



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DA AGRICULTURA  
COORDENADORIA DA PESQUISA AGROPECUÁRIA  
INSTITUTO DE PESCA

ISSN 0103-1767

*Boletim Técnico nº 03*

# O SENSORIAMENTO REMOTO NA OCEANOGRAFIA E PESCA

LUIZ ARNAUD BRITTO DE CASTRO

1988

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DA AGRICULTURA  
COORDENADORIA DA PESQUISA AGROPECUÁRIA  
INSTITUTO DE PESCA

O SENSORIAMENTO REMOTO  
NA OCEANOGRAFIA E PESCA

LUIZ ARNAUD BRITTO DE CASTRO

ISSN 0103-1767

B. Téc. Inst. Pesca

São Paulo

nº 03

mar. 1988

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DA AGRICULTURA  
COORDENADORIA DE PESQUISA ZOOPECUÁRIA  
INSTITUTO DE PESCA

O SENSORIAMENTO REMOTO  
NA OCEANOGRAFIA E PESCA

Castro, Luiz Arnaud Britto de  
O sensoriamento remoto na oceanografia de pesca, por Luiz Arnaud Britto de Castro. São Paulo, 1988.

21p. (Boletim Técnico, 3)

CDU 551.46:534

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 DEFINIÇÕES .....	4
3 O ASPECTO "MULTI" DO SENSORIAMENTO REMOTO .....	6
3.1 Multiposição (recobrimento) .....	6
3.2 Multiespectral ou Multibanda .....	6
3.3 Multitemporal .....	7
3.4 Multinível .....	7
3.5 Multipolarização .....	8
3.6 Multirealce (Multienhancement) .....	8
3.7 Multidisciplinar .....	9
3.8 Multitema .....	9
3.9 Multiuso .....	9
4 MEDIDAS DE PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS .....	10
4.1 Temperatura .....	10
4.2 Salinidade .....	12
4.3 Movimentação das águas .....	13
4.4 Produtividade primária (clorofila) .....	14
4.5 Outras aplicações .....	16
5 CONCLUSÃO .....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18



## O SENSORIAMENTO REMOTO NA OCEANOGRAFIA E PESCA

Luiz Arnaud Britto de Castro<sup>1</sup>

### 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço e diversificação das atividades do homem na terra, tornou-se de grande importância a correta administração dos recursos naturais de nosso planeta.

Segundo COLWELL (1973) a sábia administração dos recursos naturais requer, usualmente, a aplicação de um processo de três etapas: inventário, análise e operação. Em condições ideais, na etapa de inventário é feita uma cuidadosa determinação da quantidade e qualidade de cada tipo de recurso natural existente na área em estudo. Na etapa de análise são tomadas decisões administrativas levando em conta a extensão e qualidade de cada recurso bem como a efetividade e custo de cada alternativa. Finalmente, na etapa de operações as decisões tomadas na etapa anterior são postas em prática.

---

(1) Pesquisador Científico - Divisão de Pesca Marítima - Instituto de Pesca.

Quando se trata com recursos naturais renováveis, sua administração deve ser dinâmica, de modo a acompanhar de perto suas variações e obter o máximo rendimento, sem ameaçá-los de extinção. Para isso, tornam-se necessários inventários periódicos e frequentes.

Os oceanos têm sido encarados, desde tempos imemoriais, como fontes inesgotáveis de alimentos para a humanidade. Hoje sabemos que isso não é verdade; entretanto, embora finitas, as reservas de recursos naturais dos oceanos podem se constituir numa das principais fontes de alimentos para as gerações futuras, se sabiamente administradas.

A obtenção das informações necessárias a correta gestão dos recursos oceânicos (inventário), pelos métodos tradicionais de coleta de amostras "in situ" e análises laboratoriais, além de altamente dispendiosos, não permite que se obtenham com facilidade informações globais como se necessita para uma correta administração. Nesse aspecto ressalta a utilidade das técnicas de sensoriamento remoto do oceano, desenvolvidas nas últimas décadas, com sua capacidade de oferecer dados sinóticos a baixo custo.

A oceanografia pode ser definida como uma ciência que se preocupa em estudar os oceanos, os mares adjacentes e as águas que banham a plataforma continental no que se refere não somente às suas propriedades físicas, químicas e biológicas, como também seu potencial econômico e a exploração de seus recursos naturais. A oceanografia pode, de uma maneira geral, ser dividida em cinco sub-áreas:

- 1 - Oceanografia física
- 2 - Oceanografia química
- 3 - Oceanografia geológica
- 4 - Oceanografia biológica
- 5 - Oceanografia pesqueira (MEC, 1974)

No presente trabalho serão consideradas, basicamente, as duas últimas sub-divisões; entretanto, é necessá-

rio que se tenha em mente que a ciência oceanográfica é um todo homogêneo e que a sua sub-divisão é apenas didática, de forma que, ao discutirmos problemas biológico-pesqueiros, estaremos frequentemente recorrendo as demais áreas em busca de subsídios.

