v 1. Teoria molecular. Genética
x 1. Regulação endócrina da homeostasia
y 1. Regulação nervosa da homeostasia, do equilibrio, do sono, dos movimentos, etc.

Os seminários feitos pelos docentes devem promover o desenvolvimento da comunicação entre os vários campos e estabelecer interfaces semânticas. Podem-se apontar como exemplos de seminários os seguintes:

a 2. Sistemas de controle em animais
b 2. Introdução à biomatemática
c 2. Laboratórios de bioelectrónica

Os projectos laboratoriais serão escolhidos de modo a ser possível a sua realização no prazo determinado e a fazerem intervir conhecimentos dos três campos em causa: *Engenharia, Biologia* e *Medicina.* Assim, são bons exemplos de projectos, os seguintes:

a 3. Reacções tissulares a estímulos eléctricos
b 3. Medição das características eléctricas da pele
c 3. Simulação das várias homeostases de um animal: regulação da temperatura, salinidade, concentração celular hemática, etc.
d 3. Simulação de reflexos condicionados com elementos lógicos
e 3. Detecção de equilibrios ecológicos e sua alteração experimental em laboratório
f 3. Estudo geral de percepção com animais em laboratório, do ponto de vista da formação de conceitos; aprendizagem da reacção a estímulos complexos
g 3. Estudo laboratorial da transmissão hereditária de reflexos condicionados adquiridos com animais simples
h 3. Estudo com microscópio electrónico das enzimas, na transmissão e controle da informação genética
i 3. Estudo da estrutura e função de uma celula (a do fígado por exemplo)
j 3. Experiências sobre a condução, numa célula de quatro eléctrodos
l 3. Experiência para a medição da pressão de oxigénio num tecido
m 3. Estudo dos mecanismos reguladores das secreções endócrinas.

Propagação do som no mar

por Daniel A. Rodrigues
(Licenciado em Ciências Geofísicas)

O mar é um sistema físico muito complexo onde a característica dominante de qualquer distribuição de propriedades que nele se observe é a sua variabilidade quase aleatória quer no espaço quer no tempo.

Só o emprego de técnicas instrumentais muito avançadas e de métodos de avaliação dos dados matemáticamente muito elaborados, permite obter alguma informação sobre os processos que ocorrem no oceano, quando tomamos em conta a sua variabilidade.

Foi a acústica submarina que em grande parte motivou o esforço que recentemente se está a fazer para compreender a natureza da variabilidade no oceano. De facto, sendo a velocidade do som uma propriedade do meio, a variabilidade dos parâmetros que a caracterizam num dado local e num dado instante, afectam a estrutura do sinal acústico que se pretende transmitir, alterando assim o conteúdo de informação.

A investigação no domínio da acústica submarina é hoje muito importante, não só por razões de natureza militar — e neste domínio, pode dizer-se, apenas diz respeito às grandes potências — mas principalmente por razões económicas e até de protecção da vida humana no mar.

Sendo C a velocidade do som no mar, $C=C(T,S,P)$ é uma função complicada da temperatura T, da salinidade S e da pressão P.

Em aproximação linear escreve-se:

$$C=C_0+\left(\frac{\Delta C}{\Delta T}\right)_{P,S}\Delta T+$$
$$+\left(\frac{\Delta C}{\Delta P}\right)_{T,S}\Delta P+\left(\frac{\Delta C}{\Delta S}\right)_{P,T}\Delta S$$

sendo $C_0=1528$ m/s a velocidade do som à superfície do oceano padrão que se define como um oceano uniforme com $T=0\,°\mathrm{C}$ e $S=35\,°/_{oo}$.

