

Estrutura e função do ecossistema de plataforma continental da região de Ubatuba, Estado de São Paulo: uma introdução

Ana Maria Setubal PIRES-VANIN & Yasunobu MATSUURA

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo
(Caixa Postal 9075, 01065-970 São Paulo, SP, Brasil)

-
- **Abstract:** The program for oceanographic investigation on the tropical Atlantic shelf ecosystem - Integrated Project (PI) had as its main objective the study of the causes responsible for the biomass variation in the coastal ecosystem from Ubatuba, São Paulo State, Brazil. The results of this effort are presented in the papers of this volume, which reports the main structural and dynamic characteristics of the system. This paper gives a historical context and organization of the Integrated Project, and describes procedures adopted in the five types of field work performed for data sampling.
 - **Resumo:** O programa para investigação oceanográfica no ecossistema de plataforma do Atlântico tropical - Projeto Integrado (PI), teve como objetivo principal, o estudo das causas responsáveis pela variação da biomassa no ecossistema costeiro de Ubatuba, Estado de São Paulo, Brasil. Os resultados desse esforço estão apresentados nos trabalhos que formam este volume, e relatam as características principais da estrutura e dinâmica do sistema. Este trabalho registra a visão histórica e a organização do Projeto Integrado, e descreve os procedimentos adotados nos cinco tipos de trabalho de campo desenvolvidos para a amostragem dos dados.
 - **Descriptors:** Research Programmes, Tropical environment, Ecosystems, Coastal zone, Continental shelf, Integrated Project, Ubatuba, São Paulo, Brazil.
 - **Descritores:** Programas de pesquisa, Meio ambiente tropical, Ecossistemas, Zona costeira, Plataforma continental, Projeto Integrado, Ubatuba: SP, Brasil.

Apresentação

O espírito fundamental que estabeleceu os elos do presente programa e que definiu suas diretrizes é o caráter multi e, principalmente, interdisciplinar da Oceanografia. Este fato, fez com que a colaboração de pesquisadores de diferentes campos fosse indispensável para a consecução dos objetivos propostos.

Nos últimos anos, ênfase tem sido dada aos estudos ecossistêmicos, e a área de Oceanografia tem merecido investigações em profundidade. A grande maioria destes estudos tem ocorrido em regiões temperadas ou polares, existindo poucos trabalhos sobre as regiões tropicais ou subtropicais.

Como é bem conhecido, a biota da região tropical é caracterizada pela grande diversidade de espécies, o que a difere daquela das regiões de altas latitudes. Nestas, temos uma biota monótona, com a predominância de poucas espécies.

O ecossistema tropical apresenta uma alta complexidade, caracterizada por uma intrincada interrelação dos fatores bióticos e abióticos. Em decorrência disso, o impacto da atividade humana sobre ele é complexo e de difícil avaliação, seja este ligado à exploração de recursos renováveis para alimento ou à poluição ambiental. As teorias clássicas sobre dinâmica de populações ou sobre dinâmica de ecossistemas não são adequadas à explicação ou ao diagnóstico de fenômenos ecológicos que ocorrem em regiões tropicais ou subtropicais (Pauly, 1979; Tommasi*, comun. pess.). A simples transferência para as regiões brasileiras dos conhecimentos sobre ecossistemas das regiões de alta latitude, não permite a compreensão holística da estrutura e do funcionamento de nossos mares. A falta dessa visão global em profundidade torna inútil toda a tentativa de utilização racional dos ecossistemas da costa brasileira.

Nasceu, então, a idéia de desenvolver no Brasil um estudo de vanguarda, através da realização de um projeto multi e interdisciplinar, que se propusesse a avaliar o efeito conjunto de fatores meteorológicos, hidrológicos e biológicos sobre a biomassa de uma região costeira da plataforma continental do Estado de São Paulo.

Os motivos que nos levaram a eleger a região de Ubatuba, situada no litoral norte do Estado, foram: 1. já existia, nesta região, uma respeitável soma de trabalhos de pesquisa realizados; 2. nessa parte da costa estavam se iniciando projetos de aqüicultura (Projeto Camarão) e de sobrevivência de larvas de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) (Projeto SARP), já que a área era conhecida como região de desova dessa espécie (Matsuura, 1989).

