

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS V JOÃO PESSOA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS SOCIAIS E APLICADAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

JESSYCA SOUZA DE OLIVEIRA

**COMPORTAMENTO E PRODUÇÃO DE SOM EM
HIPPOCAMPUS REIDI (TELEOSTEI: SYNGNATHIDAE) EM
AMBIENTES ESTUARINOS NO NORDESTE BRASILEIRO**

**JOÃO PESSOA
2014**

JESSYCA SOUZA DE OLIVEIRA

**COMPORTAMENTO E PRODUÇÃO DE SOM EM *HIPPOCAMPUS REIDI*
(TELEOSTEI: SYNGNATHIDAE) EM AMBIENTES ESTUARINOS NO NORDESTE
BRASILEIRO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Campus V da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Comportamento Animal.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Tacyana Pereira Ribeiro de Oliveira.

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Ierecê Maria de Lucena Rosa.

**JOÃO PESSOA
2014**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

O482c Oliveira, Jessyca Souza de
Comportamento e produção de som em *Hippocampus reidi*
(Teleostei: Syngnathidae) em ambientes estuarinos no
Nordeste brasileiro [manuscrito] : / Jessyca Souza de Oliveira.
- 2014.
50 p. : il. color.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2014.
"Orientação: Profa. Dr^a.Tacyana Pereira Ribeiro de Oliveira,
Departamento de Ciências Biológicas".
"Co-Orientação: Dr^a.Irecê Maria de Lucena Rosa,
Departamento de Sistemática e Ecologia/UFPB".
1. Cavalos-marinhos. 2. Bioacústica de peixes. 3. Ecologia
comportamental. I. Título.

21. ed. CDD 577

JESSYCA SOUZA DE OLIVEIRA

**COMPORTAMENTO E PRODUÇÃO DE SOM EM *HIPPOCAMPUS REIDI*
(TELEOSTEI: SYNGNATHIDAE) EM AMBIENTES ESTUARINOS NO NORDESTE
BRASILEIRO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Campus V da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Comportamento Animal.

Aprovada em: 03/12/2014.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Tacyana Pereira Ribeiro de Oliveira (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Thelma Lúcia Pereira Dias
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Antonio da Silva Souto
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Aos meus avós maternos (*in memoriam*):

Jayme Felisbelo e Maria de Lourdes.

À minha *soul sister*; Gersi Nascimento.

AGRADECIMENTOS

Devo em primeiro lugar agradecer a quem tornou tudo isso possível. Obrigada, Deus, por ter permitido que meu sonho se tornasse realidade.

Agradeço à minha mãe, Denise, por ter feito o possível e o impossível para que eu pudesse ter a base, suporte, para seguir nessa caminhada. Mãe, eu te amo e devo tudo que eu tenho e sou a ti. Agradeço às minhas irmãs Maria Clara, Jullyana e Flávia pelo apoio, por acreditarem em mim, pelos momentos de lazer e por me ensinarem muito da vida e de genética também.

Meus sinceros agradecimentos à minha orientadora Tacyana Pereira Ribeiro de Oliveira, por me aceitar já nos últimos minutos do segundo tempo. Obrigada por ter me apresentado à essa maravilha que é a bioacústica e pela paciência (que não foi pouca). Hoje eu estou feliz por fazer o que eu amo e eu devo muito a ti por isso. Já aproveito para agradecer à Fundação Tacyana Oliveira pelo financiamento e confiança que foram investidos em mim. E, obviamente, a todos os momentos de comilança, passeios, presentes, de música boa compartilhada, os lindos e inesquecíveis dias em campo, eu serei eternamente grata por tudo isso e um bocado de coisas mais.

Agradeço a Rômulo por ter sido corajoso o suficiente para emprestar o carro para irmos ao campo. É preciso coragem para isso Rômulo, muito obrigada.

À Ierecê Lucena Rosa pela oportunidade, pelo apoio e suporte. Muito obrigada, professora, por ter permitido a minha entrada no mundo maravilhoso do LAPEC.

Preciso agradecer a uma outra pessoa fundamental nesse trabalho. O trabalho é nosso Camilla, vulgo Camis. Responsável por quase todos os vídeos, dona de uma habilidade incrível de filmar e fotografar. Camis, amiga, muito obrigada. Você entrou nessa junto comigo e um dia falamos que estaríamos juntos em toda e qualquer situação, e de fato estamos. Obrigada por ser minha parceira em tudo. Você é a minha horcrux. E agora você sabe que isso é bom.

A Thaylan Moura por todo apoio e suporte. Por todas as idas ao hospital. Por cuidar de mim. Por ter ido para Diogo Paraíso Lopes comigo. Você tem sido peça fundamental. Obrigada por ser um excelente namorado. E amigo, eu amo você.

À minha soul sister, Gersi Nascimento, eu não conseguiria agradecer aqui tudo que você já fez por mim. Não é à toa que eu te dedico este trabalho, é um sonho nosso. Eu te amo. Obrigada pela sua irmandade, eu não estaria aqui se não fosse, também, por você. Sinta-se responsável por essa realização.

Aos meus professores da graduação, tenho muito que agradecer. O amor que todos vocês demonstram nas aulas e a empolgação, mesmo sem estrutura, com as pesquisas despertaram em mim vontade de ser um pouco de cada um de vocês. Em especial agradeço à Brígida pela amizade e conselhos que levarei pelo resto da vida e à Daniela Pontes por ter sido um exemplo pra mim, muito obrigada.

Aos meus amigos de sala, Alan, Alisson, Nathalia, Lays, Thuanny, Jéssica e Isadora que são fundamentais na minha vida. Devo agradecer por toda preocupação, carinho, amizade, palavras de conforto, por terem ficado ao meu lado nos momentos difíceis. Em especial à Isadora Luna (Ace todo branco fosse assim), em ti encontrei mais que uma colega de turma. Você me apresentou “n” coisas e eu serei eternamente grata. Sua amizade é muito importante pra mim. Obrigada por ter participado desses 4 anos da minha vida. E à Nathalia Oliveira, por ter permitido que uma amizade entre pessoas tão diferentes fosse possível. Eu amo você, amiga.

Aos meus queridos do LAPEC. Minha gente, vocês são demais. Netinho, Kass, Ju, Lari, Gabi, Aline, Rebeca, Camis, Lua, Paty, Rodis (eterno lapequeiro), João, Shaka

(Gordin), Gita (brother), Adriana, Tacy, Josias, Carlos e Ierecê, vocês habitam meu coração. Obrigada por todas as madrugadas, as comilanças e as idas à Soraia compartilhadas. Sem vocês o mundo é menos colorido. Em especial, especialíssimo, gostaria de agradecer aos meus queridos que se dispuseram a ir pro campo comigo ou com Camis, muito, muito, muito obrigada, gente. Em especial, também, ao gordin Shaka pelos conhecimentos bioacústicos compartilhados. Como também livros e experiências de vida. Valeu, Gordin.

Às minhas amigas de laboratório do LECOMP, Nathalia, Adriana, Mayara e Camis (mais uma vez), muito obrigada gente pelo apoio e carinho.

Aos amigos que levarei na bagagem, Dani Dantas, Matheus Barbosa, Lari Regis, Camis (que apareceu 600 vezes já), muito obrigada pela amizade de vocês todos os momentos que passamos juntos são incríveis e vocês fazem parte de toda essa conquista, afinal de conta ninguém caminha sozinho.

Agradecer a Antônio Souto por nos acompanhar em campo e participar das nossas aventuras; a Walter Lechner, que foi um querido durante o último campo em Pernambuco. Muito obrigada, Walter, por disponibilizar seu *tablet* para aprimoramento do meu inglês, obrigada por “nossas” conversas e pelos doces compartilhados.

Preciso agradecer aos simpáticos e adoráveis pescadores que tanto me ajudaram em campo: obrigada, Seu Neco, Seu Arlindo, aos meninos de Diogo Lopes, à Daicinho e a Michele, por toda simpatia em me receber, pelas ajudas com os galões de água, e a Elinho.

Como também agradeço à APA de Guadalupe, APA da Barra do Rio de Mamanguape e a RDS Ponta do Rio Tubarão, que da coordenação ao segurança, sempre com muita boa vontade e simpatia, disponibilizaram os alojamentos para nós. Muito obrigada.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), que autorizou o uso do alojamento da APA da Barra do Rio Mamanguape; à Companhia Pernambucana de Poluição Ambiental e de Administração de Recursos Hídricos (CPRH – PE) e ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA– RN) e ao Conselho Gestor da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão (RDSEPT), pela autorização para realização da pesquisa na APA de Guadalupe e RDS Ponta do Rio Tubarão, respectivamente.

Aos professores Antônio Souto e Thelma Dias por aceitarem participar da banca, muito obrigada!

À Universidade Estadual da Paraíba pelo financiamento de parte desse trabalho através do projeto de PIBIC cota 2013-2014.

Vocês ficam me olhando como quem quer me pegar
Filmando e gravando tudo, não me deixa trabalhar
Bem na hora no almoço vocês vêm me incomodar
Vem gente bem de pertinho e também de outros lugares
Moro na margem do rio, na raiz do manguezal,
As moças da Paraíba também vêm me prestigiar
Eu sou o cavalo-marinho
Que vocês viam falar.”

Seu Neco

RESUMO

Os cavalos-marinhos (gênero *Hippocampus*) são considerados modelos para o estudo de padrões comportamentais devido a suas características evolutivas, morfológicas e biológicas peculiares. A capacidade de produzir sons por esses animais tem sido associada a diferentes contextos comportamentais, mas estudos específicos acerca do comportamento acústico de cavalos-marinhos em ambiente natural são escassos. O presente trabalho teve como objetivo descrever os padrões comportamentais e a produção de sons na espécie *Hippocampus reidi*. Os dados foram obtidos através de buscas intensivas e observações subaquáticas nos estuários do Rio Tubarão (RN), do Rio Mamanguape (PB) e do Rio Formoso (PE); cada cavalo-marinho avistado (38 indivíduos: 14 fêmeas, 13 machos e 11 jovens de sexo não identificável) foi filmado e observado por 30 minutos, com gravação de áudio simultânea, utilizando-se o método animal focal. Os animais também foram gravados durante três minutos no contexto de estresse por manuseio. O comportamento de repouso foi o mais frequentemente registrado (47%) e o que possuiu maior duração (54,8%). Adicionalmente, foram registrados comportamentos reprodutivos e de interação agonística, sendo este o primeiro registro para a espécie em ambiente natural. Os cavalos-marinhos produziram cliques (alimentares, agonísticos, e durante estresse por manuseio) e rufos (apenas durante o manuseio), não sendo registrada diferença nos parâmetros dos sons entre as populações estudadas. Os cliques alimentares apresentaram média de duração de $12 \pm 0,8$ ms e $598,9 \pm 80,6$ Hz de frequência dominante; os cliques agonísticos apresentaram duração de $15,5 \pm 0,9$ ms e frequência dominante de $432,5 \pm 16,6$ Hz, e foram produzidos durante o comportamento agonístico. Quanto aos rufos (frequência dominante: $112,7 \pm 3$ Hz; duração: $23,4 \pm 1,2$ ms), foram registradas duas variações, com frequência e duração distintas, sugerindo que os cavalos-marinhos podem modificar a estrutura desses sons. As características dos cliques e rufos se mostraram semelhantes entre os sexos e os estágios de vida dos cavalos-marinhos. Entretanto, foi verificado que as características dos cliques alimentares podem ser importantes para a identificação individual.

Palavras-Chave: cavalos-marinhos, bioacústica de peixes, ecologia comportamental.

ABSTRACT

Seahorses (*Hippocampus* spp.) are considered models for behavioural studies due to their unique evolutionary, morphological and biological characteristics. The capability to produce sounds has been associated with different behavioural contexts in seahorses, although specific studies concerning their acoustic behavior in the wild are scarce. The present work aimed to describe the behaviour and the production of sounds in *Hippocampus reidi*. Data was gathered through underwater observations in the estuaries of Rio Tubarão (RN), Rio Mamanguape (PB) and Rio Formoso (PE); each seahorse sighted (38 individuals: 14 females, 13 males and 11 with undetermined sex) was filmed and observed per 30 minutes, with simultaneous audio recordings, using the focal animal method. The animals were also recorded during three minutes in a stress situation (handling). Resting was the most recorded behaviour, both in terms of frequency of observations (47%) and duration (54,8%). Moreover, we also recorded reproductive behaviours and of agonistic interactions, the latter being described for first time for the species in the wild. Seahorses produced clicks (in the contexts of feeding, stress and agonistic interactions) and growling sounds (during handling only), and were similar in characteristics among the studied populations. Feeding clicks had a mean duration of $12 \pm 0,8$ ms and $598,9 \pm 80,6$ Hz dominant frequency; agonistic clicks presented a duration of $15,5 \pm 0,9$ ms and dominant frequency of $432,5 \pm 16,6$ Hz and were produced in association with the agonistic behaviour. Growling sounds (dominant frequency: 112 ± 3 Hz; duration: $23,4 \pm 1,2$ ms) presented two variations with distinct frequencies and duration, suggesting that seahorses are capable of modifying those sounds structure. The characteristics of clicks and growling sounds were similar among sex and life stages of seahorses. Nevertheless, feeding clicks might convey information on individual identification.

