QC : 335644
EDUARDO

Dr. Eduardo B. Fagundes Netto
Pesquisador - CREA 02199/02

SOBENA

5th SEMINAR ON MARINE ENVIRONMENT PROTECTION

CONSTRUÇÃO, INSTALAÇÃO E MONITORAMENTO DE RECIFES ARTIFICIAIS

Estefen, S.F. , Costa, P.H. , da Costa, P.R. , Silva, M.P.
COPPE/UFRJ – Laboratório de Tecnologia Submarina
Rio de Janeiro, RJ – Brasil
segen@lts.coppe.ufrj.br

Bastos, L.
PETROBRAS / UN-BC - SMS
Macaé, RJ - Brasil
lulita@petrobras.com.br

Neto, E.F. , Gaelzer, L. R. , Coutinho, R.
IEAPM / Marinha do Brasil
Arraial do Cabo, RJ - Brasil
eduardo.bfn@ieapm.mar.mil.br

RESUMO

A implantação de Projeto Piloto de Recifes Artificiais consiste na ocupação do solo submarino pouco produtivo ou degradado, com estruturas que possam vir a se constituir como habitats de diferentes espécies de peixes e crustáceos. O processo compreende o levantamento de áreas da plataforma continental, visando identificar regiões propícias para a instalação de recifes artificiais. Essas estruturas artificiais podem ter seu desempenho, como habitat submarino, posteriormente comparado com recifes naturais encontrados nas proximidades. Assim, pode-se avaliar fatores referentes à produtividade e as relações ecológicas entre as localidades.

Os estudos de implantação incluíram questionários sócio-econômicos sobre a situação das famílias de pescadores e a condução de levantamentos das características ambientais dos espaços submarinos, que foram incorporados aos projetos de localização e instalação de habitats artificiais, desenhados para o aumento da bioprodução pesqueira de cada área.

Em duas décadas, a tecnologia de produção de hidrocarbonetos na Bacia de Campos destacou-se no cenário internacional por pioneirismo na exploração em águas profundas. Em contraste, as atividades pesqueiras desenvolvidas pelas Colônias de Pescadores seguem as tradições da pesca artesanal com seus procedimentos e métodos rudimentares. A utilização de recifes artificiais visa ampliar a bioprodução contribuindo assim para as atividades de pesca artesanal.

1. INTRODUÇÃO

Apesar do avanço no campo da pesquisa que se abriu para a Engenharia Oceânica, estimulado pela exploração e produção de petróleo, projetando o Brasil no cenário internacional, a área da bioprodução costeira, pesca e maricultura, ao contrário, permaneceu estagnada. A tecnologia disponível no país continua entre as mais atrasadas, com algumas exceções de qualidade e eficiência em aqüicultura estuarina e interior. A pesca oceânica com mais recursos e equipamentos, opera com embarcações e tripulações estrangeiras, e o controle dessas embarcações vem sendo discutido nos municípios adjacentes às áreas da plataforma continental, onde já operam barcos de outros estados. Operações irregulares de grandes embarcações dentro das três milhas, muitas vezes destruindo equipamentos de pesca, têm sido relatadas pelos pescadores da região.

O quadro que se apresenta é de um grande desafio. Após quase quatro décadas de comprovação de teses e estudos sobre a utilização de recursos oceânicos para aumentar a bioprodução, a presença brasileira no cenário científico internacional no setor ainda é pequena. A isso se soma a falta de regulamentação pelos órgãos nacionais da gestão de sistemas costeiros e oceânicos.

O componente sócio-econômico da pesquisa identificou uma relação direta entre a empresa PETROBRAS e o pagamento de *royalties* do petróleo, cobrando soluções junto às prefeituras locais para definição da sua finalidade e objetivo do uso deste recurso financeiro. Nesse contexto, os programas foram estabelecidos seguindo bases operacionais dos sistemas de SMS (Segurança, Meio Ambiente e Saúde) da UN-BC (Unidade de

Negócios da Bacia de Campos), com objetivo de transferir tecnologias avançadas para o setor pesqueiro, pesquisando sistemas de *habitats* artificiais em áreas pouco produtivas.

