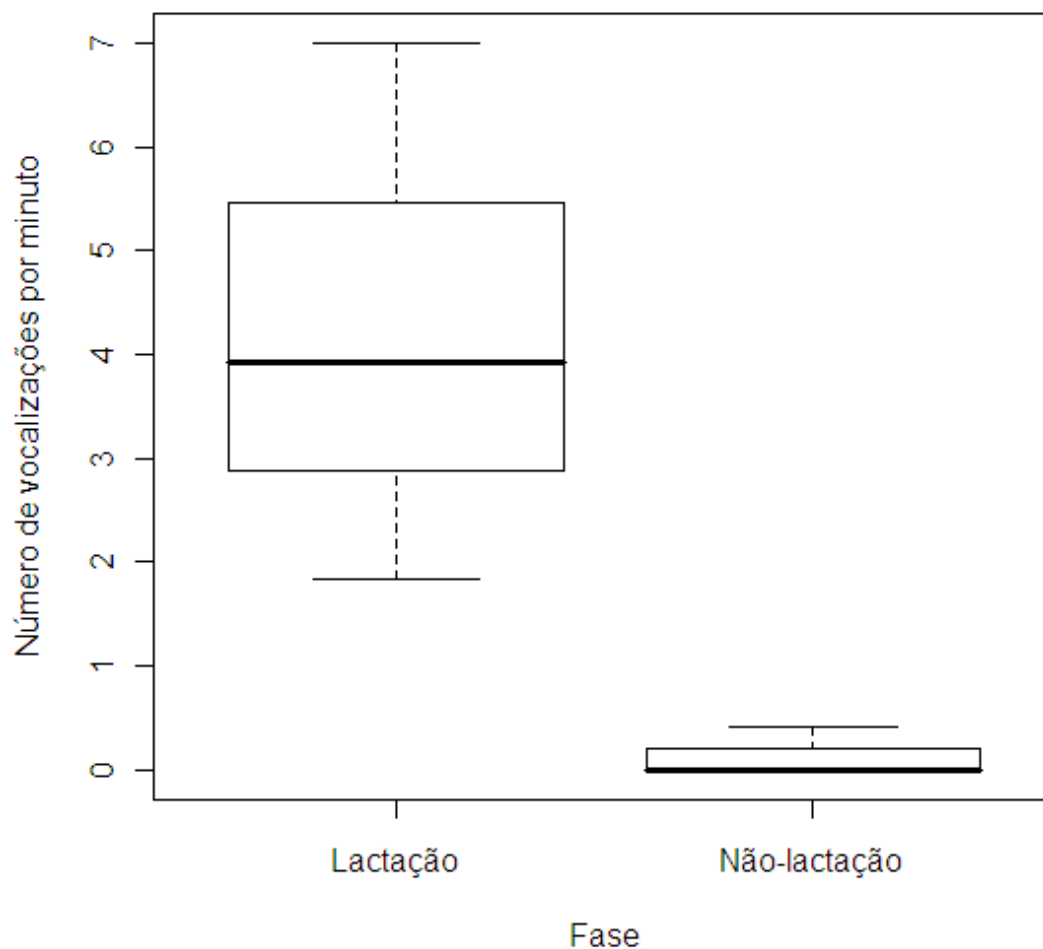


Figura 05: Taxa de vocalizações por minuto apresentada por três fêmeas em duas fases distintas: no período de lactação e fora desse período. A barra horizontal no “boxplot” representa a mediana. As bordas do “boxplot” definem o intervalo de confiança que agrupa 95% dos dados. As linhas externas, paralelas às bordas, representam o primeiro e o terceiro quartis. Os “outliers” estão plotados em separado.

5.2. Objetivo 2: Verificar se o padrão vocal individual tende a reduzir sua variabilidade ao longo do desenvolvimento

5.2.1- Correlação Cruzada dos Espectrogramas

5.2.1.1- Comparação dos índices de similaridade intra-individuais e inter-individuais

A média dos índices de similaridade intra-individuais apresentou-se mais elevada que a

média dos valores inter-individuais. No entanto, a dispersão dos dados foi muito elevada para os dois casos, ferindo o pressuposto da homocedasticidade necessário à realização do teste-t para comparação de duas médias. Na tabela 04 nota-se que o desvio-padrão dos índices de similaridade intra-individuais é elevado (criando uma região de sobreposição dos valores dos índices intra e inter-individuais). Em oposição, 75% dos valores dos índices de similaridade inter-individuais são inferiores a 0,07 – valor aquém do primeiro quartil dos índices de similaridade intra-individuais.

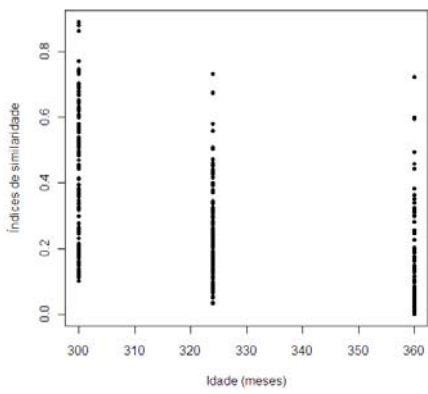
Tabela 04: Comparações entre os índices de similaridade intra e inter-individuais.

	<i>Índice de similaridade intra-individual (n=1610)</i>	<i>Índice de similaridade inter-individual (n=2172)</i>
Média ± Desvio padrão	0,1612 ± 0,1599	0,0599 ± 0,0817
Valor mínimo	0,0010	0,00000
1º Quartil	0,03800	0,0930
Mediana	0,1040	0,03150
3º Quartil	0,2460	0,07000
Valor máximo	0,8990	0,60000

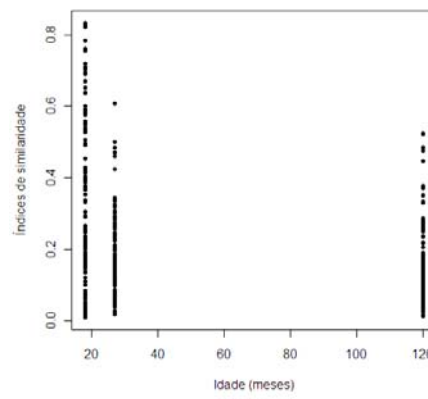
Índices de similaridade intra-individuais mais elevados que os inter-individuais fortalecem os pressupostos deste trabalho, uma vez que a correlação cruzada dos espectrogramas é sensível à existência do padrão vocal individual do peixe-boi da Amazônia.

5.2.1.2 – Comparação dos índices de similaridade intra-individuais ao longo do tempo

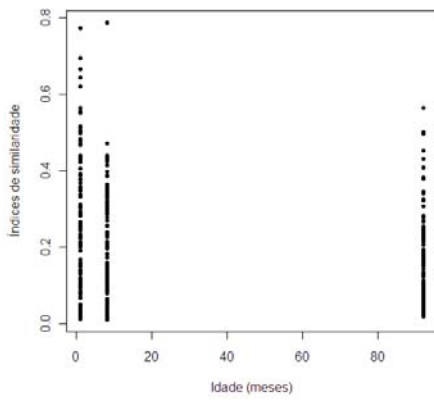
A figura 06 mostra uma série de gráficos em que os índices de similaridade das vocalizações intra-individuais foram plotados ao longo do tempo de vida. Pode-se perceber pela observação dos gráficos que os índices de similaridade não expressam nenhuma tendência clara em relação ao tempo.



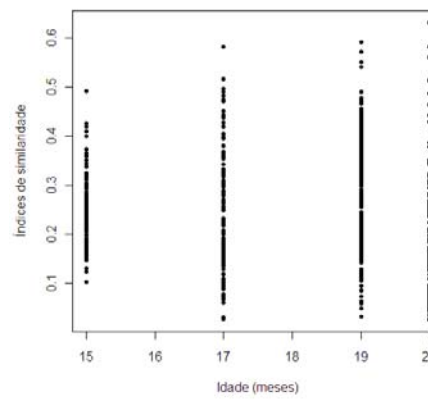
Boó



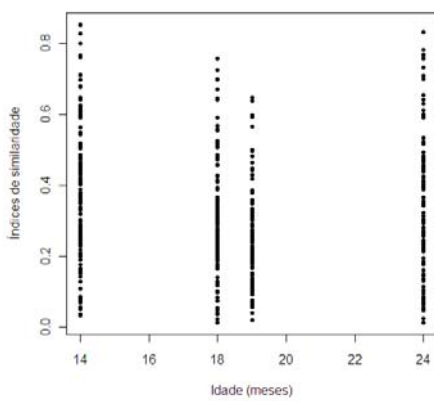
Erê



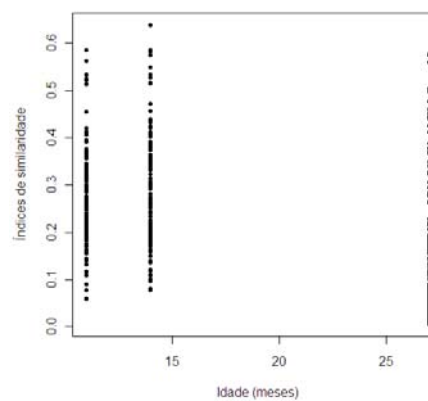
Xibó



Manaós

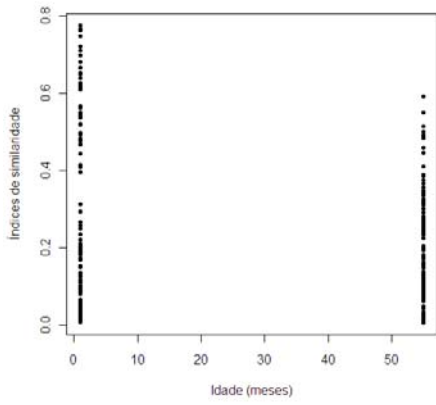


Baré

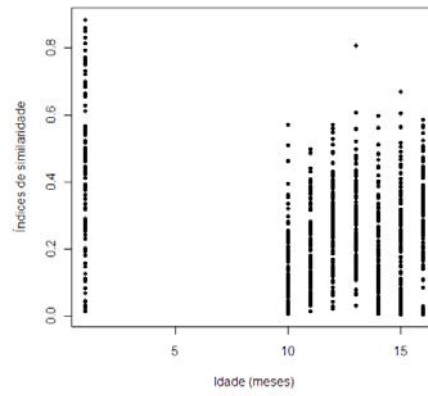


Paricatuba

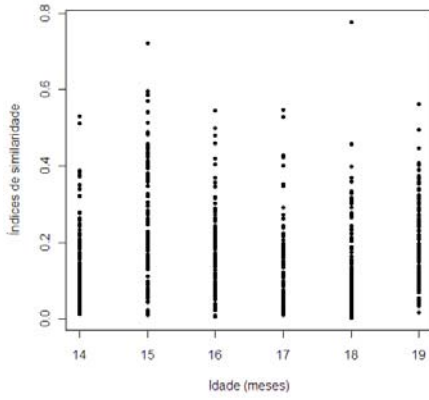
Figura 06: Índices de similaridade das vocalizações intra-individuais ao longo do tempo (expresso em meses).



