

TESE

**EMISSÕES SONORAS DO BOTO-CINZA (*Sotalia fluviatilis*
Gervais, 1853), NA BAÍA DE GUANABARA - RJ.**

Alexandre de Freitas Azevedo

Julho de 2000

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

**EMISSÕES SONORAS DO BOTO-CINZA (*Sotalia fluviatilis*
Gervais, 1853), NA BAÍA DE GUANABARA - RJ.**

Alexandre de Freitas Azevedo

SOB A ORIENTAÇÃO DA PROFESSORA Dra. Sheila Marino Simão

Tese submetida como requisito
parcial para a obtenção do grau
de Mestre em Ciências
Ambientais e Florestais.

Seropédica, Rio de Janeiro

Azevedo
Freitas
Alexandre

EMISSÕES SONORAS DO BOTO-CINZA (*Sotalia fluviatilis*
Gervais, 1853), NA BAÍA DE GUANABARA - RJ.

Alexandre de Freitas Azevedo

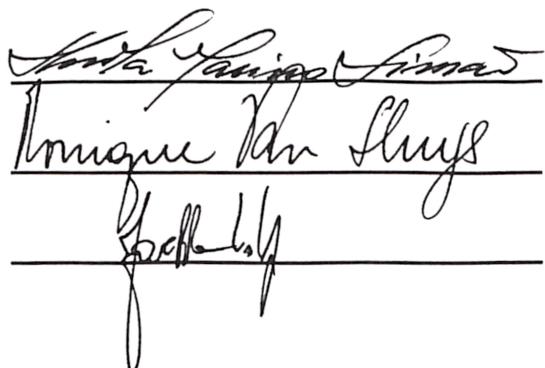
Aprovado em: 13/07/2000

Banca examinadora:

Prof^a. Dra. Sheila Marino Simão

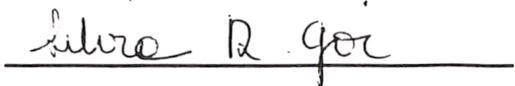
Prof^a. Dra. Monique Van Sluys

Prof. Dr. José Perez Pombal Jr.



Membro Suplente:

Prof^a. Dra. Sílvia Regina Goi



ALEXANDRE DE FREITAS AZEVEDO

Nascido na cidade do Rio de Janeiro em 1974, formou-se em Oceanografia, pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, no ano de 1992. Realiza atividades de pesquisa e extensão voltadas para a conservação dos mamíferos aquáticos em nosso litoral, desde 1995. Neste período, participou das Campanhas de Educação Ambiental ao longo da costa do Rio de Janeiro, além de estudos de ecologia, distribuição e bioacústica de cetáceos. Iniciou essas atividades ainda na graduação, participando do Projeto MAQUA do Departamento de Oceanografia da UERJ do qual, atualmente, faz parte da equipe de pesquisadores. Ingressou, em 1998, no Mestrado da Universidade do Federal Rural do Rio de Janeiro, desenvolvendo tese sobre as emissões sonoras do boto-cinza (*Sotalia fluviatilis*), na Baía de Guanabara.

Aos meus pais, Danrlei e Marly, e à Katia.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS E HIPÓTESE.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Espécie estudada.....	4
2.11 Classificação Zoológica.....	4
2.12 Características Gerais.....	5
2.2 Baía de Guanabara.....	7
2.3 O boto-cinza na Baía de Guanabara.....	9
2.4 Emissões Sonoras de Odontocetos.....	10
2.41 Tipos de Emissões.....	10
2.42 Estudos das emissões sonoras de odontocetos.....	13
2.5 Audição e Produção de sons.....	15
2.6 Emissões sonoras de <i>Sotalia fluviatilis</i>	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1 Gravação das Emissões.....	20

3.2 Digitalização das Gravações e Análise das Emissões Sonoras.....	22
3.3 Análise Estatística.....	24
4. RESULTADOS.....	29
5. DISCUSSÃO.....	52
6. CONCLUSÕES.....	72
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

AGRADECIMENTOS

- À Sheila Marino Simão pela oportunidade, confiança e orientação;
- Ao Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro;
- À CAPES pelo apoio financeiro;
- Ao Instituto de Geociências e Departamento de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, em especial aos professores Izabel Gurgel e Marcos Bastos;
- Ao amigo e companheiro de trabalho José Lailson Brito Jr. pela ajuda na coleta dos dados, incentivo, sugestões ao trabalho e revisão do manuscrito;
- À Ana Bernadete L. Fragoso; Haydée Cunha; Orjana Carvalho e Katia Pinheiro pela ajuda na coleta dos dados e companheirismo;
- A Salvatore Siciliano pelo incentivo, sugestões e revisão do manuscrito;
- Ao Prof. Renato A. de M. Nascimento (IA/UFRRJ), pela confecção dos CDs;
- Ao Prof. Dr. Paulo Barata e ao Biólogo Carlos Magno Abreu pelo auxílio nas análises estatísticas;
- À Patrícia Galvão pela ajuda na confecção do abstract;
- Ao late Clube Jardim Guanabara;
- Aos meus familiares, em especial aos meus avós e irmão;
- A Danrlei, Marly e Katia por todo apoio e amor dispensados;
- E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para este estudo.

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 4.1a: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para todos os assobios.....	39
Gráfico 4.1b: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios sem ponto de inflexão.....	40
Gráfico 4.1c: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios com 1 ponto de inflexão.....	41
Gráfico 4.1d: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios com 2 pontos de inflexão.....	42
Gráfico 4.1e: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios com 3 pontos de inflexão.....	43
Gráfico 4.1f: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios com 4 pontos de inflexão.....	44
Gráfico 4.1g: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios trinados.....	45
Gráfico 4.1h: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios descendentes sem ponto de inflexão.....	46
Gráfico 4.1i: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios ascendentes sem ponto de inflexão.....	47
Gráfico 4.1j: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios descendentes sem ponto de inflexão.....	48
Gráfico 4.1l: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios de freqüência ascendente-descendente com 1 ponto de inflexão.....	49

Gráfico 4.1m: Representação das duas primeiras variáveis canônicas para os assobios de freqüência ascendente com 1 ponto de inflexão.....	50
Figura 1: Mapa da Baía de Guanabara, destacando-se a área onde ocorreram as gravações.....	87
Figura 2: Espectograma representativo de um assobio e algumas das variáveis acústicas analisadas.....	88
Figura 3: Sonogramas representativos dos três tipos de sons emitidos pelo boto-cinza.....	89
Figura 4: Sonogramas representativos de alguns tipos de assobios emitidos pelo boto-cinza, na Baía de Guanabara.....	90
Figura 5: Distribuição da duração dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara.....	98
Figura 6: Distribuição da freqüência inicial dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara.....	99
Figura 7: Distribuição da freqüência final dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara.....	100
Figura 8: Distribuição da modulação de freqüência dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara.....	101

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1: Tamanho de grupo, tempo de gravação e número de vocalizações do boto-cinza na Baía de Guanabara, separados por comportamento.....	29
Tabela 4.2: Quantificação e taxa de emissão por minuto dos sons pulsantes e assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara, discriminados por comportamento.....	30
Tabela 4.3: Percentual das categorias de assobio (separadas por número de inflexões) e as médias de ocorrência, de cada categoria de assobio por três minutos de gravação (n = 228).....	31
Tabela 4.4: Taxas de emissão (assobios/minuto) das diferentes categorias de assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara, discriminadas por comportamento.....	32
Tabela 4.5: Significância das diferenças entre as médias das categorias de assobio e sons pulsantes emitidos pelo boto-cinza na Baía de Guanabara, na presença e ausência dos comportamentos de pesca e socialização. Teste <i>U</i> de Mann-Whitney ($p<0,001$).....	32
Tabela 4.6: Estatística descritiva das variáveis acústicas dos 5.314 assobios do boto-cinza, na Baía de Guanabara.....	33
Tabela 4.7: Significância das diferenças entre as médias das freqüências inicial e final dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara. Teste <i>t</i> ($p<0,001$).....	34
Tabela 4.8: Assobios do boto-cinza na baía de Guanabara com ocorrência superior a 1% do total de assobios analisados, discriminados por comportamento.....	35

Tabela 4.9: Valores do percentual correto de classificação, resultantes da análise de discriminante para a comparação dos assobios do boto-cinza entre os comportamentos.....	36
Tabela 4.10a: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação de todos os assobios do boto-cinza entre os quatro comportamentos.....	39
Tabela 4.10b: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios sem ponto de inflexão entre os quatro comportamentos.....	40
Tabela 4.10c: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios com 1 ponto de inflexão entre os quatro comportamentos.....	41
Tabela 4.10d: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios com 2 pontos de inflexão entre os quatro comportamentos.....	42
Tabela 4.10e: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios com 3 pontos de inflexão entre os quatro comportamentos.....	43
Tabela 4.10f: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios com 4 pontos de inflexão entre os quatro comportamentos.....	44

Tabela 4.10g: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios trinados entre os quatro comportamentos.....	45
Tabela 4.10h: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios de freqüência descendente sem pontos de inflexão entre os quatro comportamentos.....	46
Tabela 4.10i: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios de freqüência ascendente sem pontos de inflexão entre os quatro comportamentos.....	47
Tabela 4.10j: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios de freqüência descendente-ascendente entre os quatro comportamentos.....	48
Tabela 4.10l: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios de freqüência ascendente-descendente com 1 ponto de inflexão entre os quatro comportamentos.....	49
Tabela 4.10m: Valores da Distância de <i>Mahalanobis</i> (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios de freqüência ascendente com 1 ponto de inflexão entre os quatro comportamentos.....	50
Tabela 4.11: Variáveis acústicas dos assobios que contribuíram para a análise discriminante da comparação dos assobios entre os diferentes comportamentos.....	51
Tabela 5.1: Estatística descritiva das variáveis acústicas dos assobios do boto-cinza, adaptado de Ding (1993).....	62

Tabela 5.2: Freqüência máxima de emissão de assobios e comprimentos totais de sete espécies de odontocetos.....	65
---	----

RESUMO

O boto-cinza, *Sotalia fluviatilis*, tem sido pouco estudado no que diz respeito às emissões sonoras da espécie. Foram realizadas na Baía de Guanabara, entre março de 1998 e maio de 1999, 11h 27 min 35s de gravações. Simultaneamente, anotou-se os comportamentos dos botos. Foram encontrados 2.270 sons pulsantes e 5.925 assobios, totalizando 8.195 vocalizações. O teste *U* de Mann-Whitney ($p<0,001$) comprovou que durante os comportamentos de pesca e socialização a emissão de assobios e sons pulsantes foi maior do que quando estes comportamentos estavam ausentes. Os assobios com 0 e 1 ponto de inflexão corresponderam à 75,1%. A duração dos assobios variou de 5 a 852 ms ($103,3 \pm 81,1$), a freqüência inicial 900 Hz a 18,3 kHz ($7,9 \pm 2,9$), a freqüência final 400 Hz a 19,1 kHz ($13,0 \pm 4,5$). Por meio do teste *t* verificou-se que a freqüência final dos assobios foi significativamente mais alta que a freqüência inicial. A Análise de Discriminante multivariada indicou, que mesmo havendo significativas diferenças dos assobios entre os comportamentos, estas desigualdades foram muito pequenas. A similaridade dos assobios é resultado da baixa variação dos parâmetros de freqüência destes sinais, como consequência de qualidades próprias desta população, bem como da espécie.

ABSTRACT

The bioacoustic aspects on marine tucuxi, *Sotalia fluviatilis*, has been poorly studied. At Guanabara Bay, between march of 1998 and may of 1999, 11h 27min 35s of its expression was recorded. Simultaneously, was noted down the tucuxi behavior. 2,270 pulsed sounds and 5,925 whistles has been noted, totaling 8,195 vocalizations, which correspond to 11.9 vocalizations/minute. The *U Mann-Whitney* test result ($p<0.001$) has confirmed that during the feeding and socialization the emission of whistles and pulsed sounds were bigger. The whistles that presented 0 and 1 inflexion point corresponded to 75.1%. The whistles duration has varied between 5 and 852 ms (103.3 ± 81.1), the beginning frequency 900 Hz to 18.3 kHz (7.9 ± 2.9), the final frequency 400 Hz to 19.1 kHz (13.0 ± 4.5). Using the *t* test to paired-samples, was observed that the final frequency was significantly higher than the beginning frequency. The Discriminant Analysis showed, that even if it was noted significantly whistles differences among the behaviors, this variability was not large. The whistles similarity is the result of the less variation of the frequency parameters of these signals, as a consequence of the own characteristics presented by this population and by the species in general.

1. INTRODUÇÃO

As emissões sonoras de cetáceos têm sido estudadas intensamente, no que diz respeito à orientação e comunicação. Segundo Caldwell *et al.* (1990), os sons produzidos por odontocetos podem ser definidos em três categorias: os cliques, os sons pulsantes explosivos (descritos como rangidos, guinchos e lamentos) e os assobios, sons contínuos de banda estreita de freqüência modulada. Os cliques são utilizados na ecolocalização, enquanto os sons pulsantes explosivos e os assobios têm a função de estabelecer contato social entre os indivíduos e até mesmo colaborar em seus comportamentos (Lilly, 1962; Caldwell & Caldwell, 1972; Herman & Tavolga, 1980; Caldwell *et al.*, 1990; Ding, 1993).

Embora em ambiente natural a visão do pesquisador seja limitada, os comportamentos e o nível de atividade dos grupos de cetáceos são constatados à superfície (Tavolga, 1983). Diversas espécies de delfinídeos costumam formar grandes agregações e apresentar uma estrutura social complexa e variada, na

qual os indivíduos interagem e cooperam em variadas atividades (Carwardine, 1999). Esta interação, geralmente, é coordenada por sinais sonoros (Jacobs *et al.*, 1993). Contudo, apesar das vocalizações desempenharem uma importante função de comunicação, a relação destas com o contexto ambiental e social nos quais são emitidas, não é bem definida em muitas espécies de cetáceos (Weilgart & Whitehead, 1990).

O ecótipo marinho do boto-cinza (*Sotalia fluviatilis*, Gervais 1853), que distribui-se exclusivamente em águas costeiras do Atlântico Ocidental, desde Santa Catarina até a Nicarágua (da Silva & Best, 1996; Carr & Bonde, 2000), tem sido pouco estudado no que diz respeito às características e funções de suas emissões sonoras.

Excetuando-se alguns poucos estudos, como o de Norris *et al.* (1972), que foram os primeiros a descrever os assobios de *S. fluviatilis*, somente em meados da década de 90 foram intensificadas as pesquisas sobre as emissões sonoras do boto-cinza em ambiente natural (e. g. Santos-Lopes & Monteiro-Filho, 1996; Simão *et al.*, 1996; Pereira, 1997; Figueiredo, 1997). Porém, os resultados apresentados, de maneira geral, são preliminares e não caracterizaram efetivamente as emissões sonoras da espécie. Tampouco relacionam-nas com diferentes contextos sociais e ambientais.

O boto-cinza utiliza ao longo de todo o ano a Baía de Guanabara, onde realiza atividades importantes ao seu ciclo de vida (Lailson-Brito *et al.*, 1999). Na região, a espécie pode formar grupos de até 50 indivíduos, entretanto, agregações de 4 a 8 indivíduos são mais freqüentes (Geise, 1984; Cunha, 1999). Estimativa

populacional por meio da técnica de foto-identificação indica uma população entre 69 e 75 indivíduos (Pizzorno, 1999).

O desenvolvimento de estudos de bioacústica com *Sotalia* na Baía de Guanabara permitirá o conhecimento do repertório acústico da espécie, e poderá ser uma ferramenta auxiliar eficiente em estudos de comportamento e ecologia do boto-cinza.

1.1 Objetivos e Hipótese

Objetivo Geral

* Analisar e caracterizar qualitativa e quantitativamente as emissões sonoras de *Sotalia fluviatilis*, na Baía de Guanabara;

Objetivo Específico

* Verificar as associações entre as emissões sonoras e o comportamento de *Sotalia fluviatilis*, na Baía de Guanabara;

Hipótese

* Existem associações entre as vocalizações e os comportamentos de *Sotalia fluviatilis* e, portanto, os diferentes padrões de atividade influenciam as emissões sonoras da espécie.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Espécie estudada

2.11 Classificação Zoológica

O status taxonômico da espécie ainda é confuso e alguns autores aceitam duas subespécies:

- Distribuição fluvial - *Sotalia fluviatilis fluviatilis* (Gervais, 1853)
- Distribuição marinha - *Sotalia fluviatilis guianensis* (van Bénéden, 1875)

Contudo, as populações de *Sotalia fluviatilis* não são subespecificamente distintas, tendo sido amplamente adotado um gênero monoespecífico com ecótipos marinho e fluvial (Borobia, 1989; Borobia *et al.* 1991; da Silva & Best, 1994 e da Silva & Best, 1996).

REINO: Animalia

FILO: Chordata

CLASSE: Mammalia

ORDEM: Cetacea

SUB ORDEM: Odontoceti

FAMÍLIA: Delphinidae

GÊNERO: *Sotalia*

ESPÉCIE: *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853)

2.12 Características Gerais

O boto-cinza, *Sotalia fluviatilis*, é um pequeno delfinídeo com rostro moderadamente longo e fino. A espécie apresenta coloração cinza escuro no dorso, clareando em direção ao ventre, que pode ser branco ou rosado. A nadadeira dorsal é baixa e triangular e a passagem do rostro para o melão é suave. Cada arco de maxila possui de 26 a 36 dentes (Jefferson *et al.*, 1993; da Silva & Best, 1994; da Silva & Best, 1996).

O ecótipo marinho é maior que o fluvial. O comprimento médio é de $1,7 \pm 0,2$ m para o primeiro, e de $1,4 \pm 0,2$ m para o último (da Silva & Best, 1996).

O ecótipo fluvial distribui-se na Bacia dos Rios Amazonas e Orinoco (Borobia, *et al.*, 1991). O ecótipo marinho tem distribuição costeira contínua de Florianópolis, Santa Catarina ($27^{\circ}35' S$, $48^{\circ}34' W$), a Nicarágua (Simões-Lopes, 1987; Carr & Bonde, 2000). Borobia *et al.* (1991) sugerem que a Zona de

Convergência Subtropical seja uma barreira biogeográfica para o ecótipo marinho de *S. fluviatilis*, devido à baixa temperatura da água.

Ao longo de sua distribuição, o ecótipo marinho é encontrado no interior de baías e desembocaduras de grandes rios, muitas vezes ocupando áreas que não sofrem influência da água do mar (da Silva & Best, 1996).

S. fluviatilis é uma espécie gregária que forma, preferencialmente, grupos de 1 a 50 indivíduos (Carvalho, 1963; Borobia, 1984; Andrade *et al.*, 1987; Geise, 1991; Brito *et al.*, 1994 e da Silva & Best, 1994). Entretanto, agregações de mais de 150 indivíduos já foram observadas (Simão & Siciliano, 1994; Lodi & Hetzel, 1999). Os padrões de segregação não são conhecidos e, geralmente, os grupos são formados por adultos, jovens e filhotes (Borobia, 1984; Flores, 1993; Pizzorno, 1995).

Os machos alcançam a maturidade sexual aos 180 cm de comprimento e as fêmeas aos 170 cm, o que corresponde a pouco mais de seis anos de idade (Ramos, 1997). O sistema reprodutivo da espécie é poliândrico e envolve competição espermática (Bössenecker, 1978). O período de gestação é de 11 a 12 meses (da Silva & Best, 1994), os nascimentos parecem ocorrer ao longo de todo o ano (Flores, 1993; Pizzorno, 1995; Dinucci, 1997; Flores 1998) e os neonatos medem entre 90,2 e 96,6 cm (Ramos, 1997).

Apesar da dieta alimentar da espécie ser pouco conhecida, o boto-cinza tem demonstrado um comportamento alimentar oportunista, assim como outras espécies de cetáceos. No sudeste do Brasil, a espécie alimenta-se de peixes

clupeídeos, scianídeos, cefalópodes neríticos e camarões (Borobia & Barros, 1989; Di Beneditto, 1997).

As principais ameaças que afetam a espécie, que é classificada pela União Mundial para a Conservação (1996) na categoria de "dados insuficientes", estão diretamente relacionadas à destruição de habitat, poluição, tráfego de embarcações e interações com atividades de pesca (IBAMA, 1997).

2.2 Baía de Guanabara

Localizada na costa brasileira a 22°57' S e 43°10'W, a Baía de Guanabara originou-se da submersão de parte de uma bacia fluvial pleistocênica. Durante a Segunda Regressão Holocênica, há 3.000 anos, a baía atingiu uma posição próxima à atual (Amador, 1997).

A Baía de Guanabara, com aproximadamente 377 km², pode ser considerada um estuário. A região recebe a contribuição de 55 rios. Sua bacia de drenagem, com cerca de 11.000 km², tem um fluxo de água de 150 m³/s e uma taxa de renovação com o oceano de cerca de 10% (Perin *et al.*, 1997).

A profundidade média total da baía é de 7,6 m, com média de 3 m na área de fundo e 16,9 m na região da entrada da baía. No canal central varrido, que se estende da boca da baía até as proximidades da Ilha de Paquetá, é onde se encontram as maiores profundidades, de cerca de 23 m (Amador, 1997). As salinidades médias variam de 34,5 a 21; da entrada da baía para as áreas ao fundo, respectivamente. A temperatura da água depende da distância em relação à

boca e também da época do ano, oscilando de 24,6 a 26,5 °C na superfície (Kjerfve *et al.*, 1997).

A baía é delimitada por diversos ecossistemas: manguezais, mata atlântica, costões rochosos, praias arenosas e rios. Porém, em decorrência de um acelerado e desordenado processo de urbanização, a região transformou-se num dos ecossistemas mais degradados da costa brasileira (Amador, 1997).

Doze municípios industriais despejam diariamente, na baía ou em rios da sua bacia de drenagem, 500 t de esgoto *in natura* e 6,9 t de óleo (FEEMA, 1990; JICA, 1992). A descarga industrial de esgoto e o despejo de lixo, representam a principal fonte de poluição das águas da baía, sendo responsáveis por 90% da poluição química e 25% da poluição orgânica (Perin *et al.*, 1997). A situação se agrava periodicamente na estação chuvosa - quando o volume de água nos rios carreia todo tipo de lixo para a baía - e nos constantes derramamentos de óleo e outros produtos químicos (Amador, 1997).

Além da poluição, os aterros e desmatamentos na orla são responsáveis pela deterioração do ecossistema. Os manguezais que circundam a baía têm sido aterrados ou descaracterizados e com isso têm sido perdidas importantes áreas para a manutenção das comunidades animais (JICA, 1992). O ambiente ainda sofre com o assoreamento causado pelo depósito de sedimentos fluviais (Amador, 1997).

2.3 O boto-cinza na Baía de Guanabara

A presença de *Sotalia fluviatilis* na Baía de Guanabara é reportada desde o fim do século passado (Van Bénéden, 1874). Estudos mais recentes observaram que a baía é freqüentada ao longo de todo o ano pela espécie, que realiza na região atividades importantes ao seu ciclo de vida, como alimentação e cria de filhotes (Borobia, 1984; Geise, 1984; Andrade *et al.*, 1987; Brito *et al.*, 1994; Pizzorno, 1995; Dinucci, 1997; Pizzorno, 1999; Lailson-Brito *et al.*, 1999).

Todavia, além dos problemas ambientais gerados pelo parque industrial e pela urbanização desordenada, a área apresenta atividade pesqueira e trânsito de embarcações, que também representam ameaças à conservação do boto-cinza (Brito *et al.*, 1994; Lailson-Brito *et al.*, 1996; Lailson-Brito *et al.*, 1999).

A espécie tem demonstrado preferência por áreas do fundo da Baía, até mesmo em profundidades menores que cinco metros, onde a presença do homem é menos intensa, utilizando a região mais próxima à boca da Baía como um corredor de passagem (Lailson-Brito *et al.*, 1999). Os botos são observados tanto nas áreas mais profundas do canal Central, com mais de 20 m, quanto nas mais rasas, onde a profundidade é menor que 3,0 m (Pizzorno, *et al.*, 1995; Cunha, 1999; Cunha *et al.*, 1999).

Na Baía de Guanabara, a espécie pode formar grupos de até 50 indivíduos. Entretanto, agregações de 4 a 8 indivíduos são mais freqüentes. Geise (1984) encontrou grupos entre 1 e 50 indivíduos, mas grupos de 2 a 4 indivíduos corresponderam a 69,2% das observações. Borobia (1984) observou que, durante

os deslocamentos e comportamento de pesca cooperativa, os grupos eram maiores, variando de 2 a 10 indivíduos.

Sotalia fluviatilis tende a se afastar de embarcações em movimento e o tempo na superfície para respiração é muito rápido (Pizzorno *et al.* 1995). Apesar disto, estudos de foto-identificação do boto-cinza têm sido conduzidos na Baía de Guanabara desde 1995. Estimativa populacional por meio desta técnica indica uma população de 69 a 75 indivíduos (Pizzorno, 1999).

A presença de filhotes é observada durante todo o ano (Borobia, 1984; Geise, 1984; Geise, 1989) e alguns indivíduos têm demonstrado fidelidade de pelo menos cinco anos à Baía (Pizzorno, 1999; Projeto MAQUA, dados não publicados).

2.4 Emissões Sonoras de Odontocetos

2.41 Tipos de Emissões

Segundo Caldwell *et al.* (1990) os sons produzidos pelos odontocetos podem ser definidos em três categorias:

- Cliques de ecolocalização – São pulsos de curta duração (50 a 200 μ s) e geralmente de alta freqüência (30 a >130 kHz), cujos ecos captados fornecem informações sobre o ambiente, no que diz respeito à orientação, navegação e busca de alimento (Kellogg, 1961; Norris, 1968; Richardson *et al.*, 1995).

Contudo, tem sido demonstrado que estes pulsos são utilizados em contextos sociais pelo cachalote (*Physeter macrocephalus* Linnaeus, 1758) (Weilgart & Whitehead, 1997) e pelo golfinho-de-Hector (*Cephalorhynchus hectori* van Beneden, 1881) (Dawson & Thorpe, 1990).

