

ACÚSTICA



EMISSÕES ACÚSTICAS NOS PEIXES: UMA BREVE ABORDAGEM DOS TIPOS DE SINAIS, MECANISMOS DE PRODUÇÃO E FUNÇÃO BIOLÓGICA.

Ricardo Matos & Manuel E. dos Santos

Unidade de Investigação em Eco-Etologia
Instituto Superior de Psicologia Aplicada
Rua Jardim do Tabaco, 34, 1100 Lisboa, Portugal

Centro de Análise e Processamento de Sinais
Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais, 1096 Lisboa Codex, Portugal

ABSTRACT

Many fish species use sound as a means of communication. We will present the most common anatomical and physiological mechanisms of sound production (stridulation, swim bladder vibration and hydrodynamics), and the different types of signals that are produced. Although the acoustic communication in fish is related to sexual and aggressive behaviour, the specific functions of the different sounds have been difficult to establish.

INTRODUÇÃO

A emissão de sons é um fenómeno bastante comum em peixes. Nas últimas décadas foram identificadas mais de 50 famílias com pelo menos uma espécie em que os indivíduos produzem sons (Hawkins & Myrberg 1983, Hawkins 1993). O contexto em que ocorre a emissão acústica nem sempre é claro. Por exemplo alguns peixes produzem sons quando raspam o fundo em busca de alimento (Fish et. al. 1952, Hawkins & Myrberg 1983). Embora estes sons possam ser detectados por outros peixes e usados como informação (por exemplo: os predadores podem utilizar estes sons para localizar a presa), não envolve a produção de um sinal especialmente seleccionado. No entanto existem várias espécies que possuem um repertório acústico bem desenvolvido, apresentando diferentes tipos de sinais emitidos em contextos sociais distintos, que provocam uma alteração comportamental noutros indivíduos (Hawkins 1993). A diversidade de sinais e de mecanismos de produção de sons sugere que a comunicação acústica evoluiu de forma independente nos diferentes grupos (Hawkins & Myrberg 1983). De uma forma geral os sons são compostos por baixas frequências, não superiores a 4KHz, e a sua estrutura temporal e de frequência varia com o tipo de mecanismo que produz o som.

Existem três tipos principais de mecanismos empregues na produção de sinais acústicos: mecanismos de estridulação, vibração da bexiga gasosa, e hidrodinamismo.

A estridulação é o som que resulta do friccionar de duas partes duras do corpo uma contra a outra. Diferentes espécies desenvolveram formas distintas de produzir estes sons, por exemplo, *Balistes carolinensis* (Balistidae) produz um som semelhante a um arranhar metálico com os dentes (Fish et. al. 1952). O gourami, *Trichopsis vittatus* (Anabantidae) possui raios das barbatanas peitorais modificados que quando raspam uns contra os outros produzem vários 'clicks' (Ladich & Fine 1992). Uma outra forma de produzir este tipo de sons é a utilização de elementos do esqueleto. Por exemplo, o góbio de água doce, *Cottus gobius* (Cottidae), produz uma série de 'knocks' movendo o crânio contra os elementos da inserção da peitoral no corpo (Ladich 1989). Quando visualizados num sonograma estes tipos de sons apresentam uma estrutura não harmónica, e duração variável. Segundo os valores de frequência dominante, pode-se dividir em 2 grupos diferentes: sinais com frequências altas, com frequências dominantes situadas entre os 1000Hz e 4000Hz, e sinais de baixas frequências com as frequências dominantes com valores abaixo dos 1000Hz. Neste último grupo a bexiga natatória actua como o elemento de ressonância (Tavolga 1971).

A bexiga natatória pode possuir um papel mais central na produção de som ou pode actuar apenas como elemento de ressonância do mecanismo de produção de som. A forma mais comum de produção de som é a participação da bexiga natatória como um elemento de percussão. Este mecanismo é normalmente constituído por um par de músculos, derivados dos músculos da parede abdominal ou de elementos do esqueleto, que vibram contra a parede da bexiga. As contracções destes músculos, provocam mudanças de volume na bexiga natatória, fazendo com que toda a sua superfície vibre. Estas vibrações são transmitidas ao corpo do peixe e depois para o meio, com pouca perda de energia