Keywords: seahorses, fish bioacoustics, behavioral ecology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Desenho esquemático do crânio do cavalo-marinho *Hippocampus zosterae*, sendo destacados (em cinza) os ossos do crânio responsáveis pela produção de cliques alimentares (SO = supraoccipital; C = coroa) (modificado de Colson *et al.*, 1998).....20
- Figura 2.** Espécime de *Hippocampus reidi* (fêmea) no estuário do Rio Tubarão – RN. Foto: J.S. Oliveira.....23
- Figura 3.** Mapa do Brasil com as áreas de estudo do presente trabalho, nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (A). Pontos de coleta do estuário do Rio Tubarão (B), do Rio Mamanguape (C) e estuário do Rio Formoso (D).....25
- Figura 4.** Exemplos de comportamentos observados em *Hippocampus reidi* em ambientes estuarinos do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. (A) Repouso, (B) natação, (C) cópula e (D) comportamento agonístico. Fotos: acervo LECOM/P / UEPB.....28
- Figura 5.** Frequências relativas dos comportamentos apresentados pelas fêmeas (A), jovens de sexo indeterminado (B) e machos (C) de *Hippocampus reidi* nos estuários do Rio Tubarão (RN), Rio Formoso (PE) e Rio Mamanguape (RN).....31
- Figura 6.** Sonograma (A), oscilograma (B) e espectro de energia (*cepstrum* – linha vermelha) (C) de um clique alimentar produzido por um indivíduo de *Hippocampus reidi* (macho), no estuário do Rio Tubarão, RN. A frequência dominante de 530 Hz está indicada pela seta.....34
- Figura 7.** Sonograma (A), oscilograma (B) e espectro de energia (*cepstrum* – linha vermelha) (C) de um clique agonístico produzido por um indivíduo de *Hippocampus reidi* (macho), no estuário do Rio Formoso, PE. A frequência dominante de 416 Hz está indicada pela seta.....35
- Figura 8.** Sonograma (A), oscilograma (B) e espectro de energia (*cepstrum* – linha vermelha) (C) de uma sequência de rufo de pulsos curtos produzido por um indivíduo de *Hippocampus reidi* (jovem), no estuário do Rio Tubarão, RN. A frequência dominante de 132 Hz está indicada pela seta.....38

Figura 9. Sonograma (A), oscilograma (B) e espectro de energia (*cepstrum* – linha vermelha) (C) de uma sequência de rufo de pulsos longos produzido por um indivíduo de *Hippocampus reidi* (jovem), no estuário do Rio Tubarão, RN. A frequência dominante de 101 Hz está indicada pela seta.....39

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Comportamentos apresentados por *Hippocampus reidi* nos estuários do Rio Tubarão (RN), do Rio Formoso (PE) e do Rio Mamanguape (PB). Baseado em Anderson (2009), Vincent (1994) e Oliveira *et al.* (2014), com modificações29
- Tabela 2.** Características gerais dos cliques alimentares produzidos por *Hippocampus reidi* nos estuários do Rio Tubarão (RN), do Rio Mamanguape (PB) e do Rio Formoso (PE). Dados apresentados como média \pm e.p. (amplitude de valores) n = número de cavalos-marinhos33
- Tabela 3.** Parâmetros analisados para rufos de pulsos longos produzidos por *Hippocampus reidi* durante situação de estresse por manuseio nos estuários do Rio Tubarão (RN), Rio Formoso (PE) e Rio Mamanguape (PB). Dados apresentados como média \pm e.p. (amplitude de valores); n = número de cavalos-marinhos utilizados36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cm	Centímetro
F	Fêmea
FONP	Fêmea com ovopositor não proeminente
FOP	Fêmea com ovopositor proeminente
Hz	Hertz
IUCN	União Internacional para a Conservação da Natureza
M	Macho
MBNP	Macho com bolsa não proeminente
MBP	Macho com bolsa proeminente
ms	Milissegundos
NI	Não identificável
S	Segundos

LISTA DE SÍMBOLOS

- % Porcentagem
- °C Graus Celsius

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	17
2.1. Cavalos-marinhos.....	17
2.2. Produção de sons por peixes.....	19
2.3. Produção de sons por cavalos-marinhos.....	20
3. OBJETIVOS	22
2.1. Objetivo geral.....	22
2.2. Objetivos específicos.....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1. Espécie foco.....	23
4.2. Áreas de estudo.....	23
4.3. Amostragem.....	25
4.4. Gravação dos sons.....	25
4.4.1. Análise dos sons.....	26
4.5. Análise dos dados.....	27
5. RESULTADOS	28
5.1. Comportamentos apresentado por <i>Hippocampus reidi</i>	28
5.2. Produção de som por <i>Hippocampus reidi</i>	32
6. DISCUSSÃO	40
7. CONCLUSÃO	44
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

A comunicação baseada na sinalização acústica é especialmente importante em ambientes com restrição de visibilidade, como no caso de muitos ambientes aquáticos (HAWKINS & MYBERG, 1983). A água é um excelente meio para transmissão sonora devido à atenuação lenta e propagação rápida do som, constituindo campos acústicos mais extensos que os campos acústicos do ar (KASUMYAN, 2008).

Os animais usam sinais acústicos para transmitir diferentes tipos de informação, tais como a identidade da espécie, prontidão sexual ou motivação agressiva, posse territorial e identificação individual (AMORIM et al., 2010). Somando-se a isso, existem órgãos de detecção sonora em todas as espécies de peixes (LADICH, 2010).

Os peixes utilizam os sons obter informações acerca do meio ambiente no qual estão inseridos, de presas, como fontes de alimento e predadores (LADICH, 2000; BRADBURY & VEHRENCAMP 1998; POPPER et al. 2003; LADICH & MYRBERG 2006). Portanto, o entendimento desses padrões de comunicação sonora e a sua associação com o contexto comportamental é essencial para compreensão dos processos que podem afetar as populações desse grupo. Todos os comportamentos associados à produção de sons dentro de contextos que influenciam o sucesso da população pode, indiretamente, afetar as taxas de crescimento populacional (LAILOLO, 2010).

Um dos focos abordados recentemente através de estudos de bioacústica são os aspectos conservacionistas (e.g., BUCHHOLZ 2007; CARO 2007; LAIOLO 2010), sendo ainda mais relevantes no caso de espécies ameaçadas (ver HASTINGS & POPPER 2005), como é o caso dos cavalos-marinhos. Estes animais constam em listas de espécies ameaças e sofrem com a constante fragmentação de habitat natural. Adicionalmente, possuem características morfológicas, história de vida e comportamentos singulares (ver FOSTER & VINCENT, 2004), os quais os tornam organismos modelos para o estudo de padrões comportamentais, proporcionando uma perspectiva única ao estudo do comportamento acústico em peixes.

Alguns estudos (e.g. ANDERSON, 2009; OLIVEIRA, 2011; OLIVEIRA et al., 2014) sugerem que o comportamento acústico dos cavalos-marinhos possui importante função na manutenção de pares reprodutivos, na identificação de indivíduos sexualmente maduros ou, também, para escapar de predadores (OLIVEIRA et al., 2014). Assim a comunicação social facilita tais comportamentos importantes na vida desses animais, e a intervenção antropogênica pode gerar problemas em níveis populacionais, reduzindo a sobrevivência

individual (LAIOLO et al., 2007; LAIOLO & TELLA, 2008). Desta forma, o entendimento acerca do comportamento animal desse grupo é de extrema importância para a compreensão de uso de hábitat, alimentação e reprodução desses animais, principalmente em termos de informações acerca de padrões comportamentais em ambiente natural, que constituem, portanto, dados relevantes para conservação e manejo de suas populações.

Este trabalho objetivou analisar o comportamento e a produção de som do cavalo-marinho *Hippocampus reidi* em três estuários no nordeste brasileiro, com base nas seguintes perguntas: (1) qual o repertório acústico de *H. reidi* em ambiente natural? (2) Há variação nos parâmetros sonoros da espécie nos diferentes estuários estudados?

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cavalos-marinhos

Os cavalos-marinhos (gênero *Hippocampus*) são peixes ósseos os quais, juntamente com os peixes-cachimbo, cavalos-cachimbo e dragões-marinhos, compõem a família Syngnathidae, totalizando 56 gêneros e 298 espécies (FROESE & PAULY, 2014).

Os membros desta família apresentam dentre várias características, o corpo composto por uma série de anéis ósseos, ausência de escamas, boca localizada na extremidade de um focinho tubular e cuidado parental exercido exclusivamente pelos machos (LOURIE et al., 1999; NELSON 2006). Em relação ao gênero *Hippocampus*, os animais se caracterizam pela presença de uma cauda preênsil, pela posição da cabeça formando um ângulo reto em relação ao eixo do corpo e pela presença de uma bolsa incubadora nos machos (FOSTER & VINCENT 2004; KUITER, 2009; LOURIE et al., 1999).

Os cavalos-marinhos ocorrem de forma esparsa no ambiente, com distribuição que abrange águas tropicais e temperadas, entre as latitudes 50°N e 50°S (LOURIE et al., 1999, 2004). Geralmente habitam ambientes costeiros, principalmente recifes e manguezais, em associação com bancos de algas e fanerógamas, corais, raízes de mangue, como também podem utilizar substratos artificiais, como píeres de madeira e cultivos de ostras (SANTOS & SOUZA-CONCEIÇÃO, 2008) abrigos ou organismos associados a estes (DIAS & ROSA, 2003; LOURIE et al., 2004). Em geral são encontrados em áreas mais rasas, com menos de 10 cm de profundidade (e.g. ROSA et al., 2007), como também podem ser encontrados em profundidades maiores, de até 100 m (FOSTER & VINCENT 2004).

Um comportamento característico desses peixes quanto à utilização do habitat é a camuflagem, uma vez que apresentam grande variação nos padrões de colorido, como também, em algumas espécies, há o desenvolvimento de filamentos dérmicos ao longo do corpo de acordo com o ambiente em que se encontram. (ROSA et al., 2007; FOSTER & VINCENT 2004) Desta forma, a camuflagem provavelmente contribui para maior sucesso na captura de presas (crustáceos e outros invertebrados) e como estratégia para evitar a predação (siris e peixes pelágicos) (FOSTER & VINCENT, 2004; GILL, 1905; LOURIE et al., 1999).

A captura de presas para alimentação é um dos comportamentos de cavalos-marinhos que está associada ao uso do habitat. O comportamento compreende cinco fases (inspeção, orientação visual, aproximação, posicionamento e clique) e parte delas (posicionamento e o clique) requer o uso de substrato de apoio por esses animais. Esse comportamento pode ainda

ser influenciado pela cobertura vegetal do ambiente no qual o animal está inserido e quanto à disponibilidade de luz, visto que a frequência na taxa de alimentação é proporcionalmente direta luminosidade (FELÍCIO et al., 2006). A última fase (“clique”) é caracterizada pela produção de um som análogo ao estalar de dedos.

Os comportamentos relacionados à reprodução também são bastante marcantes no grupo dos cavalos-marinhos. Esses animais apresentam comportamentos de corte bastante complexos, tais como o comportamento de inflar a bolsa, comportamento exclusivo dos machos, natação paralela, macho e fêmea nadam lado a lado esbranquiçando ambos a coloração e ascensão onde os animais nadam em direção à superfície na coluna d’água (MASONJONES & LEWIS 1996; VINCENT 1994).

Além disso, os machos são responsáveis pelo cuidado parental, cabendo a eles as funções de fecundação, oxigenação, nutrição e proteção dos óvulos depositados pela fêmea na bolsa incubadora, até o nascimento dos filhotes (FOSTER & VINCENT, 2004). Nas espécies estudadas de *Hippocampus* (*H. fuscus* VINCENT, 1994; *H. whitei* VINCENT, 1995 e *H. zosterae* MASONJONES & LEWIS 1996), foi verificada a monogamia pelo menos durante um ciclo reprodutivo (FOSTER & VINCENT 2004).

Arelado a essa fidelidade ao companheiro, outras características singulares da história de vida dos cavalos-marinhos, como baixa mobilidade e densidade populacional, fidelidade de sítio, tornam-nos espécies vulneráveis às ações antrópicas (FOSTER & VINCENT, 2004). Todo o gênero *Hippocampus* encontra-se listado no Apêndice II da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Fauna e Flora Silvestres Ameaçadas de Extinção (CITES), o que prevê que os países signatários (como o Brasil) garantam que o comércio internacional não é prejudicial às populações naturais; a maioria, 38 das 48 das espécies de cavalos-marinhos, está incluída na Lista Vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) com “deficiente de dados”. Tais listagens são resultados do fato desses animais se encontrarem globalmente ameaçados em decorrência de captura incidental em redes de pesca, de um intenso comércio que compreende pelo menos 90 países, além da destruição de habitat (VINCENT et al., 2011).

No âmbito nacional, *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933, espécie foco deste trabalho, figura nas Listas de Espécies Ameaçadas dos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ 2007; MAZZONI et al., 2000; GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO 2005; GOVERNO DE SÃO PAULO, 2009). Além disso, consta no Anexo II (Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Sobre-explotadas ou Ameaçadas de Sobre-exploração) da IN no. 5 de 21

de maio de 2004 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004). Listagem esta que resultou na publicação da Proposta de Plano de Gestão para o Uso Sustentável de Cavalos-Marinheiros do Brasil (DIAS-NETO, 2011) com informações acerca desses animais que podem servir de embasamento para aplicação e/ou aprimoramento de políticas públicas voltadas para conservação desses peixes no país.