Os cliques de ecolocalização são projetados pelo melão (tecido adiposo composto por éster e triglicerídeos, localizado na parte frontal da cabeça) que atua como transdutor e lente acústica direcionando os sinais produzidos (Norris, 1968; Litchfield *et al.*, 1975). Estes, por sua vez, diminuem em intensidade com o aumento da distância angular do centro de emissão (Richardson *et al.*, 1995).

A taxa de repetição dos cliques é normalmente uma função do que está sendo examinado. Os intervalos de repetição são mais longos quando a ecolocalização é utilizada para verificar o ambiente (orientação) e mais breves quando usada para obter informação detalhada do alvo (Au *et al.*, 1987).

A duração dos pulsos também varia. Contudo, para minimizar a chance do eco do início do sinal chegar antes deste sinal terminar, os cliques tendem a ser curtos (Tyack, 1998). Os odontocetos têm ainda a capacidade de variar a freqüência dos cliques conforme o nível de ruído do ambiente. Au *et al.* (1985) verificaram que a beluga (*Delphinapterus leucas* Pallas, 1776) emite pulsos de 40-60 kHz em ambientes com baixos níveis de ruído e que as freqüências tornam-se superiores a 100 kHz em áreas onde o ruído de fundo é alto.

De modo geral, todos os estudos de ecolocalização têm demonstrado que a duração, a freqüência e a taxa de repetição dos cliques são ajustadas visando

uma ótima performance em diferentes condições de ruído de fundo, reverberação, distância e características do alvo (Richardson *et al.*, 1995).

- Sons Pulsantes Explosivos (*Burst Pulsed Sounds*) - Os sons pulsantes normalmente contêm variações abruptas e padronizadas na taxa dos pulsos, resultando em uma ampla variedade de sons (Ford, 1989). Descritos como rangidos, guinchos e lamentos, entre outros, estes sons diferem dos cliques de ecolocalização na sua composição espectral e estrutural. A taxa de repetição de pulsos na ecolocalização é inferior a 40 pps e os cliques podem ser distinguidos individualmente pelo ouvido humano, já os sons pulsantes explosivos apresentam taxa de repetição dos pulsos superior a 40 pps, que não podem ser distinguidos individualmente pelo ouvido humano (Ding, 1993).

De acordo com Richardson (1995), os sons pulsantes explosivos podem apresentar até 5.000 pps. Brownlee & Norris (1994) reportam freqüências de emissão entre 5 e 60 kHz. A duração varia de 50 ms a > 10 s, mas a maioria está entre 0,5 e 1,5 s (Ford, 1989).

Estes sinais apresentam uma importante função na comunicação (Caldwell & Caldwell, 1972) e normalmente ocorrem em contextos sociais e emocionais (Lilly, 1962).

- Assobio – Som tonal contínuo de banda estreita de freqüência modulada, o assobio tem a função de estabelecer contato social entre os indivíduos e até

mesmo colaborar em seus comportamentos (Herman & Tavolga, 1980), além de servir para transmitir identidade individual, em algumas espécies (Caldwell & Caldwell, 1965).

Há uma ampla variedade de assobios: com bandas laterais, freqüência ascendente, descendente, ascendente-descendente e descendente-ascendente, entre outros (Dreher & Evans, 1964). A freqüência de emissão ocorre geralmente abaixo dos 20kHz (Richardson *et al.*, 1995), havendo uma correlação negativa entre a freqüência máxima do assobio e o tamanho do corpo da espécie (Ding, 1993).

Embora os assobios tenham uma direcionalidade relativamente baixa, exercem a função de sinais de comunicação de longa distância devido à modulação de sua freqüência (Norris & Dohl, 1980). Associações entre assobios e comportamento indicam aumento da taxa de emissão durante: alta atividade (Brownlee & Norris, 1994), comportamentos que exigem maior organização social (e. g. Dherer & Evans, 1964; Evans, 1967) e encontros de mãe e filhote (Smolker *et al.*, 1993).

2.42 Estudos das emissões sonoras de odontocetos

Em escala global, as emissões sonoras de cetáceos têm sido estudadas intensamente, no que diz respeito à orientação e comunicação (Shusterman, *et al.*, 1986). As primeiras observações de emissões sonoras de uma espécie identificada foram realizadas em 1949 e a partir de então, uma série de estudos

passaram a ser desenvolvidos (Tyack, 1998). Os primeiros estudos de bioacústica de cetáceos foram, em sua maioria, conduzidos em cativeiro e forneceram importantes informações quanto às características físicas e à função das emissões sonoras (e. g. Lilly & Miller, 1961). Caldwell *et al.* (1990) reportam que os golfinhos respondem aos assobios indo ao encontro de quem assobiou ou emitindo assobios em resposta. Caldwell *et al.* (1973) observaram que assobios são emitidos já no primeiro dia de vida e que o aparelho fonador vai se desenvolvendo com a idade. A partir dos estudos em cativeiro também observou-se, em algumas espécies, que o assobio de cada indivíduo possui um específico contorno (aumento e queda da freqüência padrão), constituindo a sua assinatura (Caldwell & Caldwell, 1965). No golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821), por exemplo, este assobio representa de 74 a 95% do repertório de assobios do indivíduo em cativeiro e serve para identificação de cada golfinho (Caldwell *et al.*, 1990).

Por desempenharem uma importante função de comunicação, as emissões sonoras devem ser analisadas levando-se em consideração o contexto ambiental e social, nos quais são emitidas. Em cativeiro, essas condições são limitadas e por isso, a partir do início da década de 1980, os estudos de bioacústica de cetáceos passaram a ser realizados também em ambiente natural. Estas pesquisas apresentam desvantagens como campo de visão restrito, ruído de fundo e dificuldades em localizar e identificar os indivíduos, entre outros. Entretanto, são realizados em condições ambientais reais, no que diz respeito aos fatores acústico, social e espacial (Taruski, 1979).

Estudos de cetáceos em liberdade demonstraram diferenças no repertório das emissões sonoras produzidas por diferentes populações de uma mesma espécie (e. g. Ford & Fisher, 1982; Weilgart & Whitehead, 1997); diferenças no repertório entre espécies simpátricas (Schultz & Corkeron, 1994); variação das emissões relacionada aos contextos sociais e ambientais (Taruski, 1979; Weilgart & Whitehead, 1990; Herzing, 1996), além de descrição de parâmetros acústicos das emissões sonoras (Dawson & Thorpe, 1990; Ding, 1993).

2.5 Audição e Produção de sons

Os cetáceos são mamíferos completamente adaptados à vida aquática e há evidências de que os arqueocetos (cetáceos primitivos) já possuíam a bula timpânica adaptada a ouvir sob a água (Carwardine, 1999).

Nos mamíferos terrestres, o tímpano e o ouvido médio atuam transmitindo os sons ao ouvido interno. No caso dos cetáceos isto não ocorre, uma vez que o ouvido é isolado acusticamente (não há ar no canal externo do ouvido) e o ouvido interno é envolvido por um osso extremamente denso que é isolado do crânio (Tyack, 1998). Todavia, tem sido observado que os sons são captados através de uma fina seção de osso na mandíbula e em seguida são conduzidos ao ouvido interno por meio de um tecido adiposo de baixa impedância (Norris, 1968).

O fato do ouvido interno estar isolado do crânio permite uma excelente capacidade de localizar a direção do som que está sendo captado, pois não há condução de sons pelos ossos (Wartzok & Ketten, 1999).

Os odontocetos são mais sensíveis aos sons acima de 10kHz, possuindo sensibilidade auditiva para freqüências superiores a 100 kHz (Norris, 1968). Esta sensibilidade às altas freqüências está relacionada ao uso dos pulsos de alta freqüência na ecolocalização (Tyack, 1998). Sobre freqüências abaixo dos 10 kHz, os poucos estudos desenvolvidos indicam que a sensibilidade diminui, apesar de algumas espécies captarem sons inferiores à 1kHz (Richardson *et al.*, 1995).

O número de células sensorias localizadas no ouvido interno de um cetáceo é mais alto que no ouvido humano. Entre os mamíferos, os cetáceos têm as maiores habilidades em discriminar diferentes freqüências e podem detectar variações de até 0,2% (Thompson & Herman, 1975). A variação de freqüência na qual os odontocetos podem discriminar as freqüências é melhor próxima aos 10 kHz, o que demonstra que a modulação de freqüência dos assobios exerce uma função importante na comunicação (Tyack, 1998). O golfinho-nariz-de-garrafa, o cetáceo mais estudado quanto às capacidades acústicas, pode reconhecer diferentes contornos de freqüência de assobios. Tal capacidade pode ser a base para o reconhecimento individual (Ralston & Herman, 1995).

Apesar dos tipos de sons emitidos pelos cetáceos serem bem estudados, ainda existem controvérsias quanto à produção dos sons. Tem sido amplamente aceito que os sons emitidos pelos cetáceos são produzidos na região dos divertículos nasais, pela passagem do ar sob pressão ou fricção de músculos (Lilly, 1962; Norris 1968; Evans & Prescott, 1962; Evans & Maderson, 1973; Cranford *et al.* 1996). Contudo, estudos mais recentes apontam para a evidência

de que os assobios possam ser produzidos na laringe, uma vez que os cetáceos possuem cordas vocais, que podem atuar na produção dos sons (Reidenberg & Laitman, 1988; Reidenberg & Laitman, 1994). Isto justificaria a relação inversa entre o tamanho do corpo e a freqüência de emissão dos assobios, como tem sido sugerido para os cetáceos, uma vez que cordas vocais maiores têm freqüência fundamental mais baixa (Ding, 1993).

2.6 Emissões sonoras de *Sotalia fluviatilis*

Embora muitas espécies de cetáceos sejam bem estudadas quanto às suas emissões sonoras, isto não se aplica a *S. fluviatilis*. Excetuando alguns poucos estudos realizados a partir de 1970, somente em meados da década de 90 foram intensificadas as pesquisas sobre os aspectos bioacústicos da espécie.

Norris *et al.* (1972), estudando o ecótipo fluvial, foram os primeiros a descrever as emissões sonoras da espécie. Os autores observaram cliques de ecolocalização atingindo freqüências de até 95 kHz e taxa de repetição de 600 pps. A freqüência de emissão dos assobios variou de 10 a 15 kHz.

Nakasai & Takemura (1975), que também estudaram o ecótipo fluvial na Bacia do Rio Amazonas, reportaram que os cliques de ecolocalização tiveram taxa de repetição de 70 pps. Os assobios variaram entre 0,1 e 0,5 segundos de duração e de 5 a 16 kHz de freqüência.

A partir da década de 80, o ecótipo fluvial passou a ser estudado em cativeiro e a maior parte das pesquisas de bioacústica enfocaram a ecolocalização

(Wiersmsa, 1982; Alcuri & Busnel, 1989; Kamminga *et al.*, 1993) e a capacidade auditiva da espécie (Saureland *et al.*, 1995; Saureland & Dehnhardt, 1998). Estes estudos revelaram que *S. fluviatilis* possui sensibilidade auditiva entre 4 e 135 kHz, sendo mais sensível de 64 a 105 kHz. Terry (1983) realizou, em oceanário, estudos de comportamento e observou que o número dos assobios aumentava quando os animais estavam agitados.

Houve, ainda, um estudo realizado por Ding (1993), que analisou assobios da espécie em rios tributários do Amazonas e encontrou freqüência média de 8-13 kHz.

As emissões sonoras do ecótipo marinho começaram a ser estudadas no início da década de 90, na Baía de Sepetiba (RJ) (Simão *et al.*, 1995). A partir de então, os estudos de bioacústica da espécie foram intensificados. Contudo, estão concentrados nas regiões sul e sudeste e a maioria em fase preliminar.

Santos-Lopes & Monteiro-Filho (1996) testaram métodos de estudo de gravações de sons do boto-cinza, *Sotalia fluviatilis*, em Santa Catarina e Cananéia (SP), obtendo como resultados gritos, sons de ecolocalização, assobios e gargarejos. Alguns padrões comportamentais foram observados durante as gravações, mas os autores não fazem nenhuma associação com os sons gravados.

No litoral Norte do Paraná, Neto & Monteiro-Filho (1998) realizaram observações preliminares de quatro horas de gravação e encontraram 77 sinais acústicos entre assobios e sons pulsantes.

Simão *et al.* (1996) identificaram seis classes distintas de assobios em estudos das emissões sonoras do boto-cinza na Baía de Sepetiba, em 30 minutos de gravação analisados. No mesmo arquivo sonoro, um grupo formado por cerca de 20 indivíduos jovens, Pereira (1997) encontrou taxa de emissão de 38,5 assobios/minuto e verificou a presença de todas as grandes classes de emissões sonoras descritas na literatura.

Os principais estudos de bioacústica da espécie são realizados na Baía de Sepetiba e têm sido os únicos a analisar os parâmetros acústicos dos assobios do boto-cinza (Simão *et al.*, 1995; Simão *et al.*, 1996; Pereira, 1997; Figueiredo, 1997; Pereira *et al.*, 1998; Figueiredo & Simão, 1998).

3. METODOLOGIA

3.1 Gravação das Emissões

As emissões sonoras do boto-cinza foram gravadas na Baía de Guanabara, no período de março de 1998 a maio de 1999. As saídas de campo foram realizadas no período da manhã e não houve periodicidade. O tempo total de gravação foi de 11h 27m 35s.

Utilizando um barco (modelo *PETY 420S* com motor de popa modelo *SUZUKI 25 Hp*), foram feitas as aproximações até os grupos de botos que estiveram presentes nas áreas do fundo da Baía da Guanabara (Figura 1). Aproximando-se do grupo, o motor era desligado, iniciando-se então, as gravações.

Utilizou-se um hidrofone *Celesco LC-10*, à uma profundidade de 3m, acoplado a um pré-amplificador e este a um *walkman* profissional *Sony WM-D3* (1% de distorção harmônica total, resposta de freqüência de 60 Hz a 16.000 Hz, \pm

3 dB, 4 trilhas, 2 canais). As gravações mono foram feitas em fitas K-7 de óxido de cromo *Sony UX*.

Simultaneamente às gravações, anotou-se em planilhas os comportamentos dos botos de acordo com Shane (1990):

- Deslocamento: grupo realiza movimento em uma direção claramente definida;
- Pesca: grupo geralmente disperso desloca-se variando a direção do movimento. Eventualmente os indivíduos realizam rápidos mergulhos, evidenciando perseguição às presas. Pode ocorrer também a formação de grupos com geometria de círculo e semi-arco.
- Socialização: grupo coeso (indivíduos muito próximos uns dos outros) ocorre contato físico freqüentemente. Realizam maior número de atividades à superfície e não há deslocamento;
- Deslocamento/pesca: indivíduos realizam movimento em uma direção claramente definida, enquanto procuram alimento e pescam intermitentemente;

Geralmente houve um grau de sincronismo nas atividades dos membros dos grupos. Entretanto, nas ocasiões em que alguns indivíduos realizaram atividades distintas do restante, foi considerado o comportamento realizado pela maioria dos botos.

Em todos os dias de gravação, os grupos de botos eram formados por adultos, jovens e filhotes. O tamanho dos grupos variou de 4 até cerca de 50 (20,4 \pm 12,8) indivíduos.

3.2 Digitalização das Gravações e Análise das Emissões Sonoras

As gravações em fita K-7 foram digitalizadas a partir do acoplamento do gravador *Sony WM-D3* a um computador *PC-AM K6-II 266 MHz, 32 Mb RAM, 1,9 Gb HD*, utilizando-se placa *SoundBlaster 32P* e software *Cool Edit Pro © 1.2*, em velocidade normal, canal mono, taxa de amostragem 44 kHz (16 bits). As gravações geraram 228 arquivos com extensão .WAV, com duração de três minutos que foram gravados em *zipdisks* e posteriormente em *Compact Disks*.

Os arquivos foram analisados por meio de sonogramas, no software *Cool Edit Pro © 1.2*. Assobios foram definidos como sons contínuos de banda estreita e freqüência modulada. Considerou-se cliques de ecolocalização aqueles pulsos cuja taxa de repetição apresentava um padrão. Os sons pulsantes foram sinais que, diferentemente dos cliques, não se comportaram como simples pulsos com padrão de repetição.

Pela análise visual dos sonogramas dos assobios, foram feitas separações destes em tipos (análise qualitativa) de acordo com o contorno que cada assobio apresentava, devido à variação em sua freqüência de emissão. Na análise quantitativa, foram medidas as seguintes variáveis acústicas de cada assobio:

- Freqüência Inicial (FI): Freqüência no ponto inicial do assobio, medida em kHz;
- Freqüência Final (FF): Freqüência no ponto final do assobio, medida em kHz;
- Freqüência Mínima (Fmin): Menor freqüência do assobio, medida em kHz;
- Freqüência Máxima (Fmax): Maior freqüência do assobio, medida em kHz;

- Modulação de Freqüência (FM): Diferença entre a maior e a menor freqüência do assobio, medida em kHz;
- Duração: Tempo de duração do assobio, medida em (milisegundos) ms;
- Número de inflexões: Número de pontos onde ocorrem inflexões no contorno do assobio;
- Freqüência à 1/4 da duração ($F \frac{1}{4}$): Freqüência no ponto que representa 1/4 da duração do assobio, medida em kHz;
- Freqüência à 1/2 da duração ($F \frac{1}{2}$): Freqüência no ponto que representa 1/2 da duração do assobio, medido em kHz;
- Freqüência à 3/4 da duração ($F \frac{3}{4}$): Freqüência no ponto que representa 3/4 da duração do assobio, medido em kHz;
- Freqüência nos pontos de inflexão: Freqüência nos pontos onde ocorrem inflexões no contorno do assobio, medida em kHz;
- Número de harmônicos: Número de bandas laterais cuja freqüências são múltiplas ou frações da banda fundamental;
- Modulação de amplitude (AM): Valor da diferença entre as freqüências da banda carreadora e laterais que não são harmônicas.

Nos assobios que apresentavam bandas laterais, foram medidos os parâmetros da freqüência fundamental. Na Figura 2 são representadas algumas variáveis acústicas analisadas. Somente foram analisadas as características

acústicas daqueles assobios cujo o ruído de fundo ou a baixa intensidade da emissão não comprometeram as análises.

Em cada arquivo sonoro, os cliques de ecolocação foram somente analisados quanto à presença/ausência e sons pulsantes quantificados. Nenhuma variável física destas emissões foi medida.

Os dados quantitativos foram armazenados em planilhas do *Microsoft Excel*

© 97.

3.3 Análise Estatística

A taxa de emissões por minuto foi calculada dividindo-se o número total de vocalizações (sons pulsantes e assobios) pelo tempo total de gravação. Da mesma forma, discriminou-se o número de sons pulsantes e assobios, para o cálculo do percentual de ocorrência e taxa de emissão/minuto de ambos tipos de som.

Do tempo total de gravação, foram determinados o tempo de ocorrência de cada comportamento, para que fossem calculadas separadamente as taxas de emissões/minuto de sons pulsantes e de assobios.

Da análise qualitativa, determinou-se os tipos de assobios em cada comportamento e calculou-se o percentual de ocorrência de cada um, dividindo-se a freqüência de ocorrência pelo número de assobios analisados.

Os assobios também foram separados em categorias quanto ao número de pontos de inflexão:

- Inflex 0: Assobios sem ponto de inflexão
- Inflex 1: Assobios com 1 ponto de inflexão
- Inflex 2: Assobios com 2 pontos de inflexão
- Inflex 3: Assobios com 3 pontos de inflexão
- Inflex 4: Assobios com 4 pontos de inflexão
- Inflex 5: Assobios com 5 pontos de inflexão
- Inflex 6: Assobios com 6 pontos de inflexão
- Inflex N: Assobios trinados

Calculou-se a freqüência relativa de ocorrência de cada categoria de assobio, dividindo o número de assobios de cada categoria pelo total de assobios analisados.

A análise estatística descritiva para cada variável acústica do assobio medida consistiu do tamanho da amostra, valor mínimo, valor máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação.

Histogramas de freqüência relativa (freqüência/número de assobios analisados) foram confeccionados para a duração, freqüência inicial, freqüência final e modulação de freqüência.

Aplicou-se o teste t para duas amostras pareadas dependentes com o intuito de verificar se a freqüência final de emissão de todos os assobios analisados foi significativamente mais alta que a freqüência inicial. O mesmo foi

aplicado separadamente por comportamento e para os assobios com 0 e 1 ponto de inflexão.

O comportamento, o tamanho de grupo e a ocorrência de sons pulsantes e de assobios discriminados por pontos de inflexão, foram determinados em cada um dos 228 arquivos de gravação.

A fim de verificar a correlação entre o número de sons pulsantes, o número de assobios, utilizou-se o teste não-paramétrico de correlação de *Spearman* (rs)

O teste não-paramétrico de *Mann-Whitney* (U) foi usado para testar a significância das diferenças entre o número de sons pulsantes e assobios (separados por categorias) emitidos durante a presença e a ausência dos comportamentos de pesca e socialização. Tal análise teve como objetivo verificar se nos comportamentos vigorosos (pesca e socialização) os assobios e os sons pulsantes foram emitidos em maior número que nos comportamentos considerados de baixa atividade (deslocamento, pesca/deslocamento).

A Análise de discriminante multivariada foi aplicada para comparar os parâmetros dos assobios e determinar se houve variações significativas entre os quatro comportamentos. Esta análise foi aplicada aos seguintes assobios:

- sem ponto de inflexão;
- com 1, 2, 3, 4 pontos de inflexão
- trinados;
- ascendentes sem ponto de inflexão;
- descendentes sem ponto de inflexão;

- com um ponto de inflexão de contorno: ascendente-ascendente, ascendente-descendente, descendente-ascendente;
- todos assobios analisados.

A análise de discriminante fornece o percentual correto de classificação, a distância estatística de *Mahalanobis* (D^2), o valor de F referente às médias dos vetores, correlação canônica dos grupos e as variáveis que foram eficientes na discriminação.

O valor do percentual correto de classificação é indicado por quantos assobios foram diferentes para serem corretamente determinados pela função discriminante. Uma grande percentagem de assobios corretamente classificados, quando comparado com o percentual esperado (50% para dois grupos, 20% para cinco grupos e assim por diante), indica uma ampla diferença entre os grupos e os valores do percentual correto de classificação serão altos. Por outro lado, se apenas uma pequena percentagem de assobios for classificada corretamente, os valores do percentual correto de classificação serão baixos e os grupos pouco discriminados (Steiner, 1981; Ding, 1993). No presente estudo o percentual esperado foi de 25% para todas as análises com exceção dos assobios trinados (33%).

A distância estatística de *Mahalanobis* (D^2) fornece as distâncias entre os grupos no espaço multivariado. Valores elevados de D^2 indicam que houve grandes diferenças entre os grupos.

A representação gráfica das variáveis canônicas, fornece uma boa indicação do nível de discriminação entre os grupos. Quando as duas primeiras variáveis da correlação canônica são posicionadas num eixo X-Y, as distâncias relativas entre os valores no gráfico são proporcionais às diferenças entre os grupos.

Pelo fato dos valores de F serem dependentes do tamanho da amostra, optou-se por utilizar apenas os valores de D^2 .

Todas as variáveis medidas entraram na análise, exceto quando havia uma forte correlação entre elas. Por exemplo, naqueles tipos de assobios ascendentes sem pontos de inflexão em que a freqüência máxima é sempre igual à final apenas uma foi computada. Na análise de discriminante as variáveis que efetivamente contribuem para a discriminação, entram no modelo e pode-se, portanto, verificar a contribuição de cada variável na discriminação entre os grupos.

Os histogramas de freqüência foram confeccionados no *Microsoft Excel 97* e as análises estatísticas foram conduzidas no Pacote *Statística 5.0*.

4. RESULTADOS

Nas 11h 27m 35s de gravações analisadas foram encontrados cliques de ecolocalização, sons pulsantes e assobios (Figura 3). Os cliques de ecolocalização não foram quantificados, mas estiverem presentes em todos os comportamentos. Foram encontrados 2.270 sons pulsantes e 5.925 assobios, totalizando 8.195 vocalizações, o que corresponde a 11,9 vocalizações/minuto (Tabela 4.1).

Tabela 4.1: Tamanho de grupo, tempo de gravação e número de vocalizações do boto-cinza na Baía de Guanabara, separados por comportamento.

Comportamento	Tamanho de grupo*	Tempo (min)	Vocalizações (Sons pulsantes e assobios)	Percentual (%)	Vocalizações/ minuto
Deslocamento	17,3	307,9	1495	18,3	4,9
Deslocamento/pesca	26,6	266,9	2638	32,2	9,9
Pesca	23,9	83,5	3550	43,3	42,5
Socialização	13,9	29,3	512	6,2	17,5
TOTAL	20,4	687,6	8195	100,0	11,9*

*Média

Na Tabela 4.2 é apresentada a quantificação dos sons pulsantes e assobios, discriminada por comportamento. A razão geral de sons pulsantes/minuto foi de 3,3, com o valor máximo de 13,6 na pesca. O comportamento de pesca apresentou também a maior razão de assobios por minuto (28,9), sendo novamente mais elevada que a dos outros comportamentos e no total geral, que foi de 8,6 assobios/minuto. As menores razões encontradas foram de 0,8 e 4,1 para sons pulsantes e assobios, respectivamente, ambos no comportamento de deslocamento. Os comportamentos de pesca e deslocamento/pesca reuniram 75,2% das emissões (sons pulsantes e assobios).

Tabela 4.2: Quantificação e taxa de emissão por minuto dos sons pulsantes e assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara, discriminados por comportamento.

Comportamento	Sons pulsantes	Sons pulsantes/ minuto	Assobios	Assobios/ minuto	Assobios/Sons pulsantes
Deslocamento	245	0,8	1248	4,1	5,1
Deslocamento/pesca	835	3,1	1803	6,8	2,2
Pesca	1134	13,6	2416	28,9	2,1
Socialização	54	1,8	458	15,7	8,5
TOTAL	2270	3,3*	5925	8,6*	2,6

*Média

O teste de correlação de *Spearman* mostrou que a correlação entre o número de sons pulsantes emitidos e o número de assobios foi positiva ($rs = 0,576$; $p < 0,01$).

