

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE FEIÇÕES TÉRMICAS E PESCA DE BONITO NA REGIÃO SUDESTE E SUL DO BRASIL

Humber Agrelli de Andrade
André Luiz Belém
Carlos Alberto Eiras Garcia

URG - Universidade do Rio Grande
Depto. Física
Lab. Oceanografia Física
Av. Itália km 8, s/n
Caixa Postal 474
96201-900 Rio Grande-R.S
POSHUMBE@BRFURG.BITNET

ABSTRACT. Monthly averages of global area coverage images of sea surface temperature (SST) have been analysed. These images are derived from Multi-Channel Sea Surface Temperature - Jet Propulsion Laboratory (JPL). The images have been treated and analysed in order to determine seasonal dynamics and mesoscale features.

Combined with imagery data, skipjack (*Katsuwonus pelamis*) fishing data from Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA - RG) have been analysed. This way, monthly abundance and distribution of the species have been mapped, in allowing, to determine the school displacement in space and time.

Further, the patterns found for skipjack migrations and thermal maps were compared throughout the year. A high interdependence relationship between the species distribution and water temperature was verified, showing that the species movements follows the migration of subtropical convergence.

INTRODUÇÃO

Com o advento do primeiro sensor radiométrico transportado por satélite na década de 1960, foi oferecido à comunidade científica uma ferramenta capaz de gerar imagens sinópticas regulares representando padrões bióticos e abióticos do ambiente marinho. Dados sinópticos de temperatura da superfície do mar em tempo quasi-real começaram a ser obtidos a partir do lançamento do satélite NOAA (National Oceanic and

Atmospheric Administration), versão melhorada dos satélites meteorológicos da série TIROS. A utilização destes dados tem se tornado desde então cada vez mais frequentes em oceanografia, seja através da detecção e caracterização de estruturas térmicas (sensores do espectro infravermelho) ou de coloração das águas em decorrência da distribuição dos pigmentos do fitoplâncton (sensores do espectro visível).

Certas espécies de peixes (i.e. tunídeos) tem reconheci-

damente sua distribuição espaço-temporal vinculada à dinâmica de feições térmicas. A partir da identificação e caracterização dessas extensas estruturas térmicas oceânicas, procura-se a predição de locais propícios à ocorrência de tunídeos através de imagens de satélite. Esse tipo de estudo tem contribuído amplamente para várias pescarias em todo o mundo (i.e. Japão, U.S.A., Austrália). No Brasil alguns esforços nessa linha de pesquisa foram feitos. Abdon (1983) trabalhando com imagens obtidas a partir do sensor infravermelho do satélite SMS-2, procurou delimitar zonas propícias à pesca de três espécies de atum (*Thunnus alalunga*, *T.albacares* e *T.obesus*) através da temperatura superficial do mar. Concluiu que a temperatura não pode ser considerada isoladamente como indicador, e que seria necessário trabalhar com dados mais precisos de temperatura superficial e de capturas, coletados em tempo real. Em outro trabalho realizado, Castro (1983) relacionou cartas de temperatura superficial fornecidas pela National Environmental Satellite Service NESS/NOAA (GOSSTCOMP), com dados históricos para mapear áreas favoráveis à ocorrência de *T.albacares* nas regiões norte e nordeste. E ainda, Maluf et al (1985) obtiveram mapas da temperatura da superfície do mar a partir de imagens do infravermelho (sensor VISSR) do satélite GOES-5 para a região entre as latitudes de 20°S a 30°S. Eles verificaram a relação entre dados de captura de *Katsuwonus pelamis* e os dados de temperatura superficial do mar obtidos do satélite, e concluíram que poderia ser viável o uso desse parâmetro para deli-

mitação de áreas favoráveis a ocorrência dessa espécie. No presente trabalho verificou-se novamente a validade da relação das capturas de bonito com a estrutura térmica superficial, procurando se estabelecer um padrão para a mesma.

As altas concentrações de fitoplâncton relacionadas às frentes, tem sido atribuídas a uma otimização localizada da produção. Esse fato está relacionado a um fornecimento de nutrientes e a uma situação oceanográfica adequada, com condições ambientais ótimas ao metabolismo dos organismos fitoplanctônicos [Mann and Lazier (1991)]. A reflexão desse fenômeno nos níveis tróficos superiores, faz das frentes, áreas particularmente favoráveis a ocorrência de uma alta atividade biológica. Além disso o gradiente térmico encontrado nessa região pode servir de barreira física a certas espécies. Dessa forma o fornecimento adequado de nutrientes, as condições ambientais propícias, e um marcado gradiente térmico, conduzem a uma grande agregação de organismos nessas áreas [Olson and Backus (1985)]. Em consequência desses fatores, as frentes tem se caracterizado por sustentarem diversas e grandes pescarias em todo o mundo. Entre todas essas pescarias relacionadas a esses sistemas, destaca-se a de tunídeos.