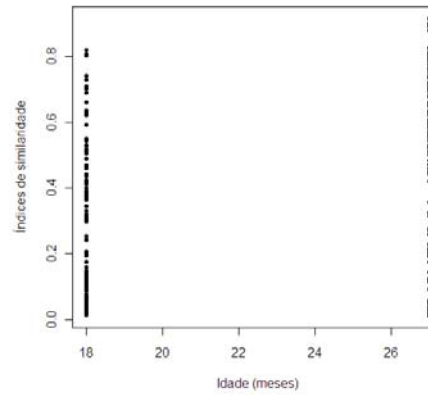
Kinjá



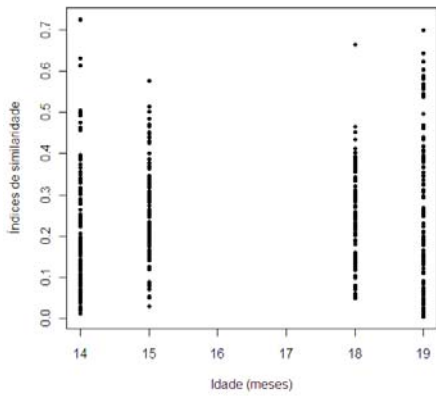
Parintins



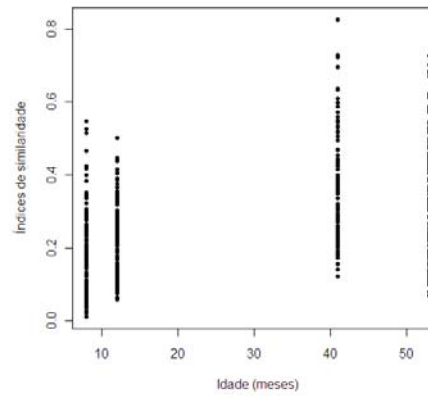
Orebe



Anamá

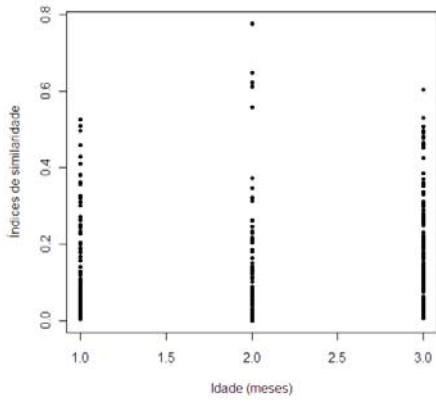


Urucará

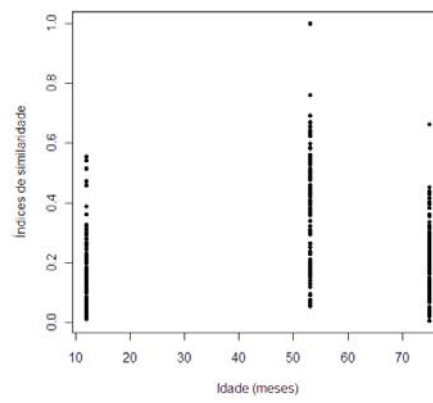


Nanica

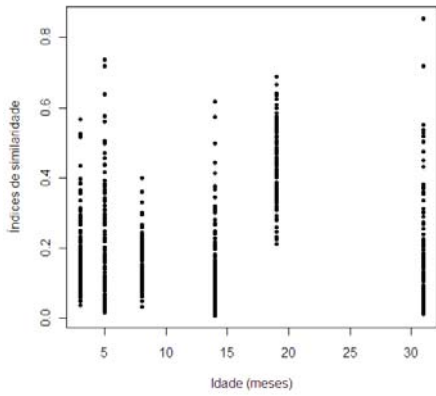
Continuação da fig. 06: Índices de similaridade das vocalizações intra-individuais ao longo do tempo (expresso em meses).



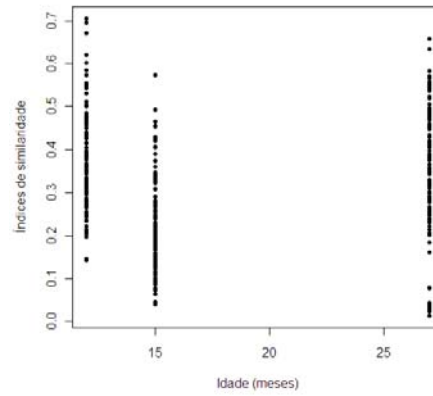
Janã



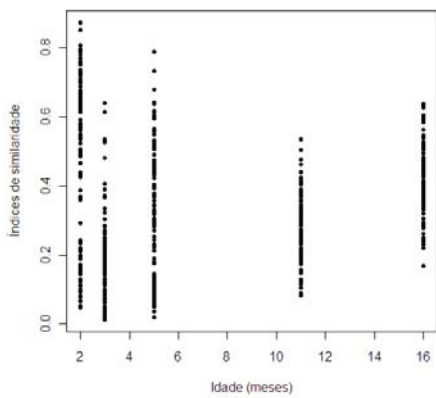
Barreirinha



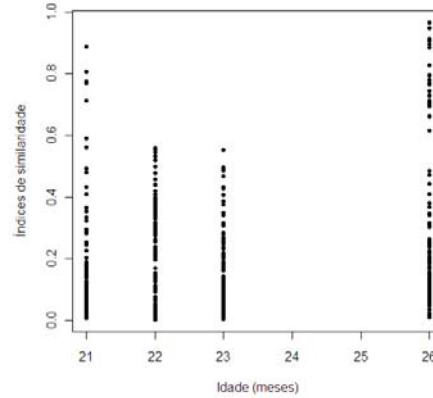
Catalã



Anori

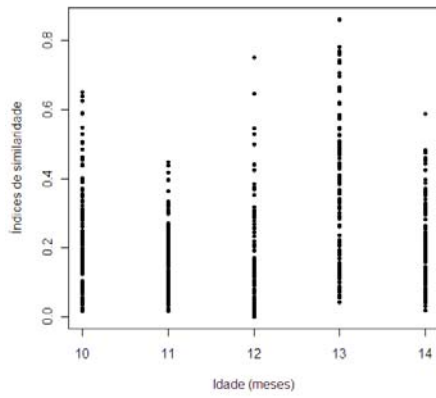


Itacoati

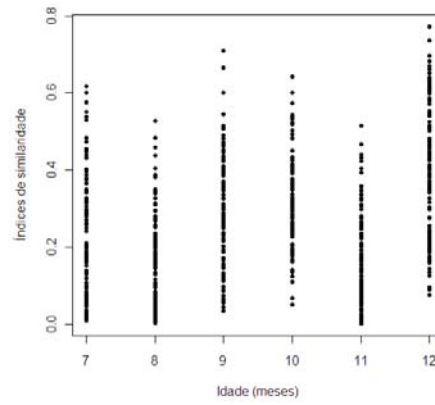


Mawa

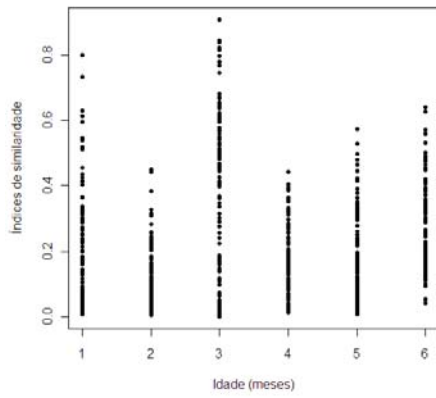
Continuação da fig. 06: Índices de similaridade das vocalizações intra-individuais ao longo do tempo (expresso em meses).



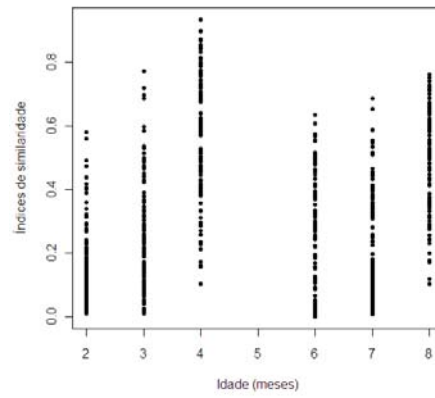
Maués



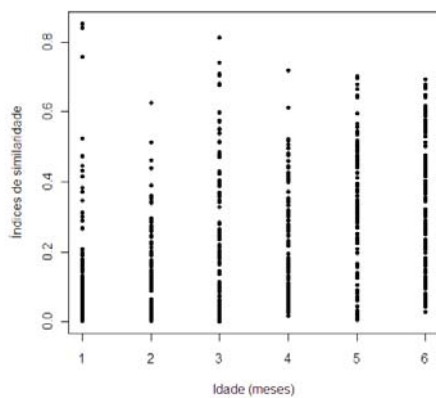
Olivença



Araçá



Guarabira



Compensa

Continuação da fig.06: Índices de similaridade das vocalizações intra-individuais ao longo do tempo (expresso em meses).

5.2.2 – Análise da variação das medidas dos parâmetros acústicos individuais

Não houve diferenças significativas na duração intra-individual do sinal entre os filhotes e juvenis ($p = 0,65$, teste de Friedman). Entre os 10 filhotes testados em quatro intervalos regulares de tempo (intervalo médio de 40 dias entre as medidas), também não houve diferença significativa na duração do sinal entre os tempos ($p = 0,48$, teste de Friedman).

A análise do valor de maior intensidade na fundamental também não apresentou diferença significativa entre os quatro períodos dos filhotes amostrados, mas o valor de p ($0,05$, teste de Friedman) foi bastante reduzido.

Na mudança de classe etária (entre filhotes e juvenis), foram acompanhados três machos e duas fêmeas. Entre eles, a diferença encontrada foi significativa (Tabela 05).

Tabela 05: Resultado do teste de Friedman para verificação de mudanças individuais no valor de maior intensidade na fundamental entre filhotes e juvenis.

	<i>n</i>	<i>Média ± DP (em Hz)</i>	<i>Fr</i>	p
Filhotes		3963,18 ± 539,61		
Juvenis	5	4995,18 ± 786,83	5,0	0,0253

Embora o número amostral tenha sido muito reduzido, a média no incremento da frequência de maior intensidade na fundamental foi mais elevado entre os machos (1449,5 Hz) do que entre as fêmeas (405,74 Hz).

A análise da variação da frequência fundamental não revelou diferença significativa entre os filhotes ($p = 0,90$, teste de Friedman), nem na mudança de classe etária ($p = 0,18$).

5.3- Objetivo 3 - Comparar características do padrão vocal do peixe-boi da Amazônia entre classes etárias e entre sexos.

5.3.1- Verificação das diferenças do padrão vocal entre sexos e classes etárias

Os valores da variação da frequência fundamental (Valor máximo da fundamental – Valor mínimo da fundamental) inter-individual não apresentaram diferenças significativas entre as classes etárias ($p > 0,24$), nem tampouco entre os sexos ($p > 0,80$).

Os valores da frequência de maior intensidade na fundamental também não diferiram significativamente entre as classes etárias ($p > 0,30$), nem entre os sexos ($p > 0,58$).

A duração do sinal apresentou variação significativa entre as classes etárias, mas não entre os sexos (Tabela 06). Em teste “post-hoc” (Tukey) realizado para discriminação das diferenças na duração do sinal entre as classes etárias verificou-se que a diferença só foi significativa entre filhotes e adultos (Figura 07).

Tabela 06: Resultado das ANOVAs de um fator para verificação da variação da duração do sinal entre diferentes classes etárias e entre os sexos.

<i>Fator</i>	<i>n</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Resíduos</i>	<i>Valor de F</i>	<i>Pr(>F)</i>
Classe etária	Filhotes (16) Juvenis (4) Adultos (4)	2	21	6,6396	0,005827
Sexo	Machos (12) Fêmeas (12)	1	22	0,031	0,8618

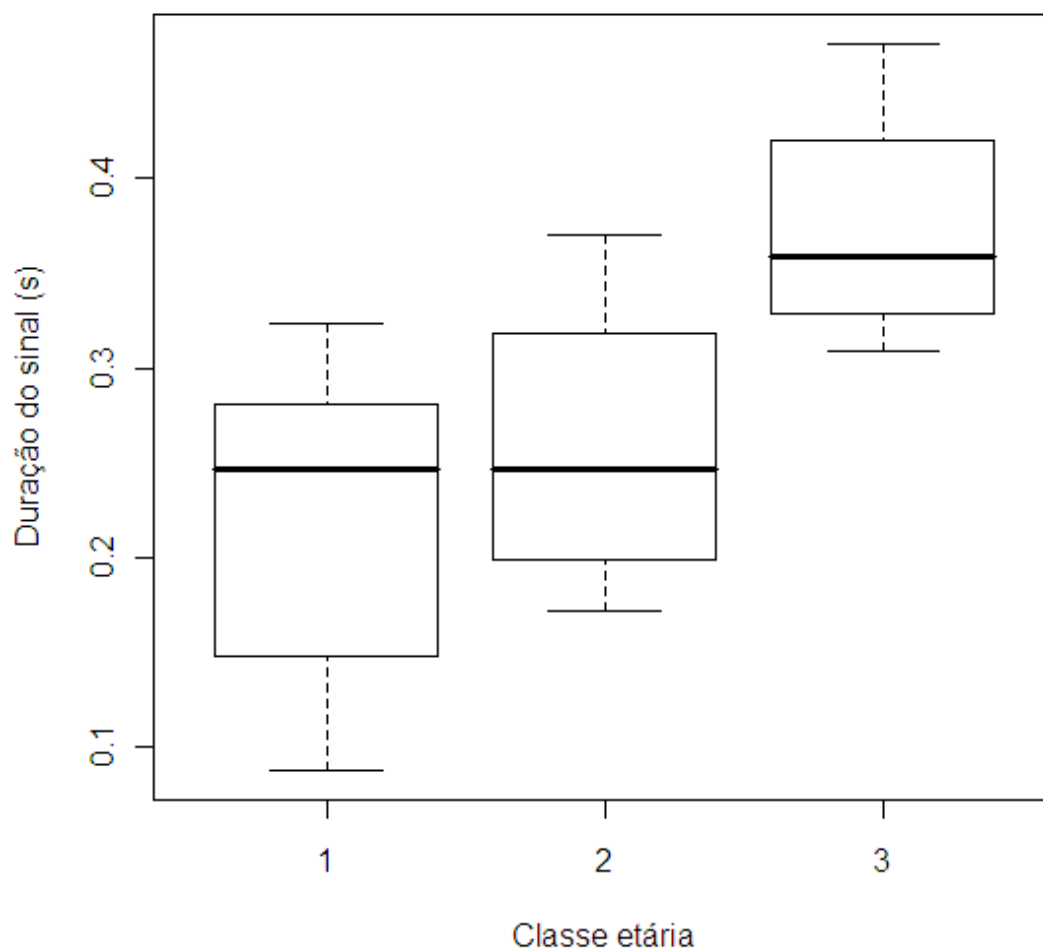


Figura 07: Variação da duração do sinal por classe etária. A barra horizontal no “boxplot” representa a mediana. As bordas do “boxplot” definem o intervalo de confiança que agrupa 95% dos dados. As linhas externas, paralelas às bordas, representam o primeiro e o terceiro quartis. Os “outliers” estão plotados em separado.