Entretanto, apesar dos inúmeros trabalhos efetuados em Ubatuba, deve ser ressaltado que nunca havia sido ali realizado um projeto integrado com as características que ora propúnhamos. Por exemplo, grande parte das pesquisas existentes levavam em conta, principalmente, os aspectos básicos da distribuição espaço-temporal da biomassa e da produção primária do fitoplâncton, e sua relação com os principais parâmetros ambientais. A elucidação dos problemas ecológicos sempre ficou restrita ao primeiro nível da cadeia trófica.

Histórico

O conhecimento sobre a região, até 1985, decorreu de estudos desenvolvidos através de cruzeiros oceanográficos esparsos na década de 60. A partir de 1975, esse conhecimento se ampliou através da realização de estudos sobre a sardinha e outros peixes pelágicos, material este coletado com o N/Oc. "Prof. W. Besnard" com estações em intervalos de 20 a 30 milhas náuticas. Embora, grande quantidade de dados biológicos e oceanográficos fossem

coletados, a rede pouco densa de estações não permitiu que se obtivesse uma boa caracterização da área, quer sob o ponto de vista físico-químico, quer a nível de produtores primários e, muito menos, a nível de ecossistema.

Os resultados destes estudos e pesquisas proporcionaram abertura para a investigação de inúmeros problemas. Porém, até o presente, nunca foram complementados ou reavaliados por pesquisas integradas que visassem estudar os demais níveis tróficos da região e, por conseguinte, proporcionassem uma série de conhecimentos para explicar o funcionamento do ecossistema.

O Projeto Integrado "Utilização Racional dos Ecossistemas Costeiros da Região Tropical Brasileira: Estado de São Paulo" iniciou-se em 1985, em decorrência de convênio firmado entre a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) e o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, dentro do II Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM). Foi planejado para cinco anos, tendo sido acrescentado um sexto ano para a publicação dos resultados obtidos.

Uma das propostas do Projeto Integrado foi a de procurar estudar a estrutura oceanográfica em pequena escala, ou seja, com menor intervalo entre as estações hidrográficas. Para tal, estabeleceu-se uma rede de estações com intervalo de 5 e 2 milhas náuticas para cruzeiros do N/Oc. "Prof. W. Besnard" e B/Pq "Veliger II", respectivamente. Os resultados obtidos mostram o acerto na escolha de tal estratégia amostral, pois conseguimos estudar integradamente, de maneira intensa e profunda, uma pequena região que servirá de modelo para o estudo de outros ecossistemas costeiros de plataforma continental.

O Projeto Integrado visou o entendimento aprofundado dos fenômenos básicos que determinam as variações de biomassa na região, abordando aspectos apresentados no esquema da Figura 1. O estudo foi realizado em duas fases: a primeira, de outubro de 1985 a setembro de 1987, constou da análise descritiva da estrutura do ecossistema; e a segunda, de outubro de 1987 a setembro de 1990, compreendeu o estudo da dinâmica dos vários componentes identificados no sistema.

As diversas áreas da Oceanografia foram estudadas através de oito subprojetos: Oceanografia Física, Plâncton e Produtividade Primária, Microbiologia, Ovos e Larvas de Peixes Pelágicos, Ictiofauna, Bentos, Bioenergética e, durante o primeiro ano, Oceanografia Química. Cada um contou com objetivos específicos, e interrelacionados, que conduziram ao conhecimento da estrutura e dinâmica do ecossistema tropical costeiro de Ubatuba.

A realização do Projeto Integrado só se tornou viável, dada a participação e a integração de uma entusiasmada equipe formada por 21 docentes, 24 alunos de pós-graduação, 25 estagiários e 8 bolsistas de iniciação

(*) Tommasi, L. R. (1992). Instituto Oceanográfico da USP.

DINÂMICA DO ECOSISTEMA COSTEIRO (REGIÃO DE UBATUBA)