A oceanografia biológica tem como objetivos fundamentais estudar os organismos vivos do mar e sua interrelação com o ambiente que os cerca e entre si, enquanto a oceanografia pesqueira preocupa-se com o estudo da abundância, biologia, exploração e proteção dos organismos de valor comercial.

A salinidade da água do mar e a temperatura são fundamentais para cálculos de densidade e outras propriedades dependentes. Tais fatores, juntamente com os chamados fatores menores, compõem o ambiente onde se desenvolve o ciclo biológico.

A movimentação das águas, por sua vez, se constitui num importantíssimo fator ecológico que pode exercer efeitos comparáveis aos da luz e temperatura. Segundo GESSNER (1955), sem os movimentos da água, toda vida, em qualquer de suas formas, deixaria de existir em pouco tempo.

A difusão na água se processa 10.000 vezes mais lentamente que no ar. Essa razão de difusão é insuficiente para produzir as trocas aquosas mínimas para a preservação da vida no mar. A difusão, como único mecanismo de troca, levaria aproximadamente 2000 anos para transferir a uma profundidade de 10 metros um aumento no  $O_2$  dissolvido, na superfície, de 7 para 9  $cm^3/l$ . Nutrição, atividades metabólicas, reprodução e, em resumo, o ciclo completo de produção, transformação e degradação da matéria orgânica no mar, são ativa e significativamente afetados pelos movimentos das águas (RIEDL, 1971).

Para o pesquisador visando a utilização racional dos recursos vivos do oceano, porém, o parâmetro fundamental é a produtividade primária ou a capacidade do oceano de produzir matéria orgânica a partir dos nutrientes



inorgânicos e da energia solar. A produtividade primária, de uma forma ou outra, condiciona a produtividade de todos os demais organismos pois estes ou dependem dos produtores primários para se alimentarem e subsistir, ou alimentam-se às custas daqueles que dependem dos produtores primários. A produtividade primária, por sua vez, é limitada pelos fatores ambientais, como salinidade, temperatura e disponibilidade de nutrientes (esta condicionada pela movimentação das águas) e outros de menor importância.

Neste trabalho discutiremos, de forma geral, a contribuição do sensoriamento remoto a medição desses parâmetros.

## 2 DEFINIÇÕES

O termo "Sensoriamento Remoto" foi introduzido na literatura técnica por Evelyn Pruitt, em 1960 (ESTES & SENGER, 1974). Pode ser definido, de uma forma bem genérica, como "a obtenção de informações sobre um objeto ou alvo, à distância e sem contato físico com o mesmo". De acordo com essa definição o primeiro sensor remoto conhecido seria o olho humano. Na verdade, os primeiros sensores remotos, ou equipamentos capazes de realizar medidas à distância, as primeiras máquinas fotográficas, eram, de certa forma, mais limitados que o olho humano na sua capacidade de "enxergar" o alvo. Sua vantagem estava na permanência da imagem obtida. A primeira forma de sensoriamento remoto, praticada como tal - no sentido de captar informações de um alvo, em determinado momento e à distância -, foi a fotografia, que é o registro momentâneo da luz refletida por um objeto (alvo).

Com a introdução da fotografia a cores elevou-se grandemente a capacidade de registro de informações das imagens obtidas, visto ter-se tornado possível a discriminação de componentes do espectro visível. O grande

avango porém ocorreu quando a evolução das técnicas fotográficas e da tecnologia de equipamentos tornou possível a obtenção de imagens em faixas do espectro eletromagnético não visíveis.

Sensoriamento remoto ficaria então melhor definido como: "o conjunto das técnicas para obtenção de informações sobre a geometria, estado e composição de um determinado alvo, através da medida, à distância, e comparação de suas propriedades eletromagnéticas, em um determinado momento".

LUNEY & DILL JR. (1970) definem sensoriamento remoto como "o termo correntemente utilizado por vários cientistas para o estudo de objetos distantes (superfícies da terra, lua e planetas; atmosferas e fenômenos estelares e galáticos, etc...)". Em sentido geral e como aplicado aqui (no texto consultado), sensoriamento remoto representa os efeitos conjuntos do emprego de modernos sensores, equipamentos de processamento de dados, teoria de informação e metodologia de processamento, teoria e aparelhos de comunicação, espaçonaves, aeronaves e teoria e prática de grandes sistemas para a finalidade de executar pesquisas aéreas ou espaciais da superfície da terra.

Já para ALOUGES (1973) sensoriamento remoto é: "todo processo que permita adquirir informações sobre um objeto sem que o sensor ou aparelho esteja em contato com o mesmo".