5.4- Objetivo 4 - Descrever o estudo de caso de um animal nascido em cativeiro

5.4.1- Ontogenia do Padrão Vocal Individual: Um Estudo de Caso

Nos 32 minutos que antecedem o nascimento, a mãe vocaliza 25 vezes, permanecendo silenciosa nos cinco minutos que antecederam a expulsão do filhote. Após o nascimento, a primeira vocalização registrada é do filhote. Uma vocalização relativamente longa (0,406 segundos de duração) considerando-se o padrão da espécie. Em menos de um segundo, segue-se a resposta da mãe. A vocalização do filhote sobressai-se à dela, em intensidade e duração (Figura 08).

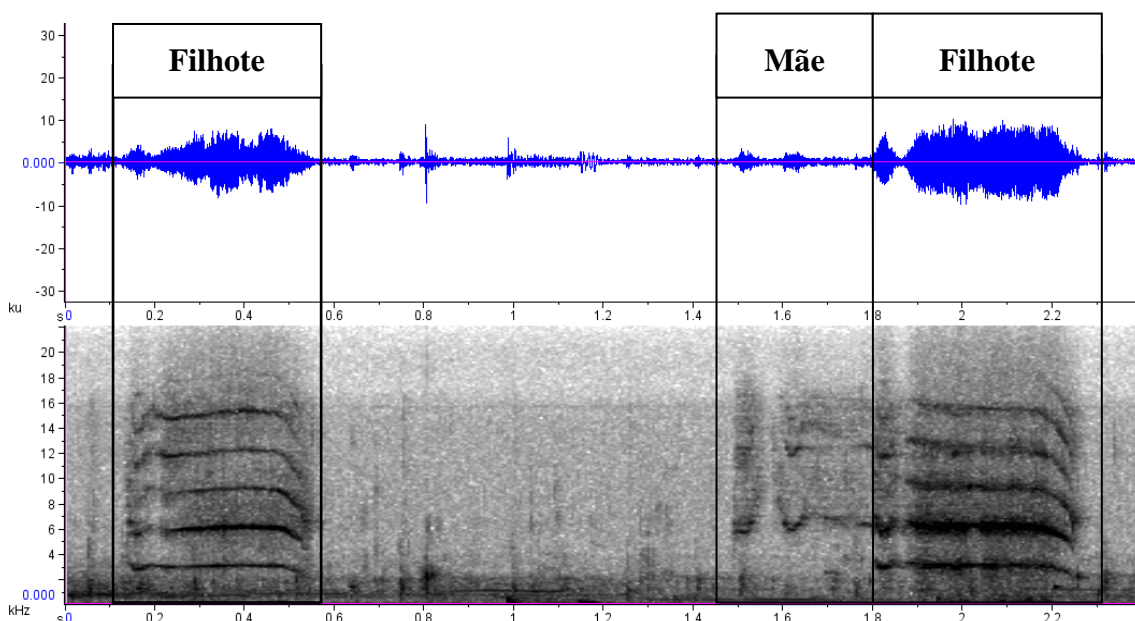


Figura 08- Primeira vocalização do filhote após o nascimento. A vocalização da mãe acontece após 0,9s. Na “waveform” (acima) pode-se perceber que a intensidade e duração do sinal, são maiores para as vocalizações do filhote.

As vocalizações do filhote são visualmente distintas das de sua mãe, com uma frequência fundamental nitidamente mais baixa (em torno de 3 kHz) e a presença de quatro harmônicos. Nas vocalizações maternas, a frequência fundamental oscila em torno de 6 kHz e constam apenas um ou dois harmônicos (Tabela 07).

Tabela 07: Características das vocalizações da mãe e do filhote no dia do nascimento

	<i>Média do valor mínimo da fundamental (Hz)</i>	<i>Média do valor máximo da fundamental (Hz)</i>	<i>Média da variação da fundamental (Hz)</i>
Filhote (n=16)	2222	3548	1326,6
Mãe (n=16)	4203	7013	2810

Embora estruturalmente distintas, a inspeção visual sugeriu uma tendência ao aumento da similaridade nos contornos das vocalizações do par mãe-filhote (Figura 14).

5.4.2- Alterações nos Parâmetros Acústicos

5.4.2.1- Número de notas

Das 434 vocalizações atribuídas ao filhote nos 60 minutos que se sucedem ao nascimento, 290 aconteceram nos primeiros 30 minutos e as 144 restantes aconteceram na segunda meia hora. Paralelamente, as vocalizações da mãe (310 vocalizações) na primeira hora de vida do filhote, também se concentraram sobremaneira nos primeiros 30 minutos (248 vocalizações).

De 184 vocalizações analisadas no primeiro dia de vida do filhote, mais de 85% constitui-se de uma única nota (159 vocalizações). As demais vocalizações (25) apresentaram duas notas (Tabela 08). Entre as vocalizações da mãe que foram analisadas (207), a maioria também apresentou uma única nota (149), tendo havido 56 vocalizações de duas notas e duas vocalizações com três notas (Tabela 09).

Entre quatro e cinco dias após o nascimento, as vocalizações do filhote compostas por uma única nota passaram a representar menos de 30% do total de vocalizações. As vocalizações compostas de duas notas constituíram ampla maioria, embora tenha havido também registro de vocalização constituída por três notas. Paralelamente, as vocalizações da mãe também expressaram uma tendência ao aumento do número de notas com o decorrer do tempo (Tabela 10).

A partir dos 82 dias de vida, as vocalizações compostas por uma única nota tornaram-se pouco freqüentes nas gravações realizadas (durante o primeiro ano de vida do filhote), enquanto as vocalizações com três ou quatro notas tornaram-se mais freqüentes. Nas gravações subseqüentes, no entanto, não houve uma tendência clara em relação ao número de notas das vocalizações.

Não foram realizadas gravações da mãe em isolamento no período de lactação. Nas gravações mais recentes (2008 e 2009), não houve registro de suas vocalizações. Nos primeiros 82 dias de vida do filhote, há três gravações de boa qualidade envolvendo o par mãe-filhote. Nesses registros, houve uma tendência materna ao aumento proporcional das vocalizações com maior número de notas (Tabela 08). Nenhuma vocalização com quatro notas foi registrada.

Tabela 08: Vocalizações do filhote com 1, 2, 3 ou 4 notas no período compreendido entre 1 e 1312 dias de vida.

<i>Idade (em dias)</i>	<i>Vocalizações por número de notas (%)</i>			
	Uma nota	Duas notas	Três notas	Quatro notas
1*	86,26	13,73	0	0
4*	29,93	67,88	1,52	0
5	28,94	71,05	0	0
14	2,06	97,93	0	0
33	2,86	97,14	0	0
67	16,42	79,10	4,48	0
82*	0	79,12	20,88	0
124	1,56	57,81	26,56	14,06
187	0	20,0	60,0	20,0
217	1,45	5,79	60,87	31,88
324	4,17	29,17	62,5	4,16
354	8	28	40	24
434	53,33	23,33	23,33	0
495	0	5	81,67	13,33
1312	89,71	10,29	0	0

Tabela 09: Vocalizações da mãe com uma, duas, três ou quatro notas no primeiro, quarto e octogésimo segundo dia após o parto.

<i>Dias a partir do parto</i>	<i>Vocalizações por número de notas (%)</i>			
	Uma nota	Duas notas	Três notas	Quatro notas
1*	72,68	27,31	1,46	0
4*	13,04	79,35	7,61	0
82*	11,11	59,26	29,63	0

As comparações realizadas entre o número de notas do par mãe-filhote com o intuito de verificar a hipótese do aprendizado vocal, revelaram uma tendência ao aumento do número de pares de vocalização com mesmo número de notas em detrimento do número de pares de vocalização com números de notas diferentes (Tabela 10). No entanto, a regressão logística não apresentou resultado significativo ($p = 0,48$).

Tabela 10: Resultados absolutos e proporcionais da comparação do número de notas nas vocalizações do par mãe-filhote.

<i>Dia</i>	<i>Pares de vocalização analisados</i>	<i>Sucessos</i>	<i>Insucessos</i>
01	163	83 (51,00%)	80 (49,00%)
04	60	34 (56,67%)	26 (43,33%)
82	27	16 (59,26%)	11 (40,74%)

5.4.2.2- Medidas da Frequência Fundamental

Ao longo do seu primeiro ano de vida, o filhote apresentou relativa constância nos parâmetros aqui mensurados na análise de sua frequência fundamental. As oscilações foram maiores nos primeiros dias de vida e após o primeiro ano (Tabela 11). As análises aqui descritas foram realizadas a partir de 16 vocalizações sorteadas por dia de gravação.

Tabela 11: Parâmetros da frequência fundamental nas vocalizações do filhote ao longo do tempo.

<i>Idade (dias)</i>	<i>Média ± Desvio-padrão dos valores da frequência fundamental (Hz)</i>			
	<i>Limite inferior da fundamental</i>	<i>Limite superior da fundamental</i>	<i>Variação da fundamental</i>	<i>Valor de maior intensidade na fundamental</i>
0001	2221,8 ± 345,1	3548,4 ± 268,7	1326,6 ± 371,0	3106,1 ± 264,0
0005	2521,1 ± 222,7	3376,2 ± 130,1	855,1 ± 196,2	3084,6 ± 178,5
0014	2269,0 ± 169,1	3194,6 ± 84,0	925,6 ± 170,5	2880 ± 129,6
0033	2509,4 ± 126,4	3082,0 ± 88,3	572,6 ± 126,6	2874,7 ± 53,3
0067	2454,0 ± 149,7	3037,8 ± 73,8	583,9 ± 138,4	2799,3 ± 99,5
0082	2355,7 ± 178,6	3054,8 ± 69,8	699,1 ± 175,9	2842,4 ± 94,4
0125	2507,1 ± 67,2	3036,1 ± 116,3	529,0 ± 118,4	2799,3 ± 70,3
0217	2847,5 ± 74,7	3502,0 ± 103,5	654,5 ± 140,1	3160,0 ± 41,2
0307	2706,0 ± 202,9	3401,5 ± 103,3	695,5 ± 204,2	3090,0 ± 76,2
0356	2868,7 ± 106,4	3458,2 ± 100,3	589,5 ± 89,3	3160,0 ± 75,2
1340	4199,5 ± 174,5	5045,9 ± 107,5	846,4 ± 174,1	4581,2 ± 157,9

Submetida a uma regressão linear simples, a variação na frequência fundamental do filhote não teve resultado significativo quando foi considerado todo o período amostrado ($p=0,85$). No entanto, excluindo-se os valores obtidos na última medida (em que o animal já era juvenil e não mais dependente da mãe), a regressão teve resultado significativo: valor de $p=0,00$; valor de $r^2=0,129$ (Figura 09).