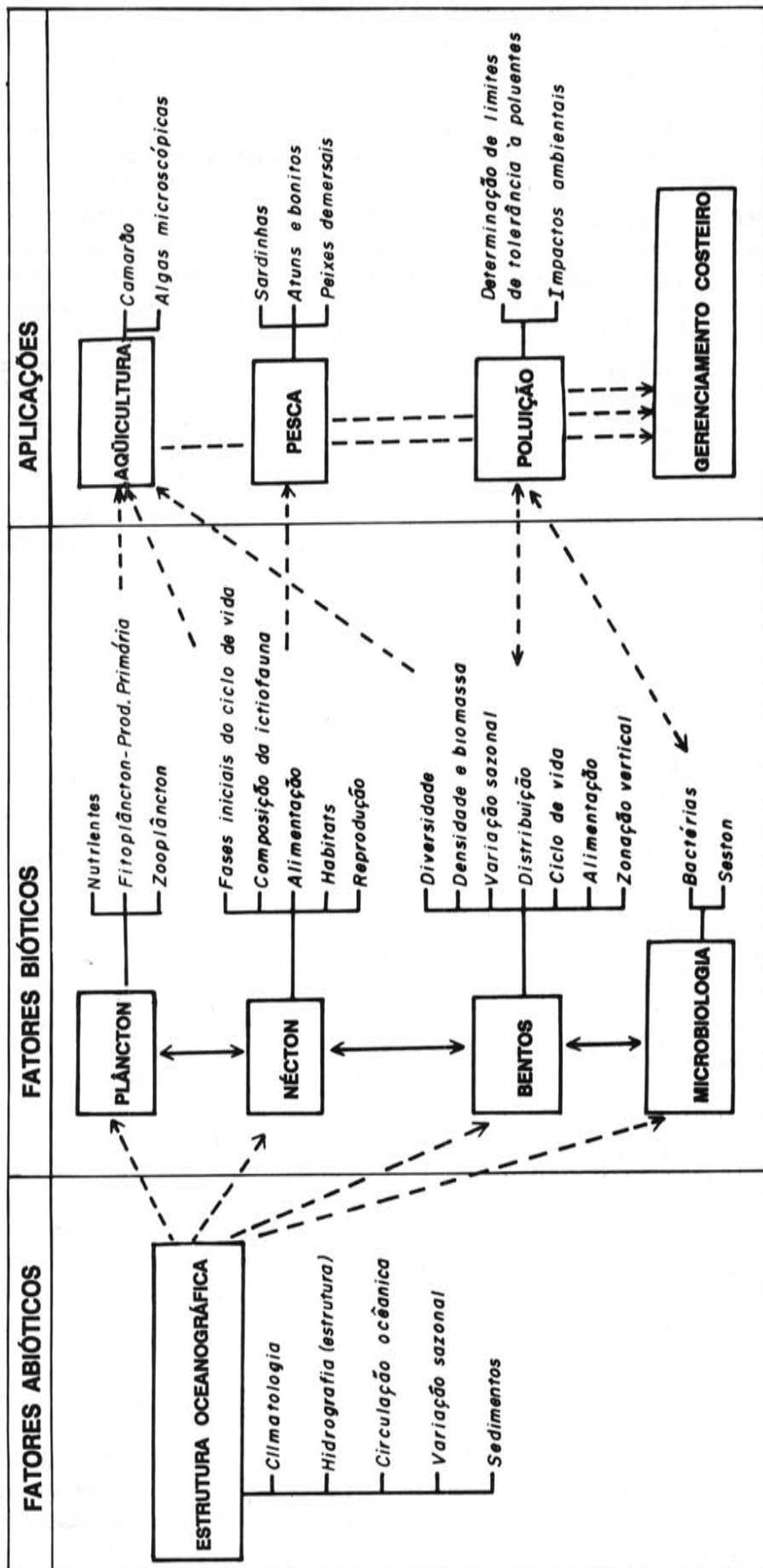


Fig. 1. Fluxograma dos estudos componentes do Projeto Integrado.

científica. Tal trabalho gerou, até o presente, 19 dissertações de mestrado (5 defendidas), 5 teses de doutorado (4 defendidas) e uma tese de livre-docência, além de alguns trabalhos já publicados ou que se encontram no prelo.

Os trabalhos aqui apresentados constituem parte dos resultados obtidos até o momento. Refletem as características gerais da área, quanto ao ambiente e aos sub sistemas estudados (bêntico e pelágico). Permitirão a obtenção de amplo conhecimento sobre a estrutura e a dinâmica do ecossistema de plataforma continental ao largo de Ubatuba, despertando o interesse e o entusiasmo para o desenvolvimento de novas pesquisas multi e interdisciplinares. Foi, sem dúvida, uma experiência bem sucedida, e que esperamos seja seguida pelos estudiosos dos ambientes marinhos da costa brasileira.