O bonito, *Katsuwonus pelamis* (Scombridae:Thunnini), caracteriza-se por ser bem adaptado ao meio pelágico, possuindo um corpo fusiforme bastante hidrodinâmico, o que lhe confere uma grande capacidade de deslocamento. Tem ampla distribuição, sendo encontrado em diversas regiões oceânicas tropicais, subtropicais e temperadas. Apresenta uma fisiologia

característica, possuindo para isso uma circulação sanguínea com a presença de um sistema comumente denominado de "contra-corrente", o que permite um certo controle sobre a temperatura corporal interna. O bonito mantém a temperatura muscular acima da do ambiente a uma taxa aproximadamente constante [Carey et al (1971)]. Essa última peculiaridade fisiológica, faz do bonito, assim como dos tunídeos no geral, um capítulo à parte dentro dos teleósteos pecilotérmicos.

O constante deslocamento, perfazendo por vezes grandes migrações, e mesmo o sistema respiratório do tipo "running", determinam para essas espécies um grande gasto energético. A necessidade de manutenção de uma temperatura corporal relativamente alta parece ser explicada então pelo alto metabolismo. O que estabelece uma relação estreita entre essa espécie e a temperatura do meio. No geral os tunídeos tem seu habitat limitado por uma determinada faixa de temperatura [Uda (1959)], sendo que no interior da mesma, eles concentram-se nas zonas de maior disponibilidade de alimento [Laurs et al (1984)]. Portanto a disponibilidade alimentar seria tão importante quanto a temperatura para a distribuição dessas espécies.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se localiza na margem oeste do Oceano Atlântico Sul entre as latitudes de 19.0° e 45.0°S, e 35.0° e 70.0°W. Nessa região, ocorrem importantes processos físicos na circulação oceânica. Dentre os fenômenos de meso-escala, destaca-se a ocorrência de uma ressurgência entre

Saquarema e Cabo Frio (RJ) e uma outra no Cabo de Sta. Marta (SC). Outro fenômeno ainda de maior grandeza, e também de destacada importância para a região, é a frente térmica formada no extremo oeste da Convergência Subtropical do Atlântico Sul Ocidental.

A frente térmica em superfície é delimitada pelo encontro de águas Subantárticas, pertencentes à um ramo costeiro da Corrente das Malvinas, com águas Tropicais, pertencentes à Corrente do Brasil. Um outro fator importante para a dinâmica dessa região são os aportes de água doce dos estuários do Rio de la Plata e da Lagoa dos Patos. A interação desses fluxos com as águas adjacentes determina a formação das águas costeiras.

A localização da frente térmica varia sazonalmente. A dinâmica da interação das águas desse sistema é mais ou menos cíclica [Castello and Möller (1977)]. Entretanto o sistema está sujeito a situações anômalas associadas a variações do padrão da interação oceano-atmosfera, tais como eventos El Niño.

FONTE DE DADOS E PROCESSAMENTO

Imagens da Temperatura Superficial do Mar (TSM)

A TSM foi obtida a partir de imagens do sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) dos satélites da série NOAA. As imagens do AVHRR usadas neste trabalho foram cedidas pelo Jet Propulsion Laboratory (JPL - Califórnia, USA). Essas imagens são médias mensais da temperatura superficial do mar, derivadas do algoritmo MCSST (Multi Channel Sea

Surface Temperature), constituindo-se de interpolações de médias mensais de temperatura superficial do mar [Smith, (1992)]. São composições globais, com 2048 x 1024 pixels, tendo cada pixel 18 x 18 km de resolução, ou seja aproximadamente 10 milhas. As imagens referem-se aos anos de 1983, 1984, 1987 e 1988.

Sub-imagens de 402 x 298 pixels foram criadas a partir das globais, que correspondem a área de estudo entre as latitudes de 19.0° e 45.0°S, e as longitudes de 35.0° e 70.0°W. As imagens foram analisadas e tratadas numa SUN SPARK Workstation 1+, utilizando-se para isso o "soft" Imagetool.

Considerando que somente a temperatura superficial como característica oceanográfica não constitui subsídios suficientes para a denominação de uma massa d'água, as massas de água encontradas na imagem com temperatura acima de 20.0°C, e dentro do intervalo de 4.0°C a 15.0°C são mencionadas como sendo indício da presença Águas Tropicais e Subantárticas respectivamente. Essa denominação é restrita para a área oceânica, visto que na região costeira isto não é consistente.

Dados de Pesca

Informações sobre a pescaria de bonito, *Katsuwonus pelamis* (Scombridae: Thunnini) foram obtidas através do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA, Rio Grande - RS). Os dados são relativos à atividade pesqueira da frota japonesa arrendada, e estavam na forma de mapas de bordo, que são uma espécie de planilha padronizada. Nesses mapas de bordo constam a posição, captura em peso (kg), e temperatura superficial do mar no momento da

pesca, além da atividade desenvolvida pela tripulação.