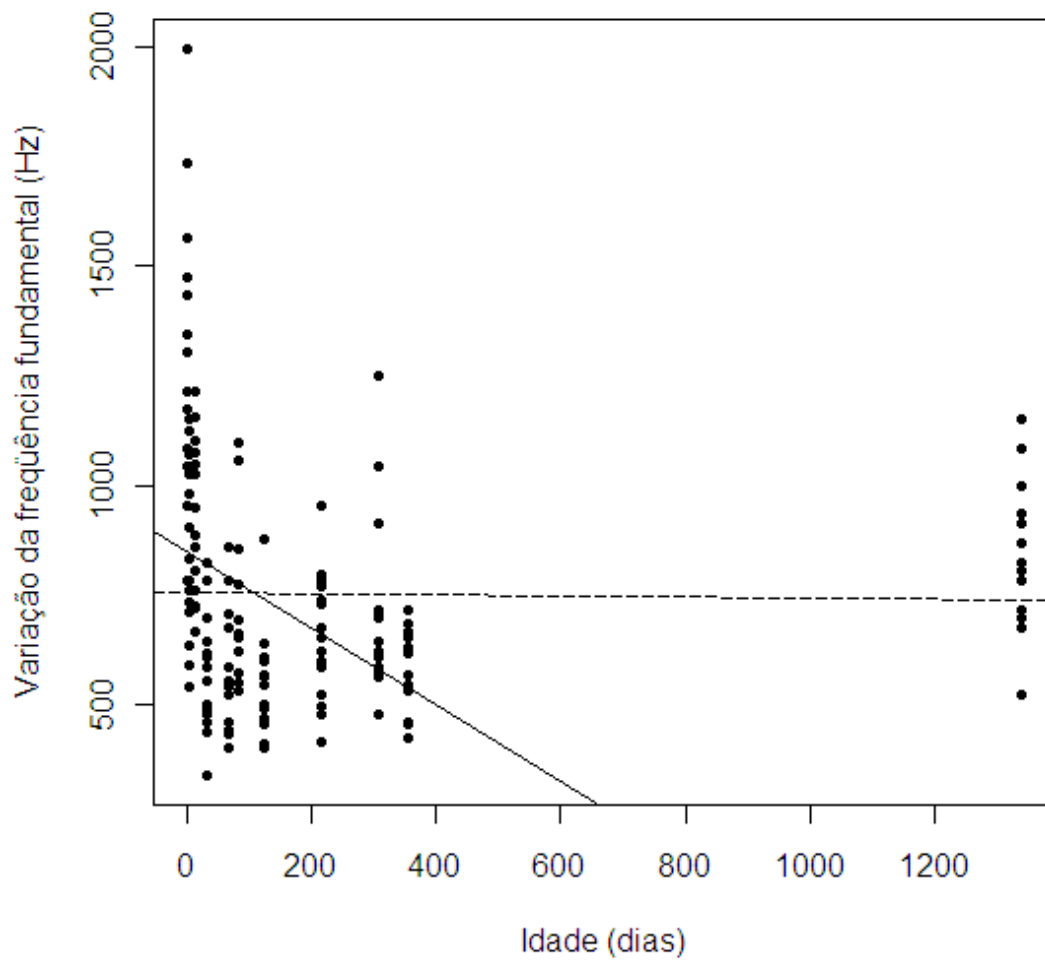


Figura 09: Variação na frequência fundamental nas vocalizações do filhote em relação ao tempo (linha contínua) em seu primeiro ano de vida. A linha pontilhada indica a tendência dos dados quando se acrescenta a gravação do animal aos três anos de idade (juvenil).

5.4.2.3- Medidas da Duração do Sinal

A duração do sinal não expressa nenhuma tendência clara ao longo do tempo em que o filhote foi acompanhado. Em seu primeiro dia de vida pode-se observar, pelo desvio-padrão, grande oscilação na duração do sinal (Tabela 12).

Tabela 12: Média da duração do sinal durante o desenvolvimento do filhote.

<i>Idade (dias)</i>	<i>Duração do sinal (Média ± DP)</i>
0001*	0,320 ± 0,101
0005*	0,268 ± 0,041
0014	0,388 ± 0,035
0033	0,312 ± 0,024
0067	0,343 ± 0,042
0082*	0,296 ± 0,036
0125	0,311 ± 0,048
0217	0,275 ± 0,045
0307	0,227 ± 0,032
0356	0,236 ± 0,075
1340	0,267 ± 0,064

* Gravações em que o filhote foi gravado em conjunto com mãe.

A tendência expressa pela diferença da duração do sinal nos pares de vocalização mãe-filhote, testada por meio de regressão linear, mostrou-se significativa (Figura 10).

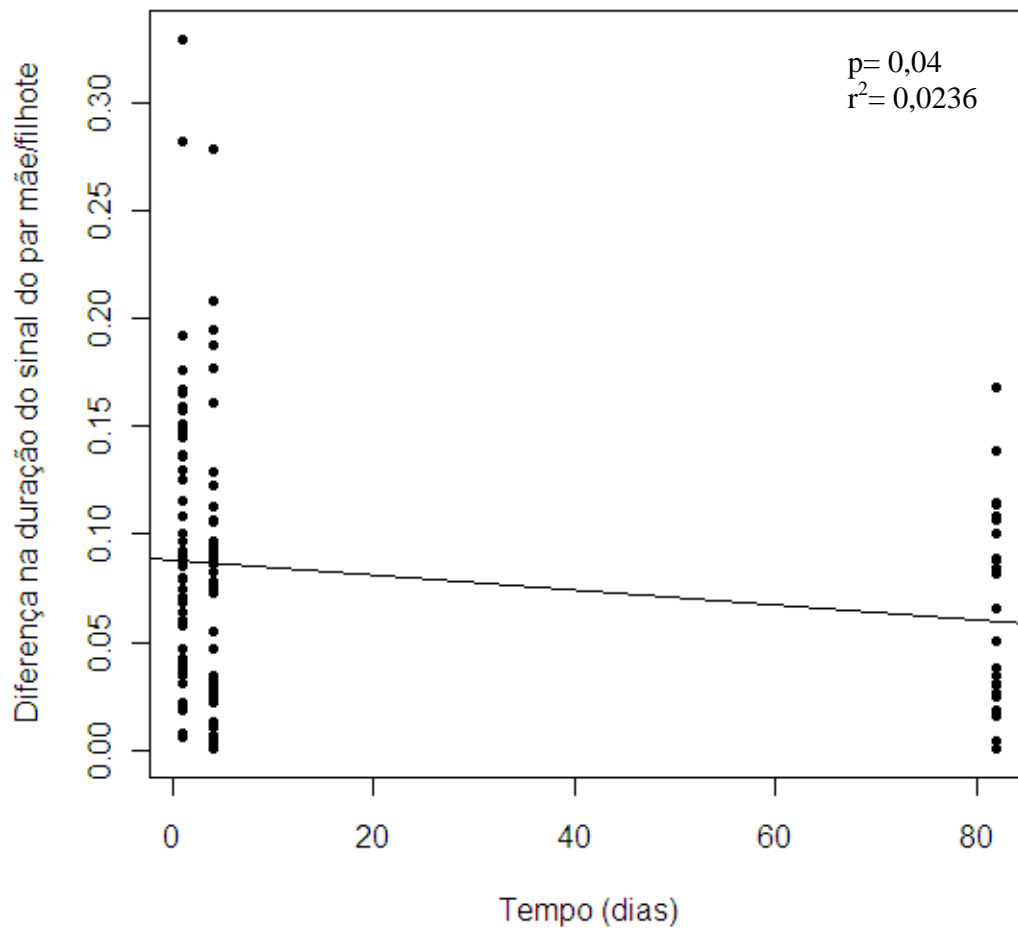


Figura 10: Resultado da regressão linear da diferença na duração do sinal do par mãe/filhote ao longo do tempo.

5.4.2.4- Distribuição de energia na série harmônica

Em todas as 16 vocalizações sorteadas para análise no dia do nascimento do filhote, a frequência de maior intensidade estava situada nos harmônicos superiores. Em nenhuma das situações a energia concentrou-se mais na frequência fundamental. Nas gravações subsequentes, no entanto, a energia passou a concentrar-se mais na fundamental e no terceiro harmônico, à exceção da última gravação em que a distribuição concentrou-se entre a fundamental e o segundo harmônico (Figura 11).

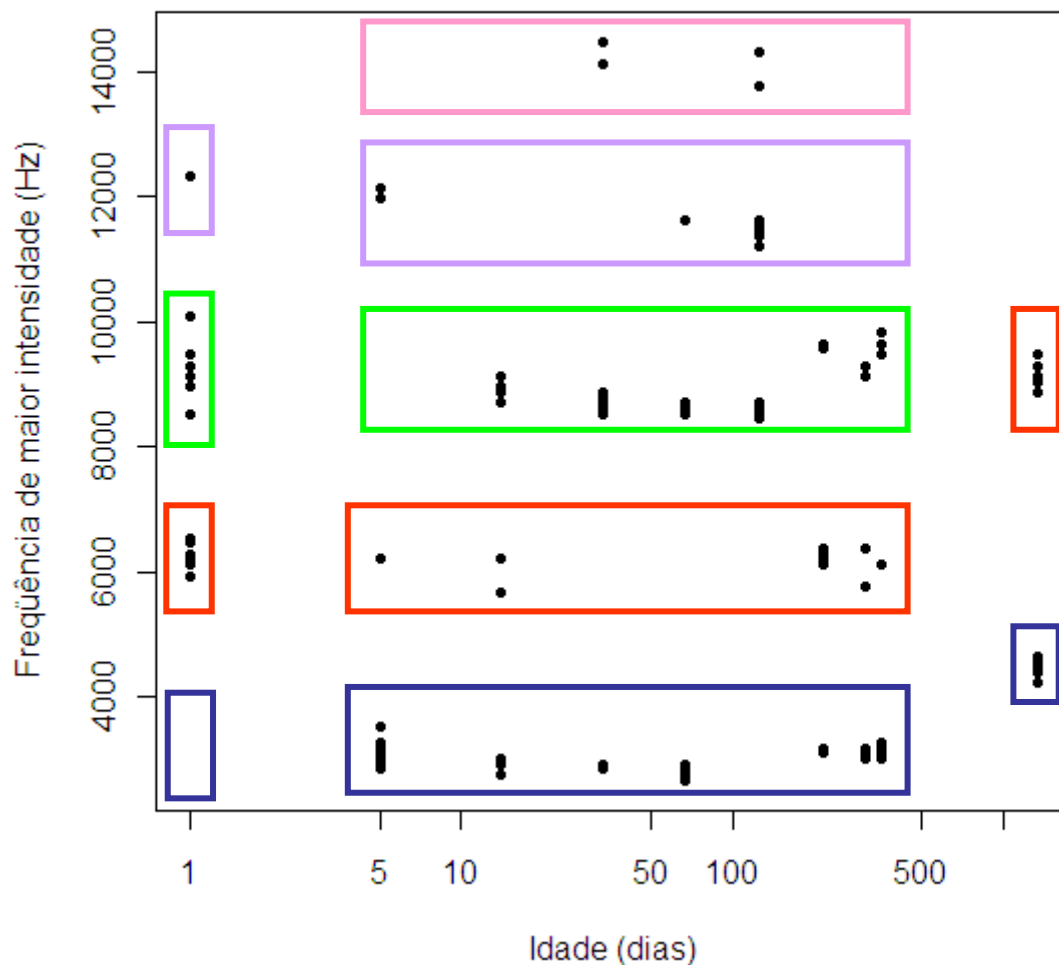


Figura 11: Distribuição da energia na série harmônica ao longo do tempo de vida do filhote. Cada retângulo representa um componente da série: borda azul: fundamental, borda vermelha: 2º harmônico, borda verde: 3º harmônico, borda roxa: 4º harmônico e borda rosa: 5º harmônico.

A regressão linear desenvolvida com o intuito de verificar a diferença da frequência de maior intensidade empregada pelo par mãe-filhote em suas vocalizações em relação ao tempo, mostrou resultado significativo (Figura 12). Com o intuito de padronizar os resíduos, os dados foram adicionados a uma constante (0,17) e, em seguida, logaritmizados.