Projeto, construção e implantação dos Recifes Artificiais foram contratados ao Laboratório de Tecnologia Submarina da COPPE/UFRJ, com a participação do IEAPM / Marinha do Brasil, para configuração do cenário de bioprodução natural, induzida pela formação dos sistemas integrados de *habitats* artificiais. As discussões iniciais sobre a localização e condições de instalação das estruturas contou com a participação da representação do Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul do IBAMA em Itajaí (CEPSUL), que colaborou na definição do projeto piloto.

2. PROPOSTA DE MÚLTIPLO USO DO ESPAÇO OCEÂNICO

O desenvolvimento do projeto de recifes artificiais se deve à conjugação de esforços, decorrentes da formação de redes de conhecimento, direcionadas ao atendimento de demandas específicas, como a busca de petróleo em águas profundas e no campo da biologia marinha relacionada a incrustações nas estruturas de produção. Dessa forma, foi possível a integração de áreas científicas, gerando novo paradigma na ocupação da zona oceânica submersa. Entretanto, a aplicação desse conhecimento diferenciado e altamente especializado ficou restrita à prospecção, exploração e produção de óleo e gás.

Este considerável acervo tecnológico forma um amplo cenário, tipicamente interdisciplinar, congregando informações básicas necessárias à organização de outros conhecimentos, como os de oceanografia, logística e planejamento oceânico, que no caso da exploração de petróleo, foram direcionados à geração e viabilização de sistemas complexos, equacionando e integrando as diversas disciplinas da engenharia submarina.

A identificação, a caracterização e a organização integradas permitem a adequação do planejamento de múltiplo uso do espaço costeiro e oceânico, podendo o mesmo ser direcionado tanto para proteção quanto recuperação dos recursos naturais, em zonas estratégicas públicas ou privadas, como na geração dos sistemas de bioprodução extensivos e intensivos.

3. ALTERNATIVAS DA PESCA PREDATÓRIA DE ARRASTO E EFEITOS DE RISCO

Os impactos da pesca de arrasto nos mares tropicais têm provocado discussões em diferentes níveis, pelo menos desde o início do Século XX, necessitando de pesquisas adicionais. Os problemas da pesca tropical em mares interiores têm sido identificados como decorrentes da pesca de arrasto e apontados em diferentes épocas, nos mares do Hemisfério Norte e Sul, nas Américas, África e Ásia.

As pesquisas pesqueiras sobre as comunidades dos fundos de lama e cascalho, em mares tropicais, identificaram graves impactos sócio-econômicos no começo do Século XX no Atlântico Norte e Japão, e a partir de 1960 na Tailândia, Índia, Filipinas e Brasil. A avaliação dessas pesquisas indicou a necessidade premente de providências para preservação desses recursos, e sobrevivência da pesca artesanal mais seletiva, evitando-se impactos bioeconômicos e sociais negativos (PAULY, 1986).

A pesca de arrasto em águas rasas vem sendo banida dos mares costeiros e interiores de muitos países produtores como o Japão, com mais intensidade na década de 50 (OKA *et al.*, 1962). Medidas alternativas vêm sendo aplicadas desde a década de 30 (GOTO, 1935), quando a frota de barcos de arrasto do Mar Interior do Japão foi afundada para formar recifes artificiais, após anos de conflitos entre pescadores e o colapso da produção. Esse tema foi pesquisado nos Estados Unidos e incluído em extenso trabalho sobre a construção de fazendas marinhas (SHEEHY, 1982).

As relações entre as atividades econômicas em desnível operacional e tecnológico, como na Bacia de Campos, ocorrem sob diversos e complexos sistemas de trabalho. Muitas atividades, sem respaldo financeiro e jurídico, precisam ser mais bem equacionadas, visando o atendimento das suas demandas de produção e serviços. A desorganização das atividades tem conduzido à faixa costeira e oceânica a uma utilização desordenada, potencializando sérios riscos no trabalho desqualificado e conseqüências para o ambiente natural.