Os coeficientes têm os seguintes valores aproximados:

$$\frac{\Delta C}{\Delta T}=+4.6\ \mathrm{m\,s^{-1}\,°C^{-1}}$$
$$\frac{\Delta C}{\Delta P}=+0.16\,\mathrm{m\,s^{-1}}\quad (P \text{ em } \mathrm{kg\,cm^{-2}})$$
$$\frac{\Delta C}{\Delta S}=+1.4\ \mathrm{m\,s^{-1}}(°/_{oo})^{-1}.$$

O parâmetro dominante é a temperatura; tendo em consideração a estrutura termohalina média do oceano, em que as grandezas T, P, S possuem os seguintes intervalos de variação

$$-3\,°\mathrm{C}<T<30\,°\mathrm{C}$$
$$1\,\mathrm{kg\,cm^{-2}}\leqslant P<1\,000\,\mathrm{kg\,cm^{-2}}$$
$$33\,°/_{oo}<S<37\,°/_{oo}$$

é fácil compreender que uma distribuição vertical de temperatura como se mostra na figura 1 implica uma distribuição de velocidade do som da forma indicada na figura 2.

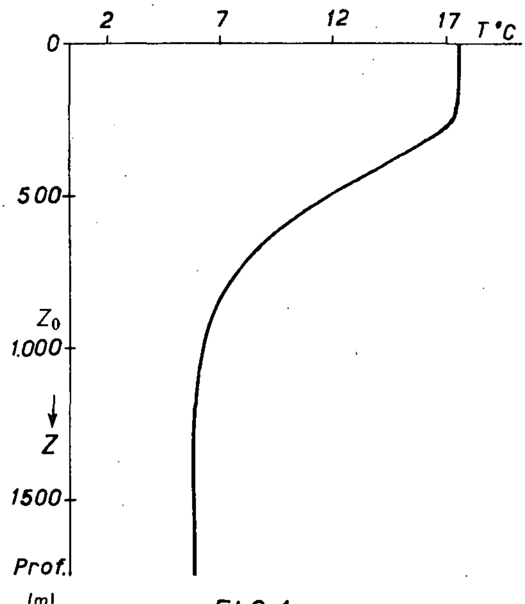

FIG. 1

A partir de uma certa profundidade, o efeito de pressão controla a velocidade do som porque as variações de temperatura e salinidade são muito pequenas relativamente às variações de pressão.

Tendo a velocidade do som no mar a estrutura indicada na figura 2, é fácil ver, pelo menos qualitativamente, que uma grande parte da energia que seja emitida na região de velocidade mínima fica aí canalizada (basta aplicar a lei de Descartes para a transmissão dos raios sonoros).

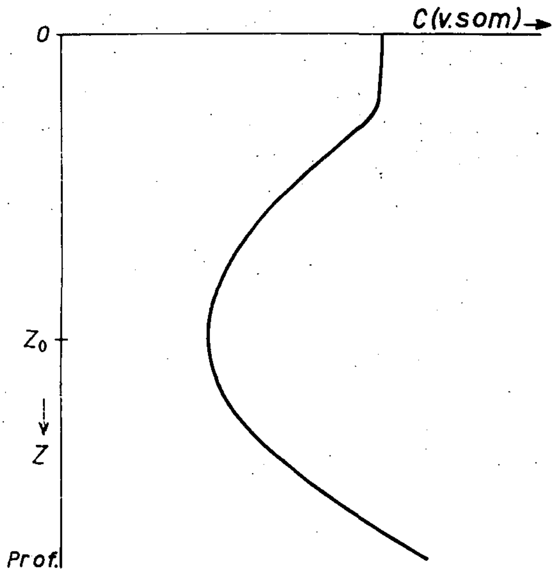

FIG. 2

A zona de velocidade mínima denomina-se Canal de Som e é uma característica do oceano mundial. A profundidade do canal de som é variável com a estrutura termohalina de cada região em particular (Fig. 3).