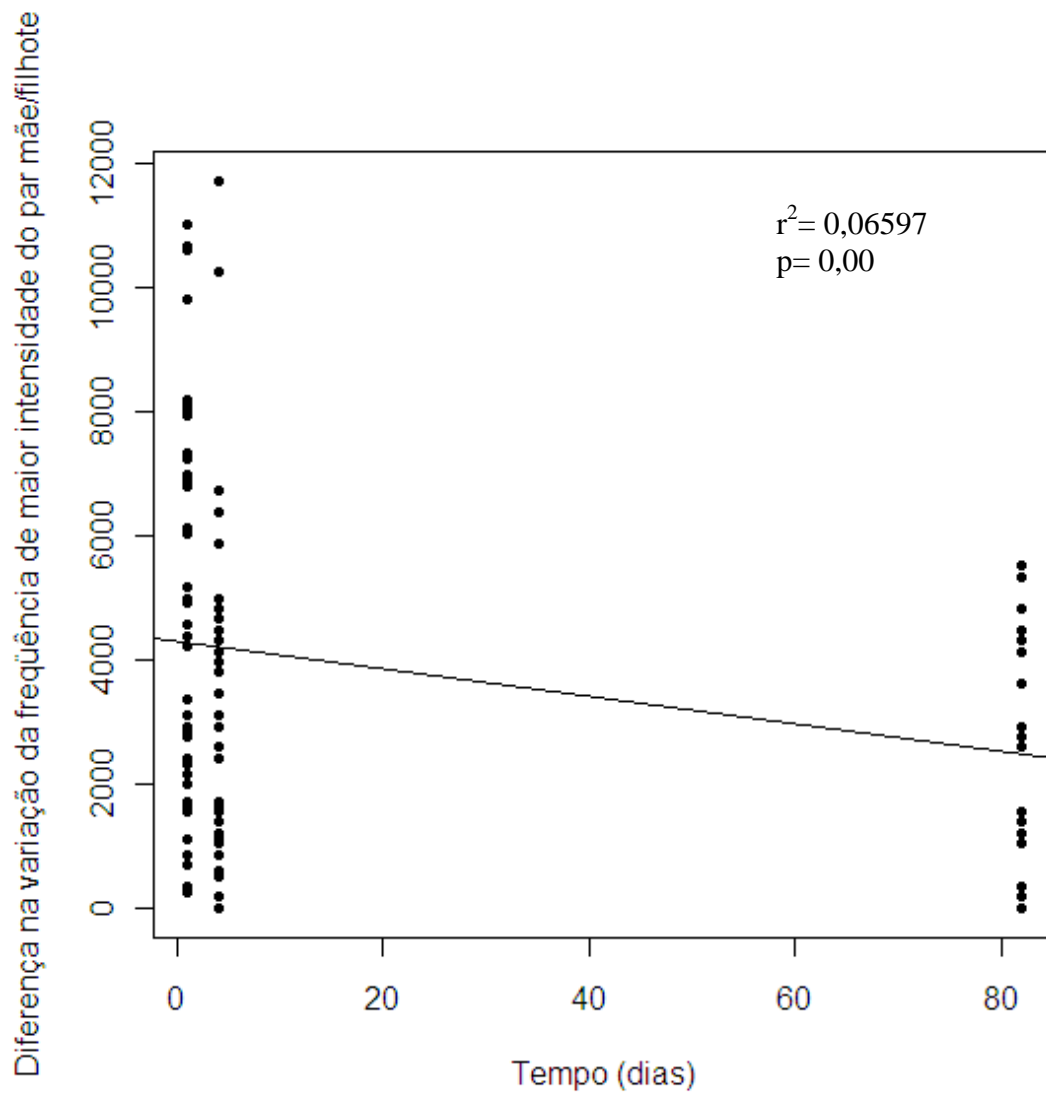


Figura 12: Gráfico resultante da análise de regressão linear da diferença entre as frequências de maior intensidade registradas para os pares de vocalização da dupla mãe e filhote.

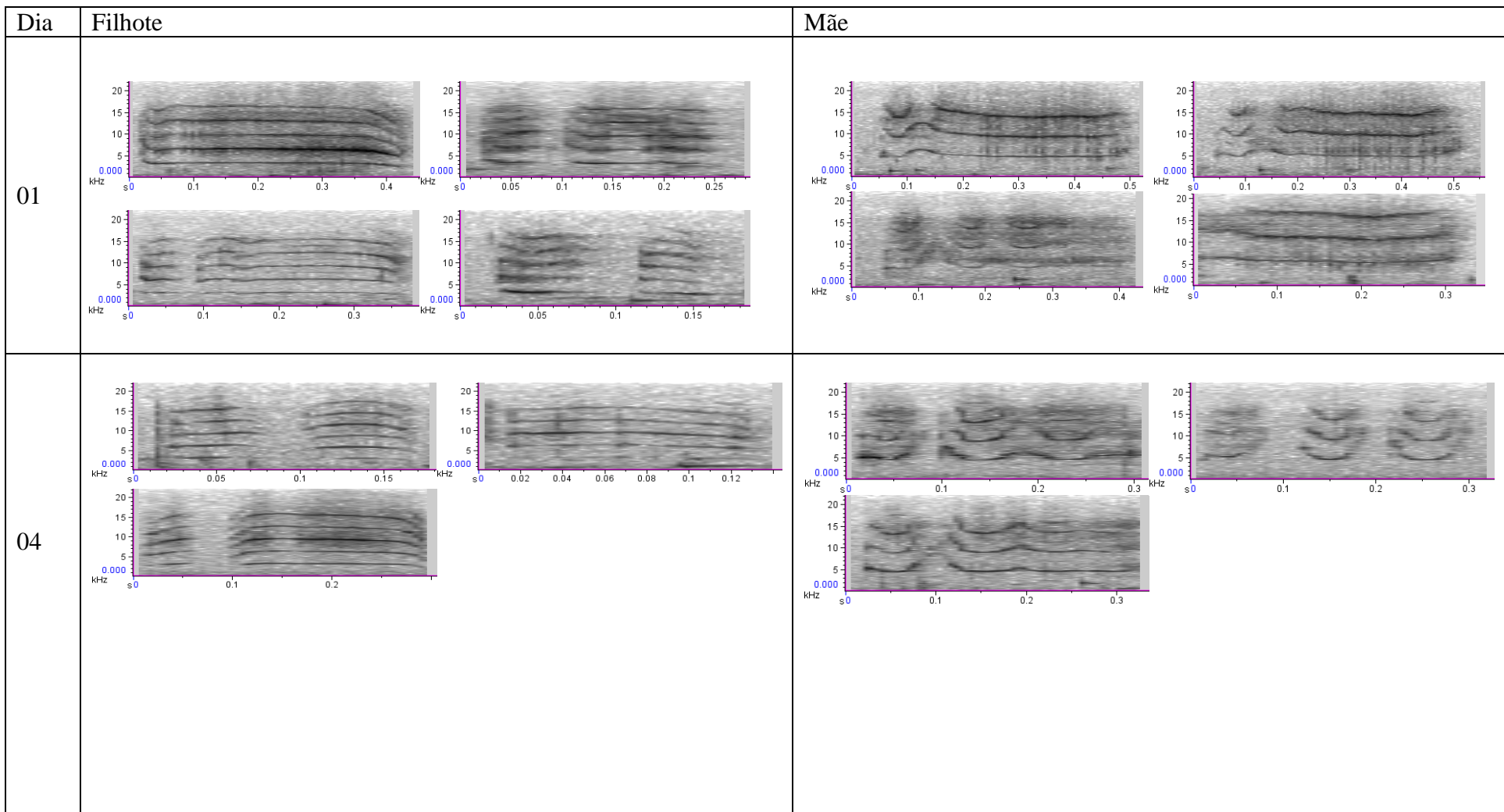


Figura 13: Espectrogramas representando a diversidade de vocalizações da mãe e do filhote ao longo no primeiro, quarto e octogésimo segundo dia de vida do filhote.

Dia	Filhote	Mãe
82		

Continuação da figura 13

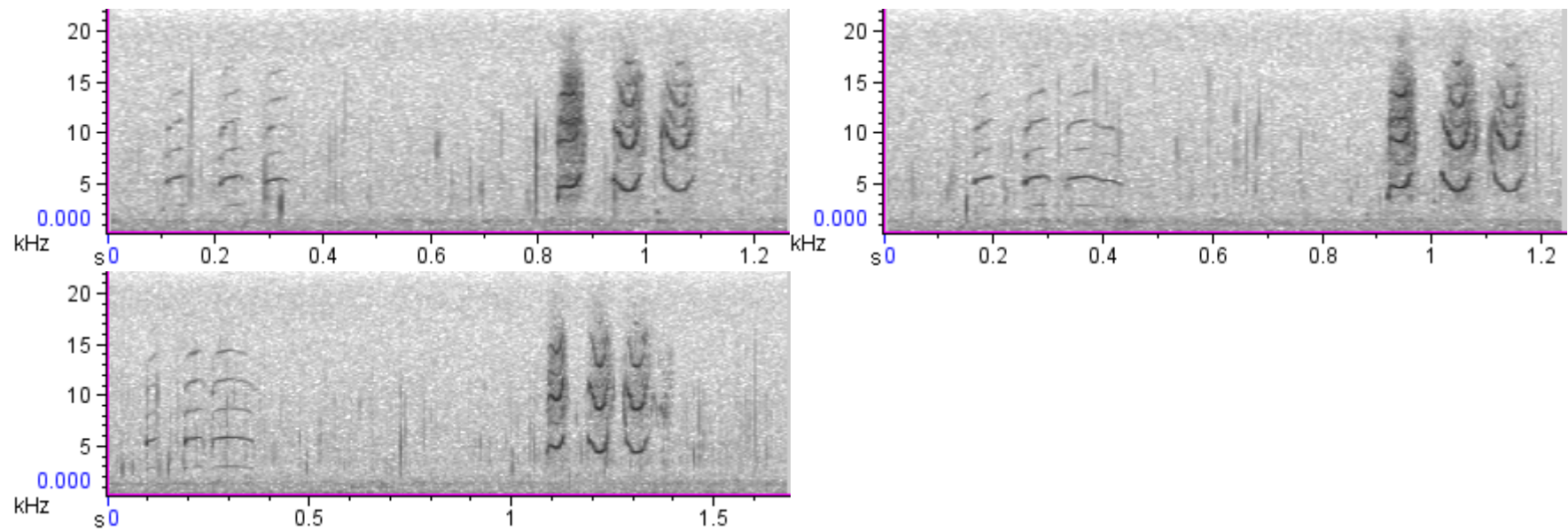


Figura 14: Vocalizações em seqüência do par mãe-filhote 82 dias após o nascimento. Nas três seqüências as vocalizações situadas à esquerda pertencem, coincidentemente, ao filhote.

6. Discussão

Taxa de vocalização

Em quase todas as espécies de mamíferos, filhotes isolados e neonatos estressados vocalizam para atrair a mãe e elicitare cuidado parental (Morton, 1977; Gould, 1983). Esse padrão comportamental é tão freqüente entre mamíferos que o conhecimento popular já o traduziu em ditado - “bom cabrito é o que mais berra”, e marchinha carnavalesca - “quem não chora, não mama”. Com o amadurecimento dos indivíduos haveria uma tendência à redução da atividade vocal (Gould, 1983).

Neste estudo, foram encontradas diferenças significativas entre as taxas de vocalização dos filhotes e das demais classes etárias (juvenis e adultos), de maneira similar ao resultado encontrado por Sousa-Lima (1999) para a mesma espécie. Para o peixe-boi marinho, em oposição, diferenças nas taxas de vocalização entre classes etárias não foram encontradas (Sousa-Lima *et. al.*, 2008).

A taxa de vocalização dos filhotes de peixe-boi da Amazônia neste estudo (4.91 vocalizações/minuto) não difere muito da taxa registrada para os filhotes da mesma espécie no trabalho de Sousa-Lima e colaboradores (2002, 2008) - aproximadamente 6 vocalizações/minuto. Os valores das taxas de vocalização encontradas aqui para as demais classes etárias também se aproximam nos dois estudos. Sousa-Lima e colaboradores definem a taxa de vocalização dos adultos e juvenis (analisados em uma única categoria) como inferior a uma vocalização por minuto.

Embora não tenha havido diferença significativa nas taxas de vocalização entre adultos e juvenis, a presença de “outliers” foi mais freqüente entre os juvenis – três animais, dos 15 amostrados, que entre os adultos – um dos sete animais amostrados. A presença de “outliers” pode representar apenas uma expressão da variação inter-individual. Mas pode também ser consequência do estresse causado pela manipulação e mudança de recinto para a realização da gravação. Dois dos quatro animais caracterizados como “outliers” (um adulto e um juvenil) nasceram em cativeiro e, diferentes da grande maioria dos animais deste estudo, foram menos expostos a manipulações e isolamento.