2.2. Produção de sons por peixes

Diversos animais utilizam-se da produção de som, entre os demais sistemas de comunicação, para transmitir informações (BRADBURY & VEHRENCAMP, 1998). Dentre os que usam a comunicação sonora para transmitir informações, os peixes destacam-se como, provavelmente, o maior grupo a produzir sons (LADICH, 2004).

Os sons são produzidos em diversos contextos comportamentais (MYBERG, 1981), como agonístico (e.g. LADICH, 1997; AMORIM et al., 1996; SIMÕES et al., 2008), corte (e.g. AMORIM et al., 1996; OLIVEIRA et al., 2014; AMORIM & NEVES, 2007); estresse (e.g. OLIVEIRA et al., 2014, ANDERSON, 2009; FISH & MOWBRAY, 1970; LADICH, 1997), alimentação (e.g. COLSON et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2014; FISH & MOWBRAY, 1970; AMORIM & HAWKINS, 2005) e defesa territorial (e.g. AMORIM & NEVES, 2008; VASCONCELOS et al., 2009; KASUMYAN, 2009).

Os peixes teleósteos formam o grupo com a maior diversidade de mecanismos de produção de sons dentre os vertebrados (BASS & LADICH, 2008). A maioria dos mecanismos sonoros conhecidos neste grupo é produzida de duas formas principais: estridulação, que ocorre através da fricção de elementos ósseos, tais como dentes ou espinhos das nadadeiras; e vibração da bexiga natatória, através da rápida contração de músculos especializados, que contraem e estendem este órgão, resultando na emissão de som (BASS & LADICH, 2003; BASS & LADICH, 2008).

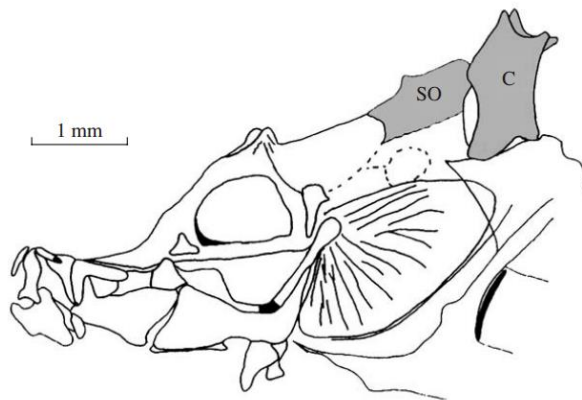
A estridulação gera pulsos não harmônicos que variam, quanto à frequência, até alguns kHz. Os sons de origem estridulatória podem ou não ser especializados geralmente associados à alimentação (KASUMYAN, 2008), como no caso dos cavalos-marinheiros. A vibração da bexiga natatória produz sons de baixa frequência (menos de 1 kHz) (FINE et al., 1977; LADICH, 2004; LADICH & BASS, 2003; AMORIM, 2006; LADICH & FINE, 2006). Desta forma, as características dos sons vão depender, basicamente, do mecanismo de produção de som utilizado (FISH & MOWBRAY, 1970).

2.3. Produção de sons por cavalos-marinhos

A capacidade de produzir sons é uma das peculiaridades ainda pouco estudadas no gênero *Hippocampus*. O primeiro registro da provável produção de som pelos cavalos-marinhos data do século XIX (DUFOSSÉ, 1874) e desde então os estudos foram raros e específicos para algumas espécies, *Hippocampus reidi* (OLIVEIRA et al., 2014), *Hippocampus hippocampus* (DUFOSSÉ, 1874), *Hippocampus erectus* (FISH & MOWBRAY, 1970; COLSON et al., 1998; ANDERSON, 2009; ANDERSON et al., 2011), *Hippocampus zosterae* (COLSON et al., 1998) e *Hippocampus kuda* (CHAKRABORTY et al., 2014; HARIS et al., 2014).

Uma das formas de produção de som nesse grupo se dá pela fricção entre ossos do crânio, especificamente o supraoccipital e a coroa (Figura 1), caracterizado por ser um mecanismo estridulatório (COLSON et al., 1998; FISH & MOWBRAY, 1970), resultando em um clique que se assemelha a um estalar de dedos.

Figura 1. Desenho esquemático do crânio do cavalo-marinho *Hippocampus zosterae*, sendo destacados (em cinza) os ossos do crânio responsáveis pela produção de cliques alimentares (SO = supraoccipital; C = coroa) (modificado de COLSON et al., 1998).



Os cliques emitidos pelos cavalos-marinhos foram descritos em diversos contextos comportamentais, principalmente durante a alimentação (e.g., GILL, 1905, JAMES & HECK, 1994, BERGET & WAINRIGHT, 1997, FELÍCIO et al., 2006, ANDERSON, 2009, OLIVEIRA et al., 2014), embora sua função permaneça incerta, uma vez que não estão associados ao sucesso na captura (ANDERSON, 2009) e também não são exclusivos à

ingestão das presas (OLIVEIRA et al., 2014). Os cliques também foram registrados quando esses peixes foram introduzidos a um novo ambiente (FISH, 1953) e durante o comportamento de corte, podendo ser importantes para a manutenção de pares reprodutivos, em situação de estresse e em interações agonísticas (macho-macho) de disputa por parceiro sexual (ANDERSON, 2009; OLIVEIRA et al., 2014).

Assim como a maioria dos peixes sonoros, que são capazes de produzir sons quando capturados, manuseados ou ameaçados (LADICH & MYBERG, 2006), os cavalos-marinhos produzem sons pulsados de baixa frequência (<200 Hz), denominados rufos, quando estão sob condições de estresse (OLIVEIRA et al., 2014). Embora apresentem características físicas (sequências de pulsos curtos e repetitivos) típicas de sons que são produzidos pela vibração da bexiga natatória (FINE et al., 1977; LADICH, 2004; LADICH & BASS, 2003; AMORIM, 2006; LADICH & FINE, 2006), os rufos provavelmente são produzidos pela contração de músculos esqueléticos (DUFOSSÉ, 1874). Os rufos provavelmente são perceptíveis apenas a curta distância, anulando a hipótese de constituírem uma chamada de alarme (OLIVEIRA et al., 2014). Entretanto, por serem acompanhados por vibrações sincronizadas do corpo dos animais, como também observado por Anderson (2009), Oliveira *et al.*, (2014) e Dufossé (1874), sendo assim, os rufos podem servir como mecanismos adicional para evitar predação.

Vale ressaltar, porém, que a produção de sons a partir de dois mecanismos distintos é pouco comum em peixes. Apenas alguns grupos de bagres (Pimelodidae, Doradidae, Ariidae e Mochokidae) emitem sons tanto através da vibração da bexiga natatória como também sons estridulatórios a partir de espinhos das nadadeiras peitorais (LADICH & BASS, 2003; AMORIM, 2006).

Destaca-se que, à exceção de Oliveira (2011), todos os outros trabalhos acerca da produção de sons por cavalos-marinhos foram realizados em cativeiro. Desta forma, este trabalho contribuirá com informações inéditas acerca deste comportamento em ambiente natural, de forma a verificar e comparar os padrões apresentados pela espécie nesses contextos.

3 OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral:

O presente trabalho teve como objetivo descrever o comportamento e a produção de som na espécie *Hippocampus reidi* em ambientes estuarinos no nordeste brasileiro, bem como verificar se há variação nas características dos sons desta espécie, ampliando o conhecimento acerca da bioacústica no gênero *Hippocampus*.

3.2. Objetivos Específicos:

- Descrever e caracterizar os sons produzidos pelos cavalos-marinhos em estuários de três estados do nordeste brasileiro (Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco), em diferentes contextos comportamentais;
- Analisar os padrões comportamentais nos diferentes contextos de gravação entre as populações amostradas;
- Comparar o comportamento e as características dos sons produzidos pelos cavalos-marinhos nas áreas amostradas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Espécie foco

Hippocampus reidi Ginsburg, 1993 (Figura 2) é uma das espécies com registro de ocorrência para o Brasil (ROSA et al., 2005). Apresenta distribuição do Amapá ao Rio Grande do Sul (DIAS-NETO, 2011), sendo principalmente encontrada na região Nordeste do país (ROSA et al., 2007).

A espécie possui um repertório acústico composto por dois tipos de sons, cliques e rufos, ambos descritos recentemente por Oliveira et al. (2014). Os cliques constituem sons de banda larga de frequência (*broadband sounds*) e são associados à alimentação, em sua maioria, mas também ao comportamento de corte. Os rufos são sons ritmados e de baixa frequência (< 200 Hz) produzidos quando os animais são manuseados (situação de estresse).

Figura 2. Espécime de *Hippocampus reidi* (fêmea) no estuário do Rio Tubarão – RN. Foto: J.S.Oliveira.



4.2. Áreas de estudo

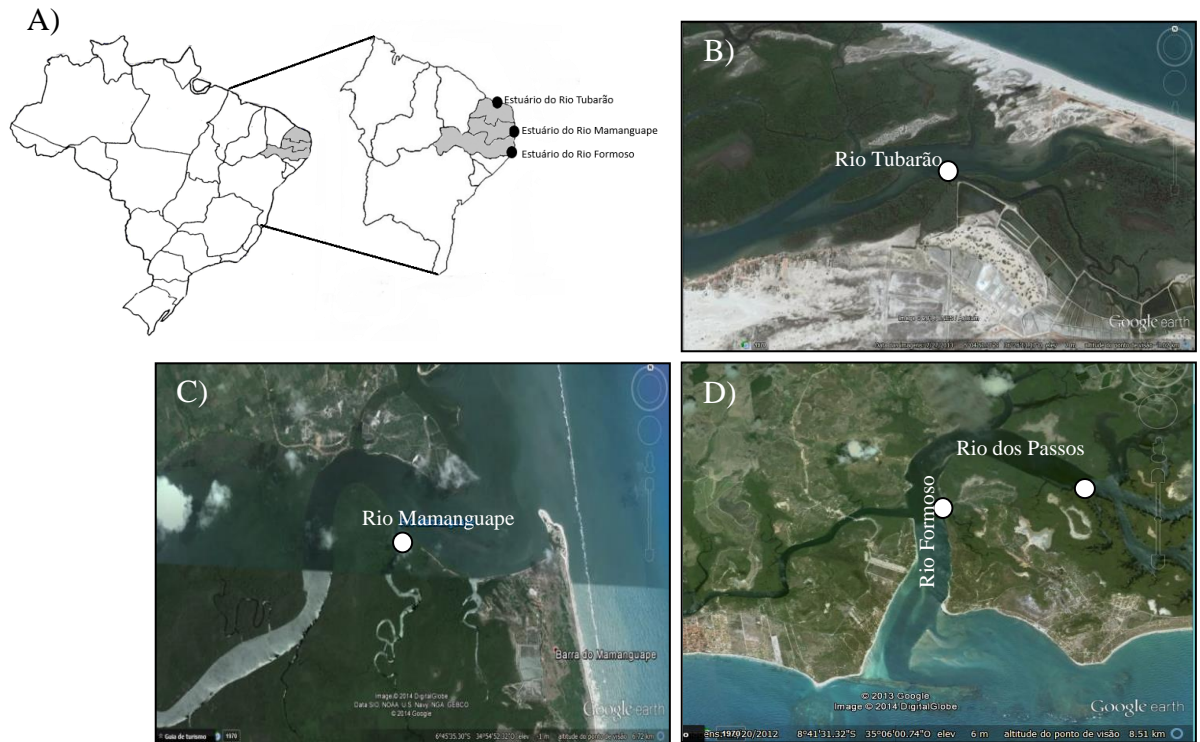
As amostragens foram realizadas em três estados, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Paraíba (Figura 3). No Rio Grande do Norte, as coletas de dados foram realizadas na Camboa do Marinheiro no estuário do Rio Tubarão (36°26'12" W, 5°04'47" S) nos meses de novembro/2013, janeiro/2014 e outubro/2014 em períodos de maré baixa. O estuário do Rio

Tubarão está inserido, desde 2003, nos limites da Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Ponta do Tubarão. As margens do Rio Tubarão são cobertas por *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Rhizophora mangle* (DIAS et al., 2007), sendo essa última a espécie predominante no ponto amostral do presente estudo. O estuário do Rio Tubarão é característico por ser um estuário inverso, onde não possui o aporte de água doce através de uma nascente; o aporte é proveniente dos lençóis freáticos e da chuva. Com a taxa de evapotranspiração mais elevada que a de precipitação, com o aporte de água doce baixo e adicionalmente as características do clima predominante, seco e quente, o estuário do Rio Tubarão apresenta valores altos de salinidade, sendo um ecossistema hipersalino (PRITCHARD, 1967; VALLE-LEVINSON, 2010). A temperatura média da água local de estudo foi de $28,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, salinidade média de $46,1 \pm 0,2$ e profundidade dos pontos de amostragem foi de $47,4 \pm 3,8$ cm.