Devido ao alto ruído de fundo ou a baixa intensidade da emissão, que não permitiram uma análise adequada, 611 assobios foram descartados da análise quali-quantitativa.

A análise qualitativa indicou a existência de 219 tipos de assobios. Na Figura 4 são apresentados alguns tipos de assobios encontrados e suas respectivas categorias quanto ao número de pontos de inflexão. O assobio ascendente sem ponto de inflexão (Tipo 1) foi o mais freqüente, correspondendo a 22,0% do total analisado.

Na Tabela 4.3 são apresentados o percentual das categorias de assobio (por número de inflexões) e as médias de ocorrência por três minutos de gravação. Os assobios com 0 e 1 ponto de inflexão corresponderam à 74,9% (n=3.981). Na Tabela 4.4 a ocorrência de cada categoria de assobio é discriminada por comportamento.

Tabela 4.3: Percentual das categorias de assobio (separadas por número de inflexões) e as médias de ocorrência, de cada categoria de assobio por três minutos de gravação (n = 228).

Categoria*	Percentual	Média/3 min
Inflex 0	46,2	10,8
Inflex 1	28,9	6,7
Inflex 2	14,5	3,4
Inflex 3	2,5	0,6
Inflex 4	0,6	0,1
Inflex 5	0,2	0,004
Inflex 6	~ 0,001	0,001
Inflex N	7,1	1,6
Total	100	23,3

* Códigos das categorias conforme descrito na metodologia.

Tabela 4.4: Taxas de emissão (assobios/minuto) das diferentes categorias de assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara, discriminadas por comportamento.

Comportamento	Inflex 0	Inflex 1	Inflex 2	Inflex 3	Inflex 4	Inflex 5	Inflex 6	Inflex N
Deslocamento	1,9	0,9	0,4	0,04	0,01	0,001	0	0,08
Desloc/Pesca	3,1	2,0	1,0	0,2	0,02	0,01	0,01	0,1
Pesca	10,6	7,0	3,8	0,7	0,2	0,08	0,02	3,9
Socialização	5,5	4,2	2,0	0,4	0,1	0	0	0
Nº de assobios	2452	1526	781	137	29	9	3	377

O teste *U* de *Mann-Whitney* ($p<0,001$) comprovou que durante os comportamentos de pesca e socialização a emissão de assobios e sons pulsantes foi maior do que quando estes comportamentos estavam ausentes (Tabela 4.5).

Tabela 4.5: Significância das diferenças entre as médias das categorias de assobio e sons pulsantes emitidos pelo boto-cinza na Baía de Guanabara, na presença e ausência dos comportamentos de pesca e socialização. Teste *U* de *Mann-Whitney* ($p<0,001$).

Categoria	Baixa Atividade ¹	Alta Atividade ²	Valor de <i>P</i>
	(N=191)	(N=37)	
Tamanho de grupo	21,3	21,8	P=0,99
Inflex 0	6,6	23,9	P<0,0001
Inflex 1	3,8	16,4	P<0,0001
Inflex 2	1,9	8,6	P<0,0001
Inflex 3	0,3	1,6	P<0,0001
Inflex 4	0,05	0,5	P<0,0001
Inflex 5	0,001	0,2	P<0,001
Inflex 6	0,0005	0,05	P=0,22
Inflex N	0,2	7,4	P<0,0001
Sons pulsantes	5,1	27,0	P<0,0001

¹ Ausência de pesca e socialização; ² Presença de pesca e socialização.

A estatística descritiva das variáveis acústicas dos 5.314 assobios analisados é apresentada na Tabela 4.6. As variáveis de freqüência foram as que tiveram os menores desvios padrão; a duração e o número de inflexões e de harmônicos os mais elevados.

Apenas 4,6% dos assobios apresentaram modulação de amplitude.

Tabela 4.6: Estatística descritiva das variáveis acústicas dos 5.314 assobios do boto-cinza, na Baía de Guanabara. A freqüência está em kHz e a duração em ms. N é o tamanho da amostra, D. P. o Desvio Padrão e C. V. o Coeficiente de Variação.

Variável	N	Menor Valor	Maior Valor	Média	D. P.	C.V.
Freqüência Inicial	5.314	0,9	18,3	7,9	2,9	36,7
Freqüência Final	5.314	0,4	19,1	13,0	4,5	34,6
Freqüência mínima	5.314	0,4	16,5	7,6	3,0	39,5
Freqüência máxima	5.314	1,6	19,1	13,2	4,2	31,8
Modulação de Freqüência	5.314	0,0	16,5	5,6	3,8	67,9
Freqüência à ¼	5.314	1,2	16,5	9,1	2,7	29,7
Freqüência à ½	5.314	1,3	17,8	10,6	2,9	27,4
Freqüência à ¾	5.314	1,6	18,2	12,4	3,9	31,5
Duração	5.314	5	852	103,3	81,1	78,5
Inflexões*	4.938	0	6	0,7	0,9	128,6
Harmônicos	5.314	0	11	0,4	0,8	200,0

* Não foram considerados os assobios trinados.

A média da freqüência final dos assobios foi mais alta que a da freqüência inicial (Tabela 4.6). Por meio do teste *t* para duas amostras pareadas dependentes, verificou-se que a freqüência final foi significativamente mais alta que a freqüência inicial. O mesmo foi encontrado quando realizou-se o mesmo teste estatístico separadamente por comportamento e para os assobios com 0 e 1 ponto de inflexão (Tabela 4.7).

Tabela 4.7: Significância das diferenças entre as médias das freqüências inicial e final dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara. Teste t ($p<0,001$).

Comportamento e Categoria	Valor de p
Total (N=5.314)	$P<0,0001$
Deslocamento (N=1.027)	$P<0,0001$
Deslocamento/Pesca (N=1.741)	$P<0,0001$
Pesca (N=2.190)	$P<0,0001$
Socialização (N=356)	$P<0,0001$
Inflex 0 (N=2.457)	$P<0,0001$
Inflex 1 (N=1.524)	$P<0,0001$

A Figura 5 mostra que os assobios com duração até 250 ms tiveram freqüência relativa acumulada de 94%. Além disso, houve um pico principal entre 51 e 100 ms com uma ocorrência relativa de aproximadamente 35%. A distribuição dos valores da freqüência inicial indica a existência de um pico de 6 a 9,9 kHz e que as emissões entre 4 e 11,9 kHz corresponderam a freqüência relativa acumulada de cerca de 83% (Figura 6). Pela análise da distribuição dos valores da freqüência final dos assobios, verifica-se que ocorreu um pico entre 14 e 17,9 kHz e que aproximadamente 65% das freqüências finais estiveram entre 12 e 17,9 kHz (Figura 7). Os valores de modulação de freqüência tiveram pico de ocorrência relativa de 14% entre 0 e 0,9 kHz e 86,6% estão contidos em até 9,9 kHz (Figura 8).

Na Tabela 4.8 são apresentados aqueles tipos de assobios cuja ocorrência correspondeu a pelo menos 1% do total analisado.

Tabela 4.8: Assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara com ocorrência superior a 1% do total de assobios analisados, discriminados por comportamento.

TIPO	N	(%)	Pesca	Deslocamento	Socialização	Desloc/pesca
1	1.177	22,1	351	338	109	369
7	534	10,1	199	113	66	166
2	455	8,6	159	108	7	181
25	375	7,1	324	23	0	28
4	334	6,3	141	71	15	107
3	173	3,3	60	31	3	79
15	166	3,1	71	35	14	46
8	154	2,9	38	34	31	51
16	151	2,8	67	18	14	52
12	141	2,7	51	26	7	57
5	128	2,4	56	17	0	55
11	101	1,9	27	16	6	52
6	95	1,8	64	9	17	5
15	82	1,5	39	9	3	31
10	81	1,5	37	7	1	36
9	77	1,5	35	18	4	20
17	72	1,4	23	14	4	31
TOTAL	4.296	81,0	1.742	887	301	1.366

Os resultados da análise de discriminante na comparação dos assobios entre os comportamentos, são apresentados nas Tabelas 4.9 e 4.10. De maneira geral, os percentuais corretos de classificação foram baixos na maioria as categorias de assobios (30,5 - 43,9) e a distância de *Mahalanobis* (D^2) foi pequena. Os comportamentos foram bem discriminados nos assobios INFLEX 3, INFLEX 4, INFLEX N e ascendente-descendente, nos quais a distância de *Mahalanobis* (Tabelas 4.10 e, f, g, l) e o percentual correto de classificação (Tabela 4.9) apresentaram valores mais elevados.

Para os assobios da categoria INFLEX 3, as variáveis mais eficientes na discriminação foram o número de harmônicos, a duração, a freqüência inicial de

emissão e a freqüência mínima (Tabela 4.11, $p < 0,01$). Esta última dominou negativamente o Eixo Discriminante I (Gráfico 4.1e). O centro dos dados representando os comportamento de pesca e socialização concentraram-se em escores mais elevados deste Eixo, indicando valores de freqüência mínima, geralmente, mais elevados nos comportamentos de deslocamento e deslocamento/pesca. O Eixo Discriminante II foi dominado positivamente pela freqüência inicial. Portanto, no comportamento de socialização esta variável apresentou, de maneira geral, valores mais elevados do que nos outros comportamentos, inclusive na pesca.

Tabela 4.9: Valores do percentual correto de classificação, resultantes da análise de discriminante para a comparação dos assobios do boto-cinza entre os comportamentos.

Categoria dos assobios	%CC
TODOS	30,5
INFLEX 0	31,4
INFLEX 1	43,9
INFLEX 2	34,8
INFLEX 3	58,6
INFLEX 4	55,2
INFLEX N	68,2
DESCENDENTE SEM INFLEXÃO	42,1
ASCENDENTE SEM INFLEXÃO	30,6
DESCENDENTE-ASCENDENTE	37,4
ASCENDENTE-DESCENDENTE	50,0
ASCENDENTE COM 1 INFLEXÃO	31,5

* %CC esperado foi de 25% para todas as análises, com exceção da categoria INFLEX N (33%).

Na Tabela 4.11, verifica-se que, nos assobios com quatro pontos de inflexão, a freqüência inicial foi a única variável que contribui significativamente ($p < 0,05$) para a discriminação dos quatro comportamentos e dominou negativamente o Eixo Discriminante I (Gráfico 4.1f). Os valores de freqüência inicial nos comportamentos de pesca e socialização concentraram-se em valores mais baixos deste Eixo, indicando valores freqüência inicial, geralmente, mais elevados do que no deslocamento e deslocamento/pesca.

Os assobios trinados também foram bem discriminados. Os valores da distância de *Mahalanobis* foram elevados, assim como o percentual correto de classificação (Tabelas 4.9 e 4.10g). As variáveis que mais contribuíram para a separação dos comportamentos foram a freqüência inicial e a freqüência máxima (Tabela 4.11). O Eixo Discriminante I foi dominado negativamente pela primeira variável e no outro Eixo a segunda variável dominou positivamente. Desta forma, a representação gráfica das duas primeiras variáveis canônicas (Gráfico 4.1g) indica que o comportamento deslocamento/pesca apresentou maiores valores de freqüência inicial do que a pesca e o deslocamento. Este último comportamento, por sua vez, possui assobios trinados com valores mais elevados de freqüência máxima de emissão.

Nos assobios de contorno ascendente-descendente, a socialização também apresentou significativas diferenças em relação aos demais comportamentos (Tabela 4.10i). A representação gráfica das duas primeiras variáveis canônicas (Gráfico 4.1i) mostra que a socialização foi o único dos comportamentos que concentrou-se em baixos escores do Eixo Discriminante I. Este foi dominado

negativamente pela modulação de freqüência, indicando que na socialização estas variáveis apresentaram, geralmente, valores mais elevados que nos outros comportamentos.

Nas demais categorias de assobios, o comportamento de socialização apresentou as maiores distância em relação aos outros comportamentos.

Tabela 4.10a: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação de todos os assobios do boto-cinza entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	0,06
Deslocamento x Pesca	0,17
Deslocamento x Socialização	0,20
Pesca x Socialização	0,45
Pesca x Desloc/Pesca	0,13
Socialização x Desloc/Pesca	0,30

**Significativo a 0,001

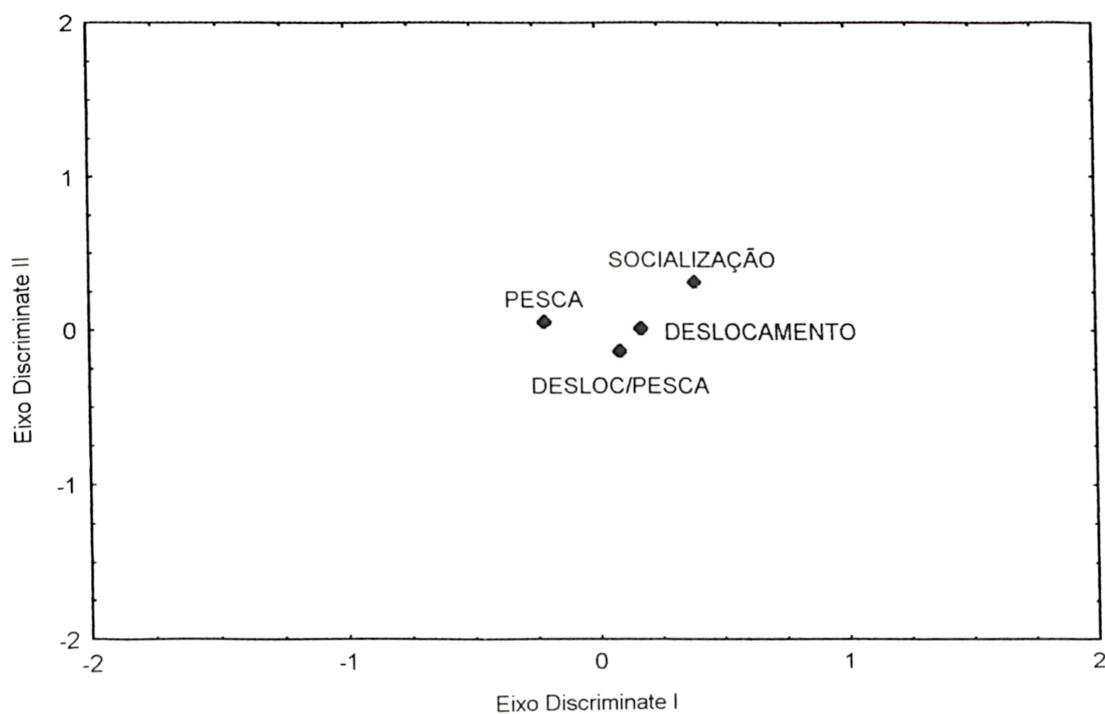


Gráfico 4.1a: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para todos os assobios.

Tabela 4.10b: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios sem ponto de inflexão entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	0,16
Deslocamento x Pesca	0,10
Deslocamento x Socialização	0,63
Pesca x Socialização	0,51
Pesca x Desloc/Pesca	0,09
Socialização x Desloc/Pesca	0,94

**Significativo a 0,001

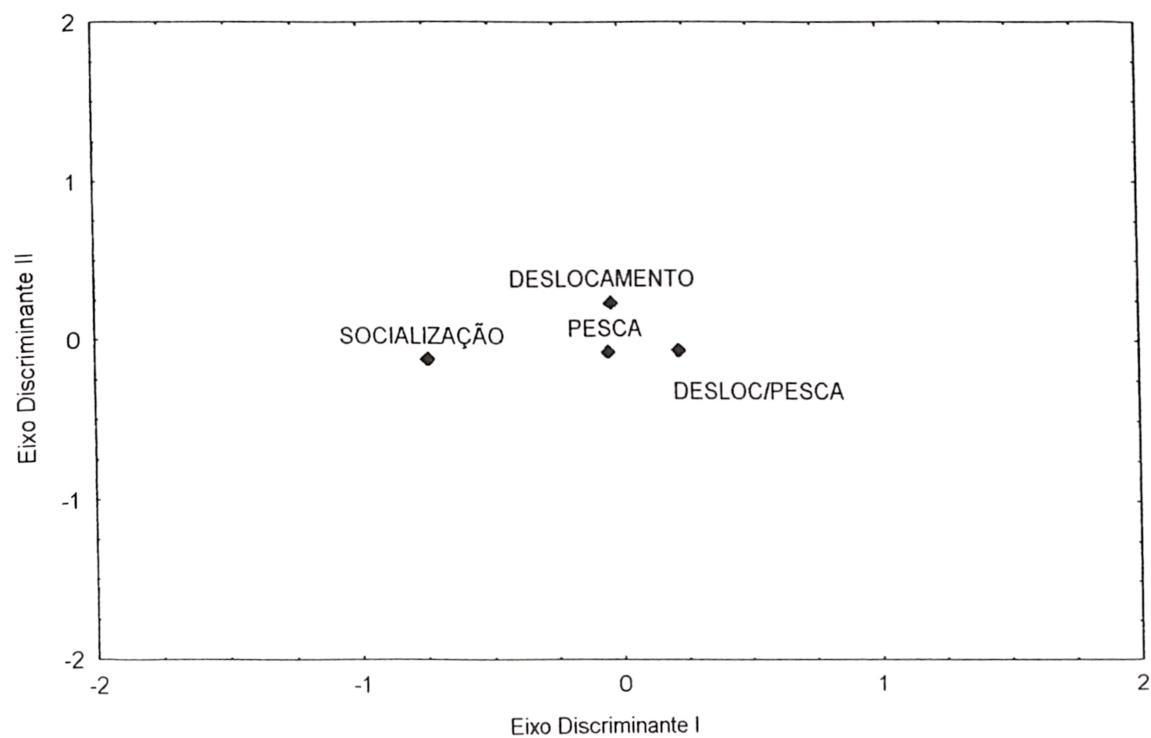


Gráfico 4.1b: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios sem ponto de inflexão.

Tabela 4.10c: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios com 1 ponto de inflexão entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	0,13
Deslocamento x Pesca	0,81
Deslocamento x Socialização	0,08
Pesca x Socialização	0,20
Pesca x Desloc/Pesca	0,10
Socialização x Desloc/Pesca	0,18

**Significativo a 0,001

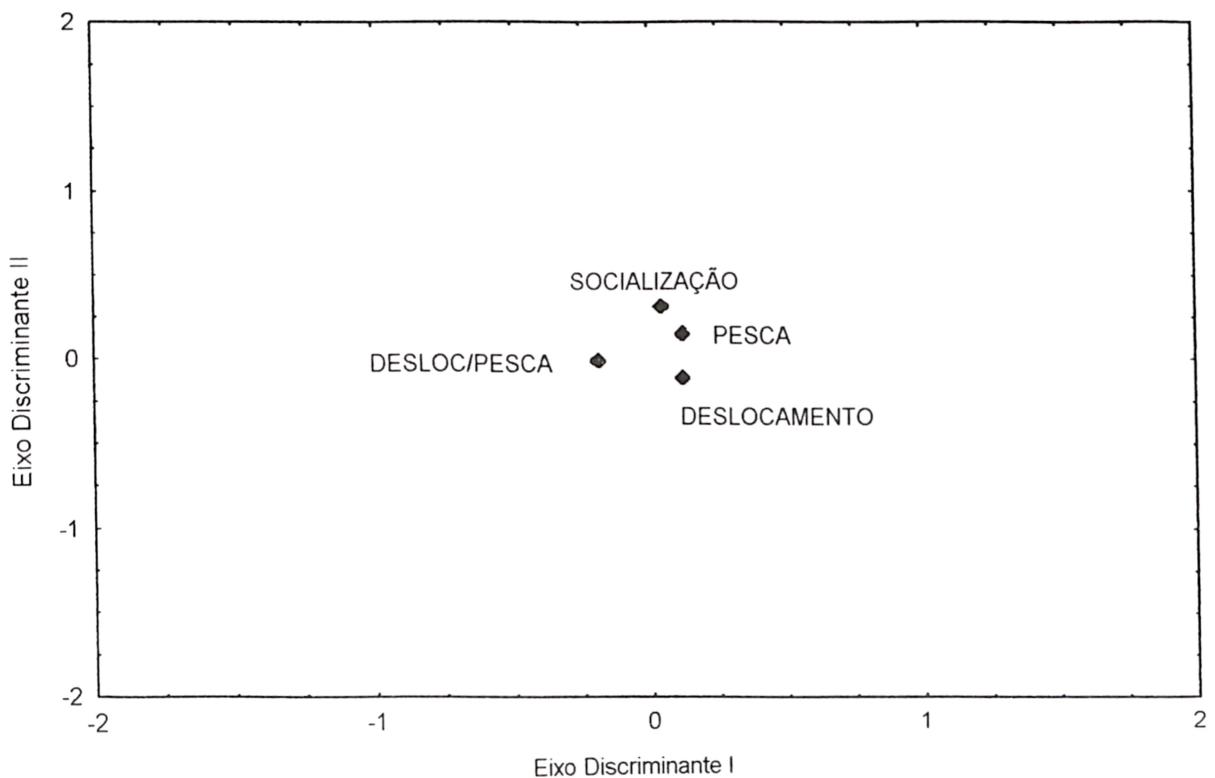


Gráfico 4.1c: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios com 1 ponto de inflexão.

Tabela 4.10d: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios com 2 pontos de inflexão entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	0,06
Deslocamento x Pesca	0,47
Deslocamento x Socialização	0,88
Pesca x Socialização	1,05
Pesca x Desloc/Pesca	0,37
Socialização x Desloc/Pesca	0,71

**Significativo a 0,001

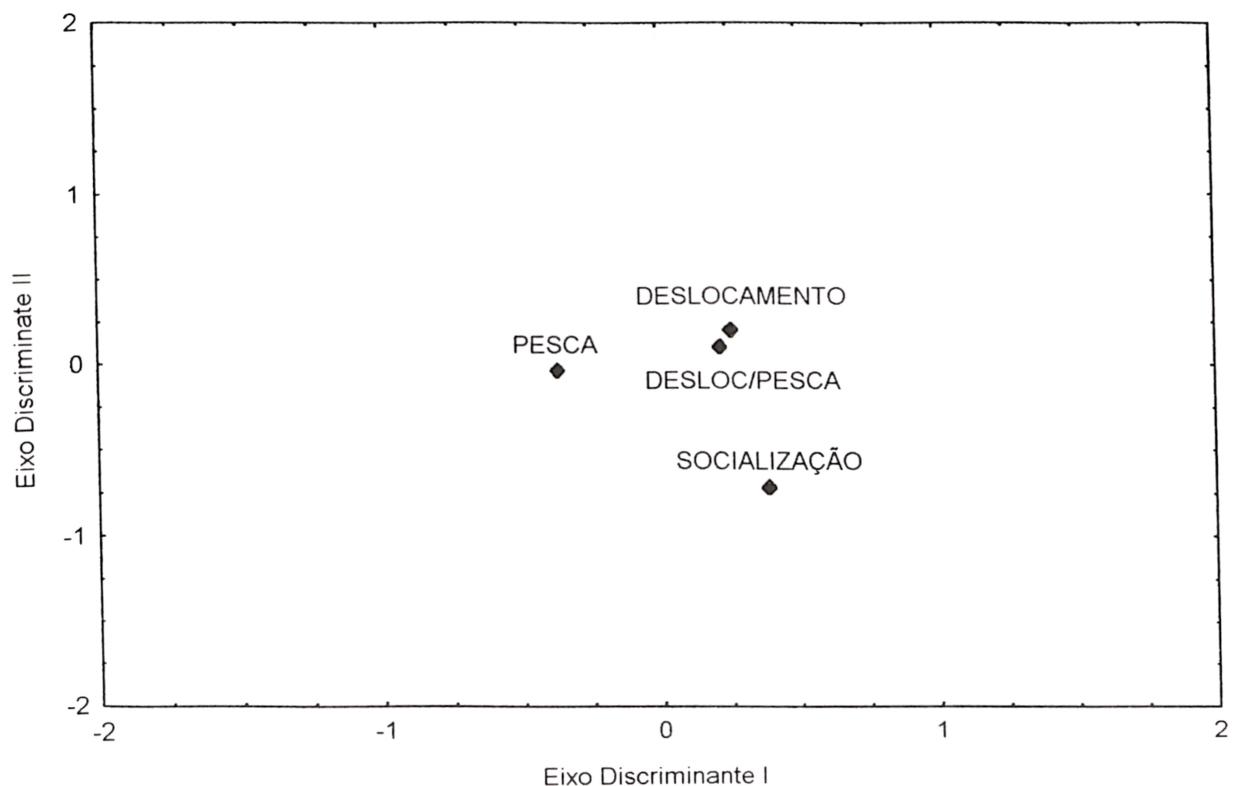


Gráfico 4.1d: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios com 2 pontos de inflexão.