Para o peixe-boi marinho, *Trichechus manatus manatus*, Sousa-Lima e colaboradores (2008) observaram que variações no contexto e situações de estresse podem provocar alterações na taxa de vocalização.

Os juvenis e adultos apresentaram, neste estudo, baixa taxa de vocalização. Para Gould (1983) a maioria das espécies de mamíferos é silenciosa a maior parte do tempo. Ele considera a parcimônia uma característica marcante da comunicação acústica dos mamíferos. A baixa taxa de vocalização apresentada pelos indivíduos dessas classes etárias é condizente também com o nível de organização social da espécie. Os peixes-bois são animais fundamentalmente solitários (Rosas, 1994) que apresentam como unidade social de maior coesão a relação mãe-filhote. Portanto, sendo a comunicação a base que estrutura e dá coesão às sociedades animais, não é difícil prever que as taxas de vocalização de mães e filhotes sejam as mais elevadas no peixe-boi da Amazônia. De maneira similar à encontrada para o peixe-boi marinho (Sousa-Lima *et. al*, 2008), diferenças na taxa de vocalização entre os sexos não foram encontradas neste estudo.

Entre as fêmeas adultas, o período de lactação foi marcado por um grande incremento na taxa de vocalização. Fripp e Tyack (2008), em um estudo sobre a produção de assovios por fêmeas de golfinhos (*Tursiops truncatus*) no período pós-parto, verificaram um aumento na taxa de assovios materno nas primeiras semanas de vida dos filhotes. Em outro experimento, desenvolvido com porquinhos-da-índia (*Cavia aperea f. porcellus*), Kober e colaboradores (2007) verificaram que fêmeas lactantes vocalizaram mais intensamente em resposta a chamados de filhotes (quaisquer filhotes) do que fêmeas em período de gestação.

É provável que mudanças hormonais estejam associadas à variação da taxa de vocalização das fêmeas analisadas neste trabalho. Em um estudo desenvolvido com duas espécies de golfinhos - o golfinho comum (*Delphinus delphis*) e o golfinho nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), a produção de sons nas fêmeas mostrou-se sensível a variações dos níveis hormonais, ainda que o foco do estudo em questão tenha sido a ovulação (Moore e Ridgway, 1996). Diferente deste estudo, em que as vocalizações das fêmeas lactantes são dirigidas aos filhotes, as vocalizações das fêmeas de golfinhos no período de ovulação são, possivelmente, dirigidas aos machos.

A hipótese mais óbvia para explicar o aumento da taxa de vocalização das fêmeas lactantes é sem dúvida a necessidade de manter contato com os filhotes. A uma elevada taxa de vocalizações dos filhotes deve corresponder uma elevada taxa de vocalização materna, visto que a pressão de seleção atua sobre os adultos para que respondam apropriadamente aos estímulos dos filhotes que solicitam cuidado parental (Morton, 1977). Animais com baixa taxa reprodutiva e cuidado parental prolongado, vivendo em águas de baixa visibilidade, os peixes-bois da Amazônia têm na comunicação acústica a melhor estratégia para a manutenção da coesão mãe/filhote.

Desenvolvimento do padrão vocal individual – Assinatura vocal

Correlação Cruzada dos Espectrogramas

Ainda que o aumento da taxa de vocalizações favoreça o contato entre mãe e filhote, a co-existência de diferentes filhotes em uma mesma área aumenta a probabilidade de que o cuidado materno seja dirigido ao filhote errado. Assim sendo, é razoável assumir a existência de uma pressão de seleção sobre as mães para que sejam capazes de reconhecer suas crias. Sousa-Lima e colaboradores (2002) documentaram a existência de assinatura vocal e de reconhecimento individual para o peixe-boi da Amazônia.

Uma das ferramentas escolhidas neste estudo para a análise do desenvolvimento do padrão vocal individual, a correlação cruzada dos espectrogramas apresenta severas limitações. É importante salientar que a correlação de espectrogramas não é uma ferramenta para definir “padrões de reconhecimento”. As similaridades medidas são simples e pouco profundas e podem não ser relevantes em determinados contextos (Charif, 2008). Cotorpassi e Bradbury (2000), no entanto, num estudo sobre a eficiência da ferramenta de correlação cruzada dos espectrogramas, consideraram o método robusto para a comparação de sons contínuos, a despeito da duração do sinal e da presença de harmônicos.

Apesar das limitações existentes na utilização da correlação, os valores médios encontrados para os índices de similaridade intra-individuais diferiram dos valores médios encontrados nas correlações inter-individuais. Esse resultado indica que as similaridades aferidas pelo programa permitiram, grosso modo, a captação de um padrão vocal individual (assinatura vocal), posto que as médias dos índices intra-

individuais foram mais elevadas que as médias inter-individuais.

Quando os índices de similaridade intra-individuais foram plotados em relação ao tempo, nenhuma tendência geral pode ser identificada entre os indivíduos observados. Limitações metodológicas (como a escolha da ferramenta para análise das similaridades, a irregularidade temporal com que as gravações foram realizadas e a qualidade das fitas digitalizadas) poderiam mascarar a identificação de um padrão geral. No entanto, ainda que a dispersão dos dados tenha sido grande, as comparações entre as médias intra e inter-individuais dos índices de similaridade possibilitaram a percepção de um padrão vocal individual. Assim sendo, seria razoável supor que entre os 23 indivíduos analisados alguma tendência pudesse ser percebida.

Durante o desenvolvimento da maioria das espécies de pássaros canoros, ocorre uma redução gradual da plasticidade vocal à medida que o canto estereotipado dos adultos (cristalização) se estabelece (Beecher e Brenowitz, 2005). Em um estudo realizado a partir da análise de correlação cruzada dos espectrogramas, Botero e colaboradores (2009) observaram evidência de que a consistência na estereotipação do canto (alto índice de similaridade) estaria diretamente relacionada à idade e ao sucesso reprodutivo do sabiá-da-praia (*Mimus gilvus*). Embora as vocalizações do peixe-boi sejam consideradas estereotipadas (Frankell, 2009), nenhuma correlação foi observada entre o aumento da idade e o incremento do índice de similaridade. Logo, não houve tendência à consistência na estereotipação.

As vocalizações do peixe-boi são simples e breves, facilmente classificadas por nós como estereotipadas. Pouco se sabe ainda sobre o sistema de produção de sons desses animais (Dexler e Feund, 1906 apud Ronald et. al., 1978; Harrison e King, 1980; Anderson e Barclay, 1995; Tyack e Miller, 2002; Frankell, 2009). Em contrapartida, sabe-se que a audição é bem desenvolvida para sons de alta frequência (Nummela, 2009), com um pico de sensibilidade oscilando em torno da frequência fundamental que produzem (Bullock et. al., 1980) e boa acuidade auditiva (Chapla, 2007). É possível que haja limitações estruturais no sistema de produção de sons desses animais restringindo a diversidade de suas vocalizações. No entanto, a comunicação intra-específica foi, possivelmente, a principal pressão seletiva para o desenvolvimento auditivo do peixe-boi, posto que a espécie não sofre, em seu ambiente natural, pressão de predação.

Nessas condições, podemos presumir que pequenas alterações nas vocalizações podem ser percebidas, entre eles, como diferenças no sinal, gerando uma diversidade sutil à nossa percepção. Essas variações, acaso existentes, precisariam ser previamente categorizadas, na tentativa de mitigar os efeitos que o contexto e a motivação poderiam provocar sobre os índices de similaridade.

Medidas dos Parâmetros Acústicos

Duração do sinal

Neste estudo, observamos um aumento na duração do sinal no peixe-boi da Amazônia ao longo do tempo, assim como descrito para os elefantes africanos *Loxodonta africana cyclotis* (Thompson, 2009). O aumento observado foi sutil e a diferença só foi significativa entre filhotes e adultos. Entre filhotes e jovens, bem como entre jovens e adultos, diferenças significativas não foram encontradas. É provável que as alterações na duração do sinal sejam consequência do controle sobre os músculos respiratórios, que possivelmente aumenta com a idade.

Sousa-Lima e colaboradores (2002) não encontraram diferenças significativas na duração do sinal entre as classes etárias para o peixe-boi da Amazônia. A divergência nos resultados possivelmente está relacionada ao aumento do número de indivíduos amostrados neste estudo (24 indivíduos) em relação ao anterior (14 indivíduos). Convém salientar, ainda, que, diferente deste estudo, Sousa-Lima e colaboradores (2002) mantiveram os juvenis e os adultos agrupados em uma única classe etária.

Quando a variação intra-individual na duração do sinal ao longo do desenvolvimento foi analisada, nenhuma diferença significativa foi encontrada. A irregularidade temporal dos dados e a baixa taxa de vocalização de muitos indivíduos certamente ajudam a explicar este resultado. Apenas cinco animais foram adequadamente amostrados em duas diferentes classes etárias (filhote e juvenil).

De maneira similar ao resultado encontrado por Sousa-Lima e colaboradores (2002), diferenças significativas não foram encontradas na duração do sinal entre os sexos neste estudo, sugerindo que o desenvolvimento e o controle dos músculos respiratórios ocorram de forma semelhante para os dois sexos.

Medidas da Frequência fundamental

A variação da frequência fundamental não apresentou diferença significativa entre os sexos, nem tampouco entre classes etárias neste estudo. No entanto, tanto para o peixe-boi da Amazônia quanto para o peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus*) estudos anteriores registraram que a variação da frequência fundamental estaria inversamente relacionada ao tamanho corporal (Sousa-Lima *et. al.*, 2002; Sousa-Lima *et.al.*, 2008). Neste estudo, o tamanho corporal não foi usado como parâmetro, apenas a classe etária. Embora haja uma relação direta entre tamanho corporal e classe etária, as variações individuais precisam ser consideradas. Ainda assim, mesmo quando as variações intra-individuais foram controladas, nenhuma diferença significativa foi encontrada. Sousa-Lima e colaboradores analisaram este parâmetro com um número amostral de 14 indivíduos. Talvez o aumento do número amostral tenha sido o principal fator para a divergência encontrada nos resultados.

Os valores da frequência de maior intensidade na fundamental também não apresentaram diferenças significativas entre os sexos, nem entre classes etárias. Este resultado difere do resultado encontrado por Sousa-Lima e colaboradores (2002), quando foi registrada uma diferença significativa nos valores da frequência fundamental entre machos e fêmeas. Essa divergência entre os resultados possivelmente se deve, como descrito anteriormente, à diferença no número amostral representado.

Há uma relação inversa entre o tamanho do animal e frequência sonora que ele é capaz de produzir (Morton, 1977). No entanto, essa relação não é observada para o peixe-boi da Amazônia. Não foram observadas diferenças significativas nos valores da frequência de maior intensidade na fundamental entre as classes etárias. Resultado similar foi encontrado por Sousa-Lima e colaboradores (2002).

No entanto, quando os valores foram avaliados ao longo do desenvolvimento de alguns indivíduos, diferenças significativas foram observadas na frequência fundamental. Essas diferenças só puderam ser verificadas entre filhotes e juvenis (únicas categorias adequadamente amostradas). Ao mudar da classe 1 (filhote) para a classe 2 (juvenil) os cinco animais amostrados apresentaram aumento no valor da frequência fundamental,

sendo esse aumento substancialmente maior nos indivíduos do sexo masculino. Também no elefante africano (*Loxodonta africana*) relações inconsistentes entre idade e estrutura acústica foram encontradas para a classe juvenil, especialmente entre os indivíduos do sexo masculino (Thompson, 2009). Oscilações nos níveis hormonais podem estar associadas a esses resultados.

Ontogenia do padrão vocal individual

A primeira meia hora de vida do filhote é marcada por grande número de vocalizações, sejam elas do próprio filhote ou da mãe. As taxas de vocalização registradas na primeira meia hora de vida do filhote, para ambos os indivíduos, têm aproximadamente o dobro dos valores médios registrados neste estudo para cada categoria.

Se partirmos do pressuposto de que a emissão de vocalizações envolve um custo energético, a energia despendida em tão elevada taxa de vocalização deve ter uma boa justificativa biológica. A hipótese a ser apresentada neste estudo é a da necessidade do “imprinting”. A vantagem adaptativa da identificação e reconhecimento vocal no peixe-boi da Amazônia já foi satisfatoriamente defendida por Sousa-Lima e colaboradores (2002) quando evidências desses processos foram documentadas na espécie. Mas o processo através do qual essa identificação seria realizada ainda não havia sido discutido.

