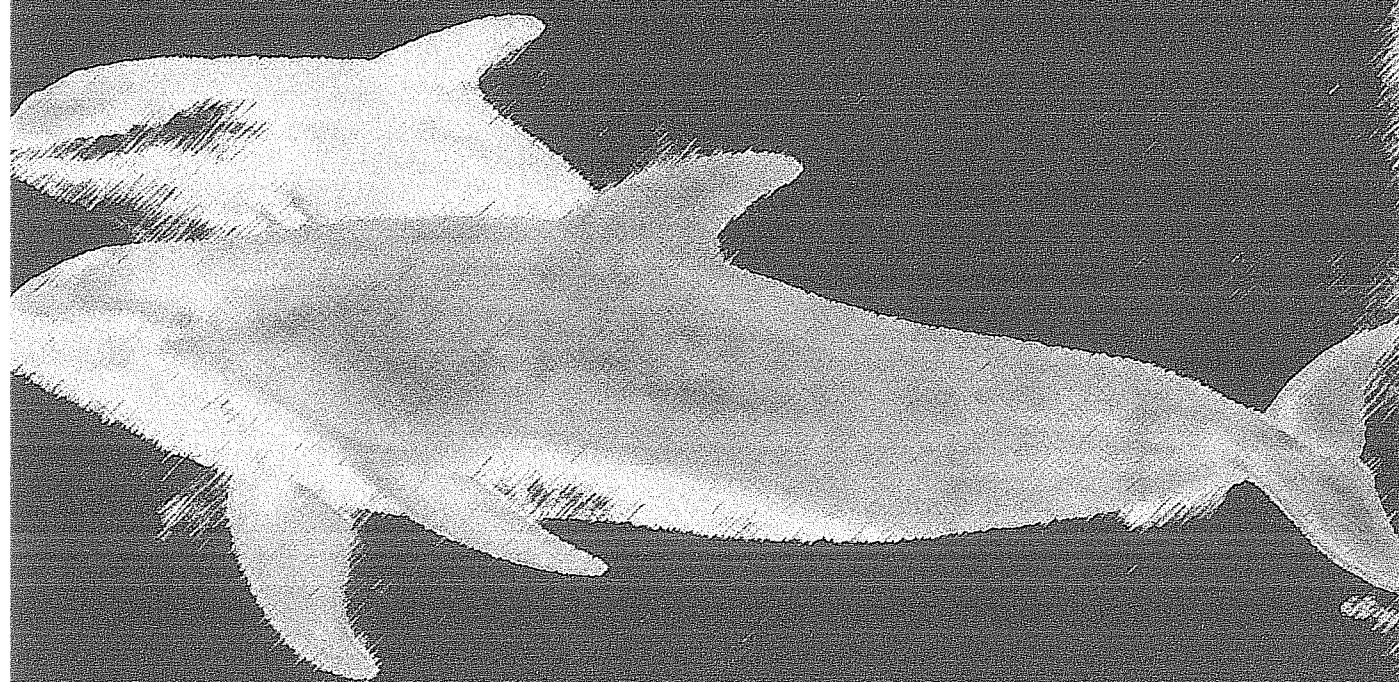


**Estudo da possível influência de factores ecológicos  
e comportamentais nas emissões acústicas**

**nos golfinhos-roazes *Tursiops truncatus* no estuário do Sado**



**Cristina Maria Ribeiro da Silva Brito**

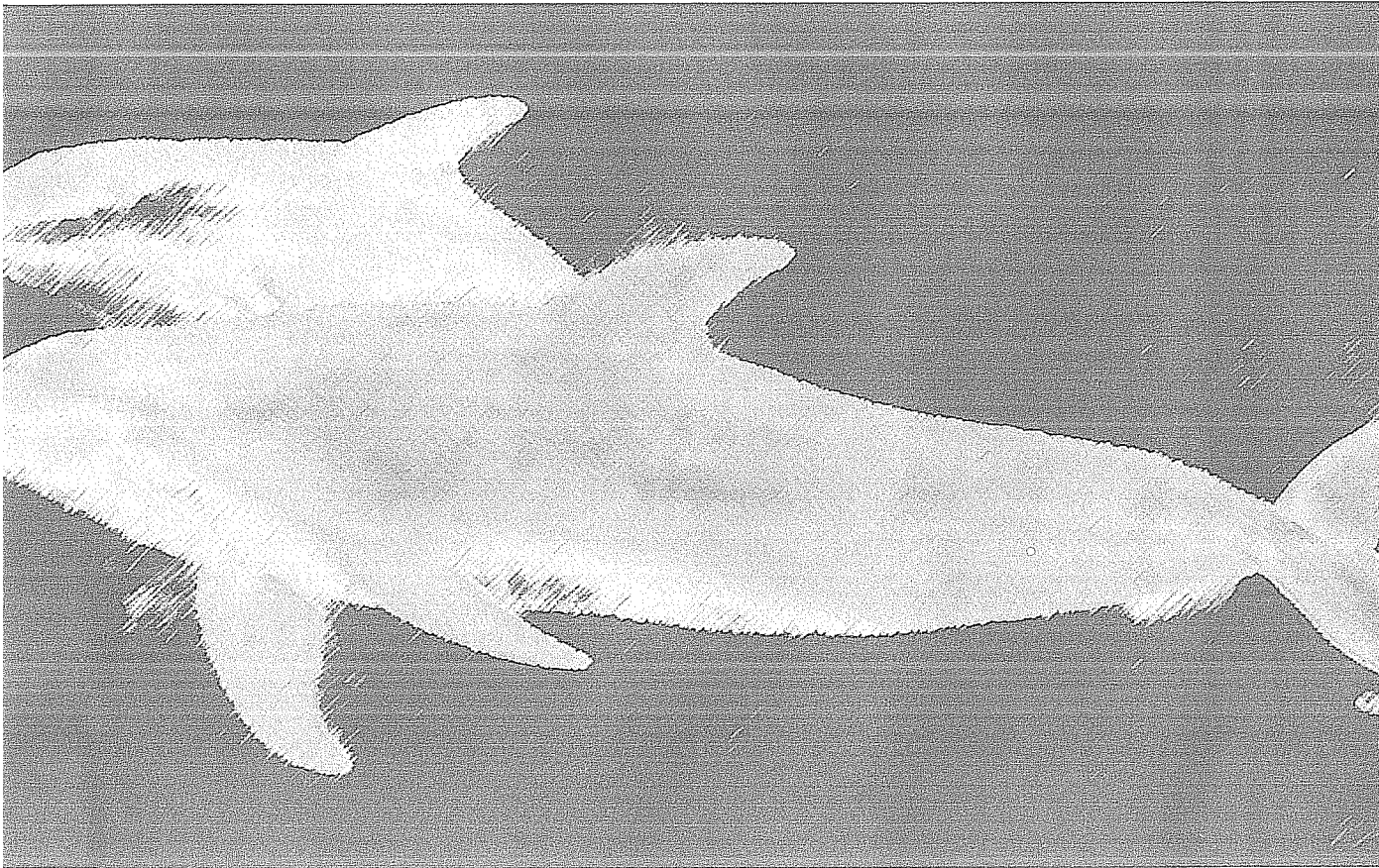
Dissertação apresentada no âmbito do MESTRADO EM ETOLOGIA (Edição 1998/2000)

sob a orientação do Prof. Dr. Manuel E. dos Santos

Trabalho elaborado no âmbito da Bolsa de Mestrado atribuída pelo Programa Praxis XXI  
da Fundação para a Ciência e a Tecnologia

1120  
2400  
2440

DM  
BRIT/C.



ISPA Instituto Superior de Psicologia Aplicada  
Centro de Documentação  
Registo: 14535  
Data: 20/11/2003  
Tel.: 21 881 17 50 • bibispa@ispa.pt

As fotografias apresentadas neste trabalho pertencem ao espólio do Projecto Delfim.

Capa da autora (Trabalho realizado em computador sobre um desenho a grafite).



## ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	iii
<b><i>I - INTRODUÇÃO</i></b>	<b>1</b>
<hr/>	
<b>1. Apresentação</b>	<b>1</b>
<b>2. Golfinhos-roazes, <i>Tursiops truncatus</i></b>	<b>2</b>
2.1. A biologia	2
2.2. O comportamento	4
2.3. Os sistemas sensoriais	8
2.4. A população residente de golfinhos-roazes	11
<b>3. Os sons</b>	<b>12</b>
3.1. Produção e recepção de sons	12
3.2. Repertório acústico dos odontocetos	13
3.3. Sons dos golfinhos-roazes do Sado	25
3.4. Outros sons subaquáticos no estuário	28
<b>4. A visão</b>	<b>30</b>
4.1. A importância da visão nos odontocetos	30
4.2. As funções ecológicas da visão	31
4.3. Usar a visão no estuário do Sado	34
<b>5. Objectivos</b>	<b>35</b>
<b><i>II - MÉTODOS</i></b>	<b>37</b>
<hr/>	
<b>6. A área de estudo</b>	<b>37</b>
<b>7. Metodologia</b>	<b>38</b>
7.1. As saídas de campo	38
7.2. O registo dos dados	41
7.3. A análise dos dados	49

<b>III - RESULTADOS</b>	54
<b>8. O meio dos golfinhos-roazes</b>	54
8.1. As zonas do estuário	54
8.2. A visibilidade	55
8.3. O ambiente acústico subaquático	57
8.4. As actividades comportamentais	59
8.5. O tamanho dos grupos	61
<b>9. Os golfinhos-roazes e os seus sons</b>	63
9.1. As diferentes unidades de vocalização	63
9.2. Os sons e as variáveis ecológicas	65
9.3. Os sons e as variáveis comportamentais	69
9.4. As actividades e as variáveis ecológicas	73
<b>IV - DISCUSSÃO</b>	76
<b>10. Discussão geral</b>	76
10.1. Caracterização das zonas do estuário	76
10.2. Ocorrência das actividades dos golfinhos	77
10.3. Ocorrência dos sinais acústicos dos golfinhos	79
<b>11. Considerações finais</b>	83
11.1. Limitações do trabalho	83
11.2. Os resultados obtidos e as perspectivas futuras	84
<b>V - BIBLIOGRAFIA</b>	87

## **ANEXOS**

## *AGRADECIMENTOS*

Ao Prof. Dr. Manuel Eduardo dos Santos, por se ter tornado imprescindível no desenrolar de diversas etapas da minha vida e me ter incentivado a realizar mais uma fase académica com o Mestrado de Etologia. Mas especialmente, por ser um grande Professor.

A todos os professores, estagiários, investigadores e colegas da Unidade de Investigação em Eco-Etologia, pois foram a base para o desenvolvimento de toda a minha aprendizagem ao longo deste mestrado.

Ao Projecto Delfim, e a todos os elementos do “Núcleo Duro” da nossa associação, que desde o início dos inícios têm sido uma inspiração. Pela ajuda logística e financeira, pelas discussões, pelas ideias e pelas fortes convicções.

Ao Club Naval Setubalense pelo apoio durante o trabalho de campo. Em especial ao Sr. Aníbal que, apesar de não se convencer que mulheres sabem conduzir barcos, sempre nos socorreu perante as dificuldades náuticas.

Ao Pedro Narra da Vertigem Azul, pela ajuda na localização dos golfinhos, por compreender o nosso trabalho e respeitar a recolha dos dados.

Às minhas queridas companheiras de rio, Inês, Sónia e Sílvia, com quem partilhei as longas horas sobre (e algumas sob!) as águas do estuário, por tão bem nos termos entendido no apertado espaço da Blimunda, a nossa “sete-luas”.

Aos outros participantes nas saídas de mar, Manuel Eduardo, Miguel, João, Ana Teresa e Inês Louro, cuja presença e colaboração é sempre importante nos dias passados no Sado.

Ao Miguel, porque a sua amizade se tornou fundamental. À Rute, por ser uma excelente “chefe” e amiga. Ao Ferna, por ser o meu melhor (e único!) cunhado.

Ao João, por tão serenamente me compreender e aceitar... A mim, e aos problemas dos golfinhos, e à complexidade da bio-acústica, e à minha impaciência perante os problemas informáticos.

À minha pequena grande família, Fofa Susana, Mãe Nazaré, Avó Orlanda e Avô Jeremias, pelo apoio constante e incondicional, pelas críticas que me tornam melhor e pelo amor em tempo de guerra...

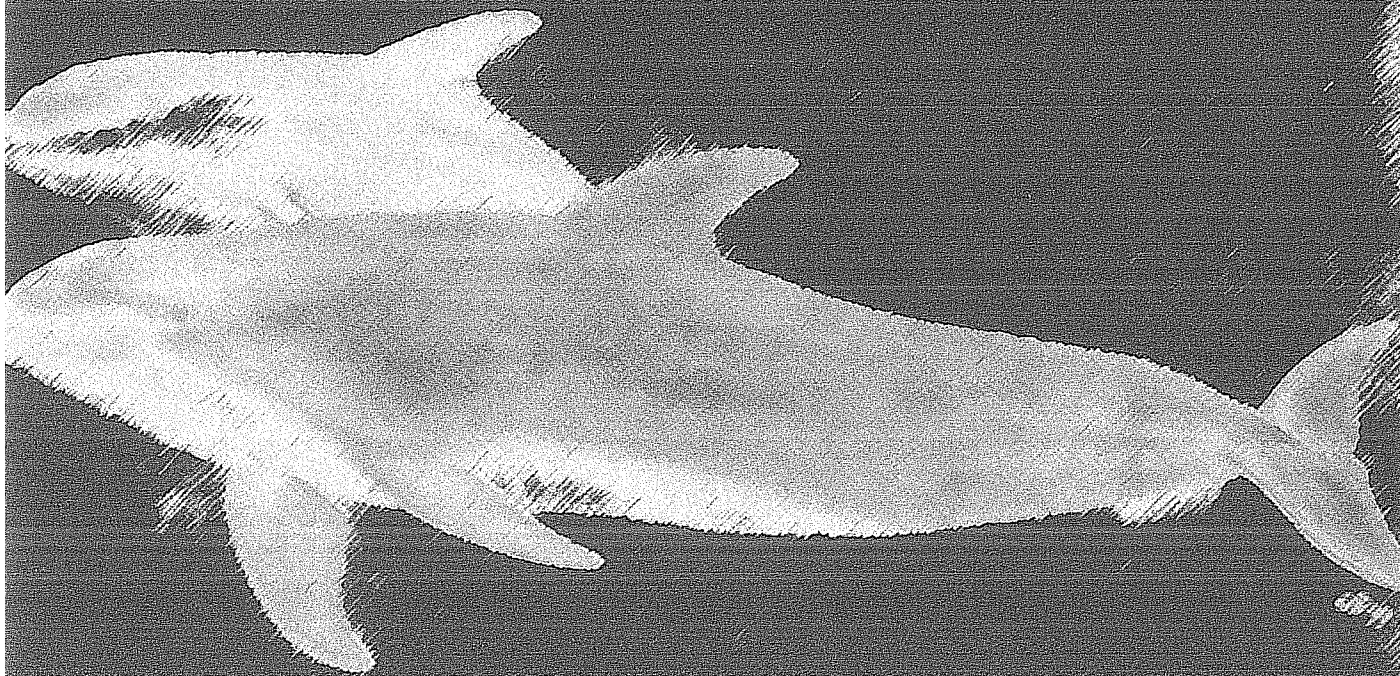
A todos, muito obrigada.

## RESUMO

Neste trabalho pretendeu-se estudar a possível influência de factores ecológicos e comportamentais nas emissões acústicas da população residente de golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*) no estuário do Sado. Há vários anos que esta população tem vindo a ser estudada por diversos investigadores e a sua situação actual justifica a continuação e o aprofundar de questões levantadas em trabalhos anteriores. Neste sentido, foram registadas, para além das vocalizações dos golfinhos, variáveis ecológicas (local do estuário, visibilidade da água, ruído subaquático de origem naval e/ou industrial e sons emitidos por peixes) e variáveis comportamentais (tamanho do grupo e principal actividade comportamental apresentada pelos golfinhos). Ao caracterizar as diversas zonas do estuário, observou-se que a zona baixa, comparativamente com a zona interior, apresenta uma visibilidade média superior e uma ocorrência maior do que seria de esperar de ruído subaquático de origem naval e/ou industrial, enquanto que os sons de peixes ocorrem independentemente da zona em questão. Em relação aos comportamentos dos golfinhos, os resultados obtidos parecem confirmar que na zona baixa se desenvolvem actividades alimentares sem, no entanto, surgirem episódios de interacção social entre os animais. A maior ocorrência de ruído revela que esta zona sofre um maior impacto da ocupação humana, observando-se, especialmente na época balnear, um elevado número de embarcações de recreio que se movimentam sem qualquer restrição e este facto poderá afectar o comportamento apresentado pelos animais. Apesar disto, os resultados revelaram que as actividades comportamentais dos golfinhos surgem sem qualquer relação de dependência com o ruído subaquático naval e/ou industrial, nem com os sons de peixes. No entanto, seria de esperar que na presença de sons de peixes surgissem comportamentos de natureza alimentar e que na presença de ruído ocorresse uma diminuição das interacções sociais. Quanto à visibilidade, parece existir uma certa tendência para que, com a diminuição da visibilidade da água, surjam actividades alimentares acompanhadas de agitação à superfície. Uma eventual explicação para este facto é a necessidade de coordenação de movimentos em períodos alimentares. Quanto à ocorrência dos sinais acústicos, os resultados mostraram não existir qualquer relação entre as diversas vocalizações e as variáveis ecológicas que as poderiam afectar.

Surge apenas uma tendência que indica que com a diminuição da visibilidade da água poderá haver um aumento da ocorrência dos trens de estalidos. Este seria o resultado esperado pois, à medida que aumenta a visibilidade subaquática, os animais deixariam de usar o seu sistema de ecolocalização, passando a confiar na visão para se orientarem e capturarem as suas presas. Ao relacionar os sons com as actividades dos golfinhos, verificou-se que a ocorrência das vocalizações depende da actividade comportamental predominante. Quanto aos assobios, observou-se que este tipo de vocalização surge mais vezes em momentos de interacções sociais comparativamente com momentos de deslocação simples. Relativamente aos outros sons pulsados, estes surgem mais frequentemente nas actividades em que predomina a interacção entre os elementos do grupo, possuindo ou não uma vertente alimentar. Observou-se que nas situações em que todo o grupo mostra algum tipo de agitação à superfície existem números elevados de emissões diversas. Pelo contrário, nas situações de deslocação, em que os animais se mostram calmos, é mais provável verificarem-se níveis baixos de emissões acústicas.

# INTRODUÇÃO



# I - INTRODUÇÃO

## 1 - Apresentação

O golfinho-roaz, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), é uma das espécies mais abordadas nos vários domínios que envolvem o estudo científico dos cetáceos, devido à sua ampla distribuição e à existência de populações residentes em zonas costeiras de várias partes do mundo. Estes factores permitem um acesso relativamente fácil aos seus *habitats*, pelo que, nas últimas décadas, têm sido desenvolvidas investigações sobre diversos aspectos da biologia dos golfinhos-roazes, incluindo o estudo dos seus mecanismos de comunicação intraespecífica.

Descrições qualitativas dos comportamentos dos animais e das vocalizações que lhes estão associadas foram referenciadas pela primeira vez nos anos 40, para animais em cativeiro (e.g. McBride & Hebb, 1948; Tavalga & Essapian, 1957). Mais recentemente, têm sido usadas medidas quantitativas em estudos de várias espécies de delfínidos na natureza (e.g. dos Santos *et al.*, 1990; Norris *et al.*, 1994; Schultz *et al.*, 1995). No entanto, as associações das vocalizações aos comportamentos subaquáticos de golfinhos selvagens continuam a ser esporádicas, pois estas observações revelaram ser de difícil concretização. Nos estudos em meios naturais, normalmente, há escassez de informação sobre a relação entre as suas emissões acústicas e quaisquer variáveis biológicas, contextos comportamentais ou motivacionais, devido à falta de acesso aos animais debaixo de água e à falta de conhecimentos sobre a sua história vital, sexo e relações sociais (Herzing, 1996).

Este trabalho surge no seguimento do estudo realizado por dos Santos (1998), tentando uma abordagem ligeiramente diferente aos temas abordados por este autor. Será possível perceber que diversas considerações metodológicas têm como base este estudo e embora surjam aspectos semelhantes, estes apresentam a vantagem de possibilitar uma comparação quase directa com os resultados anteriormente obtidos. No entanto, é de referir que foram pesquisadas novas questões, nomeadamente a relação entre a visibilidade subaquática e os sons emitidos pelos golfinhos-roazes, tema nunca antes estudado.

## 2 - Golfinhos-roazes, *Tursiops truncatus*

### 2.1. A biologia

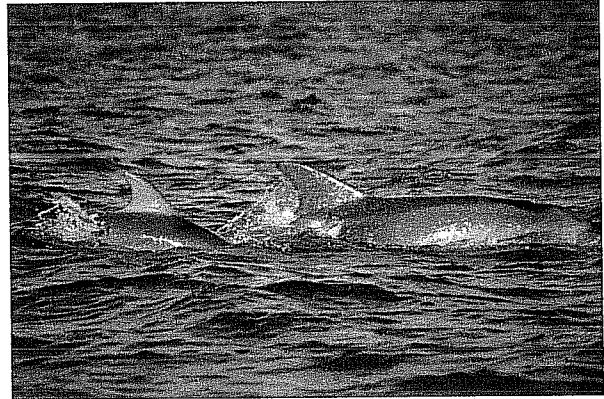
Estudos sobre a sistemática dos golfinhos-roazes, realizados em várias zonas da sua área de distribuição, revelaram que populações de diferentes áreas apresentam uma morfologia bastante diferentes, especialmente em relação ao seu tamanho (Reynolds *et al.*, 2000). Até há relativamente pouco tempo atrás pensava-se que, apesar de existir uma razoável variabilidade morfológica e fisiológica do género *Tursiops*, os golfinhos-roazes constituem uma única espécie (Leatherwood & Reeves, 1983; Jefferson *et al.*, 1993). Recentemente, cientistas têm estudado o genoma mitocondrial de espécimens de golfinhos-roazes de todas as suas áreas de distribuição e sugerem a existência de duas espécies distintas deste género, *T. truncatus* e *T. aduncus* (Reynolds *et al.*, 2000; Möller & Beheregaray, 2001).

A classificação taxonómica do golfinho-roaz que se encontra no estuário do Sado é a seguinte : Filo Chordata; Subfilo Vertebrata; Classe Mammalia; Subclasse Eutheria; Ordem Cetacea Brisson, 1762; Subordem Odontoceti Flower, 1867; Família Delphinidae Gray, 1821; Subfamília Delphininae (Gray, 1821) Flower, 1867; Género *Tursiops* Gervais, 1855; Espécie *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821).

Os golfinhos-roazes estão bem adaptados a uma vida exclusivamente aquática. Apresentam um corpo de aspecto alongado e fusiforme, que lhes permite um maior hidrodinamismo e facilita a sua deslocação, resultante dos movimentos verticais da barbatana caudal. Ao longo da evolução os membros anteriores transformaram-se em barbatanas peitorais, que permitem o equilíbrio do animal em movimento, e os membros posteriores ficaram reduzidos a pequenos ossos alojados na massa muscular. O orifício respiratório - o espiráculo - migrou para o topo da cabeça o que facilita a respiração enquanto nadam à superfície (Evans, 1987).

A adaptação à vida aquática implicou modificações da anatomia externa dos cetáceos, incluindo os órgãos genitais (Bryden, 1989), de modo a reduzir o atrito entre a água e o corpo dos animais. Os órgãos genitais dos machos encontram-se alojados na fenda genital anterior, excepto em períodos de erecção, e as glândulas

alojados na fenda genital anterior, excepto em períodos de erecção, e as glândulas mamárias das fêmeas encontram-se igualmente retraídas, em duas fendas na zona abdominal (Evans, 1987), pelo que nesta espécie o dimorfismo sexual é praticamente imperceptível. A maturação sexual nos machos é atingida entre os 10 e os 13 anos e nas fêmeas entre os 7 e os 12 anos (Sergeant *et al.*, 1973). As fêmeas dão à luz uma única cria com intervalos de 2 ou 3 anos e o período de gestação dura cerca de 12 meses (McBride & Kritzler, 1951). O aleitamento da cria dura aproximadamente 18 meses, embora a partir dos 6 meses de idade esta comece a ingerir alimento sólido, oferecido pela progenitora (Leatherwood, 1977). Durante este período de transição alimentar a cria vai adquirindo os comportamentos necessários à captura de presas, nomeadamente as capacidades de detecção acústica (dos Santos, 1998).



Entre os delfinídeos, considera-se que os golfinhos-roazes apresentam dimensões médias, com um comprimento máximo conhecido de cerca de 4 m nos machos e 3,6 m nas fêmeas (Reiner, 1981) e com um peso máximo que ronda os 600 Kg, podendo existir diferenciações populacionais (dos Santos, 1998). A sua coloração é difícil de precisar, pois pode variar entre indivíduos e entre populações (dos Santos, 1985), mas tipicamente apresentam a zona dorsal cinzenta passando de forma gradual para uma coloração desde branco até rosa escuro na zona ventral, maxilar inferior e anal (Leatherwood & Reeves, 1983). Esta é uma espécie com uma morfologia pouco especializada, podendo ser considerada como representativa da sua família taxonómica.

O golfinho-roaz é um predador generalista, com uma alimentação flexível bem aparente na diversidade de técnicas alimentares por eles apresentadas. Alimentam-se de uma grande variedade de peixes, cefalópodes e crustáceos, embora seja frequente que um número reduzido de presas represente uma percentagem elevada da constituição alimentar de determinada população (Cockcroft & Ross, 1990).

Relativamente à sua distribuição mundial, é considerada uma espécie cosmopolita que pode ser encontrada em águas tropicais e temperadas de todos os oceanos, evitando apenas as latitudes mais elevadas. Ao contrário de outras espécies de delfínidos que geralmente evitam as costas e exibem sinais de profunda desadaptação quando se encontram em águas confinadas, estão bem adaptados à vida em águas costeiras (Leatherwood & Reeves, 1983). Muitas populações que ocupam de forma sedentária zonas costeiras mostram uma razoável tolerância à acção humana, conseguindo mesmo sobreviver em zonas portuárias poluídas (e.g. Busnel, 1973; Pryor *et al.*, 1990).



O golfinho-roaz distribui-se ao largo de toda a costa continental portuguesa, bem como nos Arquipélagos da Madeira e dos Açores, sendo neste último também conhecido pelo nome de *traçado* (Reiner, 1981). No Estuário do Sado vive de forma permanente uma população de golfinhos-roazes, o que faz desta região um local privilegiado para o estudo desta espécie, pois constitui um dos poucos exemplos de populações costeiras residentes na Europa.

## 2.2. O comportamento

Os golfinhos-roazes vivem em sociedades flexíveis de  *fusão-fissão* de unidades sociais, estabelecendo afiliações de longo termo entre grupos de indivíduos e apresentando uma organização social de estrutura principalmente matrilinear (Scott *et al.*, 1990).

O tamanho do grupo e a sua estrutura são determinados por um conjunto de factores, como o tipo de alimentação, a necessidade de detectar predadores e presas, interacções sociais e sexuais e o cuidado dos juvenis (Würsig, 1989). Na natureza, os machos sub-adultos são segregados do grupo dos machos adultos, deslocando-se

sozinhos ou por entre grupos de fêmeas e crias (Evans, 1987). As crias à medida que crescem vão formando grupos separados de sub-adultos de ambos os sexos; não sendo claro o mecanismo que leva as crias a separarem-se das progenitoras, poderá estar relacionado com o nascimento de novas crias (Wells, 1990). Nos grupos de sub-adultos encontram-se mais machos do que fêmeas, porque estas terão tendência a regressar ainda sub-adultas aos grupos das mães, reforçando as linhagens matrilineares (dos Santos, 1998). As ligações entre pares de machos adultos são fortes e duradouras, sendo notório o elevado número de comportamentos de cooperação que expressam ao longo das suas associações (Wells, 1990). Esta hierarquia não determina rigidamente a ordem de acesso ao alimento, o qual é frequentemente capturado de modo cooperativo e rotativo. O tipo de alimentação e a estratégia de captura são factores que determinam o tamanho (e provavelmente a composição) dos



sub-grupos de golfinhos-roazes (Würsig, 1989). Pensa-se que estas hierarquias tenham como uma das suas importantes funções permitir uma rápida organização do grupo em situações de perigo, conduzindo fêmeas mais pequenas e juvenis para o centro do grupo (Norris & Dohl, 1980).

Os golfinhos-roazes empregam diversas técnicas para a captura das suas presas, dependendo do seu *habitat*, da dinâmica do grupo ou do tipo de presas. Na realidade, os recursos alimentares disponíveis condicionam fortemente a estratégia utilizada na alimentação (Reynolds, *et al.*, 2001). Normalmente estas estratégias requerem um elevado nível de cooperação e sincronia entre os indivíduos num grupo. Alguns animais simplesmente perseguem as suas presas, o que pode levar a que estas sejam conduzidas para outros animais que estão à espera (Irvine *et al.*, 1981). Outros animais, podem utilizar barreiras para capturar os peixes formando um semi-círculo à volta de um cardume, podendo a superfície da água ou uma margem constituir uma eficaz barreira (Wells *et al.*, 1999). O ecossistema e o tipo de presas influencia bastante o modo como estas são capturadas, e estas informações são muito importantes para perceber os comportamentos que estão associados à

alimentação. De todas as variáveis envolvidas, provavelmente a mais relevante seja a caracterização física do ambiente em que os animais se estão a alimentar (Reynolds, *et al.*, 2001).

O comportamento agonístico, definido como uma agressão direccionada a outro indivíduo (inter ou intra-especificamente), tem um papel importante quando inserido num contexto social (Evans, 1987), como na manutenção da hierarquia de dominância no grupo. Em situações de agressividade, os golfinhos podem bater com a mandíbula, com o pedúnculo caudal ou mesmo morder outros indivíduos, sendo frequente observar marcas no corpo dos animais. Estes comportamentos agressivos parecem desenvolver-se com a maturação dos golfinhos, talvez como resposta ao aumento das pressões biológicas e sociais para a manutenção de espaço e de posição no grupo, ou para ganhar acesso a recursos limitativos (Herman & Tavolga, 1980). As relações de dominância, ou mesmo uma agressão simples, são também uma parte importante do comportamento alimentar. Nestas situações, um golfinho-roaz macho pode expressar a sua dominância através de certas acções, como um batimento caudal na superfície da água (Würsig & Würsig, 1979).

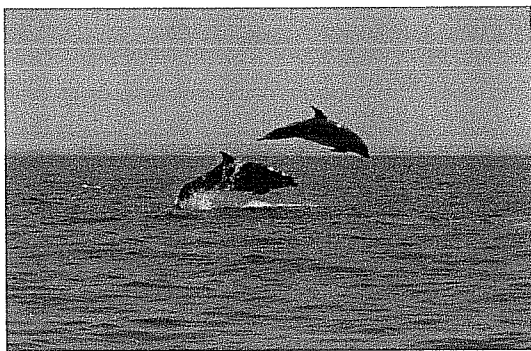
O comportamento de jogo, é registado com maior frequência em indivíduos jovens, uma vez que a sua principal função parece ser a aprendizagem de vários comportamentos importantes, apesar de poder continuar ao longo de toda a vida dos animais (Caldwell & Caldwell, 1972; Evans, 1987). É frequente serem observados saltos aéreos e batimentos na superfície da água com diversas partes do corpo. Estas acções, praticadas fora de um contexto de caça e de defesa contra predadores, poderão apresentar funções de comunicação (Würsig, 1979). A outros comportamentos observados em golfinhos selvagens como *surf* nas ondas, sejam estas de origem natural ou provocadas por embarcações, é igualmente atribuída uma função de brincadeira.



O comportamento epimelético consiste na prestação altruísta de cuidados direccionados a um indivíduo que deles necessite (Scott, 1958 in Chirigin, 1987). É principalmente observado em fêmeas sub-adultas ou adultas, com ou sem crias, podendo prolongar-se ao longo do tempo (Wells *et al.*, 1980). Fêmeas que não estejam prenhes podem assistir a partos, protegendo a mãe de ataques de predadores ou de serem importunadas por machos adultos (Herman & Tavolga, 1980). Este tipo de comportamento emerge apenas em grupos de indivíduos que apresentam inter-relações complexas e pode surgir tanto no meio natural como em meios artificiais (Bel'kovich *et al.*, 1970; Fertl & Schiro, 1994). As ocorrências de transporte de crias mortas, referidas na literatura, parecem ser um mau uso da resposta adaptativa que é o apoio a conspecificos aparentados em dificuldades (Harzen & dos Santos, 1992).

Os cuidados parentais são assumidos pela mãe, e os laços criados entre esta e a cria podem durar vários anos (Herman & Tavolga, 1980). Durante os primeiros tempos de vida da cria, esta mantém-se próxima da mãe, posicionando-se acima e de um dos lados do seu corpo, de modo a deslocar-se na onda gerada pela natação da progenitora, o que lhe permite poupar energia. Estão igualmente mencionados, tanto em cativeiro (Tavolga, 1966) como na natureza (dos Santos & Lacerda, 1987), comportamentos de castigo direccionados para a cria.

Os comportamentos sexuais nos golfinhos-roazes estabelecem-se entre diferentes indivíduos do grupo, tendo sido sugerida a existência de poliginia nesta espécie (Würsig, 1989). Os comportamentos de cortejamento envolvem sequências de perseguições e saltos, havendo também contacto das barbatanas peitorais e toques

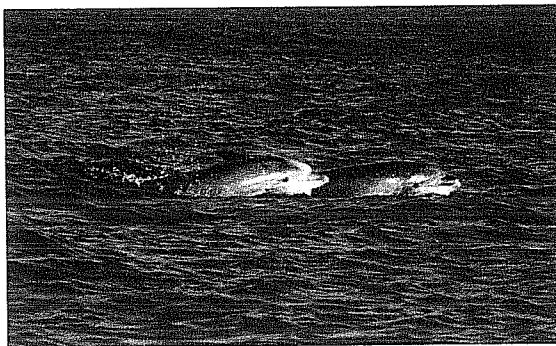


entre várias partes do corpo do outro golfinho (Evans, 1987). O cortejamento nem sempre antecede o acasalamento, que pode ocorrer entre indivíduos de várias idades e durante todo o ano, embora períodos de maior número de nascimentos correspondam a picos de actividade sexual (Leatherwood, 1977). A frequência de ocorrência de comportamentos homossexuais e masturbatórios parece ser superior em indivíduos em cativeiro, provavelmente devido à maior disponibilidade de tempo e porque os

animais estão mais relaxados ou entediados (Bel'kovich *et al.*, 1970; Caldwell & Caldwell, 1972; Galhardo, 1993).