Tabela 4.10e: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios com 3 pontos de inflexão entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	0,95
Deslocamento x Pesca	3,15
Deslocamento x Socialização	4,77
Pesca x Socialização	2,51
Pesca x Desloc/Pesca	1,76
Socialização x Desloc/Pesca	3,35

**Significativo a 0,001

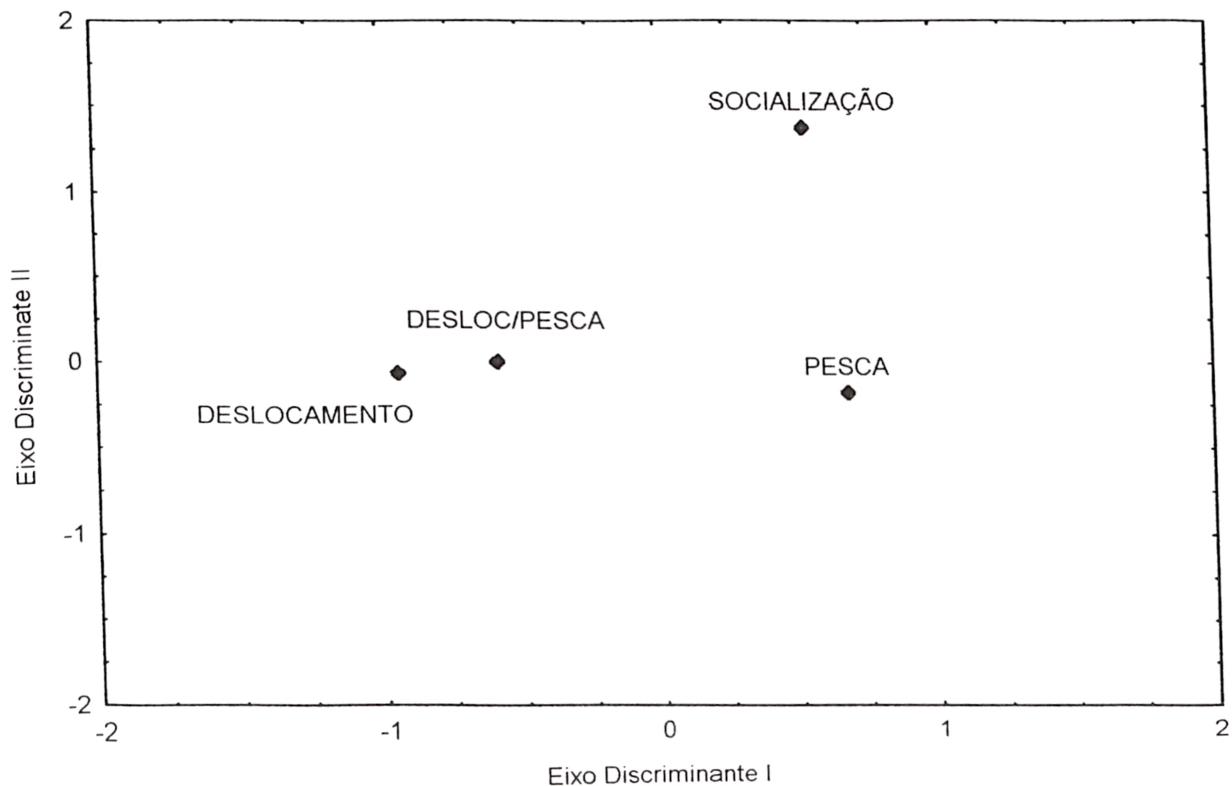


Gráfico 4.1e: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios com 3 pontos de inflexão.

Tabela 4.10f: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios com 4 pontos de inflexão entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	0,01
Deslocamento x Pesca	0,98
Deslocamento x Socialização	2,42
Pesca x Socialização	0,74
Pesca x Desloc/Pesca	1,22
Socialização x Desloc/Pesca	2,65

**Significativo a 0,001

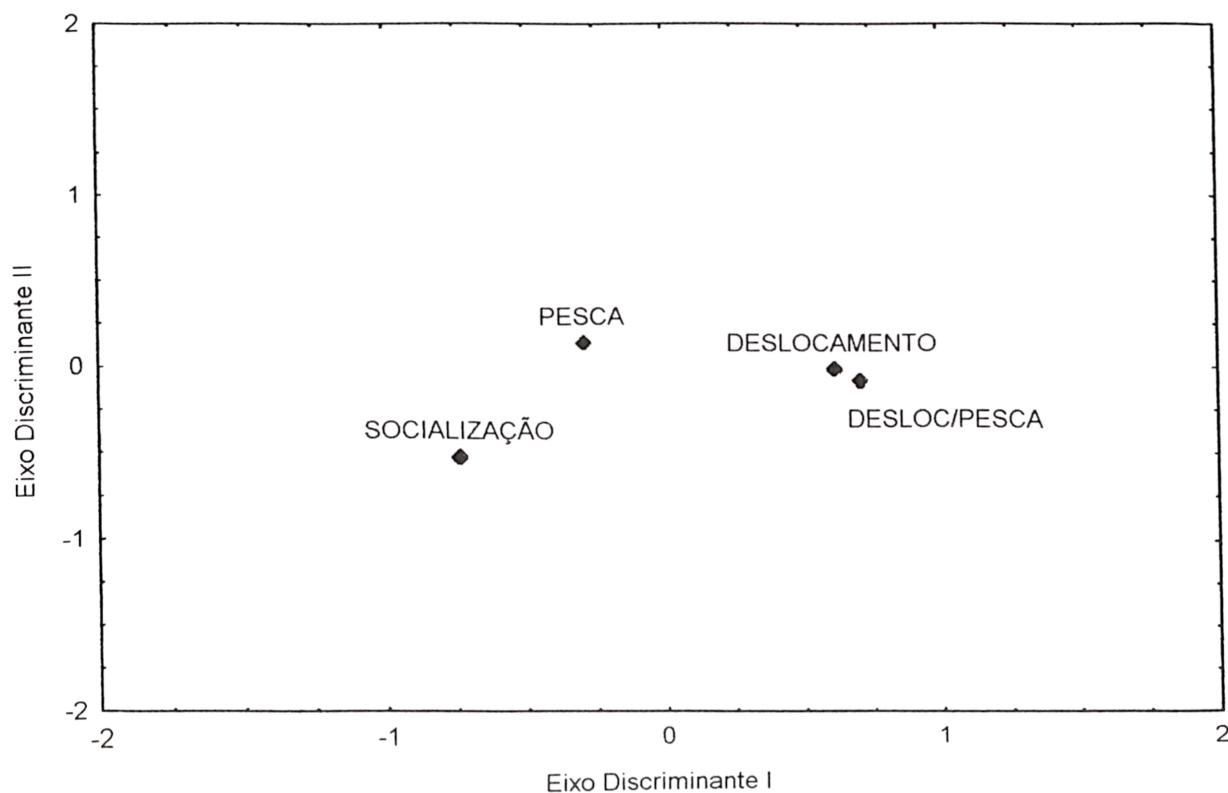


Gráfico 4.1f: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios com 4 pontos de inflexão.

Tabela 4.10g: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios trinados entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	2,50
Deslocamento x Pesca	1,16
Deslocamento x Socialização	---
Pesca x Socialização	---
Pesca x Desloc/Pesca	1,92
Socialização x Desloc/Pesca	---

**Significativo a 0,001

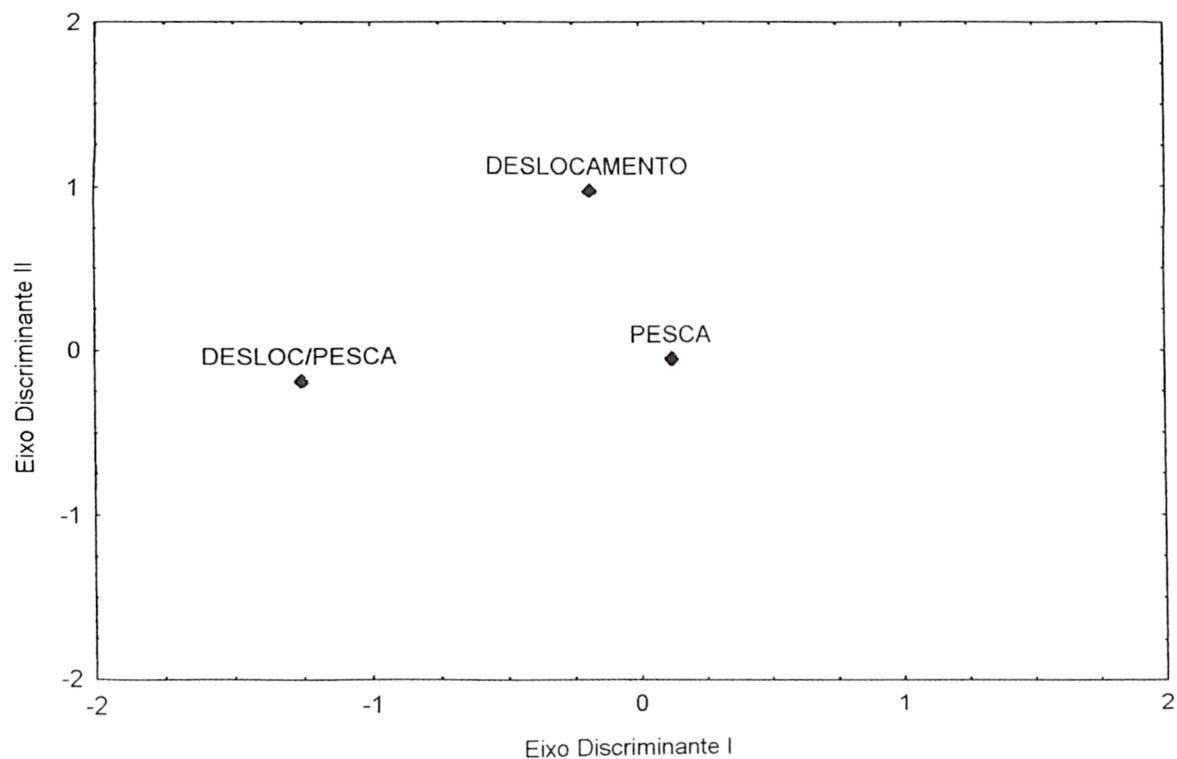


Gráfico 4.1g: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios trinados.

Tabela 4.10h: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios de freqüência descendente sem pontos de inflexão entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	0,87
Deslocamento x Pesca	0,48
Deslocamento x Socialização	3,70
Pesca x Socialização	1,70
Pesca x Desloc/Pesca	0,37
Socialização x Desloc/Pesca	1,26

**Significativo a 0,001

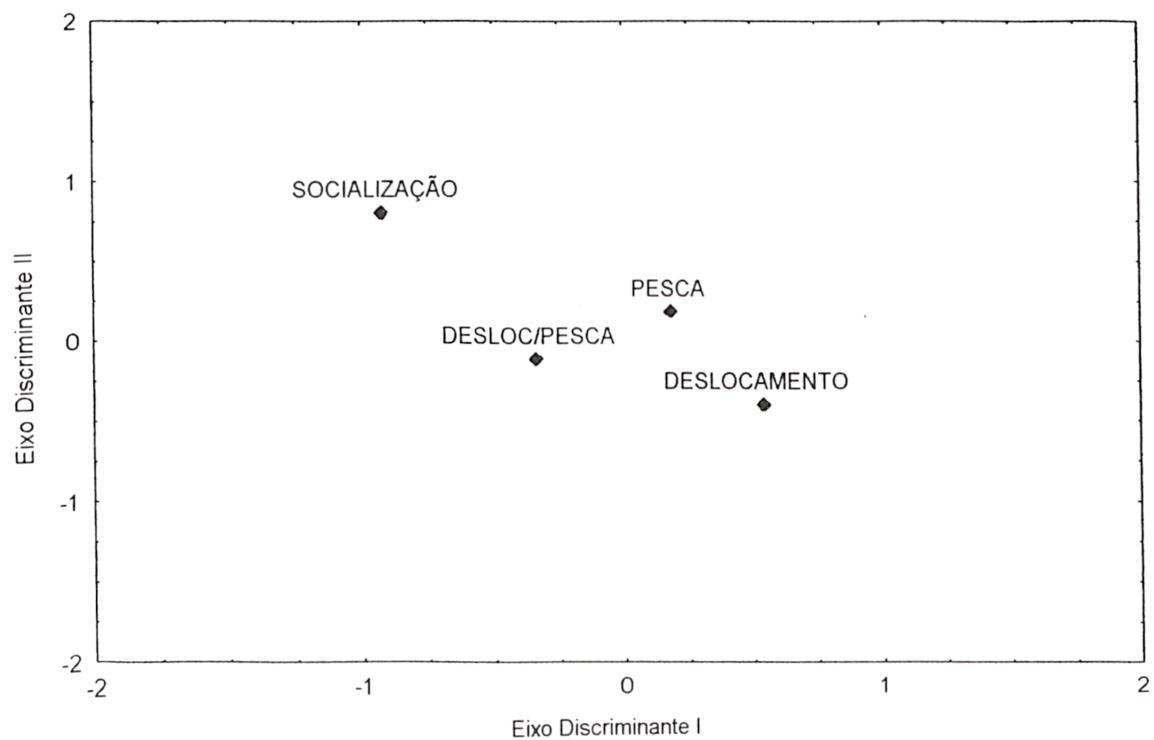


Gráfico 4.1h: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios descendentes sem ponto de inflexão.

Tabela 4.10i: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios de freqüência ascendente sem pontos de inflexão entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	0,07
Deslocamento x Pesca	0,06
Deslocamento x Socialização	0,37
Pesca x Socialização	0,31
Pesca x Desloc/Pesca	0,07
Socialização x Desloc/Pesca	0,60

**Significativo a 0,001

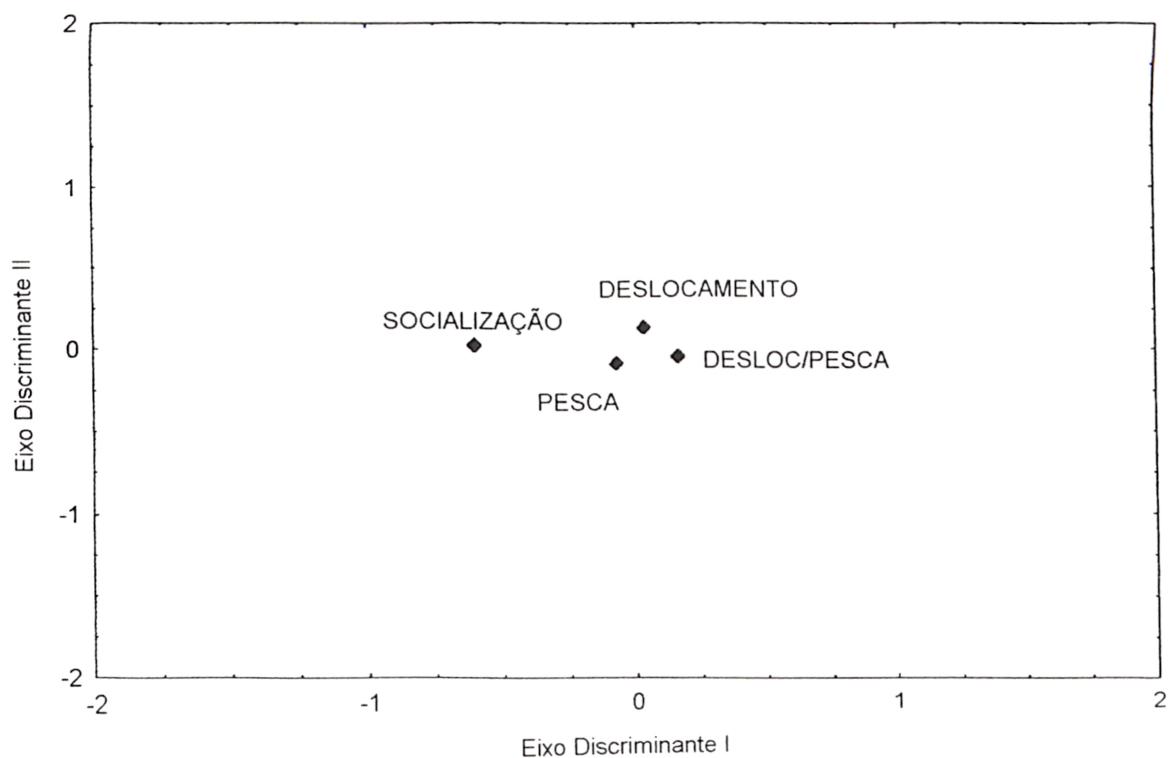


Gráfico 4.1i: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios ascendentes sem ponto de inflexão.

Tabela 4.10j: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios de freqüência descendente-ascendente entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	0,48
Deslocamento x Pesca	0,20
Deslocamento x Socialização	0,13
Pesca x Socialização	0,61
Pesca x Desloc/Pesca	0,54
Socialização x Desloc/Pesca	0,90

**Significativo a 0,001

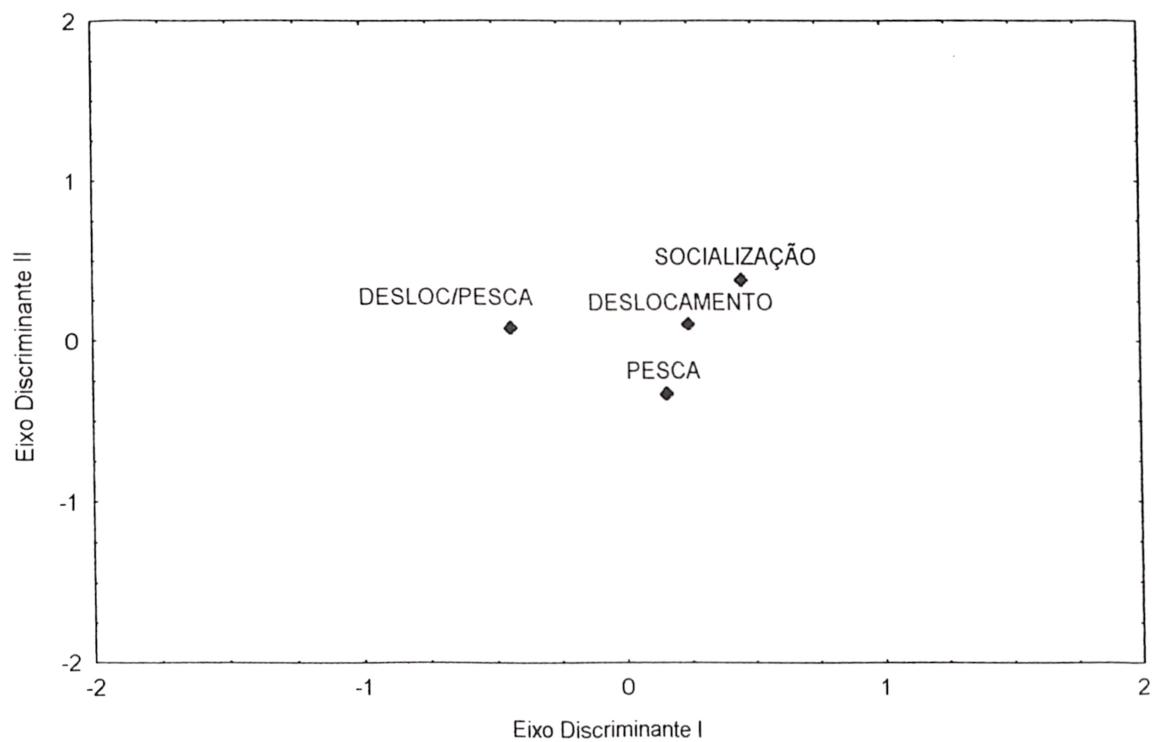


Gráfico 4.1j: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios descendentes sem ponto de inflexão.

Tabela 4.10I: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios de freqüência ascendente-descendente com 1 ponto de inflexão entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	2,53
Deslocamento x Pesca	2,35
Deslocamento x Socialização	11,60
Pesca x Socialização	8,40
Pesca x Desloc/Pesca	0,73
Socialização x Desloc/Pesca	11,73

**Significativo a 0,001

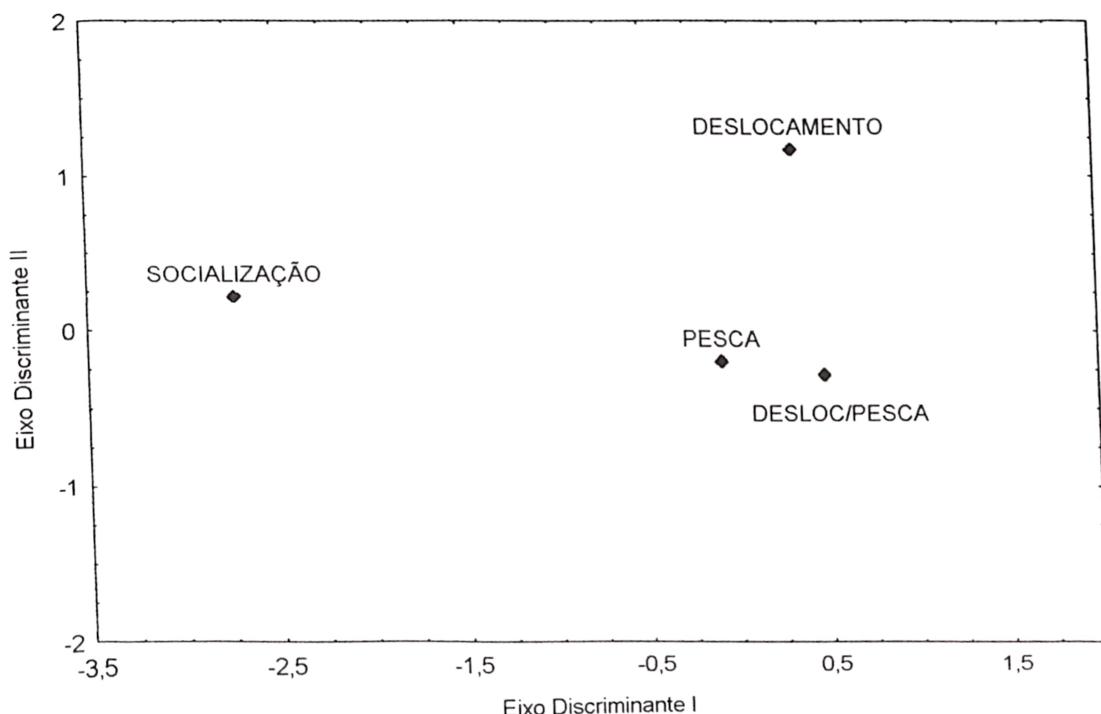


Gráfico 4.1I: Representação das duas primeiras variáveis canônicas, para os assobios de freqüência ascendente-descendente com 1 ponto de inflexão.

Tabela 4.10m: Valores da Distância de *Mahalanobis* (D^2), resultantes da Análise de Discriminante para a comparação dos assobios de freqüência ascendente com 1 ponto de inflexão entre os quatro comportamentos.

Comportamentos	D^2
Deslocamento x Desloc/Pesca	0,28
Deslocamento x Pesca	0,18
Deslocamento x Socialização	0,80
Pesca x Socialização	0,19
Pesca x Desloc/Pesca	0,08
Socialização x Desloc/Pesca	0,23

**Significativo a 0,001

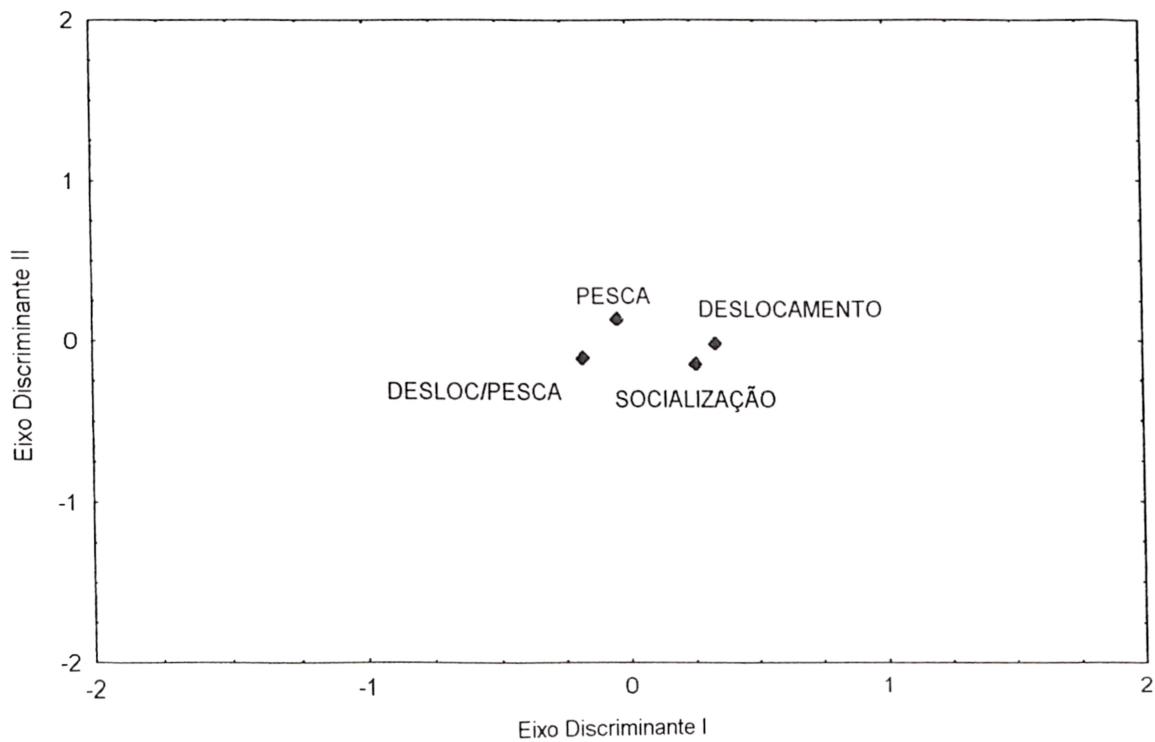


Gráfico 4.1m: Representação das duas primeiras variáveis canônicas para os assobios de freqüência ascendente com 1 ponto de inflexão.