Foi adotado como unidade de esforço de pesca um dia em que houve atividade de pesca, sendo que é importante citar que cada embarcação trabalhou em média com 22 pescadores.

Na padronização do esforço de pesca para todas as embarcações, optou-se por não se levar em consideração o tempo dispendido no capeamento e mesmo na captura de isca, por não ter sido viável o estabelecimento de pesos para essas atividades em relação à pesca propriamente dita.

Vale ressaltar que o espaço "amostral" determinado pela atividade da frota pesqueira é limitado ao sul pelo término do mar territorial brasileiro em aproximadamente 33°45'S junto à costa do Brasil.

Comparação dos dados de MCSST com a captura

Foi averiguada a estrutura e dinâmica da relação entre as capturas do bonito e a estrutura térmica. Para isso foi sobreposto nas imagens mensais a localização das capturas com uma simbologia adequada, mostrando as magnitudes efetuadas durante o mês. Os menores círculos, caracterizam o intervalo de captura de 0 a 10000 kgs, e em ordem de tamanho, eles são referentes aos intervalos de captura de 10001 a 20000 kgs, de 20001 a 30000 kgs, de 30001 a 40000 kgs, e de capturas maiores que 40000 kgs, respectivamente.

Quando da análise das imagens, foi verificada a validade do intervalo de temperatura (17.0°C - 30.0°C) citado na literatura [Laevastu et al (1970)], como sendo os limites suportados pela espécie. Através de observação da distribuição das capturas em relação às

isolinhas de temperatura visualizadas nas imagens, procurou-se definir um intervalo de temperatura ótimo para a ocorrência da espécie.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrição Sazonal das Imagens da TSM

No geral a dinâmica sazonal oceanográfica da região estudada é semelhante para todos os anos. Aqui se esperava encontrar alguma diferença entre o ano de 1983 e os demais, decorrente do forte evento El Niño de 1982-83, entretanto nenhuma diferença clara na distribuição da TSM entre os anos foi encontrada. Sendo assim a série mensal do ano de 1984, mostrada na figura 1, representa o ciclo anual observado.

Verão

Nessa estação do ano ocorreram fenômenos oceanográficos de interesse. Uma ressurgência em Cabo Frio, e o aparecimento de uma massa d'água costeira mais quente na Baía Blanca, além de uma outra estrutura térmica na desembocadura do Rio de la Plata evidenciando uma descarga de água no verão. Como padrão geral, a ressurgência em Cabo Frio ocorre principalmente durante o final da primavera até meados do verão. Nessa época as águas costeiras situadas entre Saquarema e Cabo Frio chegam a atingir temperaturas inferiores a 25.0°C nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, contrastando bem com a temperatura superficial da água do mar circundante. Assim como nas demais estações do ano é possível visualizar na Baía Blanca, na Argentina, uma massa de água mais quente que a adjacen-

te, entretanto nessa época do ano o gradiente térmico parece ser mais forte, sendo que esse núcleo de água mais quente formado junto à costa chega a atingir temperaturas superficiais acima de 20.0°C. Essa massa de água seria provavelmente proveniente da descarga do Rio de la Plata, que na Baía Blanca estaria sujeita a um maior tempo de residência, decorrente de um "efeito de baía".

O deságue do Rio de la Plata no verão é também bem visível nas imagens. Nessa época do ano a estrutura térmica assinalada por essa água doce e quente, associada com a massa d'água adjacente à desembocadura do estuário e a oceânica, assemelha-se a uma "bifurcação" de água mais quente (figura 1a, 1b e 1l). Pelo meio dessa bifurcação aparece o ramo das Corrente das Malvinas sobre a plataforma. Esta feição aparece particularmente nos meses de verão e final da primavera.

Outono

Durante essa estação do ano, a frente térmica, que atinge latitudes mais altas durante o verão, recua para o norte. A estrutura do sistema frontal é complexa, com a formação de meandros e vórtices, já observados por Legeckis and Gordon (1982). Há fracos indícios de ressurgência no Cabo de Santa Marta Grande no mês de junho, enquanto que não ficou evidente a ressurgência de Cabo Frio.

A estrutura térmica costeira que ocorre na Baía Blanca é observada novamente, com grandes gradientes térmicos. O gradiente formado na desembocadura do Rio de la Plata parece particularmente mais intenso nessa estação do ano do que nas demais.

Inverno

Observa-se um grande avanço da Corrente das Malvinas para o norte. Ocorrem indícios de ressurgência no Cabo de Santa Marta Grande, porém a baixa resolução espacial das imagens, pretere qualquer observação mais contundente. Não há indício de ressurgência na região de Cabo Frio.

A massa de água quente na Baía Blanca, aparece também nessa estação, mas com menores gradientes térmicos. A descarga do Rio de la Plata é também visualizada na imagem, porém com gradientes menores do que os observados no outono.