A produtividade natural está seriamente comprometida devido ao desnível tecnológico entre as atividades, sem programas específicos e recursos para gestão e manejo adequados à preservação dos estoques. As garantias de índices de recrutamento em níveis sustentáveis são precárias, afetando diretamente a produção da pesca artesanal e o conseqüente aumento das relações de risco nas operações da região da Bacia de Campos (HARGREAVES e PIMENTA, 1999). A situação desses estoques depreciados tem repercussão em todo setor artesanal, levando as pequenas embarcações a distanciarem-se cada vez mais da costa, em busca de novos pesqueiros perto das plataformas, sem os equipamentos adequados.

4. OBJETIVO GERAL

A Proposta da PETROBRAS neste contexto é de contribuir com tecnologias utilizadas na produção de petróleo no aproveitamento da biodinâmica dos oceanos, através de ações participativas com os pescadores e outros

usuários, visando a ocupação dos espaços costeiros e submarinos com projetos de bioprodução e múltiplo uso integrado.

Deste projeto, constam as informações necessárias à padronização do licenciamento de pesquisas, visando a instalação de fazenda experimental marinha de cultivo extensivo, projetada para incrementar a bioprodução oceânica, com a construção de estruturas que servem de *habitat* para espécies bentônicas, recifais, demersais e pelágicas. O objetivo dessa pesquisa é determinar a eficiência dessas estruturas na formação de pesqueiros, resultando em benefícios sócio-econômicos para a pesca artesanal.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificação da eficiência das estruturas de *habitats* artificiais construídos com estruturas reaproveitadas, quanto à estabilidade e ocorrência da bioprodução.
- Estudos de viabilidade e efeitos sócio-econômicos de construção e instalação dos recifes em escala comercial.
- Definição de protocolos de formação bentônica nas estruturas e efeitos na concentração de espécies com valor de mercado.
- Avaliação do comportamento de materiais nas estruturas de aço desativadas da produção de petróleo, acompanhando as recomendações da I.M.O. .
- Avaliação das estruturas no processo de formação de volume de biomassa, de agregação de novas espécies, desova e alevinos.
- Atendimento da principal preocupação dos pescadores artesanais de toda região de influência da Bacia de Campos, preservando áreas onde ocorre a concentração de alevinos e juvenis de várias espécies em crescimento.
- Recuperação de estoques e criação de áreas para métodos seletivos de captura, evitando a ação da pesca de arrasto.
- Proposição de sistemas de controle, estatística e probabilidade para avaliação e medição de estoques e produtividade nos sistemas da Bacia de Campos.

6. CONSTRUÇÃO DOS MÓDULOS

Os *habitats* submarinos artificiais de aço, construídos com estruturas reaproveitadas, são encontrados em todos os oceanos, principalmente na costa leste e oeste dos Estados Unidos e no Golfo do México, incluindo cascos de navios, vagões, barcaças e plataformas de petróleo. No caso deste projeto pioneiro no Brasil, os componentes básicos são tubos de aço de produção de petróleo reaproveitados e descontaminados, do tipo apresentado na Figura 1.

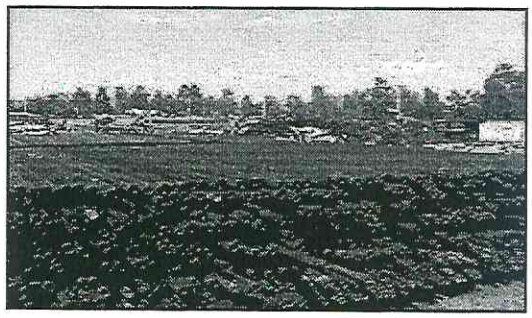

Figura 1: Tubos de Produção de 4 ½" e 3½" - principal insumo para a construção dos módulos de aço

Dois modelos de estruturas de aço foram construídos e instalados no projeto piloto de Rio das Ostras. O cúbico (Figura 2) e o piramidal (Figura 3), nos tamanhos 9 metros e 6 metros de lado respectivamente. A maior estrutura do sistema é o módulo "gaiolão" com cerca de 730 m^3 de volume.