Tabela 4.11: Variáveis acústicas dos assobios que contribuíram para a análise discriminante da comparação dos assobios entre os diferentes comportamentos

CATEGORIAS ¹		VARIÁVEIS DISCRIMINANTES								
TODOS	I**	DUR	FI	FF	MF*	F1/2	F3/4*	HAR**		
INFLEX 0		DUR**	FI**	FF**	MF**	F1/4	F1/2**	HAR		
INFLEX 1			FI	FF		F1/4		F3/4*	HAR**	INF1*
INFLEX 2			FI*	FF		F1/4	F1/2		HAR**	INF1**
INFLEX 3		DUR**	FI**			F1/4*			HAR**	INF1 INF2 INF3* Fmin**
INFLEX 4			FI*					F3/4		
INFLEX N		DUR	FI**	FF		F1/4*	F1/2			Fmax**
Descendente		DUR	FI		MF**					
Ascendente		DUR**	FI*	FF	MF	F1/4	F1/2			
Descendente-ascendente				FF		F1/4**	F1/2	F3/4		INF1 Fmin*
Ascendente-descendente		DUR	FI		MF*		F1/2			
Ascendente com 1 inflex			FI			F1/4		F3/4*	HAR	INF1

1 Código das categorias conforme descrito na metodologia. **Significativo a 0,01; *Significativo a 0,05

5. DISCUSSÃO

O boto-cinza demonstrou utilizar amplamente todas as três categorias básicas de emissões sonoras, descritas para os odontocetos. Embora os sons pulsantes e os assobios estejam relacionados à comunicação (Herman & Tavolga, 1980), alguns estudos têm demonstrado que a predominância entre estas emissões varia entre as espécies. Jacobs *et al.* (1993), estudando golfinhos-nariz-de-garrafa na Carolina do Norte, verificaram que o assobio foi o tipo vocalização mais comum entre os indivíduos. O mesmo padrão foi verificado no golfinho-rotador (*Stenella longirostris* Gray, 1828) no Hawaí (Brownlee & Norris, 1994). Contudo, Ford & Fisher (1978) observaram que o narval (*Monodon monoceros*, Linnaeus, 1758) emite mais freqüentemente sons pulsantes, enquanto que os assobios são esporádicos. Este mesmo padrão de vocalização têm sido observado para baleia-orca (*Orcinus orca* Linnaeus, 1758) em Vancouver, Canadá (Ford, 1989). Na Baía de Guanabara, os assobios foram em média cerca de 2,6 vezes mais freqüentes que os sons pulsantes. Nossos resultados revelam que

quando discriminado por comportamento, esta razão varia de 2,1 a 8,5 (Tabela 4.2), indicando, portanto, que em *Sotalia*, independente do comportamento realizado pelos indivíduos, os assobios são mais comuns que os sons pulsantes.

Associações feitas entre emissões sonoras e comportamento indicam que o número de assobios emitidos por um grupo de golfinhos está relacionado ao comportamento e contato visual entre os indivíduos, uma vez que as emissões sonoras exercem uma importante função de comunicação (Weilgart & Whitehead 1990, Ding, 1993; Herzing, 1996). Outra associação importante verificada é que nos golfinhos-nariz-de-garrafa os grupos formados por fêmeas e juvenis, assim como os grupos mistos, vocalizam mais do que aqueles com outras formações (Dudzinski, 1999). Herman & Tavolga (1980) sugerem, ainda, haver relação entre taxa de emissão de assobios e tamanho de grupo, isto é, normalmente indivíduos solitários ou em pequenas agregações não emitem assobios, enquanto que em grandes grupos é emitido um grande número de assobios.

A razão de 8,6 assobios/minuto encontrada na Baía de Guanabara (Tabela 4.2) é muito inferior à 38,5 reportada por Pereira *et al.* (1998) para o boto-cinza na Baía de Sepetiba. Contudo, cabe ressaltar que aqueles resultados correspondem a um grupo de 20 botos juvenis em socialização, enquanto que no presente estudo a composição, o tamanho e o comportamento do grupo variaram. Entretanto, na Baía de Guanabara, a média de indivíduos por grupo foi de 20,4 botos (igual à Pereira *et al.*, 1998) e os grupos sempre foram formados por adultos, jovens e filhotes. Isto, num contexto geral, sugere que a diferença na taxa

de emissão dos assobios nas duas Baías tenha sido, principalmente, consequência dos diferentes comportamentos analisados neste estudo.

Embora em ambiente natural a visão do pesquisador seja limitada, os comportamentos e o nível de atividade são constatados à superfície (Tavolga, 1983). Alguns pesquisadores têm considerado pesca, socialização e deslocamento rápido como comportamentos mais ativos (já que normalmente ocorre vigorosa exposição à superfície) e que exigem uma maior coordenação entre os indivíduos (Weilgart & Whitehead, 1990). O número de assobios emitidos está diretamente relacionado à atividade dos indivíduos, uma vez que estes sinais regulam a organização e a função do grupo (Brownlee & Norris, 1994) e as variações das seqüências de assobios são importantes na coordenação das interações entre os indivíduos (Thomsen *et al.*, 1999). Durante a pesca, os odontocetos freqüentemente cooperam para maximizar as oportunidades de alimentação, arrebanhando as presas (Richardson *et al.*, 1995), e os assobios desempenham a função de manter o contato entre os indivíduos (Herman & Tavolga, 1980). Da mesma forma que na pesca, enquanto socializam os indivíduos interagem freqüentemente entre si e tem sido observado aumento na taxa de emissão de assobios. Dos Santos & Couchinho (1999), estudando uma população de golfinhos-nariz-de-garrafa no estuário do Sado em Portugal, reportam que os assobios foram mais abundantes nos comportamentos de pesca e socialização. Guenevere & Sayigh (1999) estudaram a mesma espécie em quatro regiões e verificaram que, independente da área estudada, o número de assobios emitidos durante o comportamento de socialização foi significativamente

mais alto que em qualquer outra atividade. Este mesmo padrão de emissão de assobios foi observado para baleias-orca em Vancouver, Canadá por Thomsen et al. (1999). Na Tabela 4.2 observa-se que a taxa de emissão de assobios na pesca e na socialização foi de 28,9 e 15,7, respectivamente, muito superior às médias geral (8,6) e dos outros comportamentos. Contudo, houve uma grande diferença na taxa de emissão de assobios entre esses dois comportamentos. Esta, por sua vez, deve-se às desigualdades de tamanho de grupo entre a pesca e socialização, já que o número médio de indivíduos foi de 23,9 para o primeiro e 13,9 para o segundo (Tabela 4.1).

Assim como os assobios, os sons pulsantes desempenham papel fundamental na comunicação (Caldwell & Caldwell, 1972). A razão média de sons pulsantes/minuto foi de 3,3 e esses sinais mostraram maior predominância na pesca do que nos outros comportamentos (Tabela 4.2). A correlação entre sons pulsantes e assobios foi significativamente positiva ($rs = 0,576; p < 0,01$) e demonstrou que quando a taxa de assobios cresceu os sons pulsantes também foram emitidos com maior freqüência. Estes resultados reforçam a hipótese de Brownlee & Norris (1994) de que as variações na taxa de emissão destes sinais transmitam principalmente o nível de atividade do grupo.

Estudos de bioacústica de cetáceos em ambiente natural têm verificado um variado repertório de assobios em odontocetos, no qual alguns tipos são comuns a várias espécies. Dreher & Evans (1964) apresentaram 32 contornos de assobios utilizados por três espécies de delfinídeos e encontraram tipos comuns a todos os odontocetos estudados. A verificação de que *Sotalia* apresenta assobios similares

a outras espécies já foi realizada por Pereira (1997). No presente estudo, os resultados demonstraram que a espécie possui um repertório de assobios variado, no qual preferencialmente os tipos de assobio com 0 e 1 ponto de inflexão são constantemente repetidos em todos os contextos.

A emissão de assobios de contorno similares tem sido verificada em algumas espécies. Mc Cowan & Reiss (1995) reavaliaram a hipótese do assobio-assinatura no golfinho-nariz-de-garrafa e concluíram que todos os indivíduos enfocados no estudo, fossem do mesmo grupo ou não, produziam um amplo repertório de assobios, no qual havia um tipo predominante. A baleia-orca também possui um variado repertório acústico, no qual cada membro do grupo pode produzir todos os tipos de sinais utilizados para manter o contato entre os indivíduos (Ford, 1989). No golfinho-nariz-de-garrafa, esta mesma qualidade parece estar relacionada à capacidade de modificar as propriedades acústicas de seus assobios para equiparar a outros grupos sociais, desempenhando uma importante função de interação, reconhecimento e coesão (Mc Cowan *et al.*, 1998). Além disso, Janik & Slater (1998), estudando a mesma espécie em cativeiro, encontraram que os indivíduos podem imitar o assobio do outro. Estas funções coincidem com o comportamento social do golfinho-nariz-de-garrafa em ambiente natural, no qual a estrutura do grupo pode ser alterada de minuto à minuto (Wells, 1991) e a propriedade de ajustar os assobios permite uma maior interação entre os indivíduos (Mc Cowan *et al.*, 1998).

Infelizmente, para *S. fluviatilis* a interpretação acerca do comportamento social dos indivíduos é muito limitada. Contudo, estudos de foto-identificação

conduzidos na Baía de Guanabara têm demonstrado, de forma preliminar, que as associações formadas são instáveis e os indivíduos podem freqüentar diferentes grupos em um mesmo dia (Projeto MAQUA, dados não publicados). Assim sendo, da mesma forma que no golfinho-nariz-de-garrafa, os assobios freqüentemente repetidos pelo boto-cinza podem representar uma importante função de interação social e, provavelmente por isto, os indivíduos emitem assobios de contornos semelhantes.

Na Baía de Guanabara, os assobios com 0 e 1 ponto de inflexão corresponderam à $\frac{3}{4}$ dos assobios analisados. Além disso, assobios com 3, 4, 5 e 6 pontos de inflexão não tiveram média de ocorrência por três minutos de gravação superior à 0,5 (Tabela 4.3). Norris *et al.* (1972) estudaram o ecótipo fluvial de *S. fluviatilis*, no Rio Negro, e encontraram apenas assobios sem pontos de inflexão. Assim como outras espécies que emitem assobios de curta duração (geralmente < 1 segundo) *S. fluviatilis* produziu assobios com poucos pontos de inflexão. Brownlee & Norris (1994) reportam que os assobios do golfinho-rotador possuem normalmente poucas inflexões. No golfinho-nariz-de-garrafa, o número médio de pontos inflexões em cinco populações variou de 0,68 a 1,58 e os assobios com 0 e 1 ponto de inflexão foram predominantes (Ding *et al.*, 1995). Janik & Mann (1999), para a mesma espécie, verificaram que assobios com mais de 1 ponto de inflexão raramente foram emitidos. A baleia-orca, por exemplo, cujos assobios podem chegar a 12s de duração, emite preferencialmente assobios com vários pontos de inflexão (Ford, 1989).

Na Tabela 4.4 verifica-se que a taxa de emissão de sons pulsantes e assobios foi maior nos comportamentos de pesca e socialização. O teste não-paramétrico de *Mann-Whitney* ($p<0,001$) provou que na presença destes comportamentos, os sons pulsantes e os tipos de assobios, com exceção daqueles com seis inflexões, aumentaram em número. Cabe ressaltar que o tamanho de grupo não influenciou esta análise, uma vez que não houve diferenças significativas entre médias (Tabela 4.5). Alguns estudos têm reportado a complexidade do assobio em termos de número de inflexões, sugerindo que os mais complexos possuem um maior número de pontos de inflexão. Estes tipos de assobios, assim como os sons pulsantes, estariam diretamente relacionados a comportamentos, como a pesca, que envolvem uma organização mais complexa entre os indivíduos do grupo (Weilgart & Whitehead 1990). O comportamento de pesca em algumas ocasiões parece necessitar de um alto nível de coordenação entre os membros do grupo e os sons pulsantes e assobios são os responsáveis por esta organização (Ford, 1989). Taruski (1979) reporta maior emissão de assobios com maior número de pontos de inflexão associados a maior atividade do grupo. O narval (Ford & Fisher, 1978), a beluga (Sjarge & Smith, 1986), a baleia-orca (Ford, 1991) e o golfinho-rotador (Brownlee & Norris, 1994), também produzem assobios complexos em alta atividade.

A complexidade dos sons relacionada ao comportamento tem sido observada também em misticetos. Clark (1982) afirma que a complexidade dos sons emitidos pela baleia-franca-do-sul (*Eubalaena australis* Desmoullins, 1822) é diretamente relacionada à complexidade do contexto social. Silber (1986) reporta

que os sons da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1781), no Hawaí, provavelmente serviriam para demonstrar agressão ou agitação de machos adultos, que competiam por domínio social ou aproximação à fêmea. Estas baleias, durante o período de alimentação, quando interagem menos entre si, vocalizam apenas parte de suas canções, emitindo-as por completo nas áreas de reprodução, quando a interação entre os indivíduos é intensa (Berta & Sumich, 1999).

1999). Weilgart & Whitehead (1990) estudando a baleia-piloto-de-peitorais-longas (*Globicephala melas* Traill, 1809), observaram que a quantidade de assobios sem ponto de inflexão aumenta nos comportamentos de baixa atividade (e. g. deslocamento) e diminui nos comportamentos mais vigorosos (pesca, deslocamento rápido e socialização), enquanto que os assobios mais complexos e os sons pulsantes são emitidos de forma inversa. Porém, na Baía de Guanabara, os assobios sem ponto de inflexão foram, em média, emitidos mais vezes nos comportamentos de pesca e socialização, que nos outros comportamentos (Tabela 4.5), demonstrando que essas emissões não são atuantes somente em baixa atividade, mas exercem importante função de comunicação também em comportamentos complexos.

comportamentos complexos. Alguns tipos de sons tendem a ser produzidos sob comportamentos ou circunstâncias específicas (Richardson *et al.*, 1995). Na Baía de Guanabara, de todos os tipos de assobios, apenas os trinados (Figura 4 tipo 25) estiverem exclusivamente relacionados à alta atividade; 86,2% desses sinais foram emitidos

em comportamento de pesca e o restante em outros comportamentos, quando os indivíduos desenvolveram alta atividade à superfície.

Portanto, em *Sotalia fluviatilis*, o aumento da emissão de sons pulsantes e de assobios (inclusive aqueles sem ponto de inflexão), a complexidade dos assobios e os assobios trinados (estes últimos exclusivos de alta atividade), são os principais responsáveis por manter o contato entre os membros do grupo, coordenando e integrando os movimentos durante alta atividade.

A análise das variáveis acústicas dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara corroborou com o pouco que é conhecido para espécie, embora os resultados indiquem maiores amplitudes de freqüência e duração. A freqüência de emissão variou de 0,4 a 19,1 kHz e a duração de 0,005 a 0,852s (Tabela 4.6). Na Baía de Guanabara, 94% dos assobios tiveram duração menor que 250ms; 83% das freqüências iniciais estiveram entre 4 e 11,9 kHz; e 65% das freqüências finais ocorreram entre 12 e 17,9 kHz (Figuras 5, 6 e 7). Figueiredo (1997), que analisou assobios de freqüência ascendente do boto-cinza na Baía de Sepetiba, reporta variação de freqüência entre 0,1 e 17,5 kHz e duração entre 0,003 e 0,399s. Norris *et al.* (1972) descrevem assobios com cerca de 0,2s de duração, com a maior parte das freqüências entre 10 e 15 kHz. Nakasai & Takemura (1975) encontraram assobios com duração entre 0,1 e 0,5 segundos e freqüência de 5 a 16 kHz, com maior ocorrência entre 10 e 12 kHz. Portanto, a maior amplitude das variáveis de freqüência e de duração dos assobios de *Sotalia fluviatilis* na Baía de Guanabara parecem ser resultado de um maior tamanho da amostra, o que forneceu

informações mais representativas dos parâmetros acústicos das emissões sonoras da espécie.

Em Ding (1993) pode-se encontrar informações mais detalhadas das variáveis acústicas dos assobios do ecótipo fluvial de *S. fluviatilis* (Tabela 5.1). Os assobios encontrados tiveram todos os parâmetros de freqüência e duração com valores mais elevados que os da Baía de Guanabara. Contudo, aqueles valores devem ser tomados com precaução, uma vez que a gravação foi realizada em um grupo misto contendo botos-rosa (*Inia geoffrensis* de Blainville, 1817) também. O autor separou os assobios em alta e baixa freqüência de emissão e considerou para *S. fluviatilis* aqueles com freqüência mais alta. Isto pode ter excluído alguns assobios de *Sotalia* e incluído outros de *Inia*, comprometendo a análise. A freqüência máxima de emissão reportada por Ding (1993) é 4,8 kHz mais elevada que na Baía de Guanabara. Esta diferença deve-se, provavelmente, a limitação do equipamento utilizado no presente estudo, cujo o alcance máximo do sistema foi próximo à 19 kHz, em emissões de alta intensidade. Alguns sonogramas analisados apresentaram assobios que pareceriam ter freqüência superior a 19 kHz, mas estes sinais não puderam ser medidos, devido à limitação do sistema de gravação. A duração, a freqüência mínima e o número de pontos de inflexão observados por Ding (1993) também apresentaram valores bem superiores aos resultados encontrados no presente estudo. Esta desigualdade supostamente deve-se à presença de alguns assobios de *Inia* e ausência de outros de *S. fluviatilis*, quando da separação realizada pelo autor. Os assobios do boto-rosa podem chegar à 4,2s de duração e são mais longos que os do boto-cinza, podendo chegar à 4,2s de duração.

(Richardson *et al.*, 1995), e se foram considerados por Ding (1993) comprometeram a análise. Da mesma forma que a freqüência mínima de emissão de *Sotalia* alcança valores inferiores à 1Khz, os assobios emitidos pela espécie podem não ter sido considerados. O maior número de pontos de inflexão também pode estar relacionado à esta separação realizada pelo autor.

Tabela 5.1: Estatística descritiva das variáveis acústicas dos assobios do boto-cinza, adaptado de Ding (1993). A freqüência está em kHz e a duração em ms. N é o tamanho da amostra.

Variável	N	Menor Valor	Maior Valor	Média
Freqüência Inicial	155	3,6	21,2	10,8
Freqüência Final	155	7,89	23,1	14,3
Freqüência mínima	155	3,6	18,4	10,21
Freqüência máxima	155	8,3	23,9	15,4
Duração	155	6	1040	410
Inflexões	155	0	16	1,38
Harmônicos	155	0	1	0,1

Embora a discriminação realizada por Ding (1993) possa ser apontada como um fator determinante na disparidade entre os valores encontrados para os ecótipos fluvial e marinho, a hipótese da existência de reais diferenças nas características dos assobios entre as duas populações deve ser considerada.

Comparações intra-específicas de vocalizações de cetáceos têm verificado diferenças entre as populações. Stafford *et al.* (1999), estudando vocalizações de baleias-azul (*Balaenoptera musculus*, Linnaeus, 1758) no Oceano Pacífico, encontraram diferentes sinais acústicos e sugeriram que poderiam ser atribuídos a diferentes populações da espécie. Para odontocetos, Taruski (1979) analisou os assobios da baleia-piloto-de-peitorais-longas em diferentes regiões do Atlântico Norte e, devido às desigualdades encontradas entre as populações, sugeriu a existência de dialetos nas vocalizações da espécie. Diferenças no padrão vocal de baleias-orca em Vancouver são consideradas dialetos e podem ser utilizados para distinguir populações e determinar a organização social dos grupos, uma vez que os indivíduos que se associam freqüentemente apresentam maior similaridade nos sinais emitidos (Ford & Fisher, 1982). Significativas diferenças no repertório vocal, que também representam dialetos, foram constatadas entre os cachalotes do Caribe e do Oceano Pacífico (Weilgart & Whitehead, 1997). Ding *et al.* (1995) compararam vocalizações do golfinho-nariz-de-garrafa em três regiões do Texas e verificaram diferenças nos parâmetros acústicos dos assobios entre as populações. Os autores afirmam que as maiores desigualdades existem entre áreas mais distantes, nas quais o movimento dos indivíduos é menor. Estudando esta mesma espécie, Campbell & Defran (1999) observaram que os assobios foram mais similares entre as populações do Oceano Pacífico do que uma outra no Caribe.

O grau de similaridade entre os sinais acústicos pode estar relacionado à interação de indivíduos entre as regiões, existência de um grupo ancestral comum,

hábitos, adaptação ao habitat e simpatria (Steiner, 1981; Ford & Fisher, 1982; Ford, 1989; Schultz & Corkeron, 1994). Populações isoladas acusticamente, podem desenvolver assobios característicos, como resultado de uma tendência comportamental e genética (Campbell & Defran, 1999).

Os ecótipos fluvial e marinho de *S. fluviatilis*, habitam ambientes distintos e possuem hábitos diferentes. Nos rios *Sotalia* costuma formar grupos, geralmente, com menos de nove indivíduos (da Silva & Best, 1996) e habitar águas com baixo ruído de fundo. O ecótipo marinho, na Baía de Guanabara, forma grupos maiores e está constantemente presente em áreas onde as atividades humanas geram distúrbios sonoros no ambiente. Talvez, estas duas características sejam responsáveis por diferenças nos parâmetros acústicos entre as duas populações, uma vez que necessidades distintas resultaram em diferentes adaptações às condições ecológicas de cada ambiente. Contudo, os dados encontrados em Ding (1993) não permitem uma comparação que possa verificar se realmente existem diferenças nos parâmetros acústicos dos assobios. Porém, tal hipótese não deve ser descartada.

Na Baía de Guanabara, foram registrados assobios com freqüências entre 0,4 e 19,1 kHz, características bem próximas a outros delfinídeos. Numa comparação superficial com outras espécies pode-se afirmar que a freqüência de emissão obedeceu à relação direta entre comprimento total do corpo e alcance máximo de freqüência. Na Tabela 5.2, são apresentadas as freqüências máximas de emissão de assobios de algumas espécies, bem como, os respectivos comprimentos totais. O boto-rosa, apesar de ser maior que outras espécies emite

sons de freqüência mais baixa. Segundo Ding (1993), isto ocorre porque as adaptações ao ambiente podem ter levado espécies fluviais a emitirem assobios em baixa freqüência, uma vez que esses sinais têm maior poder de refração e em águas com muito material em suspensão alcançam maiores distâncias que sons de alta freqüência.

Tabela 5.2: Freqüência máxima de emissão de assobios e comprimentos totais de sete espécies de odontocetos.

Espécie	Freqüência Máxima ^a (kHz)	Comprimento Total ^b (m)
<i>Inia geoffrensis</i>	5,2	2,8
<i>Globicephala melas</i>	8,0	6,7
<i>Tursiops truncatus</i>	24,0	3,8
<i>Stenella attenuata</i>	24,1	2,6
<i>Stenella longirostris</i>	22,5	2,4
<i>Sotalia fluviatilis</i>	23,9	2,2
<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	27,2	2,0

^a Fonte: Richardson *et al.* (1995); ^b Fonte Jefferson *et al.* (1993)

A média da freqüência final dos assobios dos botos da Baía de Guanabara foi em média superior à freqüência inicial. Isto parece estar relacionado aos assobios com 0 e 1 ponto de inflexão, que representaram 75,1% dos assobios e tiveram um grande peso nas análises estatísticas dos assobios. O Teste *t* provou que nesses sinais a média da freqüência inicial foi menor que a da final (Tabela 4.7). Além disso, dos 17 tipos de assobios com ocorrência maior que 1% apenas um possuía freqüência puramente descendente, dois eram descendente-ascendente e o restante ascendente (Tabela 4.8).

Os assobios ascendentes são comuns em várias espécies de odontocetos. Brownlee & Norris (1994), estudando o golfinho-rotador no Hawaí, encontraram assobios ascendentes representando 61% do total. Esses assobios predominam nas emissões da baleia-piloto-de-peitorais-longas, no Atlântico Norte (Taruski, 1979). Janik & Mann (1999) que estudaram pares de mãe-filhote de golfinhos-nariz-de-garrafa na Austrália, verificaram que o assobio ascendente foi dominante (82 a 100%) em oito das nove duplas.

Os estudos realizados com o boto-cinza têm demonstrado que a espécie emite preferencialmente assobios de freqüência ascendente. Norris *et al.* (1972) observaram apenas assobios ascendentes. Ding (1993), também estudando o ecótipo fluvial, encontrou a média da freqüência final maior que a média da freqüência inicial. Na Baía de Sepetiba, uma das áreas de concentração do boto-cinza na costa do estado do Rio de Janeiro (Simão e Siciliano, 1994), Simão *et al.* (1998) afirmam que 79,6% dos assobios analisados possuem freqüência ascendente.

Todavia, a relação entre as freqüências inicial e final pode variar entre populações de uma mesma espécie. Ding *et al.* (1995) encontraram que golfinhos-nariz-de-garrafa no Japão, Argentina e Golfo da Califórnia possuem, em média, freqüência final inferior à freqüência inicial e que na Austrália esta relação se inverte. Os autores reportam ainda que em duas populações do Texas a freqüência final é mais alta que a inicial e em uma terceira população esta característica se inverte, apesar das áreas de ocorrência serem próximas e haver fluxo de indivíduos entre as regiões.

Portanto, a constatação de que os assobios dos botozinhos da Baía de Guanabara são preferencialmente ascendentes é uma importante característica desta população e, consequentemente, pode ser uma ferramenta na diferenciação entre populações de *Sotalia fluviatilis*.

A modulação de freqüência média foi de 5,6 kHz e ocorrência acumulada relativa de 87% até 10 kHz. Ding (1993) encontrou valor médio de 5,2 para *S. fluviatilis*, 5,87 para *T. truncatus*, e 0,43 para o boto-rosa, espécie exclusivamente fluvial. Tem sido observado que odontocetos de hábitos marinhos possuem modulação de freqüência mais ampla que as espécies fluviais. Isso se dá, uma vez que a modulação de freqüência está vinculada à capacidade de alcance dos assobios (Norris & Dohl, 1980) e as espécies oceânicas formam maiores grupos, que se distribuem de maneira mais extensiva (Jefferson et al., 1993). As características dos assobios está relacionado às qualidades taxonômicas e ecológicas de cada espécie. Esta tendência pode estar relacionada ao controle genético do desenvolvimento vocal e, por isso, nas espécies taxonomicamente próximas, os padrões ancestrais de assobios podem ser similares (Ding, 1993). Então, embora *Sotalia* habite ambientes fluviais e estuarinos, ela pertence à família Delphinidae, cujos membros são espécies essencialmente marinhas (Jefferson et al., 1993) e possuem ampla modulação de freqüência, o que justifica a ampla modulação de freqüência encontrada para a espécie.

Da mesma forma que na Baía de Guanabara, Pereira et al. (1998) encontraram, na Baía de Sepetiba, assobios extremamente variados com elevados coeficiente de variação nos parâmetros acústicos. Os parâmetros de

freqüência dos assobios, com exceção da modulação de freqüência, foram os que tiveram os menores coeficientes de variação, indicando uma baixa variabilidade. A duração e o número de inflexões e de harmônicos tiveram os maiores coeficientes de variação, demonstrando uma variabilidade relativamente alta nestes parâmetros acústicos dos assobios. A alta variabilidade na duração e no número de inflexões tem sido observada em outras espécies de odontocetos e é provável que seja resultado da modulação individual destes parâmetros, a fim de transmitir informação em diferentes contextos (Steiner, 1981; Ding, et al., 1995).