### 2.3. Os sistemas sensoriais

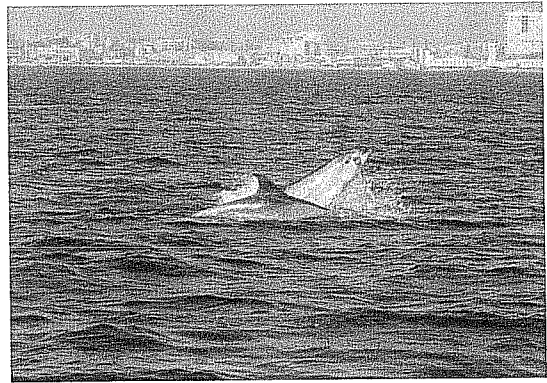
O comportamento permite que os animais interajam e sobrevivam no seu meio ambiente e, nos cetáceos, os sistemas sensoriais existem para que os comportamentos se realizem. Segundo Pryor (1990), pode dizer-se que os cetáceos vivem em dois mundos, o universo físico da água e do ar e o universo social dos outros golfinhos à sua volta, nos quais os sistemas sensoriais se revelam de extrema importância. No mundo físico, os sentidos são usados na locomoção, na alimentação e em todas as outras actividades necessárias ao seu equilíbrio, enquanto que no seu mundo social os sentidos servem a comunicação. Portanto, os sistemas sensoriais funcionam para monitorizar eventos relevantes para o bem-estar e o sucesso do animal (Herman, 1990), já que a integração sensorial não apenas fornece uma maior informação ambiental, como também liberta o indivíduo para outras actividades dentro do



grupo. Assim, para além da sua sensibilidade ao mundo envolvente, os golfinhos podem desempenhar livremente comportamentos sociais e sexuais, realizar saltos e outras brincadeira e interagir de diversos modos (Norris & Dohl, 1980).

Os golfinhos são tipicamente referidos como especialistas acústicos, devido ao extraordinário desenvolvimento dos sistemas auditivo e de produção de som e também às características do meio aquático que favorecem o som como meio de troca de informação (Popper, 1980; Herman & Tavolga, 1980). No entanto, os odontocetos possuem outros sistemas sensoriais que lhes permitem perceber o mundo, contribuem para a sua grande capacidade comunicativa e suportam diversas funções biológicas vitais à sua sobrevivência. Um determinado canal de comunicação pode ser usado por uma espécie se o emissor produzir energia suficiente nesse canal e se o receptor possuir capacidades para detectar essas alterações energéticas como sinais.

São de referir, para além do sistema acústico, o sistema visual, o canal químico e o tacto, como outros canais de comunicação relevantes para a vida dos golfinhos e com influência na sua interacção com o ambiente ecológico e social que os rodeia (Dawson, 1980; Herman & Tavolga, 1980).



Está hoje estabelecido que o golfinho-roaz tem uma excelente acuidade visual, tanto dentro como fora de água, detectando brilhos e movimentos (Herman & Tavolga, 1980) e mostrando facilidade em avaliar distâncias (Mobley & Helweg, 1990). Por outro lado, existem estudos anatómicos do tegumento dos cetáceos e estudos de respostas comportamentais a estímulos tácteis, que apoiam a ideia de que os cetáceos possuem uma elevada sensibilidade cutânea (Herman & Tavolga, 1980; Wells *et al.*, 1980; Pryor, 1990a). Nalguns casos, um sinal visual pode anteceder um contacto táctil, os quais desempenham um papel importante na vida social dos golfinhos, constituindo um canal de comunicação fundamental entre animais que se encontrem a curtas distâncias (dos Santos, 1998).

Segundo alguns autores, os golfinhos são completamente anosmáticos (carecem de olfacto), supondo-se que durante o processo evolutivo, o olfacto tenha cedido a pressões a nível respiratório (Caldwell & Caldwell, 1977; Bryden, 1989). Pensa-se ainda que o desenvolvimento dos mecanismos de produção de sons teria sido privilegiado, pois a geração de sinais de sonar seria mais importante na vida aquática do que a detecção de moléculas dispersas no ar (dos Santos, 1998). Os receptores do olfacto e do paladar, tal como os conhecemos nos mamíferos terrestres, estão ausentes no golfinho adulto, embora as papilas gustativas da língua ainda existam no feto e no recém-nascido; apesar disto, desenvolveram um apurado sentido de percepção química que assegura as funções gustativas do paladar e as funções comunicativas e exploratórias do olfacto (Kuznetzov, 1990).

A utilização do canal acústico é particularmente importante para animais bastante móveis como os cetáceos, especialmente quando indivíduos que partilham laços

podem estar separados por vários quilómetros (Connor *et al.*, 1998). O sistema auditivo dos golfinhos é o mais especializado de todos os sistemas sensoriais e constitui para estes animais o principal modo de obter informações sobre o meio. Este sistema apresenta um número de adaptações morfológicas à vida aquática, que permitiram o incremento das capacidades de detecção do som na água e a recepção e processamento de sinais de alta frequência (Popper, 1980).

É ainda de referir que, nalguns casos, os sistemas sensoriais também funcionam como uma interface entre o mundo real e os centros cognitivos superiores que lidam com as abstrações, o conhecimento, as generalizações e as representações. É sem dúvida importante distinguir estes dois aspectos - o puramente biológico e o cognitivo - já que separam um sistema relativamente rígido de um mais aberto e flexível. Existe uma diferença, por exemplo, entre ver um peixe e então iniciar uma estratégia de captura, e ver uma cena de televisão de um peixe a ser capturado e reconhecer isto como uma representação de um evento do mundo real (Herman, 1990).

No estuário do Sado, ainda não é possível realizar estudos sobre os aspectos cognitivos associados aos sistemas sensoriais dos golfinhos. No entanto, é possível investigar alguns destes sistemas do ponto de vista biológico e ecológico. De modo a otimizar a sua alimentação, a sua reprodução e a evitar os predadores, os golfinhos-roazes usam os seus sistemas sensoriais para recolher informações, disponíveis no meio ambiente, principalmente, sob a forma de estímulos sonoros e luminosos.



É neste sentido que este trabalho foi realizado: como uma contribuição para a compreensão do modo como os golfinhos-roazes usam os canais auditivo e visual, e como esses aspectos do seu ambiente influenciam as suas actividades.

#### 2.4. *A população residente de golfinhos-roazes*

A população residente de golfinhos-roazes no Sado é uma das poucas populações com estas características ainda existente na Europa. A presença desta espécie no estuário do Sado, durante todo o ano, apenas foi comprovada por Reiner (1980) e por Teixeira (1980). No entanto, em 1863, a espécie foi identificada no Sado pelo naturalista Barbosa de Bocage, sendo que só a partir dos anos oitenta é que se começaram a fazer observações, contagens e a catalogar os animais (dos Santos, 1998). Naquela altura foram identificados cerca de 40 animais diferentes e desde então a população tem sido acompanhada por vários investigadores. Ao longo dos anos, os registos têm apontado para uma diminuição progressiva desta população, de tal modo que hoje o efectivo da população é estimado em 31 animais (Raquel Gaspar, comunicação pessoal).



Entre os anos de 1986 e 1994 foi registada a presença de 16 crias, das quais apenas duas se mantêm na população actual. Verifica-se que, apesar de todos os anos nascerem crias, muito poucas conseguem sobreviver até à idade reprodutora, existindo actualmente apenas 5 crias e 3 juvenis. A grande parte da população é constituída por animais adultos, estimando-se que 21 adultos têm uma idade compreendida entre os 20 e os 30 anos, considerando já tinham sido identificados em 1986 e admitindo que alguns destes já teriam pelo menos 10 anos de idade. Esta é uma população com um efectivo reduzido e com taxas de natalidade bastante inferiores às de outras populações conhecidas (Moray Firth e Sarasota). Encontra-se, portanto, particularmente vulnerável visto que o limiar de longevidade e de reprodução nesta espécie é em média de 40 anos. Assim, se este nível de insucesso no recrutamento se mantiver, a população de golfinhos-roazes do Sado extinguir-se-á dentro de poucos anos (Raquel Gaspar, comunicação pessoal).

### 3 – Os sons

#### 3.1. *Produção e recepção dos sons*

O sistema auditivo dos cetáceos está muito modificado, verificando-se que todas as suas características se desenvolveram no sentido da sua adaptação ao ambiente aquático. É de referir, por exemplo, a ausência de partes protuberantes associadas aos ouvidos externos, o que é fundamental para garantir o mínimo de atrito entre o corpo do animal e a água durante as deslocações (Au, 1993).

Os golfinhos são capazes de produzir uma grande variedade de sons subaquáticos, com uma gama de frequências muito ampla. Os mecanismos de produção de vocalizações pelos cetáceos em geral envolvem a movimentação de ar no interior do corpo dos animais durante as emissões e parecem existir pelo menos dois geradores independentes (Cranford *et al.*, 1996). Presentemente, as evidências científicas apoiam a teoria de que os sinais são produzidos no interior do crânio, na proximidade das passagens nasais, pela circulação forçada de ar entre os vários sacos ou bolsas nasais, fazendo vibrar uma estrutura labiada denominada *museau de singe* (Norris, 1969; Hollien *et al.*, 1976; Mackay & Liaw, 1981; Amundin, 1991; Cranford *et al.*, 1996). Como existem dois sistemas de sacos nasais, será possível aos animais produzir em simultâneo dois sons diferentes, como um trem de estalidos e um assobio, pela utilização diferenciada dos dois sistemas (Dormer, 1979). Antes de passarem da cabeça do animal para a água, os sinais poderão ser focalizados pelos tecidos esponjosos da fronte, que funcionará como uma “lente acústica” (dos Santos, 1998).

Em termos de recepção dos sons, é considerada a existência de vias efectoras especializadas em termos das frequências acústicas baixas e altas, mas os mecanismos anatómico-fisiológicos ainda não estão esclarecidos em pormenor (dos Santos, 1998). A hipótese que mais apoio tem reunido, é a da condução do som pelo canal mandibular (Norris, 1968), uma vez que de cada lado da mandíbula existe uma região relativamente fina que está em íntimo contacto com um material lipídico de excelentes propriedades acústicas (Au, 1993). Brill *et al.* (1988) testaram as perdas de *performance* auditiva num animal vendado, durante tarefas de ecolocalização, com

várias partes da cabeça cobertas por um material acusticamente opaco (neoprene). A zona cuja cobertura mais prejudicava a audição do animal, fazendo-o mesmo tornar-se agressivo e recusar-se a realizar tarefas vendado era o maxilar inferior.

### *Sensibilidade e discriminação auditiva*

O golfinho-roaz é sensível a frequências desde 75 Hz até 150 kHz (Johnson, 1966, 1967a in Popper, 1980) (o limite superior de audição humana é da ordem de 16 a 20 kHz). Segundo Au (1993), a banda de frequências em que a audição do golfinho-roaz se deve considerar mais sensível situa-se entre os 15 e os 110 kHz, verificando-se uma sensibilidade máxima para frequências entre 65 e 70 kHz.

A discriminação de frequências pode ser de grande valor na comunicação entre os delfínídeos, permitindo reconhecer, por exemplo, as variantes dos assobios. Como foi sugerido por Norris (1969), um golfinho ao ecolocalizar, pode determinar o posicionamento do alvo pelas variações das intensidades obtidas, enquanto explora o meio. Além destas sensibilidades às variações espectrais e de intensidade, a capacidade de comparação temporal do sinal emitido com os seus ecos continua a ser o principal mecanismo de interpretação do sonar (Kamminga, 1982; Au, 1993). Os delfínídeos marinhos confrontam-se com uma elevada quantidade de ruídos no oceano, pelo que para ser possível a comunicação acústica e a ecolocalização têm de ser capazes de discriminar entre os seus próprios sinais, os dos seus conspecíficos, e o ruído ambiente.

### **3.2. Repertório acústico dos odontocetos**

Os odontocetos (subordem *Odontoceti*), ou baleias de dentes, entre os mamíferos e em conjunto com os elefantes e os primatas, formam um dos três picos que evoluíram independentemente em relação ao tamanho do cérebro (Connor *et al.*, 1998). Tal como estes dois grupos, os odontocetos possuem vidas sociais muito ricas formando, por vezes, grupos estáveis de tamanho variado, dentro dos quais os indivíduos interagem continuamente. Estes grupos mantêm-se com base num sistema de equilíbrio entre os fenómenos sociais e os ecológicos, pois determinados factores

promovem a coesão do grupo e outros conduzem ao afastamento dos animais. A integração social intrínseca aos grupos é mediada por diversos sistemas sensoriais, como a visão, a audição e talvez o paladar. No entanto, a audição é considerada particularmente importante pois os sons, produzidos pelos próprios animais ou por outras fontes no seu meio ambiente, garantem muitas das suas funções vitais. Assim, mergulhos em condições de fraca visibilidade, movimentos sincronizados de elementos do grupo, comportamentos alimentares, interacções agonísticas e sexuais, entre outras actividades sociais, são realizados através da produção de sons, da audição passiva e da ecolocalização (Norris & Dohl, 1980).

Os golfinhos podem produzir sons activamente, através de estruturas internas (sons vocais) ou, por exemplo, como o resultado do contacto entre o corpo do animal e a superfície da água (sons não-vocais). Na comunicação são usados os sinais vocais e os sinais não-vocais (Würsig, 1990). Também podem produzir sons passivos, que resultam da sua deslocação, de actividades alimentares ou de outras. Estes sons podem ser detectados por outros indivíduos, apesar de não possuírem valor comunicativo em sentido estrito (dos Santos, 1989).



Muitas espécies de odontocetos são bastante vocais quando em grupo, especialmente se existem interacções, e podem produzir assobios, sons pulsados ou ambos. Os sons dos odontocetos podem ser classificados em três categorias gerais, que descrevem a composição

espectral, a estrutura e o tipo do som (Popper, 1980; Richardson *et al.*, 1995; dos Santos, 1998):

- 1 - assobios, sons tonais de banda estreita;
- 2 - sons pulsados de banda larga e de curta duração usados na ecolocalização;
- 3 - outros sons pulsados, mais complexos e variáveis, com características acústicas distintas.

Os assobios contêm, tipicamente, a maior parte da sua energia abaixo dos 20 kHz e o seu padrão de frequência pode ser não-modulado ou modulado, e neste caso ser ascendente, descendente, ondulante ou apresentar os padrões mais distintos. Pode consistir num determinado padrão de frequência, que surge sozinho ou repetido ao longo do tempo; podem ser contínuos ou possuir um número variável de interrupções e segmentos num único assobio. Nas diversas espécies de odontocetos que assobiam, podem existir igualmente variações nos valores de frequência inicial, final, máxima e mínima, tal como na duração e nível de intensidade dos assobios (Richardson *et al.*, 1995). Os assobios, emissões totalmente audíveis e acusticamente simples, foram assinalados e descritos logo nos primeiros trabalhos sobre os sons dos golfinhos (e.g. Wood, 1953), tendo sido depressa associados à comunicação e ao contacto entre os indivíduos. Esta associação surge por ser notória a sua abundância em situações de excitação social e por várias características físicas dos assobios parecerem propícias à função comunicativa entre os animais (dos Santos, 1998).

A ecolocalização tem sido demonstrada em diversas espécies de odontocetos, e noutras conhecem-se sons semelhantes aos usados na ecolocalização embora esta nunca tenha sido provada. Ao ecolocalizar, os odontocetos produzem sons pulsados de elevada intensidade e frequência, direccionais e projectados para a frente da cabeça. No caso dos golfinhos-roazes, os impulsos de ecolocalização são emitidos numa gama larga de frequências, pelo que também possuem energia na banda audível pelo homem, de frequências mais baixas. Cada impulso é bastante curto, com uma duração típica de 50-200  $\mu$ s. Não em todos os casos, mas na sua maioria, os impulsos são suficientemente espaçados de modo que o eco do alvo seja recebido antes de ser produzido o impulso seguinte. Nas espécies melhor estudadas, a duração dos impulsos, a frequência, o intervalo entre impulsos e o nível de intensidade na fonte, são ajustados pelo animal de modo a obter uma *performance* otimizada face às condições de ruído ambiente, reverberação, distância e características do alvo. Na verdade, já muito se conhece sobre as capacidades de ecolocalização de golfinhos-roazes, belugas e falsas-orcas, mas as capacidades de outras espécies estão muito mal estudadas (Au, 1993).

A maioria dos odontocetos é constituída por espécies gregárias e, dependendo da espécie, frequentemente viajam e alimentam-se em grupos de três até várias centenas de indivíduos, pelo que as suas capacidades sensoriais altamente desenvolvidas são fundamentais para percepção do meio e dos outros indivíduos (Würsig, 1989). Um dos mais importantes e especializados processos sensoriais nos odontocetos é, precisamente, a ecolocalização, que lhes permite obter informação relevante sobre o meio, as presas e os predadores, e também sobre os seus companheiros.

Quando se estão a alimentar, os odontocetos por vezes cooperam para maximizar as oportunidades de captura das presas e torna-se evidente que esta coordenação é mediada por contacto acústico. De igual modo, existe evidência de que certos sons têm uma função de identificação individual, tendo sido encontrados sinais acústicos produzidos por indivíduos específicos. A maioria destes sinais são assobios, daí se ter chamada a esta hipótese, a teoria do assobio-assinatura, segundo a qual estes sinais identificam o seu emissor (Caldwell & Caldwell, 1965; Sayigh *et al.*, 1990; Janik *et al.*, 1994) No entanto, outros sons podem igualmente desempenhar a função de assinatura acústica. Por exemplo, os cachalotes podem usar os seus sons pulsados para identificação individual (Watkins & Schevill, 1977) e os sons pulsados de cada indivíduo num grupo de orcas também são distinguíveis (Ford, 1991). Apesar de alguns indivíduos produzirem sons que os identificam, para a maioria das espécies muito pouco se sabe sobre as suas funções e a sua persistência uma longo do tempo (Richardson *et al.*, 1995).

#### *Os outros sons pulsados*

Os outros sons pulsados, muitas vezes referidos como uma cacofonia ou miscelânea de sinais, são geralmente compostos por impulsos emitidos em rajadas curtas. Do ponto de vista acústico, estes sons têm frequentemente uma aparência tonal devido ao elevado ritmo de repetição dos impulsos e tendem a possuir a maior parte da energia abaixo dos 16 kHz, apresentando muitas vezes picos abaixo dos 1000 Hz. No entanto, os sons pulsados apresentam durações, conteúdos espectrais e aparências aurais muito variáveis (dos Santos, 1998), podendo muitas destas variáveis ser induzidas pelo estado emocional e fisiológico do animal que os emite (Caldwell & Caldwell, 1972).

A inexistência de uma separação clara entre os trens de estalidos de ecolocalização e todos os outros sons pulsados coloca um problema, tanto na identificação destes sinais, como na sua caracterização acústica e funcional. A continuidade na variação das taxas de repetição dos impulsos conduziu à descrição de sons que podem ter adquirido funções comunicativas, mas que constituem casos particulares dos trens de ecolocalização (dos Santos, 1998). À medida que um trem lento se transforma num som com a aparência de um rangido ou num zumbido, ou passa a assemelhar-se a um gemido, surgem dúvidas quanto às suas funções. Embora devam ser considerados como sinais de inspecção progressivamente mais detalhada dos objectos (Caldwell & Caldwell, 1967), por vezes surgem em contextos de interacções entre conspécíficos (Herzing, 1996).

Normalmente estão associados à expressão de emoções e à comunicação, embora alguns autores (Watkins & Wartzok, 1985) façam notar que a maioria destes sinais não parece possuir um significado específico. Isto porque ocorrem sons semelhantes durante uma grande variedade de comportamentos e, por outro lado, em sequências de actividades aparentemente semelhantes são produzidos sons muito diversos. Também Herzing (1996) considera que os sons pulsados, presentes em interacções intra- e inter-específicas, podem ser uma importante parte do repertório vocal de muitos odontocetos, mas que por vezes é sobrevalorizada. No entanto, são vários os investigadores que sugerem que os sons pulsados desempenham um papel fundamental na comunicação (Lilly & Miller, 1961a; Busnel & Dziedzic, 1966; Caldwell & Caldwell, 1977). As características direccionais de muitos sons pulsados, a relativa facilidade com que podem ser localizados, a sua variabilidade e, possivelmente, o poder com que podem ser produzidos, aumentam o seu potencial como sons comunicativos (Herman & Tavolga, 1980).

Ao fazer uma revisão dos sons pulsados dos odontocetos, deparamo-nos com uma enorme lista de sinais cujas denominações e descrições não estão uniformizadas, o que dificulta a compreensão da variedade de sons existentes. Tal como referem Connor e Smolker (1996): «Caldwell e Caldwell (1967) usam o termo *pop* para uma vocalização pulsada cuja descrição e sonograma indicam ser uma vocalização semelhante a um *crack*». Assim se percebe que, muitas vezes, as designações onomatopáicas destes sons não são as mais adequadas, acontecendo o mesmo com a

sua caracterização física e acústica. Ainda mais insuficientes são as correlações entre estas vocalizações e os comportamentos dos golfinhos, sobretudo em contextos naturais (dos Santos, 1998). De qualquer modo, e correndo o risco de existirem algumas sobreposições, de seguida apresentam-se 21 tipos de sinais pulsados descritos na literatura. Nesta lista incluem-se sons emitidos em cativeiro e no meio selvagem por diversas espécies, bem como a função ou o comportamento que lhes está associado (nos casos em que tal foi feito pelos autores referidos).

Tabela I – Lista dos diferentes sinais pulsados dos odontocetos.

<i>Sinais pulsados</i>	<i>Espécie</i>	<i>Situação associada</i>	<i>Referência</i>
<b>Buzz</b> - Zumbido -	<i>Tursiops truncatus</i>	Anti-predatória (encontro com tubarões)	Wood, 1953 Wood <i>et al.</i> , 1970
		Ameaça	Lilly & Miller, 1961
		Debilitar presas	Norris & Mohl, 1983
		Juntar o peixe	Hult, 1982
		Interacção social geral	Reiss, 1988
		Deslocação e socialização	Jacobs <i>et al.</i> , 1993
		Disciplina	Herzing, 1996
		-	Moore & Ridgway, 1996
	<i>Stenella frontalis</i>	Interacções entre conspecíficos (desde dor a prazer)	Johnson & Herzing, 1991 Overstrom, 1983
		Corte e disciplina	Herzing, 1996
	<i>Lagenorhynchus australis</i>	-	Schevill & Watkins, 1971
	<i>Inia geoffrensis</i>	Agonística	Caldwell & Caldwell, 1967
	<i>Orcaella brevirostris</i>	Alimentação	Van Parijs <i>et al.</i> , 2000

<b>Cry</b> - Choro -	<i>Tursiops truncatus</i>	-	Caldwell & Caldwell, 1967
		-	Moore & Ridgway, 1996
	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	-	Dziedzic & De Buffrenil, 1989
<b>Scream</b> - Grito -	<i>Delphinapterus leucas</i>	Pouco frequentes; não associados a uma actividade em particular	Sjare & Smith, 1986 (a,b)
	<i>Orcinus orca</i>		Schevill & Watkins, 1966
	<i>Stenella longirostris</i>		Norris <i>et al.</i> , 1994
<b>Squeal &amp; Squeak</b> - Guincho -	<i>Tursiops truncatus</i>	Alarme e medo	Caldwell & Caldwell, 1967
	<i>Orcaella brevirostris</i>	Socialização	Van Parijs <i>et al.</i> , 2000
	<i>Inia geoffrensis</i>	-	Caldwell & Caldwell, 1970
	<i>Lagenorhynchus albirostris</i>	-	Watkins & Schevill, 1972
	<i>Phocena phoceana</i>	Alarme e medo	Busnel & Dziedzic, 1966
	<i>Stenella frontalis</i>	Excitação associada a treino	Caldwell & Caldwell, 1971
	<i>Globicephala melas</i>	Perseguição	Busnel & Dziedzic, 1966

<b>Squawk</b> - Chorinco -	<i>Tursiops truncatus</i>	Jogo, corte e manipulação dos animais	Lilly & Miller, 1961a,b
		Jogo ou agressiva	Caldwell & Caldwell, 1967
		Agonística e agressiva	Herzing, 1996
	<i>Stenella frontalis</i>	Situações de excitação e maior actividade	Caldwell & Caldwell, 1971
		-	Caldwell & Caldwell, 1973
		Agonística e agressiva	Herzing, 1996
<i>Delphinapterus leucas</i>	Interacção social (contacto físico entre os animais)	Sjare & Smith, 1986 (a,b)	
<b>Sincronized squawk</b> - Chorinco sincronizado -	<i>Tursiops truncatus</i>	Juntar fêmeas por coligações de machos	Connor <i>et al.</i> , 1992
		Agonística e agressiva	Herzing, 1996
	<i>Stenella frontalis</i>	Agressiva	Herzing, 1996
	<i>Stenella longirostris</i>	Coordenação	Brownlee & Norris, 1994
<b>Grunt</b> - Gemido -	<i>Tursiops truncatus</i>	-	Caldwell & Caldwell, 1967
<b>Growl</b> - Grunhido -	<i>Feresa attenuata</i>	-	Pryor <i>et al.</i> , 1965
	<i>Stenella frontalis</i>	-	Caldwell & Caldwell, 1973

<b>Quack</b> - Grasnido -	<i>Tursiops truncatus</i>	Jogo, corte e manipulação do animais	Lilly & Miller, 1961a,b
		Socialização	Jacobs <i>et al.</i> , 1993
<b>Bark</b> - Latido -	<i>Tursiops truncatus</i>	-	Wood, 1953
		Interacção entre golfinhos; interacção entre golfinhos e humanos	Lilly & Miller, 1961a
		Alarme e medo	Caldwell & Caldwell, 1967
		-	Moore & Ridgway, 1996
		Agonística e agressiva	Herzing, 1996
	<i>Stenella frontalis</i>	Agonística e agressiva	Herzing, 1996
	<i>Delphinapterus leucas</i>	-	Sjare & Smith, 1986 (a,b)
	<i>Delphinus delphis</i>	Contexto emocional	Caldwell & Caldwell, 1968
<b>Yelp</b> - Ganido -	<i>Tursiops truncatus</i>	-	Wood, 1953
		Sexual	Caldwell & Caldwell, 1967
		Comportamento copulatório	Puente & Dewsbury, 1976

<b>Blat</b> - Bramido -	<i>Tursiops truncatus</i>	Jogo, corte e manipulação dos animais	Lilly & Miller, 1961a,b
	<i>Feresia attenuata</i>		Pryor <i>et al.</i> , 1965
	<i>Phocoena phocoena</i>	Alarme e medo	Busnel & Dziedzic, 1966
	<i>Globicaphala melas</i>	Perseguição	Busnel & Dziedzic, 1996
<b>Bray</b> - Zurro -	<i>Tursiops truncatus</i>	Agonística ou de alimentação	dos Santos, 1990 dos santos, 1995
		Alimentação	Janik, 2000
<b>Thunk</b> - Pancada -	<i>Tursiops truncatus</i>	Disciplina e ameaça (mãe/cria)	McCowan & Reiss, 1994
<b>Pop &amp; Crack</b> - Estalo -	<i>Tursiops truncatus</i>	Alimentação e agressão	Jacobs <i>et al.</i> , 1993
		Debilitar presas	Norris & Mohl, 1983
		Ameaça e corte	Connor & Smolker, 1996
		Alarme e medo	Caldwell & Caldwell, 1962
<b>Bang</b> - Estouro -	<i>Tursiops truncatus</i>	Debilitação de presas	Norris & Mohl, 1983
		Predação	Marten <i>et al.</i> , 1988
	<i>Orcinus orca</i>	Predação	Marten <i>et al.</i> , 1988
	<i>Physeter macrocephalus</i>	Predação	Marten <i>et al.</i> , 1988
<b>Blare</b> - Rugido -	<i>Delphinapterus leucas</i>	Períodos de repouso e interação social	Sjare & Smith, 1986 (a,b)
<b>Rasp</b>	<i>Tursiops truncatus</i>	-	Wood, 1953
	<i>Grampus griseus</i>	-	Watkins, 1967
<b>Harsh and metallic sound</b>	<i>Orcinus orca</i>	-	Steiner <i>et al.</i> , 1979

<b>Low frequency narrow band sound</b> - Som LFN -	<i>Tursiops truncatus</i>	Socialização: Afilíatica ou agonística	Schultz <i>et al.</i> , 1995
<b>Pulsed sound</b> - Som pulsado -	<i>Delphinapterus leucas</i>	-	Sjare & Smith, 1986 (a,b)
	<i>Monodon monoceros</i>	Contacto	Ford & Fisher, 1978
	<i>Stenella longirostris</i>	-	Watkins & Schevill, 1974
		-	Norris <i>et al.</i> , 1994
	<i>Cephalorhynchus heavisidii</i>	-	Watkins <i>et al.</i> , 1977
	<i>Globicephala melaena</i>	-	Busnel & Dziedzic, 1966
	<i>Phocoena phocoena</i>	-	Busnel & Dziedzic, 1966
	<i>Mesoplodon densirostris</i>	-	Caldwell & Caldwell, 1971
	<i>Mesoplodon carlhubbsi</i>	Presença de humanos na piscina	Lynn & Reiss, 1992
<i>Berardius bairdii</i>	-	Dawson <i>et al.</i> , 1998	
<b>Pulsed codas</b>	<i>Physeter macrocephalus</i>	Manter a integridade do grupo e contacto	Watkins & Schevill, 1977
		Ecolocalização ou contacto	Whitehead & Weilgart, 1991

Desta tabela estão excluídos todos os sons pulsados identificados ou suspeitos como sendo de ecolocalização. É de referir o caso dos zumbidos que, nos contextos em questão, não são considerados sons de ecolocalização devido à sua elevada taxa de repetição e à sua elevada energia (Herzing, 1996). Os estalidos dos cachalotes estão igualmente incluídos nesta lista, uma vez que a sua função ainda não está devidamente esclarecida (Richardson *et al.*, 1995). Também os sons pulsados dos

narvais são referidos, embora um estudo mais recente (Miller *et al.*, 1995) considere que os seus sons, por analogia a outras espécies de odontocetos, tenham uma função de ecolocalização, tendo sido gravados durante momentos de orientação e localização de presas. No entanto, estes autores não excluem a possibilidade de os sons pulsados dos narvais servirem para debilitar as presas, uma vez que são os sons mais intensos de odontocetos algumas vez registados no meio natural. De igual modo, se incluem os sons pulsados da baleia de bico de Baird, um odontoceto cujo repertório vocal é muito pouco conhecido, pois o autor (Dawson *et al.*, 1998) refere que os sons pulsados gravados foram emitidos em séries irregulares de poucos estalidos. Embora isto não signifique que não são sons de ecolocalização, este comportamento acústico não parece típico das espécies que ecolocalizam.

Depois de observar a lista de sons pulsados emitidos pelos odontocetos, de espécies que assobiam e que não assobiam, e de animais em cativeiro e na natureza, os dados parecem sugerir que estes sinais podem ter um papel significativo na comunicação vocal. Apesar disto, não nos podemos esquecer que os mesmos sons aparecem em contextos diferentes e que, em consequência, podem ter significados distintos, por vezes difíceis de determinar. Referindo-se aos *quacks*, Jacobs *et al.* (1993) referem que estes sinais aumentam de forma consistente durante períodos de socialização. No entanto, afirmam que a sua função é desconhecida, sugerindo que podem servir como uma “saudação” durante a socialização. Tal como neste exemplo, os comentários sobre as funções de variados sons são muitas vezes especulativos, já que se baseiam em associações gerais entre sons e comportamentos – muitas vezes não replicadas (Richardson *et al.*, 1995).

Assim, e apesar de existirem numerosas descrições sobre os sons dos odontocetos e as suas actividades, verifica-se que associar as vocalizações com os comportamentos subaquáticos dos golfinhos é bastante difícil. Isto acontece devido às dificuldades de aceder aos animais debaixo de água, faltando-nos informações sobre as suas relações, sexo, idade e outros dados de extrema relevância para a compreensão destes assuntos. Deste modo, as informações sobre esta matéria continuam a ser demasiado escassas para permitir conclusões seguras sobre o contexto e função social dos diversos sons pulsados.

### 3.3. Sons dos golfinhos-roazes do Sado

Os golfinhos-roazes produzem assobios, trens de ecolocalização e diversos tipos de vocalizações pulsadas, como já atrás foi referido. Até hoje, os trabalhos focando os sons dos golfinhos-roazes do Sado mostram a existência de padrões de emissão acústica diversos e complexos, comparáveis aos que foram obtidos noutras populações desta espécie (dos Santos, 1998).

Um aspecto notório dos assobios gravados no estuário do Sado, também condicente com a literatura sobre outras populações, é o facto de a frequência acústica destes sinais ser geralmente modulada. Foram gravados numerosos assobios com um perfil de modulação de frequência bastante estereotipado, facilmente reconhecível por inspecção visual dos sonogramas (dos Santos, 1998). Tem sido verificado que perfis de modulação distintos aparecem inalterados em gravações de dias diferentes e mesmo em anos diferentes. Couchinho (1999) obteve 24 categorias de perfis estereotipados, que constituem o repertório de assobios emitidos por esta população de golfinhos-roazes, observado até ao momento. A grande maioria de assobios estereotipados, ocorreu tanto em 1992 como em 1999 (os anos estudados), o que demonstra a grande estabilidade destes sinais, ao longo de um período de 7 anos.