Em Pernambuco, as amostragens foram realizadas no estuário do Rio Formoso ($35^{\circ}05'53''$ W, $8^{\circ}39'43''$ S), que se localiza no sul do estado, e é formado principalmente pelos rios dos Passos e Formoso. As coletas de dados ocorreram nos meses de abril/2014, julho/2014 e setembro/2014 em condições de maré baixa. Este estuário encontra-se inserido nas Áreas de Proteção Ambiental (APAs) estaduais de Guadalupe e Sirinhaém e é margeado por manguezais compostos por *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Rhizophora mangle* (ROSA et al., 2007), sendo *Rhizophora mangle* a espécie predominante nos pontos amostrais. A temperatura média da água foi de $28,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, a salinidade, $31,8 \pm 0,4$, e a profundidade nos pontos de coleta, $43,9 \pm 6,6$ cm.

No estado da Paraíba, os dados foram coletados no estuário do Rio Mamanguape ($34^{\circ}56'35''$ W, $6^{\circ}46'18''$ S), cuja foz encontra-se inserida Área de Proteção Ambiental (APA) Barra do Rio Mamanguape. As coletas de dados foram realizadas durante a baixamar nos meses de maio/2014 e outubro/2014. As margens do rio, na altura do ponto amostral, também são predominantemente cobertas pela espécie *Rhizophora mangle*. A temperatura média registrada foi de $29,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, a salinidade, $29,3 \pm 0,4$, e a profundidade local, $30 \pm 3,5$ cm.

Figura 3. Mapa do Brasil com as áreas de estudo nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (A). Pontos de coleta do estuário do Rio Tubarão (B), do Rio Mamanguape (C) e estuário do Rio Formoso (D).



4.3. Amostragem

Os dados foram obtidos através de observações subaquáticas por meio de mergulho livre, durante a maré baixa. Os cavalos-marinhos foram localizados através de buscas intensivas; no local de cada avistagem, foram aferidos os seguintes parâmetros abióticos: tipo de sedimento, profundidade inicial e final do indivíduo, temperatura superficial da água, salinidade e transparência da água.

4.4. Gravações dos sons e caracterização dos indivíduos

Para a gravação dos sons, foi utilizado um hidrofone modelo SQ26-08 (frequência de captação de 0,030 a 30 kHz; sensibilidade: -193 dBVre 1V/ μ Pa, *Cetacean Research Technology*) acoplado a um gravador digital portátil (Sony PCM-M10; taxa de amostragem de 96 kHz, 24bits). Cada sessão de gravação foi simultaneamente filmada com uma câmera Panasonic modelo DMC-TS5. Cada cavalo-marinho avistado foi observado utilizando-se o

método animal focal (LEHNER, 1996), durante 30 minutos (adaptado de FELÍCIO et al., 2006), com o hidrofone posicionado entre 10 e 20 cm do indivíduo-foco.

Após cada sessão de observação, o indivíduo-foco foi capturado manualmente e mantido imóvel (ou movido lateralmente quando o indivíduo não produzia som quando era apenas segurado na mão), e gravado por um período de três minutos, para o registro da produção de som em situação de estresse por manuseio, seguindo metodologia proposta por Oliveira *et al.*, (2014).

Após as sessões de observação, foram registrados, em prancheta de PVC sem retirar os indivíduos da água, os seguintes dados para cada cavalo-marinho: sexo (machos, fêmeas, indeterminado); estágio de vida (jovens e adultos); altura do corpo (cm), descrita como a distância entre a coroa e a ponta da cauda estendida do animal (LOURIE et al., 1999, 2004) e obtida através da análise de fotografias dos animais, utilizando-se o *software ImageTools for Windows*, distribuído gratuitamente (<http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>).

Foram considerados indivíduos adultos todos aqueles que apresentavam altura igual ou superior à do menor macho com bolsa proeminente (ROSA et al., 2007): no estuário do Rio Tubarão, 11,5 cm de altura; Rio Mamanguape e Rio Formoso, 11 cm.

Os animais foram identificados individualmente a partir de marcas naturais (CORREIA et al., 2014). Todas as filmagens foram posteriormente revisadas para descrição e quantificação dos eventos comportamentais e elaboração do etograma da espécie.

4.4.1. Análise dos sons

Foram analisados sons de 26 cavalos-marinhos sendo 3 machos, 7 fêmeas e 8 de sexo indeterminado. Apenas os sons que apresentaram pulsos de estrutura clara (i.e., visíveis nos sonogramas) foram analisados. Os cliques produzidos por *H. reidi* foram analisados através de oscilogramas (quanto à duração; ms), utilizando-se o programa *Cool Edit Pro 2.0* (*Syntrillium Software Corporation*). Através de sonogramas e espectros de energia, particularmente, *cepstrum-smoothed sound spectra* (Noll 1967), foram determinadas as frequências dominantes (Hz), utilizando-se o programa *S_TOOLS-STx 4.0* (*Acoustics Research Institute, Austrian Academy of Sciences*).

No caso dos sons produzidos durante o manuseio, foram analisados, adicionalmente, o período dos pulsos (média do intervalo entre amplitudes máximas de pulsos consecutivos) e a taxa de repetição dos pulsos (seg^{-1} ; calculada para um trecho de 30 pulsos selecionados para cada indivíduo) utilizando-se o programa *Cool Edit Pro 2.0* (*Syntrillium Software Corporation*).

4.5. Análise dos dados

Todos os resultados estão apresentados como média \pm EP (erro padrão). Para cada indivíduo analisado, foram calculadas as médias dos parâmetros dos sons produzidos, as quais foram utilizadas nas análises. Todos os dados foram testados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e a homocedasticidade (teste de Levene) para a definição dos testes (paramétricos ou não paramétricos) utilizados.

Os dados comportamentais foram analisados quanto à frequência relativa e quanto à porcentagem de duração de cada comportamento para cada indivíduo. Os parâmetros comportamentais foram, então, comparados em relação ao estágio de vida e o sexo dos indivíduos, como também quanto às populações amostradas nos diferentes estuários, através de uma ANOVA.

Os parâmetros sonoros foram comparados quanto ao sexo e estágio de vida através do teste de *Kruskal-Wallis*. Foi verificada, também, a correlação dos parâmetros com a altura dos indivíduos utilizando-se a correlação de *Spearman*.

Os coeficientes de variação para valores médios dos parâmetros acústicos dos cliques alimentares (duração de pulso e frequência dominante) foram calculados para cada indivíduo analisado (CV_i ; $n = 13$), e um coeficiente de variação interindividual (CV_b) foi calculado usando a média geral dos parâmetros acústicos. Os valores de CV_i e CV_b foram calculados através da fórmula $CV = 100 * (1 + (1/4) * n) * SD / \text{média}$ (segundo AUBIN et al., 2004). A razão $CV_b / \text{Média} CV_i$ foi calculada para obter uma medida de variabilidade relativa entre os indivíduos quanto aos parâmetros acústicos dos cliques alimentares.

Para todas as análises foi utilizado o programa BioEstat 5.3 e Statistica 8.0 para Windows, adotando-se o nível de significância de $p < 0,05$.

5 RESULTADOS

5.1. Comportamentos apresentados por *Hippocampus reidi*

Foram registrados 1136 eventos comportamentais para 38 indivíduos (14 fêmeas, 13 machos e 11 jovens de sexo indeterminado), os quais foram relativos à alimentação, locomoção e reprodução (Figura 4), sendo eles: captura do alimento (caracterizada pela produção de um clique), natação, repouso, comportamentos da fase final de corte (inflar a bolsa, ascensão, apontar e natação paralela), cópula e comportamento de interações agonísticas (“morder” - cliques na altura do opérculo e nos olhos e “luta” corpo a corpo). Este último constitui o primeiro registro com produção de som para *Hippocampus reidi* em ambiente natural. A descrição de todos os comportamentos observados encontra-se apresentada na forma de um etograma (modificado de ANDERSON, 2009; VINCENT, 1994; OLIVEIRA et al., 2014; Tabela 1).

Figura 4. Exemplos de comportamentos observados em *Hippocampus reidi* em ambientes estuarinos do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. (A) Repouso, (B) natação, (C) cópula e (D) interação agonística entre dois machos. Fotos: acervo LECOMP / UEPB.

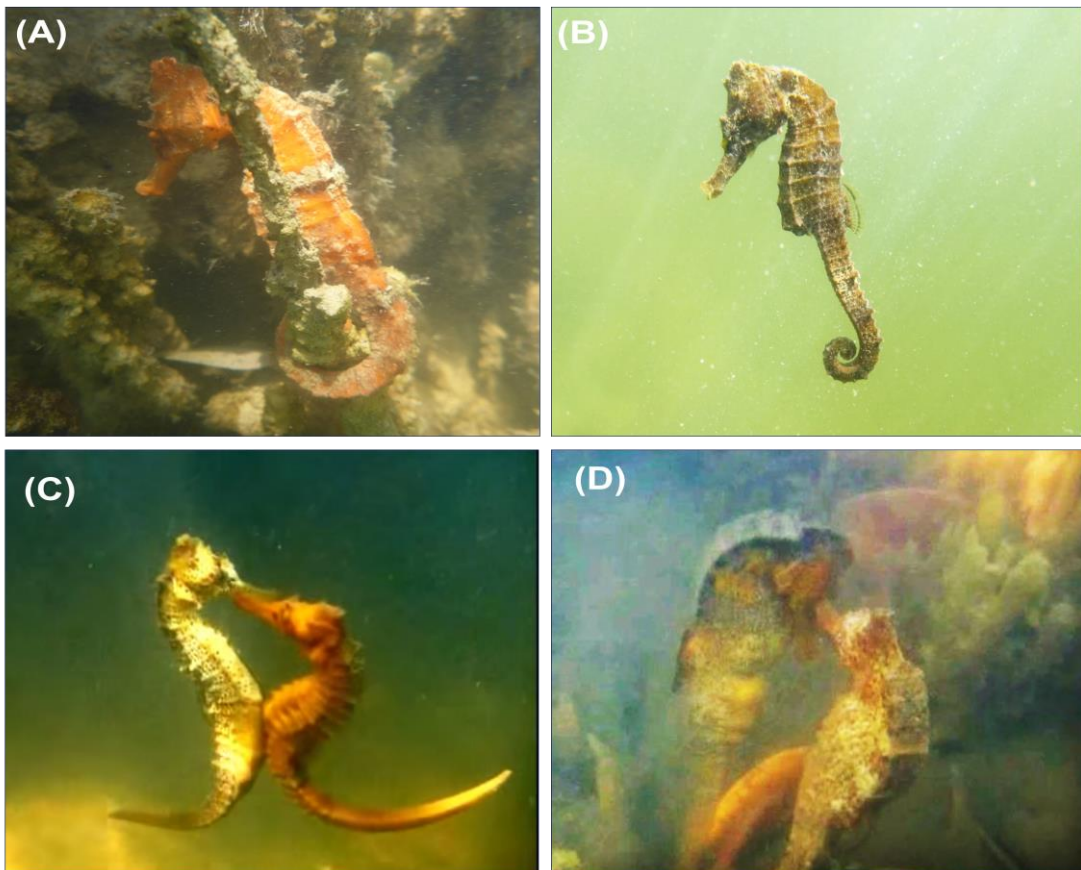


Tabela 1. Comportamentos apresentados por *Hippocampus reidi* em ambientes estuarinos no nordeste brasileiro.

Comportamento	Caracterização
Natação	O animal nada no sentido de deslocar-se podendo, ou não, alternar o tipo de substrato. Considerados deslocamentos > 5 cm.
Repouso	O animal mantém-se no substrato de apoio, utilizando a cauda para se prender, apenas realizando movimentos com a cabeça e/ou posicionamento do corpo. Pequenos deslocamentos \leq 5cm e sem alteração de substrato foram considerados repouso.
Inflar a bolsa (exclusivo do macho)	O macho inclina-se para frente, abrindo o orifício da bolsa incubadora ventral, bombeando a água para dentro e para fora desta. Movimento semelhante ao executado durante a liberação dos filhotes.
Natação paralela	Os cavalos-marinhos (macho e fêmea) nadam lado a lado, empalidecendo a coloração do corpo.
Ascender	O cavalo-marinho desloca-se pela coluna d'água sentido superfície com o focinho apontado para cima.
Apontar	O animal eleva a cabeça e aponta o focinho em direção à superfície da água.
Cópula	Ascensão na coluna d'água com natação paralela. A fêmea se volta para o macho e insere o ovopositor dentro na abertura da bolsa incubadora do macho onde deposita os ovócitos.
“Lutar” (exclusivo do macho)	Quando o animal (macho) prende o outro indivíduo (macho) usando a cauda.
“Morder” (clique agonístico)	O animal (macho) investe o focinho contra o opérculo ou o olho do outro indivíduo, em um movimento análogo a uma “mordida”, produzindo um clique.