Para Charrier e colaboradores (2002) os filhotes levariam alguns dias para identificar a voz materna, enquanto as mães possivelmente aprenderiam a reconhecer as chamadas do filhote poucas horas após o parto através do “imprinting” materno (Bartholomew, 1959; Klopfer et. al., 1964). O “imprinting” materno, acústico neste caso, ocorreria durante um breve período após o parto em que as mães aprendem a identificar a voz do filhote. De maneira similar, o “imprinting” filial também estaria ocorrendo e justificaria a alta taxa de vocalizações materna, como proposto para *Tursiops truncatus* (Fripp e Tyack, 2008). Portanto, há evidências que também nos permitem sugerir a existência de “imprinting” acústico filial no peixe-boi da Amazônia.

Mudanças nos parâmetros acústicos do filhote: inato e aprendido

No primeiro dia de vida, o filhote apresenta vocalizações simples, oscilando entre uma e duas notas e marcadas por grande variação da frequência fundamental. Os valores medidos para a frequência fundamental no primeiro dia de vida do filhote apresentaram grande dispersão - quando comparados às demais medidas feitas ao longo do seu desenvolvimento (Tabela 11).

Com o decorrer do tempo, a variação da fundamental, bem como a dispersão dos dados obtidos nas demais medidas da fundamental, diminui, mantendo relativa constância ao longo do primeiro ano de vida. Isso nos permite sugerir que é nos primeiros dias de vida que se estabelece o padrão-vocal do filhote. Se considerarmos a intensa dependência do filhote em relação à mãe, é fácil imaginar que haja uma forte pressão seletiva para que o padrão vocal se estabeleça rapidamente, o que favoreceria o reconhecimento individual.

O aprendizado na produção sonora favorece o reconhecimento individual (Janik e Slater, 2000). O aumento da similaridade nas vocalizações do par mãe-filhote pode ser observado nos três parâmetros verificados neste estudo (duração do sinal, número de notas, frequência de maior intensidade). Talvez devido ao baixo número amostral (apenas três gravações do par mãe-filhote foram realizadas) somente para dois deles as regressões apresentaram resultado significativo (frequência de maior intensidade e duração do sinal). Em função do alto grau de parentesco, podemos interpretar esse aumento da similaridade como uma tendência natural, um caráter geneticamente herdado. No entanto, ao considerarmos o fato de que o aprendizado vocal envolve tanto o controle dos músculos respiratórios - provocando alterações na estrutura do sinal, quanto o controle do aparelho fonatório (alterando frequência e modulação) quanto do sistema de filtros - alterando a distribuição de energia no som (Janik e Slater, 2000). E associarmos ao fato de que, para cada parâmetro indicado acima, houve uma tendência ao aumento na similaridade das vocalizações do par mãe-filhote, podemos interpretar esses resultados como evidências da existência de aprendizado vocal na espécie, como já havia sido sugerido por Sousa-Lima (2001) que, em seu estudo de caso, teve a oportunidade de observar o aumento de similaridade entre as vocalizações da fêmea e de um filhote por ela adotado.

Quando o filhote passa à categoria juvenil e torna-se independente da mãe, sua frequência fundamental se eleva e se aproxima da frequência fundamental materna. Como já foi dito, a frequência fundamental é a característica mais conservativa do padrão vocal individual, sendo o mais forte componente da identidade vocal (Sousa-Lima *et. al.*, 2002). Assim, podemos afirmar que o padrão vocal do filhote assemelhou-se ao padrão vocal materno. Situação semelhante foi descrita para a espécie *Tursiops truncatus*, os golfinhos nariz-de-garrafa (Sayigh *et. al.*, 1995). Entre os golfinhos nariz-de-garrafa, as assinaturas vocais dos filhotes machos são mais similares às assinaturas vocais maternas que as das fêmeas. Embora as razões para isso não sejam claras, uma hipótese existente é de que a similaridade das assinaturas vocais diminuiria a probabilidade de endocruzamento. A modificação mais intensa da frequência fundamental dos jovens machos de peixe-boi da Amazônia aqui observada, também pode ser um indício da existência de maior plasticidade vocal entre os indivíduos do sexo masculino. Isso favoreceria o aprendizado vocal no gênero e reforçaria a idéia de que uma maior similaridade entre as vocalizações maternas e as dos filhotes do sexo masculino é uma possibilidade também para o peixe-boi da Amazônia. A probabilidade de que essa estratégia, acaso existente, seja um resultado de pressões seletivas sobre a redução da endogamia é também considerável para o peixe-boi da Amazônia. Não podemos perder de vista, no entanto, que esta é uma análise especulativa, pautada em apenas dois estudos de caso documentados para a espécie. Novos estudos são necessários antes que se possa chegar a alguma conclusão.

Especialmente a partir das evidências apresentadas no estudo de caso aqui desenvolvido, podemos ainda inferir que o período em que as principais modificações ocorrem na ontogenia do padrão vocal do peixe-boi da Amazônia (primeiros dias de vida) não foi adequadamente amostrado para os demais indivíduos analisados neste estudo.

7. Conclusão e Considerações Finais

Tomando por base as análises aqui apresentadas, podemos concluir que:

- Filhotes vocalizam mais que jovens e adultos e as fêmeas lactantes vocalizam mais que as fêmeas não-lactantes. Esse fato reforça a idéia de que a comunicação acústica no peixe-boi da Amazônia ajuda a garantir a coesão do par mãe-filhote, ampliando as chances de sobrevivência da espécie.

- Existem evidências de que o padrão vocal individual do peixe-boi da Amazônia constitui-se nos primeiros dias de vida do animal e mantém-se ao longo de todo o período de dependência nutricional materna, aumentando as chances de que a mãe identifique os sons do filhote e, por consequência, ampliando as suas chances de sobrevivência.

- O aumento da similaridade entre as vocalizações da mãe e do filhote observadas neste estudo de caso podem ser evidência de aprendizado vocal. No entanto, novos estudos são necessários para que as evidências aqui apresentadas possam ser mantidas ou refutadas. Os filhotes de peixe-boi órfãos, mantidos em cativeiro sob isolamento acústico, possibilitam estudos com utilização de “playback” que poderiam trazer uma resposta mais direta à questão do aprendizado vocal. Janik e Slater (2000) sugerem que uma boa maneira de se verificar o aprendizado vocal seria expor os animais a estímulos sonoros digitalmente modificados. Se o aprendizado vocal de fato ocorre, mudanças graduais nas vocalizações produzidas possivelmente ocorreriam, tendendo a um aumento da similaridade em relação aos sons a que foram expostos.

7. Referências Bibliográficas

- Alcock, J. A. 2005. In: Lucas, J.R; Simmons, L.W. (Eds.). *Textbook History of Animal Behaviour . Essays in Animal – Behaviour - Celebrating 50 years of Animal Behaviour*. Academic Press. San Francisco. p: 5-21
- Anderson, P.K.; Barclay, R.M.R. 1995. Acoustic signals of solitary dugongs: physical characteristics and behavioral correlates. *Journal of Mammalogy*. 76(4): 1226-1237.
- Ayres, M.; Ayres Junior, M.; Ayres, D.L.; Santos, A.A. 2007. Bioestat - Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Ong Mamiraua. Belém, PA. p: 59-74.
- Bartholomew, G.A.1959. Mother-young relations and the maturation of pup behaviour in the Alaska fur seal. *Animal Behaviour*. 7:3-4.
- Beecher, M.D.; Brenowitz, E.A. 2005. Functional aspects of song learning in songbirds. *Trends in Ecology and Evolution*. 20(3): 143-149.
- Best, R.C. 1981. Foods and feeding habits of wild and captive Sirenia. *Mammal Rev*.11(1): 3-29.
- Best, R.C.; Ribeiro, G.A., Yamakoshi, M.; da Silva, V.M.F. 1982. Artificial feeding unweaned Amazonian manatees (*Trichechus inunguis*). *International Zoo Yearbook* 22: 263-267. Dorset Press, Dorchester. Great Britain.
- Best, R.C. 1983. Aparent Dry-Season Fasting in Amazonian Manatees (Mammalia: Sirenia). *Biotropica* 15(1): 61-64.
- Best, R.C. 1984-a. The Aquatic mammals and reptiles of the Amazon. In: Sioli, H.(Ed.), *The Amazon. Limnology and landscape of a mighty tropical river and its basin*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster. Netherlands. p. 371-412.

- Best, R.C. 1984-b. *Trichechus inunguis*: Vulgo peixe-boi. *Ciência Hoje*. 10(2): 66-72.
- Best, R.C.; da Silva, V.M.F. 1979. Peixe-boi. Uma sereia na represa? *Cespaquista*. Ano III, Abril, 16: 26-29.
- Botero, C.A. ; Rossman, R.J.; Caro, L.M.; Stenzler, L.M.; Lovette, I.J.; Kort, S.R.; Vehrencamp, S.L. 2009. Syllable type consistency is related to age, social status and reproductive success in the tropical mockingbird. *Animal Behaviour*. 77: 701–706
- Bradbury, J.W.; Cotorpassi, K.A.; Clemmons, J.R. 2001. Geographical variation in the contact calls of orange-fronted parakeets. *The Auk* 118(4): 958–972.
- Bradbury, J.W.; Vehrencamp, S. L. 1998. *Principles of Animal Communication*. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts. p: 1-173.
- Bullock, T.H.; Domning, D.P.; Best, R.C. 1980. Evoked Brain Potentials demonstrate hearing in a manatee (*Trichechus inunguis*). *Journal of Mammalogy* 61 (1): 130-133, 1980.
- Cantanhede, A.M.; Da Silva, V.M.F.; Farias, I.P.; Hrbek, T.; Lazzarini, S.M.; Alves-Gomes, J. 2005. Phylogeography and population genetics of the endangered Amazonian manatee, *Trichechus inunguis* Natterer, 1883 (Mammalia, Sirenia). *Molecular Ecology*, 14: 401–413.
- Cantanhede, A.M.; da Silva, V. M. F.; Lemes, M.R.; LAZZARINI, S.M. ; Hrbek, T ; Farias, I.P. 2008. Quem é o pai? Determinação da paternidade de filhotes de peixe-boi da Amazônia nascidos em cativeiro utilizando DNA microssatélites. In: *XIII Reunión de trabajo de especialistas en mamíferos acuáticos de América del Sur*. Montevideo, Uruguay.
- Carter, A.M.; M. A. Miglino, M.A.; Ambrosio, C.E.; Santos, T.C.; Rosas, F.C.W.; d’Affonseca Neto, J.A.; Lazzarini, S.M.; Carvalho, A.F.; da Silva, V.M.F. 2008. Placentation in the Amazonian manatee (*Trichechus inunguis*). *Reproduction, Fertility and Development*. 20: 537–545.

Chacon, Z.M.R. 2001. *Características alimentares e nutricionais do peixe-boi da Amazônia Trichechus inunguis (Mammalia, Sirenia), em condições de cativeiro*. Tese de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM. 170 pp.

Chapla, M.E.; Nowacek, D.P.; Rommel, S. A.; Sadler, V.M. 2007. CT scans and 3D reconstructions of Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) heads and ear bones. *Hearing Research*. 228: 123–135

Charif, R.A.; Waack, A.M.; Strickman, L.M. 2008. *Raven Pro 1.3 User's Manual*. Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, NY.

Charrier, I.; Mathevon, N.; Jouventin, P. 2002. How does a fur seal mother recognize the voice of her pup? An experimental study of *Arctocephalus tropicalis*. *The Journal of Experimental Biology*. 205: 603–612.

Charrier, I.; Mathevon, N.; Jouventin, P. 2003. Fur seal mothers memorize subsequent versions of developing pups' calls: adaptation to long-term recognition or evolutionary by-product? *Biological Journal of the Linnean Society*. 80: 305–312.

Colbert, D.E.; Gaspard, J.C.; Reep, R.; Mann, D.A.; Bauer, G.B. 2009. Four-choice sound localization abilities of two Florida manatees, *Trichechus manatus latirostris*. *The Journal of Experimental Biology*. 212: 2105-2112.

Cortopassi, K.A.; Bradbury, J.W. 2000. The comparison of harmonically rich sounds using spectrographic cross-correlation and principal coordinates analysis. *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*. 11: 89-127.

Crawley, M. 2002. *Statistical computing: An introduction to data analysis using S-Plus*. John Wiley & Sons Inc., Baffins Lane, 761p.