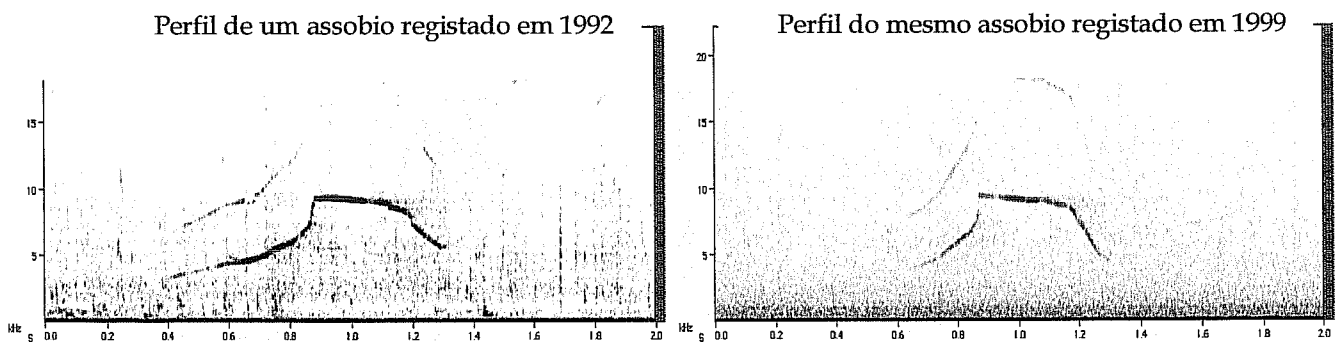


Figura 3.1.  
Sonogramas de assobios com um perfil de frequências estereotipado.  
(retirado de Couchinho, 1999)

Relativamente aos trens de estalidos, dos Santos (1998), detectou estes sinais, com maior ou menor abundância, em todas as suas sessões de gravação acústica, o que era de esperar dada a sua insubstituível função sensorial. Também verificou a ocorrência de trens sobrepostos, portanto produzidos por vários indivíduos, e a ocorrência simultânea de trens e outros tipos de sinais. Segundo este autor, para além dos trens de estalidos, com taxas de repetição variáveis, foram detectados outros sinais, igualmente constituídos por sons impulsivos, mas com diferentes aspectos aurais, de acordo com padrões temporais particulares e com a existência de concentrações de energia em determinadas bandas de frequência. Neste grupo podemos incluir os rangidos graves, os chorincos, os guinchos, os grunhidos, os zurros e os estouros.

Das emissões dos golfinhos-roazes até hoje recolhidas no estuário, os zurros são as mais conspícuas e notórias, tendo sido registadas pela primeira vez nesta população (dos Santos et al., 1990). Os zurros são constituídos por sequências rítmicas em que um som transiente, tonal, não-pulsado, de baixa-frequência (gole) alterna com outros tipos de sinais (guinchos, grunhidos ou estalidos). Estes outros sinais são a componente variável das sequências, podendo apresentar diversas estruturas, ordenações e aspectos aurais. Os goles, mais constantes, duram entre 100 e 180 ms, com a energia fortemente concentrada em torno dos 300 Hz e sendo as componentes dos zurros com uma frequência acústica mais baixa propagam-se a maiores distâncias.

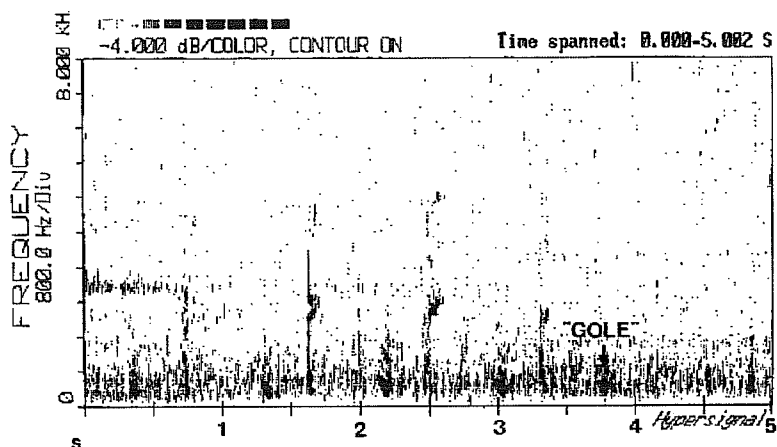


Figura 3.2.  
Exemplo de um série de zurro, em que o “gole” está assinalado.  
(retirado de dos Santos *et al.*, 1995).

Por este motivo, os zurros são bons preditores de que existem golfinhos num raio de 2 Km, mesmo em ocasiões em que os animais não foram observados à superfície. Foi notado que mesmo uma série relativamente fraca e distante constitui um som conspícuo no ambiente acústico subaquático, podendo ser inequivocamente reconhecida. Falta saber, no entanto, se os golfinhos com a sua menor sensibilidade às baixas frequências, poderão detectar estes sons também a tão grandes distâncias. Aliás seria estranho que animais com características auditivas como a dos golfinhos-roazes produzissem sinais acústicos com frequências dominantes na vizinhança dos 300 Hz.

Foi anteriormente sugerido (dos Santos et al, 1995) que os goles rítmicos poderiam antes ser os sons resultantes de um mecanismo de recarregamento, com movimentos de repressurização de ar entre os sacos nasais na sequência de uma rajada de emissões em estado de excitação. Se assim for, então o gole não é um sinal no sentido estrito, mas apenas um "ruído" anatómico relacionado com a geração de outros sons na sequência de zurros. No entanto, caso seja ouvido pelos outros animais, poderá ainda assim ser um indicador de excitação por parte do emissor. Independentemente dos mecanismos de produção e dos detalhes acústicos das componentes dos zurros, fica por esclarecer a sua função precisa. O facto de os zurros terem sido detectados em muitos contextos de alimentação em grupo levou a pensar que pudessem estar associados àquela actividade, podendo ter a função de atrair outros grupos, conforme discutiram dos Santos et al. (1995). Não se pode excluir a possibilidade, no entanto, de que a sua principal função seja agonística, relacionada com a regulação do espaçamento entre os animais ou com a prioridade no acesso às presas.

Janik (2000) defende que os zurros são usados exclusivamente em períodos alimentares e que conduzem à aproximação de conspecíficos. No entanto, segundo o autor, parece mais provável que os zurros sejam usados para manipular o comportamento das presas e não para chamar a atenção de outros golfinhos para a presença das presas. Deste modo, os golfinhos-roazes parecem usar este tipo de vocalizações para facilitar a captura das presas, sendo a atracção de conspecíficos um efeito colateral dos zurros.

### 3.4. Outros sons subaquáticos no estuário

#### *Vocalizações de peixes*

Além das vocalizações dos golfinhos-roazes, os registos realizados na região do Sado contêm outros sinais biológicos, produzidos pela restante fauna local. É o caso dos sons emitidos pelo charroco (*Halobatrachus didactylus*), abundante no Sado, e presa potencial dos golfinhos-roazes. O repertório natural do charroco lusitano, similar ao de outros batraquoidídeos, é constituído por sirenes, tamborilados e coaxos (dos Santos *et al.*, 2000). Os vários tipos de emissões deste batraquoidídeo, foram detectados nas gravações feitas nas proximidades dos golfinhos-roazes no Sado e zonas costeiras adjacentes (dos Santos, 1998).

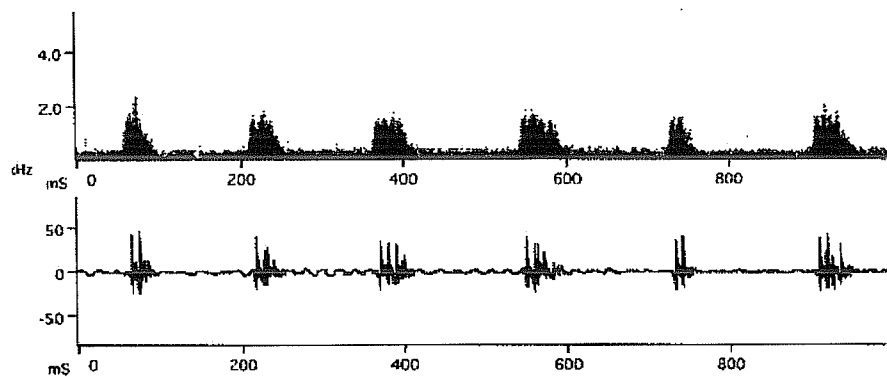


Figura 3.3.

Exemplo de um sonograma representando um tamborilado de charroco.  
(retirado de dos Santos *et al.*, 2000).

Um aspecto interessante sobre a ocorrência das vocalizações de charroco é a sua potencialidade para que possíveis predadores os estejam a detectar por audição passiva. Do ponto de vista do estudo do comportamento dos golfinhos-roazes, é de notar que em diversas ocasiões a gravação de charrocos ocorreu em períodos de actividade alimentar dos cetáceos, durante os quais a densidade das suas emissões acústicas era nula ou relativamente baixa (dos Santos, 1998). Deste modo, o charroco passa a constituir um elemento importante da ictiofauna bentónica de diversas zonas onde os golfinhos se alimentam, embora não tenha ainda sido demonstrado que faça parte da sua dieta. Apesar disto, a ideia de que batraquoidídeos a vocalizar possam

ser detectados, seguidos e capturados por golfinhos-roazes utilizando o seu sofisticado sistema auditivo tem recebido um apoio crescente (dos Santos *et al.*, 2000).

De facto, as espécies *Opsanus tau* e *Opsanus beta* na Flórida, e as espécies *Porychtis notatus* e *Porychtis myriaster* na Califórnia, têm sido encontradas nos conteúdos estomacais de golfinhos-roazes em números desproporcionados face à sua abundância na zona (Barros & Odell, 1990; Hanson & Defran, 1993). Assim, é possível que a detecção acústica do charroco lusitano também ocorra no estuário do Sado, onde os golfinhos-roazes são frequentemente observados em actividade alimentar enquanto vocalizações de *H. didactylus* são conspicuamente audíveis no meio acústico subaquático (dos Santos, 1998).

#### *Ruído subaquático no estuário do Sado*

O ruído ambiental é normalmente o som não desejado, i.e., aquele que mascara outros sons de interesse. As principais fontes naturais de ruído ambiental no mar são o vento e as ondas, embora os sons resultantes da actividade tectónica também sejam importantes, especialmente em zonas geologicamente activas. Também os sons provocados pela chuva constituem outra fonte natural de ruído ambiental. No entanto, o tipo de ruído que pode afectar os mamíferos marinhos é de natureza antropogénica. Este tipo de ruído tem origem em diversas actividades que se realizam no mar ou próximo do mar, como a navegação, a construção e a exploração mineral (Richardson *et al.*, 1995).

Freitas (1995) verificou que os animais no estuário do Sado não mostram um evitamento das embarcações em geral e até se aproximam frequentemente delas. Quando se encontram na proximidade das grandes embarcações em marcha, os golfinhos só deverão poder orientar-se pela visão e também pelo bio-sonar, pois as frequências acústicas dominantes no sonar não deverão ser muito mascaradas pelo ruído das máquinas.

O facto de os animais não se mostrarem muito incomodados pelos altos níveis de pressão acústica existente na zona sob a influência das embarcações medidas (especialmente traineiras, *ferry-boats*, cargueiros e petroleiros), cujo ruído é

insuportável para os humanos, decorre aparentemente da sua menor sensibilidade às baixas frequências em que aquelas fontes são mais activas. Segundo dos Santos (1998), os golfinhos-roazes não evitam determinadas zonas do estuário que se verificou serem mais ruidosas. De igual modo, o nível geral de produção acústica pelos golfinhos, bem como o nível de produção de qualquer tipo de vocalização, não é afectado pelo ruído subaquático de origem naval e industrial.

#### 4 - A visão

##### 4.1. A importância da visão nos odontocetos

O sistema visual dos golfinhos é bem desenvolvido, embora não se equipare ao sistema auditivo, no que diz respeito a diversos atributos de natureza sensorial (Herman, 1990). De qualquer modo, estudos sobre a visão dos mamíferos marinhos mostraram que em termos de sensibilidade e acuidade, estes animais não são deficientes em relação aos carnívoros terrestres. Para a maioria dos mamíferos marinhos oceânicos e costeiros, existe suficiente luz no seu ambiente para que a visão seja uma importante via para obter informação sensorial. Especificamente em relação aos odontocetos, as evidências comportamentais sugerem uma relativamente boa acuidade visual nas seguintes espécies: *Tursiops truncatus*, *Orcinus orca*, *Lagenorhynchus obliquidens* e *Grampus griseus* (Mobley & Helweg, 1990).

Os constrangimentos ecológicos, tal como os sociais, provocam fortes efeitos na exploração de determinado canal de comunicação por um animal. Neste caso, a utilização do canal visual pode estar restrito, já que a energia fótica pode ser altamente direccionada na água e limitada por alcances relativamente pequenos, dependendo dos níveis de turbidez ou da profundidade. Por exemplo, espécies que habitam zonas de águas transparentes podem mais facilmente comunicar através de sinais visuais. A comunicação visual também pode estar mais desenvolvida entre cetáceos que vivem em grandes grupos e menos nas espécies mais solitárias. Portanto, a forma e a utilidade da comunicação visual pode variar bastante entre as espécies de cetáceos, em função das propriedades fóticas do seu habitat subaquático, do desenvolvimento do seu sistema visual e da sua aparência visual (Herman & Tavolga, 1980).

De qualquer modo, através do canal visual é possível transmitir bastante informação, pois as pistas podem variar desde exibições simples e passivas de coloração ou orientação, até seqüências complexas de movimentos. Para a produção de sinais visuais, os golfinhos utilizam a expressão do olhar, movimentos e posturas estereotipadas, emissão de bolhas de ar e a própria coloração do corpo, com as suas marcas conspícuas e contrastantes (Herman & Tavolga, 1980).

Assim, as adaptações ópticas dos cetáceos e certos aspectos da sua aparência visual, ou dos seus comportamentos que se podem perceber visualmente, podem ajudar na promoção de funções importantes da sua vida. Podem ser referidas a orientação, a navegação e a coordenação de movimentos de grupos, a detecção e captura de presas, a defesa contra predadores, a identificação de conspécíficos (incluindo classes de idade e sexo) e indivíduos, e a comunicação de estados motivacionais (Madsen & Herman, 1980).

#### 4.2. *As funções ecológicas da visão*

Existem pressões evolutivas, relacionadas com a alimentação e a natação, que actuaram sobre a visão dos cetáceos: (1) os indivíduos têm que localizar e capturar presas e (2) os indivíduos devem evitar os seus predadores (Mobley & Helweg, 1990). A capacidade de avaliar com precisão a distância relativa a um estímulo visual próximo e uma boa acuidade visual são características úteis para a captura de presas e para interacções sociais próximas, num contexto em que é necessário detectar rapidamente os sinais visuais e agir em função destes (Madsen & Herman, 1980).

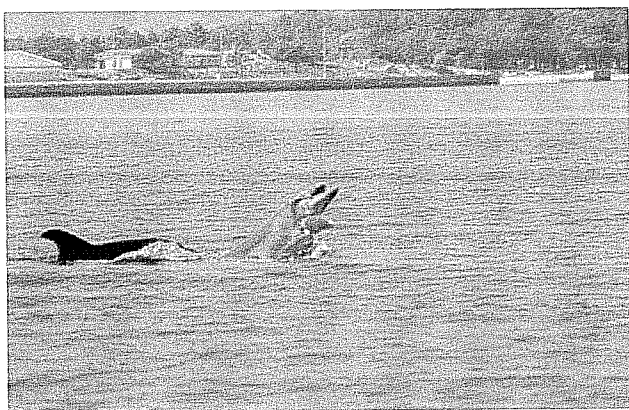
#### *Vigilância aérea*

Muitos cetáceos executam comportamentos acima da superfície da água que podem funcionar como vigilância aérea. Estes comportamentos tanto podem ser estacionários (comportamento de espiar) como cinéticos, o que inclui todo o variado leque de saltos, desde o *breaching* até ao *porpoising* (Herman & Tavolga, 1980; Madsen & Herman, 1980). Os comportamentos aéreos, por exemplo, em que os golfinhos

saltam repetidamente enquanto se deslocam de um local para outro, podem permitir aos animais ter uma noção da extensão e tamanho do grupo.

### *Alimentação*

A comunicação visual pode desempenhar um papel importante em espécies que utilizam estratégias de grupo ou de cooperação para se alimentarem (Dawson, 1980;



Madsen & Herman, 1980). Würsig e Würsig (1980) observaram um aumento do comportamento de saltos em golfinhos cinzentos relacionados com alimentação. Orcas são vistas a lançarem o seu corpo sobre a areia de praias para capturarem as suas presas, sendo o

mesmo observado com golfinhos-roazes em estuários. Para estes últimos também está descrito a captura de peixes em pleno ar, situação também observada no estuário do Sado. Madsen e Herman (1980) notam também que a presença de aves sobre cardumes de peixes em regiões costeiras funcionam como uma pista visual para os cetáceos.

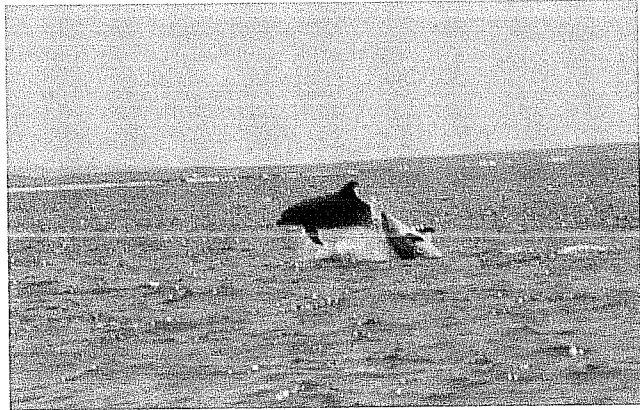
Durante a alimentação, a visão pode ser usada debaixo de água para a navegação e localização, bem como para a captura de presas. Norris e Dohl (1980) propuseram que os cetáceos podem reconhecer boas áreas de alimentação através de pistas visuais presentes em redor de montes marinhos. Depois de a presa ter sido localizada, é provável que a perseguição e captura seja coordenada através da ecolocalização.

A capacidade de determinar distâncias com precisão através da visão, durante a perseguição de presas que tentam evitar a captura, seria especialmente útil como complemento das limitações direccionais do biosonar dos golfinhos. A sensibilidade do sistema visual ao movimento maximiza a probabilidade da detecção e captura da presa a curta distância (Dawson, 1980; Watkins & Wartzok, 1985). Deste modo, as pistas visuais seriam importantes quando as presas estão próximas, na aquisição de

informação sobre as presas quando o feixe limitado e direccional do biosonar deixa de ser eficaz (Mobley & Helweg, 1990).

### *Interacções sociais*

Os sinais visuais podem ser usados pelos cetáceos durante interacções sociais com diversas funções. Muitas espécies de cetáceos apresentam uma coloração conspícua e contrastante em tonalidades de preto, cinzento, castanho e



branco. Por exemplo, sinais orientados ajudam os indivíduos a coordenar as actividades num grupo, através de brilhos coloridos que apenas surgem quando um animal se posiciona numa determinada orientação (Norris & Dohl, 1980). Estes sinais também podem transmitir informações sobre o estado do emissor, como a receptividade sexual através de alterações de coloração à volta da região genital. Os padrões de coloração, o dimorfismo sexual e outras marcas visuais, como as cicatrizes, podem ser usadas pelos animais para o reconhecimento específico ou para o reconhecimento individual de conspécíficos (Mobley & Helweg, 1990). A exibição da coloração do corpo ou de partes escondidas (por exemplo, debaixo das peitorais) podem assinalar movimentos de intenção, identificar espécies, indivíduos ou classes de indivíduos e indicar estados reprodutivos. A forma do corpo, movimentos ou posturas também fornecem sinais visuais com estas mesmas funções ou outras. O que parecem ser sinais visuais são mais frequentemente observáveis em contextos sexuais ou agonísticos. A postura em forma de S de golfinho-roaz macho durante o cortejamento é provavelmente um sinal visual, tal como a exibição da zona ventral de coloração clara nesta espécie (Herman & Tavolga, 1980).

#### 4.3. *Usar a visão no estuário do Sado*

No estuário do Sado, verificou-se que os golfinhos-roazes, mesmo durante actividades de busca de presas, se deslocam de um modo bastante silencioso (dos Santos, 1998). Isto implica que durante esses períodos se estarão a orientar por processos distintos da ecolocalização, seja através da visão ou da audição passiva. Este facto apenas se torna vantajoso para os animais se as eventuais presas os pudessem detectar e reagissem de modo a tornar mais difícil a captura, ou se a audição passiva fosse um canal favorável para a localização de presas.

A primeira hipótese poderia ser explicada através dos conhecimentos actuais da audição ultra-sónica em peixes como os clupeídeos e os gadídeos. Se a savelha, possível espécie-presa dos golfinhos no Sado, tiver capacidades auditivas como se verifica noutras espécies de clupeídeos, isso já poderia justificar as vantagens do silêncio dos golfinhos-roazes na busca de presas (dos Santos, 1998).

Quanto à segunda hipótese, tal como atrás já foi referido, talvez seja preferível aos golfinhos deixar-se orientar pela audição na captura de espécies visualmente crípticas e ocultas no sedimento, mas emissoras de sinais sonoros como é o charroco (dos Santos, 1998). Num estudo de conteúdos estomacais realizado em animais de águas costeiras da Flórida, foi constatado que as presas capturadas em percentagens mais elevadas eram espécies que se sabe produzirem sons relativamente intensos (Barros & Myrberg, 1987; Barros & Odell, 1990). Para além do uso da ecolocalização activa para a captura de presas, estes estudos sugerem que os golfinhos-roazes também devem usar a audição passiva (Barros & Myrberg, 1987).

## 5 - Objectivos

Seguindo a linha das investigações de longo termo que têm vindo a ser efectuadas com a população residente de golfinhos-roazes do estuário do Sado, neste trabalho pretendeu-se adquirir dados bio-acústicos que permitissem adicionar informação relevante a outros estudos já efectuados. Assim sendo, pretendeu-se descrever o papel das emissões acústicas na ecologia dos golfinhos-roazes do Sado e a sua relação com as modalidades sensoriais: visão e audição.

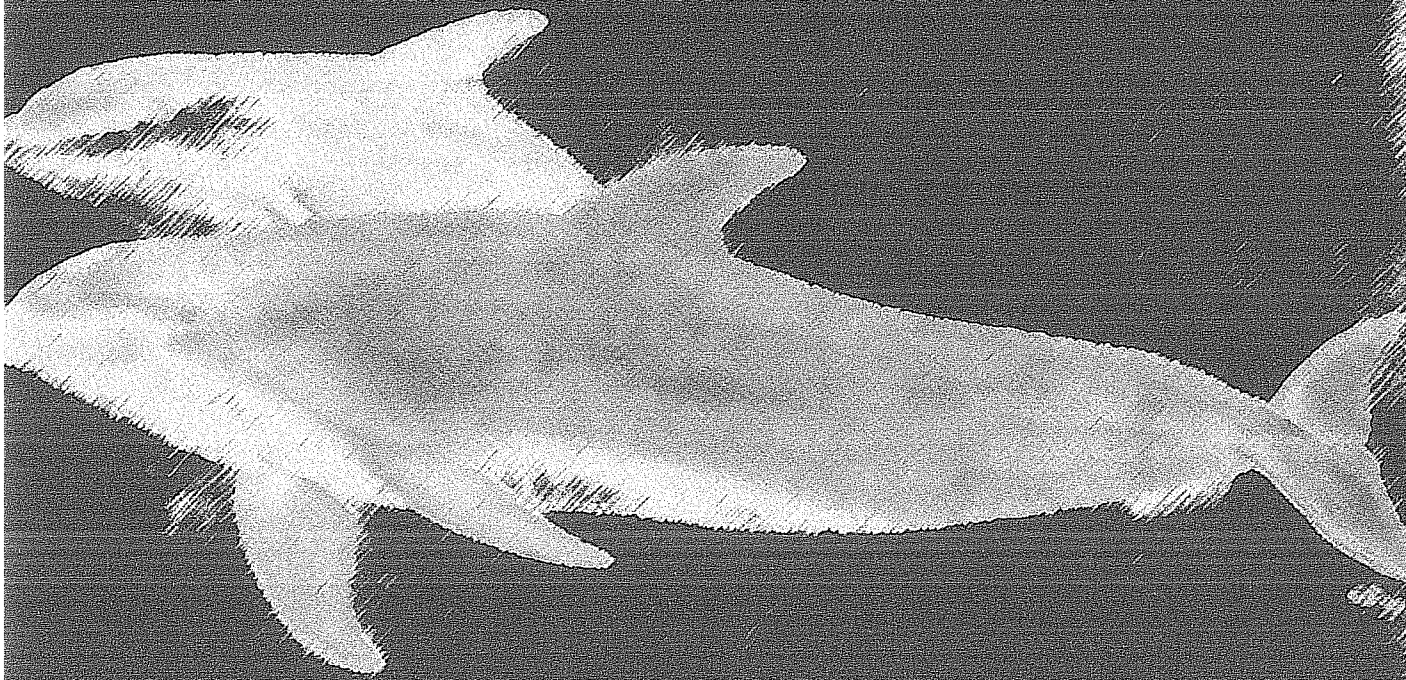
Os objectivos deste trabalho foram:

1. Registo de todo o repertório acústico produzido pelos golfinhos-roazes.
2. Registo das variáveis ecológicas que podem influenciar a produção de sons pelos golfinhos-roazes:
  - 2.1. Local do estuário onde são efectuadas as gravações acústicas, através de posições de GPS, o que permitiu fazer a correlação entre os sons e aspectos ecológicos do meio;
  - 2.2. Visibilidade da água, registada com o disco de Secchi; trata-se de uma primeira tentativa para estudar a relação entre a visibilidade e a produção de sinais acústicos pelos golfinhos;
  - 2.3. Outros sons do meio (sons de outros animais e ruído subaquático de origem naval e/ou industrial), gravados em simultâneo com os sons dos golfinhos, para estudar a relação entre a sua ocorrência e a produção de sinais acústicos pelos golfinhos.
3. Registo das variáveis comportamentais que podem influenciar a produção de sons pelos golfinhos-roazes:
  - 3.1. Tamanho do grupo de golfinhos observado no momento do registo acústico, o que permitiu fazer a correlação entre a emissão de sons e o número de indivíduos no grupo, bem como o factor presença de outros grupos nas proximidades;
  - 3.2. Principal actividade comportamental apresentada pelo grupo de golfinhos à superfície, o que permitiu fazer a correlação entre os sons e a actividade comportamental.

Assim, tendo em vista os objectivos atrás expostos, foram abordadas as seguintes questões:

- Existem diferenças na produção de sons pelos golfinhos-roazes em função do local do estuário onde se encontram?
- Existem diferenças na produção de sons pelos golfinhos-roazes em função da visibilidade da água?
- Existem diferenças na produção de sons pelos golfinhos-roazes em função da ocorrência de outros sons subaquáticos?
- Existem diferenças na produção de sons pelos golfinhos-roazes em função da actividade comportamental exibida?
- Existem diferenças na produção de sons pelos golfinhos-roazes em função do tamanho do grupo?

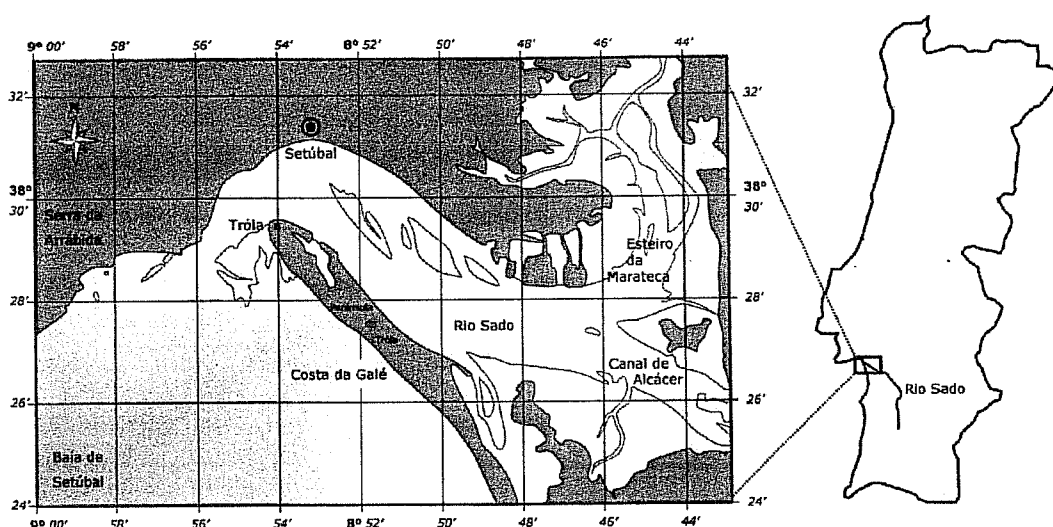
# MÉTODOS



## II - MÉTODOS

### 6 - A área de estudo

A área de estudo situa-se numa região da costa ocidental portuguesa, englobando o estuário do rio Sado e as zonas costeiras adjacentes. O estuário do Sado ( $38^{\circ} 28' N$   $8^{\circ} 50' W$ ) é um dos maiores estuários da Europa, com uma área de cerca de  $180 \text{ km}^2$  (Cabral, 2000). A zona principal do estuário onde este estudo foi efectuado, situada entre a foz do rio e a entrada do canal de Alcácer, ocupa cerca de  $100 \text{ km}^2$  e tem a profundidade média de 10 m.



**Figura 6.1.**

Mapa indicando o estuário do Sado na costa continental portuguesa.  
(retirado de Couchinho, 1999)

A zona mais larga do estuário, situada a montante, resulta da confluência do Estreito da Marateca e do Canal de Alcácer e é uma área pouco profunda, com margens baixas e alagadiças, e nela existem extensas zonas de sapal, sobretudo no lado sul. As máximas profundidades nesta zona larga não ultrapassam os 10 m, e a profundidade média rondará os 4 m. É nesta zona que o estuário atinge a sua largura máxima (cerca de 5 km), estreitando-se depois até à foz, cuja largura é aproximadamente 1.6 km. Mais a jusante, o estuário divide-se em dois canais, separados por uma série longitudinal de bancos de areia e vasa, que ficam expostos na baixa-mar. Estes dois canais apresentam diferenças importantes entre as profundidades e as características hidrodinâmicas. O Canal Norte, que banha a zona industrial da Mitrena e o porto de Setúbal, apresenta uma profundidade máxima de 15 m e uma circulação menos

intensa que o Canal Sul. Este, mais largo e com uma profundidade máxima de 30 m, corre ao longo da Península de Tróia e é o principal local de troca de águas entre a zona marinha e o interior do estuário (ver dos Santos, 1998).



O estuário do Sado, tal como acontece com os estuários em geral, apresenta uma capacidade elevada de retenção de nutrientes e elevadas taxas de produtividade primária. Estas condições favorecem o desenvolvimento de muitas espécies e reflectem-se na utilização do estuário como *nursery* por muitos peixes e também cefalópodes. O estuário do Sado apresenta uma comunidade ictiológica extremamente diversificada, estando inventariadas até ao momento 111 espécies (Cabral, 1999). Em termos biológicos e sócio-económicos, é a terceira zona húmida mais importante de Portugal, a seguir ao estuário de Tejo e à Ria Formosa (Farinha e Trindade, 1994).

## **7 - Metodologia**

### **7.1. As saídas de campo**

Para a realização deste estudo foram efectuadas 26 saídas no estuário do Sado, entre os meses de Fevereiro e Outubro de 2000. Foi feito um esforço de amostragem de 140 horas, distribuídas ao longo dos vários meses de acordo com o gráfico seguinte. Em termos médios, em cada dia de saída, foi feito um investimento de 6 horas na recolha de dados.

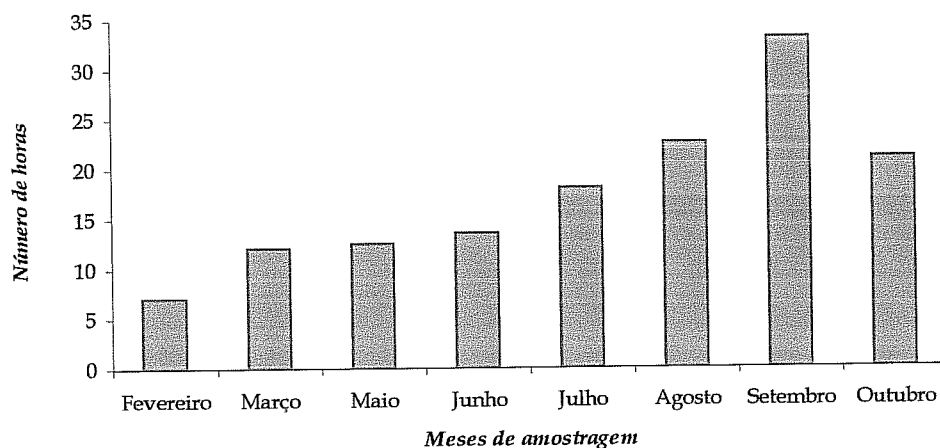


Figura 7.1.  
Esforço de amostragem entre Fevereiro e Outubro de 2000.

As saídas preliminares (25 Fevereiro, 14 Março e 31 Março de 2000) permitiram a familiarização com a embarcação utilizada e com a dinâmica das saídas no estuário, permitiram testar a cadeia de instrumentação acústica e testar o equipamento utilizado para registo de imagem (máquina de filmar e máquina fotográfica) e para o registo das posições (GPS). De igual modo, foi possível fazer a identificação e a concordância inter-observadores relativamente às informações a registar: as várias zonas do estuário, as actividades dos animais, o tamanho dos grupos e os vários sons emitidos pelos golfinhos-roazes. Neste período foi ainda possível decidir quais as técnicas de amostragens a serem usadas no decurso da recolha dos dados.

As saídas de recolha de dados (entre 22 de Maio e 18 de Outubro de 2000) tiveram por objectivo o registo completo dos dados para posterior análise. Neste sentido, foram feitas gravações dos sinais acústicos subaquáticos, utilizando a cadeia de instrumentação acústica, e observações comportamentais simultâneas, através do registo videográfico e fotográfico. Durante as amostragens era preenchida uma ficha de amostragem (ver Anexo I) e era feita uma descrição de todos os detalhes considerados relevantes tanto sobre o comportamento dos animais como sobre as condições físicas do meio, incluindo a visibilidade subaquática. O período médio de tempo entre cada amostragem foi de 30 minutos, o que permitiu garantir a independência das amostras. No final de cada saída era efectuado um relatório

completo, descrevendo os esforços realizados e todas as informações consideradas relevantes, que posteriormente permitiram apoiar o estudo das fichas de amostragem.



Durante este estudo foi utilizada uma embarcação em fibra de vidro, com 4.3 m de comprimento e um motor fora de bordo Mercury 40 HP. A observação do comportamento dos animais a partir de uma embarcação permite um acompanhamento dos animais

mais demorado e por diversas áreas, bem como um maior detalhe nas descrições e nos registos (dos Santos, 1998). Assim, foi a partir da embarcação que se detectavam os animais e se procedia ao registo dos dados. Nas saídas estavam presentes quatro observadores, tendo as várias tarefas de registo sido atribuída a cada pessoa.