(Tavolga 1971). Estes músculos são altamente resistentes à tetanização e são capazes de contrações muito rápidas (Schneider 1967). Apresentam igualmente um reticulum sarcoplasmático bastante desenvolvido e uma elevada vascularização que, contribuem para a capacidade de se contraírem rapidamente (Tavolga 1971). Normalmente a frequência de contração do músculo corresponde directamente à frequência fundamental do sinal (Schneider 1967). Consoante a sua localização podem ser classificados como extrínsecos quando ainda se encontram ligados à parede abdominal ou intrínsecos quando estão completamente ligados à bexiga natatória. O primeiro tipo pode ser encontrado nos membros da família Scianidae (exemplo, *Leiostomus xanthurus*), em que o mecanismo produtor de som típico é constituído por dois músculos extrínsecos localizados em cada um dos lados da bexiga natatória. Uma das extremidades dos músculos insere-se na parte dorsal da bexiga (no tendão central), e a outra insere-se via tecido conjuntivo e lateralmente na cavidade abdominal (Hill et. al. 1987). Os peixes da família Batrachoididae possuem um mecanismo produtor de som do segundo tipo, sendo composto por uma bexiga gasosa grande, com dois lóbulos e um par de grandes músculos intrínsecos, um de cada lado da bexiga. Neste caso os músculos sónicos não estão ligados à parede abdominal (Fish and Mobray 1959, Fine & Pennypacker 1988). Os sons produzidos pela bexiga natatória possuem uma estrutura harmónica, são normalmente formados por impulsos curtos (20-100 ms) que podem ser emitidos em séries de um ou mais sinais. As frequências fundamentais podem variar entre 75 e 100 Hz (Tavolga 1971).

Qualquer movimento dentro de água produz deslocamento das partículas e ondas de compressão. Estes dois tipos de ondas são consideradas como ondas sub-sónicas susceptíveis de serem percebidas pelos peixes. Tavolga (1971) refere que os peixes podem produzir estes efeitos de três formas possíveis: o movimento rítmico do movimento ondulatório, turbulência gerada pelo atrito do corpo com a água e sons de origem interna provocados pelo movimento dos músculos e esqueleto do animal. Estes sons não possuem uma estrutura harmónica, e apresentam frequências dominantes abaixo dos 100 Hz (Tavolga 1971).

Os peixes produzem sons em diferentes contextos sociais. Estas emissões de uma forma geral são mais frequentes durante a época de reprodução, período onde existem mais interacções entre os indivíduos. Muitas espécies produzem som quando se encontram perante situações de stress. Por exemplo o batraquoidídeo *Halobatrachus didactylus*, produz uma série de tamborilados quando é manuseado (observações pessoais). O significado exacto destes sinais ainda não é claro; no entanto alguns autores referem que poderão ser sinais de defesa ou alarme contra predadores (Ladich 1997).

O valor das emissões acústicas no comportamento sexual e a sua relação com o comportamento visual ainda não são claros. Na maioria das espécies estudadas são os machos que produzem sons associados aos comportamentos sexuais (Winn 1964, Hawkins & Rasmussen 1978, Hawkins & Myrberg 1983, Hawkins 1993, Brantley and Bass 1994). Ladich (1989) sugere que os sons podem reflectir a qualidade individual do macho ou posse de recursos, usadas pelas fêmeas na escolha de um macho para acasalarem. Existem custos associados à produção destes sinais, por exemplo, os sons podem ser interceptados por um predador ou por um rival, e os indivíduos gastam energias que doutra forma podiam ser canalizadas para outras actividades. Outra função possível da emissão de sons é de assegurar que o esperma e os ovos sejam libertados ao mesmo tempo (Ladich 1989). Hawkins & Rasmussen (1978) observaram que durante a exibição sexual dos machos de *Melanogrammus aeglefinus* (Gadidae), existia uma associação entre a taxa de produção de sons e o aproximar do clímax da desova. Torricelli et. al. (1986) sugerem que o uso de sinais visuais e acústicos ao mesmo tempo tornam a exibição mais conspicua para os receptores, actuando como elementos de redundância, e reduzindo assim as probabilidades de serem mal interpretados.

A produção de sons em contexto agonístico encontra-se geralmente relacionada com a territorialidade (Hawkins 1993). Existem algumas evidências de que os sinais acústicos possam ser usados como um meio dos peixes avaliarem a motivação e/ou a capacidade de luta do adversário. Por exemplo, Myrberg et. al. (1993) demonstraram que na espécie *Pomacentrus partitus* (Pomacentridae) se pode utilizar a frequência dominante dos sons emitidos durante encontros agonísticos como preditor do tamanho do peixe, em que a relação era: a machos maiores corresponde um valor de frequência mais baixo. Estes autores referem que os peixes podem utilizar este mecanismo como uma forma de reconhecerem os adversários em futuros encontros agonísticos, estabelecendo uma associação entre os sons individuais e as acções dos vizinhos. Este processo de reconhecimento é importante quando o animal é territorial e possui fronteiras com vários outros territórios de outros indivíduos.