Segundo AMARAL (1975) o sensoriamento remoto pode ser definido como: "a aplicação de determinados dispositivos que, colocados em aviões ou satélites, permitem obter informações acerca de objetos, ou fenômenos na superfície ou subsuperfície da terra". Numa análise mais rigorosa, o sensoriamento remoto mede as trocas energéticas entre aqueles fenômenos ou objetos com o meio ambiente. Essas trocas energéticas manifestam-se particularmente por emissão ou modificação de ondas eletromagnéticas e perturbações dos campos magnéticos e gravimétricos.

### 3 O ASPECTO "MULTI" DO SENSORIAMENTO REMOTO

Vários tipos de pesquisas em sensoriamento remoto demonstraram recentemente que a facilidade, precisão e abrangência com que a informação pode ser obtida, são passíveis de grandes melhorias através do que se poderia chamar "enfoque multi" do sensoriamento remoto (COLWELL, 1973), no qual várias imagens, todas cobrindo a mesma área geográfica, porém obtidas sob condições diversas, são analisadas em conjunto e sob várias composições. A seguir serão discutidos alguns aspectos desse enfoque (COLWELL, 1975).

#### 3.1 Multiposição (recobrimento)

Este efeito, obtido pela superposição de áreas em fotografias sucessivas, resulta na possibilidade de visão estereoscópica da cena. Permite, ainda, melhorar a relação sinal/ruído em uma foto com recobrimento, em relação a uma foto única. O recobrimento representa, de fato, a mesma cena vista de ângulos diferentes de forma que a observação simultânea das duas imagens resulta em uma visão tridimensional da cena. Em oceanografia essa possibilidade seria útil no estudo de ondas e de tipos de costas - praias, penedos, paredões de rochas...

#### 3.2 Multiespectral ou Multibanda

Através do uso de filtros ou outros equipamentos seletivos é possível fotografar, ou obter imagens, em uma faixa estreita de comprimentos de onda. Sendo a imagem ou fotografia um registro da intensidade com que a radiação eletromagnética é refletida pelo objeto ou alvo, é possível, e até provável, que duas superfícies diversas reflitam a radiação global recebida com a mesma intensidade. Entretanto, se registrarmos a energia refletida apenas em determinadas faixas de comprimentos de ondas,

aparecerão, fatalmente, diferenças caracterizando o que se poderia chamar de "assinatura espectral" do alvo em estudo. Com isso, torna-se muito mais segura a separação de estruturas diferentes, pela escolha das faixas de comprimentos de onda mais adequadas. Essa possibilidade torna-se de grande valia na Oceanografia por permitir através da escolha criteriosa de comprimentos de onda, o estudo de aspectos específicos do ambiente marinho como coloração da água, material em suspensão, geometria do fundo (a pouca profundidade) etc...

### 3.3 Multitemporal

A possibilidade de obtenção de imagens da mesma área, a intervalos de tempo programáveis permite o acompanhamento de fenômenos dinâmicos como ressurgências, crescimento explosivo de organismos, deriva de manchas de óleo etc...

### 3.4 Multinível

Através de imagens de satélites (de custo mais baixo) pode-se realizar um estudo global de uma vasta área, selecionando alguns pontos a serem estudados em maiores detalhes. Estes pontos serão então levantados através de imagens obtidas a partir de um nível mais baixo (aeronaues) e nelas selecionaremos pontos em número reduzido a serem estudados "in loco", dessa forma reduzindo grandemente o custo em levantamentos por pesquisa localizada e ganhando tempo, além de ter uma visão mais abrangente da área em estudo e do seu relacionamento com as áreas vizinhas. Na pesquisa pesqueira por exemplo: Inicialmente identificariamos a partir de imagens de satélite, as regiões onde a temperatura seja favorável à espécie procurada; em seguida, passariamos ao levantamento mais detalhado, apenas dessas regiões, em busca de outros indicadores da presença de peixes, tais como aves marinhas,

manchas de óleo, etc.

### 3.5 Multipolarização

Quando tratadas coletivamente, as várias ondas que compõem um "bloco" de energia proveniente do sol podem ser consideradas como vibrando em todos os planos paralelos àquele bloco, à medida que o mesmo atravessa a atmosfera e incide sobre a face da terra. Entretanto, a luz que é refletida de volta à atmosfera por algo como uma massa de água pode ser fortemente polarizada, enquanto outro tipo de material pode refletir luz apenas levemente polarizada ou mesmo sem polarização nenhuma. Assim, utilizando um conjunto de câmaras com filtros polarizados em ângulos diferentes (geralmente perpendiculares entre si), poderemos ressaltar determinados aspectos do alvo, facilitando o seu estudo.