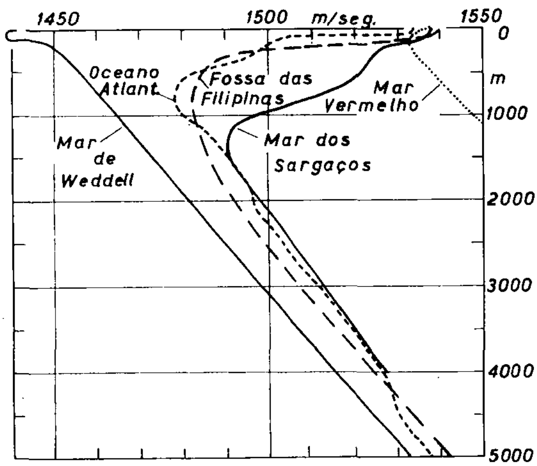

FIG. 3
(Segundo Dietrich, 1952)

As perdas de energia no canal de som são pequenas comparadas com as que ocorrem fora do referido canal. Observemos a figura 4 onde se mostra mais em detalhe a revisão do Canal de Som.

Podemos admitir que a propagação na região do Canal de Som tem simetria cilíndrica, quer dizer, o espalhamento da energia emitida pela fonte faz-se segundo superfícies cilíndricas coaxiais de eixo vertical passando pela fonte.

Aplicando o princípio da conservação da energia, sendo I_1 a intensidade da fonte à distância d_1 de referência, tem-se, com certa aproximação:

$$2\pi \Delta z\, d_1 I_1 = 2\pi \Delta z\, d\, I$$

ou

$$\frac{I}{I_1} = \frac{d_1}{d}.$$

Este tipo de propagação, com divergência cilíndrica imposta pela simetria do canal de som, é mais eficaz do que o correspondente por exemplo à divergência esférica que se verificaria em condições, também aproximadas, se a velocidade do som não tivesse nenhum mínimo.

De facto, sobre superfícies esféricas ter-se-ia:

$$4\pi d_1^2 I_1 = 4\pi d^2 I$$

ou

$$\frac{I}{I_1} = \left(\frac{d_1}{d}\right)^2.$$

Se, por exemplo, $\frac{d_1}{d} = \frac{1}{10^6}$, a redução da intensidade à distância d seria $R = 10 \operatorname{Log} \frac{I}{I_1} = -60$ decibel, valor que se atingiria, no caso de divergência esférica, para $\frac{d_1}{d} = \frac{1}{10^3}$.

Na prática, as perdas na transmissão que se observam no Canal de Som seguem uma lei do tipo:

$$\frac{I}{I_1} = e^{-\alpha d} \frac{d_1}{d}$$

onde o termo $e^{-\alpha d}$ toma conta, macroscòpicamente, dos processos de atenuação devidos à absorção do som e à dispersão para fora do feixe. A dispersão não implica transformação de energia sonora noutras formas de energia. É apenas originada pela microestrutura termohalina, sobreposta à estrutura média.

A absorção já implica transformação noutra forma de energia.

Por exemplo, produz-se absorção por: *a*) efeito de viscosidade; *b*) não adiabaticidade das compressões e expansões; *c*) relaxação, ligada principalmente ao processo de formação das moléculas de $MgSO_4$.

O Canal de Som, sendo uma característica do oceano mundial, devido às boas condições de propagação que lhe estão associadas, permitiu o desenvolvimento de um sistema de posicionamento no mar que é adequado para localizar sinistros com navios, aviões, ou submarinos. Por exemplo, se um avião for forçado a fazer uma amaragem em pleno oceano, e não tiver possibilidade de transmitir por rádio, se provocar a explosão de uma pequena carga no canal de som, a energia sonora libertada pode ser detectada em estações costeiras a milhares de quilómetros de distância. (A explosão de 2 kg de TNT ao largo da Austrália foi detectado nas Ilhas Aleutas).