Os cálculos estruturais da estabilidade e resistência das estruturas, frente aos eventuais impactos no embarque, transporte e instalação no solo submarino, foram desenvolvidos no LTS/COPPE/UFRJ. Uma vez no fundo, o trabalho das estruturas se dá em função da agregação de material bentônico e pela ação das correntes marinhas, o que também foi antecipado por simulações computacionais.

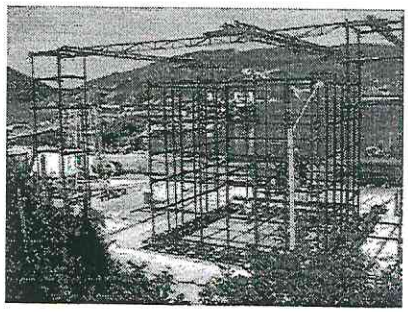

Figura 2: Módulo "Gaiolão" com dois patamares internos para instalação de telas

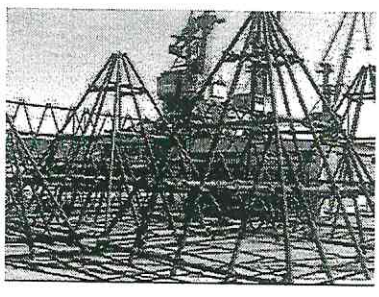

Figura 3: Módulo "Pirâmide" com dois patamares internos para instalação de telas

Os módulos de tamanho médio em relação ao sistema, com as mesmas formas, cúbicas e piramidais, também podem ser considerados como parte do grupo de estruturas de grande porte, devido às suas dimensões, com mais de 50 m^3 cúbicos de volume interno, segundo os criteriosos conceitos japoneses, os mais avançados do mundo neste campo de pesquisa.

Os volumes dos módulos cúbicos intermediários são de 216 m^3. As demais estruturas de aço, componentes do Grupo Central do sistema de recifes artificiais, são de menores proporções, com volumes variando de 15 a 25 m^3. Os materiais empregados foram selecionados no Parque de Tubos da PETROBRAS na cidade de Macaé, Estado do Rio de Janeiro.

Os 27 módulos de aço são constituídos de uma estrutura central de 7,6 m de altura, 4 cubos de 9 m de lado, 8 cubos de 6 m de lado, 5 pirâmides de 6 m de lado, 3 prismas de 6 m de lado, 2 contêineres e 4 pequenas estruturas. A instalação dos módulos de aço foi realizada em julho e agosto de 2003.

Para a conclusão do sistema de recifes artificiais de Rio das Ostras foram construídos 41 módulos de concreto. As fôrmas e gabarito de montagem dos módulos de concreto (Figura 4) foram projetadas no LTS e fabricadas por empresa no Rio de Janeiro, para montagem no Porto do Forno em Arraial do Cabo. A instalação dos módulos de concreto foi realizada em novembro de 2004.

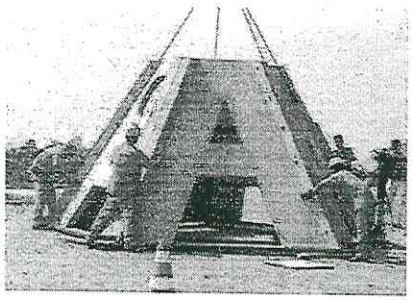

Figura 4: Módulo de concreto

7. PLANO DE AÇÕES SOCIOPARTICIPATIVAS

A metodologia utilizada no Projeto Piloto permitiu identificar as necessidades das comunidades de pescadores através de visitas às Colônias de Pescadores. A apresentação da concepção do projeto e de seus integrantes ocorreu nas sedes e capatazias das Colônias de Pescadores, contando sempre com a presença de representantes de PETROBRAS, LTS/COPPE/UFRJ e FEPERJ (Federação de Pescadores do Estado do Rio de Janeiro), apresentando suas exposições de motivos e propósitos. (BASTOS, 2004)

Os estudos de implantação dos recifes artificiais incluíram questionários socioeconômicos sobre a situação das famílias de pescadores e a condução de levantamentos das características ambientais dos espaços submarinos, que foram incorporados aos projetos de localização e instalação de *habitats* artificiais, desenhados para o aumento da bioprodução pesqueira de cada área.