Nos seis anos do Projeto Integrado foram coordenadores gerais:

Prof. Dr. Clovis Teixeira (outubro/1985 - setembro/1986)

Prof. Dr. Yasunobu Matsuura (outubro/1986 - julho/1987; outubro/1988 - setembro/1990)

Prof. Dr. Ana Maria Setubal Pires Vanin (agosto/1987 - setembro/1988; outubro/1990 - setembro/1991)

Foram coordenadores de subprojetos:

Oceanografia Física:

Prof. Dr. Luiz Bruner de Miranda

Prof. Dr. Belmiro Mendes de Castro Filho

Oceanografia Química:

Prof. Dr. Rolf Roland Weber

Plâncton e Produtividade Primária:

Prof. Dr. Elizabeth Aídar

Prof. Dr. Salvador Airton Gaeta

Microbiologia:

Prof. Dr. Hilda de Souza Lima Mesquita

Ovos e Larvas de Peixes Pelágicos:

Prof. Dr. Yasunobu Matsuura

Prof. Dr. Mário Katsuragawa

Ictiofauna:

Prof. Dr. Carmen L. D. B. Rossi Wongtschowski

Bentos:

Prof. Dr. Ana Maria Setubal Pires Vanin

Bioenergética:

Prof. Dr. Phan Van Ngan

Caracterização oceanográfica da área de estudo

A característica oceanográfica principal da área e que estrutura o ecossistema ao largo de Ubatuba, é a presença sazonal da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) sobre o domínio interior da plataforma continental (10 a 50 m de prof.). Durante o verão, a Água Central do Atlântico Sul, que flui para o norte, abaixo da Corrente do Brasil, penetra na camada de fundo sobre a plataforma continental, alcançando a região costeira. Durante o inverno, a ACAS se retrai em direção à margem da plataforma continental. Devido à penetração dessa massa de água fria e ao aquecimento da água superficial, forma-se uma termoclina marcante durante o verão, numa profundidade de aproximadamente 10 a 15 m.

Essa penetração da ACAS na camada inferior da região costeira, favorece o enriquecimento das águas da zona eufótica com nutrientes, ocasionando o aumento da produção primária pelo fitoplâncton. Por sua vez, essa produção primária sustenta uma biomassa maior de zooplâncton herbívoro e, conseqüentemente, cria melhores condições para a sobrevivência de larvas de peixes e animais bentônicos.

Com o retrocesso da Água Central do Atlântico Sul durante o inverno, a distribuição da temperatura na zona costeira torna-se homogênea, e toda essa área fica coberta com águas entre 20 e 25°C.

Existe, ainda, no domínio exterior (50-100 m de prof.), a ocorrência de vórtices ciclônicos, cuja frequência e período de permanência são desconhecidos (Castro Filho *et al.*, 1987); a origem desses vórtices parece estar relacionada aos meandros e recirculação ("streamer") da Corrente do Brasil. A presença dos vórtices tem um significado biológico importante. Devido a movimentos ascendentes ao longo do núcleo do vórtice, a Água Central do Atlântico Sul, localizada no talude continental, em profundidade superior a 200 m, é transportada até a zona eufótica, o que resulta num aumento considerável da biomassa de fitoplâncton da camada de mistura, com conseqüentes reflexos tróficos sobre os demais compartimentos do sistema.

Estratégias de coleta

Várias foram as estratégias utilizadas para obtenção dos dados e, cada uma delas, será descrita a seguir. Todos os trabalhos citarão essas estratégias sem, porém, entrar nos detalhes que vão aqui especificados.

A rede de estações oceanográficas

A plataforma interna da região de Ubatuba foi escolhida como a área de investigação para representar a região sudeste. Os cruzeiros oceanográficos com o N/Oc. "Prof. W. Besnard" foram realizados, baseados numa rede de estações, com o intervalo de 5 milhas náuticas (m.n.). Seis linhas de observações perpendiculares à costa foram estabelecidas nos primeiros quatro cruzeiros, mas, estas foram reduzidas para cinco linhas, nos últimos três cruzeiros. O plano de estações e os dados de cruzeiros são apresentados na Tabela 1 e Figura 2.

Cada cruzeiro foi dividido em duas etapas: na primeira, foram realizadas observações hidrográficas, coletas de plâncton, produtividade primária, e ictioplâncton; na segunda, foram feitas as coletas de bentos (com pegador vanVeen e draga retangular), e as coletas de nécton (com rede de pesca, tipo "Otter Trawl").