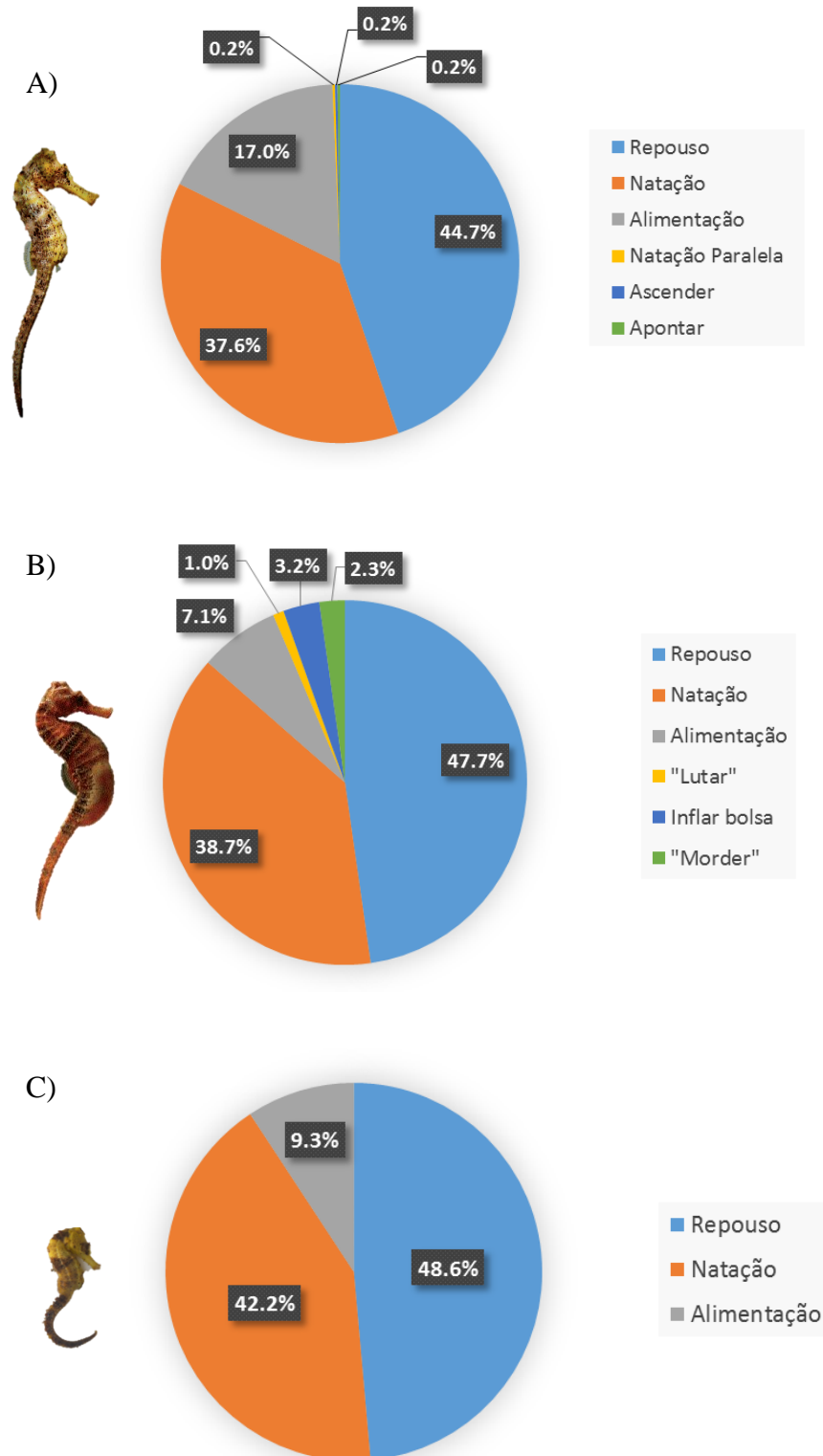
Dos 10 comportamentos registrados, repouso (47%), natação (39%) e alimentação (12%) foram os mais representativos. Os cavalos-marinhos apresentaram comportamentos com frequências semelhantes em relação ao sexo (Figura 5). Entretanto, as fêmeas apresentaram maior taxa de alimentação (17% dos eventos totais apresentados pelas fêmeas) que os machos (7%) e os jovens de sexo indeterminado (9%) (ANOVA, $p = 0,043$), como também os indivíduos adultos apresentaram maior taxa de alimentação do que os jovens (ANOVA, $p = 0,027$). Todos os eventos de alimentação ocorreram quando os indivíduos estavam em repouso.

Considerando a duração dos comportamentos, os cavalos-marinhos passaram mais tempo em repouso do que nadando (ANOVA, $p=0,014$). Não foi verificada diferença na duração dos comportamentos quanto ao estágio de vida e o sexo dos animais.

Os comportamentos de interações agonísticas, “morder” e “lutar”, e o comportamento reprodutivo de inflar bolsa foram os únicos exclusivos dos machos. Foram exclusivos das fêmeas os comportamentos de ascender e apontar.

Quanto ao comportamento agonístico entre machos, foi verificado que o as “mordidas” eram direcionadas ao opérculo ou ao olho do indivíduo submisso, o qual nadava em direção oposta ao cavalo-marinho considerado dominante após as “mordidas”. Também foi observado que, em uma das vezes em que o indivíduo recebeu uma “mordida”, o mesmo inflou a bolsa quando se afastou do cavalo-marinho dominante. No caso de “lutar”, o indivíduo submisso tentava se soltar da cauda do dominante.

Figura 5. Frequências relativas dos comportamentos apresentados pelas fêmeas (A), jovens de sexo indeterminado (B) e machos (C) de *Hippocampus reidi*, nos estuários do Rio Tubarão (RN), Rio Formoso (PE) e Rio Mamanguape (RN).



5.2. Produção de som por *Hippocampus reidi*

Quanto ao comportamento acústico, os indivíduos dos diferentes estuários apresentaram sons com características semelhantes (*Kruskal-Wallis*, $p > 0,05$). Portanto, os dados foram agrupados e analisados de forma geral. Os cavalos-marinhos produziram dois tipos de som: (a) cliques curtos, produzidos nos contextos comportamentais de alimentação, interação agonística e estresse por manuseio; e (b) rufos, produzidos apenas durante o estresse por manuseio. Foram analisados 100 cliques alimentares ($n = 26$; Figura 6), em geral, apresentaram uma duração de $12 \pm 0,8$ ms e frequência dominante de $598,9 \pm 80,6$ Hz (Tabela 2) e apresentaram características semelhantes entres os estágios de vida e sexo (*Kruskal-Wallis*, $p > 0,05$). Os cliques agonísticos ($n = 4$; Figura 7) apresentaram uma duração de $15,5 \pm 0,9$ ms e frequência dominante de $432,5 \pm 16,6$.

Tanto a duração de pulso (ms) quanto a frequência dominante (Hz) dos cliques alimentares variam mais entre os indivíduos do que dentro do próprio indivíduo. Ou seja, os valores da razão $CVb/MédiaCVi$, para os dois parâmetros, foram >1 ($CVb/MCVi = 1,88$ para duração de pulso e $1,34$ para frequência dominante), sugerindo que essas características são específicas para o indivíduo.

Não foi verificada correlação entre a altura dos indivíduos analisados e a duração de pulso e frequência dominante dos cliques alimentares (correlação de *Spearman*; $p > 0,05$, em todos os casos).

No contexto de estresse por manuseio, foram observados dois tipos de som: os rufos de pulsos curtos (Figura 8) e de pulsos longos (Figura 9). De forma geral, os rufos apresentaram média de duração de $23,4 \pm 1,2$ ms, $112,7 \pm 3$ Hz de frequência dominante e $115 \pm 10,2$ ms de período de pulso. Apresentaram taxa de repetição de $7,8 \pm 0,9$ pulsos seg^{-1} e período máximo de latência de 56s, média de $23 \pm 10,0$ s.

Tabela 2. Características gerais dos cliques alimentares produzidos por *Hippocampus reidi* nos estuários do Rio Tubarão (RN), do Rio Mamanguape (PB) e do Rio Formoso (PE). Dados apresentados como média \pm e.p. (amplitude de valores) n = número de cavalos-marinhos.

Características dos sons	Sexo			
	Geral (n = 18)	Machos (n = 3)	Fêmeas (n = 7)	Indeterminado (n = 8)
Frequência dominante (Hz)	598,9 \pm 80,6 (280-1765)	463,3 \pm 42,9 (380-523)	635 \pm 192,7 (280-1765)	618,2 \pm 78,9 (281-887)
Duração (ms)	12 \pm 0,8 (4-17)	12 \pm 1,1 (10-14)	12 \pm 0,38 (7-17)	12,1 \pm 1,5 (4-17)
Estuário do Rio Mamanguape	(n=2)			(n=2)
Frequência dominante (Hz)	652 \pm 71 (580,6-724)	-	-	652 \pm 71 (580,6-724)
Duração (ms)	9,8 \pm 0,8 (9-10,6)	-	-	9,8 \pm 0,8 (9-10,6)
Estuário do Rio Rio Formoso	(n=6)	(n=1)	(n=4)	(n=1)
Frequência dominante (Hz)	436,6 \pm 58 (280-702)	380,3	384,5 \pm 37 (280-445)	702
Duração (ms)	13,3 \pm 0,4 (12-15)	14	12,6 \pm 0,4 (12-14)	15,5
Estuário do Rio Tubarão	(n=10)	(n=2)	(n=3)	(n=5)
Frequência dominante (Hz)	685,7 \pm 134,9 (281-1765)	505 \pm 18 (487-523)	969 \pm 399,7 (507-1765)	588 \pm 127,4 (281-887)
Duração (ms)	11,8 \pm 1,3 (4-17)	11 \pm 1 (10-12)	11 \pm 3 (7-17)	12,6 \pm 2,3 (4-17)

Figura 6. Sonograma (A), oscilograma (B) e espectro de energia (*cepstrum* – linha vermelha) (C) de um clique alimentar produzido por um indivíduo de *Hippocampus reidi* (macho), no estuário do Rio Tubarão, RN. A frequência dominante de 530 Hz está indicada pela seta.

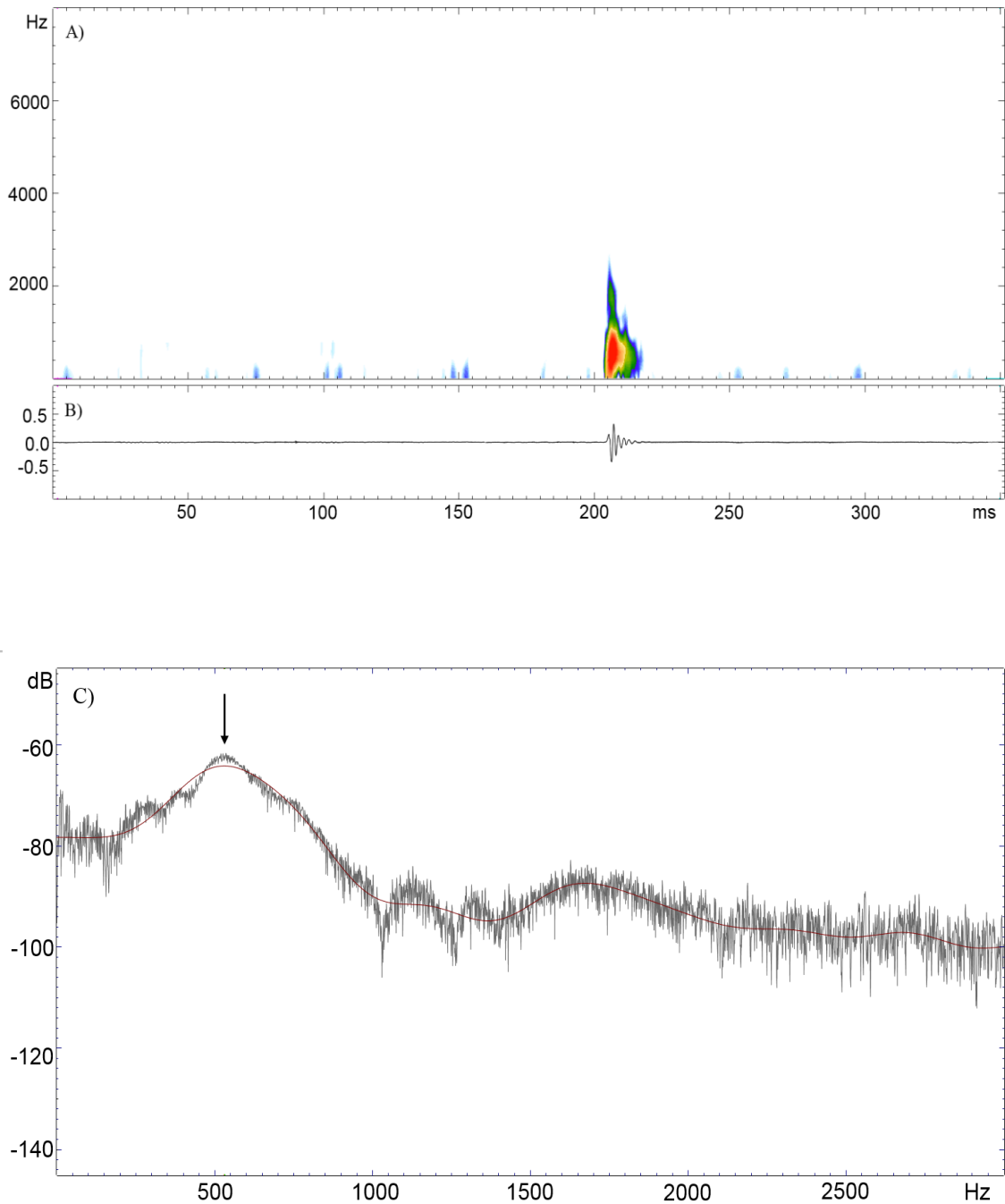


Figura 7. Sonograma (A), oscilograma (B) e espectro de energia (*cepstrum* – linha vermelha) (C) de um clique agonístico produzido por um indivíduo de *Hippocampus reidi* (macho), no estuário do Rio Formoso, PE. A frequência dominante de 416 Hz está indicada pela seta.