Foi necessário levar em consideração que estes animais são muito rápidos, passam a maior parte do tempo abaixo da superfície da água e normalmente são tímidos e receosos da aproximação humana. Além disso, constituem uma unidade populacional com efectivos obviamente limitados e com um estatuto de protecção total. Esta é, sem dúvida, uma população a defender de novas formas de stress, visto não ser sequer óbvio que consiga renovar-se normalmente na situação actual (dos Santos, 1998). Assim, em todas as saídas, foi adoptada uma estratégia não intrusiva, tentando evitar interferências na vida normal dos golfinhos. Neste sentido, evitou-se sempre a interposição da embarcação entre grupos de animais e manteve-se uma distância superior a 50 m entre a embarcação e os animais.

No entanto, as observações a partir de embarcações são mais susceptíveis de produzir reactividade não-detectada nos sujeitos do estudo (dos Santos, 1998). Tentando minimizar este efeito, a primeira amostragem apenas se realizava algum tempo depois do primeiro avistamento, de modo a permitir uma maior adaptação dos animais à presença da embarcação. As amostragens foram efectuadas sempre com o barco parado e com o motor desligado.

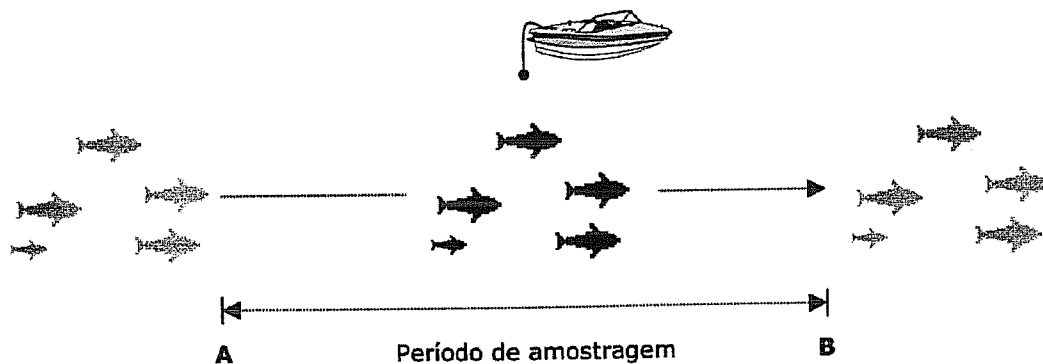


Figura 7.2.

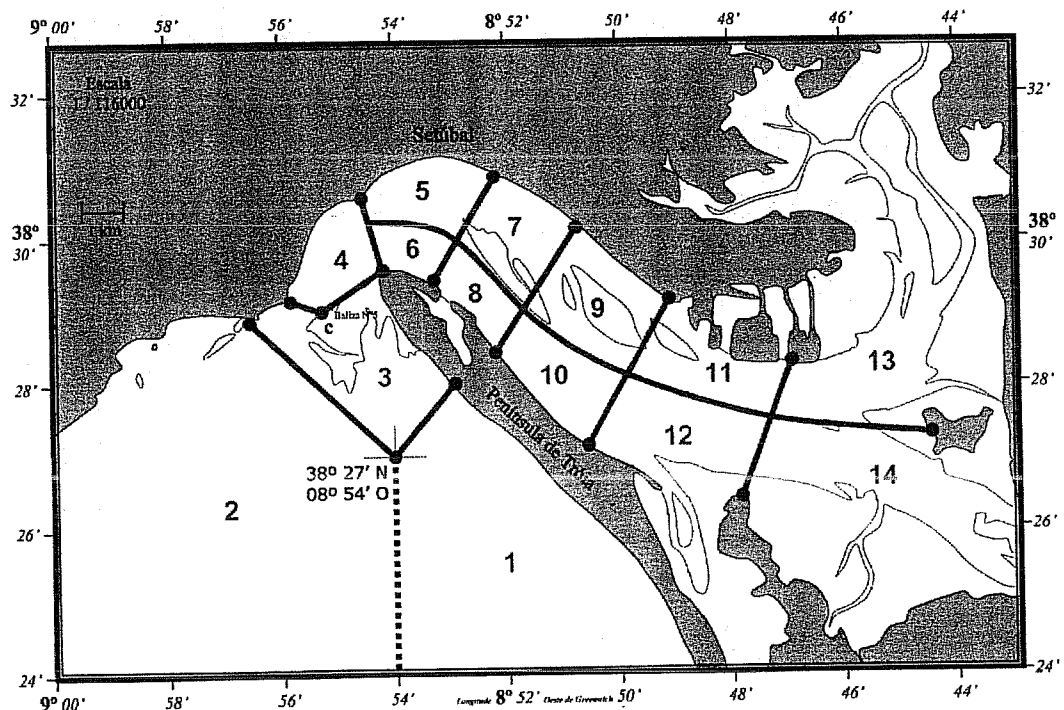
Esquema representativo do posicionamento da embarcação (parada) face a um grupo de 5 golfinhos em deslocação rápida, durante uma amostragem com início em (A) e fim em (B).  
(retirado de Couchinho, 1999)

## 7.2. *O registo dos dados*

### *Local do estuário*

O registo do local do estuário onde foi realizada cada amostragem, diz respeito à posição da embarcação, que reflecte aproximadamente a posição dos animais. Esta posição geográfica foi obtida por um GPS Garmin 38 (manual) e tem um erro inferior a 50 metros inerente ao sistema de GPS (Global Positioning System). Os resultados obtidos foram inseridos numa carta hidrográfica digital do estuário do Sado, sendo assim determinada a zona de amostragem.

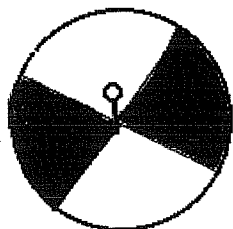
Após a visualização do mapa obtido, as posições foram incluídas numa das zonas em que a área de estudo foi dividida: 1 - Costa da Galé; 2 - Zona exterior; 3 - Cambalhão; 4 - Foz; 5 - Setúbal; 6 - Tróia-Ferry; 7 - Porto; 8 - Caldeira; 9 - SAPEC; 10 - Fuzileiros; 11 - Estaleiros; 12 - Desmagnetização; 13 - Esteiro da Marateca; 14 - Canal de Alcácer (ver figura 7.3.).



**Figura 7.3.**  
 Divisão da área de estudo em zonas.  
 (adaptado da carta Hidrográfica da Barra e Porto de Setúbal (Instituto Hidrográfico 1988),  
 retirado de Couchinho 1999)

### *Visibilidade da água*

Um disco de Secchi é um disco de cerca de 20 cm, com quadrantes brancos e pretos alternados, e com uma linha calibrada pendurada num anel no centro do disco, de modo a que este se mantenha na horizontal quando é colocado na água (Lind, 1979). Um disco de Secchi serve para medir a transparência da água, funcionando como um instrumento de contraste. Isto significa que uma vez submergido, desaparece quando o olho humano já não o consegue ver, ou seja, quando deixa de existir contraste entre o fundo e o disco. A profundidade registada através do disco de Secchi é influenciada pelas propriedades da água, nomeadamente a absorção de luz, e pelas partículas de matéria dissolvidas (Wetzel, 1975).



**Figura 7.4.**  
 Representação esquemática da vista superior  
 do disco de Secchi utilizado neste estudo.

Para se fazer uma correcta utilização do disco de Secchi, devem ser seguidos os seguintes passos (Lind, 1979):

- 1 - lentamente baixar o disco na água até que ela desapareça e tomar nota da profundidade;
- 2 - descer mais um pouco o disco na coluna de água, depois subi-lo até que reapareça e tomar nota dessa profundidade;
- 3 - o valor médio destas duas leituras é a profundidade de visibilidade do disco de Secchi.

Para além disto, deve ser sempre o mesmo observador a realizar as medidas, tendo o cuidado de fazê-lo sempre do mesmo modo; por exemplo, as leituras devem ser feitas estando o observador sempre na mesma posição, ou sentado ou em pé.

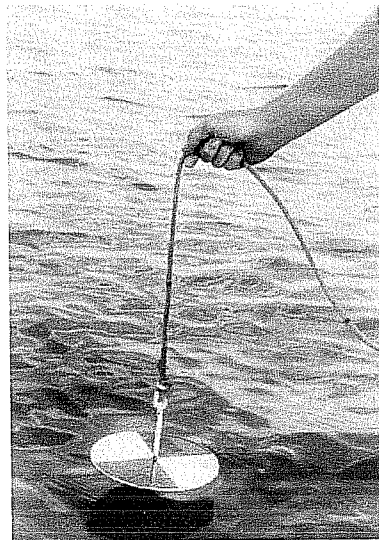


Figura 7.5.  
Utilização dos Disco de Secchi.

Normalmente, é introduzido um erro de 10-15% quando a medida da transparência do disco de Secchi é realizada do lado ensombrado do barco. Se o próprio disco está na sombra do barco, o contraste é reduzido e a leitura é inferior à correcta. Se a superfície da água está à sombra, mas o disco está a ser iluminado pela luz do sol, o contraste é aumentado e a leitura é superior à correcta. No entanto, esta medida não deve ser feita do lado iluminado do barco sem um *viewscope* (instrumento não disponível), porque o sol fará aumentar os reflexos na superfície da água o que diminui a capacidade de observar o disco a desaparecer. Tendo em consideração o atrás expostos, as medidas foram sempre realizadas pela mesma pessoa e do lado ensombrado do barco.

## Registo acústico

Para fazer o registo dos sinais acústicos subaquáticos foi utilizada uma cadeia de instrumentação (ver figura 7.6.) constituída por:

- hidrofone Bruel & Kjaer 8103 com um pré-amplificador (Bruel & Kjaer 2646), alimentado por uma bateria de 27 V;
- gravador digital Sony TCD-D10 Pro, utilizando cassetes DAT de 60 minutos.

Ao gravador DAT estavam ligados uns auscultadores que permitiam fazer o acompanhamento das gravações e um microfone que permitia gravar comentários sobre todos os acontecimentos relevantes. Estes comentários ficavam registados no canal direito do DAT, enquanto que os sons subaquáticos eram recolhidos no canal esquerdo.



Figura 7.6.  
Cadeia de instrumentação acústica.

Este gravador DAT capta sons com frequências entre os 20 Hz e os 22 kHz, sendo este o limite superior de frequências captáveis pela cadeia acústica utilizada.

## Registo comportamental

O método de amostragem utilizado para fazer o registo comportamental foi o *group follow* (seguir um grupo) (Mann, 1999). Cada grupo de golfinhos avistado foi considerado como um grupo focal e foi seguido durante o tempo possível, para se descrever o seu comportamento de um modo contínuo. Este acompanhamento do grupo terminava sempre que os golfinhos deixavam de ser avistados ou quando as condições climáticas impediam a recolha dos dados. Um grupo de golfinhos foi definido com base na regra dos 10 metros, segundo a qual qualquer golfinho distanciados de outro até 10 metros é considerado parte do grupo (Smolker *et al.*, 1992).

Este método de amostragem deve considerar de que modo as alterações na composição dos grupos pode influenciar a recolha dos dados. Torna-se, portanto, necessário incluir uma regra de decisão para quando um ou mais animais abandonam o grupo sob observação. Assim, quando um grupo focal se dividia, os observadores alternavam entre ficar com o grupo mais perto da embarcação e seguir o grupo que se afastava da área. Em esta regra, pode acontecer um enviesamento das amostras, devido ao comportamento dos grupos maiores, dos grupos mais activos ou devido a quaisquer outros atributos que possam afectar a decisão do observador sobre que grupos amostrar (Mann, 1999).

Quanto à regra de registo, optou-se pelo registo *ad libitum*, que é tipicamente conhecido como a realização de notas de campo (Altmann, 1974), sempre que possível de uma forma contínua. Com este tipo de registo, o observador toma nota de tudo que pareça ter interesse, não existindo nenhum constrangimento sistemático naquilo que é registado ou quando é registado. As fases iniciais dos estudos comportamentais normalmente envolvem amostragens *ad libitum*, de modo a delinear questões para a investigação (Martin & Bateson, 1993). No entanto, muitos observadores continuam a usar esta técnica de amostragem ao longo dos seus estudos, especialmente quando estão a seguir grupos (Mann, 1999).

É ainda de referir que existem alguns constrangimentos no estudo de animais como os golfinhos-roazes no Sado, sendo particularmente relevante o facto de a maior parte das suas actividades se realizarem debaixo de água. Tal como no Sado, a correspondência entre os comportamentos à superfície (observáveis) e debaixo da água (não observáveis) é desconhecida para a maior parte dos estudos de cetáceos. Esta informação seria fundamental para perceber se surgem enviesamentos ao confiar apenas nos dados da superfície visto que, a título de exemplo, alguns animais se alimentam em profundidade e não durante os momentos à superfície. Uma opção, quando tal correspondência não é possível, é definir que as vindas à superfície entre mergulhos longos de alimentação fazem parte de um estado contínuo da actividade alimentar. Para tal ser correcto, e deste modo o período de mergulho ser incluído num estado comportamental, é necessário que a última actividade observada antes do mergulho e a primeira depois deste sejam a mesma (Mann, 1999). Tal como a

alimentação, outros comportamentos não se alteram com a vinda dos animais à superfície para respirar (por exemplo, a socialização, o repouso, a deslocação).

Quando alguns comportamentos ocorrem consistentemente fora do alcance visual do observador, este pode utilizar diversas pistas auxiliares. Podem ser utilizadas observações de eventos para definir estados, ou pistas indirectas (por exemplo, avistamento de peixe à superfície ou mudanças rápidas de direcção de deslocação) para definir estados não-observáveis (por exemplo, actividade alimentar). Deste modo, pela combinação destas técnicas, os observadores podem desenvolver definições comportamentais e protocolos sistemáticos de modo a abarcar todo o leque de comportamentos dos cetáceos (Mann, 1999).

Tendo em conta todas estas condicionantes, e a partir dos elementos comportamentais observados, em trabalhos anteriores foi feita uma categorização da diversidade comportamental e padrões de actividade reconhecíveis. A definição destes padrões de actividade teve em vista a análise do modo como os animais distribuem as suas actividades nas diferentes zonas do estuário e como estas se relacionam com as várias vocalizações emitidas.

Assim, neste trabalho, seguindo critérios de dos Santos (1998), optou-se por utilizar as seguintes categorias de actividades predominantes:

- Actividade alimentar com interacções
  - normalmente observam-se várias unidades afastadas, podendo, no entanto, formar-se um único grupo;
  - a distância média entre os indivíduos numa unidade é baixa, mas as várias unidades podem encontrar-se distanciadas entre si;
  - o grupo não apresenta uma direcionalidade global de deslocação nítida;
  - a velocidade global do grupo é média ou baixa;
  - as submersões apresentam um padrão variável, o que significa que mesmo que ocorram muitos mergulhos, os animais passam pouco tempo submersos;

- ocorrem diversos comportamentos à superfície, por vezes envolvendo mais do que um animal: saltos frontais, laterais ou em elevação, emersões ventrais, golpes caudais na água, etc;
- ocorrência ocasional ou frequente de presas à superfície, podendo observar-se a presença de gaivotas voando em círculos sobre os grupos.
- Actividade alimentar sem interacções
  - observam-se várias unidades pequenas, que podem estar afastadas entre si;
  - a distância média entre os indivíduos numa unidade é baixa;
  - a direcionalidade global de deslocação do grupo é variável, i.e., podem deslocar-se numa direcção bem definida, ou permanecer numa área alargada por períodos prolongados, ou as várias unidades podem derivar em direcções diferentes;
  - a velocidade global do grupo é média ou baixa;
  - as submersões apresentam um padrão alternado, com mergulhos longos separados por sequências de ventilação;
  - ocasionalmente surgem outros comportamentos à superfície, como saltos e golpes caudais na água;
  - ocasionalmente observam-se presas à superfície.
- Interacções sociais
  - os golfinhos surgem em pequenos grupos separados;
  - a distância média entre os indivíduos é baixa, havendo contacto físico junto à superfície;
  - a direcionalidade global de deslocação do grupo, bem como a velocidade de deslocação, são normalmente baixas, embora por vezes alguma das unidades possa seguir uma direcção preferencial de deslocação;
  - os mergulhos são curtos;
  - observam-se numerosos comportamentos à superfície, por vezes envolvendo mais do que um animal, em que o contacto físico ou a sincronia comportamental são aspectos evidentes;
  - não se observa a ocorrência de presas à superfície.

▪ Deslocação simples

- um só grupo de golfinhos ou várias unidades alinhadas;
- distância média entre os indivíduos baixa, ocorrendo uma nítida deslocação do grupo numa determinada direcção;
- a velocidade global de deslocação do grupo é elevada;
- as submersões podem ser curtas ou pode haver alternância entre mergulhos prolongados e sequências de ventilação;
- raramente se observam outros padrões comportamentais à superfície;
- não se observa a ocorrência de presas à superfície.

Os padrões de actividade descritos para a categoria “Deslocação simples” denotam uma função nítida de deslocação eficaz do grupo de um local para outro. Na categoria “Interacções sociais” incluem-se as manifestações de jogo social, bem como outras formas de interacção social entre os indivíduos. Quanto às categorias “Actividade alimentar com interacções” e “Actividade alimentar sem interacções”, estas dizem respeito a actividades cuja principal motivação parece ser a alimentar. No entanto, optou-se por criar duas categorias distintas, pois a ocorrência ou a ausência de interacções sociais à superfície poderá ser relevante em termos da produção acústica dos animais.

*Registos complementares*

Paralelamente ao registos já mencionados, foram efectuados registos videográficos e fotográficos do comportamento dos golfinhos à superfície. A recolha de imagens de vídeo teve um carácter pontual mas permitiu, na sua análise *a posteriori*, identificar categorias comportamentais ou esclarecer dúvidas quanto a essa mesma identificação. As imagens fotográficas, para além desta função, foram incluídas nos arquivos dos estudos contínuos de foto-identificação a decorrer sobre a população de golfinhos-roazes do Sado.

### 7.3. A análise dos dados

#### *Análise acústica*

O processamento digital das emissões acústicas foi realizado num computador Apple PowerMacintosh 7100, utilizando o programa de análise de sons Canary 1.2.4., desenvolvido pela Universidade de Cornell, E.U.A. (Charif *et al.*, 1995). A aquisição dos sinais foi feita através da placa de som do computador, com a frequência de amostragem de 44100 Hz a 16 bits. Esta frequência de amostragem permite a análise até uma frequência acústica máxima de 22050 Hz, portanto adequada ao limite superior da cadeia de gravação.

As cassetes gravadas foram estudadas auralmente o que permitiu fazer uma classificação e catalogação das diversas vocalizações produzidas pelos golfinhos-roazes, bem como verificar a ocorrência de ruído subaquático e de sons produzidos por peixes (o que permitiu posteriormente caracterizar o ambiente acústico subaquático). Para determinar a ocorrência de ruído subaquático procedeu-se a uma avaliação subjectiva, com concordância inter-observadores. De modo a detectar a presença/ausência destes sinais, foi considerado o nível de ruído ambiente como sendo significativo ou relativamente desprezível (para o ouvido humano).

Posteriormente a esta análise, os registos acústicos foram adquiridos para o computador em sub-amostras de um minuto, sendo efectuados os respectivos sonogramas. A partir destes gráficos, que expressam a distribuição da energia numa escala de frequência ao longo do tempo, foi contabilizado o número de diferentes unidades de vocalização. Os ficheiros com os sinais digitalizados foram guardados em CD's, tendo sido usada uma nomenclatura que permite encontrar facilmente os períodos respectivos nas cassetes, tal como facilita a sua relação com os restantes dados recolhidos: «Sinal-ano.mês.dia.hora.minuto.segundo» (p.ex.: Ass-00.07.27.15.27.00). Os sonogramas que continham sons de peixes foram comparados com os sonogramas de dos Santos *et al.* (2000), podendo-se concluir serem sirenes ou tamborilados de charroco.

Neste trabalho não se pretendeu produzir uma descrição acústica detalhada das vocalizações, mas apenas registrar a sua ocorrência no sentido de estudar os seus aspectos funcionais na vida dos golfinhos-roazes. As unidades de vocalização consideradas neste trabalho foram: 1 assobio; 1 trem de estalidos discerníveis; 1 série de zurros; 1 som pulsado distinto dos dois anteriores (estes últimos foram incluídos na categoria “Outros sons pulsados”).

Para contabilizar o número total de unidades de vocalização registadas foram utilizadas as amostras em que fosse clara a distinção dos sinais, pelo que temos um valor de  $n=321$ , correspondendo a 321 minutos de amostragem no campo e posterior análise em laboratório. Para realizar a análise estatística, porém, foram considerados apenas 88 períodos de amostragem independentes, correspondentes às amostragens com intervalos médios de 30 minutos. Estes períodos variaram entre 1 e 15 minutos de duração, pelo que foi feita a média do número das diferentes unidades de vocalização por minuto. Assim, quando neste trabalho se menciona a ocorrência de um determinado tipo de sinal, entenda-se o número médio de unidades desse tipo de sinal por minuto, relativamente a cada uma das 88 amostras (de duração variável) independentes.

#### *Análise estatística*

Para analisar os dados obtidos foram utilizados testes não paramétricos. Os testes não paramétricos são geralmente menos potentes do que os seus equivalentes paramétricos. No entanto, estão livres dos pressupostos que estes últimos requerem (Martin & Bateson, 1993). Para além deste facto, permitem analisar dados que não constituem uma escala racional, como é o caso de algumas das variáveis registadas neste trabalho, de natureza nominal (p.ex.: zonas do estuário e actividades comportamentais predominantes).

Os valores das amostras quase invariavelmente diferem de algum modo, sendo a questão decidir se estas diferenças significam que existem diferenças genuínas na população ou se representam as variações que são esperadas entre amostras aleatórias da mesma população (Siegel & Castellen, 2000). A análise de variância (ANOVA) de Kruskal-Wallis é um teste usado para avaliar diferenças de amostras

independentes entre três ou mais condições (Gravetter & Wallnau, 2000). Este método é usado quando a variável independente é medida apenas numa escala nominal - i.e., é um atributo qualitativo como uma zona de amostragem (Martin & Bateson, 1993). Neste trabalho, este teste foi usado para decidir a existência de diferenças na ocorrência da visibilidade nas diferentes zonas do estuário, na ocorrência dos diversos sons nas diferentes zonas e na ocorrência dos diversos sons em função das actividades comportamentais. Este teste foi igualmente utilizado por Sjare & Smith (1986b) e dos Santos (1998) para determinar o efeito das actividades comportamentais na produção das diferentes vocalizações.

Para determinar que pares de amostras diferem significativamente, quando a hipótese nula do teste de Kruskal-Wallis é rejeitada, foi usado o teste de comparações múltiplas de Dunn (Zar, 1984).

O teste de Mann-Whitney é equivalente ao teste de Kruskal-Wallis, mas serve para testar a diferença apenas entre duas condições (Gravetter & Wallnau, 2000). Assim, foi utilizado para estudar a existência de diferenças significativas entre a ocorrência das várias vocalizações e o ambiente acústico subaquático (ruído naval e/ou industrial e sons de peixes que foram expressos numa escala 0/1 de ausência ou ocorrência).

A estatística de qui-quadrado pode ser utilizado para analisar se existe ou não uma relação de independência entre duas variáveis medidas numa escala nominal (Martin & Bateson, 1993). Para realizar o teste do qui-quadrado foi utilizado o programa ACTUS que analisa tabelas de contingência bidimensionais através de estatística de simulação. Este programa permite localizar as células das tabelas de valores observados que são responsáveis pela eventual rejeição da hipótese nula (Almada & Oliveira, 1997). Este método foi igualmente usado por dos Santos (1998) para analisar, por exemplo, a distribuição das diferentes actividades pelas zonas do estuário em que foram realizadas gravações. Neste trabalho, o programa ACTUS permitiu testar a independência entre o ambiente acústico subaquático e as zonas do estuário, entre as actividades comportamentais e as zonas do estuário, entre as classes de tamanho do grupo de golfinhos e as zonas do estuário e ainda entre as

actividades e classes de visibilidade e entre as actividades e o ambiente acústico subaquático.

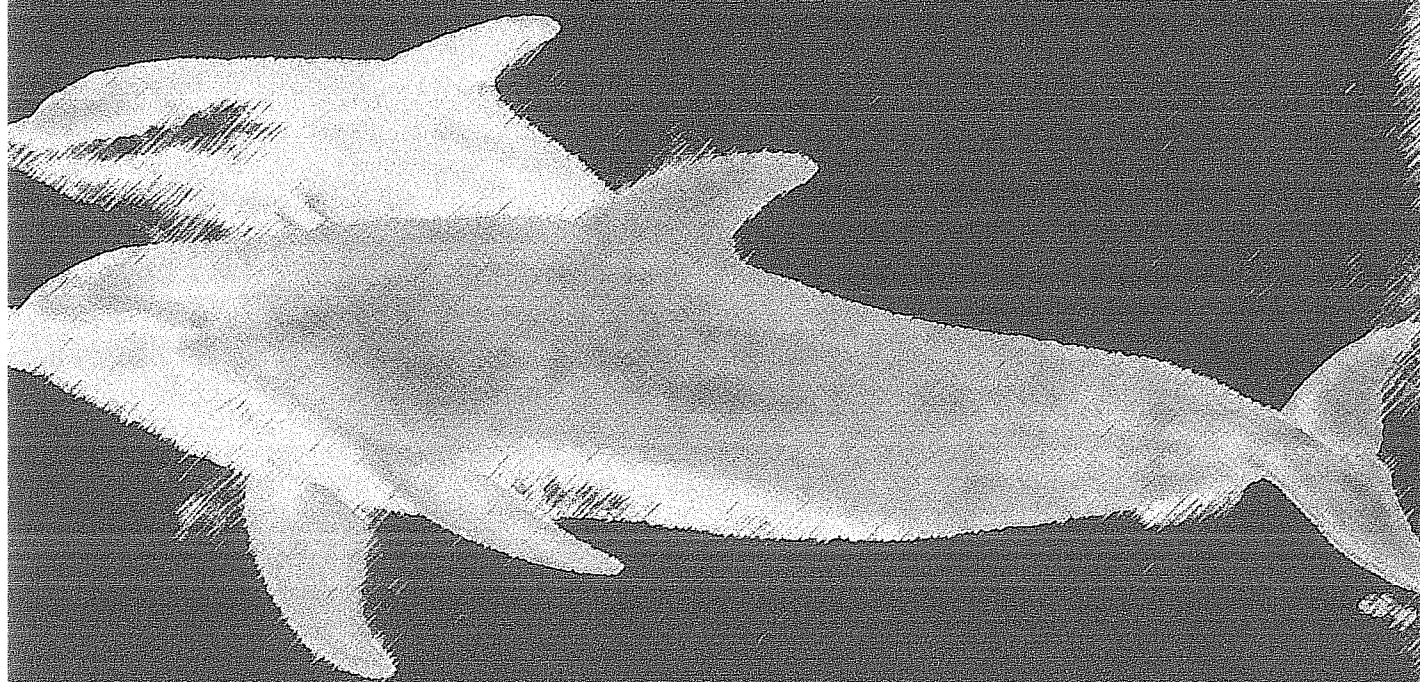
O coeficiente de correlação de Spearman é uma estatística não paramétrica que mede a associação entre duas variáveis (Siegel & Castellen, 2000). Requer que as medidas tenham sido feitas numa escala ordinal ou racional (que é o caso das variáveis que foram correlacionadas). Quando se calcula uma correlação entre duas variáveis é necessário levar em conta que não se podem estabelecer quaisquer relações de causalidade e que, por vezes, a correlação não se deve sequer à associação entre as duas variáveis em causa. Pode acontecer que a correlação surja devido ao facto de as duas variáveis medidas estarem independentemente associadas com uma terceira variável (Martin & Bateson, 1993). Tal como em dos Santos (1998), esta análise foi usada para testar a associação entre a produção dos diferentes sons e o tamanho dos grupos dos golfinhos, a associação entre os sons e a visibilidade da água e também para testar, entre si, a associação dos diversos tipos de sons. Para realizar estes testes estatísticos foi utilizado o programa STATISTICA (StatSoft, Inc.).

Por fim, recorde-se ainda que o nível de significância de um teste é a probabilidade de o teste estatístico conduzir à rejeição da hipótese nula, quando esta é verdadeira, i.e., o nível de significância indica a probabilidade de cometer um erro do tipo I (Siegel & Castellan, 2000). Assim, para evitar este tipo de erros, o nível de significância utilizado no estudo em geral foi de 0.05, considerado como significativo (Lehner, 1996).

No entanto, o nível de significância escolhido refere-se a um único e independente teste estatístico para uma hipótese. Mas ao realizar múltiplos testes não independentes, como o efeito de uma variável medida em vários subgrupos, a probabilidade de ocorrer um erro do tipo I aumenta. Isto acontece neste trabalho, quando os quatro tipos de vocalizações são relacionadas com as zonas do estuário, com a visibilidade, com o ambiente acústico subaquático, com as actividades e com o tamanho do grupo. Tendo em consideração o que atrás foi exposto, foi realizada a correcção de Bonferroni para determinar o nível de significância aplicado a cada um dos testes (Bakeman & Gottman, 1986 in Lehner, 1996). Portanto, foi aplicada a seguinte fórmula: nível significância para cada teste = (nível de significância para o

estudo em geral) / (número de testes realizados). Obteve-se o nível de significância de 0.0125 ( $=0.05/4$ ), que foi o considerado nos testes atrás mencionados. Devo salientar que, apesar do nível de significância considerado, por vezes surgem resultados com um nível de significância superior, mas que foram incluídos porque indicam uma tendência dos dados.

# RESULTADOS



### **III - RESULTADOS**

#### **8 - O meio dos golfinhos-roazes**

No trabalho de campo, que permitiu a recolha dos dados que de seguida serão apresentados, os golfinhos-roazes foram observados durante 79 horas, tendo sido realizadas 92 amostragens. O tempo total das amostragens efectuadas foi 358 minutos ( $\cong$  6 horas), o que indica que cada amostragem durou, em média, cerca de 4 minutos. Para análise global e exploratória dos dados, foram apenas utilizados os minutos de amostragens (cada minuto corresponde a uma amostra) em que existiam registos completos e seguros das diversas variáveis em estudo.

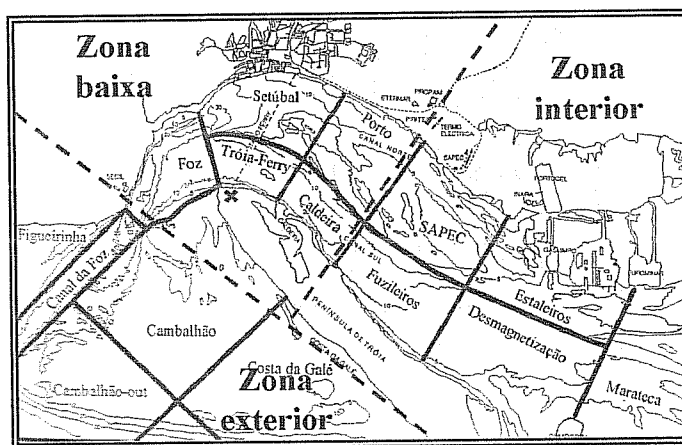
Neste capítulo são mostrados os resultados do tratamento dos dados referentes à caracterização do meio ambiente em que os golfinhos-roazes se inserem, tanto em termos ecológicos como comportamentais. Serão consideradas as seguintes variáveis: zona do estuário, visibilidade da água, ambiente acústico subaquático, actividades comportamentais predominantes e tamanho dos grupos de golfinhos.

##### **8.1. As zonas do estuário**

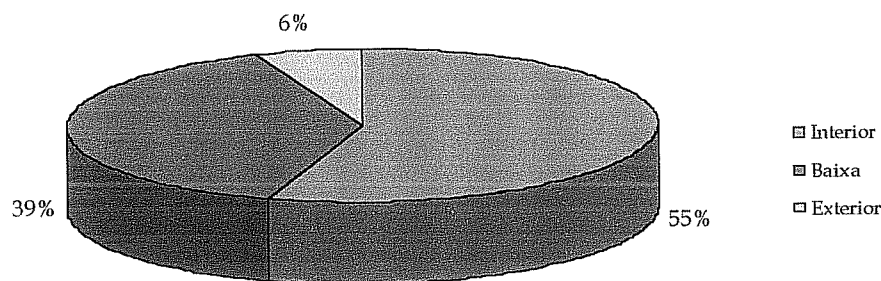
Para esta análise, as diversas zonas do estuário do Sado onde se realizaram amostragens (referenciadas na metodologia) foram agrupadas em:

- Zona exterior do estuário - para fora do canal da foz.
- Zona baixa do estuário - desde a foz até à margem industrializada do Canal Norte e até à zona da Caldeira de Tróia.
- Zona interior do estuário - desde o início do Canal Sul, para montante da Caldeira de Tróia.

**Figura 8.1.**  
Divisão da área de estudo em três zonas para a análise estatística (adaptado de dos Santos, 1998).



Para o total de 88 amostras, obtiveram-se 5 amostras realizadas na zona exterior do estuário, 34 realizadas na zona baixa do estuário e 48 realizadas na zona interior do estuário.