Tabela 1. Número de estações oceanográficas realizadas por cruzeiro, dentro da rede geral de estações de coleta

Cruzeiro	Data	Nº de estações	Linhas de observação	Navio
PI-1	Dez/85	64	6	"Prof. W. Besnard"
PI-2	Jul/86	68	6	"Prof. W. Besnard"
PI-3	Dez/86	62	6	"Prof. W. Besnard"
PI-4	Jul/87	72	6	"Prof. W. Besnard"
PI-5	Dez/87	60	5	"Alm. Saldanha"
PI-6	Jul/88	56	5	"Prof. W. Besnard"
PI-7	Dez/88	60	5	"Prof. W. Besnard"

Primeira etapa

Nas estações hidrográficas, as garrafas de Nansen foram colocadas nas profundidades de padrão internacional para medição de temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido. A coleta de água para produtividade primária e plâncton foi feita usando-se a garrafa Van Dorn, nas mesmas profundidades.

Após a determinação da profundidade da termoclina, utilizando um batitermógrafo mecânico, a rede de plâncton com o sistema de fechamento foi usada para coleta de zooplâncton nas duas camadas: acima e abaixo

da termoclina. O arrasto da rede de fechamento foi feito verticalmente com uma velocidade de 0,8 a 1,0 m/seg. Nos três últimos cruzeiros (PI-5, 6 e 7), a rede Motoda foi empregada para coleta de zooplâncton, nas três camadas: acima, dentro e abaixo da termoclina. Três ou quatro redes de Motoda foram arrastadas horizontalmente durante cinco minutos com a velocidade de 1,5 a 2 nós. Após o arrasto, as redes foram fechadas mecanicamente, com messageiros.

O material de ictioplâncton foi coletado com a rede Bongo. O arrasto da rede Bongo foi feito obliquamente da superfície para 5 m acima do fundo, e daí novamente para superfície, com uma velocidade de 1,5 a 2,0 nós. Duas redes, com diferentes malhas (200 e 300 micras), foram colocadas na armação da rede Bongo.

A rede de plâncton tipo CalVET foi usada para coleta de ictioplâncton em todas as estações. A coleta foi feita verticalmente, do fundo para a superfície, com a velocidade de 1,0 m/seg.

Após a coleta, as redes de plâncton foram lavadas com água do mar e as amostras de zooplâncton e ictioplâncton foram colocadas em frascos e conservadas a bordo com formol neutralizado a 10 %.

Segunda etapa

Na segunda etapa, o N/Oc. "Prof. W. Besnard" ocupou somente a área externa da investigação (além dos 50 m de profundidade), no verão e inverno, enquanto o B/Pq "Veliger II" ocupou a área interna (de 10 a 50 m de profundidade), nas quatro estações do ano. Ambas as embarcações utilizaram a rede de pesca com porta ("Otter Trawl") para capturar os peixes demersais e o megabentos, sendo que o pegador vanVeen e a draga retangular foram usados para coleta da macrofauna bêntica. A rede de estações de coleta usada para captura de peixes demersais e de animais bênticos é apresentada na Figura 3.

A rede de pesca utilizada com o N/Oc. "Prof. W. Besnard" possui comprimento de tralha de chumbo de 20,9 m, com duas portas de 100 kg; a tralha do B/Pq "Veliger II" tem 16,5 m de comprimento e duas portas de 40 kg cada. O arrasto foi efetuado durante uma hora, com a velocidade de 2,0 nós, aproximadamente. Os peixes demersais e a megafauna obtidos foram congelados a bordo, para posterior análise no laboratório da Base Norte do Instituto Oceanográfico da USP, em Ubatuba.