A análise discriminante de todos os assobios indicou que embora a discriminação dos assobios tenha sido fraca (o percentual correto de classificação foi baixo e a distância de Mahalanobis (D^2) teve pequenos valores entre os grupos, Tabelas IX e X), o número de pontos de inflexão foi a variável que mais contribuiu ($p < 0,01$; Tabela 4.11), indicando que este parâmetro é o que apresenta as maiores diferenças entre os comportamentos.

Embora a duração também tenha apresentado uma grande variabilidade e esta variação seja relacionada, por alguns autores, a diferentes contextos, esta variável não contribuiu significativamente para a discriminação dos comportamentos, na análise de todos os assobios reunidos. Apesar da duração ter sido uma das variáveis que mais contribuiu para a discriminação dos assobios sem pontos de inflexão, ascendentes e com três pontos de inflexão (Tabela 4.11), esta não dominou nenhum dos Eixos Discriminantes das duas variáveis canônicas. Isto indica que a duração é muito similar entre os comportamentos, embora apresente grande variabilidade.

O número de harmônicos foi a variável que, juntamente com o número de pontos de inflexão, mais contribuiu para a separação dos comportamentos, quando todos os assobios foram analisados. O mesmo ocorreu com os assobios das categorias INFLEX 1, INFLEX 2, INFLEX 3. Mc Cowan *et al.* (1998) sugerem que, no golfinho-nariz-de-garrafa, os harmônicos carreguem informações. A medida das variáveis de freqüência dos harmônicos dos assobios de *Sotalia* não foi tomada. Porém, é provável a que contribuição do número de harmônicos para a discriminação dos comportamentos tenha relação com a qualidade de transmitir informação.

Os resultados da análise de discriminante para a maioria das categorias de assobios indicaram que, mesmo havendo significativas diferenças dos assobios entre os comportamentos, estas desigualdades, de modo geral, foram muito pequenas e os assobios foram timidamente discriminados.

Uma hipótese para a fraca discriminação é que talvez a separação dos comportamentos tenha sido inadequada, uma vez que os assobios são utilizados, entre outros, para transmitir estado emocional e coordenar as atividades do grupo (Brownlee & Norris, 1994). Quando comparadas as quatro classes de comportamento foram analisados então níveis de atividade semelhantes (pesca e socialização são considerados comportamentos de alta atividade e deslocamento e deslocamento/pesca de baixa atividade) e estados emocionais bem próximos dentro dos comportamentos. De qualquer forma, esperava-se que os comportamentos tidos como de alta e baixa atividade tivessem as menores distâncias entre si, o que ocorreu somente nos assobios com três e quatro pontos

de inflexão. Nestes assobios, a freqüência inicial de emissão da pesca e socialização apresentaram valores mais elevados que nos outros dois comportamentos e foi a principal variável nesta separação.

Nas outras categorias analisadas, a socialização apresentou as maiores distâncias em relação aos outros comportamentos, inclusive a pesca. Isto indica, que apesar das diferenças serem pequenas, os assobios emitidos durante a socialização possuem algumas características de freqüência próprias. O mesmo não pode ser dito para os outros comportamentos.

Apesar da freqüência inicial, freqüência máxima, freqüência mínima e modulação de freqüência terem contribuído amplamente para a discriminação dos comportamentos, nas categorias INFLEX 3, INFLEX 4, trinado e ascendente-descendente, a alta similaridade entre a maioria dos assobios é resultado da baixa variação dos parâmetros de freqüência destes sinais.

Todavia, é possível que a variação nas características dos assobios dentro dos comportamentos seja mais ampla e, talvez, o número de variáveis analisadas não tenha sido suficiente para tal determinação. Contudo, embora os golfinhos possuam a capacidade de modular a freqüência de seus assobios, as variações destes sinais relacionadas ao contexto social são verificadas em outras espécies

para o número de pontos de inflexão e duração. O comportamento das variáveis de freqüência não são bem conhecidos neste aspecto, mas em algumas espécies não parece haver correlações bem definidas. Taruski (1979) estudou as vocalizações da baleia-piloto-de-peitorais-longas e afirma que as variações nestes parâmetros dos assobios não demonstraram estar relacionadas aos contextos

sociais. Ford (1989) afirma que os parâmetros de freqüência das vocalizações da baleia-orca possuem as características do grupo e que por isso variam de forma irrelevante entre os comportamentos.

A qualidade de manter as características do grupo ou da população parece limitar a variação dos parâmetros de freqüência dos assobios em muitas espécies. Dentro de uma população, as características dos assobios dos indivíduos, apresentam algumas qualidades que são únicas àquela população (Steiner, 1981). Os indivíduos de baleia-orca, em Vancouver, mantêm as vocalizações características de seu grupo de origem, mesmo quando estão em associação com outros grupos (Ford, 1991). Mc Cowan *et al.* (1998) analisaram um único tipo de assobio de golfinhos-nariz-de-garrafa, na tentativa de verificar a influência dos grupos sociais sobre os indivíduos, e verificaram haver uma forte relação entre os assobios e o grupo de origem dos indivíduos.

A variação relativamente baixa das variáveis de freqüência também está vinculada às qualidades evolutivas e taxonômicas de cada espécie (Steiner, 1981). A adaptação ecológica às condições do meio, e as limitações na capacidade de produção dos sons relativas ao tamanho do corpo tornam as variáveis de freqüência dos assobios relativamente estáveis (Ding *et al.*, 1995). Portanto, a fraca discriminação de algumas categorias de assobios do boto-cinza, na Baía de Guanabara, parece ser consequência de parâmetros de freqüência próprios desta população, bem como da espécie.

6. CONCLUSÕES

1. Cliques de ecolocação, sons pulsantes explosivos e assobios foram amplamente utilizados pelo boto-cinza;
2. Os assobios são emitidos mais freqüentemente que os sons pulsantes explosivos, independente do comportamento;
3. Nos comportamentos de pesca e socialização a taxa de emissão de assobios e sons pulsantes foi mais elevada que no deslocamento e deslocamento/pesca;
4. O número de sons pulsantes emitidos está diretamente relacionado a taxa de emissão de assobios, indicando que as variações na taxa de emissão de ambos sinais transmitam principalmente o nível de atividade do grupo;
5. O boto-cinza possui um repertório variado de assobios, no qual aqueles com 0 e 1 ponto de inflexão são predominantes e freqüentemente repetidos em todos os contextos;

6. De forma preliminar, pode-se afirmar que os indivíduos emitem assobios de contornos semelhantes, uma vez que estes podem exercer uma importante função de interação social;
7. Em *Sotalia fluviatilis*, o aumento da emissão de sons pulsantes e de assobios (inclusive aqueles sem ponto de inflexão), a complexidade dos assobios e os assobios trinados, são os principais responsáveis por manter o contato entre os membros do grupo, coordenando e integrando os movimentos durante alta atividade.
8. Os assobios trinados foram os únicos sinais relacionados exclusivamente a comportamentos vigorosos;
9. As variáveis acústicas dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara estiveram dentro das características observadas em estudos pretéritos. A maior amplitude das variáveis de freqüência e de duração dos assobios é resultado de um maior tamanho da amostra, o que forneceu informações mais representativas dos parâmetros acústicos das emissões sonoras da espécie;
10. Embora não tenha sido possível realizar uma comparação adequada com os parâmetros dos assobios do ecótipo fluvial, diferenças nas características dos assobios entre as duas populações foram encontradas;
11. Os assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara são preferencialmente de freqüência ascendente;
12. O número de pontos de inflexão dos assobios demonstrou ser o parâmetro com maiores diferenças entre os comportamentos;

13. O número de harmônicos também apresentou elevada variabilidade e diferenças entre os comportamentos;
14. A duração dos assobios, apesar da alta variabilidade, demonstrou ser muito similar entre os comportamentos;
15. A freqüência inicial, freqüência máxima, freqüência mínima e modulação de freqüência foram os parâmetros de freqüência dos assobios que apresentaram as maiores diferenças entre os comportamentos;
16. Mesmo havendo significativas diferenças dos assobios entre os comportamentos, na maioria das categorias de assobios estas desigualdades foram muito pequenas. A similaridade dos assobios é resultado da baixa variação dos parâmetros de freqüência destes sinais, como consequência de qualidades próprias desta população, bem como da espécie.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCURI, G. & BUSNEL, R. G. 1989. Unicité fonctionnelle des clics sonar et des sifflements dans les émissions acoustiques d'un Dauphin Amazonien *S. fluviatilis* Gervais et Deville. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 308, Série III. 379-384.
- AMADOR, E. S. 1997. **Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza**. Rio de Janeiro. 539p.
- ANDRADE, L.; SICILIANO, S. & CAPISTRANO, L. 1987. Movimentos e atividades do boto *Sotalia fluviatilis* (Cetacea, Delphinidae) na Baía de Guanabara - Rio de Janeiro. *Anais da 2ª Reunião de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul*, Rio de Janeiro. p 49-57.
- AU, W. W. L.; CARDER, D. A. PENNER, R. H. & SCRONCE, B. L. 1985. Demonstration of adaptation in beluga whale echolocation signals. *J. Acoust. Soc. Am.* 77 (2): 726-730.
- AU, W. W. L.; PENNER, R. H. & TURL, C. W. 1987. Propagation of beluga echolocation signals. *J. Acoust. Soc. Am.* 82 (3): 807-813.
- BERTA, A. & SUMICH, J. L. 1999. **Marine Mammals: Evolutionary Biology**. Academic Press San Diego, 494 p.

- BOROBIA, M. 1984. Comportamento e aspectos biológicos dos botos da Baía de Guanabara, *Sotalia* sp. **Monografia de Bacharelado, Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.** 81p.
- BOROBIA, M. 1989. Distribution and morphometrics of South American dolphin of the genus *Sotalia*. **Msc Thesis, Mc Donald College of Mc Gill University, Montreal.** 81p.
- BOROBIA, M & BARROS, N. 1989. Notes on the diet of the marine *Sotalia fluviatilis*. **Marine Mammal Science** **5**: (4) 395-399.
- BOROBIA, M.; SICILIANO, S.; LODI, L. & HOEK, W. 1991. Distribution of the South American dolphin, *Sotalia fluviatilis*. **Can. J. Zoo.** **69**: 1025-1039.
- BÖSSENECKER, P.J. 1978. The capture and care of *Sotalia guianensis*. **Aquatic Mammals** **6**: 13-17.
- BRITO JR., J.L.; FRAGOSO, A. B. L.; DORNELES P.R.; MONTENEGRO, M. G. & FERNANDEZ, M. A. S. 1994. A presença de cetáceos em ambiente sob forte influência antrópica: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. **Resumos da 6a Reunião de Trabalho de especialistas em mamíferos aquáticos da América do Sul.** p 111-112.
- BROWNLEE, S. M. & NORRIS, K. S. 1994. The acoustical Domain. In: **The Hawaiian spinner dolphin (Norris et al. eds.)** University of California Press. p. 161-185.
- CALDWELL, D. K. & CALDWELL, M. C. 1972. Senses and communication. In: **Mammals of the Sea** p. 199-234.
- CALDWELL, M. C. & CALDWELL, D. K. 1965. Individualized whistles contours in bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*). **Nature (London)** **207**: 434-435.
- CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K. & MILLER, J. F. 1973. Statistical evidence for individual signature whistles in the spotted dolphin, *Stenella plagiodon*. **Cetology** **16**: 1-21.
- CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K. & TYACK, P. L. 1990. "Review of the signature-whistle hypothesis for the Atlantic bottlenose dolphin". In: **The Bottlenose Dolphin**. Academic Press Inc., San Diego. p. 199-234.

- CAMPBELL, G. & DEFRAIN, R. H. 1999. Whistles repertoires of three bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) populations. **Abstracts of the XII Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals**, Hawai, USA. p. 28.
- CARR, T. & BONDE, R. K. 2000. Tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) occurs in Nicaragua , 800 Km north of its previously known range. *Marine Mammal Science* **16** (2): 447-452.
- CARVALHO, C.T. 1963. Sobre um bôto comum no litoral do Brasil. *Rev. Brasil. Biol.* **23** (3): 263-272.
- CARWARDINE, M. 1999. **Whales, dolphins and porpoises 2nd edition**. New York, Facts on File. 240p.
- CLARK, C. W. 1982. The acoustic repertoire of the Southern right whale, a quantitative analysis. *Anim. Behav.* **30**: 1060-1071.
- CRANFORD, T. W.; AMUNDIN, M. & NORRIS, K. S. 1996. Functional morphology and homology in the odontocete nasal complex: Implications for sound generation. *Journal of Morphology* **228**: 223-285.
- CUNHA, A. H. 1999. Movimentos e Uso de Habitat do Boto-cinza, *Sotalia fluviatilis* (Cetacea: Delphinidae) na Baía de Guanabara, RJ, por meio de Foto-identificação. **Monografia de Bacharelado**, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 67p.
- CUNHA, H. A.; LAILSON-BRITO, J. JR.; AZEVEDO, A. F.; VILLENA, H. H. & BASTOS, M. P. 1999. Patterns of habitat utilization of the marine tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) in Guanabara bay, Rio de Janeiro, Brazil: Preliminary results. **Abstracts of the XII Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals**, Hawai, USA. p 41.
- DAWSON, S. M. & THORPE, C. W. 1990. A quantitative analysis of the sound of Hector's dolphin. *Ethology* **86**: 131-145.
- DI BENEDITTO, A. P. M. 1997. Captura accidental de pequenos cetáceos em rede de espera: uma ameaça às populações do norte do estado do Rio de Janeiro? **Dissertação de Mestrado** Universidade Estadual do Norte Fluminense. 91p.

- DING, W. 1993. Dolphin whistles: comparations between populations and species. **PhD. thesis.** Marine Mammal Research Program, Texas A & M University, Galveston, USA. 247p.
- DING, W.; WURSIG, B. & EVANS, W. E. 1995. Whistles of bottlenose dolphins: comparasions among populations. *Aquatic Mammals* 21: (1) 65-77.
- DINUCCI, K. L. 1997. Utilização de habitat pelo boto *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, RJ, Brasil (Cetacea, Delphinidae). **Monografia de Bacharelado.** Universidade do Rio de Janeiro. 61p.
- DOS SANTOS, M. & COUCHINHO, M. 1999. Production of whistles by bottlenose dolphins in the Sado Estuary. **Abstracts of XII Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals.** Hawaí (E.U.A). p 49.
- DREHER, J. J. & EVANS, W. E. 1964. "Cetacean communication." In: **Marine Bioacoustics 1** (Tavolga, W. N. ed.) Pergamon Press, Oxford. p. 373-399.
- DUDZINSKI, K. 1999. Production and use of the frequency-modulated tones recorded from bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) found around Mikura Island, Japan. **Abstracts of XII Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals.** Hawaí (E.U.A). p 50.
- EVANS, W. E. 1967. Vocalizations among marine mammals. In: **Marine Bioacoustics 2** (Tavolga, W. N. ed.) Pergamon Press, Oxford. p 159-186.
- EVANS, W. E. & MADERSON, P. F. A. 1973. Mechanisms of sound production in delphinid cetaceans: A review and some anatomical considerations. *Amer. Zool.* 13: 1205-1213.
- EVANS, W. E. & PRESCOTT, J. H. 1962. Observation of the sound production capabilities of the bottlenose porpoise: a study of whistles and clicks. *Zoologica* 47: (3)121-132.
- FEEMA 1990. Projeto de Recuperação Gradual do Ecossistema da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, Rio de Janeiro.

- FIGUEIREDO, L. D. 1997. Análise quantitativa e qualitativa dos assobios de freqüência ascendente do boto, *Sotalia fluviatilis* Gervais, 1853 (Cetacea, Delphinidae) na Baía de Sepetiba (RJ). **Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas do Instituto da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.** 135p.
- FIGUEIREDO, L. D. & SIMÃO, S. M. 1998. Caracterização dos assobios de freqüência ascendente do boto-cinza (*Sotalia fluviatilis* Gervais, 1853) na Baía de Sepetiba, RJ. **Resumos da 8a Reunião de Trabalho de especialistas em mamíferos aquáticos da América do Sul.** Olinda. p 82.
- FLORES, P. A. C. 1993. Photo-identification techniques applied to the marine tucuxi dolphin *Sotalia fluviatilis* at the Baía Norte de Santa Catarina, South-Brazil. **Abstracts of the Tenth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals** Galveston, Texas, USA. p 38.
- FLORES, P. A. C. 1998. Status of the marine tucuxi dolphin *Sotalia fluviatilis* in the North Bay, Southern Brazil. **Abstracts of the XII Marine Mammal Science Conference.** Monaco. p 43.
- FORD, J. K. B. 1989. Acoustic behaviour of residents killer whales (*Orcinus orca*) off Vancouver Island, British Columbia. *Can. J. Zool.* **67:** 727-745.
- FORD, J. K. B. 1991. Vocal traditions among resident killer whales (*Orcinus orca*) in coastal waters of British Columbia. *Can. J. Zool.* **69:** 1454-1483.
- FORD, J. K. B. & FISHER, D. 1978. Underwater acoustic signals of the narwhal (*Monodon monoceros*). *Can. J. Zool.* **56:** 552-560.
- FORD, J. K. B. & FISHER, D. 1982. Killer whales (*Orcinus orca*) dialects as an indicator of stocks in British Columbia. *Rep. Int. Whal. Commn.* **32:** 671-679.
- GEISE, L. 1984. Distribuição geográfica e estimativa populacional dos botos da baía de Guanabara-RJ, *Sotalia* sp., **Monografia de Bacharelado, Instituto de Biologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.** 86 p.
- GEISE, L. 1989. Estrutura social, comportamental e populacional de *Sotalia* sp. (Gray, 1886) (Cetacea, Delphinidae) na região estuarino-lagunar de

- Cananéia, SP e na baía de Guanabara, RJ. **Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de São Paulo.** 199p.
- GEISE, L. 1991. *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) population in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Mammalia* **55**, 3.
- GUENEVERE, J. & SAYIGH, L. 1999. Geographic variations in vocal production of the free-ranging bottlenose dolphins. **Abstracts of XII Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals.** Hawai (E.U.A). p 93.
- HERMAN, L. M. & TAVOLGA, W. N. 1980. The communication systems of cetaceans. In: **Cetacea behaviour: Mechanisms and Functions.** (L. M. Herman, ed.) Wile, New York. p. 149-209.
- HERZING, D. L. 1996. Vocalizations and associated underwater behavior of free-ranging Atlantic spotted dolphins, *Stenella frontalis*, and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Aquatic Mammals* **22**: (2) 61-79.
- IBAMA. 1997. Mamíferos Aquáticos do Brasil: Plano de Ação. Brasília. 80p.
- JACOBS, M.; NOWACEK, D. P.; GERHART, D. J.; CANNON, G.; NOWICKI, S. & FORWARD, R. B. J. 1993. Seasonal changes in vocalizations during behavior of the Atlantic bottlenose dolphin. *Estuaries* **16** (2): 241-246.
- JANIK, V. M. & SLATER, P. J. B. 1998. Context-especific use suggest that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls. *Animal Behaviour* **56**: 829-838.
- JANIK, V. M. & MANN, J. 1999. Low whistle rates and upsweep whistles in bottlenose dolphin mother-calf pairs of Western Australia. **Abstracts of XII Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals.** Hawai (E.U.A). p 89.
- JEFFERSON, T. A.; LEATHERWOOD, S. & WEBER, M.A. 1993. **FAO Species Identification Guide. Marine Mammals of the World.** FAO, Rome. 320 p.
- JICA 1992 - Japan International Cooperation Agency: The Study on Recuperation of the Guanabara Bay Ecosystem, Progress Report.

- KAMMINGA, C.; VAN-HOVE, M. T.; ENGELSMA, F. J. & TERRY, R. P. 1993. Investigations on cetacean sonar X: A comparative analysis of underwater echolocation clicks of *Inia* spp. and *Sotalia* spp." *Aquat. Mamm.* **19**: (1) 31-43.
- KELLOG, W. N. 1961. *Porpoise and sonar*. The University. Chicago Press, Chicago. 177p.
- KJERFVE, B.; RIBEIRO, C. H. A.; DIAS, G. T. M.; FILIPPO, A. M. & QUARESMA, V. S. 1997. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continental Shelf Research* **17**: (13) 1609-1643.
- LAILSON-BRITO, J. Jr.; PIZZORNO, J. L. A.; FRAGOSO, A. B. L.; DORNELES, P. R. & GURGEL, I. M. G. N. 1996. Capturas accidentais e encalhes do boto, *Sotalia fluviatilis* (Cetacea, Delphinidae), na costa de Estado do Rio de Janeiro. *Resumos do XXI Congresso Brasileiro de Zoologia*. p. 249.
- LAILSON-BRITO, J. Jr.; AZEVEDO, A. F.; PIZZORNO, J. L. A.; FRAGOSO, A. B. L. & PEREIRA, M. B. The marine tucuxi in Guanabara bay: Conservation matters. *Abstracts of XII Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*. Hawaí (E.U.A). p 103.
- LILLY, J. C. 1962. Vocal behavior of the bottlenose dolphin. *Proceedings of the American Philosophical Society* **106** (6): 520-529.
- LILLY, J. C. & MILLER, A. M. 1961. Sounds emitted by the bottlenose dolphin. *Science* **133**: 1689-1693.
- LITCHFIELD, C.; GEENBERG, A. N.; CALDWELL, D. K.; CALDWELL, M. C.; SIPOS, J. C. & ACHMAN, R. G. 1975. Comparative lipid patterns in acoustical and nonacoustical fatty tissues of dolphins, porpoises and toothed whales. *Comp. Biochem. Physiol.* **50** (b): 591-597.
- LODI, L. & HETZEL, B. 1999. Uma grande agregação de botos-cinza (*Sotalia fluviatilis*) na Baía de Ilha Grande, Rio de Janeiro. Anais do VII Congresso Nordestino de Ecologia, Ilhéus, Bahia. p 337.
- MC COWAN, B. & REISS, D. 1995. Quantitative comparison os whistles repertoires from captive adult bottlenose dolphins (Delphinidae: *Tursiops*

- truncatus*): a re-evaluation of the signature whistle hypothesis. *Ethology* **100**: 194-209.
- NAKASAI, K. & TAKEMURA, A. 1975. Studies on the underwater sound VI: On the underwater calls of fresh dolphins in South America. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki. Univ.* **40**: 7-13.
- NETO, M. M. S. & MONTEIRO-FILHO, E. L. A. 1998. Registros preliminares do repertório vocal de *Sotalia fluviatilis guianensis* (Cetacea; delphinidae) no litoral norte do Estado do Paraná. *Resumos da 8a Reunião de Trabalho de especialistas em mamíferos aquáticos da América do Sul*. p 141.
- NORRIS, K. S. 1968. The evolution of acoustic mechanisms in odontocete cetaceans. In: *Evolution and Environment*. (Drake, E. T. ed.). Yale University Press, New Haven. p. 297-324.
- NORRIS, H. S. & DOHL, T. P. 1980. Behavior of the Hawaiian spinner dolphin, *Stenella longirostris*. *Fish. Bull.* **77** (4): 821-849.
- NORRIS, K. S.; HARVEY, G. W.; BURZELL, L. A. & KARTHA, T. D. K. 1972. Sound production in the freshwater porpoises *Sotalia fluviatilis* and *Inia geoffrensis*, in the Rio Negro, Brazil. *Investigations on Cetacea* **4**: 251-260.
- PEREIRA, T. C. C. L. 1997. Análise quantitativa e qualitativa dos assobios de frequência descendente down-up do boto *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) (CETACEA: DELPHINIDAE) da baía de Sepetiba (R.J). *Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas do Instituto da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*. 143 p.
- PEREIRA, T. C. C. L.; SIMÃO, S. M. & SICILIANO, S. 1998. Emissões sonoras de frequência descendente, up-down e down-up do boto-cinza, *Sotalia fluviatilis*, na Baía de Sepetiba. *Resumos da 8a Reunião de Trabalho de especialistas em mamíferos aquáticos da América do Sul*. p 158.
- PERIN, G.; FABRIS, R.; MANENTE, S.; RABELLO WAGENER, A; HAMACHER, C. & SCOTTO, S. A five-year study on the heavy-metal pollution of Guanabara Bay sediments (Rio de Janeiro, Brazil) and evaluation of the

- metal bioavailability by means of geochemical speciation. *Wat. Res.* **31**: (12) 3017-3028.
- PIZZORNO, J. L. A. 1995. Foto-identificação de *Sotalia fluviatilis* na Baía de Guanabara, RJ, Brasil. **Monografia de Bacharelado Universidade do Estado do Rio de Janeiro**. 45p.
- PIZZORNO, J. L. P. 1999. Estimativa Populacional do boto-cinza, *Sotalia fluviatilis*, na Baía de Guanabara, por meio de catálogo de foto-identificação. **Tese de Mestrado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**. 83p.
- PIZZORNO, J. L. A.; LAILSON-BRITO, J. Jr. & GURGEL, I. M. G. N. 1995. Photoidentification of *Sotalia fluviatilis* in Guanabara Bay, RJ, Brazil. **Abstracts of the Tenth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals**. Orlando (EUA). p 91.
- RALSTON, J. V. & HERMAN, L. M. 1995. Perception and Generalization of frequency contours by a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *Journal of Comparative Psychology* **109** (3): 268-277.
- RAMOS, R. M. A. 1997. Determinação de idade e biologia reprodutiva de *Pontoporia blainvilliei* e da forma marinha de *Sotalia fluviatilis* (Cetacea: Pontoporiidae e Delphinidae) no Norte do Rio de Janeiro. **Dissertação de Mestrado Universidade Estadual do Norte Fluminense**. 95p.
- REIDENBERG, J. S. & LAITMAN, J. T. 1988. Existence of vocal folds in the Laryns of Odontoceti (Toothed whales). *The Anatomical Record* **221**: 884-891.
- REIDENBERG, J. S. & LAITMAN, J. T. 1994. Anatomy of the Hyoid Apparatus in Odontoceti (toothed whales): Specializations of their skeleton and musculature compared with those terrestrial mammals. *The Anatomical Record* **240**: 598-624.
- RICHARDSON, W. J.; GREENE, C. R. J.; MALME, C. I. & THOMSON, D. H. 1998. **Marine Mammals and noise**. Academic Press, New York. 576p.
- SANTOS-LOPES, A. R. & MONTEIRO-FILHO, E. L. A. 1996. Estudos metodológicos e de caracterização geral de sons de comunicação e