Visando a implantação do Projeto Piloto de Recifes Artificiais, foi celebrado um convênio entre a PETROBRAS e A.N.I. Consultoria de Comunicação Social, referente ao Plano de Ações Socioparticipativas, desenvolvido ao longo dos 11 municípios localizados entre São Francisco de Itabapoana e Arraial do Cabo, objetivando estimular a apropriação do Projeto pelos seus beneficiários diretos, no caso os pescadores artesanais, bem como reorientar sua forma de atuação com vistas à conservação e a sustentabilidade dos recursos pesqueiros em âmbito regional.

As apresentações do Projeto de Recifes Artificiais às comunidades pesqueiras do litoral norte fluminense tiveram como objetivo transmitir o conhecimento intrínseco desse empreendimento e incentivar a multiplicação do mesmo pelos pescadores. Além disso, a proposta visa estimular a criação de um grupo de apoio comunitário, que acompanhará o processo de manutenção do Projeto de forma mais sistemática e próxima. (BASTOS, 2004)

Foram feitas várias apresentações públicas do Projeto Piloto de Recifes Artificiais, na Câmara Municipal de Rio das Ostras, contando com a presença do Prefeito e Secretários do município, Presidente e Vereadores da Câmara Municipal, UFRJ, FEPERJ, IBAMA/CEPSUL, IEAPM, ONG´s locais, Associação de Moradores, Colônias e Associações de Pescadores de vários municípios, com grande participação pública.

Pelo exposto acima, pode-se notar a presença dos pescadores em todas as fases do Projeto. A participação nas reuniões públicas foi intensa, dando credibilidade e validando a proposta. O Projeto foi executado por etapas, com base em critérios técnico-científicos e sócio-ambientais e os objetivos foram bem definidos e em consonância com a comunidade local.

8. INSTALAÇÃO

Todos os procedimentos de movimentação das estruturas no porto, carregamento e instalação no mar, foram acompanhados por equipes da PETROBRAS e da COPPE/UFRJ.

No período de 21 a 23 de julho de 2003, ocorreu a primeira etapa da instalação dos Recifes Artificiais no Município de Rio das Ostras. Nessa etapa foram instaladas dez estruturas de aço, sendo uma estrutura pentagonal com 7,6 m de altura, três estruturas cúbicas com 9 m de lado e seis estruturas também cúbicas com 6m de lado. As duas primeiras estruturas instaladas no mar são

mostradas na Figura 5, após a montagem no Porto do Forno.

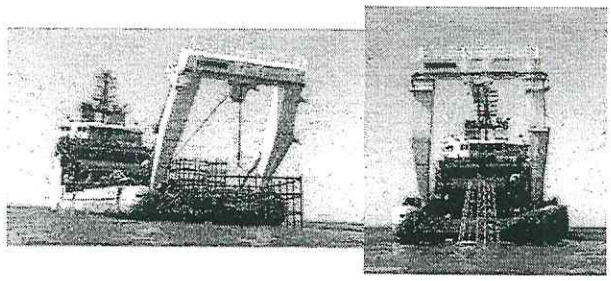

Figura 5: Instalação das estruturas de aço em Rio das Ostras

A segunda etapa de instalação das estruturas no mar ocorreu no período 19 a 21 de agosto de 2003. Nesta etapa foram instaladas mais dezessete estruturas de aço, sendo cinco estruturas tipo pirâmide de 6 m, três estruturas tipo prisma também de 6 m, quatro estruturas tipo mesa (três de 4 m e uma de 2,5 m de comprimento), Figura 6, 1 estrutura cúbica de 9m de lado e duas estruturas cúbicas de 5,5m de lado. Dois containeres foram também instalados experimentalmente, sem prévia avaliação estrutural.