O pegador vanVeen foi lançado por cabo de aço até o fundo do mar e, após recolher o sedimento, este foi separado através de peneiras com malhas de 2,0, 1,0 e 0,5 mm. Após a separação por tamanho, os animais obtidos foram conservados em frascos com álcool 70 %, para posterior triagem sob lupa. A draga retangular utilizada a

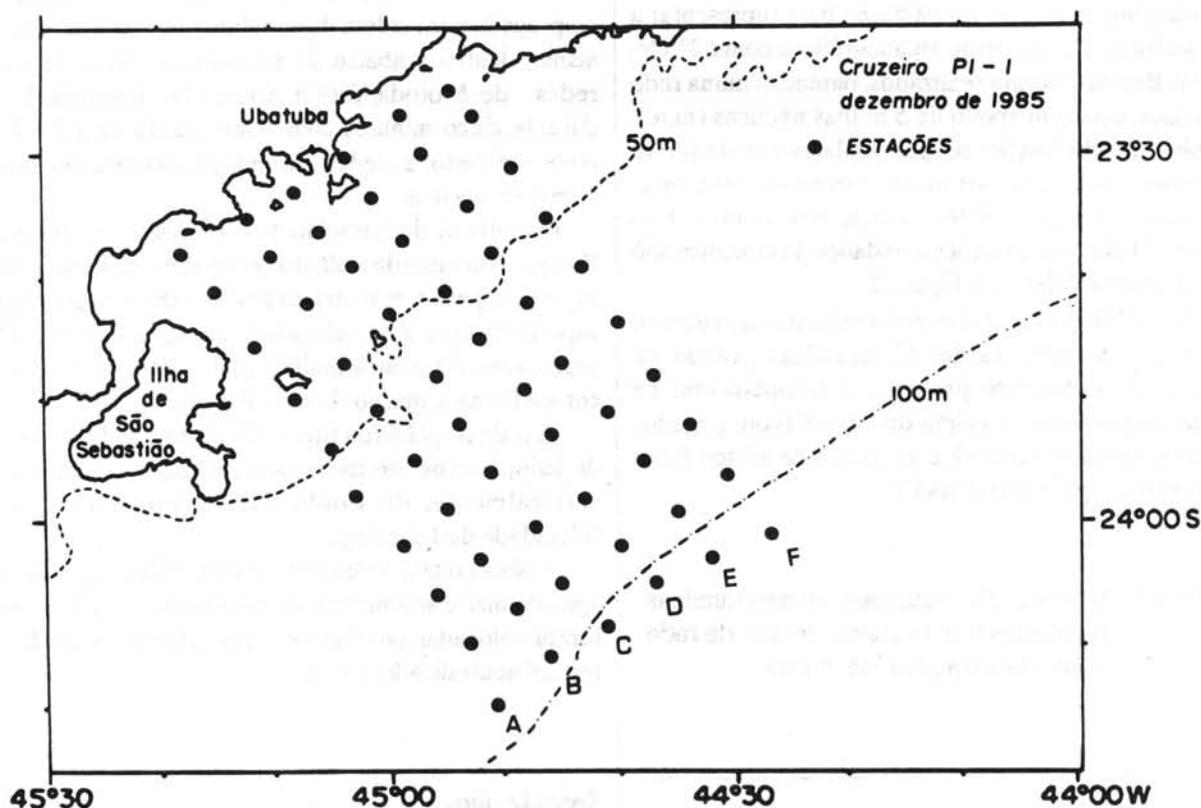


Fig. 2. Rede geral das estações de coleta onde foram realizados os trabalhos oceanográficos (exceto os de bentos e nécton).

bordo do B/Pq "Veliger II" possui uma área da boca de 2400 cm^2 ($120 \times 20 \text{ cm}$).

A bordo do N/Oc. "Prof. W. Besnard" empregou-se uma draga tipo "Beam Trawl". Os arrastos foram feitos durante 15 min, com velocidade de 2,0 nós.

Série temporal de dados hidrográficos

A partir do segundo ano (julho de 1987: PI-4), iniciou-se o esquema de observação contínua, para obtenção de série temporal de dados, empregando-se correntógrafos no sistema de fundeio ("mooring"). Foram deixados por três meses, dois correntógrafos fixados na camada de superfície e no fundo, a 40 m de profundidade, e três correntógrafos no fundeio de 70 m. Todos os fundeios tiveram seu período de observação estipulado em três meses, em duas localidades: ao largo da Ilha Anchieta (40 m) e ao sul da Ilha Vitória (70 m) (Fig. 3).

No mesmo período, foram instalados um anemógrafo e um marégrafo na Ilha Vitória, para observação meteorológica e de maré na área de investigação. Cinco fundeios de correntógrafos foram realizados durante o

período, conforme segue: julho a outubro de 1987, dezembro de 1987 a março de 1988, julho a outubro de 1988, dezembro de 1988 a março de 1989 e julho a outubro de 1989.