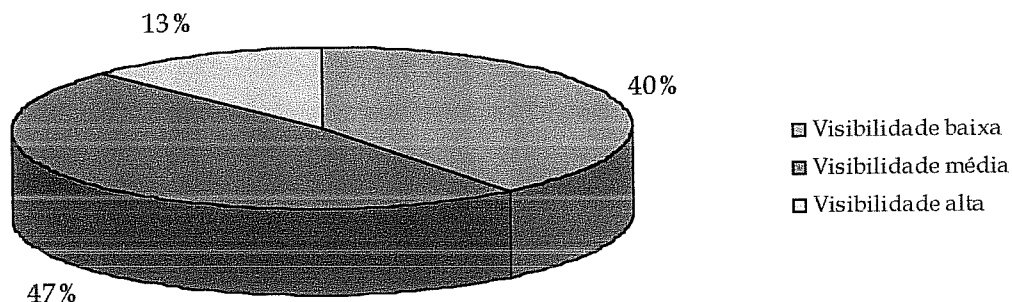


**Figura 8.2.**  
Percentagem das amostragens realizadas nas várias zonas do estuário (n=88).

## 8.2. A visibilidade

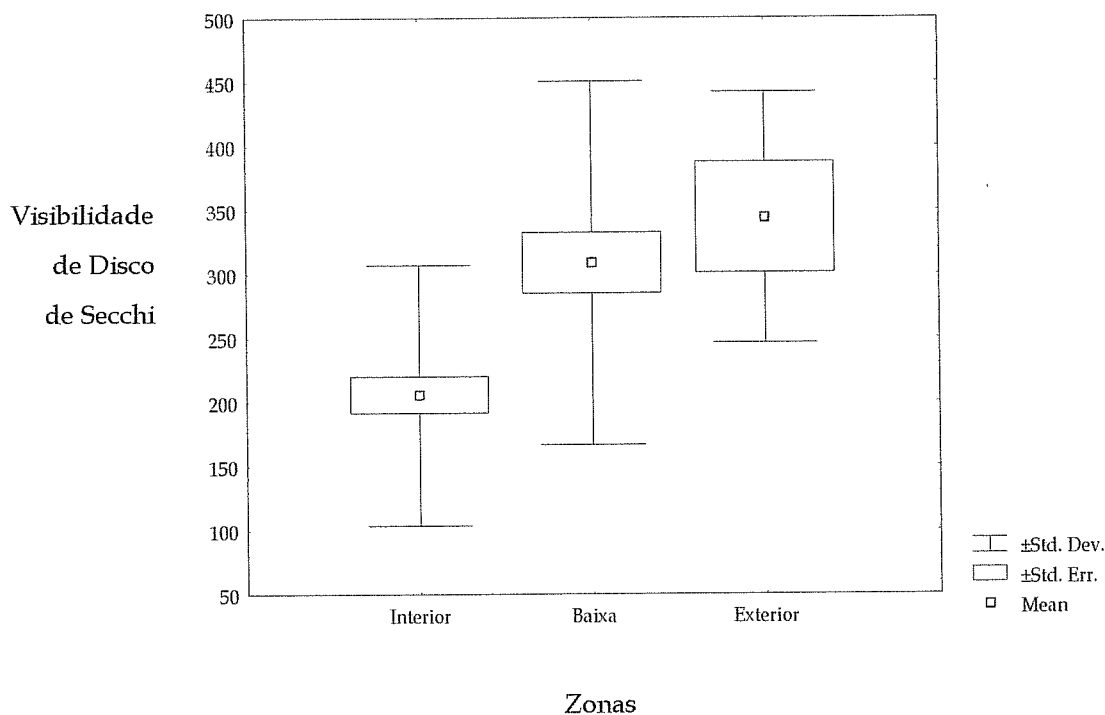
Para efectuar a análise exploratória, os dados contínuos referentes à visibilidade de Disco de Secchi foram incluídos nas seguintes classes de profundidade:

- Visibilidade baixa: menor que 200 cm (35 amostras);
- Visibilidade média: entre 200 e 400 cm (42 amostras);
- Visibilidade alta: maior que 400 cm (11 amostras).



**Figura 8.3.**  
 Percentagem de ocorrência das várias classes de visibilidade de Disco de Secchi (n=88).  
 Os valores em cada uma das classes representam profundidades em centímetros.

Para analisar a relação entre a visibilidade de Disco de Secchi e as diferentes zonas do estuário, foi feito o teste de Kruskal-Wallis, sendo  $H_0$ : Não existem diferenças na visibilidade entre as várias zonas. Os resultados deste teste ( $H(2, N=88)=17.038$ ;  $p < 0.001$ ) permitem rejeitar a hipótese nula, pelo que se constata que a visibilidade está dependente da zona do estuário. Pelo gráfico, pode observar-se uma tendência nítida para o aumento médio da visibilidade de Disco de Secchi do interior para o exterior do estuário.



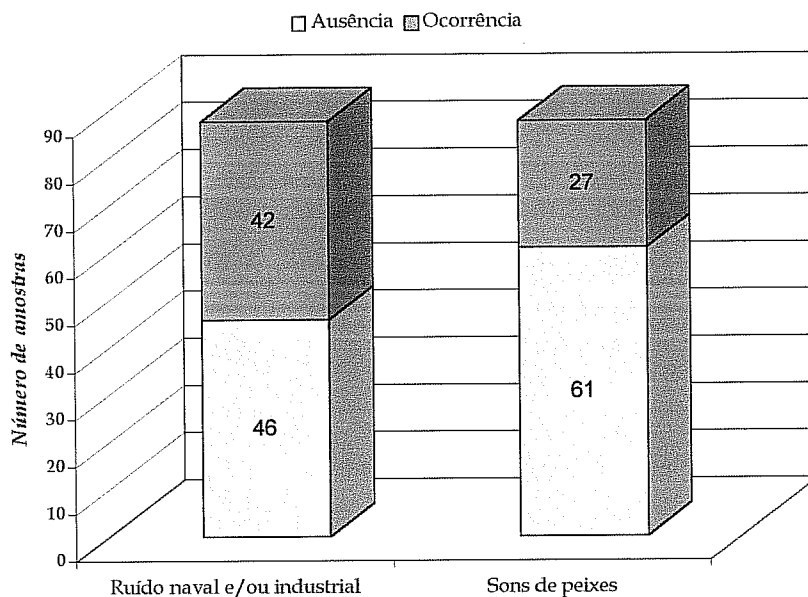
**Figura 8.4.**  
 Valores médios da visibilidade de Disco de Secchi nas três zonas do estuário (n=88).

O teste de comparações múltiplas de Dunn, confirmou a existência de diferenças na visibilidade da água entre a zona interior e a zona baixa ( $Q_{obtido}=3.644 > Q_{tabelado}=3.588$ ;  $k=3$  e  $p=0.001$ ).

### 8.3. O ambiente acústico subaquático

A variável “ambiente acústico subaquático” engloba, neste trabalho, o registo do ruído subaquático de origem naval e/ou industrial, bem como dos sons produzidos por peixes (Figura 8.5.).

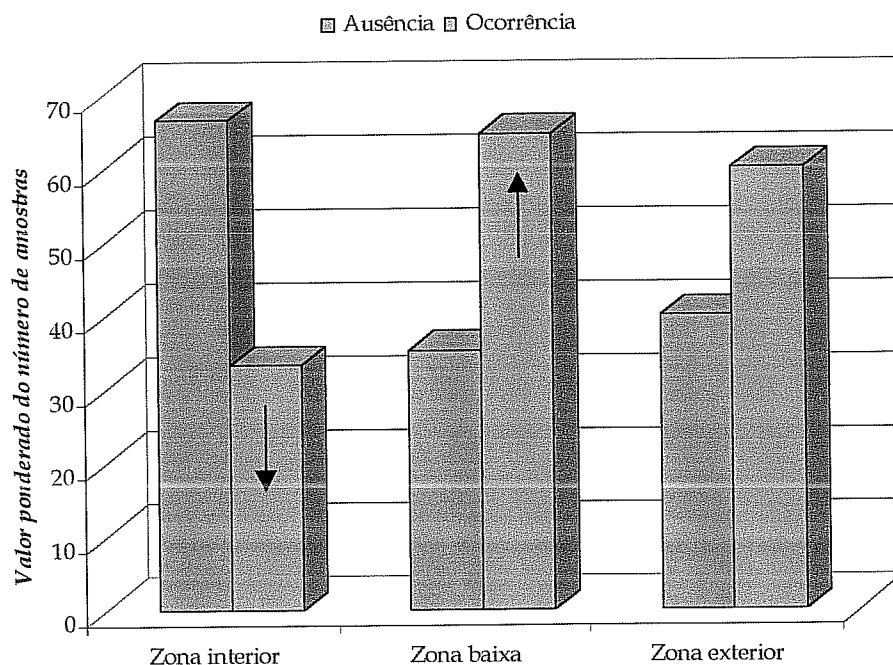
Para testar a independência do ambiente acústico subaquático em função das zonas do estuário, foram elaboradas tabelas de contingência, testadas através do ACTUS, com a distribuição da presença ou ausência de ruído naval e/ou industrial e de sons de peixes pelas três zonas do estuário.



**Figura 8.5.**

Número de amostras em que se verificou a ocorrência e a ausência de ruído naval e/ou industrial e sons de peixes (n=88).

Assim, considerou-se  $H_0$ : A ocorrência de ruído naval e/ou industrial é independente da zona do estuário. Os resultados mostram que a distribuição não é independente ( $p<0.001$ ) e as entradas significativamente superiores e inferiores ao esperado, quando existe ocorrência de ruído, são indicadas de seguida.

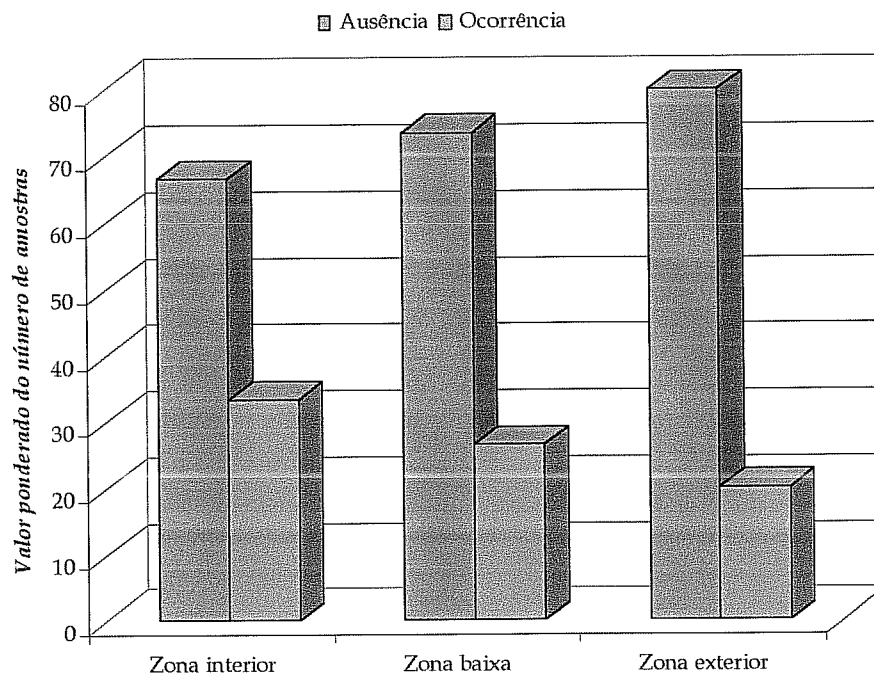


**Figura 8.6.**

Valor ponderado do número de amostras em se verificou a ausência e a ocorrência de ruído naval e/ou industrial (n=88). A seta para cima indica um valor significativamente superior ao esperado e a seta para baixo indica um valor significativamente inferior ao esperado.

Pelo figura 8.6., pode observar-se que o valor de ocorrência de ruído naval e/ou industrial na Zona Interior do estuário é inferior ao esperado ( $p < 0.01$ ) e que é superior ao esperado na Zona Baixa do estuário ( $p < 0.05$ ).

Quanto aos sons de peixes, um tratamento equivalente ao anterior mostrou que a ocorrência destes sons é independente da zona do estuário. Apesar disto, pela observação do gráfico seguinte pode observar-se uma ligeira tendência para a diminuição dos sons de peixes da zona interior para a zona exterior.



**Figura 8.7.**  
Valor ponderado do número de amostras em se verificou a ausência e a ocorrência de sons produzidos por peixes (n=88).

#### 8.4. *As actividades comportamentais*

Nesta parte inicial da análise foi observado o número de amostras em que ocorreram as quatro categorias comportamentais, bem como a sua relação com a zona do estuário em que decorreram os registos.

A categoria "Actividade alimentar com interacções" apresenta 29 amostras, a categoria "Actividade alimentar sem interacções" apresenta 16 amostras, a categoria "Interacções sociais" apresenta 13 amostras e a categoria "Deslocação simples" apresenta 30 amostras.

- Act. alimentar com interacções
- Act. alimentar sem interacções
- Interacções sociais
- Deslocação simples

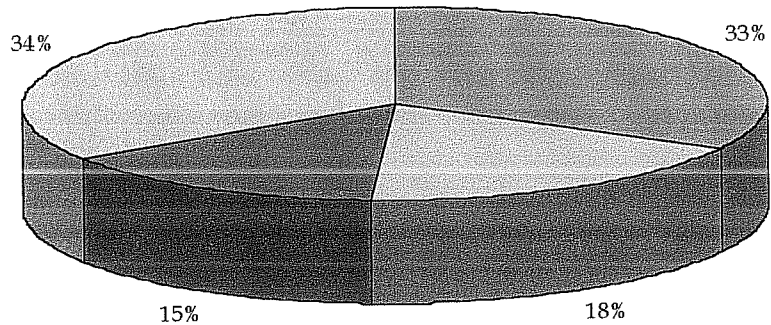
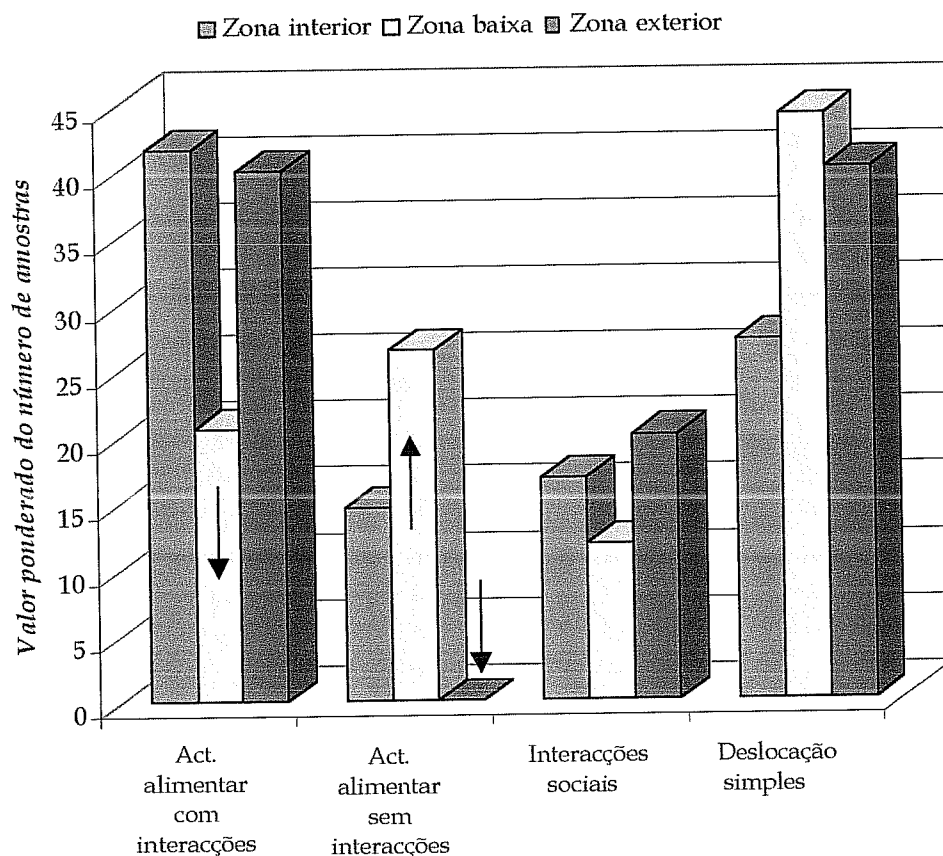


Figura 8.8.

Percentagem de ocorrência das várias categorias comportamentais (n=88).

De novo, foi utilizado o ACTUS para testar a independência das categorias comportamentais em função das zonas do estuário, sendo  $H_0$ : A ocorrência das actividades comportamentais é independente da zona do estuário. Os resultados mostram que a distribuição não é independente ( $p < 0.001$ ) e as entradas significativamente superiores e inferiores ao esperado, quando existe ocorrência de ruído, são indicadas na figura 8.9..

Observa-se que a categoria "Actividade alimentar com interacções" surge menos vezes do que seria de esperar na Zona Baixa ( $p < 0.01$ ) e que a categoria "Actividade alimentar sem interacções" surge mais vezes do que seria de esperar na Zona Baixa ( $p < 0.01$ ) e menos vezes do que seria de esperar na Zona Exterior ( $p < 0.001$ ).



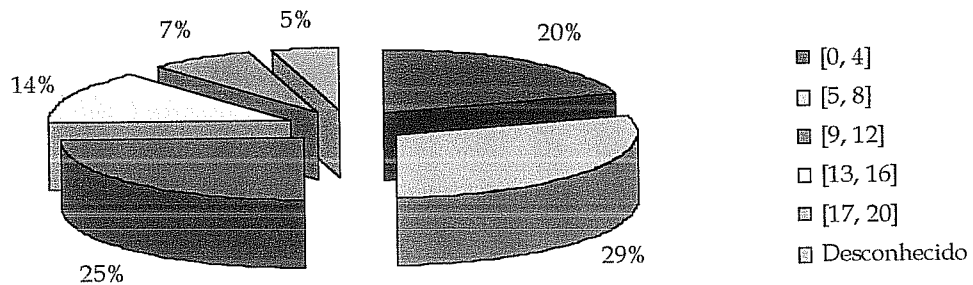
**Figura 8.9.**

Valor ponderado do número de amostras em se verificou a ocorrência das diversas categorias comportamentais nas três zonas do estuário (n=88). A seta para cima indica um valor significativamente superior ao esperado e a seta para baixo indica um valor significativamente inferior ao esperado.

### 8.5. O tamanho dos grupos

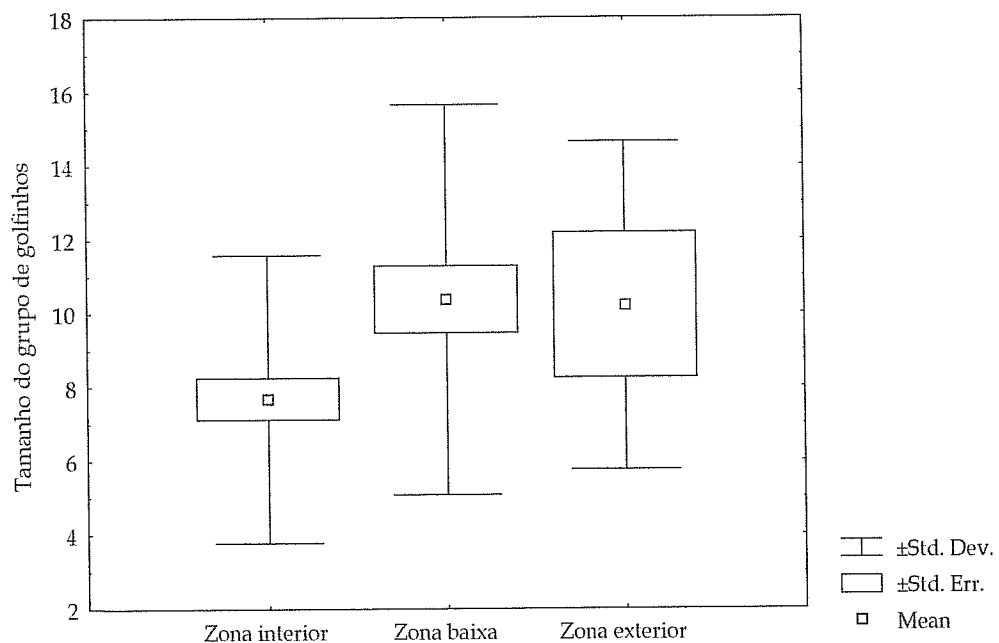
O tamanho dos grupos de golfinhos, nesta parte da análise foi categorizado em diferentes classes de tamanho. Assim, temos:

- Entre 0 e 4 golfinhos: 18 amostras;
- Entre 5 e 8 golfinhos: 26 amostras;
- Entre 9 e 12 golfinhos: 22 amostras;
- Entre 13 e 16 golfinhos: 12 amostras;
- Entre 17 e 20 golfinhos: 6 amostras;
- Tamanho desconhecido: 4 amostras.



**Figura 8.10.**  
 Percentagem de ocorrência das várias classes de tamanho do grupo de golfinhos observado (n=88).

Para relacionar o tamanho do grupo de golfinhos com a zona do estuário, foi usado o teste de Kruskal-Wallis, sendo  $H_0$ : Não existem diferenças no tamanho do grupo de golfinhos entre as várias zonas. Os resultados não foram significativos, pelo que se aceita a hipótese nula, i.e., o tamanho do grupo não depende da zona em que os golfinhos se encontram.



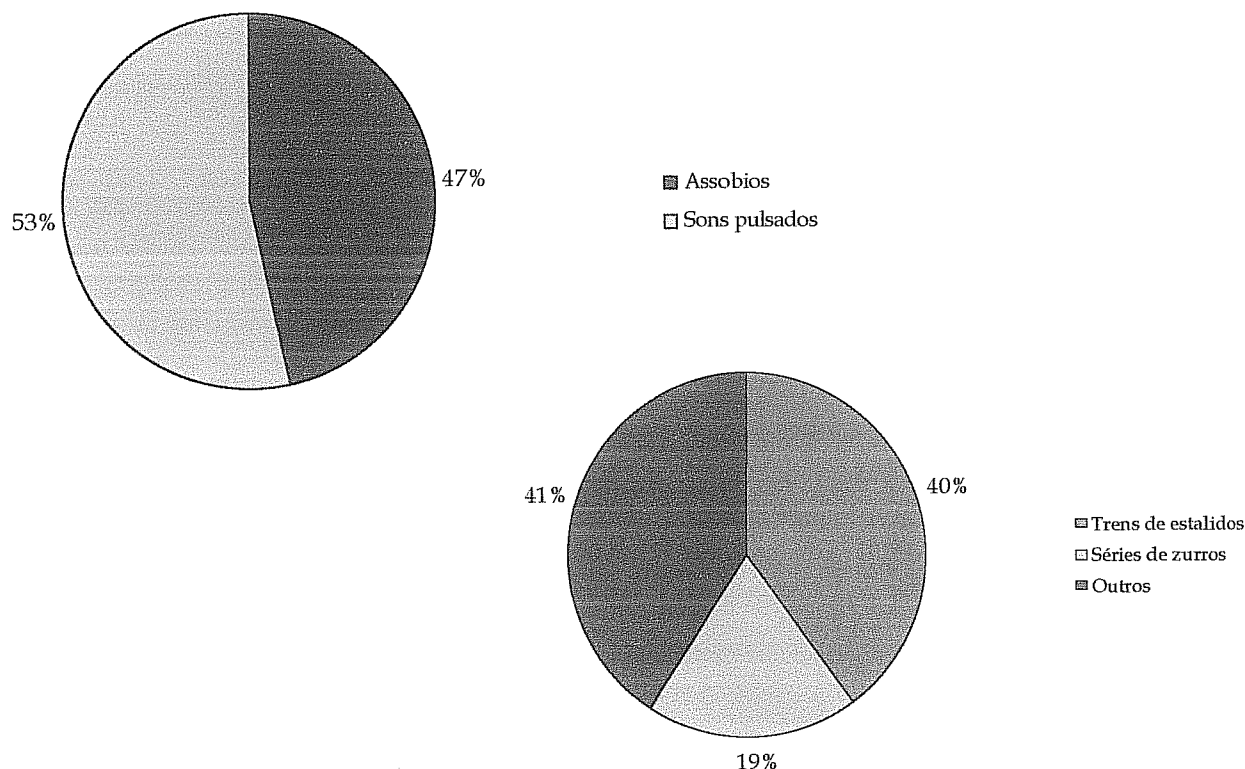
**Figura 8.11.**  
 Valores médios do tamanho do grupo de golfinhos nas três zonas do estuário (n=88).

## 9 - Os golfinhos-roazes e os seus sons

Neste capítulo são tratados os resultados da análise das emissões acústicas emitidas pelos golfinhos-roazes. Neste sentido, as diferentes unidades de vocalização foram relacionadas com as variáveis ecológicas - zona do estuário, visibilidade da água e ambiente acústico subaquático - e com as variáveis etológicas - actividade comportamental predominante, tamanho dos grupos de golfinhos e presença de outros grupos.

### 9.1. As diferentes unidades de vocalização

No decorrer deste trabalho, foram identificados diversas unidades de vocalização emitidos pelos golfinhos-roazes: assobios, trens de estalidos discerníveis e séries de zurros. Para além destes, foram registados outros sons (p.ex.: gemidos, grunhidos, chorincos) que se incluem na categoria "Outros".

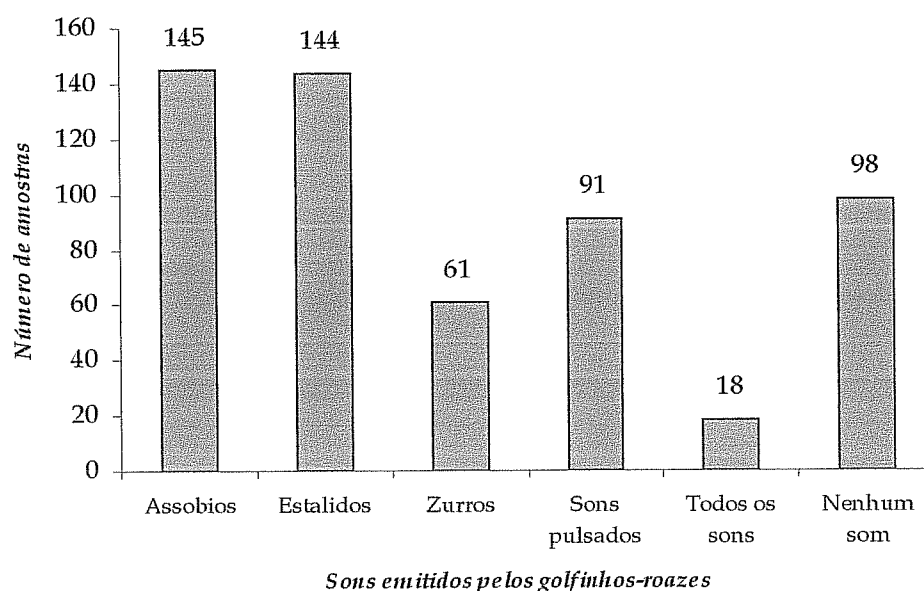


**Figura 9.1.**

Percentagem dos diferentes tipos de unidades de vocalização registados (n=1689). No gráfico A faz-se a distinção entre os sons pulsados e os sons contínuos (assobios) e no gráfico B distinguem-se os vários tipos de unidades de vocalização pulsadas.

Durante a análise dos dados obtidos foi registada a ocorrência de 1689 unidades de vocalização distintas. Destas, 787 registos são assobios, 360 são trens de estalidos, 173 são séries de zurros e ainda 369 registos de outros sons.

No total das amostras de 1 minuto consideradas ( $n=321$ ) para esta análise preliminar dos sons, apenas 223 continham os 1689 sons que foram emitidos pelos golfinhos-roazes. Assim, considerando apenas as amostras em que se verificou a sua ocorrência, temos uma média de 7.6 unidades de vocalização por amostra. No entanto, se considerarmos o número total de amostras este valor médio reduz-se para 5.3 unidades de vocalização por minuto, já que em 30% das amostras realizadas não se registou a ocorrência de sinais acústicos produzidos pelos golfinhos.



**Figura 9.2.**  
Número de amostras em que foram registados os diferentes tipos de sons emitidos pelos golfinhos-roazes ( $n=223$ ).

A partir deste gráfico, observa-se que no total de 223 amostras contendo sons produzidos pelos golfinhos-roazes, 65% contém assobios, 64% contém trens de estalidos, 27% contém séries de zurros e 41% contém outros sons. É importante referir que, em muitas situações, os diferentes sons são produzidos em simultâneo, verificando-se nomeadamente que em 8% das amostras surgiram todos os tipos de sons.

## 9.2. Os sons e as variáveis ecológicas

### As zonas do estuário

Para analisar a relação entre os vários tipos de sons e as diferentes zonas do estuário, foi feito o teste de Kruskal-Wallis. Assim, temos as seguintes hipóteses nulas:  $H_0$ : Não existem diferenças na ocorrência de assobios/trens de estalidos/séries de zurros/outros sons pulsados entre as várias zonas.

Os resultados deste teste para os trens de estalidos são significativos ( $H(2, N=88)=10.731$  e  $p<0.005$ ) e, portanto, existem diferenças na ocorrência de tens em função da zona do estuário. Quanto às restantes vocalizações, estas ocorrem independentemente da zona do estuário onde foram feitos os registos.

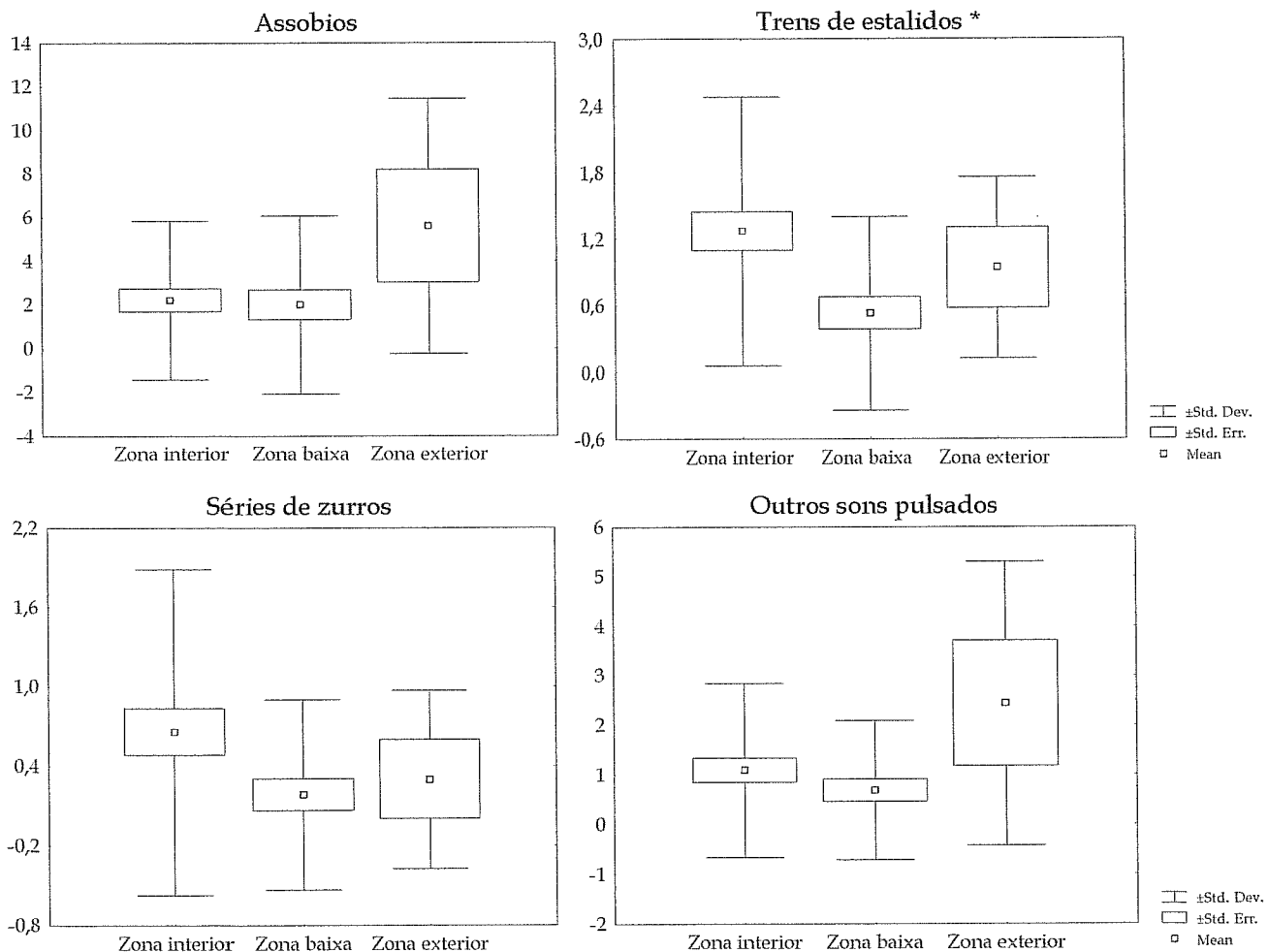


Figura 10.3.

Valores médios de ocorrência dos vários tipos de vocalizações nas três zonas do estuário (n=88).