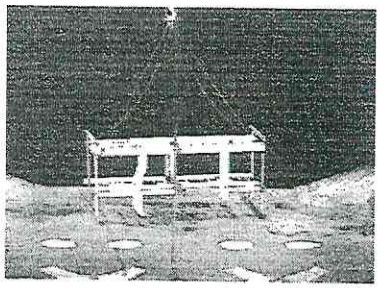

Figura 6: Mesa de aço de 4 m sendo içada para instalação noturna

A terceira e última etapa de instalação ocorreu entre os dias 29 e 31/10/2004. Foram instalados 41 módulos de concreto para finalizar a fase de instalação do Sistema de Recifes Artificiais de Rio das Ostras.

Uma equipe de mergulhadores sob supervisão do LTS, realizou uma campanha de pré-instalação para fixação de bóias de demarcação nos módulos principais de cada grupo de estruturas de aço, ou seja, foi identificada a torre central e os demais cubos de 9 metros, todos com bóias de sinalização, para a instalação dos módulos de concreto ao redor das estruturas de aço.

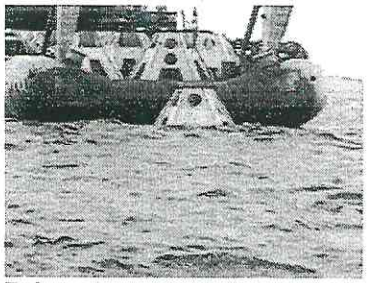

Figura 7: Instalação de módulo de concreto

9. MONITORAMENTO

Nos recifes artificiais, a principal função da inspeção é dimensionar as agregações e formas de vida sobre as superfícies de cada módulo, para verificar a sua eficiência na formação de biomassa, cujo volume influencia na concentração de cardumes de espécies comerciais.

As estruturas são instaladas para se integrarem à natureza, agregando o maior volume de biomassa possível durante as estações do ano, podendo se estender por décadas de função sócio-econômica, condicionando a inspeção das estruturas à capacidade de se manter estável em relação ao seu volume total, mesmo com eventuais problemas em parte da estrutura.

No caso do Sistema de Recifes Artificiais de Rio das Ostras, os módulos cumpriram suas funções de agregação bentônica, formando um considerável volume de biomassa, visto como uma espessa camada sobre a maior parte das estruturas monitoradas. As operações submarinas compreenderam três atividades: obtenção de imagens da cobertura bentônica das estruturas, instalação de cabos guias para facilitar a localização e locomoção entre os grupos de recifes e inspeção da estabilidade / integridade das estruturas e o assoreamento das bases.

Os processos e métodos empregados foram adaptados de procedimentos convencionais de pesquisa, inspeção e medição, procurando-se atender os níveis necessários de informações para avaliação da eficiência dos módulos, grupos e todo o sistema de recifes artificiais.

O plano de operações definido para os três objetivos, inclui a geração de imagens, tanto para a verificação das condições ambientais biológicas como da estabilidade e integridade das estruturas. A metodologia de inspeção das estruturas, para avaliação de impactos e efeitos na produção de biomassa, busca obter as informações necessárias para avaliação com os recursos e tecnologias disponíveis, dentro dos parâmetros definidos com o IBAMA para a autorização da instalação.

Na verificação da estabilidade das estruturas foi utilizado um instrumento de nível de bolha de ar em estrutura de alumínio, resistente à pressão, na profundidade das instalações. O nível foi verificado em pelo menos dois locais em cada estrutura. Também se verificou o assoreamento da base de cada estrutura.

As imagens têm como objetivo trazer à superfície a visão da situação da formação de vida sobre os componentes dos módulos e a área de influência do recife. Nesse projeto as imagens foram obtidas através de três câmeras de vídeo e uma de fotografia, que acompanharam as atividades dos mergulhadores em suas intervenções.

O método de inspeção considerou as três condições do trabalho de avaliação das estruturas pelas imagens, em seus diferentes cenários de influência de impacto provocado pelo sistema de recifes artificiais:

- O vídeo das instalações e acompanhamento das atividades buscou a obtenção de imagens de visão geral, que apresentasse a situação e dinâmica das operações / intervenções nas estruturas. O trabalho foi executado por cinegrafista submarino profissional.
- A segunda operação teve como objetivo a visualização das incrustações que formam a cobertura bentônica nos tubos, necessitando imagens bem próximas da estrutura, com possibilidades de identificação das formas de vida. As imagens foram obtidas por pesquisadores com experiência nessas operações visuais e capacidade de interpretar os principais aspectos da dinâmica ecológica e comportamento das espécies em micro-sistemas.
- A terceira câmera de vídeo teve como objetivo o acompanhamento de aspectos técnicos específicos, incluindo a do nivelamento das estruturas, a obtenção de imagens de peixes e espécies com capacidade de locomoção e formações mais significativas observadas nas estruturas.