É bastante comum que a mesma espécie possua diferentes tipos de sinais, usados em contextos sociais distintos. Por exemplo, o gadídeo *Melanogrammus aeglefinus* possui pelo menos dois tipos de

emissões acústicas, relacionadas com o comportamento sexual e reprodutor (Hawkins & Rasmussen 1978). Os membros da família Batrachoididae, apresentam igualmente pelo menos dois tipos de sons: as sirenes ('boatwhistle') que apenas são produzidas por machos com ninho, e os tamborilados ('grunts') que são produzidos quando um outro macho ou um objecto estranho se aproxima do ninho (Gray & Winn 1961). Existem ainda alguns casos em que o próprio mecanismo produtor de som é diferente: os membros das famílias Pimelodidae, Mochokidae e Doradidae, possuem músculos produtores de sons na bexiga natatória e um segundo mecanismo em que o som é produzido através da estridulação de um dos raios da dorsal (transformado) contra a parte lateral do corpo. A função de cada um destes mecanismos ainda não foi determinada apenas se sabe que os sons são produzidos quando os animais se encontram em situação de stress (Ladich 1997).

REFERÊNCIAS

- Brantley R.K. & Bass A.H., Alternative male spawning tactics and acoustic signals in the plainfin midshipman fish *Porichthys notatus* Girard (Teleostei, Batrachoididae). *Ethology*, vol. 96, pp. 213-232 (1994).
- Fine M.L. & Pennypacker K.R., Histochemical typing of sonic muscle from the oyster toadfish. *Copeia*, (1), pp. 130-134 (1988).
- Fish M.P. & Mowbray W.H., The production of underwater sound by *Opsanus* sp., a new toadfish from Bimini, Bahamas. *Zoologica*, vol. 44(4), pp. 71-79 (1959).
- Fish M.P., Kelsey Jr. A.S. & Mowbray W.H., Studies on the production of underwater sound by North Atlantic coastal fishes. *Journal of Marine Research*, vol. XI (2), pp. 180-193 (1952).
- Gray G-A. & Winn H.E., Reproductive ecology and sound production of the toadfish, *Opsanus tau*. *Ecology*, vol. 42 (2), pp. 274-282 (1961).
- Hawkins A.D., Underwater sound and fish behaviour: in *Behaviour of Teleost fishes*. 2nd edition (Ed. Pitcher T.J.), Chapman & Hall, London, pp. 129-169 (1993).
- Hawkins A.D. & Myrberg Jr. A.A., Hearing and sound communication under water: in *Bioacoustics, A comparative approach*. (Ed. Lewis B.), Academic Press, London, pp. 345-405 (1983).
- Hawkins A.D. & Rasmussen K.J., The calls of gadoid fish. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, vol. 58, pp. 891-911 (1978).
- Hill G.L., Fine L. & Musick J.A., Ontogeny of the sexually dimorphic sonic muscle in three Sciaenid species. *Copeia* n° 3, pp.708-713 (1987).
- Ladich F., Sound production by the river bullhead, *Cottus gobio* L. (Cottidae, Teleostei). *Journal of Fish Biology*, vol.35, pp. 531-538 (1989).
- Ladich F., Comparative analysis of swimbladder (drumming) and pectoral (stridulation) sounds in three families of catfishes. *Bioacoustics*, vol 8, pp.185-208 (1997).
- Ladich F. & Fine M.L., Localization of pectoral fin motoneurons (sonic and hovering) in the croaking gourami *Trichopsis vittatus*. *Brain and Behavioural Evolution*, vol. 39, pp. 1-7 (1992).
- Myrberg Jr. A.A., Ha S.J. & Shablott M.J., The sounds of bicolor *dansefish* (*Pomacentrus partitus*): Predictors of body size and a spectral basis for individual recognition and assessment. *J. Acoust. Soc. Am.*, 94 (2), pp. 3067-3070 (1993).
- Schneider H., Morphology and physiology of sound production in teleost fishes: in *Marine bioacoustics*, vol. 2. (Ed. Tavolga W.N.), Pergamon Press, Oxford, pp. 135-158 (1967).
- Tavolga W.N., Sound production and detection. In: *Fish physiology*, Vol. 5. (Eds. Hoar W.S. & Randall D.J.), Academic press, New York, pp. 135-205 (1971).
- Torricelli P., Lugli M. & Gandolfi G., A quantitative analysis of the occurrence of visual and acoustic displays during the courtship in the freshwater goby, *Padogobius martensi* (Günther, 1961) (Pisces, Gobiidae). *Boll. Zool.*, vol. 53, pp. 85-89 (1986).
- Winn H.E., The biological significance of fish sounds. In: *Marine bioacoustics*, (Ed. Tavolga W.N.), Pergamon Press, Oxford, pp. 213-230 (1964).