Primavera

O sistema térmico frontal se apresenta novamente bastante complexo nesta estação. Ocorrem vários meandros e vórtices, enquanto há um recuo das Malvinas para latitudes maiores. No final da primavera já há indícios da ressurgência em Cabo Frio. A estrutura térmica da Baía Blanca e do deságue do Rio de la Plata são semelhantes aos observados no inverno.

Comparação Anual dos Mapas Térmicos

1983

No verão desse ano, a ressurgência de Cabo Frio, assim como o gradiente formado na desembocadura do Rio de la Plata no outono, parecem ter sido mais fortes do que nos outros anos. O indício da ressurgência no Cabo de Santa Marta Grande, no inverno, parece também ter sido mais intenso nesse ano.

1984

O gradiente da estrutura térmica na Baía Blanca no verão, e também da ressurgência em Cabo Frio no outono, foram mais

fortes do que as apresentadas pelos outros anos. Na primavera, o deságue do Rio de la Plata ficou melhor evidenciado neste ano. As imagens dos meses de junho e julho não puderam se analisadas devido a grandes lacunas de dados (não gravação das imagens ou intensa cobertura de nuvens).

1987

No final da primavera ocorre um forte indício de ressurgência em Cabo Frio, o que não ficou evidenciado nos demais anos analisados. As imagens dos meses de junho e julho apresentam lacunas ou grande cobertura de nuvens.

1988

Nesse ano, claramente a Corrente das Malvinas foi mais intensa do que nos demais anos. Esse efeito pôde ser evidenciado em todos os meses do ano, entretanto no verão ele foi ainda mais diferenciado. As imagens dos meses de maio, junho, julho e agosto não puderam também ser analisadas.

Distribuição da Captura de Bonito

A abundância e distribuição dos cardumes de bonito parece ser padronizada. As maiores capturas individuais e no conjunto são encontradas no final da primavera e verão, nos meses de janeiro e fevereiro principalmente. Nessa época do ano, o bonito é mais capturado desde o Cabo de Santa Marta até a porção sul do mar territorial brasileiro, aproximadamente entre as latitudes de 25°00' e 33°45' S. Nos meses de inverno a espécie é bem mais escassa e se distribui do litoral sudeste ao sul da Bahia, preferencialmente próximo a linha batimétrica de 200 m.

Correlação da Captura de Bonito com os Mapas Térmicos Mensais da Superfície do Mar

Ficou evidenciada a dependência dessa espécie para com a temperatura. Raras capturas foram efetuadas em áreas com TSM abaixo de 20.0°C e acima de 27.0°C, entretanto uma análise mais detalhada da distribuição da espécie com relação às isolinhas de temperatura, deram indícios de que o intervalo ótimo, para a espécie na região estudada, seja entre 21.0°C e 24.0°C. O que foi então evidenciado nas figuras 1a a 1l.

Decorrente dessa relação estreita que a espécie apresenta com esse parâmetro oceanográfico, ficou visível através da sobreposição dos mapas térmicos e de captura de bonito, uma alta correlação entre o deslocamento da frente térmica e dos cardumes. O bonito parece se localizar sempre junto à porção frontal da Corrente do Brasil, nas proximidades da frente térmica. Essa relação foi evidente, sendo que o padrão de migração dos cardumes seguiu sempre o de deslocamento da frente ao longo de todos os meses dos anos analisados (figuras 1a a 1l).

O conhecimento detalhado dessa correlação, e dos mecanismos que dominam a disposição das feições térmicas de meso-escala na costa sul e sudeste do Brasil, poderiam levar a uma otimização do esforço empregado pela frota pesqueira, levando a maior rendimento de pesca. O que em conjunto com conhecimentos sobre a dinâmica populacional da espécie, principalmente no aspecto reprodutivo, poderia contribuir em muito para um melhor manejo e administração desse estoque pesqueiro.

CONCLUSÕES

As imagens de MCSST se mostraram úteis somente no estudo de fenômenos térmicos de meso-escala, devido a sua baixa resolução espacial.

Ao contrário do que se esperava, o forte evento El Niño de 1982-1983 não apresentou um efeito claro no padrão de deslocamento e magnitude do sistema frontal.

O ano de 1988 apresentou, claramente, uma Corrente das Malvinas mais intensa do que nos demais anos.

A ressurgência em Cabo Frio, com efeitos evidentes na estrutura térmica superficial da região, ocorre com maior intensidade principalmente no final da primavera até meados do verão.

O bolsão de água quente característico da Baía Blanca ocorre durante todo o ano.

Há uma dependência clara do bonito com relação à TSM, e principalmente, uma forte correlação entre a distribuição e abundância dos cardumes e o deslocamento do sistema frontal térmico durante o ciclo anual.