As operações de levantamento visual e coleta foram conduzidas por pesquisadores submarinos especializados, com experiência em inventário de recifes naturais e conhecimento da dinâmica de povoamento em substrato de aço. Apesar da insipiência na pesquisa de recifes artificiais, outros estudos vêm sendo conduzidos sobre incrustações em cascos de navios, bóias de aço, plataformas e outras estruturas, permitindo comparações e avaliações de biomassa. Essas operações tiveram como objetivo determinar a ocupação bentônica em níveis de incrustação, segundo localização e profundidade, avaliando volumes e fauna nectônica associada a essas estruturas, Figura 8. Essas operações de levantamento e coleta eventual foram conduzidas em pelo menos uma estrutura de cada grupo de recifes, permitindo a obtenção de parâmetros preliminares de produtividade do grupo, em relação ao sistema de recifes.

A inspeção visual das estruturas foi conduzida com o auxílio de nível, Figura 9, para verificação da estabilidade do módulo em relação a possíveis ações de correntes, redes de pesca de arrasto e assoreamento. Observaram-se também detalhes de componentes e materiais, quanto ao estado de deterioração e alterações da forma original de montagem.

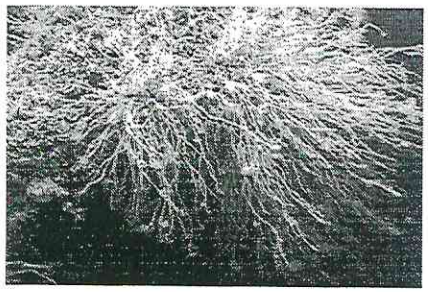

Figura 8: Inspeção visual

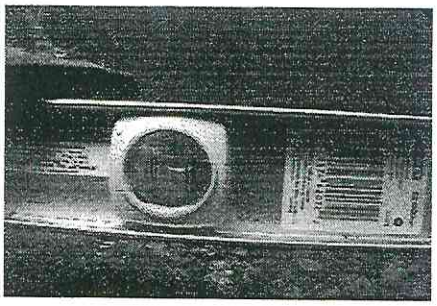

Figura 9: Verificação de estabilidade

10. MONITORAMENTO AMBIENTAL, BIOLÓGICO E PESQUEIRO.

O programa de amostragens para o monitoramento ambiental, biológico e pesqueiro, desenvolvido pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), foi elaborado com a finalidade de acompanhar e avaliar os possíveis impactos que a instalação das estruturas que compõem os sistemas submarinos de bioprodução poderão gerar sobre o meio ambiente e as comunidades biológicas marinhas instaladas na área de influência das estruturas.

Para realizar tal avaliação, foi realizada uma campanha de pré-monitoramento, antes da instalação das primeiras estruturas, e foi elaborado um cronograma de campanhas periódicas de monitoramento, através das quais foram realizados os ajustes nos padrões mínimos metodológicos e no desenho amostral para a obtenção de dados e amostras para as análises.

De maneira geral, as campanhas de monitoramento permitiram dar continuidade às coletas de dados abióticos e bióticos, nas três áreas propostas para os estudos (Área – A = Recife Artificial, Área – B = Controle 1 ou recife natural e Área - C = Controle 2) nos tempos 1 (T1), 2 (T2) , 3 (T3), 4 (T4) e 5 (T5) ou seja, aproximadamente de seis em seis meses, ao longo dos 22 meses após a instalação dos módulos de estruturas metálicas na região de Rio das Ostras, gerando dados para uma avaliação temporal da evolução do projeto-piloto.