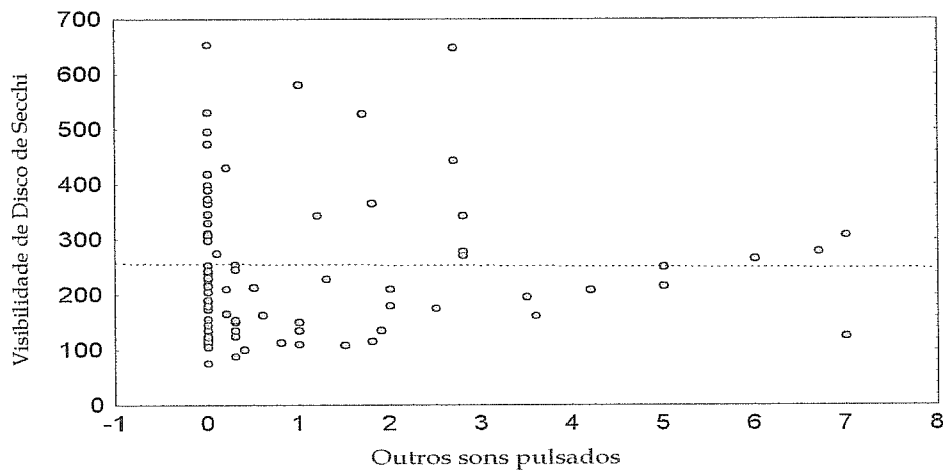
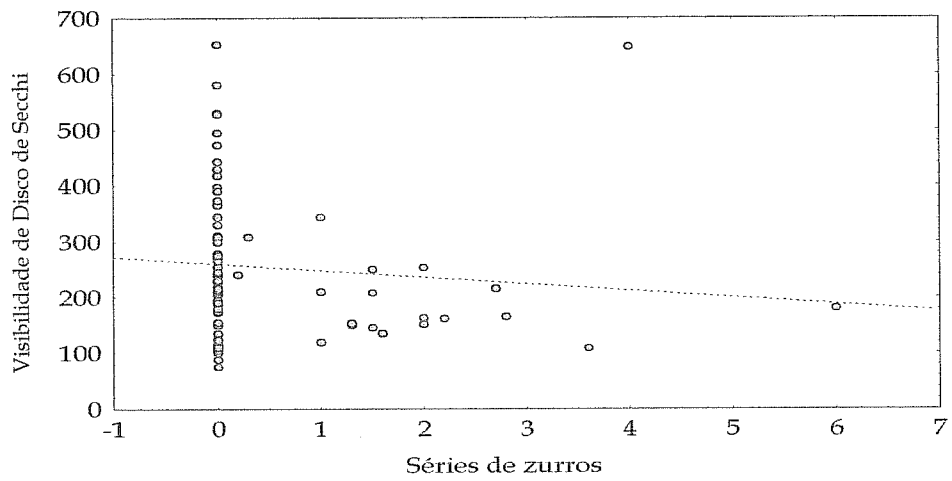
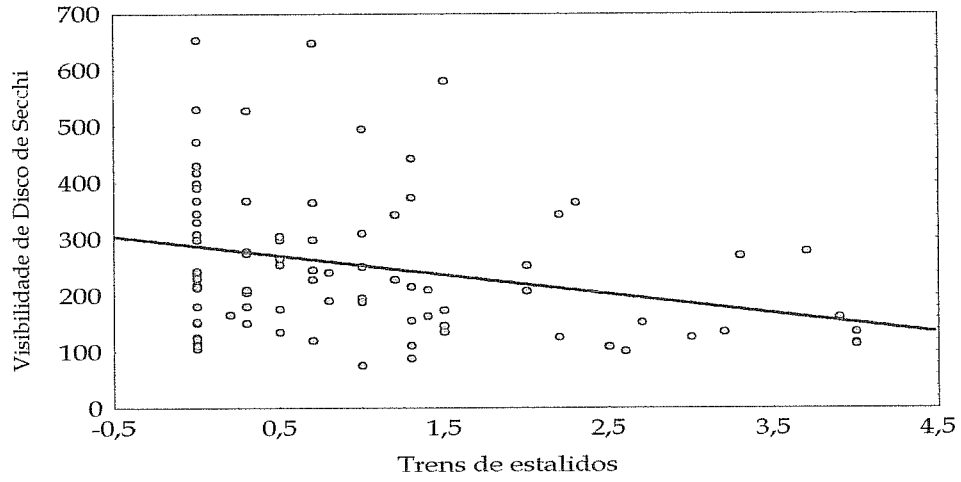
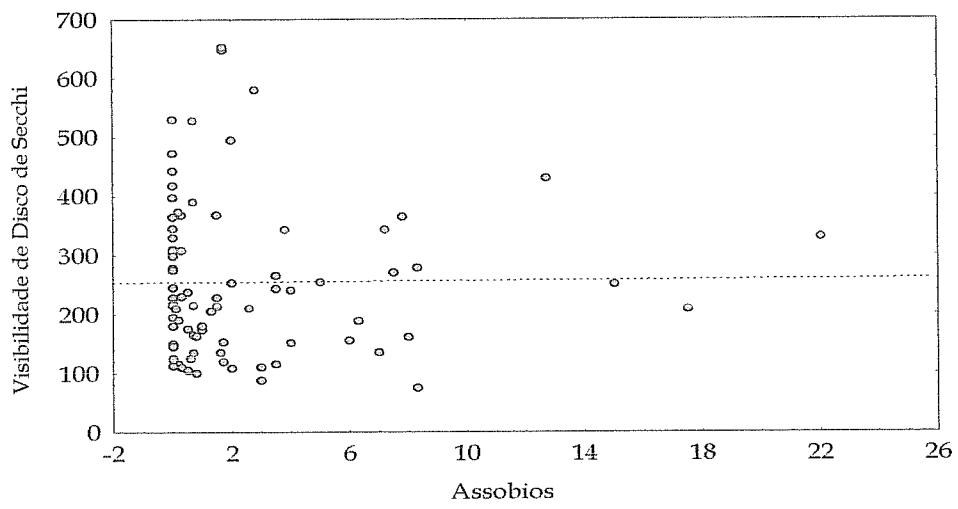
De seguida, foi utilizado o teste de Dunn para comparar a ocorrência de trens de estalidos nas três zonas. Observou-se que não existem diferenças na ocorrência deste sinal entre as zonas, pois o valor de Q obtido é inferior ao tabelado para o nível de significância 0.005.

### *A visibilidade*

Para estudar a relação entre a ocorrência das diferentes vocalizações em função da visibilidade de Disco de Secchi foi obtido o coeficiente de correlação de Spearman, sendo as hipóteses nulas as seguintes:  $H_0$ : Não existe relação entre a ocorrência de assobios/trens de estalidos/séries de zurros/outros sons pulsados e a visibilidade da água. Os resultados mostram que existe uma correlação negativa, embora, fraca entre a produção de trens de estalidos e a visibilidade da água ( $r_s = -0.3$ ;  $p < 0.005$ ). Isto significa que com o aumento da visibilidade da água diminui a ocorrência destas vocalizações. Para as restantes vocalizações não se obtiveram resultados significativos.

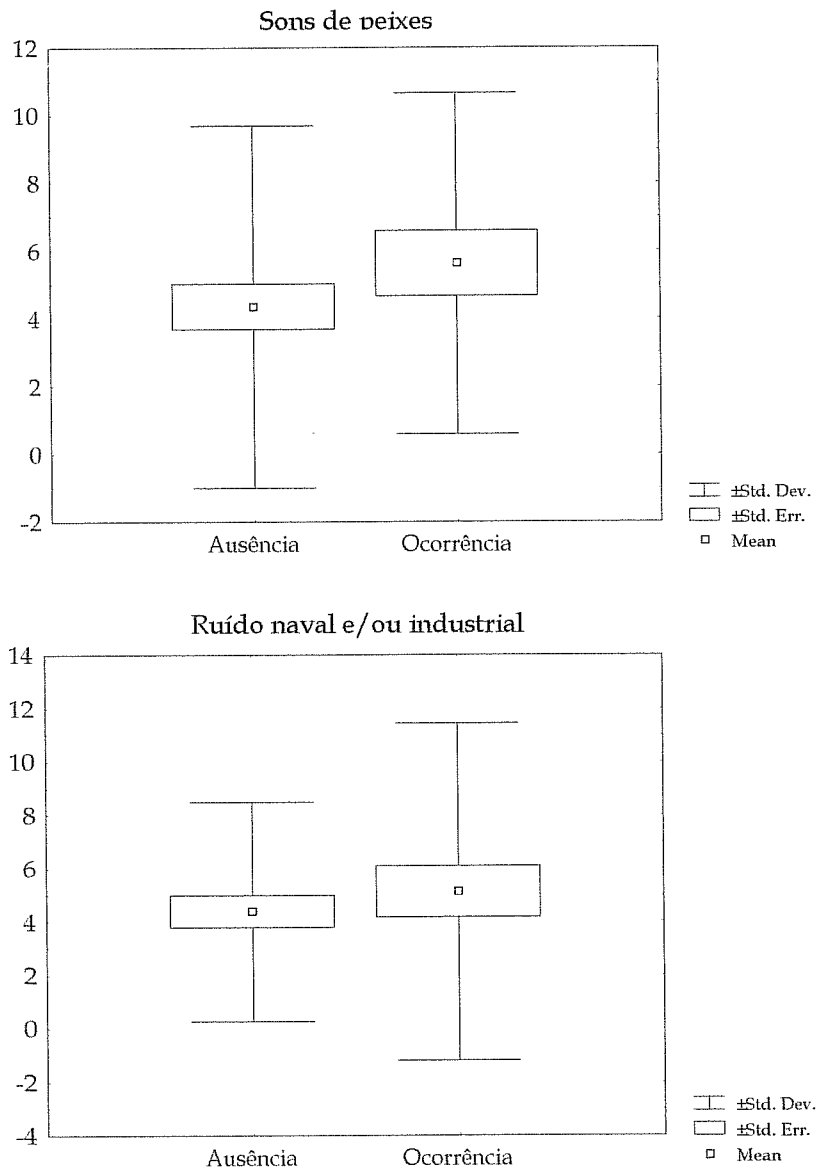
Figura 9.4.  
Relação entre os diversos tipos de vocalizações (número médio)  
e a visibilidade de Disco de Secchi (n=88).

(Legenda da figura da página seguinte)



## O ambiente acústico subaquático

Para estudar a relação entre os diversos tipos de vocalizações emitidos pelos golfinhos-roazes e o ambiente acústico subaquático, foi utilizado o teste de Mann-Whitney. Assim, temos  $H_0$ : Não existem diferenças na ocorrência de assobios/trens de estalidos/séries de zurros/outras sons pulsados em função da presença ou ausência de ruído naval e/ou industrial/sons de peixes.



**Figura 9.5.**

Valores médios de ocorrência de todas as vocalizações emitidas pelos golfinhos na ausência e na presença de sons de peixes e de ruído naval e/ou industrial (n=88).

Os resultados obtidos para qualquer uma destas relações não foram significativos, o que leva à aceitação das hipóteses nulas. Isto significa que, face aos dados recolhidos, a produção das vocalizações pelos golfinhos não é afectada pelo ruído subaquático, nem tão pouco pelas emissões acústicas de peixes.

Para não se tornar muito exaustivo, visto que os resultados não apontam diferenças, optou-se por agrupar todos os tipos de vocalizações e mostrar a sua variação média relativamente às variáveis em questão (Figura 9.5).

### 9.3. Os sons e as variáveis comportamentais

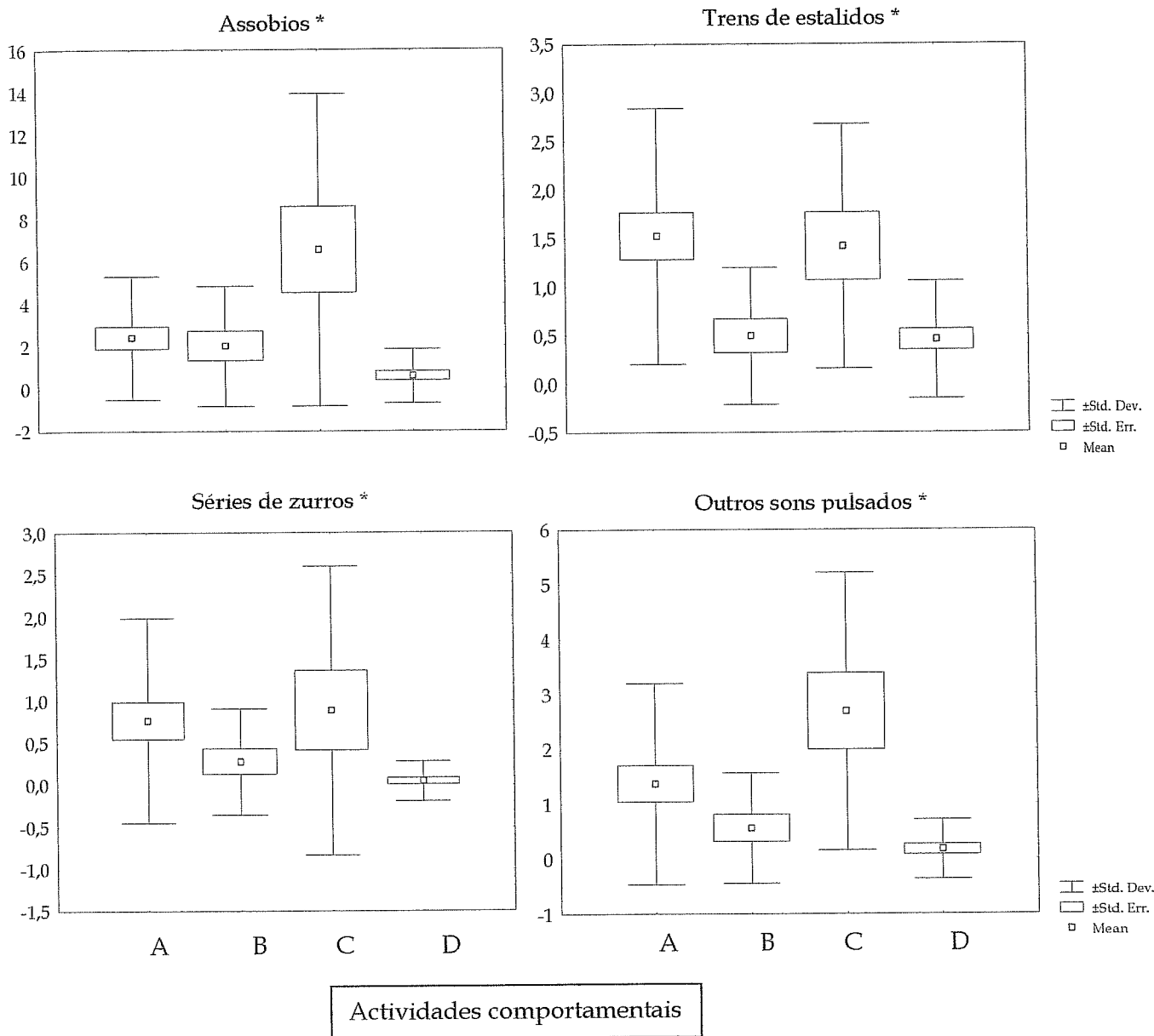
#### *As actividades comportamentais*

Para relacionar as diversas vocalizações com as actividades predominantes que os golfinhos apresentavam à superfície foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. Assim, temos  $H_0$ : Não existem diferenças na ocorrência de assobios/trens de estalidos/séries de zurros/outros sons pulsados em função da actividade comportamental. Os resultados obtidos estão resumidos na tabela seguinte.

**Figura 9.6.**  
Resultados do teste de Kruskal-Wallis  
para relacionar as vocalizações com as actividades comportamentais.

<i>Vocalizações</i>	Valor de H (3, N=88)	Valor de p
<i>Assobios</i>	19.863	<0.001
<i>Trens de estalidos</i>	18.480	<0.001
<i>Séries de zurros</i>	12.447	<0.01
<i>Outros sons pulsados</i>	27.351	<0.001

Portanto, para todos os tipos de sons é possível rejeitar a hipótese nula, o que significa que existem diferenças na ocorrência das vocalizações em função da actividade comportamental.



**Figura 9.7.**

Valores médios de ocorrência das vocalizações emitidas pelos golfinhos quando ocorrem diferentes actividades comportamentais (n=88): A - Actividade alimentar com interacções; B - Actividade alimentar sem interacções; C - Interacções sociais; D - Deslocação simples.

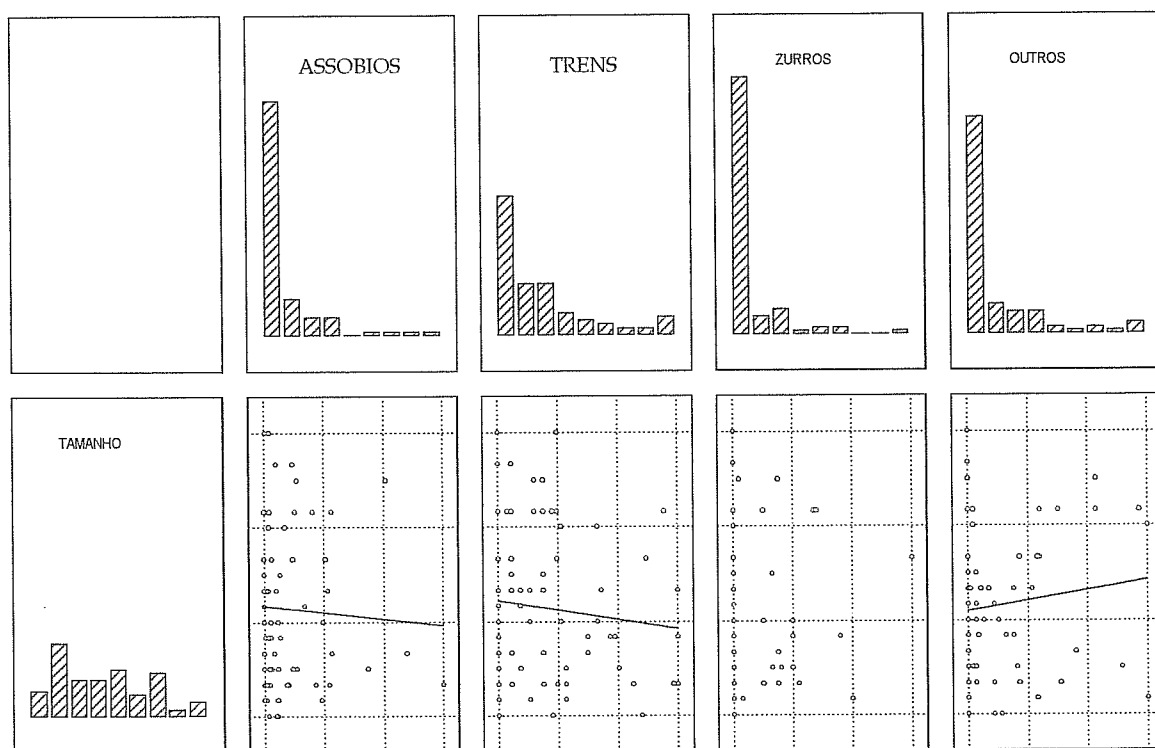
Ao realizar o teste de Dunn, surgiram diferenças entre os seguintes pares de actividades:

- Na ocorrência de assobios entre as "Interacções sociais" e a "Deslocação" ( $Q_{\text{obtido}}=Q_{\text{tabelado}}=3.89$ ;  $k=4$  e  $p=0.001$ );
- Ocorrência de outros sons pulsados entre a "Actividade alimentar com interacções" e a "Deslocação" ( $Q_{\text{obtido}}=3.896 > Q_{\text{tabelado}}=3.891$ ;  $k=4$  e  $p=0.001$ ) e entre as "Interacções sociais" e a "Deslocação" ( $Q_{\text{obtido}}=3.960 > Q_{\text{tabelado}}=3.891$ ;  $k=4$  e  $p=0.001$ ).

Para os trens de estalidos e os zurros, o teste de Dunn não mostrou a ocorrência de diferenças significativas entre qualquer um dos pares de actividades.

### *O tamanho do grupo*

Para avaliar se a ocorrência de vocalizações aumentava com o tamanho do grupo de golfinhos observado foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman, sendo  $H_0$ : Não existe relação entre a ocorrência de assobios/trens de estalidos/séries de zurros/outros sons pulsados e o tamanho do grupo. Os dados não indicaram qualquer relação entre as várias vocalizações e o tamanho do grupo de golfinhos.



**Figura 9.8.**

Relação entre as vocalizações (número médio de vocalizações por minuto) e o tamanho do grupo de golfinhos (n=88).

### Relação entre os sons

Para finalizar esta análise foram ainda calculados os coeficientes de correlação de Spearman entre as várias vocalizações (por exemplo,  $H_0$ : Não existe relação entre a ocorrência de assobios e a ocorrência de trens de estalidos), tendo sido obtidas as relações significativas que a seguir se indicam.

Existe uma correlação positiva moderada mas significativa entre a ocorrência de outros sons pulsados e trens de estalidos ( $r_s=0.44$ ;  $p<0.0001$ ), bem como entre a ocorrência de outros sons pulsados e zurros ( $r_s=0.37$ ,  $p<0.001$ ).

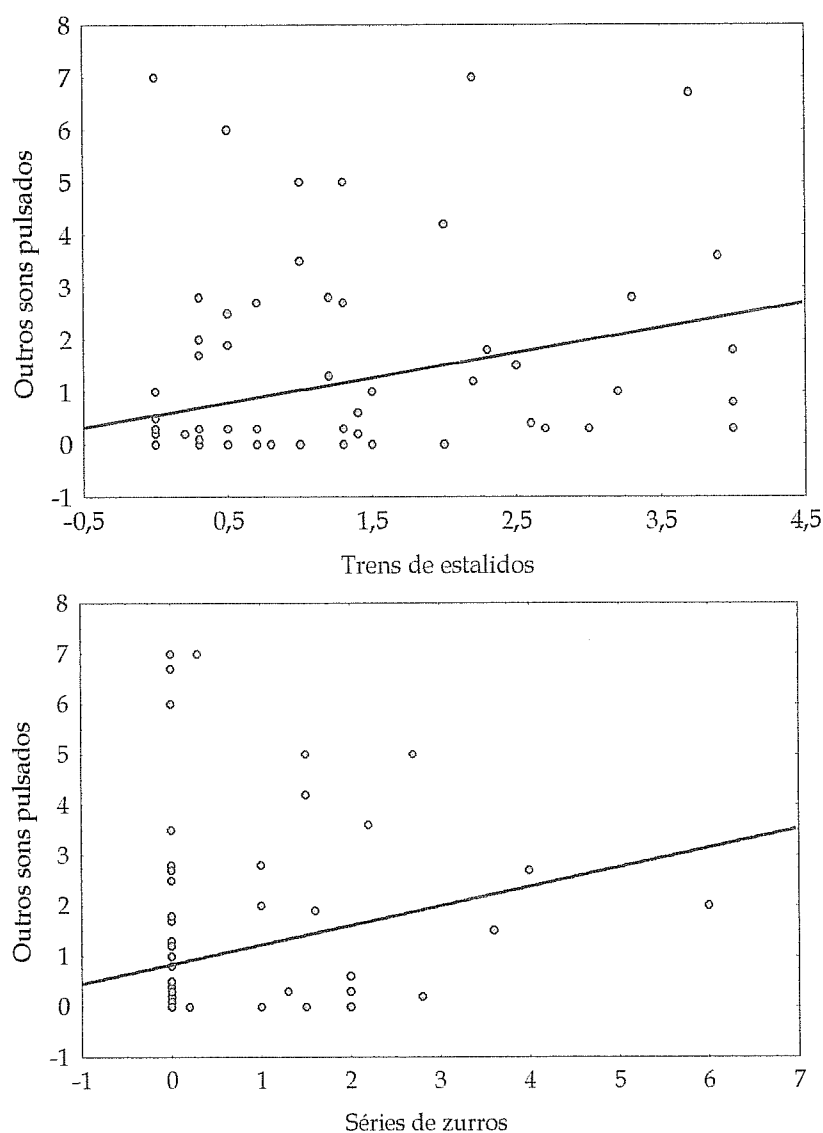


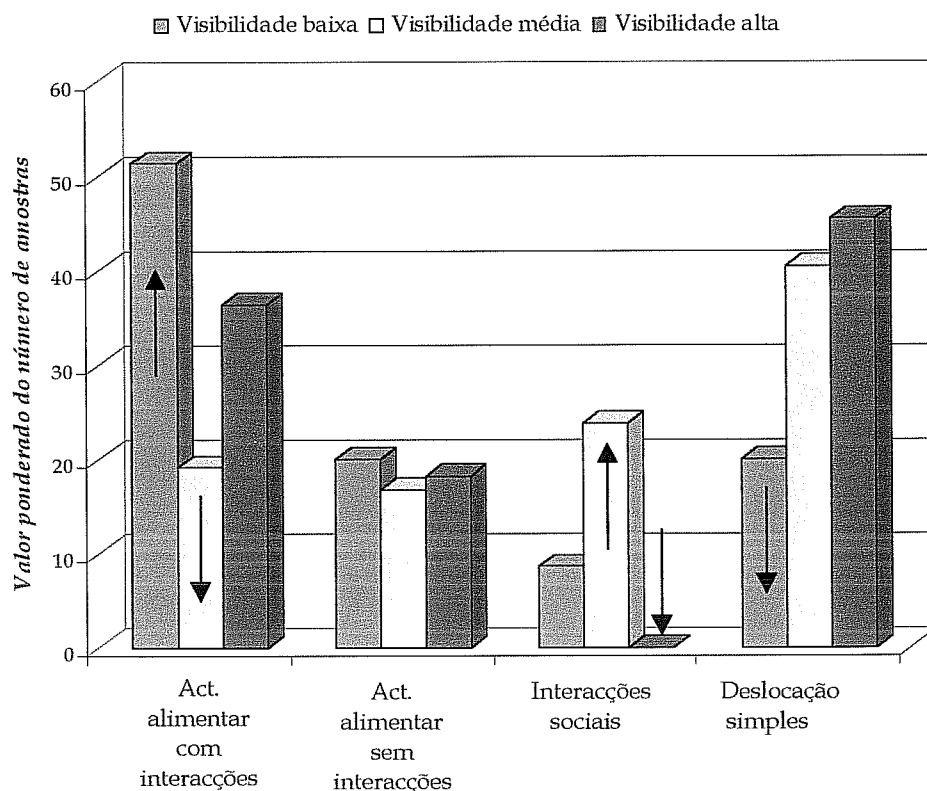
Figura 9.9.

Relação entre as vocalizações (número médio de vocalizações por minuto) (n=88).

## 9.4. As actividades e as variáveis ecológicas

### A visibilidade

Para testar a relação entre as actividades comportamentais predominantes e a visibilidade da água, foram usadas as classes já anteriormente descritas (visibilidade baixa, média e alta) e foi utilizado o ACTUS, sendo  $H_0$ : A ocorrência das actividades é independente da visibilidade da água. Os resultados indicam que existe uma relação de dependência entre estas duas variáveis ( $p < 0.001$ ) e as entradas significativamente superiores e inferiores ao esperado, são indicadas na figura seguinte.



**Figura 9.10.**

Valor ponderado do número de amostras em se verificou a ocorrência das diversas actividades alimentares nas três classes de visibilidade ( $n=84$ ). A seta para cima indica um valor significativamente superior ao esperado e a seta para baixo indica um valor significativamente inferior ao esperado.

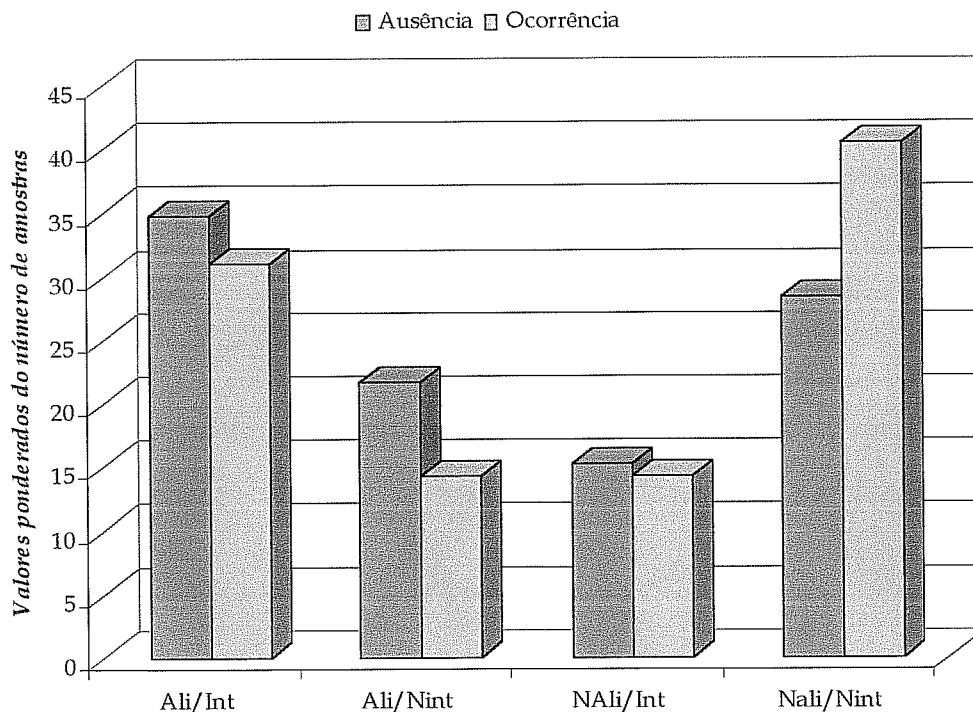
Portanto, observou-se que a "Actividade alimentar com interações" surge mais vezes do que seria de esperar quando a visibilidade é baixa ( $p < 0.01$ ) e menos vezes do que seria de esperar quando a visibilidade é média ( $p < 0.001$ ). A categoria "Interações

sociais” surge mais vezes do que seria de esperar com visibilidade média ( $p=0.001$ ) e menos vezes com visibilidade alta ( $p<0.001$ ). Por fim, a categoria “Deslocação simples” surge menos vezes do que seria de esperar quando a visibilidade da água é baixa ( $p<0.01$ ).

### *O ambiente acústico subaquático*

De novo, foi usado o programa ACTUS para averiguar as relações de dependência entre as actividades comportamentais e a presença e ausência de ruído naval e/ou industrial e de sons de peixes.

No caso do ruído naval e/ou industrial, temos  $H_0$ : A ocorrência das actividades é independente do ruído. Os resultados do teste não são significativos, pelo que se aceita a hipótese nula e se considera que as actividades comportamentais ocorrem independentemente do ruído subaquático.



**Figura 9.11.**

Valor ponderado do número de amostras em se verificou a ocorrência das diversas actividades alimentares na ausência e na presença de ruído subaquático de origem naval e/ou industrial (n=84).

Para os sons de peixes, temos  $H_0$ : A ocorrência das actividades é independente dos sons de peixes. Também neste caso, perante os dados, os resultados do teste não foram significativos, o que significa que não existe qualquer relação de dependência entre a ocorrência destas duas variáveis.

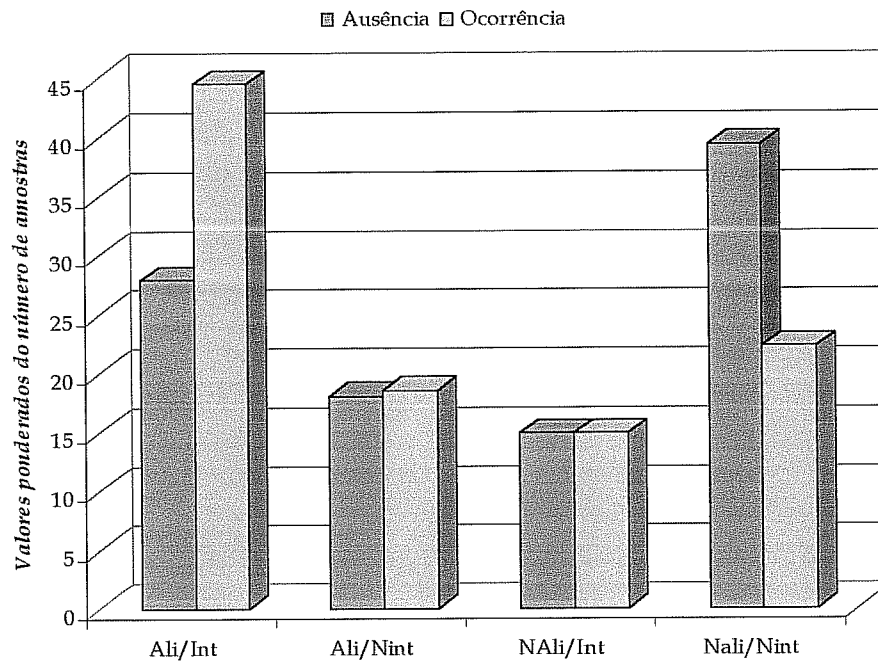
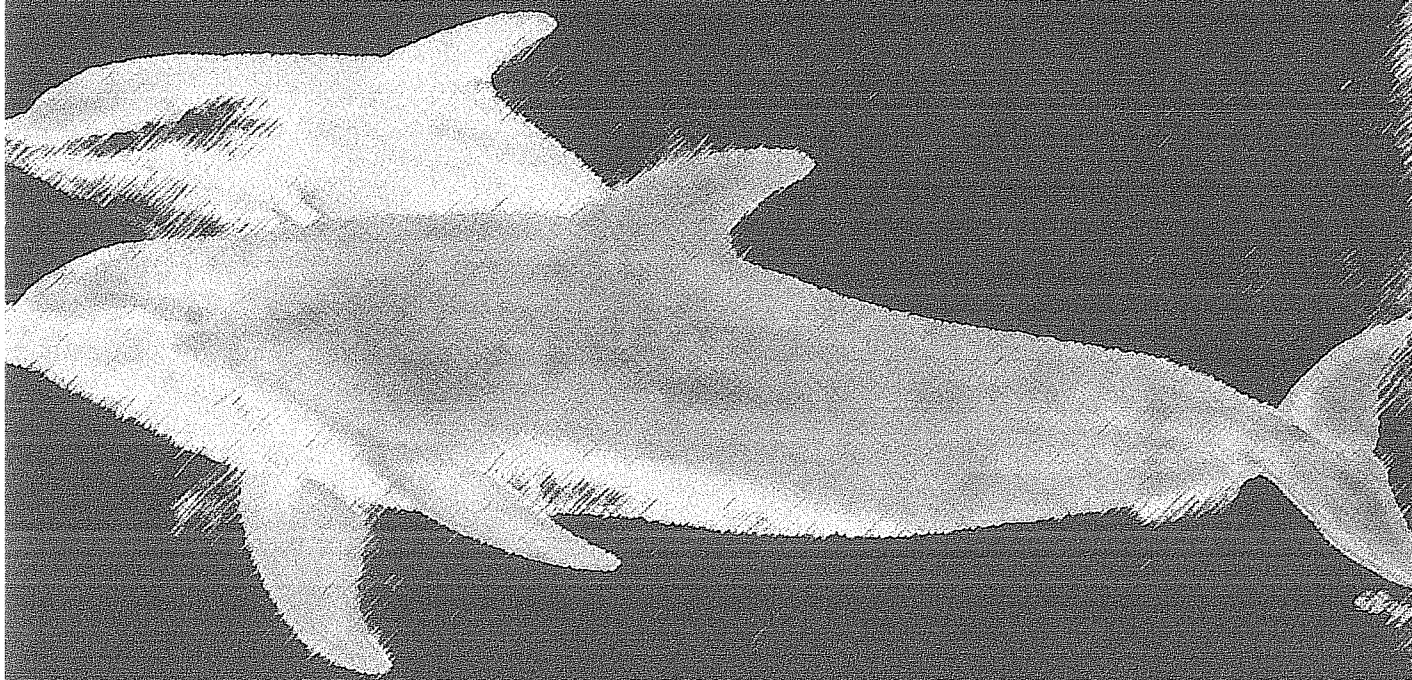


Figura 9.12.

Valor ponderado do número de amostras em se verificou a ocorrência das diversas actividades alimentares na ausência e na presença de sons emitidos por peixes (n=84).

# DISCUSSÃO



## IV - DISCUSSÃO

### 10 - Discussão geral

#### 10.1. Caracterização das zonas do estuário

Considerando que os golfinhos-roazes do estuário do Sado utilizam as diversas zonas do seu habitat de um modo fortemente diferenciado (dos Santos, 1998), achou-se interessante fazer uma caracterização dessas zonas em termos das suas condições físicas. Assim, foram medidas variáveis do meio que poderiam ter um efeito significativo na vida dos golfinhos: a visibilidade da água, a ocorrência de potenciais presas e o ruído subaquático. Face aos resultados obtidos, podem atribuir-se algumas destas características físicas a determinadas zonas do estuário.