AGRADECIMENTOS

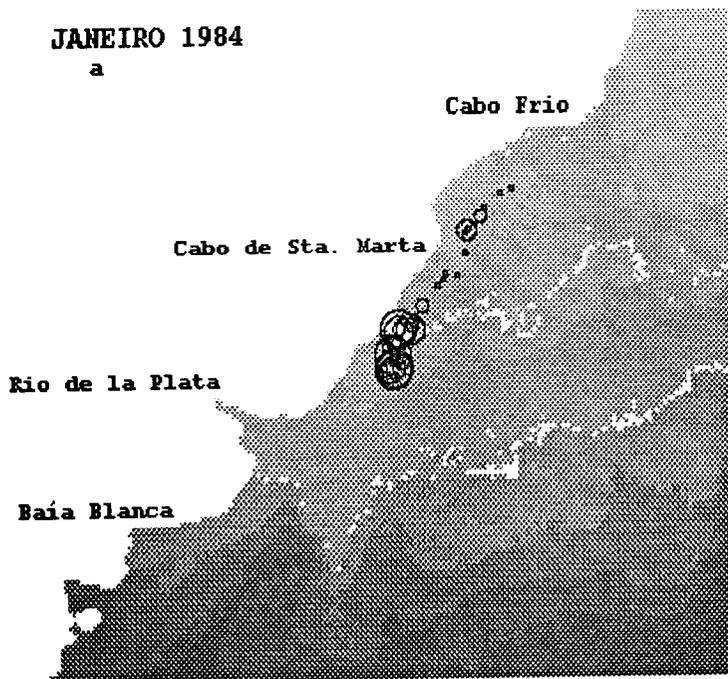
Os autores agradecem ao Jet Propulsion Laboratory (JPL) e ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) pela cedência das imagens MCSST e dos dados de captura de bonitos, respectivamente.

REFERÊNCIAS

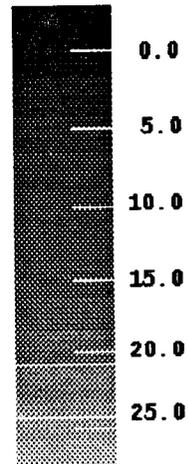
- M.M. Abdon. Um modelo de cartas de pesca para tunídeos do Sudeste e Sul do Brasil utilizando dados oceanográficos e Sensoriamento Remoto, Tese de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, pp 78, 1983.
- H.A.Andrade. Aspectos da pesca do *Katsuwonus pelamis* (SCOMBRIDAE:THUNNINI) e sua relação com a temperatura superficial da água do mar como condição oceanográfica específica na região sudeste/sul do Brasil, V Semana Nacional de Oceanografia, Universidade do Rio Grande, p 07, 1992.
- F. G. Carey, J. M. Teal, J. W. Kanwisher and K. D. Lawson. Warm-bodied fish. *Am. Zoologist* 11, 135-145, 1971.
- J.P. Castello and O.O.Möller Jr. On the oceanographic conditions in the Rio Grande do Sul State, Atlântica, Rio Grande, 2(2), 25-110, 1977.
- L.A.B. Castro. Mapeamento das áreas favoráveis a ocorrência de albacora-de-lage no Norte e Nordeste do Brasil, com utilização de sensoriamento remoto e dados oceanográficos. Tese de Mestrado-INPE, pp 63,1983.
- T. Laevastu and I. Hela. Fisheries Oceanography. Fishing News Books) LTD, 1970.
- R. M. Laurs, P. C. Fiedler and D. R. Montgomery. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellite, *Deep-Sea Research*, 31 (9) 1085-1099, 1984.
- R. Legeckis and A.L. Gordon. Satellite observations of the Brazil and Falkland currents 1975 to 1976 and 1978, *Deep-Sea Research*, 29(3A), pp 375-401, 1982.
- S.Maluf. Relatório final do sub-projeto CARPE (Modelo de Cartas de Pesca) referente ao bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais 3707-PRE/495, 1985.
- K.H.Mann. and J.R.N.Lazier. Dynamics of Marine Ecosystems - Biological - Physical Interactions in the Oceans, Blackwell Scientific Publications, 1991.
- D.B.Olson and R.H.Backus. The concentrating of organisms at fronts: A cold-water fish and a warm-core Gulf Stream ring, *Journal of Marine Research*, 43, 113-137, 1985.
- E.Smith. A user's guide to the NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer Multichannel Sea Surface Temperature data set, U.Miami/Rosential School of Marine and Atmospheric Science, JPL - Pasadena, CA. pp 22, 1992.
- M.Uda. Water mass boundaries-"Siome". Frontal theory in oceanography, *Fish. Res. Bd. Canada. MS Rpt.*, Series 51, pp 10-20, 1959.