Crockford, C., Herbinger, I.; Vigilant, L.; Boesch, C. 2004. Wild Chimpanzees Produce Group-Specific Calls: a Case for Vocal Learning? *Ethology* 110: 221-243.

da Silva, V. M. F., D’Affonseca Neto, A., Mattos, G. E., Sousa-Lima, R. S. 2000. Duração da lactação em peixe-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*): Estudo de caso de filhote nascido em cativeiro. *Resumos IX Reunión de Trabajo de Especialistas em Mamíferos Acuáticos de América del Sur*. Buenos Aires, Argentina.

da Silva, V.M.F.; D’Affonseca Neto, J.A.; Rodrigues, Z.M.C. 1998. Concepção e nascimento do primeiro filhote de peixe-boi da Amazônia em cativeiro. *In: 8a Reunião de Trabalho de Especialistas da América do Sul*. Olinda, Pernambuco: SOLAMAC. p. 57.

da Silva, V.M.F. 2004. O peixe-boi da Amazônia *Trichechus inunguis* (Sirenia: Trichechidae). *In: Cintra, R. (coord.). História natural, ecologia e conservação de algumas espécies de plantas e animais da Amazônia*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p: 283-289.

de Jong, W.W. & Zweers, A. 1980. Confirmação da relação ente peixes-bois, “hyraxes” e elefantes, por meio do estudo da proteína das lentes dos olhos. *Acta Amazonica* 10(4): 897- 902.

do Nascimento, C.C.; de Oliveira, C.A.; da Silva, V.M.F.; Felipe, E.C.G.; d’Affonseca Neto, J.A. 2002. Estimativa do período de gestação em fêmeas de peixe-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*), mantidas em cativeiro, com bases nos níveis plasmáticos de progesterona. *In: 10a Reunión de Trabajo de Especialistas em Mamíferos Acuáticos de América del Sur*. Valdivia, Chile: SOLAMAC. p 41.

Domning, D.P. 1980. Distribution and status of manatees *Trichechus* spp. near the mouth of the Amazon river, Brazil. *Biological Conservation*, 19: 85-97.

Domning, D. P. 1981. Manatees of the Amazon. *Sea Frontiers*, 27(1): 18-25.

Domning, D. P. 2002. Sirenian Evolution. *In: Perrin, W.F; Würsig, B.; Thewissen, J.G.M. (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press. USA. p.1083-1086.

Dudzinski, K.M., Thomas, J.A., Gregg, J.D. 2009. Communication in marine mammals. In: Perrin, W.F.; Würsig, B.; Thewissen (Eds.) *Encyclopedia of marine mammals - 2^a Ed.* Academic Press. London, U.K. p: 260-269

Egnor, S.E.R.; Hauser, M.D. 2004. A paradox in the evolution of primate vocal learning *Trends in Neurosciences*. 27 (11): 649-654.

Eisenberg, J.F. 1981. *The Mammalian Radiations – An Analysis of Trends in Evolution, Adaptation and Behavior*. University of Chicago Press, Chicago, USA. 610 pp.

Eisenberg, J.F. 1986. Dolphin Behavior and Cognition: Evolutionary and Ecological Aspects. In: Schusterman, R.J.; Thomas, J.A.; Wood, F.G.(Eds). *Dolphin Cognition and Behavior: a comparative approach*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. p.261- 270.

Frankell, A.S. Sound Production. In: Perrin, W.F.; Würsig, B.; Thewissen (Eds.) *Encyclopedia of marine mammals - 2^a Ed.* Academic Press. London, U.K. p: 1056-1071.

Fripp, D.; Tyack, P. 2008. Postpartum whistle production in bottlenose dolphins. *Marine Mammal Science*, 24(3): 479–502

Gallivan, G.J.; Best, R.C.; Kanwisher, J.W. 1982. Temperature regulation in the Amazonian manatee *Trichechus inunguis*. *Physiol. Zool.* 56(2):255-262.

Gallivan, G.J.; Best, R.C. 1986. The influence of feeding and fasting on the metabolic rate and ventilation of the amazonian manatee (*Trichechus inunguis*). *Physiol. Zool.* 59 (5):552- 557.

Griebel, U.; Schmid, A. 1996. Color Vision in the Manatee *Trichechus manatus*). *Vision Res.*, Vol. 36, No. 17, pp. 2747-2757.

Gould, E. 1983. Mechanisms of mammalian auditory communication. *In: Eisenberg, J.F.; Kleiman, D.G. (Eds.). Advances in the study of mammalian behavior.* The American Society of Mammalogists. Shippensburg, Pennsylvania. p: 265-336.

Harrison, R.H.; King, J.E. 1980. *Marine Mammals*, 2^a ed. Hutchinson – London.

Hauser, M.D. 1996. *The Evolution of Communication.* Cambridge, MA: Bradford/MIT Press. p: 1-10.

Hauser, M.D. 1999. Ontogeny of Communication. *In: Hauser, M.D. & Konishi, M. (Eds.). The Design of Animal Communication.* Massachusetts Institute of Technology, London, England. p. 285-291.

Janik, V.M.; Slater, P.J.B. 2000. The different roles of social learning in vocal communication. *Animal Behaviour*, 60: 1-11.

Kanwal, J. S. 1999. Processing Species-specific Calls by Combination-sensitive Neurons in an Echolocating Bat. *In: Hauser, M.D. Konishi, M. (Eds.). The Design of Animal Communication.* Massachusetts Institute of Technology, London, England. p.153-157.

Klopfer, P.H.; Adams, D.K.; Klopfer, M.S. Maternal “imprinting” in goats. 1964. *PNAS*, 52: 911-914.

Kober, M.; Trillmich, F.; Naguib, M. 2007. Vocal mother-pup communication in guinea pigs: effects of call familiarity and female reproductive state. *Animal Behaviour*, 73: 917-925.

Krützen, M.; Mann, J.; Heithaus, M.R.; Connor, R.C.; Bejder, L.; Sherwin, W.B. Cultural transmission of tool use in bottlenose dolphins. *PNAS*, 102 (25): 8939-8943.

Lorenz, K.Z. 1937. The companion in the bird's world. *The Auk*, 54(3): 245-273.

- Moore, S.E.; Ridgway, S.H. 1996. Patterns of dolphin sound production and ovulation. *Aquatic Mammals*, 22(3): 175-184.
- Marshall, C.D.; Maeda, H.; Iwata, M.; Furuta, M.; Asano, S.; Rosas, F.C.W.; Reep, R.L. 2003. Orofacial morphology and feeding behaviour of the dugong, Amazonian, West African and Antillean manatees (mammalia: Sirenia): functional morphology of the muscular-vibrissal complex. *J. Zool.* 259: 245-260.
- Morton, E.S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. *The American Naturalist*, 109(965): 17-34
- Morton, E. S. 1977. On the occurrence and significance of motivation-structural rules in some bird and mammal sound. *The American Naturalist*. 111(981): 855-869.
- Moss, C.F.; Redish, D.; Gounden, C.; Tunz, T.H. 1997. Ontogeny of vocal signals in the little brown bat, *Myotis lucifugus*. *Animal Behaviour*, 54: 131–141
- Nowak, R.M. 1991. *Walker's Mammals of the world - Fifth edition – volume II*. Johns Hopkins University Press. London, U.K. 1991. p: 1293-1302
- Nummela, S. 2009. Hearing. In: Perrin, W.F.; Würsig, B.; Thewissen (Eds.) *Encyclopedia of marine mammals - 2nd Ed*. Academic Press. London, U.K. p: 553-562.
- O'Shea, T. J.; Reep, R. L. 1990. Encephalization quocients and life-history in the sirenia. *Journal of Mammalogy*, 71(4): 534-543.
- Payne, K., Langbauer Jr., W. R. ; Thomas, E. 1986. Infrasonic calls of the Asian elephant (*Elephas maximus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 18: 297-301.
- Piggins, D.; Muntz, W.R.A.; Best, R.C.1983. Physical and morphological aspects of the eye of the manatee *Trichechus inunguis*, Natterer, 1883: (Sirenia: mammalia). *Marine Behavior & Physiology*, 9: 111-130.

- Pinheiro, J.C.; Bates, D.M. 2000. *Mixed-Effects Models in S and S – PLUS*, Springer Verlag, New York.
- Podos, J.; Peters, S.; Nowicki, S. 2004. Calibration of song learning targets during vocal ontogeny in swamp sparrows, *Melospiza georgiana*. *Animal Behaviour*. 68: 929-940.
- Podos, J.; Moseley, D.L. 2009. Vocal communication in birds. *In*: Squire, L. (Ed). *Encyclopedia of Neuroscience*, vol 10. Elsevier Press. p. 389-396.
- Poole, J.H.; Tyack, P.L.; Stoeger-Horwath, A.S.; Watwood, S. 2005. Animal behaviour: elephants are capable of vocal learning. *Nature*, 434(7032): 455-456.
- R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Ralls, K.; Mesnik, S. 2009. Sexual Dimorphism *In*: Perrin, W.F.; Würsig, B.; Theewissen (Eds.) *Encyclopedia of marine mammals - 2nd Ed.* Academic Press. London, U.K. p: 1005- 1011.
- Reep, R.L.; Bonde, R.K.. 2006. *The Florida Manatee: Biology and Conservation*. University Press of Florida, Gainesville, Florida. 189 pp.
- Reynolds III, J.E. & Odell, D.K. 1991. *Manatees and Dugongs*. Facts On File Inc., New York, USA., 192pp.
- Reiss, D.; McCowan, B.; Marino, L. 1997. Communicative and other cognitive characteristics of bottlenose dolphins. *Trends in Cognitive Sciences*. 1 (4): 140-145.
- Rodrigues, F.R.; da Silva, V.M.F.; Barcellos, J.F.M.; Lazzarini, S.M. 2008. Reproductive anatomy of the female Amazonian manatee *Trichechus inunguis*, Natterer, 1883. *The Anatomical Record*. 291:557–564.

Rodriguez, Z.M.; da Silva, V.M.F.; d’Affonseca Neto, J.A. 1999. Teste de fórmula láctea na alimentação de filhotes órfãos de peixe-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*). In: Fang, T.G.; Montenegro, O.L.; Bodmer, R.E. (Eds.) *Manejo y Conservación de Fauna Silvestre em América Latina*. Instituto de Ecologia, La Paz. Bolívia. p: 405-408.

Ronald, K.; Selley, L.J.; Amoroso, E.C. 1978. *Biological Synopsis of the manatee. Chapter 5: Structure and Function*. College of Biological Science, University of Guelph, Guelph. Ontario. IDRC. Ottawa. 219 pp.

Rosas, F.C.W. 1994. Biology, conservation and status of the Amazonian manatee *Trichechus inunguis*. *Mammal Rev.* 24(2): 49-59.

Sayigh, L.S.; Tyack, P.L.; Wells, R.S.; Scott, M.D.; Irvine, A.B. 1995. Sex difference in signature whistle production of free-ranging bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Behavior Ecology and Sociobiology*, 36:171-177

Sousa-Lima, R.S. 1999. *Comunicação Acústica em peixes-boi (Sirenia: Trichechidae): Repertório, Discriminação vocal e aplicações no manejo e conservação das espécies no Brasil*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 74pp.

Sousa-Lima, R.S. 2001. Ontogeny of individually distinct vocal patterns in manatees. *Culture in Marine Mammals Workshop. 14th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, Vancouver, Canada, p. 27.

Sousa-Lima, R.S.; Paglia, A.P.; Da Fonseca, G.A.B. 2002. Signature information and individual recognition in the isolation calls of Amazonian manatees, *Trichechus inunguis* (Mammalia: Sirenia). *Animal Behaviour*, 63: 301-310.

Sousa-Lima, R.S.; Paglia, A.P.; da Fonseca, G.A.B. 2008. Gender, age, and identity in the isolation calls of Antillean manatees (*Trichechus manatus manatus*). *Aquatic Mammals*, 34(1), 109-122

Todt, D.; Geberzahn, N. 2003. Age-dependent effects of song exposure: song crystallization sets a boundary between fast and delayed vocal imitation. *Animal Behaviour*. 65: 971-979.

Thompson, M.E. 2009. African Forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*): Vocal Behavior and its use in conservation. Tese de doutorado, Faculty of the Graduate School of Cornell University. Ithaca, NY. pp: 145.

Tyack, P. L.; Miller, E. H. (2002) Vocal anatomy, acoustic communication and echolocation. In: A. R. Hoelzel (Ed.) *Marine Mammal Biology: An Evolutionary Approach*, pp. 142–184. Blackwell Science Ltd, U.K.

Venables, W.N.; Ripley, B.D. 2002. Modern Applied statistics with S, Springer Verlag, New York.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)