### 3.6 Multirealce (Multienhancement)

Visando facilitar a interpretação de imagens, vários processos de realce foram desenvolvidos; entre eles destacam-se:

- a) Contraste ou realce fotográfico - Processo pelo qual, durante a revelação é aumentado o contraste entre os tons escuros e claros, ressaltando determinados aspectos da imagem;
- b) Composição a cores (falsa cor) - Na análise de um conjunto de imagens de uma mesma cena, variando as condições de obtenção da imagem (hora, banda, polarização...), atribui-se a cada uma das imagens uma das cores fundamentais, obtendo-se uma combinação de cores onde originalmente havia apenas tons de cinza e congregando em uma única imagem as informações contidas em três. Esse efeito pode ser obtido por processos óticos ou eletrônicos. Nos processos óticos usam-se

projetores de slides (as cenas são gravadas em transparências) e filtros nas cores fundamentais. Nos sistemas eletrônicos as três imagens são projetadas simultaneamente em uma tela de televisão a cores, de forma que cada uma delas excite apenas os elementos correspondentes a uma cor;

- c) Análise de densidade fotográfica (density color slicing) - é, de fato, um processo complementar a composição a cores por processo eletrônico, no qual são rejeitadas certas porções indesejáveis, na escala de tonalidades, ressaltando determinados aspectos.

### 3.7 Multidisciplinar

Sendo as imagens de sensoriamento remoto registros não seletivos de informações sobre um alvo, sua análise simultânea por especialistas em diferentes áreas permitirá a obtenção de informações mais profundas e completas sobre o "complexo" representado na cena estudada.

### 3.8 Multitema

Muitas vezes é preferível a apresentação dos resultados de uma análise multidisciplinar não em um único mapa, mas em uma série deles, cada um representando um determinado enfoque ou tipo de recurso natural ou um "tema" a ele associado. Esses vários mapas, em uma de suas diversas possíveis combinações, provavelmente oferecerão o que de mais preciso se possa conseguir em termos de informações sobre uma determinada área em estudo, para uma finalidade específica.

### 3.9 Multiuso

Uma vez elaborados os mapas temáticos, o mesmo conjunto se prestará à obtenção de informações para as mais diversas aplicações.

## 4 MEDIDAS DE PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS

### 4.1 Temperatura

O instrumento básico para medidas de temperatura do oceano tem sido a garrafa de Nansen com termômetro reversível. Recentemente foram desenvolvidos novos e eficientes equipamentos para registro da temperatura da água tais como: batitermógrafo (registra temperatura e profundidade), termômetro de resistência elétrica, termistores e termômetro infravermelho. Com exceção deste último, todos os demais equipamentos exigem contato com a água para a execução das medidas. Dessa forma, embora meçam a temperatura com grande precisão, só podem fazê-lo em pontos específicos. Por outro lado, a velocidade relativamente baixa de seu meio de transporte (embarcação) dificulta o correlacionamento dos dados tomados em pontos diversos, em virtude do intervalo de tempo decorrido entre uma medida e outra. Apresentam porém a vantagem de permitir medidas a diversas profundidades.

Os termômetros infravermelhos, usados para o monitoramento da temperatura da superfície com o uso de aeronaves ou satélites, são na realidade radiômetros operando em comprimentos de onda correspondentes à faixa do infravermelho. A existência de uma tênue camada intermediária, logo acima da superfície e com temperatura diversa da temperatura da água, a absorção atmosférica e as diferenças de temperatura entre a coluna de ar e o alvo (superfície), são fatores que afetam a precisão da medida obtida. WEISS (1971) estabelece que a diferença ( $\Delta T$ ) entre a temperatura medida por um radiômetro mantido a uma certa altura vertical sobre uma superfície de água e a temperatura de seu corpo negro de referência pode ser aproximada pela relação:

$$\Delta T \cong (T_t - T_r) - \epsilon_a(T_t - T_a)$$

onde:

$T_t$  = temperatura da superfície

$T_r$  = temperatura do radiômetro de cavidade (corpo negro de referência)

$\epsilon_a$  = emissividade aparente da atmosfera

$T_a$  = temperatura da coluna de ar entre o radiômetro e a superfície

A emissividade aparente da atmosfera é função, entre outras coisas, da faixa espectral e do teor de umidade na atmosfera. Pela redução da faixa de operação dos radiômetros do intervalo de 8 a 14  $\mu\text{m}$  para 10 a 12  $\mu\text{m}$  é grandemente reduzida a interferência da absorção ou da emissividade atmosférica. WEISS (1971) comparou as temperaturas da superfície da água, medidas nessas duas faixas, e verificou que o erro na faixa de 8 a 14  $\mu\text{m}$  (2,6°C/km) era da ordem de 1,5 vezes o erro na faixa de 10 a 12  $\mu\text{m}$  (1,8°C/km).