Série temporal de ictioplâncton

Utilizando o B/Pq "Veliger II", foram feitas as coletas de uma série temporal de dados de ictioplâncton, numa linha de observação perpendicular à costa. Seis estações, com o intervalo de 2 m.n., foram programadas numa área entre a entrada da Enseada de Flamengo e a Ilha Vitória (Fig. 3). Durante seis dias consecutivos, as mesmas estações foram amostradas com uma rede de plâncton, tipo cônico-cilíndrica. O arrasto da rede foi feito horizontalmente, na superfície, com velocidade de aproximadamente 2 nós e duração de 5 min. O volume de água filtrada foi estimado, usando-se um fluxômetro fixado na boca da rede. As amostras de ictioplâncton foram fixadas a bordo, com formol neutralizado a 10%. Cinco viagens da série VAN foram realizadas durante o período de junho de 1985 a julho de 1986.

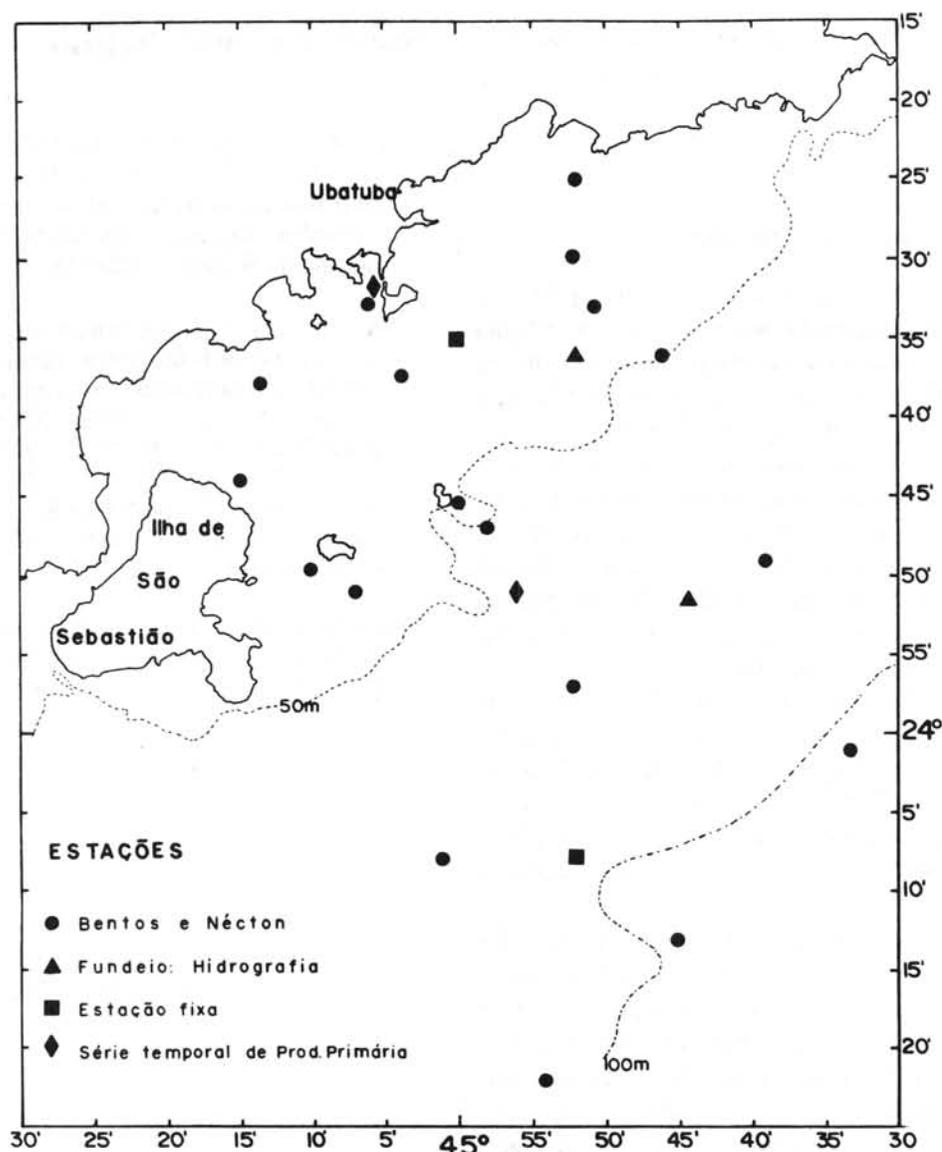


Fig. 3. Rede geral das estações de coleta onde foram realizados os trabalhos oceanográficos de bentos e nécton; estação fixa (plâncton, bentos e nécton); fundeio e hidrografia; séries temporais de produção primária e de ictioplâncton. As séries temporais foram realizadas durante cinco períodos de 60 dias consecutivos para hidrografia; cinco períodos de 6 dias consecutivos para ictioplâncton; quatro períodos de 30 dias consecutivos para produção primária; cinco períodos de 72 horas consecutivas para plâncton (nutrientes, pigmentos fotossintéticos, fito-, zoo-, pico- e bacterioplâncton) e quatro períodos, dois de 24 e dois de 48 horas consecutivas, para o bentos e nécton.

Observação de produção primária, bentos e nécton nas estações fixas

A partir de julho de 1987 foram coletados dados nas estações fixas, situadas em profundidade de 40 e 70 m, para determinação da produção primária diária na coluna de água, da variação diária na composição específica e na abundância do bentos, e observações quali e quantitativas no conteúdo estomacal dos peixes demersais (Fig. 3). Durante os anos de 1987 a 1989 foram efetuadas operações em cinco estações fixas, com duração de 72 h cada, para a

etapa de produção primária e com duração de 48 h para a etapa de coleta demersal. As estações de produção primária foram realizadas sempre antes daquelas de bentos e nécton, para evitar o revolvimento do fundo, com conseqüente alteração da coluna de água.

Nas estações de produção primária foram coletadas, a cada 3 h, dados de vento, temperatura do ar, penetração de luz na água, dados hidrográficos, oxigênio e sais nutrientes dissolvidos, amostras de zooplâncton, fitoplâncton, picoplâncton, bacterioplâncton e pigmentos fotossintéticos, em diferentes profundidades da coluna de