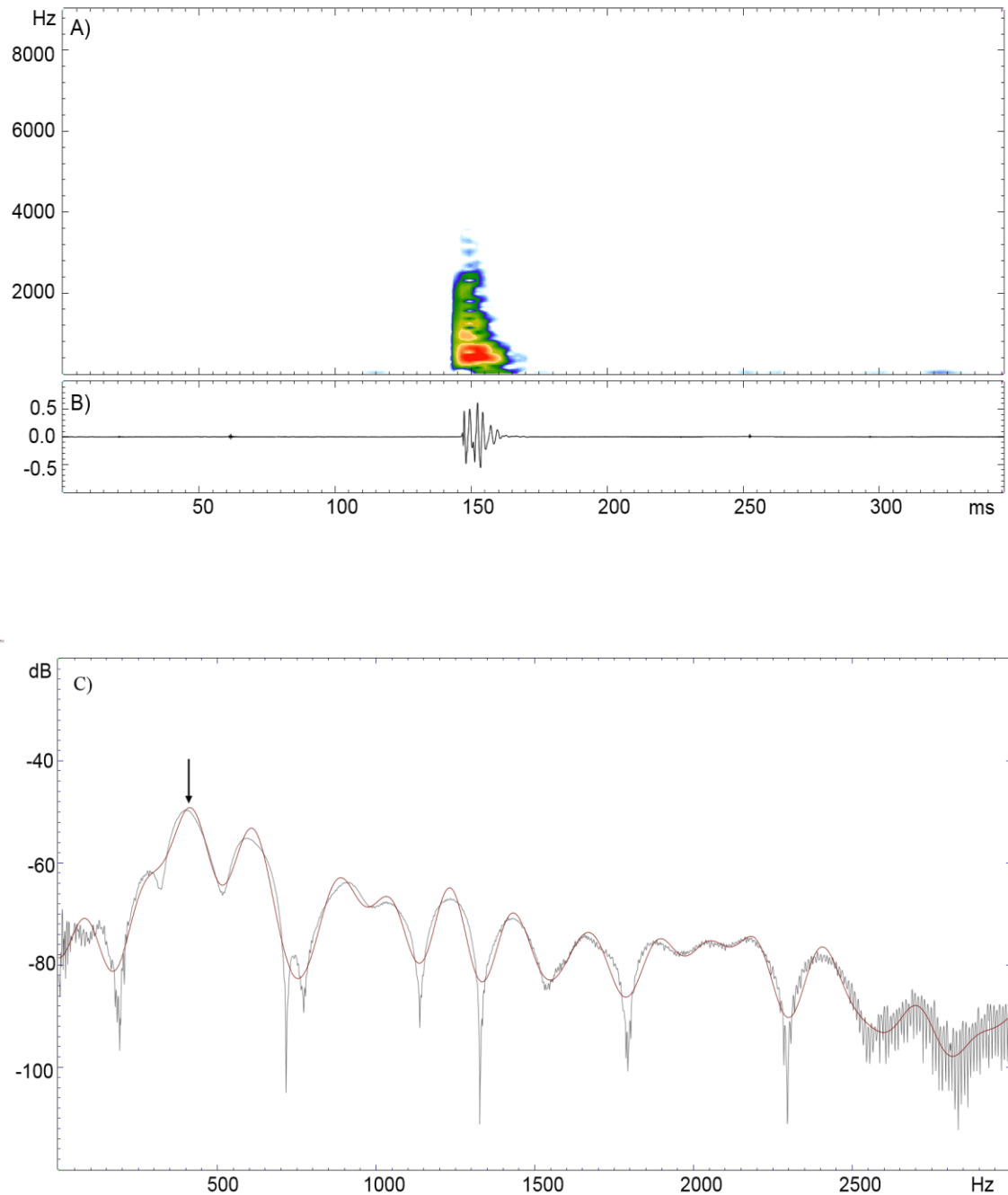


Tabela 3. Parâmetros analisados para rufos de pulsos longos produzidos por *Hippocampus reidi* durante manuseio nos estuários do Rio Tubarão (RN), Rio Formoso (PE) e Rio Mamanguape (PB). Dados apresentados como média \pm e.p. (amplitude de valores). n = número de cavalos-marinhos utilizados.

Características dos sons	Sexo			
	Geral (n = 21)	Machos (n = 6)	Fêmeas (n = 10)	Indeterminado (n = 5)
Frequência dominante (Hz)	109,1 \pm 3,2 (80,9-130,7)	120,8 \pm 5,4 (100-130)	108 \pm 4,2 (80,9-129,1)	97,3 \pm 5,21 (87,6-117,4)
Duração do pulso (ms)	24,4 \pm 1 (12,9-31,7)	20,6 \pm 2,2 (12,9-26,6)	26,6 \pm 1,3 (17,3-31,7)	24,7 \pm 0,8 (22,6-27,5)
Período do pulso (ms)	131,9 \pm 9,59 (56,3-235,6)	106,9 \pm 12,1 (56,3-145,6)	141,25 \pm 14,2 (83,9-235,6)	143,3 \pm 23,23 (79,2-224,1)
Taxa de repetição dos pulsos (seg ⁻¹)	7,8 \pm 0,9 (4-13,4)	9,8 \pm 0,5 (8,4 – 13,4)	7,8 \pm 0,3 (5-8,6)	7,5 \pm 0,4 (4-8,9)
Estuário do Rio Formoso	Geral (n = 6)	Machos (n = 3)	Fêmeas (n = 3)	Indeterminado
Frequência dominante (Hz)	112,1 \pm 8,4 (80,9-130,4)	128,8 \pm 0,9 (127,1-130,4)	95,3 \pm 8,6 (80,9-110,9)	-
Duração do pulso (ms)	23,6 \pm 2,6 (14,7-31,7)	22 \pm 3,69 (14,7-26,6)	25,2 \pm 4,2 (17,3-31,7)	-
Período do pulso (ms)	141,8 \pm 22,8 (83,9-235,6)	119,5 \pm 13 (104,8-145)	164,1 \pm 43,9 (83,9-235,6)	-
Taxa de repetição dos pulsos (seg ⁻¹)	8,9 \pm 1,4 (4-22)	9,3 \pm 0,5 (6,9 – 10,5)	7,3 \pm 2,4 (4-12)	-
Estuário do Rio Mamanguape	Geral (n=5)	Machos	Fêmeas (n = 3)	Indeterminado (n=2)
Frequência dominante (Hz)	111,1 \pm 7,3 (91,5-129,1)	-	113,9 \pm 11,4 (91,5-129,1)	106,8 \pm 10,6 (96,2-117,4)
Duração do pulso (ms)	24,9 \pm 1 (22,5-27,5)	-	24,8 \pm 1,1 (22,5-26,5)	25 \pm 2,4 (22,6-27,5)
Período do pulso (ms)	121,2 \pm 12,7 (79,2-149,7)	-	131,7 \pm 13,1 (106,1-149,7)	105,4 \pm 26,1 (79,2-131,5)
Taxa de repetição dos pulsos (seg ⁻¹)	9,8 \pm 0,7 (6-13)	-	8,3 \pm 0,3 (6-9,1)	10,5 \pm 0,3 (8-13)

Tabela 3 (continuação)

Características dos sons	Sexo			
	Geral (n=10)	Machos (n=3)	Fêmeas (n=5)	Indeterminado (n=2)
Estuário do Rio Tubarão				
Frequência dominante (Hz)	106,4 ± 3,6 (87,6-130,7)	112,8 ± 9,1 (100,2-130,7)	108,8 ± 1,4 (105,1-113,5)	90,8 ± 3,2 (87,6-94,1)
Duração do pulso (ms)	24,7 ± 1,6 (12,9-31,6)	19,2 ± 3,2 (12,9-23,8)	28,2 ± 1,2 (24,5-31,6)	24 ± 0,5 (23,4-24,5)
Período do pulso (ms)	131,3 ± 14,3 (56,3-224,1)	94,2 ± 20,1 (56,3-124,9)	132,8 ± 12,9 (103,6-179,5)	183,3 ± 40,7 (142,6-224,1)
Taxa de repetição dos pulsos (seg ⁻¹)	8,2 ± 0,4 (4-13)	10,8 ± 0,2 (9-13)	7,9 ± 0,6 (6,7-8,1)	6,2 ± 0,1 (4-7)

Figura 8. Sonograma (A), oscilograma (B) e espectro de energia (*cepstrum* –linha vermelha) (C) de uma sequência de rufo de pulsos curtos produzido por um indivíduo de *Hippocampus reidi* (jovem), no estuário do Rio Tubarão, RN. A frequência dominante de 132 Hz está indicada pela seta.

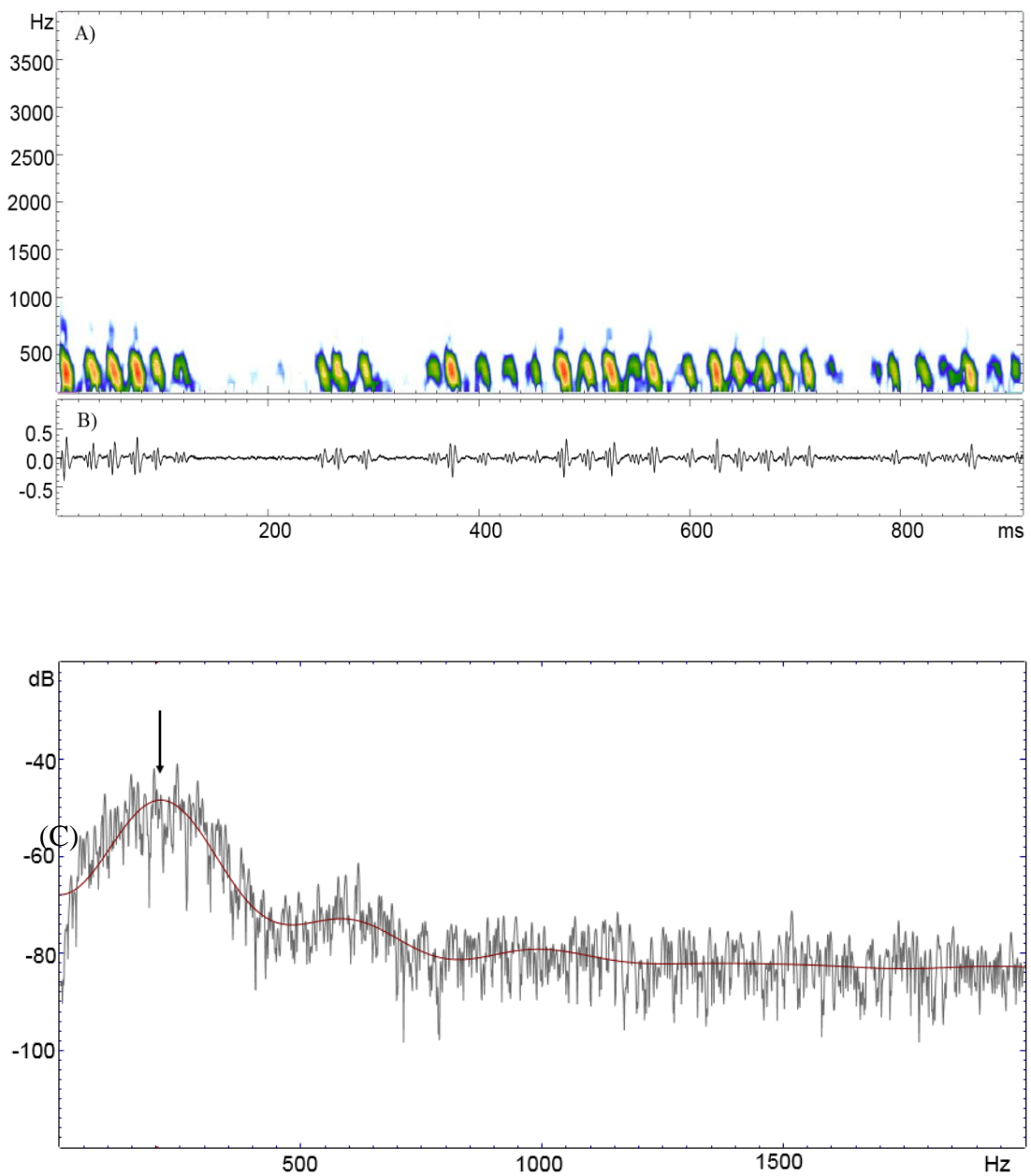
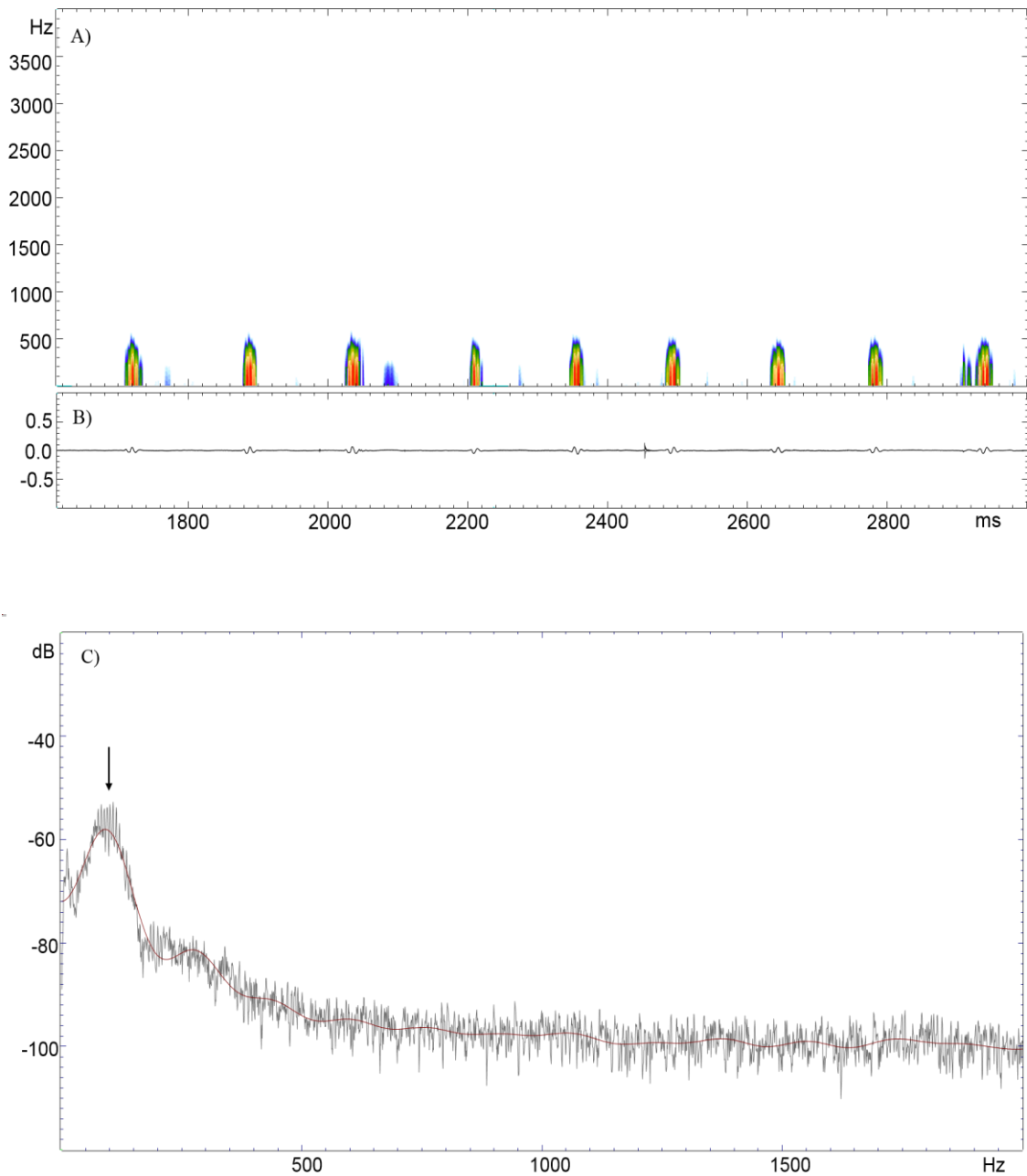