JANEIRO 1984

a

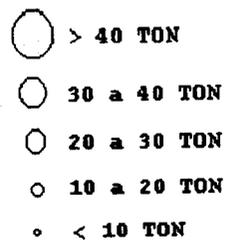


Temp. C°



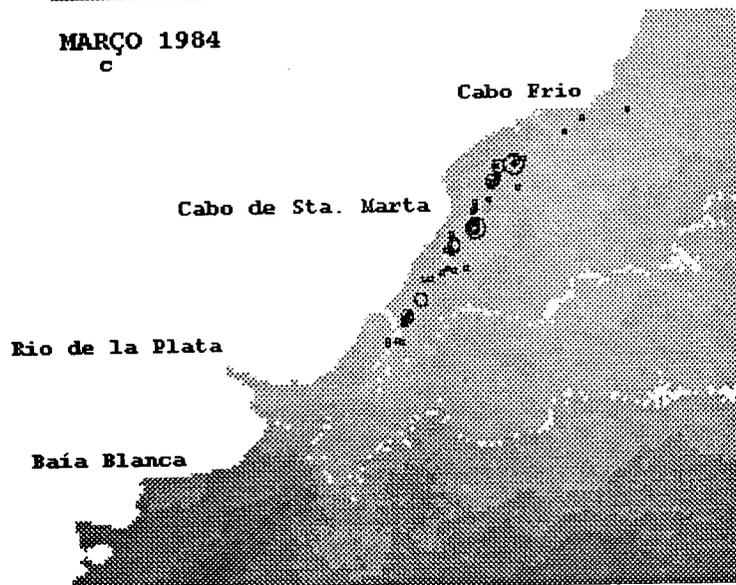
FEVEREIRO 1984

b



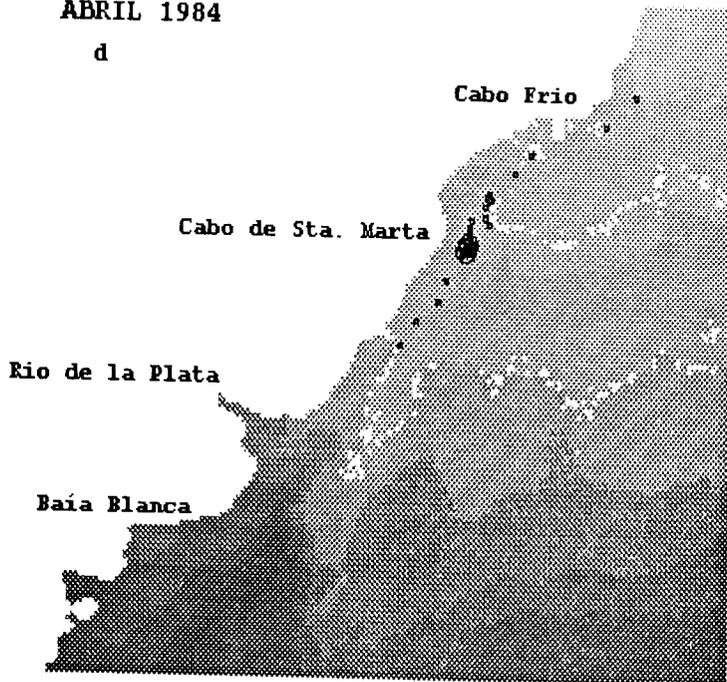
MARÇO 1984

c



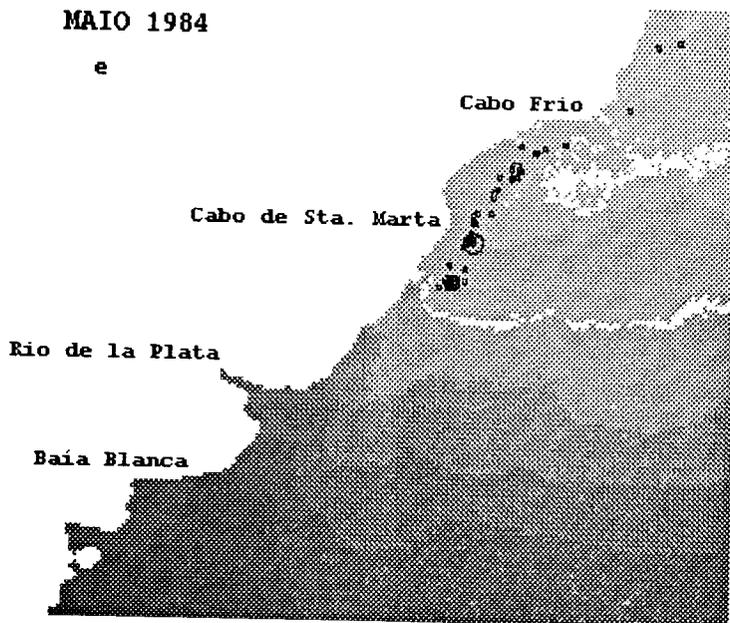
ABRIL 1984

d



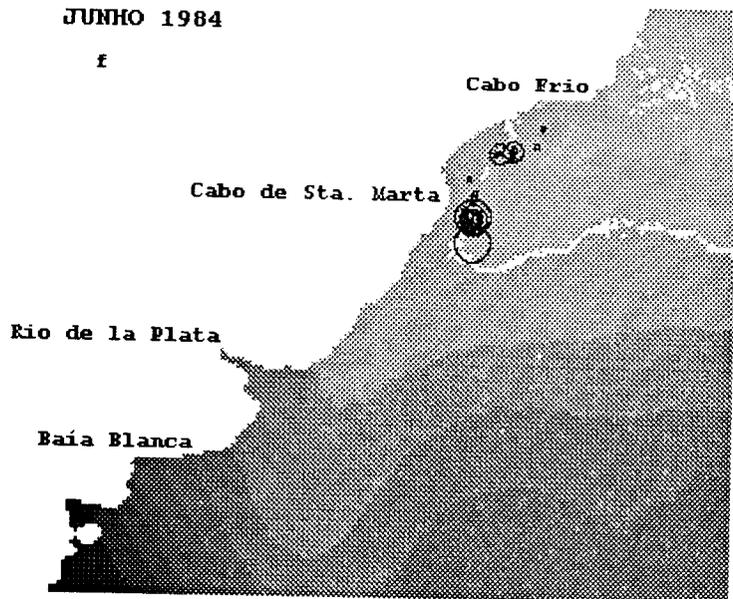
MAIO 1984