- ecolocalização em golfinhos da espécie *Sotalia Fluviatilis* (Gervais, 1853) (MAMMALIA, CETACEA DELPHINIDAE). **Resumos da 7ª Reún. Trab. Esp.** Mam. Acuát. Amér. Sur. Viña del Mar - Chile. p 80.
- Mam. Acuát. Amér. Sur.** Viña del Mar - Chile. p 80.
- SAURELAND, M. & DEHNHARDT, G. 1998. Underwater audiogram of a tucuxi (*Sotalia fluviatilis guianensis*). *J. Acoust. Soc. Am.* **103**: (2) 1199-1204.
- SAURELAND, M.; DEHNHART, G. & DUCKER, G. 1995. Behavior audiogram of a south American dolphin (*Sotalia fluviatilis*). **Abstracts XII Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals.** Florida, E.U.A. 1p.
- SCHULTZ, K. W. & CORKERON, P. J. 1994. Interspecific differences in whistles produced by inshore dolphins in Moreton Bay, Queensland, Australia. *Can. J. Zool.* **72**: 1061-1068.
- SHANE, S.H. 1990. Behavior and Ecology of the Bottlenose Dolphin at Sanibel Island, Florida. In: **The Bottlenose Dolphin.** (S. Leatherwood e R.R. Reeves, eds.) Academic Press, San Diego, CA. p 245-265.
- SHUSTERMAN, R. J.; THOMAS, J. A. & WOOD, F. G. 1986. **Dolphins Cognition and behavior.** Laurence Erlbaum Associates, Hillsdale and London. 393 p.
- SILBER, G. K. 1986. The relationship of social vocalizations to surface behavior and aggression in the Hawaiian humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). *Can. J. Zool.* **64**: 2075-2080.
- da SILVA, V. M. F. & BEST, R. C. 1994. Tucuxi *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853). In: **Handbook of marine Mammals** 5 43-69.
- da SILVA, V. M. F. & BEST, R. C. 1996. *Sotalia fluviatilis.* **Mammalian Species.** 527, 1-7.
- SIMÃO, S. M. & SICILIANO, S. 1994. Estudo preliminar do uso do habitat da Baía de Sepetiba (Rio de Janeiro, Brasil), pelo boto *Sotalia fluviatilis*. **Resumos da 6ª Reunião de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul,** Santa Catarina. 1p.
- SIMÃO, S. M.; SICILIANO, S.; NOVAES, U. R.; FIGUEIREDO, L. D. & PEREIRA, T. C. C. L. 1995. Preliminary acoustical studies of tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Abstracts of the XI Biennial**

- Conference on the Biology of Marine Mammals.** Orlando, Flórida, USA. p. 106.
- SIMÃO, S. M.; SICILIANO, S.; FIGUEIREDO, L. D.; PEREIRA, T. C. C. L. & NOVAES, U. R. 1996. Emissões sonoras do boto, *Sotalia fluviatilis*, e o uso do habitat da Baía de Sepetiba (RJ) pelo mesmo. **Resumos do XXI Congresso Brasileiro de Zoologia.** p. 255.
- SIMÃO, S.M; ENCARNAÇÃO, F.; SÃO BABAS, C. S. & PERRY, V. N. Novas emissões sonoras do boto-cinza (*Sotalia fluviatilis*) na baía de Sepetiba, RJ. **Resumos da 8a Reunião de Trabalho de especialistas em mamíferos aquáticos da América do Sul.** p 208.
- SIMÕES-LOPES, P. C. 1987. Sobre a ampliação do gênero *Sotalia* Gray, 1986 (Cetacea, Delphinidae) para as águas do estado de Santa Catarina - Brasil. **Anais da 2ª Reunião de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, Rio de Janeiro.** p 87-88.
- SJARGE, B. L. & SMITH, T. G. 1986. The vocal repertoire of white whales, *Delphinapterus leucas*, summering in Cunningham Inlet, Northwest territories. *Can. J. Zool.* **64**: 407-415.
- SMOLKER, R. A.; MANN, J. & SMUTS, B. B. 1993. Use of signature whistles during separations and reunions by wild bottlenose dolphin mothers and infants. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **33**: (6) 393-402.
- STAFFORD, K.; NIEUKIRK, S. & FOX, C. 1999. Recordings of four different Blue whale call types in the eastern Tropical Pacific. **Abstracts of XII Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals.** Hawai (E.U.A). p 177.
- STEINER, W. W. 1981. Species-specific differences in pure tonal whistle vocalizations os five western North Atlantic dolphin species. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **9**: 241-246.
- TARUSKI, A. G. 1979. "The whistle repertoire of the North Atlantic pilot whale (*Globicephala melaena*) and its relationships to behavior and environment." In: **Behavior of marine animals 3** (Winn, H. E. & Olla, B. L. eds.) Plenum Press , New York. p 345-368.

- TAVOLGA, W. N. 1983. Theoretical principles for the study of communication in cetaceans. *Mammalia* **47**: (1) 3-26.
- TERRY, P. H. 1983. Observations on the captive behavior of *Sotalia fluviatilis guianensis*. *Aquatic Mammals* **10**: 95-105.
- THOMPSON, P. K. R. & HERMAN, L. M. 1975. Underwater frequency discrimination in the bottlenose dolphin (1-140 kHz) and the human (1-8 kHz). *J. Acoust. Soc. Am.* **57**: 943-948.
- THOMSEN, F.; DIERK, F.; TEICHERT, S. & FORD, J. K. B. Whistles sequence in the wild killer whales (*Orcinus orca*). **Abstracts of XII Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals**. Hawai (E.U.A). p 184.
- TYACK, P. L. 1998. Acoustic Communication under sea. In: **Animal acoustics communication (Hopp, et al., eds)**. p. 163-215.
- VAN BÉNÉDEN, E. 1874. Mémoire sur un dauphin nouveau de la Baie de Rio de Janeiro, désigné sur le nom de *Sotalia brasiliensis*. *Mem. de l'Acad. Royale de Belg.* **41**: (1) 1-44.
- WARTZOK, K. & KETTEN, D. R. 1999. Marine mammals sensory systems. In: **Biology of Marine Mammals (Reynolds III & Rommel, eds.)** p. 117-175.
- WEILGART, L. S. & WHITEHEAD, H. 1990. Vocalizations of the North Atlantic pilot whale (*Globicephala melas*) as related to behavioral contexts. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **26**: 399-402.
- WEILGART, L. S. & WHITEHEAD, H. 1997. Group-specific dialects and geographical variation in coda repertoire in south Pacific sperm whales. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **40**: 277-285.
- WELLS, R. S. 1991. The role of long-term study in understanding the social structure of a bottlenose dolphin community. In: **Dolphin Societies: Discoveries and Puzzles (Pryor & Norris, eds)**. University of California Press. p 199-225.
- WIERMSMA, H. 1982. Investigations on Cetacea sonar IV. A comparison of wave shapes of odontocete sonar signals. *Aquatic Mammals* **9**: 57-66.

Figura 1: Mapa da Baía de Guanabara, destacando-se a área onde ocorreram as gravações.

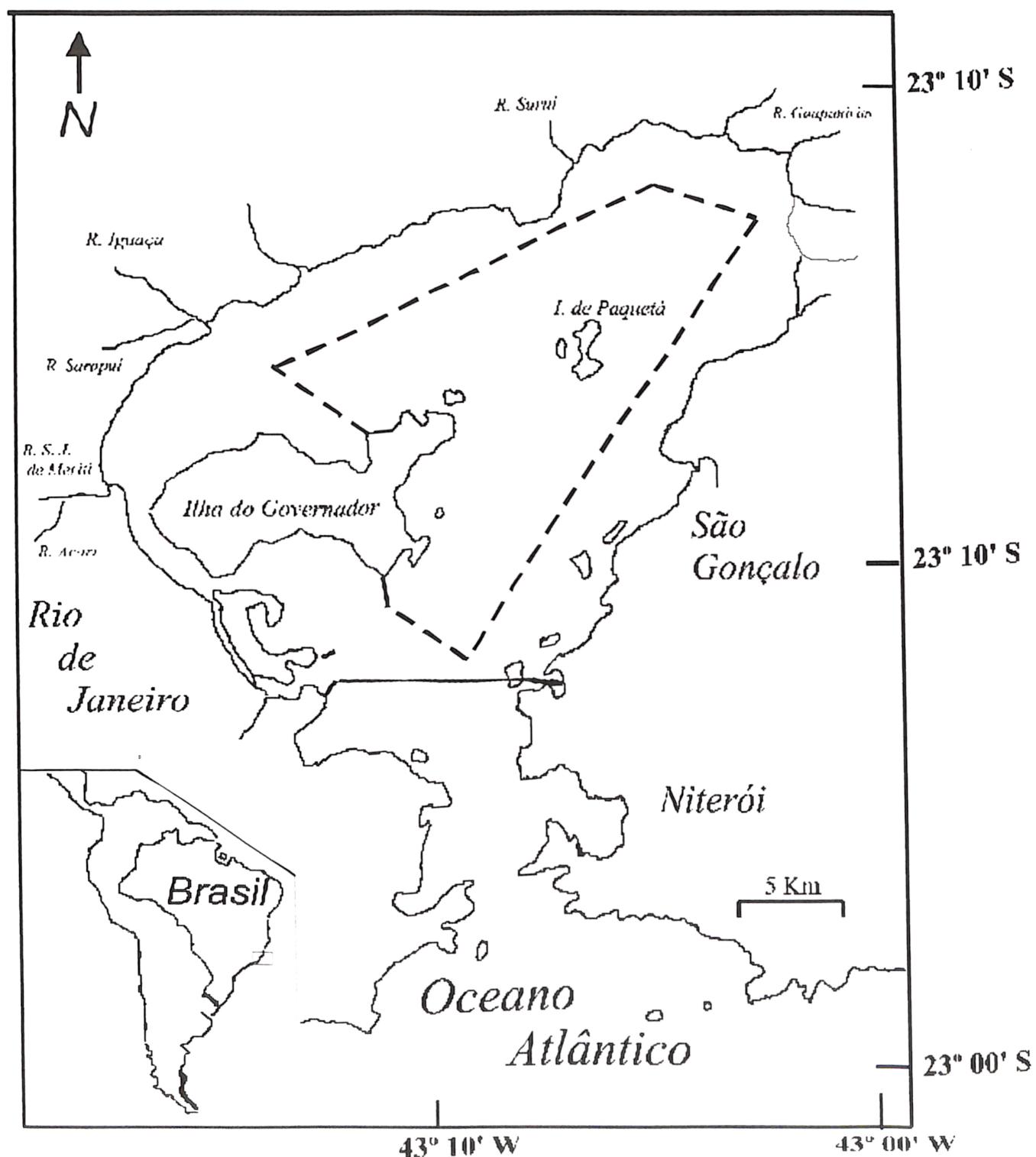


Figura 2: Espectograma representativo de um assobio e algumas das variáveis acústicas analisadas.

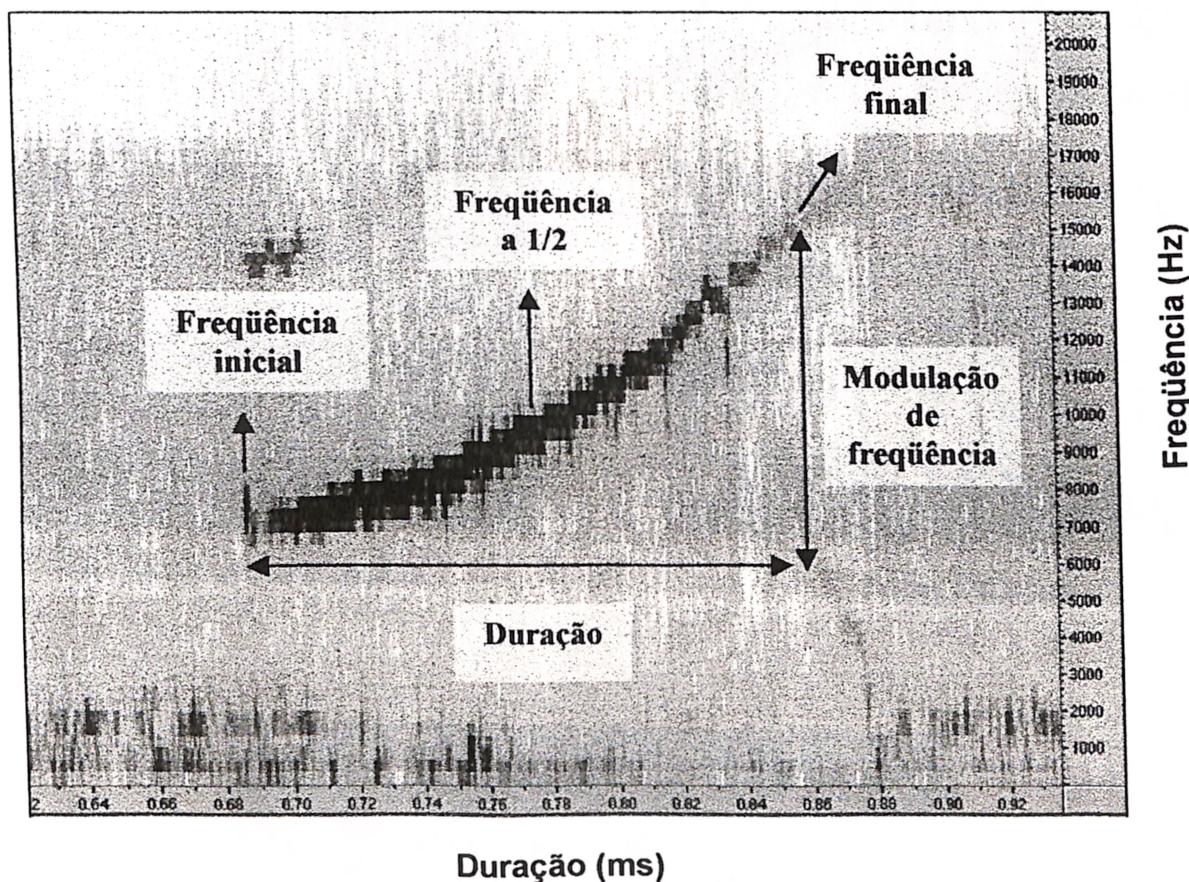
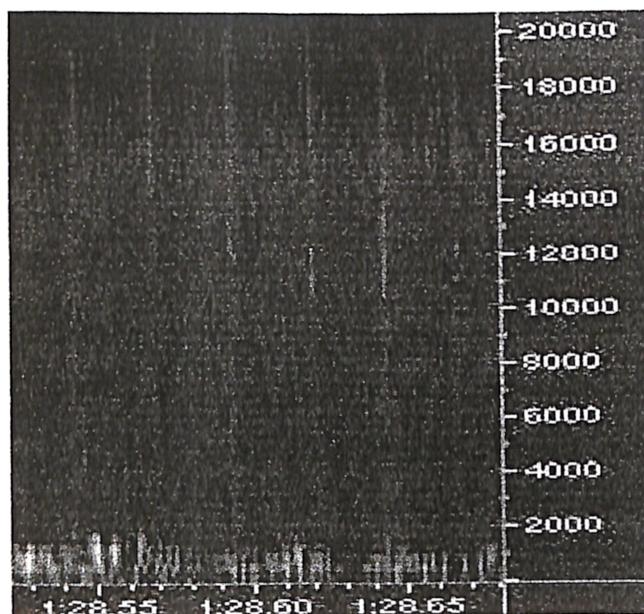
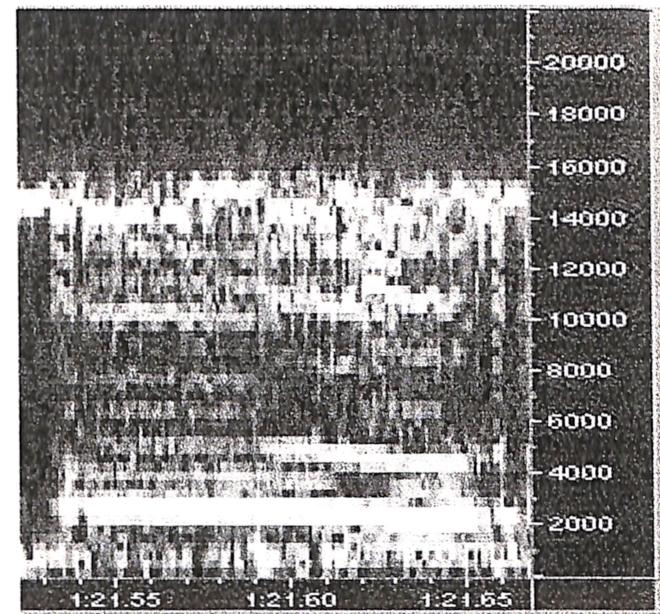


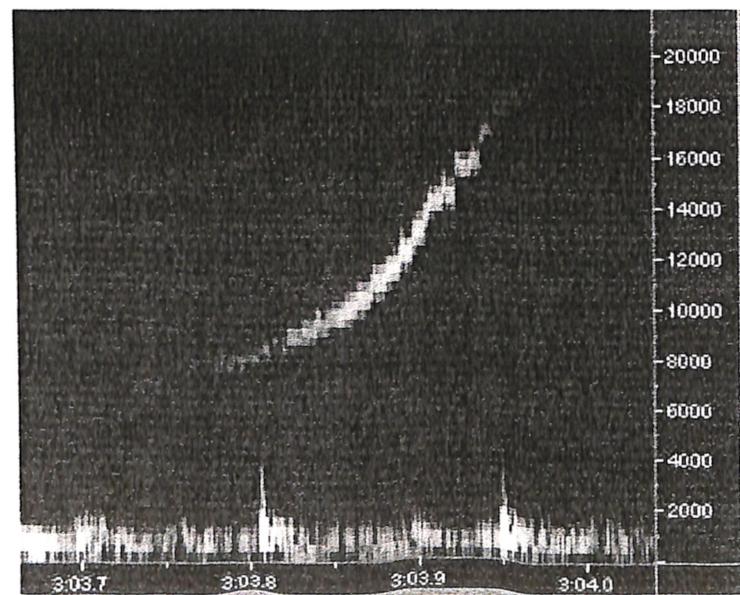
Figura 3: Sonogramas representativos dos três tipos de sons emitidos pelo boto-cinza.



Clique de ecolocação



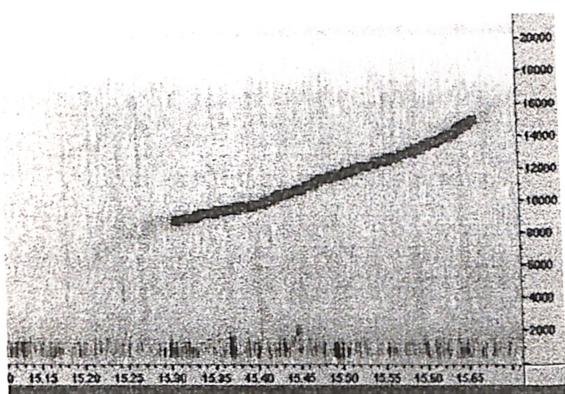
Som Pulsante



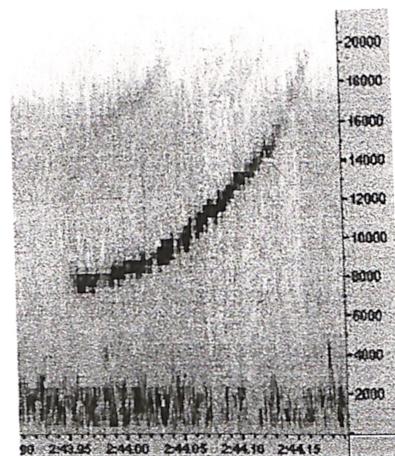
Assobio

Figura 4: Sonogramas representativos de alguns tipos de assobios emitidos pelo boto-cinza, na Baía de Guanabara.

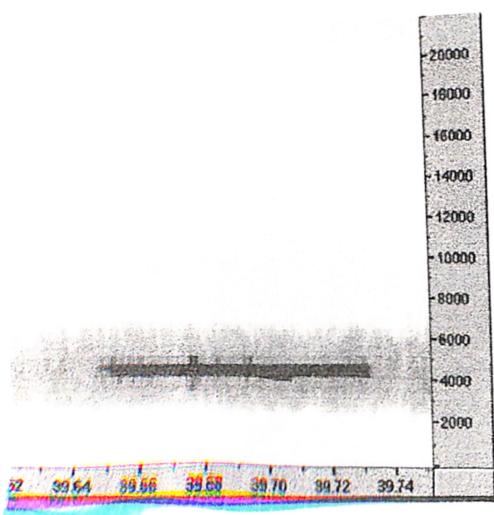
ASSOBIOS SEM PONTO DE INFLEXÃO



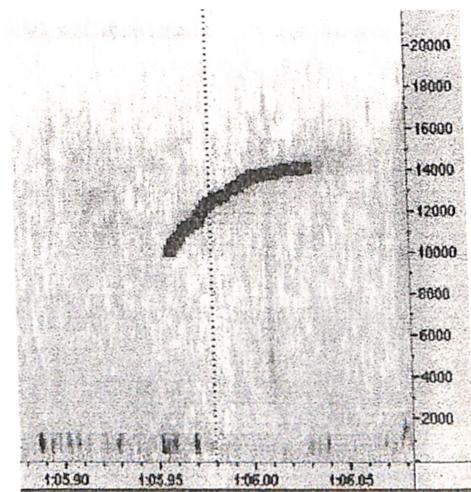
Tipo 1



Tipo 2



Tipo 3



Tipo 4

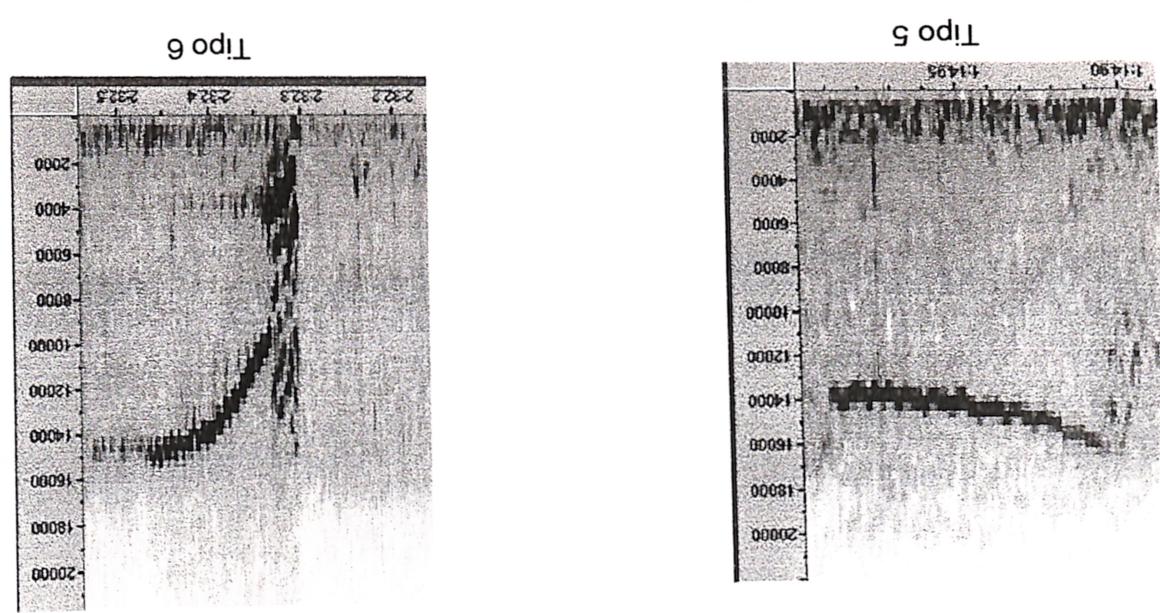
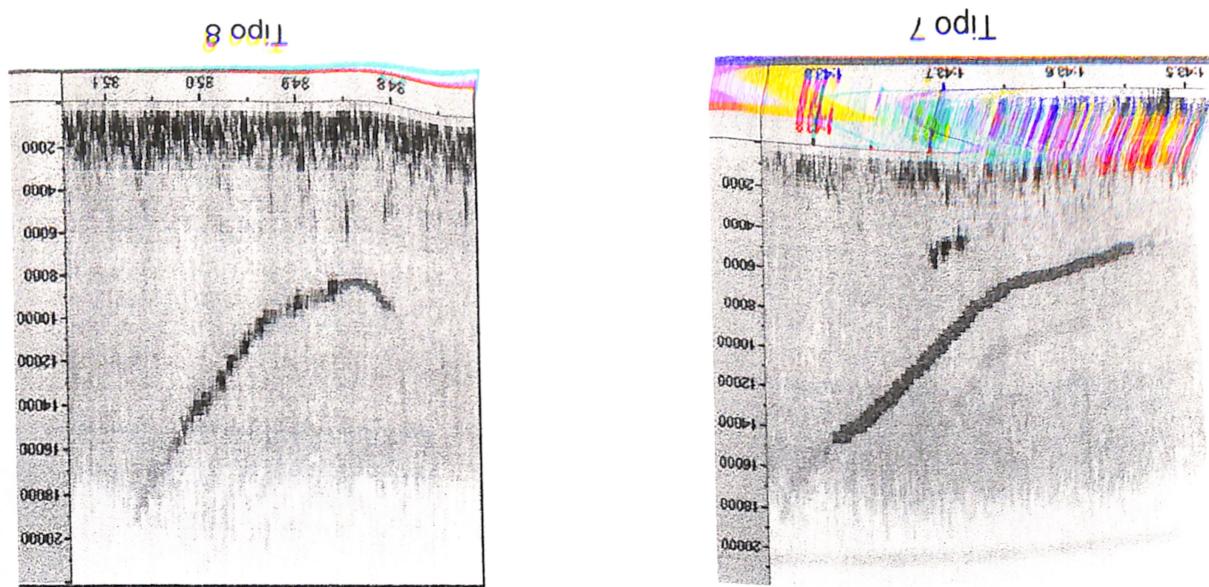
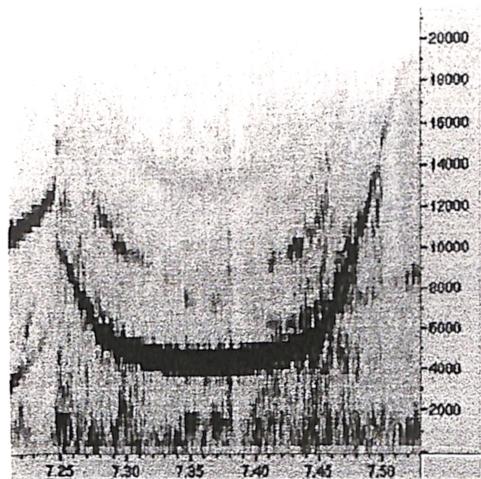
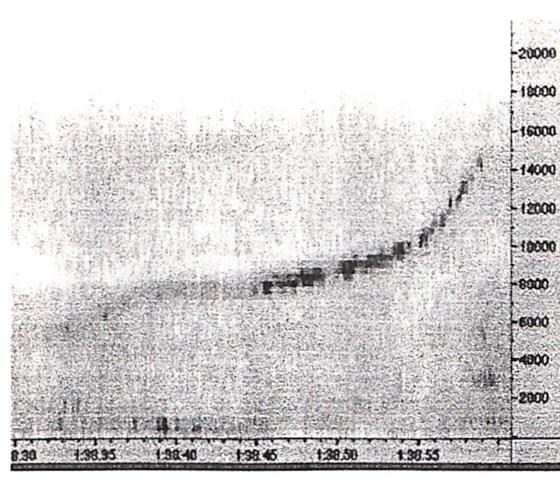


Figura 4 (Cont.)