Figura 9. Sonograma (A), oscilograma (B) e espectro de energia (*cepstrum* –linha vermelha) (C) de uma sequência de rufo de pulsos longos produzido por um indivíduo de *Hippocampus reidi* (jovem), no estuário do Rio Tubarão, RN. A frequência dominante de 101 Hz está indicada pela seta.



6 DISCUSSÃO

A maioria dos comportamentos registrados para *H. reidi* (i.e., alimentação, repouso e natação) neste trabalho são comumente observados em ambiente natural (e.g. ROSA et al., 2007; FELÍCIO et al., 2006; FRERET-MEURER et al., 2012). A maior frequência do comportamento “repouso” também foi registrada por Freret-Meurer et al., (2009) em *H. reidi* de ambientes rochosos e está relacionada à baixa mobilidade e à interação destes animais com os substratos de apoio que utilizam e ao seu comportamento de predação por emboscada (FOSTER & VINCENT, 2004). Todos os eventos de alimentação, embora analisados como eventos separados, estavam associados ao comportamento de repouso, ressaltando a importância da disponibilidade de substratos de apoio para os cavalos-marinhos.

O fato dos machos apresentarem maior frequência do comportamento de repouso em relação às fêmeas pode não estar diretamente associado à alimentação, visto que as fêmeas apresentaram uma maior taxa de alimentação. Porém, segundo Felício et al., (2006), quando há pouca disponibilidade de substrato os cavalos-marinhos tendem a se deslocar mais em procura de alimento. Isso pode explicar os resultados encontrados no presente trabalho, uma vez que as fêmeas foram mais ativas e, também, apresentaram maior taxa de alimentação, podendo-se inferir que nos locais amostrados a oferta de substrato pode ser “baixa” implicando o padrão de atividade dos animais para o forrageamento.

Os indivíduos de *H. reidi* permaneceram a maior parte do tempo em repouso, como também observado por Freret-Meurer et al., (2012) para a mesma espécie, em costões rochosos no litoral do Rio de Janeiro. De acordo com estes autores, os machos de *H. reidi* considerados “grávidos” mostraram-se menos ativos, o que pode estar relacionado devido ao incremento de massa corporal durante a incubação dos filhotes (VINCENT et al., 2005). Da mesma forma, no presente trabalho, pode ter havido a tendência do macho grávido (MBP) ao repouso, porém isso precisa ser melhor estudado.

O registro do comportamento agonístico com produção de som por *H. reidi* em ambiente natural, descrito pela primeira vez neste trabalho, é uma contribuição importante para o repertório acústico do grupo. O comportamento agonístico em cavalos-marinhos é caracterizado pela disputa entre machos compreendendo alguns eventos comportamentais como cliques direcionados ao olho ou ao opérculo e a disputa (“luta”) “corpo a corpo”, em que o macho dominante segura o submisso na horizontal utilizando a cauda, como também descrito por Vincent (1994) para *H. fuscus*. Os sons produzidos durante interações agonísticas não possuem um significado claro na literatura, porém, é bastante provável que o som não

seja o único fato que interfira na decisão da fêmea em casos de disputa por parceiro sexual (LADICH, 1998), embora durante o tempo de observação (30 minutos) não foi possível identificar presença de fêmea no local da amostragem. Apesar da escassez de dados sobre o significado funcional de vocalizações durante o comportamento agonístico em peixes (LADICH, 1998), foi verificado que após ser “mordido”, o cavalo-marinho submisso tendia a tentar se soltar do dominante, quando enrolados pela cauda, ou a nadar em direção oposta. Desta forma, mesmo que a produção de som esteja associada ao contato físico, pode estar atuando na comunicação durante a competição.

Outro registro importante para espécie foi a cópula. Segundo Rosa et al., (2007), há poucos registros deste comportamento em ambiente natural para a espécie, apenas Freret-Meurer et al., (2012) com registro em ambientes rochosos. Apesar de não ter havido registro de produção de som durante as fases finais de corte e da cópula, é sabido que os sons produzidos no contexto reprodutivo, junto a outros mecanismos de comunicação, podem ser importantes por passar informações acerca do indivíduo para a fêmea (ANDERSON, 2009). Como já verificado por Oliveira et al., (2014), os cliques produzidos por machos de *H. reidi* durante a corte apresentaram níveis de pressão sonora maiores do que os das fêmeas. Levando em consideração que a competição por parceiros sexuais em cavalos marinhos é efetuada pelos machos (VINCENT, 1994) e tendo em vista que sons mais altos podem estar relacionados ao sucesso nos eventos de competição (LADICH, 1998), destaca-se a importância dos estudos de bioacústica neste contexto, uma vez que a produção de som requer gasto energético e pode atuar como sinalizadores de prontidão sexual para as fêmeas.

Os sons produzidos nos outros contextos foram previamente descritos para algumas espécies de cavalos-marinhos (*H. reidi*, OLIVEIRA et al., 2014; *H. hippocampus*, DUFOSSÉ, 1874; *H. erectus*, FISH 1953, FISH & MOWBRAY, 1970, COLSON et al., 1998, ANDERSON, 2009; *H. zosterae*, COLSON et al., 1998; *H. kuda*, CHAKRABORTY et al., 2014). Os cliques alimentares constituem os mais comuns nesse grupo e os produzidos por *H. reidi* no ambiente natural foram semelhantes em termos de duração e frequência aos analisados em laboratório por Oliveira et al., (2014). Os cliques produzidos por *H. reidi* se mostraram diferentes, quanto aos valores médios de duração de pulso, dos cliques registrados para *H. erectus* (110 ms); Anderson, (2009), mesmo essas espécies sendo semelhantes morfológicamente. Ainda em relação à duração de pulso dos cliques, *H. reidi* apresentou valores semelhantes aos registrados para *H. zosterae* por Colson et al., (1998), valores esses que variam de 5-20 ms. Em contraste, os cavalos-marinhos que pertencem à espécie *H. zosterae* apresentaram frequências altas, 2,65 à 3,43 kHz (COLSON et al., 1998) se

comparadas às frequências registradas no presente trabalho para *H. reidi*. Ressalta-se que os padrões temporais do som podem ser utilizados para a discriminação entre espécies (POPPER et al., 2003), principalmente no caso daquelas simpátricas – como é o caso de *H. reidi* e *H. erectus* – e merecem ser melhor investigados nesse grupo de peixes.

Embora não tenha sido encontrada uma correlação entre tamanho e frequência dominante nos indivíduos amostrados, têm-se registro para gênero *Hippocampus* de uma correlação negativa observada para *H. zosterae* (COLSON et al., 1998). A ausência da correlação da frequência dominante dos cliques com o tamanho dos indivíduos pode ser relacionada ao tipo de mecanismo de produção de som (estrídulação), que resulta em sons com energia distribuída em várias frequências (LADICH, 1997; DEMSKI et al., 1973) o que, por consequência, dificulta a determinação da frequência dominante.

A análise da relação CVb/MCVi considerando os cliques alimentares sugere a individualização dos cavalos-marinhos através das características dos cliques. Associado a isso, Oliveira (2011) sugere, com base nas análises de espectros de energia dos sons produzidos em laboratório por *H. reidi* e no audiograma da espécie, que os clique alimentares podem ser detectados intraespecificamente, pelo menos quando consideramos pequenas distâncias. Isso corrobora a sugestão de Andreson (2009) para o significado funcional dos cliques produzidos por *H. erectus* como sinalização de fonte de alimento ou na facilitação de identificar possíveis parceiros sexuais dentro de uma população.

Os cliques agonísticos, embora não tenha sido possível comparar estatisticamente com os alimentares, apresentam um envelope acústico com uma duração maior e frequência dominante menor. Isso pode estar associado ao fato desses sons serem produzidos em um contexto com contato físico de outro animal, além de provocar uma força que repelem os indivíduos depois do contato fazendo com que eles se afastem, como também verificado por Vincent (1994). A associação desses comportamentos com a produção de sons poderia, então, alterar as características destes.

Em relação aos sons produzidos durante o estresse por manuseio, os valores foram semelhantes aos já descritos para a espécie como também a produção das duas variações desses sons (rufos de pulsos curtos e longos; OLIVEIRA, 2011) e, da mesma forma, semelhantes aos sons produzidos por vibração da bexiga natatória (AMORIM, 2006; LADICH, 2004; LADICH & BASS, 2003), sendo também, como mencionado por Anderson (2009) e Oliveira et al., (2014), acompanhados pela vibração do copo do indivíduo. A variação nos rufos é pouco compreendida, mas pode estar associada à forma de manuseio do pesquisador. Entretanto, algumas espécies de peixes podem modificar as características dos

sons que produzem (e.g. LADICH & BASS, 2003) e isso é um aspecto que merece ser melhor avaliado nos cavalos-marinhos, principalmente em relação ao mecanismo envolvido na produção desses sons.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho contribuiu para ampliar o conhecimento do comportamento e da produção de sons em *Hippocampus reidi* em ambiente natural, com a descrição inédita do comportamento agonístico com produção sonora. Os sons produzidos por *Hippocampus reidi* (cliques alimentares e rufos) foram equivalentes, em relação à frequência dominante e à duração, aos produzidos pela espécie em cativeiro (OLIVEIRA et al., 2014). Foram registradas duas variações de sons produzidos durante o manuseio, como também a ocorrência de cliques. Não houve variação quanto aos parâmetros dos sons produzidos por *H. reidi* nos diferentes estuários estudados.

As características dos cliques (duração de pulso e frequência dominante) mostraram-se, no presente estudo, características intraespecíficas com uma variação maior entre os indivíduos podendo ser importante para individualização do mesmo através do som. Porém tal fato precisa ser melhor estudado.