água. Nas estações de bentos e nécton foram coletados peixes e megabentos a cada 3 h, e macrofauna bêntica e amostras de sedimento a cada 6 h.

Série temporal de produção primária

Para observar a variação diária da produção primária, realizou-se estudo de série temporal de dados, em estação fixa. Dois locais foram escolhidos: o primeiro, na entrada da Enseada do Flamengo no verão e inverno de 1988 e, o outro, próximo da Ilha Vitória em profundidade de 50 m. O primeiro local foi amostrado no verão e inverno de 1989, e o segundo, nas mesmas épocas, em 1989. As observações foram realizadas diariamente durante um período de aproximadamente 30 dias (Fig. 3). A estação fixa foi ocupada empregando-se o B/Pq "Veliger II" e realizando as seguintes observações: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, nitrato, nitrito, amônia, fosfato e silicato pela manhã (06:00 h) e ao meio dia (12:00 h) nas profundidades de 0, 5, 10, 20 e 30 m. No mesmo período, foram realizadas amostragens de clorofila-a conforme o coeficiente de extinção de luz e executados experimentos de produção primária *in situ* nas profundidades equivalentes a 100, 50, 25, 10 e 1 % de luz em relação à superfície.

Como pode ser verificado, o Projeto Integrado foi estritamente oceanográfico e acadêmico e, certamente, servirá de paradigma para o estudo holístico de outros ecossistemas. Possui uma importância bastante grande pois gerou dados sistemáticos, no tempo e no espaço, que serão os principais fornecedores de subsídios para um futuro manejo da área, submetida à crescente atividade urbana, ou para a previsão de impactos ambientais antrópicos ou naturais.

Referências bibliográficas

- CASTRO FILHO, B. M. de; MIRANDA, L. B. de & MIYAO, S. Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 35(2):135-151.
- MATSUURA, Y. 1989. Synopsis on the reproductive biology and early life history of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* and related environmental conditions. In: IOC WORKSHOP ON SARDINE/ANCHOVY RECRUITMENT PROJECT (SARP) IN THE SOUTHWEST ATLANTIC, 2., Montevideo, 1989. Workshop Report. Intergovernmental Oceanographic Commission/Unesco, (65):1-8.
- PAULY, D. 1979. Theory and management of tropical multispecies stocks. ICLARM Stud. Revs, (1):1-35.

(Manuscrito recebido 6 julho 1992; revisto
4 maio 1993; aceito 7 junho 1993)