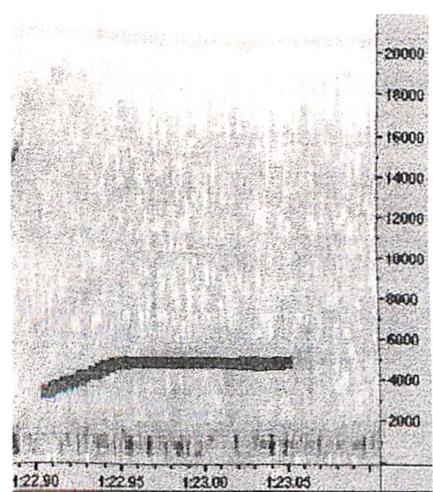
Figura 4 (Cont.)



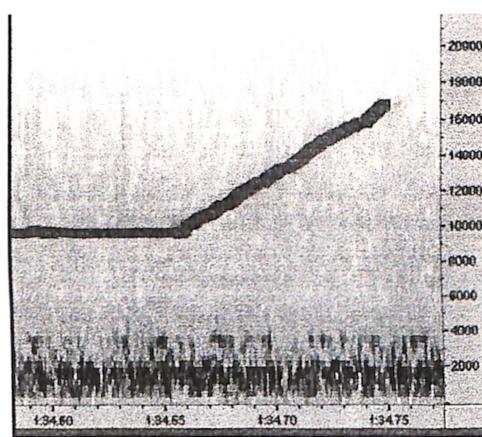
Tipo 9



Tipo 10

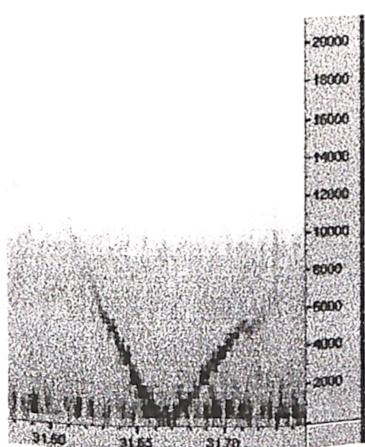


Tipo 11

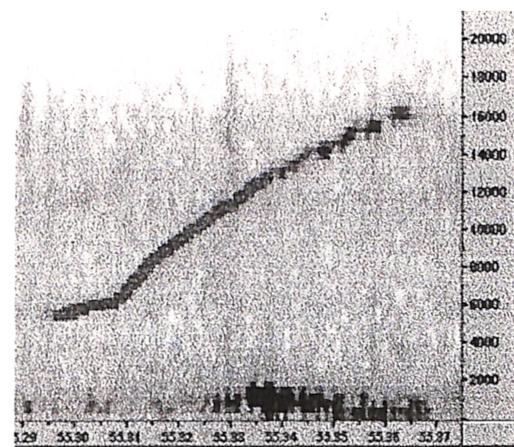


Tipo 12

Figura 4 (Cont.)

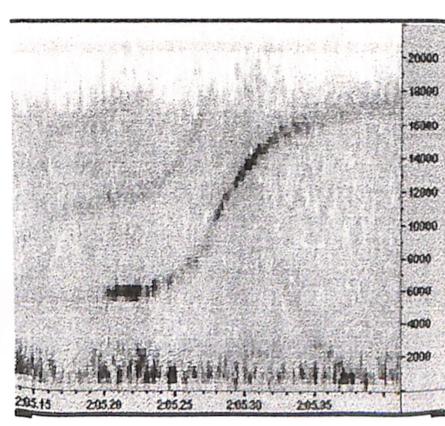


Tipo 13

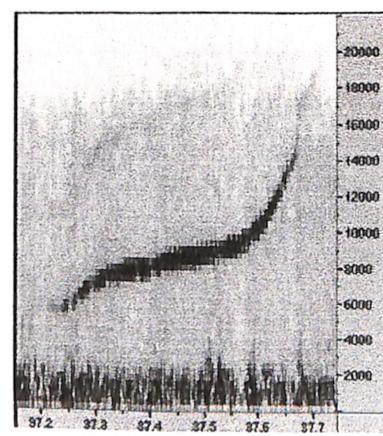


Tipo 14

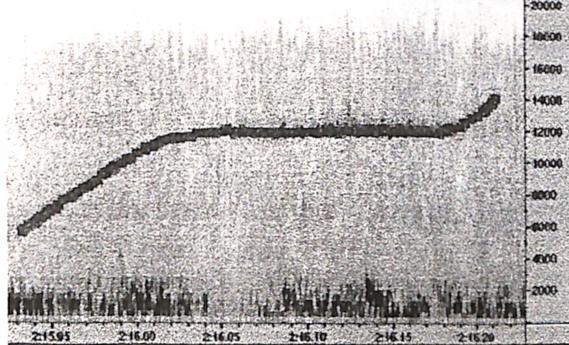
ASSOBIOS COM 2 PONTOS DE INFLEXÃO



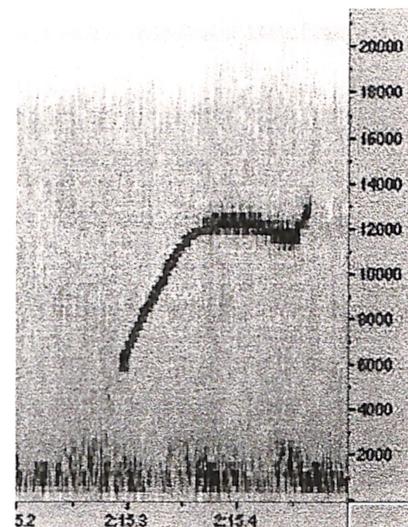
Tipo 15



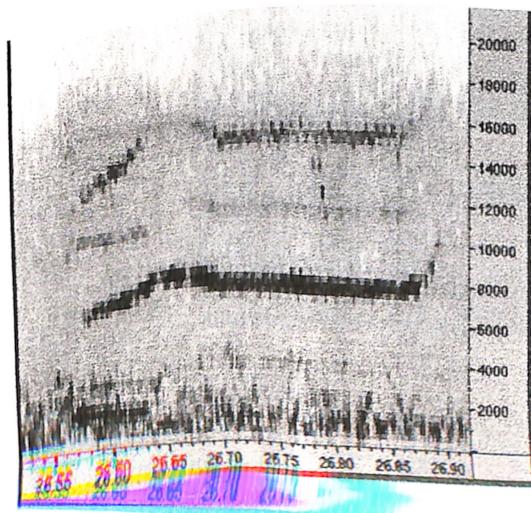
Tipo 16

Figura 4 (Cont.)

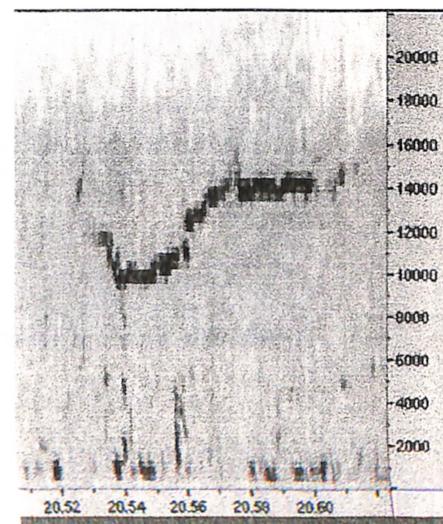
Tipo 17



Tipo 18

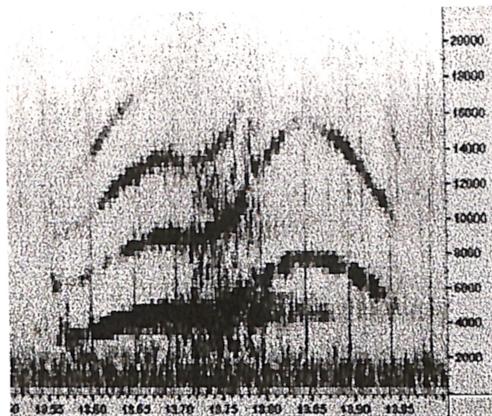
ASSOBIOS COM 3 PONTOS DE INFLEXÃO

Tipo 19



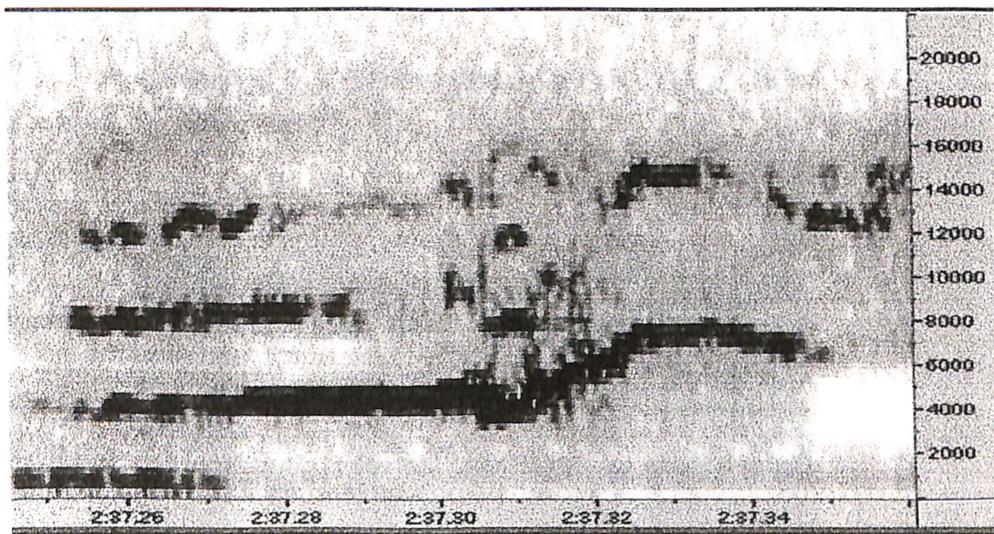
Tipo 20

Figura 4 (Cont.)



Tip 21

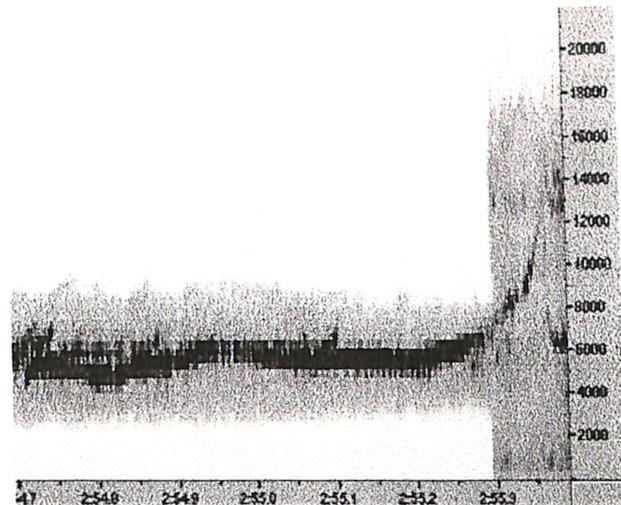
ASSOBIOS COM 4 PONTOS DE INFLEXÃO



Tip 22

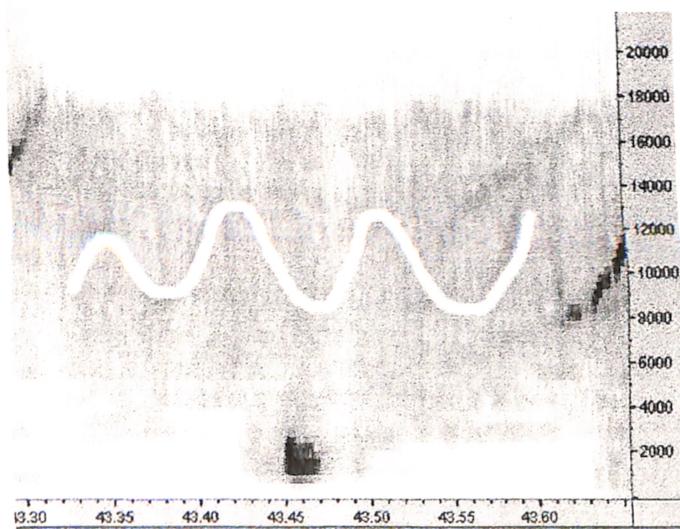
Figura 4 (Cont.)

ASSOBIO COM 5 PONTOS DE INFLEXÃO



Tipo 23

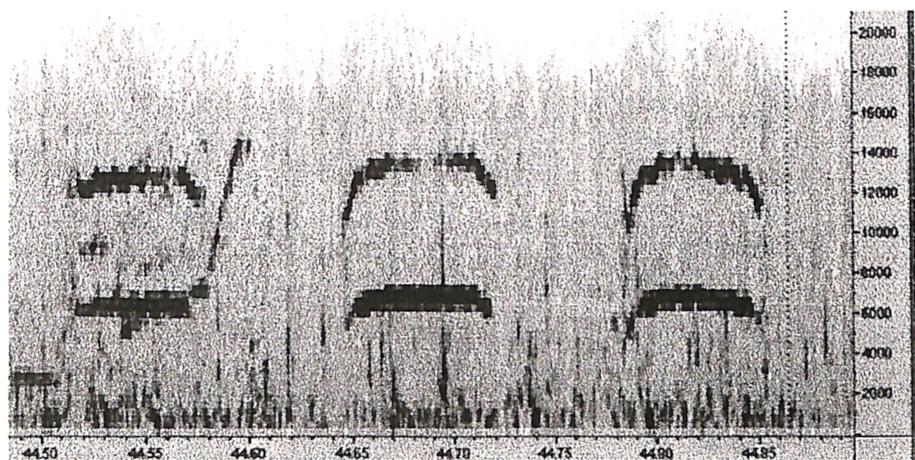
ASSOBIO COM 6 PONTOS DE INFLEXÃO



Tipo 24

Figura 4 (Cont.)

ASSOBIOS TRINADOS



Tipo 25

Figura 5: Distribuição da duração dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara.

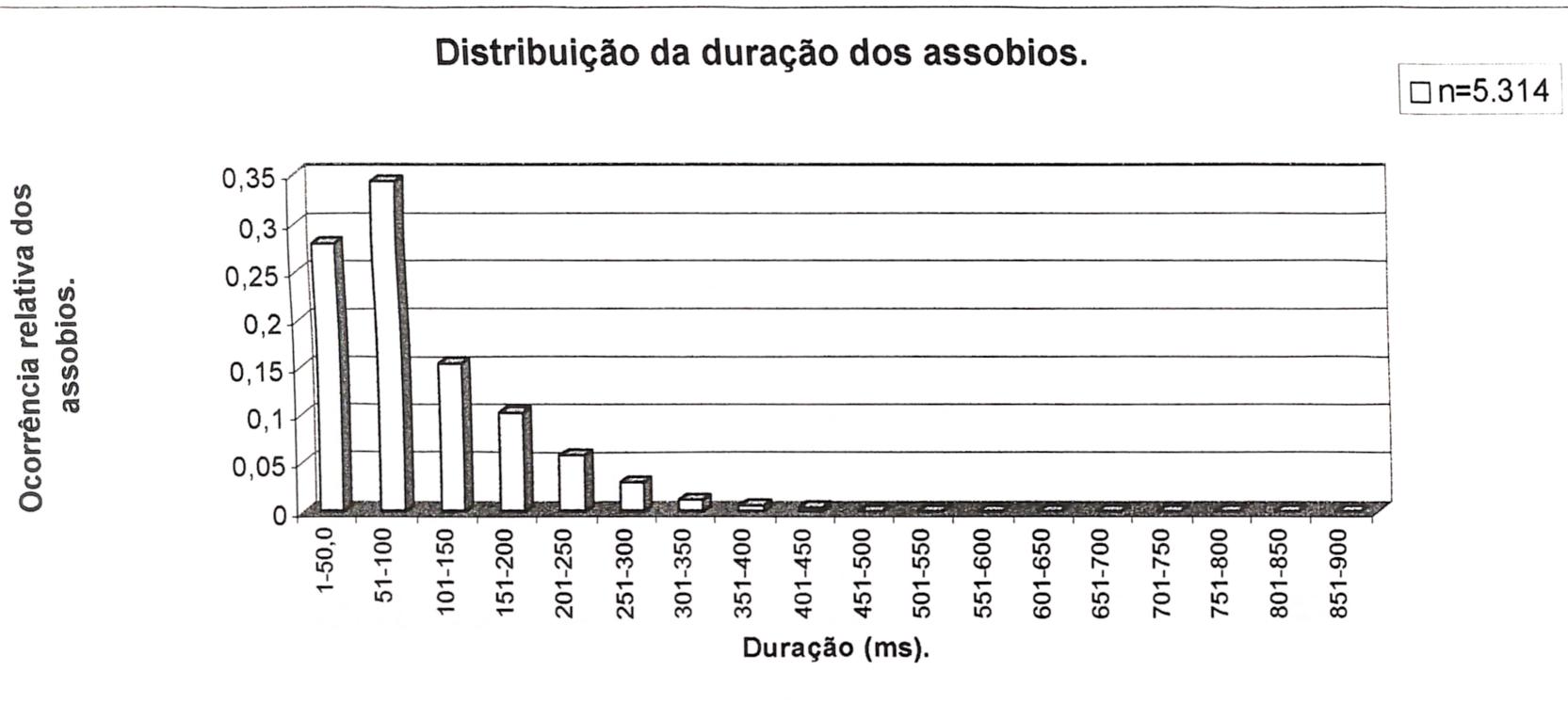


Figura 6: Distribuição da freqüência inicial dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara.

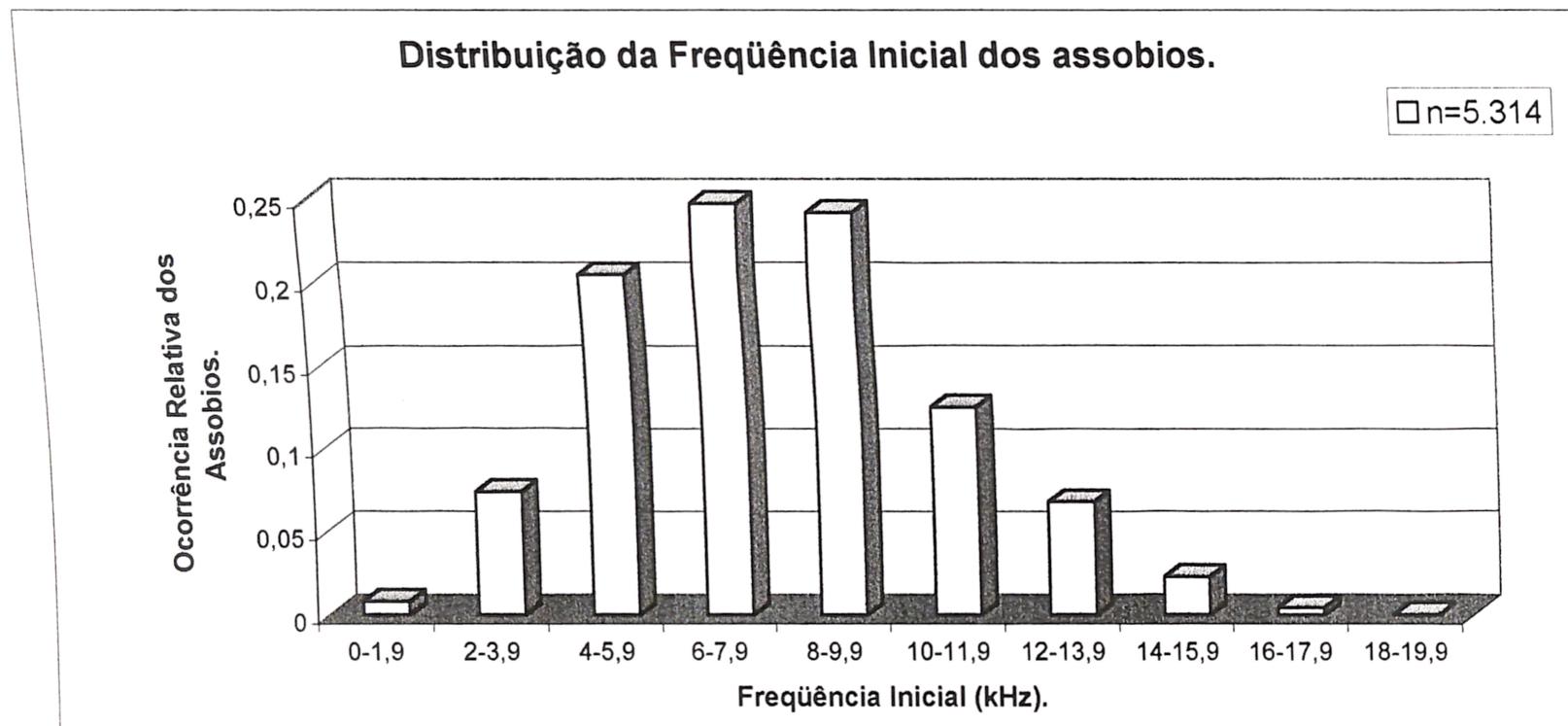


Figura 7: Distribuição da freqüência final dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara.

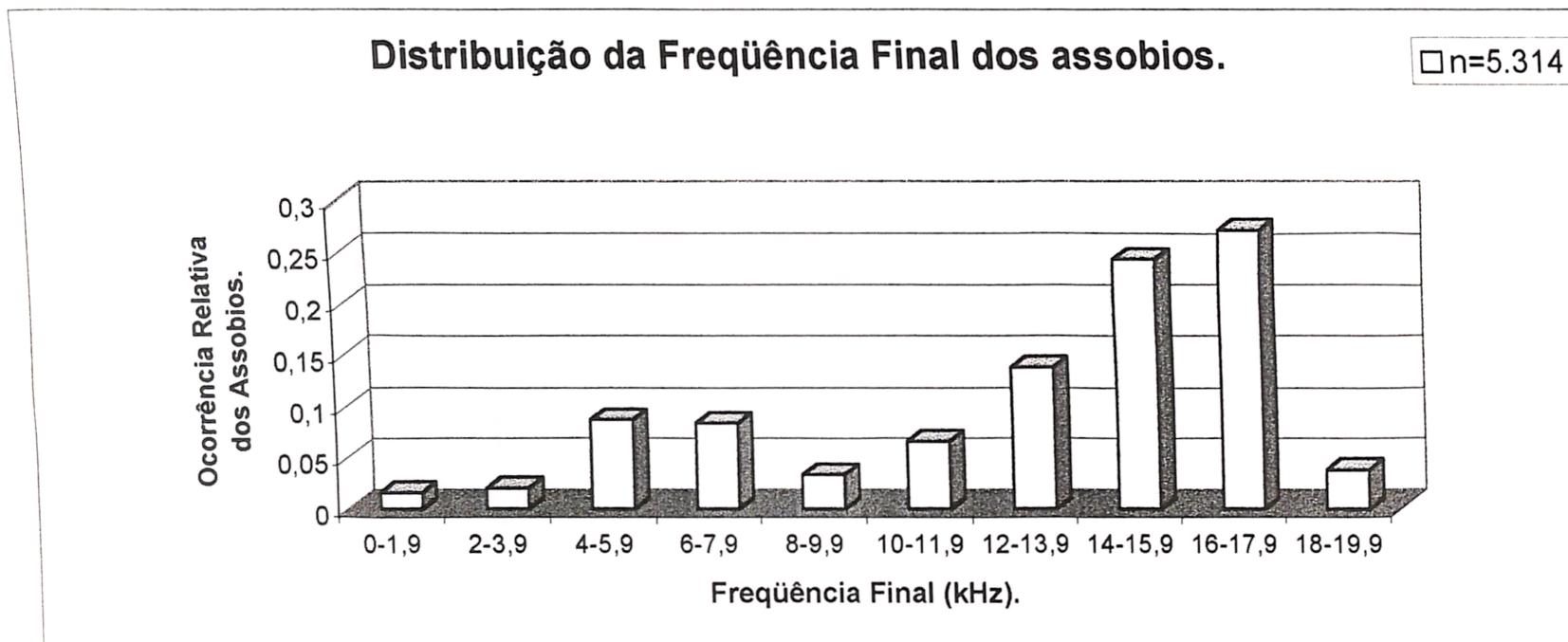


Figura 8: Distribuição da modulação de freqüência dos assobios do boto-cinza na Baía de Guanabara.