A zona baixa, comparativamente com a zona interior, é caracterizada por uma visibilidade média superior e por uma ocorrência maior do que seria de esperar de ruído subaquático de origem naval e/ou industrial. A maior ocorrência de ruído subaquático na zona baixa é compreensível, visto este ser o local de passagem frequente de diversos tipos de embarcações. Está igualmente incluída nesta zona a rota de passagem dos *ferry-boat's*, que ligam a cidade de Setúbal à Península de Tróia.

Relativamente à visibilidade, observa-se um aumento desta da zona interior do estuário para a zona exterior, o que se poderá justificar com o facto de nas zonas mais a montante existir mais matéria orgânica em suspensão devida, em parte, aos efluentes industriais e agrícolas descarregados para o rio.

A ocorrência de sons emitidos por peixes surge independentemente da zona do estuário. Estes resultados são condicentes com os valores de frequência de ocorrência da espécie *Halobatrachus didactylus* observadas por Cabral (1999). Segundo este autor, o charroco ocorreu em todas as áreas estuarinas amostradas, embora se tenham registado menores valores de abundância nas áreas mais a jusante e valores de maior abundância nas áreas interiores.

Em termos dos comportamentos dos golfinhos, observa-se que na zona baixa surgem mais vezes do que seria de esperar actividades alimentares sem interacções e menos vezes actividades alimentares com interacções. Esta zona, que inclui a foz do estuário, foi já referenciada como um local de frequência prolongada pelos golfinhos, e não apenas de passagem pela entrada do estuário, existindo importantes áreas de alimentação (dos Santos, 1998). Os resultados obtidos parecem confirmar que aqui se desenvolvem actividades alimentares sem, no entanto, surgirem episódios de interacção social entre os animais. Se, por um lado, uma maior visibilidade poderia favorecer o contacto visual entre os animais e a ocorrência de interacções, por outro, a existência de ruído subaquático parece indicar que os animais estão a ser afectados por acções de natureza antropogénica. A maior ocorrência de ruído revela que esta zona sofre um maior impacto da ocupação humana, observando-se, especialmente na época balnear, um elevado número de embarcações de recreio que se movimentam sem qualquer restrição. Este factor pode ter uma influência negativa na ocorrência de comportamentos sociais à superfície, embora não influencie a captura de presas, que aqui acontecerá principalmente em profundidade.

## **10.2. Ocorrência das actividades dos golfinhos**

### *Relação com as variáveis ecológicas*

Apesar das considerações atrás feitas, os resultados revelaram que as actividades comportamentais dos golfinhos surgem sem qualquer relação de dependência com o ruído subaquático naval e/ou industrial nem com os sons de peixes. Seria de esperar que na presença de sons de peixes surgissem comportamentos de natureza alimentar. Em estudos anteriores (dos Santos, 1998), observaram-se os golfinhos em actividades alimentares ocorrendo em simultâneo vocalizações de charroco.

Na presença de ruído seria de esperar uma diminuição das interacções sociais. Por exemplo, animais agregados podem afastar-se em diferentes direcções, aquando da aproximação de embarcações ruidosas e em rápida deslocação. No entanto, no estuário do Sado, pode ocorrer uma situação de habituação comportamental, ou seja, pode ter ocorrido uma diminuição gradual da resposta comportamental quando um estímulo

(neste caso, o ruído) não é associado a nenhuma consequência significativa (Richardson *et al.*, 1995). No estuário do Sado, do ponto de vista comportamental, não têm sido observados sinais de *stress* (como alterações comportamentais, comportamentos estereotipados, ausência de jogo) em situações de alto nível de ruído subaquático. No entanto, é possível que o ruído naval e industrial seja uma fonte de perturbação ambiental menos grave em termos sensoriais e fisiológicos do que por mascarar os sons gerados por potenciais presas (dos Santos, 1998).

Golfinhos de várias espécies muitas vezes toleram a proximidade de pequenas embarcações, apesar de por vezes membros da mesma espécie apresentarem comportamentos distintos. As reacções aos barcos parecem depender das actividades dos animais: golfinhos a repousar evitam barcos, golfinhos em alimentação evitam ou ignoram-nos, e golfinhos em jogo podem aproximar-se. Os golfinhos-roazes podem residir em zonas relativamente fechadas e com intenso tráfego marítimo, como é o caso do estuário do Sado, e mostrar uma relativa tolerância às embarcações. Apesar disso, muitas vezes a presença de embarcações leva a alterações do seu comportamento (Richardson *et al.*, 1995). Assim, na zona baixa poderá ser a presença das pequenas embarcações, e não propriamente o ruído por estas provocado que conduz a uma redução das actividades à superfície.

Quanto à visibilidade da água, é preciso ter em atenção que a redução do contraste visual causada pelas partículas em suspensão coloca um problema ao sistema visual dos animais aquáticos. As partículas suspensas na água absorvem a luz e dispersam-na, pelo que as águas turvas também são águas escuras talvez apenas um metro abaixo da superfície da água. A baixa intensidade de luz tornam a percepção dos contrastes mais difíceis e a turbidez da água não só reduz os contrastes visuais como reduz a capacidade dos animais de discriminar os contrastes ainda existentes (Lythgoe, 1979).

Os resultados indicam que, quando a visibilidade é baixa, existe uma ocorrência superior à esperada de actividades alimentares com interacções e uma ocorrência inferior à esperada de deslocação simples. Quando a visibilidade é média surgem mais vezes do que seria de esperar interacções sociais e menos vezes actividades alimentares com interacções. Com uma visibilidade alta surgem menos vezes do que seria de esperar interacções sociais.

Perante estes resultados, pode sugerir-se que existe uma certa tendência para que com a diminuição da visibilidade da água surjam actividades alimentares acompanhadas de agitação à superfície. Uma eventual explicação para este facto é a necessidade de coordenação de movimentos em períodos alimentares. Se os animais, que se encontram próximos uns dos outros, necessitam de manter o contacto entre si, mas a visibilidade da água não permite a utilização da visão debaixo de água, este sistema sensorial poderá ser usado com o mesmo efeito acima da superfície da água. Assim, os movimentos e acções realizadas fora de água podem servir como sinais de comunicação visual e, deste modo, garantir a cooperação entre os animais para a captura das presas.

Würsig & Würsig (1980) propuseram que, em golfinhos cinzentos, quando eram encontradas presas o número de saltos aumentava e que estes poderiam ter a função de comunicar a localização das presas a outros elementos do grupo. Também nesta espécie, o comportamento de *breaching* parece facilitar a união do grupo de golfinhos perto de cardumes de peixes.

### **10.3. Ocorrência dos sinais acústicos dos golfinhos**

#### *Relação com as variáveis ecológicas*

Os resultados mostraram não existir qualquer relação entre as diversas vocalizações e as variáveis ecológicas que as poderiam afectar. Na verdade, os resultados indicam que a ocorrência de ruído naval e/ou industrial, bem como os sons de peixes, não influenciam a emissão de sons pelos golfinhos. Uma reacção comum dos cetáceos expostos a ruídos é a diminuição ou cessação do número de vocalizações produzidas, tendo este facto já sido referenciado para baleias (e.g. Watkins, 1986) e cachalotes (Watkins *et al.*, 1993). Assumindo que muitas vocalizações apresentam funções comunicativas, a sua redução pode indicar uma perturbação a nível social.

Assim, como não se observou nenhuma perturbação, provavelmente, ocorre com esta população uma situação de habituação o que faz com que os seus comportamentos e as

suas emissões acústicas não sejam afectadas pelo ruído subaquático, tal como atrás foi referido. Por outro lado, deve referir-se que alguns odontocetos (e.g. belugas) parecem ser capazes de ajustar, dentro de certos limites, a frequência dos seus sinais de ecolocalização para evitar as frequências em que os níveis de ruído ambiental são altos (Au *et al.*, 1985; Richardson *et al.*, 1995).

Quanto aos sons de peixes, seria de esperar que quando ocorressem sons emitidos por peixes não surgissem trens de estalidos emitidos pelos golfinhos-roazes, pois estes deixariam de usar o seu sistema de ecolocalização e passariam a utilizar as suas capacidades de audição passiva. Se tal se tivesse verificado, permitiria apoiar a hipótese de que batraquoidéios a vocalizar podem ser detectados e capturados por golfinhos-roazes, através do seu sistema de audição (dos Santos *et al.*, 2000). Pelo contrário, se não surgissem sons de peixes, os golfinhos precisariam de utilizar o bio-sonar para detectar as suas presas. Os resultados não indicam a existência deste tipo de relações, talvez porque o número de trens de estalidos registados ter sido sempre muito baixo.

Relativamente à visibilidade, foi possível observar uma certa tendência no caso dos trens de estalidos. Esta tendência indica que com a diminuição da visibilidade da água poderá haver um aumento da ocorrência dos trens de estalidos. Este seria o resultado esperado pois, à medida que aumenta a visibilidade subaquática, os animais deixariam de usar o seu sistema de ecolocalização, passando a confiar na visão para se orientarem e capturarem as suas presas.

Experiências de reconhecimento entre modos sensoriais, mostram que a estrutura espacial dos objectos – a sua aparência física – está prontamente disponível aos golfinhos através do seu sistema de ecolocalização, podendo ser partilhada com o sistema visual. Estes resultados começam a construir o conceito da produção de uma “imagem ecóica” pelos golfinhos (Herman *et al.*, 1998). Os golfinhos, aparentemente podem usar os ecos para construir a representação de um objecto (que preserva a estrutura espacial desse objecto) e esta representação pode ser usada para o reconhecimento directo do mesmo objecto através do sentido da visão por si só (Herman *et al.*, 1998). Pode ser exactamente esta a situação que surge no estuário do Sado: quando a visibilidade da água o permite, os animais, que possuem

representações mentais de toda a sua área de ocupação, passam a fazer a percepção do seu meio ambiente através da visão.

Seria igualmente de esperar que os restantes sons, com uma função tipicamente comunicativa (nomeadamente os assobios e os outros sons pulsados), diminuíssem com o aumento da visibilidade, pois a comunicação poderia ser feita através de sinais visuais. Por outro lado, poderia esperar-se um aumento na ocorrência destas vocalizações quando os animais, mesmo relativamente próximos uns dos outros, se encontrassem em situações de baixa visibilidade em que não fosse possível o contacto visual. No entanto, os resultados obtidos não permitem tirar qualquer tipo de ilação, provavelmente devido ao reduzido número de amostras.

#### *Relação com as variáveis comportamentais*

Ao relacionar os sons com as actividades dos golfinhos, verificou-se que a ocorrência das vocalizações depende da actividade comportamental predominante. Estes resultados vão de encontro aos obtidos por dos Santos (1998), em que foi igualmente possível fazer a caracterização acústicas das diversas actividades comportamentais.

Quanto aos assobios, observou-se que este tipo de vocalização surge mais vezes em momentos de interacções sociais comparativamente com momentos de deslocação simples. Na primeira actividade, os animais mostraram comportamentos sociais à superfície da água, sem qualquer função alimentar, o que justifica a maior abundância destas vocalizações, pois são características de situações de excitação social, sendo-lhes atribuída uma função comunicativa. No caso da segunda actividade, que corresponde essencialmente a movimentos de deslocação de um local para outro, a proximidade entre os indivíduos do grupo é elevada, estando os animais normalmente em contacto visual uns com os outros o que poderá contribuir para a reduzida produção de assobios (Couchinho, 2000).

Na verdade, verifica-se igualmente esta tendência nas restantes vocalizações, o que permite corroborar a predição feita por dos Santos (1998), segundo a qual nas situações em que todo o grupo mostra algum tipo de agitação à superfície contar-se-ão números elevados de emissões diversas. Pelo contrário, nas situações de deslocação, em que os

animais se mostram calmos, será mais provável verificarem-se níveis baixos de emissões acústicas.

Quanto aos outros sons pulsados, estes surgem mais frequentemente em actividades em que predomina a interacção entre os elementos do grupo, possuindo ou não uma vertente alimentar. É preciso referir que na categoria de sons pulsados, estão incluídos rangidos e gemidos, que são trens de estalidos com uma taxa de repetição superior a 50 impulsos por segundo (ver dos Santos, 1998; secção 4.5.2). Au (1993) considera que estes sons não correspondem a trens de sonar normais que poderiam estar a ser utilizados pelos animais para realizar uma inspecção mais detalhada dos objectos. Segundo o autor, estas vocalizações permitem aos animais processar ecos simultaneamente ou então ocorre uma transição da função de sonar para uma função comunicativa.

Os resultados obtidos vão de encontro à sugestão de muitos investigadores de que os sons pulsados possuem um papel significativo na comunicação dos odontocetos (Caldwell & Caldwell, 1967; Herman & Tavolga, 1980; Herzing, 1996). A sua ocorrência em actividades com uma componente alimentar poderá dever-se à existência de situações de interacção agonística entre indivíduos de um grupo, para estabelecer o acesso aos alimentos. Também no trabalho de dos Santos (1998), estes sinais foram detectados em situações sociais e de caça, pelo que não foi excluída a possibilidade de a sua principal função naqueles contextos ser de expressão emotiva ou mesmo de contacto "acústico-táctil".

Nesta categoria de outros sons pulsados, incluem-se também os estouros, que dos Santos (1998) considerou poderem estar associados à debilitação de presas e à agressão intra-específica. Assim se compreende que esta categoria de vocalizações tenha ocorrido tanto em situações alimentares como em situações de socialização.

Entre os outros sons pulsados e os trens, tal como entre os outros sons pulsados e os zurros, existe uma correlação positiva. dos Santos (1998) também verificou similitudes elevadas entre as ocorrências de zurros e outros sons pulsados. Esta relação seria de esperar já que se trata de sinais associados a situações de excitação, em que a diversidade e quantidade de sons pulsados são notoriamente elevados. Estes

resultados, de uma maneira geral, enquadram-se nas situações típicas de expressão de emoções, em que com o aumento o nível de excitação, surge o aumento do número e a diversidade de vocalizações. A riqueza de elementos acústicos diversos, mesmo a redundância sonora nalgumas sequências de emissão, parecem poder servir a função primordial de expressão de emoções, no sentido em que a intensidade na execução de um comportamento, nomeadamente comunicativo, aumenta com a introdução de elementos comportamentais distintos (dos Santos, 1998).

## **11 - Considerações finais**

### **11.1. Limitações do trabalho**

As saídas de barco no estuário, necessárias para a recolha dos dados, revelam-se bastante exigentes, tanto em termos do esforço físico dos observadores, como em termos das condições essenciais ao bom desenrolar das próprias saídas. As condições climatéricas, como o vento e a chuva, influenciam fortemente a realização das saídas e a utilização da embarcação, sem a qual seria impossível realizar este tipo de trabalhos. Por outro lado, as gravações acústicas também requerem condições climatéricas favoráveis, no sentido de minimizar o *input* de ruído exterior aos registos. Todos estes condicionantes, adicionados ao facto se estar a estudar animais tímidos e rápidos, que passam a maior parte do tempo debaixo de água, limitaram a recolha de um número mais elevado de amostras. Assim, considerando que o relativamente pequeno número de amostras obtidas pode ter influenciado os resultados, pensa-se que este trabalho deve ter uma continuação. Deste modo, seria possível obter mais informações que corroborassem os resultados ou que estivessem mais de acordo com as previsões feitas. Para além disto, é importante juntar os dados obtidos neste trabalho a novas informações e tentar integrá-los com os dados de estudos anteriores, podendo assim ter-se uma perspectiva mais ampla de todas estas questões.

Uma limitação técnica importante deste trabalho é a ausência de imagens subaquáticas que permitam uma relação entre as emissões acústicas dos golfinhos e as actividades que ocorrem abaixo da superfície da água. Também a visibilidade, foi apenas medida

na camada superficial, não havendo igualmente nenhum conhecimento da natureza do fundo do estuário. Ainda em termos técnicos, enfrentou-se o problema da ausência de registos acústicos nas frequências ultra-sónicas, problema esse que se pensa ultrapassar em estudos futuros com a utilização de uma cadeia de instrumentação acústica diferente. Esta cadeia incluía um detector de estalidos, que dará um sinal sempre que ocorrerem sons de altas frequências. Seria ainda importante que o equipamento apresentasse uma maior sensibilidade para captar sons de outros peixes, além do charroco, pois poderia perceber-se se outras potenciais presas influenciam a emissão de sons pelos golfinhos-roazes.

### *11.2. Os resultados obtidos e as perspectivas futuras*

Face à ausência de estudos que relacionem as características físicas do habitat dos golfinhos-roazes com as suas especificidades comportamentais, este trabalho pretendeu ser uma primeira abordagem a estas questões. Neste sentido, foi feito um registo simples das variáveis ecológicas que potencialmente poderiam ter influência na vida social dos golfinhos. Conseguiu-se, assim, obter uma visão geral sobre os possíveis factores determinantes para a ocorrência dos sons dos golfinhos. Apesar de preliminares e insuficientes, os resultados obtidos permitem perceber um pouco mais das relações entre os aspectos etológicos e ecológicos da vida dos golfinhos.

A ausência de relações entre as variáveis ecológicas e a emissão de sons pelos golfinhos observada neste trabalho, poderá não ser um resultado definitivo, pois o tamanho da amostra poderá não ter sido suficiente para colocar em evidência estas relações.

Percebeu-se que, embora o ruído não determine directamente as actividades comportamentais nem o nível de produção de sons, as fontes desse ruído poderão ter bastante relevância na alteração dos comportamentos por parte dos golfinhos. Neste sentido, seria importante, estudar os comportamentos e os sons dos animais perante embarcações de pequeno e grande porte, visto que as reacções são obviamente diferentes (no primeiro caso, há um evitamento da superfície da água e no outro passa-se o contrário). Em termos do estudo do ruído subaquático, seria igualmente importante fazer uma medição simultânea do nível de ruído produzido e do seu

espectro, pois pode não ser o tamanho da embarcação que condiciona o comportamento dos golfinhos, mas sim o tipo de máquinas ou de hélices que possui. Um trabalho deste género seria bastante importante para a conservação desta população, num local de grande tráfego marítimo, como é o estuário do Sado.

Quanto à visibilidade da água, também este estudo deverá ser mais aprofundado, pois observou-se que no estuário do Sado existem zonas de baixa e elevada visibilidade, tornando-se importante a comparação entre as actividades e os sons nessas zonas distintas. Apesar de o disco de Secchi constituir uma medida aproximada da transparência da água, foi usado nesta primeira abordagem devido à sua simplicidade. No entanto, vários factores de erro podem ser introduzidos quando se usa esta medida, como a visão do observador, a hora do dia a que as medidas são feitas ou a reflexividade do próprio disco. De futuro poderá ser usado um fotómetro, com o qual se poderão obter medidas mais precisas.

Seria igualmente interessante estudar detalhadamente a relação entre a visibilidade da água e a ocorrência de trens de estalidos, sons usados tipicamente para a orientação e captura de presas. Neste caso, torna-se essencial a utilização de uma cadeia de captação dos sinais diferente da usada neste trabalho e que permite o registo de toda a gama de frequência destes sinais ultra-sónicos de um modo mais seguro.

De futuro, tentar-se-á ainda estudar a função dos zurros de uma forma mais detalhada. Tendo sido recentemente associados a actividades alimentares em outra população de golfinhos-roazes (Janik, 2000), não ficou o mesmo estabelecido para a população residente de golfinhos do estuário do Sado. Na realidade estas vocalizações, tal como os outros sons pulsados, surgiram em situações em que se verifica um elevado nível de excitação social, existindo ou não uma componente alimentar.

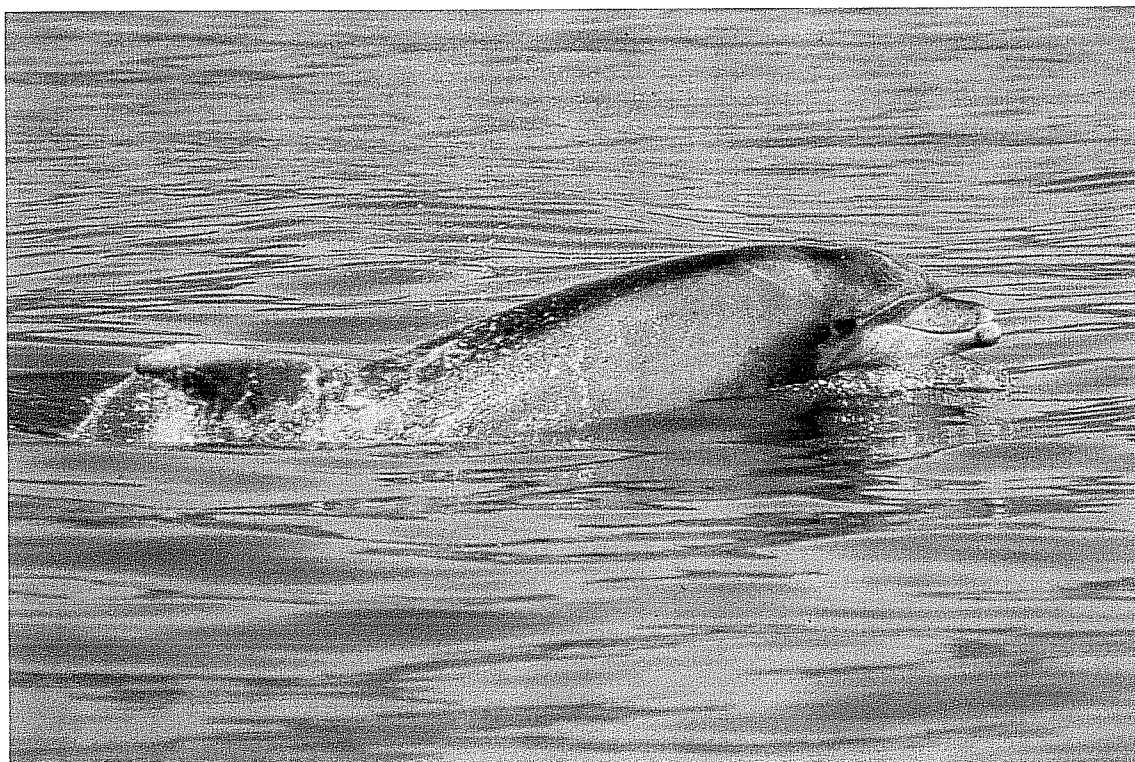
Outro aspecto fundamental, para o estudo desta população e para o aprofundar das questões bio-acústicas, é o desenvolvimento de técnicas para o registo de imagens subaquáticas em simultâneo com o registo dos sons dos golfinhos-roazes.

E em jeito de conclusão...

«First, *facts* are not necessarily *truths*.

Secondly, *conclusions* are *opinions* which others may or may not share.»

*Philip Lehmer*



# BIBLIOGRAFIA



## V - BIBLIOGRAFIA

- Almada, V.C. & Oliveira, R.F. (1997). Sobre o uso de estatística de simulação em estudos de comportamento. *Análise Psicológica*, 15(1): 97-109.
- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49: 227-267.
- Amundin, M. (1991). Helium effects on the click frequency spectrum of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 90: 53-59.
- Au, W.W.L. (1993). *The Sonar of Dolphins*. New York: Springer-Verlag.
- Au, W.W.L., Carder, D.A., Penner, R.H. & Scronce, B.L. (1985). Demonstration of adaptation in beluga whale echolocation signals. *Journal of the Acoustical Society of America*, 77(2): 726-730.
- Barros, N.B. & Myrberg, A.A.Jr. (1987). Prey detection by means of passive listening in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Journal of the Acoustical Society of America*, 82 (Suppl. 1): S65.
- Barros, N. B. & Odell, D. K. (1990). Food Habits of Bottlenose Dolphins in the Southeastern United States. In: *The Bottlenose Dolphin* (S. Leatherwood & R.R. Reeves Eds), pp. 309-328. San Diego: Academic Press.
- Bel'kovich, V.M., Krushinskaya, N.L. & Gurevich, V.S. (1970). *The behavior of dolphins in captivity*. pp. 1-22. Washington, D.C.: Joint Publication Research Service, 50701.
- Brill, R.L., Sevenich, M.L., Sullivan, T.J., Sustman, J.D. & Witt, R.E. (1988). Behavioral evidence for hearing through the lower jaw by an echolocating dolphin (*Tursiops truncatus*). *Marine Mammal Science*, 4(3): 223-230.
- Brownlee, S.M. & Norris, K.S. (1994). The acoustic domain. In: *The Hawaiian Spinner Dolphin* (K. S. Norris et al. Eds.), pp. 161-185. Berkeley: University of California Press.
- Bryden, M.M. (1989). *Baleines, dauphins et marsouins*, pp. 134-141. Paris: Intercontinental Publishing Corporation.
- Busnel, R.-G. (1973). Symbiotic relationship between man and dolphins. *Transactions of the New York Academy of Sciences, Series 2*, 35: 112-131.
- Busnel, R.-G & Dziedzic, A. (1966). Acoustic signals of the pilot whale *Globicephala melaena* and of the porpoises *Delphinus delphis* and *Phocoena phocoena*. In: *Whales, dolphins and porpoises* (K.S. Norris, Ed.), pp. 607-646. Berkeley: University of California Press.
- Cabral, H.N. (1999). *Ichiofauna do estuário do Sado*. Relatórios científicos e técnicos do Instituto de Investigação das Pescas e do Mar, 47: 30 pp.
- Cabral, H.N. (2000). Distribution and abundance patterns of flatfishes in the Sado estuary, Portugal. *Estuaries*, 23(3): 351-358.
- Caldwell, M.C. & Caldwell, D.K. (1965). Individualized whistle contours in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Nature*, 207: 434-435.
- Caldwell, M.C. & Caldwell, D.K. (1967). Intraspecific transfer of information via the pulsed sound in captive odontocete cetaceans. In: *Animal Sonar Systems, Vol.II* (R.G. Busnel, Ed.), pp. 879-936. Jouy-en-Josas, França: Laboratoire de Physiologie Acoustique.

- Caldwell, M.C. & Caldwell, D. K. (1968). Vocalization of naive captive dolphins in small groups. *Science*, *159*: 1121-1123.
- Caldwell, D. K. & Caldwell, M. C. (1971). Underwater pulsed sounds produced by captive spotted dolphins, *Stenella plagiodon*. *Cetology*, *1*: 1-7.
- Caldwell, M.C. & Caldwell, D.K. (1972). Behaviour of marine mammals. In: *Mammals of the Sea - Biology and Medicine* (S.H. Ridgway & C.C. Thomas, Eds.), pp. 419-459. Illinois: Springfield.
- Caldwell, M.C. & Caldwell, D.K. (1977). Social interactions and reproduction in the Atlantic bottlenose dolphin. In: *Breeding Dolphins: Present Status and Suggestions to the Future* (S.H. Ridgway & Benirschke, K.W., Eds.), pp. 133-142. Washington D.C.: Report MMC-76/07 to the Marine Mammal Commission.
- Charif, R.A., Mitchell, S. & Clark, C.W. (1995). *Canary 1.2 User's manual*. Ithaca, N.Y.: Cornell Laboratory of Ornithology.
- Chirighin, L. (1987). Mother-calf relationships and calf development in the captive bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *Aquatic mammals*, *13*(1): 5-15.
- Cockcroft, V.G. & Ross, G.J.B. (1990). Food and feeding of the Indian Ocean bottlenose dolphin off Southern Natal, South Africa. In: *The Bottlenose Dolphin* (S. Leatherwood & R.R. Reeves, Eds.), pp. 295-308. San Diego: Academic Press.
- Connor, R.C., Mann, J., Tyack, P.L. & Whitehead, H. (1998). Social evolution in toothed whales. *Trends in Ecology and Evolution*, *13* (6): 228-232.
- Connor, R. C. & Smolker, R. A. (1996). Pop goes the dolphin: A vocalization male bottlenose dolphins produce during consortships. *Behaviour*, *133*: 643-662.
- Connor, R. C., Smolker, R. A. & Richards, A.F. (1992). Two levels of alliance formation among male bottlenose dolphins (*Tursiops sp.*). *Proceedings of the Natural Academy of Sciences of USA*, *89*: 987-990.
- Couchinho, M.N. (1999). *Padrões de emissão de assobios por golfinhos-roazes (Tursiops truncatus) na região do Sado*. Relatório de Estágio de Licenciatura, Faculdade de Ciências da universidade de Lisboa.
- 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.
- Dawson, W.W. (1980). The cetacean eye. In: *Cetacean behavior: mechanisms and functions*. (Ed. L.M. Herman), 53-100 pp. New York: Wiley Interscience.
- Dawson, S., Barlow, J. & Ljungblad, D. (1998). Sounds recorded from Baird's beaked whale, *Berardius bairdii*. *Marine Mammal Science*, *14*(2): 335-243
- Dormer, K.J. (1979). Mechanisms of sound production and air recycling in delphinids: cineradiographic evidence. *Journal of the Acoustical Society of America*, *65*: 229-239.
- dos Santos, M.E. (1998). *Golfinhos-roazes do Sado: Estudos de Sons e Comportamento*. Lisboa: ISPA, Coleção Teses.
- dos Santos, M.E., Caporin, G., Onofre Moreira, O., Ferreira, A.J. & Bento Coelho, J.L. (1990). Acoustic behavior in a local population of bottlenose dolphins. In: *Sensory Abilities of Cetaceans*:

*Laboratory and Field Evidence* (J. Thomas & R. Kastelein, Eds.), pp. 325-334. Woerden, The Netherlands: De Spil Publishers.

dos Santos, M. E., Ferreira, A. J. & Harzen, S. (1995). Rhythmic sound sequences emitted by aroused bottlenose dolphins in the Sado estuary, Portugal. In: *Sensory Systems of Aquatic Mammals* (. R.A. Kastelein, J.A. Thomas & P.E. Nachtigall Eds), 325-334. Woerden, The Netherlands: De Spil Publishers.

dos Santos, M.E. & Lacerda, M. (1987). Preliminary observations of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the sado estuary (Portugal). *Aquatic Mammals*, 13: 65-80.

dos Santos, M.E., Modesto, T., Matos, R.J., Grober, M., Oliveira, R.F. & Canário, A. (2000). Sound production by the lusitanian toadfish, *Halobatrachus didactylus*. *Bioacoustics*, 10: 309-321.

Dziedzic, A. & De Buffrenil, V. (1989). Acoustic signals of the Commerson's dolphin, *Cephalorhynchus commersonii*, in the Kerguelen islands. *Journal of Mammalogy*, 70(2): 449-452.

Evans, P.G.H. (1987). *The Natural History of Whales and Dolphins*. pp. 343. New York: Facts on File, Inc.

Farinha, J.C. & Trindade, A. (1994). *Contribuição para o inventário e caracterização de zonas húmidas em Portugal Continental*. Lisboa: MedWet/Instituto para a Conservação da Natureza.

Fertl, D. & Schiro, A. (1994). Carrying of dead calves by free-ranging Texas bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Aquatic Mammals*, 20(1): 53-66.

Ford, J.K.B. (1991). Vocal traditions among resident killer whales (*Orcinus orca*) in coastal waters of British Columbia. *Canadian Journal of Zoology*, 67(3): 727-745.

Ford, J.K.B & Fisher, H.D. (1978). Underwater acoustic signals of the narwhal (*Monodon monoceros*). *Canadian Journal of Zoology*, 56(4, Pt.1): 552-560.

Freitas, A. (1995). Estudo preliminar dos padrões de utilização do habitat pela população de golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*) no estuário do Sado. Relatório de Estágio de Licenciatura, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Galhardo, L. (1993). *Behaviour of bottlenose dolphins in two dolphinaria*. Msc. Thesis, University of Edinburgh, Scotland.

Gravetter, F.J. & Wallnau, L.B. (2000). *Statistics for the behavioral sciences* (fifth edition). Wadsworth Thomson Learning: 751 pp.

Hanson, M. T. & Defran, R. H. (1993). The behaviour and feeding ecology of the Pacific coast bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. *Aquatic Mammals*, 19(3): 127-142.

Harzen, S. & dos Santos, M.E. (1992). Three encounters with bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) carrying dead calves. *Aquatic Mammals*, 18: 49-55.

Herman, L.M. (1990). Cognitive performance of dolphins in visually-guided tasks. In: *Sensory Abilities of Cetaceans* (Eds. J. Thomas & R. Kastelein), pp. 455-462. New York: Plenum Press.

Herman, L.M. & Tavolga, W.N. (1980). The communication systems of cetaceans. In: *Cetacean Behavior: Mechanisms and Functions* (L.M. Herman, Ed.), pp. 149-209. New York: Wiley Interscience.

- Herman, L. M., Pack, A. A. & Hoffmann-Kuhnt, M. (1998). Seeing Through Sound: Dolphins (*Tursiops truncatus*) Perceive the Spatial Structure of Objects Through Echolocation. *Journal of Comparative Psychology*, 112(3): 292-305.
- Herzing, D.L (1996). Vocalizations and associated underwater behaviour of free-ranging Atlantic spotted dolphins, *Stenella frontalis* and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Aquatic Mammals*, 22(2): 61-79.
- Hollien, H., Hollien, P., Caldwell, D.K. & Caldwell, M. (1976). Sound production by the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. *Cetology*, 26: 1-8.
- Hult, R. W. (1982). Another function of echolocation for bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*). *Cetology*, 47: 1-7.
- Irvine, A.B., Scott, M.D., Wells, R.S. & Kaufmann, J.H. (1981). Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. *Fishery Bulletin*, 79: 671-688.
- Jacobs, M., Nowacek, D. P., Gerhart, D. J., Cannon, G., Nowicki, S. & Forward Jr., R. B. (1993). Seasonal Changes in Vocalizations During Behavior of the Atlantic Bottlenose Dolphin. *Estuaries*, 16(2): 241-246.
- Janik, V. M. (2000). Food-related bray calls in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Proceedings of the Real Society of London*, 267: 923-927.
- Janik, V.M., Dehnhardt, G. & Todt, D. (1994). Signature whistle variations in a bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 35: 243-248.
- Jefferson, T.A., Leatherwood, S. & Webber, M.A. (1993). *Marine Mammals of the World*. Roma: Food and Agriculture Organization of the Unites Nations.
- Johnson, C.M. & Herzing, D.L. (1991). Social use of the tactile effects of dolphin vocalizations. 9<sup>th</sup> Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, 5 december, Chicago, IL.
- Kamminga, C. (1982). Temporal difference perception by *Tursiops truncatus*. *Aquatic Mammals*, 9(2): 41-45.
- Kuznetzov, V.B. (1990). Chemical sense of dolphins: quasi-olfaction. In: *Sensory Abilities of Cetaceans: Laboratory and Field Evidence* (J. Thomas & R. Kastelein, Eds.), pp. 481-503. Woerden, the Netherlands: De Spill Publishers.
- Leatherwood, S. (1977). Some preliminary impressions on the numbers and social behavior of free-swimming bottlenose dolphins calves (*Tursiops truncatus*) in the Northern Gulf of Mexico. In: *Breeding Dolphins: Present Status, Suggestions for the Future* (S.H. Ridgway & K.W. Benirschke, Eds.), pp. 143-167. Washington, D.C.: U.S. Marine Mammal Comission, Report MMC-76/07 (NTIS PB-273 673).
- Leatherwood, S. & Reeves, R. (1983). *The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins*, pp. 302. San Francisco: Sierra Club Books.
- Lehner, P.N. (1996). *Handbook of ethological methods* (second edition). Cambridge University Press: 672 pp.
- Lilly, J.C. & Miller, A.M. (1961a). Vocal exchanges between dolphins. *Science*, 134: 1873-1876.