Como já descrito, os cavalos-marinhos possuem baixo padrão de atividade tendendo a ficar mais tempo em repouso. Todos os eventos de alimentação aconteceram quando os indivíduos estavam utilizando um substrato de apoio, ressaltando a importância da disponibilidade de microhabitats para a espécie.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, M.C.P. **Sound production in the blue-green Damselfish, *Chromis viridis*** (Cuvier, 1930) (Pomacentridae). *Bioacoustics* 6: 265-272. (1996).
- AMORIM M. C .P. **Diversity of sound production in fish.** Communication in Fishes. In Ladich F., Collin S.P., Moller P. and Kapoor B.G. (Eds.) *Fish communication*. Enfield, NH: Science Publishers, 71–105.2006.
- AMORIM, M.C.P. & A.S.M. NEVES. **Acoustic Signalling during courtship in the painted goby, *Pomatoschistus pictus*.** *Journal of Marine Biological Association of the UK*, 87: 1017-1023.2007.
- AMORIM M. C. P., SIMÕES J. M., FONSECA P.J., ALMADA, V. C. **Patterns of shelter usage and social aggregation by the vocal Lusitanian toadfish.** *Marine Biology* 157, 495–503.2010.
- ANDERSON, P. A. **The functions of sound production in the lined seahorse, *Hippocampus erectus*, and effects of loud ambient noise on its behavior and physiology in captive environments,** *Ph.D. Thesis*, 190: University of Florida. 2009.
- ANDERSON, P. A., MANN, D. A. **Evoked potential audiogram of the lined seahorse, *Hippocampus erectus* (Perry), in terms of sound pressure and particle acceleration.** *Environ Biol Fish*, 91:251–259. 2011.
- ANDERSON, P. A., BERZINS, I. K., FOGARTY, F., HAMLIN, H. J. & GUILLETTE Jr, L. J. **Sound, stress, and seahorses: The consequences of a noisy environment to animal health.** *Aquaculture*, 311, 129-138. 2011.
- AUBIN, T., MATHEVON, N., DA SILVA, M. L., VEILLIARD, J. M. E., SÈBE, F. **How a simple and stereotyped acoustic signal transmits individual information: the song of the White-browed Warbler *Basileuterus leucoblepharus*.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.76, n. 2, 335-344. 2004.
- BERGET, B. A.; WAINRIGHT, P. C. **Morphology and kinematics of prey capture in the syngnathid fishes *Hippocampus erectus* and *Syngnathus floridae*.** *Marine Biology*, v. 127, 563-570, 1997.
- BRADBURY, J. W.; VEHRENCAMP, S. L. **Principles of animal communication.** 1ed. *Sunderland: Sinauer Associates*. 882.1998.
- BUCHHOLZ, R. **Behavioural biology: an effective and relevant conservation tool.** *Trends in Ecology & Evolution* 22, 401-407. 2007.
- CARO, T. **Behavior and conservation: a bridge too far?** *Trends in Ecology & Evolution* 22, 394-400. 2007.

- COLSON, D. J., PATEK, S. N., BRAINERD, E. L. & LEWIS, S. M. **Sound production during feeding in *Hippocampus* seahorses (Syngnathidae).** *Environmental Biology of Fishes* 51, 221-229. 1998.
- CORREIA, M. PALMA, J. KOLDWEY, H. AND ANDRADE, J.P. **The use of a non-invasive tool for capture–recapture Studies on a seahorse *Hippocampus guttulatus* population.** *Journal of Fish Biology* 84, 872–884. 2014.
- CHAKRABORTY, B., SARAN, A.K., KUNCOLIENKER, D.S., SREEPADA, R.A., HARIS, K. & FERNANDES, W. **Characterization of yellow seahorse *Hippocampus kuda* feeding click sound signals in a laboratory environment: an application of probability density function and power spectral density analyses.** *Bioacoustics* 23, 1–14. 2014.
- DEMSKI LS, GERALD JW, POPPER AN et al., **Central and peripheral mechanisms of teleost sound production.** *American Zoology*. 13: 1141–1167.1973.
- DIAS, T. L. P. & ROSA, I. L. **Habitat preferences of a seahorse species, *Hippocampus reidi*, (Teleostei: Syngnathidae) in Brazil.** *Aquatic Journal of Ichthyology and Aquatic Biology* 6, 165-176. 2003.
- DIAS NETO, J. **Proposta de Plano Nacional de Gestão para o uso sustentável de Cavalos-Marinheiros do Brasil.** Brasília: IBAMA, 2011.
- DUFOSSÉ, M. **Recherches sur les bruits et les sons expressifs que font entendre les poissons d'Europe et sur les organes producteurs de ces phenomenes acoustiques ainsi que sur les appareils de l'audition de plusieurs de ces animaux.** Paris: *Annales des Sciences*, Vol20, 134.1974.
- FELÍCIO, A. K. C.; ROSA, I. L.; SOUTO, A.; FREITAS, R. H. A. **Feeding behavior of the longsnout seahorse *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933.***Journal of Ethology*, 24: 219-225. 2006.
- FINE, M. L., WINN, H. E. & OLLA, B. L. **Communication in fishes.** In *How animals communicate* (ed. T. A. Sebeok), 472-518. Bloomington: Indiana University Press. 1977
- FISH, M. P. **The production of underwater sound by the northern seahorse, *Hippocampus hudsonius*.** *Copeia*, 98-99. 1953.
- FISH, M. P.; MOWBRAY, W. H. **Sounds of western North Atlantic fishes: a reference file of biological underwater sounds.** *Baltimore: Johns Hopkins Press* 205.1970.
- FRERET-MEURER, N.V; ANDREATA, J.V.; ALVES, M.A.S. **Activity rate of the seahorse *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Syngnathidae).** *Acta Ethologica*, 2012.
- FROESE, R. AND D. PAULY. Editors. **FishBase.** World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (04/2014).2014.
- FOSTER, S. J.; VINCENT, A. C. J. **Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management.** *Journal of Fish Biology*, 65: 1-61. 2004.

GILL, T. **The life history of the sea-horses (Hippocampus)**. *Proceedings US National Museum*, 28 (1408): 805-814. 1905.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Fauna ameaçada no estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. 2008.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Decreto no. 1499-R. 2005.

HARIS, K. CHAKRABORTY, B. MENEZES, A. SREEPADA, R. A. AND FERNANDES, W. A. **Multifractal detrended fluctuation analysis to characterize phase couplings in seahorse (*Hippocampus kuda*) feeding clicks**. *Journal Acoustic Society American*.136(4), October 2014.

HASTINGS, M. C. & POPPER, A. N. *Effects of sound on fish*. California Dept. of Transportation. 2005.

HAWKINS, A. D. & MYRBERG, A. A. **Hearing and sound communication under water**. *Bioacoustics: a comparative approach*, 347-405. 1983.

IUCN 2012. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on September 2014.

JAMES, P. L. & HECK, K. L. **The effects of habitat complexity and light intensity on ambush predation within a simulated seagrass habitat**. *Journal of experimental marine biology and ecology* 176, 187-200. 1994.

KASUMYAN A. O. **Sounds and sound production in fishes**. *Journal of Ichthyology*, Vol. 48, No. 11, 981–1030.2008.

KASUMYAN A. O. **Acoustic signaling in fish**. *Journal of Ichthyology*, Vol. 49, No. 11, 963–1020.2009

KUITER, R. H. **Seahorses and their relatives**. *Seaford: Aquatic Photographics*, 334. 2009.

LADICH, F. **Agonistic behaviour and significance of sounds in vocalizing fish**. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* 29, 87-108. 1997.

LADICH, F. **Sound characteristics and outcome of contests in male croaking gouramis (Telostei)**. *Ethology*, 104: 517-529. 1998.

LADICH, F. **Acoustic communication and the evolution of hearing in fishes**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 355, 1285-1288. 2000.

LADICH, F.; BASS, A. H. Underwater sound generation and acoustic reception in fishes with some notes on frogs. In: COLLIN, S. P.; MARSHALL, N. J. **Sensory Processing in Aquatic Environments**. New York: Springer-Verlag, 173 193. 2003.

LADICH, F. Sound Production and Acoustic Communication. In: VON DER EMDE, G.; MOGDANS, J.; KAPOOR, B.G. **The Senses of Fish: Adaptations for the reception of natural**. New Delhi: Narosa Publ. House, 210 – 230. 2004.

LADICH, F.; FINE, M. L. Sound generating mechanisms in fishes: a unique diversity in vertebrates. In: LADICH, F.; COLLIN, S. P.; MOLLER, P.; KAPOOR, B. G. **Communication in fishes**. Enfield and Plymouth: Science Publishers, 3-43. 2006.

LADICH, F. & Myrberg, A. A. **Agonistic behavior and acoustic communication**. In **Communication in fishes** (ed. F. Ladich, S. P. Collin, P. Moller & B. G. Kapoor), 121-148. Enfield and Plymouth: Science Publishers. . 2006.

LAIOLO, Paola; TELLA, José Luis. **Erosion of animal cultures in fragmented landscapes**. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 5, n. 2, 68-72, 2007.

LAIOLO, Paola et al. **Song diversity predicts the viability of fragmented bird populations**. *PLoS One*, v. 3, n. 3, p. e1822, 2008.

LAIOLO, P. **The emerging significance of bioacoustics in animal species conservation**. *Biological Conservation* 143, 1635-1645. 2010.

LEHNER, P. N. **Handbook of Ethological Methods**. Cambridge: Cambridge University Press, 672. 1996.

LOURIE, SARA A.; VINCENT, AMANDA C. J.; HALL, HEATHER J. **Seahorses: an identification guide to the world's species and their conservation**. London: Project Seahorse, 206. 1999.

LOURIE, SARA A.; VINCENT, AMANDA C. J.; HALL, HEATHER J.A **Guide to the Identification of Seahorses: Project Seahorse and TRAFFIC North America**. Washington D.C.: University of British Columbia and World Wildlife Fund, 114. 2004.

MASONJONES, H. D.; LEWIS, S. M. **Courtship behavior in the dwarf seahorse, *Hippocampus zosterae***. *Copeia*, 1996(3): 634-640. 1996.

MAZZONI, R., BIZERRIL, R. S. F., BUCKUP, P. A., FILHO, M. O. C., FIGUEIREDO, C. A., MENEZES, N. A., NUNAN, G. W. & TANIKAZI-FONSECA, K. Peixes. In **A fauna ameaçada de extinção do Estado do Rio de Janeiro** (ed. H. G. Bergallo, C. F. D. Rocha, M. A. S. Alves & M. Van Sluys), pp. 168. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.2000.

Ministério do Meio Ambiente. **Instrução normativa nº5, de 21 de maio de 2004**. Brasília: Diário Oficial da União. 2004.

MYRBERG, A. A. Sound communication and interception in fishes. In: POPPER, A.N.; FAY, R. R. **Hearing and sound communication in fishes**. Berlin: Springer-Verlag, p. 359-426. 1981.

NELSON, Joseph S. **Fishes in the world**, 4ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 601. 2006.

OLIVEIRA, T. P. R. **Produção de som, sensibilidade auditiva e comunicação acústica em *Hippocampus reidi* (Teleostei:Syngnathidae)**. *Tese (Doutorado)*, João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 1-121. 2011.

OLIVEIRA, T.P.R., LADICH, F., ABED-NAVANDI, D., SOUTO, A.S. & ROSA I.L. **Sounds produced by the longsnout seahorse: a study of their structure and functions.** *Journal of zoology*, 114–121. 2014.

POPPER, A. N., FAY, R. R., PLATT, C. & SAND, O. **Sound detection mechanisms and capabilities of teleost fishes.** In *Sensory Processing in Aquatic Environments* (Collin, S. P. & Marshall, N. J., eds), 3–38. New York, NY: Springer-Verlag. 2003.

ROSA, I. M.; ALVES, R. R. M.; BONIFÁCIO, K .M.; MOURÃO, J.S .; OSORIO, F. M.; OLIVEIRA, T. P. R.; NOTTINGHAM, M. C. **Fishers' knowledge and seahorse conservation in Brazil.***Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 1:12. 2005.

ROSA, I. L., OLIVEIRA, T. P. R., CASTRO, A. L. C., MORAES, L. E. S., XAVIER, J. H. A., NOTTINGHAM, M. C., DIAS, T. L. P., BRUTO-COSTA, L. V., ARAÚJO, M. E. & Birolo, A. B. **Population characteristics, space use and habitat associations of the seahorse *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae).** *Neotropical Ichthyology* 5, 405-414. 2007.

SIMÕES, J. M., DUARTE, I. G., FONSECA, P. J., TURNER, G. F. & AMORIM, M. C. **Courtship and agonistic sounds by the cichlid fish *Pseudotropheus zebra*.** *The Journal of the Acoustical Society of America* 124, 1332-1338. 2008.

VASCONCELOS, RAQUEL O. SIMÕES, J.M. ALMADA, V. C. FONSECA, P. J. AND AMORIM, M. CLARA.P. **Vocal Behavior During Territorial Intrusions in the Lusitanian Toadfish: Boatwhistles Also Function as Territorial ‘Keep-Out’ Signals.** *Ethology* 116 155–165 *2010 Blackwell Verlag GmbH 155. (2010)

VINCENT, A. C. J. **Seahorses exhibit conventional sex roles in mating competition, despite male pregnancy.** *Behaviour* 128, 135-151. 1994.

VINCENT, A, C, J. **A role for daily greetings in maintaining seahorse pair bonds.** *Animal Behaviour*, 49:258-260. 1995.

VINCENT, A. C. J.; FOSTER, S. J.; KOLDEWEY, H. J. **Conservation and management of seahorses and other Syngnathidae.** *Journal of Fish Biology*, 78: 1681–1724. 2011.