Posteriormente, verificou que as curvas das leituras radiométricas em função da altitude eram aproximadamente lineares abaixo de 1070 m, o que permite extrapolar leituras de diversas altitudes, abaixo desse nível, para uma boa aproximação do real valor ao nível da água.

Tanto imageadores operando no infravermelho termal como radiômetros têm sido usados para obter mapas da distribuição de temperaturas na superfície de lagos e do mar. A maior precisão, porém, é obtida com o uso de radiômetros; seu pequeno campo de visada (2° a 3°), entretanto, limita sua utilidade para cobertura sinótica de grandes áreas. Ainda assim, PEARCY (1970) mapeou aproximadamente 130.000 km<sup>2</sup> de oceano, na costa do Oregon, com isotermas afastadas de 0,5°C, empregando radiômetros.

Estudos têm sido desenvolvidos também quanto ao uso de radiômetros de microondas para medida remota da temperatura da superfície do oceano. Como tais sensores me-



dem também a salinidade, serão discutidos no ítem seguinte.

## 4.2 Salinidade

O método mais geralmente utilizado para a medida da salinidade, considerada como sendo o teor total de sais na água, é também o mais antigo. Proposto por KNUDSEN et alii em 1902, esse método baseia-se na constância da abundância relativa dos elementos na água do mar; consiste em uma titulação do ion Cl e sua correlação com a salinidade total através das chamadas tabelas de Knudsen.

Quando se trata da determinação, do teor na água do mar, de elementos particulares, são necessários métodos analíticos mais exatos. Os mais comumente utilizados, até pouco tempo atrás, eram os colorimétricos, baseados na medida da cor desenvolvida em reações específicas. No início da década de 60, métodos mais sofisticados e precisos foram desenvolvidos. São eles: análise por ativação de neutrons (RONA et alii, 1962; SCHUTS & TUREKIAN, 1965), espectroscopia de absorção atômica (ANGINO & BILLINGS, 1965), espectrometria de massa (CHOW & GOLDBERG, 1962) e outros métodos complexos de separação química (BAYER, 1964).

Mais recentemente, na busca de métodos que permitam uma visão global ou mapeamento de grandes áreas, têm sido desenvolvidas técnicas de sensoriamento remoto para a medida da salinidade da água superficial do mar.

A emissividade da superfície do mar é uma função da polarização, do ângulo de observação, do comprimento de onda empregado, da sua temperatura e da sua salinidade. Dessa forma, fixados o comprimento de onda, o ângulo de observação e a polarização, a emissividade dependerá apenas da temperatura e da salinidade da água do mar. Uma vez que existem métodos não afetados pela salinidade, para medição remota da temperatura da superfície, torna-se possível determinar a salinidade. O maior efeito da sa-

linidade sobre a emissividade da superfície do mar é observado nas frequências inferiores a 5GHz, aumentando com a diminuição da frequência e com o aumento da temperatura da água.

A alteração da temperatura de brilho da superfície do mar por efeito da salinidade foi usada para medir, a 1,42GHz, as variações da salinidade na desembocadura do rio Mississipi, no Golfo do México (DROPLEMAN et alii, 1970; PARIS, 1972; DROPLEMAN & EVANS, 1972). Os resultados do modelo teórico da emissão de microondas pela superfície da água foram utilizados para interpretar as medidas obtidas. Os dados de temperatura foram obtidos através de um radiômetro infravermelho operado simultaneamente com o radiômetro de microondas.

Existem, já disponíveis, programas de computador que, tomando dados do Radiômetro Multifrequências de Microondas e do PRT-5 da NASA, produzem uma carta de distribuição de temperaturas e salinidade na superfície da água (PARIS, 1972; DILLINGER & PARIS, 1972). No momento, trabalha-se, em vários lugares, na pesquisa de modelos matemáticos que permitam tornar tridimensionais os dados bidimensionais (superfície) obtidos por sensoramento remoto.

Desenvolvem-se, também, pesquisas sobre a aplicação da propriedade que têm os corpos condutores (inclusive a água do mar) de gerar campos magnéticos secundários, para a medida da salinidade da água do mar - o campo secundário gerado seria proporcional à condutividade que é função da salinidade - entretanto, não há ainda notícia de nenhum sistema, nessa linha, já operacional.

#### 4.3 Movimentação das águas

A movimentação das águas tem sido estudada, no local, por diversos métodos e equipamentos, tanto mecânicos como eletrônicos. Por sensoramento remoto pode-se avaliar a movimentação de massas d'água em grandes exten

sões. Para tanto são utilizadas várias técnicas: Imageadores multiespectrais são capazes de discriminar as características espectrais de diferentes corpos de água, permitindo sua identificação e localização; imagens a intervalos de tempo adequados permitem acompanhar a dinâmica do processo de movimentação e mistura; Imageadores térmicos permitem identificar massas de água a diferentes temperaturas.