- Lilly, J.C. & Miller, A.M. (1961b). Sounds emitted by the bottlenose dolphin. *Science*, **133**: 1689-1693.
- Lind, O.T. (1979). *Handbook of Common Methods in Limnology*. St. Louis: C.V. Mosby Co.
- Lynn, S. K. & Reiss, D. L. (1992). Pulse sequence and whistle production by two captive beaked whales, *Mesoplodon* species. *Marine Mammal Science*, **8**(3): 299-305.
- Lythgoe, J. N. (1979). *The Ecology of Vision*. Oxford University Press, New York: 244 pp.
- Mackay, R.S. & Liaw, H.M. (1981). Dolphin vocalization mechanisms. *Science*, **212**: 676-677.
- Madsen, C.J. & Herman, L.M. (1980). Social and ecological correlates of cetacean vision and visual appearance. In: *Cetacean behavior: mechanisms and functions* (L.M. Herman, Ed.), pp. 101-147. New York: John Wiley & Sons.
- Mann, J. (1999). Behavioral sampling methods for cetaceans: a review and critique. *Marine Mammals Science*, **15**(1): 102-122.
- Marten, K., Norris, K.S., Moore, P.W.B. & Englund, K.A. (1988). Loud impulse sounds in odontocete predation and social behavior. In: *Animal sonar: processes and performances* (P. Nachtigall & P.W.B. Moore, Eds.), pp. 567-579. New York: Plenum Press, NATO ASI Series.
- Martin, P. & Bateson, P. (1995). *Measuring behaviour: an introductory guide* (second edition). Cambridge University Press: 222 pp.
- McBride, A.F. & Hebb, D.O. (1948). Behavior of the captive bottle-nose dolphin, *Tursiops truncatus*. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **41**: 111-123.
- McBride, A.F. & Kritzler, H. (1951). Observations on pregnancy, parturition and post-natal behaviour in the bottlenose dolphin. *Journal of Mammalogy*, **32**(3): 251-266.
- McCowan, B. & reiss, D. (1994). Maternal aggressive contact vocalizations in captive bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): wide-band, low-frequency signals during mother/aunt-infant interactions. *Zoo Biology*, **14**: 293-309.
- Miller, L.A., Pristed, J., Molh, B. & Surlykke, A. (1995). The click-sounds of narwhals (*Monodon monoceros*) in Inglefield Bay, Northwest Greenland. *Marine Mammals Science*, **11**(4): 491-502.
- Mobley, J.R.Jr. & Helweg, D.A. (1990). Visual ecology and cognition in cetaceans. In: *Sensory Abilities of Cetaceans: Laboratory and Field Evidence* (J. Thomas & R. Kastelein, Eds.), pp. 519 - 536. New York: Plenum Press, NATO ASI Series.
- Möller, L.M. & Beheregaray, L.B. (2001). Coastal bottlenose dolphins from Southeastern Australia are *Tursiops aduncus* according to sequences of mitochondrial DNA control region. *Marine Mammal Science*, **17**(2): 249-263.
- Moore, S.E & Ridgway, S.H. (1996). Patterns of dolphin sound production and ovulation. *Aquatic Mammals*, **22**(3): 175-184.
- Norris, K.S. (1968). The evolution of acoustic mechanisms in odontocete cetaceans. In: *Evolution and Environment* (E.T. Drake, Ed.), pp. 297-324. New Haven, Connecticut: Yale University Press.
- Norris, K.S. (1969). The echolocation of marine mammals. In: *The Biology of Marine Mammals* (H.T. Andersen, Ed.), pp. 391-423. New York: Academic Press.

- Norris, K.S. & Dohl, T.P. (1980). Behavior of the Hawaiian spinner dolphin, *Stenella longirostris*. *Fishery Bulletin*, 77: 821-849.
- Norris, K.S. & Möhl, B. (1983). Can odontocetes debilitate prey with sound? *American Naturalist*, 122 (1): 85-104.
- Norris, K.S., Würsig, B. & Wells, R.S. (1994). Aerial behavior. In: *The Hawaiian Spinner Dolphin* (K.S. Norris et al.), pp. 103-121. Berkeley: University of California Press.
- Overstrom, N. A. (1983). Association between burst-pulse sounds and aggressive behavior in captive Atlantic bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Zoo Biology*, 2: 93-103.
- Popper, A.N. (1980). Sound emission and detection by delphinids. In: *Cetacean Behavior: Mechanisms and Functions* (L.M. Herman, Ed.), pp. 1-52. New York: John Wiley & Sons.
- Pryor, K. (1990). Non-acoustic communication in small cetaceans: glance, touch, position and bubbles. In: *Sensory Abilities of Cetaceans: Laboratory and Field Evidence* (J. Thomas & R. Kastelein, Eds.), pp. 537-544. New York: Plenum Press, NATO ASI Series.
- Pryor, K., Lindbergh, J., Lindbergh, S. & Milano, R. (1990). A dolphin-human fishing cooperative in Brazil. *Marine Mammal Science*, 6(1): 77-82.
- Pryor, T., Pryor, K. & Norris, K.S. (1965). Observations on a pygmy killer whale (*Feresa attenuata* Gray) from Hawaii. *Journal of Mammalogy*, 46(3): 450-461.
- Puente, A.E. & Dewsbury, D.A. (1976). Courtship and copulatory behavior of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *Cetology*, 21: 1-9.
- Reiner, F. (1981). Guia de identificação dos cetáceos e focas de Portugal Continental, Açores e Madeira. *Memórias do Mar - Série Zoológica*, 1(11): 1-60.
- Reis, D. (1988). Observations on the development of echolocation in young bottlenose dolphins. In: *Animal Sonar* (Eds. P.E. Nachtigall & P.W.B. Moore), pp 121-127. Plenum Publishing corporation.
- Reynolds, J.E., Wells, R.S. & Eide, S.D. (2000). The bottlenose dolphin biology and conservation. University Press of Florida: 289 pp.
- Richardson, W.J., Greene, C.R., Malme, C.I. & Thomson, D.H. (1995). *Marine Mammals and Noise*. Academic Press: 576 pp.
- Sayigh, L.S., Tyack, P.L., Wells, R.S. & Scott, M.D. (1990). Signature Whistles of free-ranging bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*: stability and mother-offspring comparisons. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 26: 247-260.
- Schevill, W.E. & Watkins, W.A. (1966). Sound structure and directionality in *Orcinus* (killer whale). *Zoologica* (N.Y.), 51(6): 71-76.
- Schevill, W.E. & Watkins, W.A. (1971). Pulsed sounds of the porpoise *Lagenorhynchus australis*. *Breviora*, 366: 1-10.
- Schultz, K.W., Cato, D.H., Corkeron, P.J. & Bryden, M.M. (1995). Low frequency narrow-band sounds produced by the bottlenose dolphins. *Marine Mammal Science*, 11(4): 503-509.

- Scott, M.D. & Chivers, S.J. (1990). Distribution and herd structure of bottlenose dolphins in the Eastern Tropical Pacific Ocean. In: *The Bottlenose Dolphin* (S. Leatherwood & R.R. Reeves, Eds.), pp.387-402. Orlando: Academic Press.
- Sergeant, D.E., Caldwell, D.K & Caldwell, M.C. (1973). Age, growth and maturity of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) from Northeast Florida. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **30**: 1009-1011.
- Siegel, S. & Castellan, N.J.Jr. (2000). *Nonparametric statistic for the behavioral sciences* (second edition). McGraw-Hill International Editions: 399 pp.
- Sjare, B. L. & Smith, T. G. (1986a). The vocal repertoires of white whales, *Delphinapterus leucas*, summering in Cunnungham Inlet, Northwest Territories. *Canadian Journal of Zoology*, **64**(2): 407-415.
- Sjare, B. L. & Smith, T. G. (1986b). The relationship between behavioral activity and underwater vocalizations of the white whale, *Delphinapterus leucas*. *Canadian Journal of Zoology*, **64**(12): 2824-2831.
- Smolker, R.A., Richards, A.F., Connor, R.C. & Pepper, J.W. (1992). Sex differences in patterns of association among Indian Ocean bottlenose dolphins. *Behaviour*, **123**(1-2): 38-69.
- Steiner, W.W., Hain, J.H., Winn, H.E. & Perkins, P.J. (1979). Vocalizations and feeding behavior of the killer whale (*Orcinus orca*). *Journal of Mammalogy*, **60**(4): 823-827.
- Tavolga, M.C. (1966). Behavior of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*): social interactions in a captive colony. In: *Whales, Dolphins and Porpoises* (K.S. Norris, Ed.), pp. 718-730. Berkeley: University of California Press.
- Tavolga, M. & Essapian, F. (1957). The behaviour of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*): mating, pregnancy, parturition and mother-infant behaviour. *Zoologica*, **42**(2): 11-31.
- Van Parijs, S.M, Parra, G.J. & Corkeron, P.J. (2000). Sounds produced by Australian Irrawaddy dolphins, *Orcaella brevirostris*. *Journal of the Acoustical Society of America*, **108** (4): 1983-1940.
- Watkins, W.A. (1967). The harmonic interval: fact or artifact in spectral analysis of pulse trains. In: *Marine Bio-acoustics* (W.N. Tavolga, Ed.), Vol. 2, pp. 15-43. Oxford: Pergamon Press.
- Watkins, W.A. (1986). Whale reactions to human activities in Cape Cod waters. *Marine Mammal Science*, **2**(4): 251-262.
- Watkins, W. A. & Schevill, W.E. (1972). Sound source location by arrival-times on a non-rigid three-dimensional hydrophone array. *Deep-Sea Research*, **19**(10): 691-706.
- Watkins, W. A. & Schevill, W.E. (1974). Listening to Hawaiian spinner porpoises, *Stenella cf. longirostris* with a 3-dimensional hydrophone array. *Journal of Mammalogy*, **55**: 319-328.
- Watkins, W. A. & Schevill, W.E. (1977). Sperm whale codas. *Journal of the Acoustical Society of America*, **62**(6): 1485-1490.
- Watkins, W.A., Schevill, W.E. & Best, P.B. (1977). Underwater sounds of *Cephalorhynchus heavisidii* (Mammalia: Cetacea). *Journal of Mammalogy*, **58**: 316-320.
- Watkins, W.A. & Wartzok, D. (1985). Sensory biophysics of marine mammals. *Marine Mammal Science*, **1**: 219-260.

Watkins, W.A., Daher, M.A., Fristrup, K.M., Howald, T.J. & di Sciara, G.N. (1993). Sperm whales tagged with transponders and tracked under-water by sonar. *Marine Mammal Science*, 9(1): 55-67.

Wells, R.S. (1990). Parental investment patterns of wild bottlenose dolphins. *Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Marine Animal Trainers Association*: 58-64.

Wells, R.S., Irvine, A.B., Scott, M.D. (1980). The social ecology of inshore Odontocetes. In: *Cetacean Behaviour Mechanisms and Functions* (L.M. Herman, Ed.), pp. 263-317. New York: John Wiley & Sons.

Wells, R.S., Boness, D.J. & Rathbun, G.B. (1999). Behavior. In: *Biology of Marine Mammals* (Eds. J.E. Reynolds & S.A. Rommel), pp 324-422. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press

Wetzel, R.G. (1975). *Limnology*. Philadelphia: W.B. Saunders Co.

Whitehead, H. & Weilgart, L. (1991). Patterns of visually observable behaviour and vocalizations in groups of female sperm whales. *Behaviour*, 118(3/4): 275-296.

Wood, F.G.Jr. (1953). Underwater sound production and concurrent behavior of captive porpoises, *Tursiops truncatus* and *Stenella plagiodon*. *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb.*, 3(2): 120-133.

Wood, F.G.Jr., Caldwell, D.K. & Caldwell, M.C. (1970). Behavioral interaction between porpoises and sharks. *Investigations on cetacea*, 2: 264-277.

Würsig, B. (1979). Dolphins. *Scientific American*, 240(3): 108-119.

Würsig, B. (1989). Cetaceans. *Science*, 244: 1550-1557.

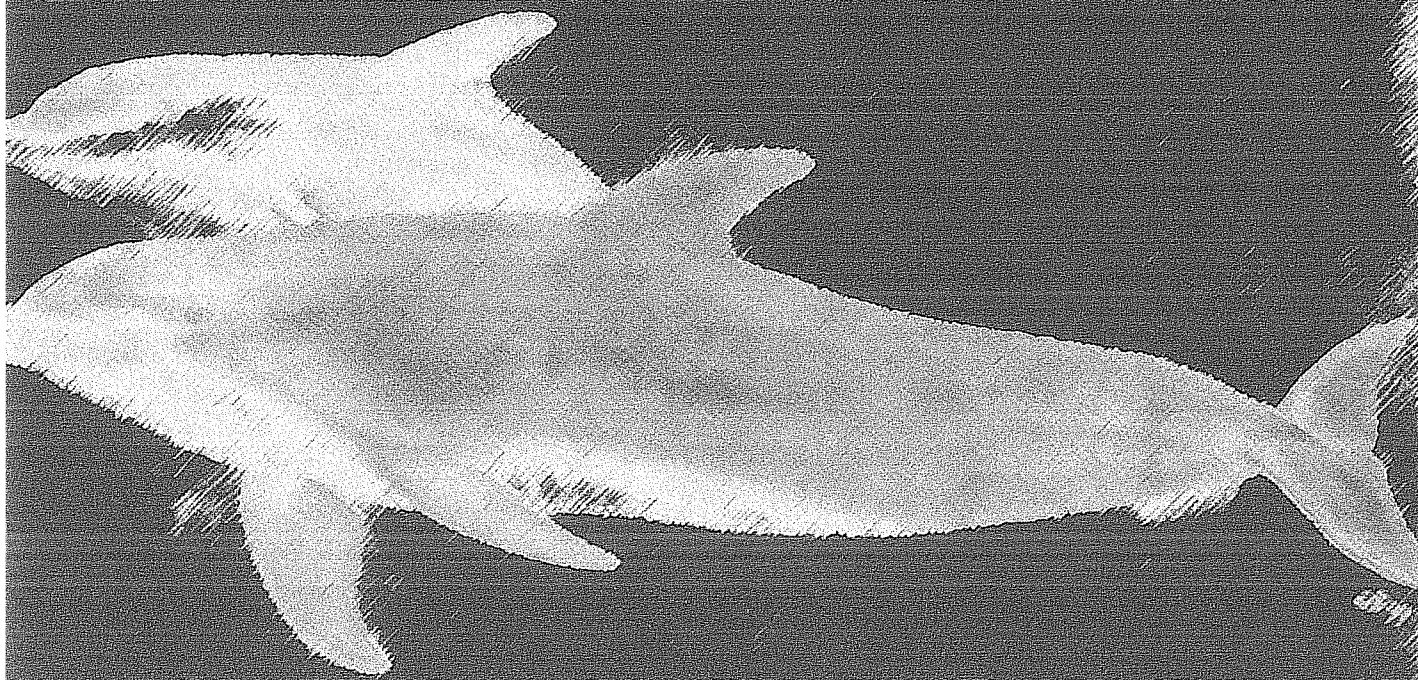
Wursig, B., Kieckhefer, T. R. & Jefferson, T. A. (1990). Visual displays for communication in cetaceans. In: *Sensory Abilities of Cetaceans* (Eds. J. Thomas & R. Kastelein), pp. 545-559 New York: Plenum Press.

Wursig, B. & Wursig, M. (1979). Behavior and ecology of bottlenose porpoises, *Tursiops truncatus*, in the South Atlantic. *Fishery Bulletin*, 77 (2): 399-412.

Wursig, B. & Wursig, M. (1980). Behaviour and ecology of the dusky dolphin *Lagenorhynchus obscurus* in the South Atlantic. *Fishery Bulletin*, 77: 871-890.

Zar, J. H. (1984). *Biostatistical analysis*. New Jersey, Prentice Hall: 718 pp.

ANEXOS



# ANEXO I

## Ficha de amostragem utilizada nas saídas de campo

DATA ____ / ____ / 2000	SAÍDA Nº ____	____ AMOSTRAGEM																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Início</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Fim</td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </table>	Início	Fim			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Animais</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">Nº Animais</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Nº Grupos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distância ao Grupo em estudo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distância Entre grupos</td> <td></td> </tr> </table>	Animais		Nº Animais		Nº Grupos		Distância ao Grupo em estudo		Distância Entre grupos		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Sons</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">Assobios</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Trens</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Zurros</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Outros sons pulsados</td> <td></td> </tr> </table>	Sons		Assobios		Trens		Zurros		Outros sons pulsados	
Início	Fim																									
Animais																										
Nº Animais																										
Nº Grupos																										
Distância ao Grupo em estudo																										
Distância Entre grupos																										
Sons																										
Assobios																										
Trens																										
Zurros																										
Outros sons pulsados																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Local da Amostragem</td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </table>	Local da Amostragem		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Actividade predominante dos animais em estudo</td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </table>	Actividade predominante dos animais em estudo		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Deslocação</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Busca presas deslocação</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Busca presas dispersão</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Alimentação grupo superfície</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Interações sociais superfic.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Repouso</td> </tr> </table>	Deslocação	Busca presas deslocação	Busca presas dispersão	Alimentação grupo superfície	Interações sociais superfic.	Repouso														
Local da Amostragem																										
Actividade predominante dos animais em estudo																										
Deslocação																										
Busca presas deslocação																										
Busca presas dispersão																										
Alimentação grupo superfície																										
Interações sociais superfic.																										
Repouso																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Posição GPS</td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </table>	Posição GPS		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Medições Disco Secchi</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">Desapareceu (1)</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Reapareceu (1)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Desapareceu (2)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Reapareceu (2)</td> <td></td> </tr> </table>	Medições Disco Secchi		Desapareceu (1)		Reapareceu (1)		Desapareceu (2)		Reapareceu (2)		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Maré</td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </table>	Maré											
Posição GPS																										
Medições Disco Secchi																										
Desapareceu (1)																										
Reapareceu (1)																										
Desapareceu (2)																										
Reapareceu (2)																										
Maré																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Observações</td> </tr> <tr> <td style="height: 80px;"></td> </tr> </table>	Observações																									
Observações																										

## ANEXO II

*Tabela dos dados referentes às variáveis comportamentais (n=88)*

Amostra	Actividades	Assobios	Trens de estalidos	Séries de zurros	Outros sons pulsados	Tamanho do grupo
1	1	1,7	0,7	1	0	8
2	1	4	2,7	2	0,3	5
3	2	2	2	2	0	7
4	3	8	3,9	2,2	3,6	4
5	1	0	3	0	0,3	4
6	4	0,8	2,6	0	0,4	7
7	1	2	2,5	3,6	1,5	7
8	1	5	0,5	0	0,3	9
9	1	3	1,3	0	0,3	4
10	1	8,3	1	0	0	6
11	1	0	0	0	1	9
12	1	1	1,5	0	0	5
13	2	7	1,5	0	0	3
14	1	0,2	4	0	1,8	7
15	1	0	4	0	0,8	10
16	4	0	0,3	1,3	0,3	11
17	4	0,5	0,5	0	2,5	10
18	3	1,3	0,3	0	0	6
19	2	0	1,5	1,5	0	4
20	1	1,6	3,2	0	1	2
21	1	0,7	4	0	0,3	4
22	1	0,7	1,3	2,7	5	15
23	1	0	1	0	3,5	15
24	1	0,7	0,2	2,8	0,2	15
25	1	0,8	1,4	2	0,6	8
26	2	6,3	1	0	0	4
27	4	0	0,7	0	0	10
28	4	0	0	0	0	5
29	4	0	1	0	0	10
30	4	0,5	0	0	0	2
31	3	0,3	0	0,3	7	3
32	3	1,5	1,2	0	1,3	2
33	3	1	0,3	6	2	12
34	1	12,7	0	0	0,2	5
35	2	0	0	0	0	12
36	4	0	0	0	0	9
37	2	8,3	0,3	0	2,8	15
38	3	7,5	3,3	0	2,8	12
39	3	2,6	1,4	0	0,2	14
40	3	17,5	2	1,5	4,2	6
41	4	6	1,3	0	0	15
42	3	0,6	2,2	0	7	14
43	4	0,3	0	0	0	10
44	4	0,3	1,3	0	0	4

Amostra	Actividades	Assobios	Trens de estalidos	Séries de zurros	Outros sons pulsados	Tamanho do grupo
45	4	0	0	0	0	6
46	2	3,5	0	0	0	12
47	2	0	0	0	0	15
48	2	0,5	0	0	0	7
49	1	1,7	0	1,3	0,3	5
50	2	3	0	0	1	
51	3	15	1	1,5	5	17
52	1	4	0,8	0,2	0	17
53	2	1,5	0	0	0,5	10
54	3	0	0,5	0	0	10
55	1	3,5	0,5	0	6	5
56	1	0	3,7	0	6,7	15
57	4	0	0,5	0	0	5
58	3	22	0	0	0	4
59	2	0	0	0	0	4
60	2	0	0	0	0	6
61	4	0	0	0	0	10
62	2	0	1,3	0	2,7	12
63	1	2,8	1,5	0	1	4
64	1	1,7	0,7	4	2,7	3
65	4	0	0	0	0	8
66	4	2	1	0	0	11
67	1	0,7	0,5	1,6	1,9	5
68	4	0	0	0	0	3
69	2	0	0	0	0	12
70	1	1,7	0	0	0	
71	4	0,7	0,3	0	1,7	
72	1	7,2	2,2	0	1,2	8
73	4	3,5	0	0	0	18
74	4	1,5	0,3	0	0	18
75	4	0	0	0	0	8
76	4	0	0	0	0	8
77	4	0	0,7	0	0	10
78	1	3,8	1,2	1	2,8	15
79	1	0	0,7	0	0	
80	3	7,8	2,3	0	1,8	10
81	4	0,2	1,3	0	0	20
82	4	0,7	0	0	0	20
83	2	0,1	0,3	1	2	4
84	4	0,2	0,8	0	0	15
85	4	0,3	0	0	0	4
86	4	0	0,3	0	0,1	10
87	4	0	0,7	0	0,3	8
88	4	0	0	0	0	15

### Legenda para a variável "Actividades"

1. Actividade alimentar com interacções
2. Actividade alimentar sem interacções
3. Interacções sociais
4. Deslocação simples

### Nota

As várias vocalizações estão expressos em número de vocalização por minuto.

### ANEXO III

*Tabela dos dados referentes às variáveis ecológicas (n=88)*

Amostra	Visibilidade Disco Secchi	Zona do estuário	Ruído	Peixe
1	119	1	0	0
2	151	1	0	0
3	253	1	0	0
4	161	1	0	0
5	125	1	0	1
6	100	1	0	0
7	108	1	0	1
8	254	2	0	0
9	88	1	1	1
10	75	1	0	1
11	150	1	1	0
12	173	1	1	0
13	135	1	0	1
14	115	1	0	1
15	113	1	0	0
16	150	1	0	0
17	175	1	0	0
18	205	1	0	0
19	145	1	0	0
20	135	1	0	1
21	135	1	0	1
22	215	1	0	0
23	195	1	0	1
24	165	1	1	0
25	163	1	0	1
26	188	1	0	1
27	228	1	0	0
28	218	1	0	0
29	310	1	1	0
30	238	1	1	0
31	308	1	1	1
32	228	1	1	1
33	180	1	0	1
34	430	1	1	0
35	418	1	0	0
36	530	1	0	0
37	278	2	1	0
38	270	2	1	0
39	210	2	0	0
40	208	1	1	1
41	155	1	1	0
42	125	1	0	0
43	368	3	0	0
44	110	1	1	1
45	125	2	1	1
46	115	2	1	0

Amostra	Visibilidade Disco Secchi	Zona do estuário	Ruído	Peixe
47	123	2	0	0
48	105	2	0	1
49	153	2	1	0
50	110	1	1	0
51	250	3	1	0
52	240	2	1	0
53	213	2	1	1
54	298	2	0	0
55	265	3	0	1
56	278	2	1	0
57	305	2	1	0
58	330	2	1	0
59	330	2	0	0
60	308	1	0	0
61	345	1	1	1
62	443	2	1	0
63	580	2	1	1
64	648	2	0	1
65	473	2	1	0
66	495	3	1	0
67	135	1	1	0
68	418	2	1	0
69	398	2	1	0
70	653	2	1	0
71	528	2	1	0
72	343	3	1	0
73	243	2	0	1
74	368	2	1	0
75	215	2	0	0
76	180	1	1	0
77	365	1	0	0
78	343	1	1	0
79	298	1	0	0
80	365	1	0	0
81	373	2	0	0
82	390	2	1	1
83	210	2	0	1
84	190	2	0	1
85	230	2	1	0
86	275	2	1	0
87	245	2	1	0
88	298	2	0	0

Legenda para a variável "Zona do estuário"

1. Zona interior
2. Zona baixa
3. Zona exterior

Legenda para as variáveis "Ruído" e "Peixe"

0. Ausência do sinal
1. Presença do sinal

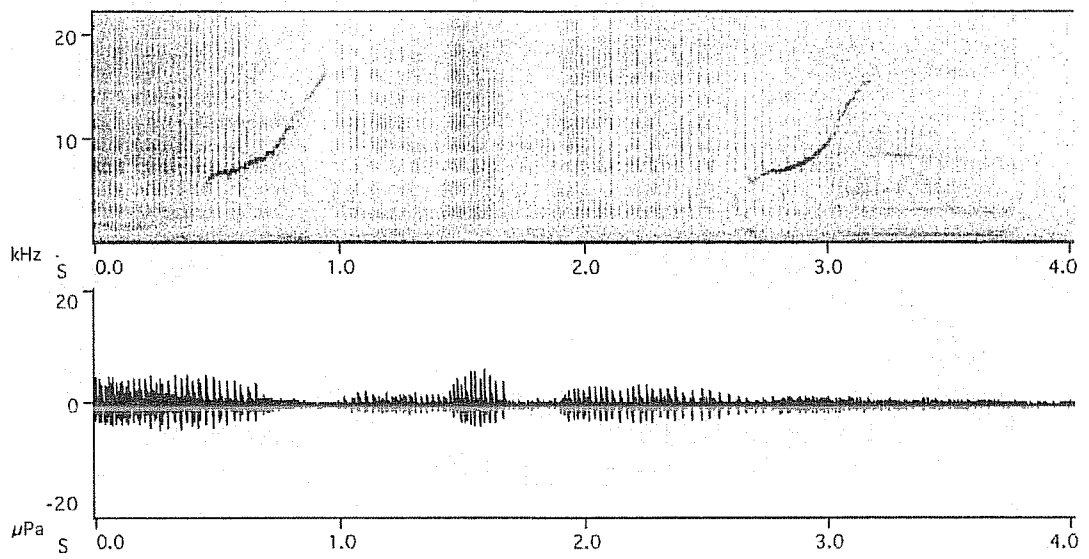
Nota

A variável "Visibilidade de Disco de Secchi" está expressa em centímetros.

## ANEXO IV

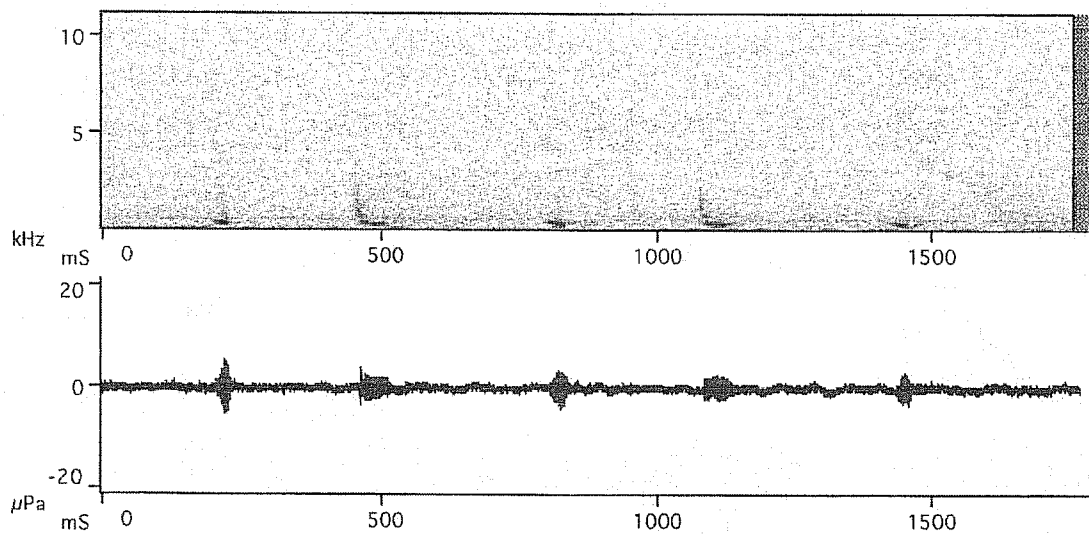
*Representações gráficas de diferentes sinais acústicos registados  
no decorrer deste trabalho.*

*A parte superior de cada figura é um sonograma e a parte inferior é a forma de onda.*



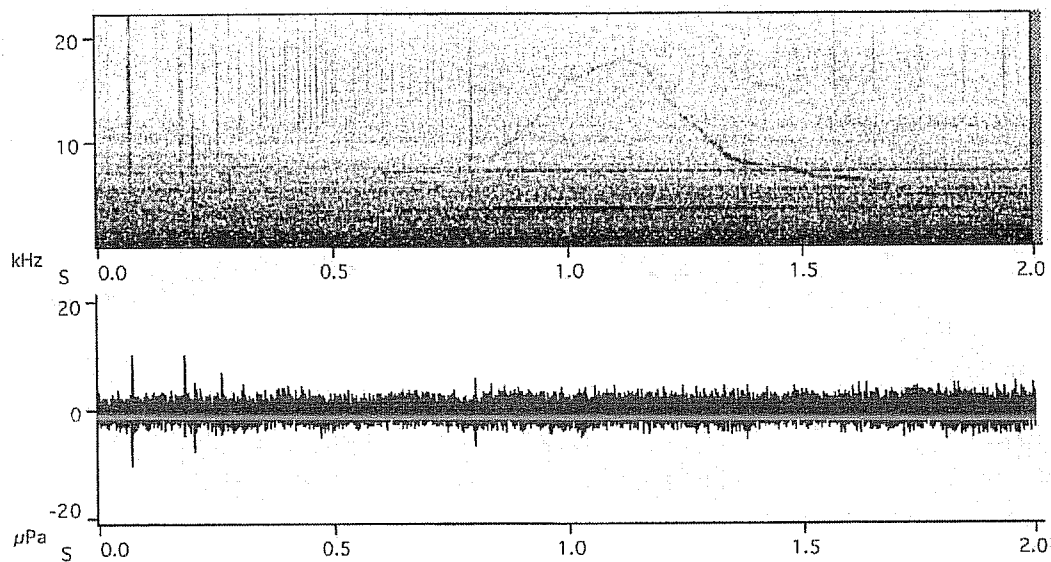
Representação gráfica de dois assobios e de sons pulsados.

Largura de banda de análise 700 Hz

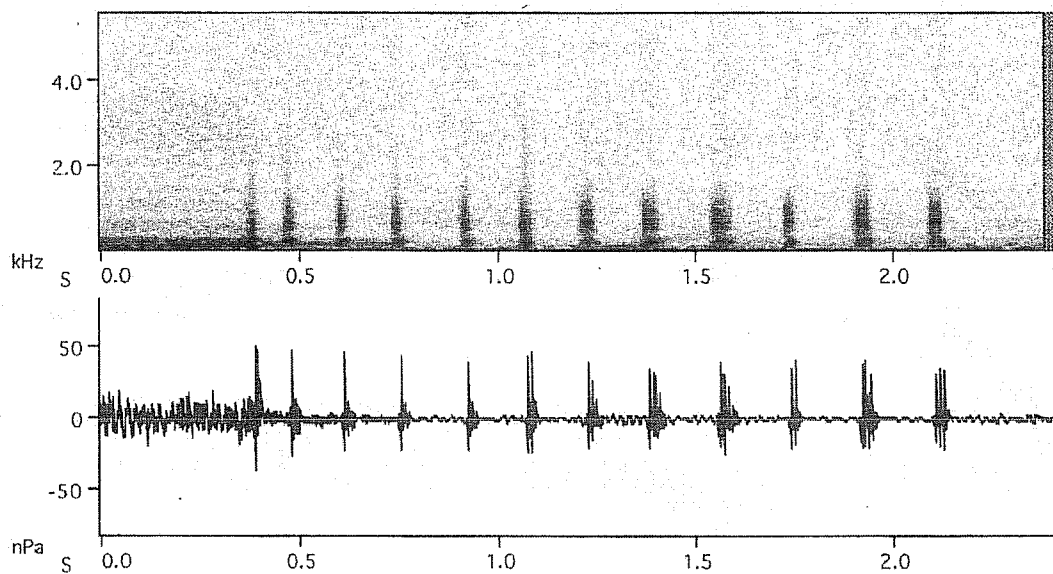


Representação gráfica de uma sequência de golos extraídos de uma série de zurros.

Largura de banda de análise 350 Hz



Representação gráfica de um assobio e sons pulsados  
 numa gravação com ruído subaquático.  
 Largura de banda de análise 700 Hz



Representação gráfica de um tamborilado de charroco.  
 Largura de banda de análise 350 Hz