e

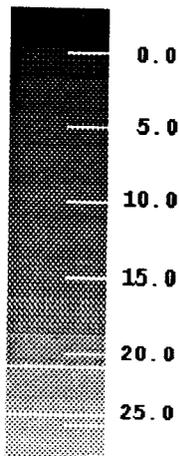


JUNHO 1984

f



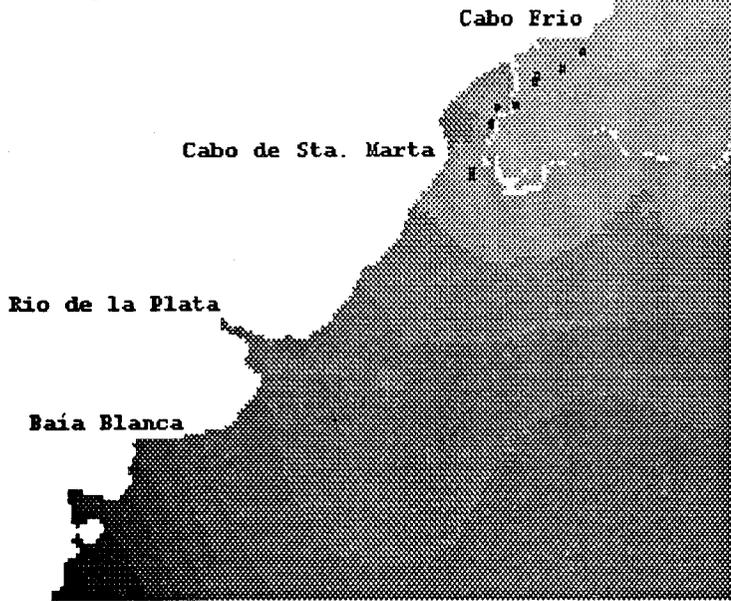
Temp. C°



- > 40 TON
- 30 a 40 TON
- 20 a 30 TON
- 10 a 20 TON
- < 10 TON

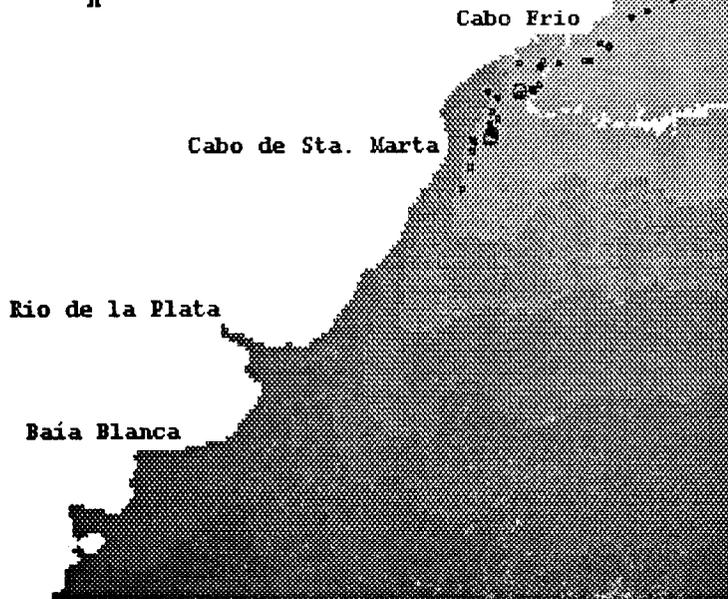
JULHO 1984

g



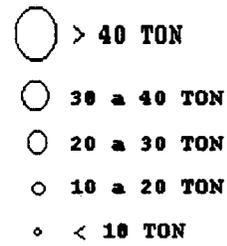