As características espectrais das massas de água estão ligadas às comunidades de algas (fitoplâncton) que nelas vivem e aos materiais em suspensão.

Usando imagens multiespectrais da missão Apollo e dos satélites Nimbus III, Nimbus IV e ERTS-1, HERZ (1973) estudou as possibilidades da aplicação das técnicas acima ao estudo do comportamento das águas costeiras do Rio Grande do Sul e levantou padrões de movimentação das águas de superfície. Posteriormente (HERZ, 1977), realizou estudo detalhado da circulação das águas de superfície da Lagoa dos Patos.

Estudos de identificação de limites de correntes oceânicas (MAUL, 1972) demonstraram que comumente existe, nos limites das correntes, uma estreita faixa de algas flutuantes que apresentam alta reflectância no vermelho e infra vermelho próximo. Além disso, as margens geralmente apresentam um máximo na concentração de fitoplâncton o que facilita a detecção por diferença de coloração. O autor denominou esse conjunto de circunstâncias de "efeito de margem" (edge effect) e conclui que o mesmo pode ser útil na avaliação de correntes pela utilização de imagens do MSS dos satélites da série ERTS.

Levantamentos da circulação das águas dos Grandes Lagos foram realizados também por STRONG (1972), utilizando o canal vermelho (0,6 a 0,7  $\mu$ m) do satélite ERTS-1.

#### 4.4 Produtividade primária (clorofila)

A medida da produtividade primária dos oceanos tem

sido feita principalmente através da avaliação do teor de clorofila por unidade de volume da água em um dado instante (standing crop) e do consumo, por unidade de volume, de oxigênio em um determinado tempo (Demanda Biológica de Oxigênio).

Os sensores remotos desenvolvidos para o estudo da clorofila nos oceanos diferem daqueles utilizados no estudo da clorofila em plantas terrestres. A clorofila tem uma reflectância muito alta na região do infravermelho próximo (0,7 a 0,8  $\mu\text{m}$ ) que é utilizada no estudo de plantas terrestres; a água, entretanto, absorve com grande intensidade a radiação com esse comprimento de onda dificultando seu uso no mar. A clorofila tem, porém, uma forte banda de absorção no azul (0,42 a 0,46  $\mu\text{m}$ ) o que faz com que a água com grande concentração de algas clorofiladas tenda para uma coloração mais esverdeada que uma água com pouca clorofila. SHERMAN (1972) antecipa que espectrômetros imageadores serão capazes de discriminar clorofila no mar, em bases quantitativas, em escala logarítmica (<0,3; 0,3 a 0,6; 0,6 a 1,2; 1,2 a 2,4  $\text{mg}/\text{m}^3$  etc) sobre um intervalo de 0,3 a, talvez, 20  $\text{mg}/\text{m}^3$ , que é a faixa de maior interesse para medidas de clorofila para estudos biológicos. SZEKIELDA & CURRANT (1972) estudando áreas costeiras dos Estados Unidos encontraram boa correlação entre os dados obtidos de imagens do satélite ERTS-1 (MSS) e medidas de clorofila efetuadas "in loco".

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas também sobre a utilização de sistemas ativos na medida da clorofila marinha. HICKMAN et alii (1972) estudando a fluorescência induzida por laser obtiveram o seguinte resultado:

Espécies	Comp. Onda Ot. p/Excitação	Comp.Onda Exc. Máxima
	$\frac{\circ}{A}$	$\frac{\circ}{A}$
Chlorella	6.750; 4.200	6.850
Porphiridium cruentum	5.200; 6.750; 4.200	5.800
Clamydomonas Reinhardt	6.750; 4.200	6.850
A. quadruplicatum	6.750; 4.200	6.550

Medidas da fluorescência estimulada por laser, em função da distância a que foi feita a medida permitiram concluir que tal sistema, operando a uma altitude de 500 m, poderia detectar concentrações de clorofila da ordem de 1 mg/m<sup>3</sup> ou maiores.

#### 4.5 Outras aplicações

A verificação do estado da superfície marinha é importante não só pela sua interferência com a navegabilidade e pesca mas, principalmente porque as condições de rugosidade da superfície marinha afetam as medidas espectrométricas nela realizadas. Pela utilização de equipamentos de radar e imageadores multiespectrais, são determinados: altura e frequência de ondas, velocidade e direção do vento, localização e dimensões de gelo flutuante e espessura da cobertura de gelo.

Imageadores multiespectrais são utilizados também para levantamentos batimétricos. As diferentes capacidades de penetração na água dos diferentes "canais" permitem a análise, das imagens geradas, por computadores que, aplicando equações especialmente desenvolvidas, produzem mapas batimétricos da área em estudo. Por técnicas semelhantes localizam-se bancos de areia e outros impecilhos à navegação.