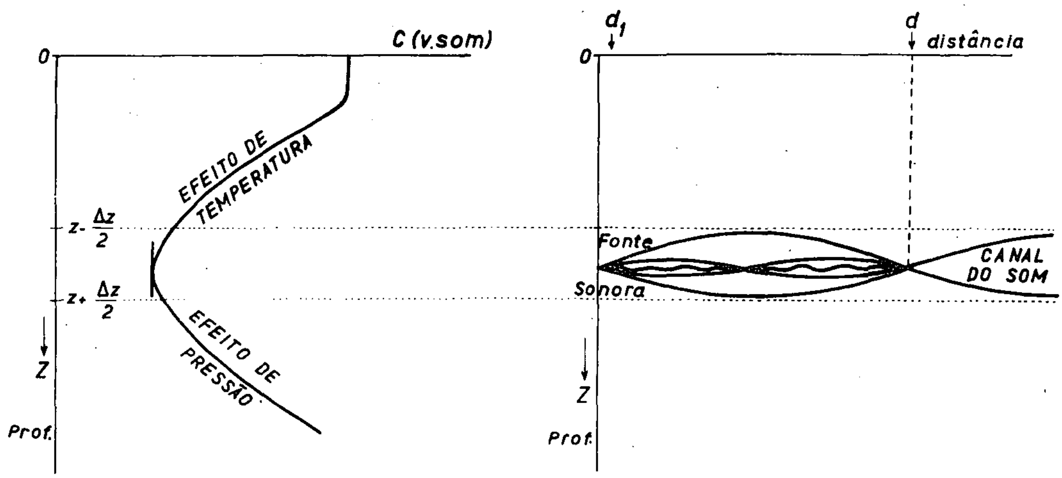

FIG. 4

Depois desta breve referência às variações da velocidade do som em função da temperatura, salinidade e pressão, que nos permitiu compreender a existência do canal de som, retomemos o problema da variabilidade no oceano.

A velocidade do som é em cada instante uma função de uma multiplicidade de processos, que propagando-se no espaço e no tempo de acordo com leis físicas bem conhecidas determinariam em princípio, os campos de temperatura $T(L,t)$, salinidade $S(L,t)$ e pressão $P(L,t)$ sendo L a posição e t o tempo.

Estes campos seriam contudo demasiado complexos para puderem ser utilizados, com alguma esperança de sucesso, na obtenção de valores numéricos para a velocidade do som.

Para contornar o problema, e arranjar uma maneira de descrever estatìsticamente a variabilidade dos parâmetros representativos dos campos, tem-se adoptado a atitude de submeter os registos de $T(L,t)$ e $S(L,t)$ aos processos de avaliação implícitos na análise harmónica generalizada de 2.ª ordem.

Em termos gerais o problema central da representação no contexto da análise harmónica generalizada de 2.ª ordem, consiste na determinação da função de covariância ou autovariância, cuja transformada de Fourier permite determinar o espectro de interacção, ou variância, do processo. A função de autovariância do campo de temperatura $T(L, t)$ no domínio do tempo, é definida por

$$C(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} T(L, t)\, T(L, t+\tau)\, dt .$$

Verifica-se que a função $C(\tau)$ é muito sensível ao tamanho do registo $T(L, t)$ e que por ser uma função par não contém nenhuma informação sobre as fases dos processos a que diz respeito, mas apenas sobre as amplitudes.

Por sua vez, todas as tentativas para melhorar as condições de transmissão e recepção do som no mar (i. e. melhorar a razão sinal/ruído) a partir da informação sobre a variabilidade contida na função autovariância, tem constituido um insucesso. Isto põe em destaque a necessidade de introduzir outros métodos para a descrição da variabilidade dos parâmetros, que não sejam tão sensíveis ao tamanho dos registos bem como a necessidade de incluir as variações de fase das ondas sonoras nos modelos de propagação no mar.

Para descrever a variabilidade do oceano tem-se utilizado recentemente a função de estrutura de Kolmogoroff, definida pela operação

$$D(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} [T(L, t) - T(L, t+\tau)]^2\, dt$$

que é pràticamente insensível ao tamanho do registo $T(L, t)$.

A utilização das funções de estrutura para descrever as características estatísticas da variabilidade e a aplicação da teoria da difracção para tomar em conta as variações de fase permitem resolver alguns dos problemas actuais que surgem na utilização do mar como meio de transmissão de informação.

BIBLIOGRAFIA

DIETRICH, G. (1963) *General Oceanography, an Introduction*, Interscience Publishers 550 pp.