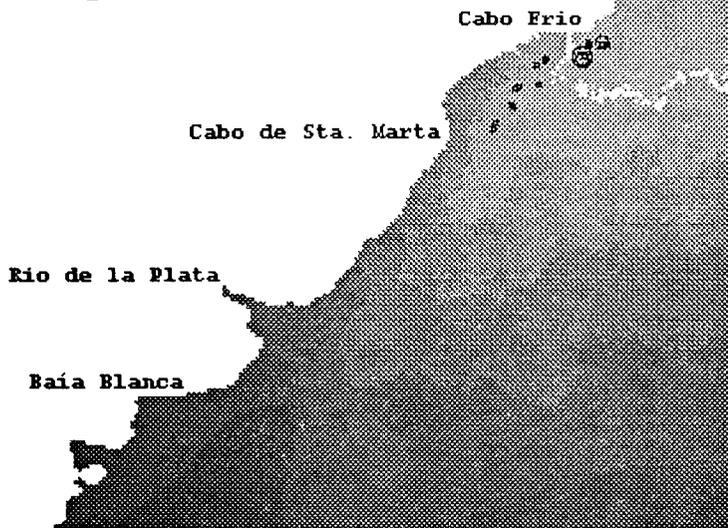
AGOSTO 1984

h



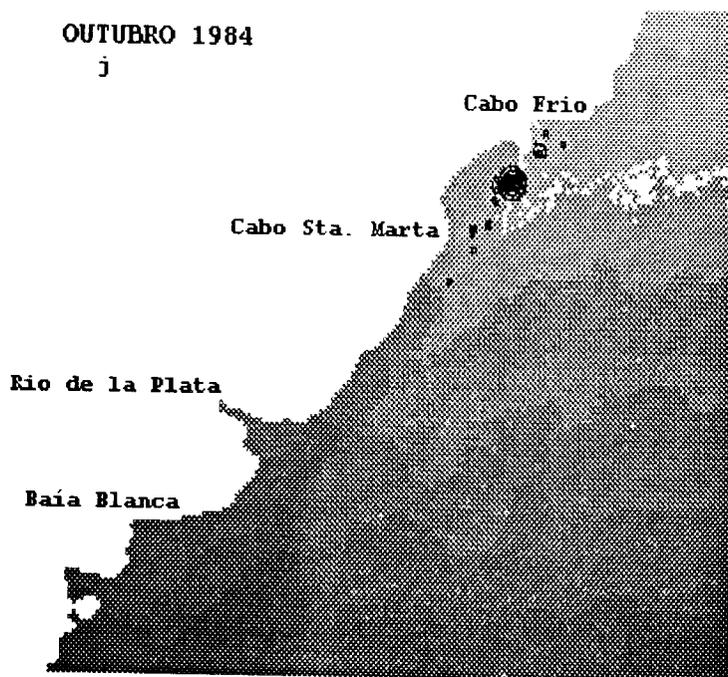
SETEMBRO 1984

i

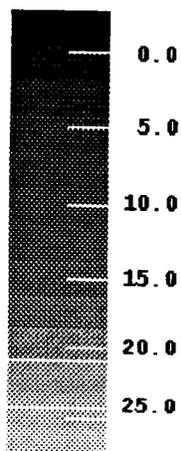


OUTUBRO 1984

j

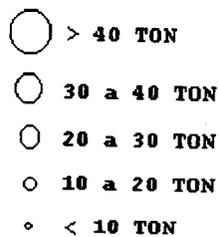
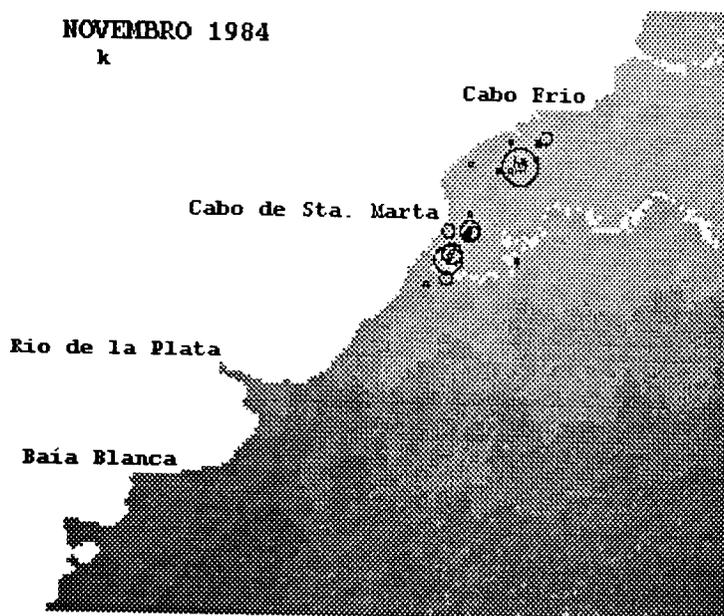


Temp. C°



NOVEMBRO 1984

k



DEZEMBRO 1984

l