Em estudos de poluição o sensoriamento remoto contribui com equipamentos que permitem detecção e dimensionamento de manchas de óleo na superfície, através de

fluorescência induzida por laser; detecção de descargas aquecidas, através de imageadores infravermelhos e radiômetros de microondas e localização de outras fontes de poluição, pela análise de imagens multiespectrais.

Existem métodos que já permitem a localização direta de cardumes de peixes pelágicos. Tais métodos podem se utilizar da fotografia multiespectral ou luminescência induzida por laser e, à noite, da bioluminescência provocada pela excitação de determinados tipos de plâncton à passagem do peixe ou cardume. Neste caso, todos os estudos até agora completos baseiam-se em equipamentos montados em aeronaves voando a baixa e média altitude.

Estudos correlacionando produtividade com parâmetros mensuráveis pelo equipamento montado em satélites, principalmente da série ERTS e SEASAT, permitirão prever áreas com alta probabilidade de grande produtividade.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho não pretende ser uma revisão completa dos avanços do sensoriamento remoto e de suas aplicações na Oceanografia e na Pesca, mas apenas um resumo daquilo que já foi feito e das possibilidades abertas àqueles que desejem desenvolver tão promissor campo de estudos.

É necessário ressaltar ainda uma grande vantagem das imagens obtidas por sensoriamento remoto, que é o fato de cada imagem conter todas informações sobre o alvo; de tal forma que cada avanço na tecnologia de interpretação dessas imagens, permitindo delas extrair novas informações, pode ser levado às imagens anteriormente obtidas, e gerar informações sobre acontecimentos passados. É possível, dessa forma, criar séries temporais de dados a partir de datas em que ainda não existia a tecnologia para a sua obtenção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALOUGES, A. 1973 La télédétection. In: CENTER NATIONAL D'ETUDES SPATIALES & ORGANISATION DES NATIONS UNIES. *La télédétection des ressources terrestres*. Tarbes, Ecole Nationale d'Ingénieurs Chemin d'Azereix. pt. 1: Sistemas de télédétection. p.5-8.
- AMARAL, G. 1975 *Sensores remotos: aplicações em geociências*. São Paulo, Instituto de Geociências - USP. 113p. (mimeografado).
- ANGINO, E.E. & BILLINGS, G.K. 1965 apud KALLE, K. Salinity: general introduction. In: KINNE, O. 1971 *Marine Ecology*. London, Wiley-Interscience. v.1, cap.4, p.683-1083.
- BAYER, E. 1964 apud KALLE, K. Salinity: general introduction: In: KINNE, O. 1971. *Marine Ecology*. London, Wiley-Interscience. v.1, cap.4, p.683-1083.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Planejamento da Presidência da República. 1974. *Plano básico de desenvolvimento científico e tecnológico: oceanografia*. 43p.
- CHOW, T.J. & GOLDBERG, E.D. 1962 apud KALLE, K. Salinity: general introduction. In: KINNE, O. 1971 *Marine Ecology*. London, Wiley-Interscience. v.1, cap. 4, p.683-1083.
- COLWELL, R.N. 1973 Remote sensing as an aid to the management of earth resources. *American Scientist*, New Haven, 61(2):175-83, mar./abr.
- \_\_\_\_\_. 1975 Introduction. In: REEVES, R.G.; ANSON, A.; LANDEN, D. *Manual of remote sensing*. Falls Church, Va, American Society of Photogrammetry, 1975. v.1, cap.1, p.1-26.
- DILLINGER, A. & PARIS, J. 1972 apud HUEBNER, G.L. The marine environment. In: REEVES, R.G.; ANSON, A.; LANDEN, D. *Manual of remote sensing*. Falls Church, Va, American Society of Photogrammetry, 1975. v.2, cap.

20, p.1553-622.

- DROPPELMAN, J. & EVANS, D. 1972 apud HUEBNER, G.L. The marine environment. In: REEVES, R.G.; ANSON, A.; LANDEN, D. *Manual of remote sensing*. Falls Church, Va, American Society of Photogrammetry, 1975. v.2, cap. 20, p.1553-622.
- \_\_\_\_\_.; MENNELLA, R.; EVANS, D. 1970 apud HUEBNER, G.L. The marine environment. In: REEVES, R.G.; ANSON, A.; LANDEN, D. *Manual of remote sensing*. Falls Church, Va, American Society of Photogrammetry, 1975. v.2, cap.20, p.1553-622.
- ESTES, J.E. & SENGER, L.W. 1974 *Remote sensing*. Santa Barbara, California, Hamilton Publishing Company. 340p.
- GESSNER, F. 1955 apud RIEDL, R. Water movement: general introduction. In: KINNE, O. 1971 *Marine Ecology*. London, Wiley-Interscience, v.1, cap.5, p.1085-156.
- HERZ, R. 1973 *Orbital images and the possibility of studying hidrobiological and oceanographic resources of the eastern region of state of Rio Grande do Sul - Brazil*. São José dos Campos, Instituto de Pesquisas Espaciais. 21p. (INPE-421-Lafe Project SERE).
- \_\_\_\_\_. 1977 *Circulação das águas de superfície da Lagoa dos Patos: contribuição metodológica ao estudo de processos lagunares e costeiros do Rio Grande do Sul através da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto*. São Paulo. (Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Geografia (USP)).
- HICKMAN, G.D. et alii 1972 Application of a pulsed laser for measurements of bathymetry and algal fluorescence. *International Symposium on Remote Sensing of Environmental*, 8, Michigan, October 2-6, 1972. *Summaries*. Michigan, Center for Remote Sensing Information and Analysis. p.71-2.
- HUEBNER, G.L. 1975 The marine environment. In: REEVES,



- R.G.; ANSON, A.; LANDEN, D. *Manual of remote sensing*. Falls Church, Va, American Society of Photogrammetry, 1975. v.2, cap.20, p.1553-622.
- KNUDSEN, M; FORCH, C; SORENSEN, S.P.L. 1902 apud KALLE, K. Salinity: general introduction. In: KINNE, O. 1971 *Marine Ecology*. London, Wiley-Interscience . v.1, cap.4, p.683-1083.
- LUNEY, P.R. & DILL, Jr. H.W. 1970 Uses, potentialities, and needs in agriculture and forestry. In: NATIONAL RESEARCH COUNCIL Committee on Remote Sensing for Agricultural Purposes Agricultural Board. *Remote Sensing*. Washington, D.C., National Academy of Sciences. cap.1., p.1-33.
- MAUL, G.A. 1972 *Remote sensing of ocean currents*. Maryland, May-Nov., 1972. Report... Miami, Florida , NOAA -Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratories.
- MEYER, W. & WELCH, R.I. Water resources assessment. In: REEVES, R.G.; ANSON, A.; LANDEN, D. *Manual of remote sensing*. Falls Church, Va, American Society of Photogrammetry, 1975. v.2, cap.19, p.1479-551.
- PARIS, J. 1972 apud HUEBNER, G.L. The marine environment. In: REEVES, R.G.; ANSON, A.; LANDEN, D. 1975 *Manual of remote sensing*. Falls Church, Va, American Society of Photogrammetry, v.2, cap.20, p.1553-622.
- PEARCY, W.G. 1970 apud MEYER, R. & WELCH, R.I. Water resources assessment. In: REEVES, R.G.; ANSON, A. ; LANDEN, D. 1975 *Manual of remote sensing*. Falls Church, Va, American Society of Photogrammetry. v.2, cap.19, p.1479-551.
- RIEDL, R. & MACHAN, R. 1971 apud RIEDL. Water movement: general introduction. In: KINNE, O. 1971 *Marine Ecology*. London, Wiley-Interscience, v.1, cap.5, p.1085-156.
- RONA, E. et alii 1971 apud KALLE, K. Salinity: general introduction. In: KINNE, O. 1971 *Marine Ecology*. London, Wiley-Interscience. v.1, cap.4, p.683-1083.

- SCHUTZ, D.F. & TUREKIAN, K.K. 1965 apud KALLE, K. Salinity: general introduction. In: KINNE, O. 1971 *Marine Ecology*. London, Wiley-Interscience. v.1, cap. 4, p.683-1083.
- SHERMAN III, I.W. 1972 Remote sensing oceanography. In: NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. *Earth resources survey systems: Reald at Michigan, May 3 - 14, 1971. Proceedings...* Washington, D. C. v.1, p.91-105.
- STRONG, A.E. 1972 *Setection of circulation features in the great lakes*. Washington, D.C., NASA.
- SZEKIELDA, K.H. & CURRAN, R.J. *Chlorophyll structure in the ocean*. Springfield, National Technical Information Service. s.d.
- WEISS, M. Airborne measurements of earth surface temperature (Ocean and Land) in the 10 - 12 and 8 - 14 regions. *Applied Optics*, 10(6):1280-7, Jun.

## EXPEDIENTE

Revisão: PqC Elza Ferreira Goldman Pinheiro e PqC Márcia Navarro Cipólli  
Diagramação, revisão bibliográfica: Bibl. Marly Borini

Acompanhamento e revisão de datilografia: Bibl. Marly Borini e Argentino Simas

Datilografia: Elza Ayako Koyama de Araújo

Desenho: Regina Célia Barbosa da Silva

Serviços Gráficos: João Gomes de Moraes e José Maria Cintra da Silva

Distribuição: Seção de Biblioteca





**GOVERNO QUÉRCIA**



SECRETARIA DA  
**AGRICULTURA**

Editado e impresso pelo Instituto de Pesca  
Av. Francisco Matarazzo, 455 - CEP 05001 - SP