As campanhas foram realizadas a bordo da embarcação "Aviso de Pesquisa Oceanográfico Diadorim", mantendo como referência a área definida para o assentamento dos grupos de estruturas artificiais denominada de área A, ou Recife Artificial e duas outras áreas (B e C)

chamadas de Controle 1 (Recife Natural ou Pedra Alta) e Controle 2 (fundo de areia e cascalho). As profundidades médias, para cada uma das áreas, foram de 25.8, 26.7 e 24.4 metros, respectivamente. O posicionamento central de cada uma das três áreas monitoradas é dada por: ÁREA – A = Recife Artificial (22°32,048'S & 041°50,922'W), ÁREA – B = Controle 1 (22°33,622'S & 041°51,931'W) e ÁREA – C = Controle 2 (22°29,046'S & 041°47,985'W).As informações sobre o posicionamento das oito estações ou pontos de amostragem de dados oceanográficos, hidrológicos e de plâncton e a localização dos pontos de lançamento de cada um dos sete apetrechos de pesca, em cada uma das três áreas nas cinco campanhas realizadas, bem como os resultados obtidos, foram descritos nos relatórios trimestrais e farão parte do banco de dados ambientais.

Correntometria

Para medição de correntes, utilizou-se um correntógrafo marca Aanderaa modelo RCM-7 montado em uma linha de fundeio (Fig. 10), ficando o equipamento a uma distância de 5 metros do fundo, nas três áreas consideradas. O conjunto foi fundeado diariamente, a partir da segunda campanha, sendo lançado antes de qualquer outra atividade e recolhido após o encerramento das demais coletas durante todo o período de realização da campanha.

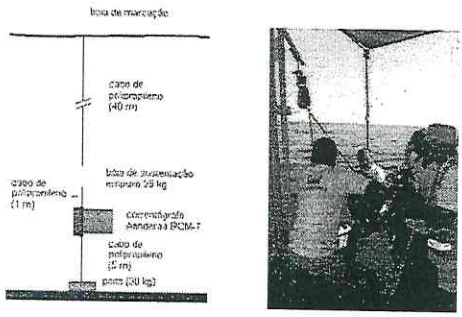

Figura 10: Esquema de fundeio e lançamento do correntógrafo.

Hidrologia e plâncton

Em todas as áreas foram medidos os seguintes parâmetros hidrológicos: temperatura, salinidade, nutrientes, oxigênio e pH. Antes da coleta das amostras, foi lançado um CTD (Conductivy, Temperature and Depth) SBE-19 SEACAT Profiler, a fim de se obter uma visão prévia da estrutura hidrológica de cada área. A esse CTD está acoplado o sensor LI-COR LI-193 SA que mede a Radiação Fotossinteticamente Ativa – PAR, permitindo a estimativa da camada eufótica. As massas de água foram identificadas de acordo com os intervalos termohalinos definidos por MIRANDA E KATSURAGAWA (1991) e AIDAR *et al.* (1993).

Os nutrientes analisados foram: Nitrato, Nitrito, Amônia e Orto-fosfato. As amostras foram colocadas em frascos de polipropileno opacos e mantidas em freezer até as análises em laboratório. As concentrações de nutrientes, expressas em $\mu mol.l^{-1}$, foram determinadas pelos métodos descritos por STRICKLAND E PARSONS (1972).

As amostras de oxigênio foram fixadas no momento da coleta. As concentrações de O_2 foram determinadas por titulação, utilizando-se o método de Winkler descrito por STRICKLAND E PARSONS.

Para medir as concentrações de clorofila-a e feofitina, as amostras foram filtradas em filtro Millipore de 0,45 µm, que foram dissolvidos em acetona a 90%. As amostras foram analisadas pelo método espectrofotométrico de RICHARD E THOMPSON (1952). As concentrações de clorofila-a foram calculadas pelas equações da SCOR – UNESCO (1966) e as de feofitina pelo método de LORENZEN (1967).

As amostras de zooplâncton foram obtidas a partir de arrastos verticais com rede cilindro-cônica com malha de 200 µm e 60 cm de abertura, acoplada com fluxômetro para medir o volume filtrado. Os resultados foram extrapolados para organismos/m^{-3} . As amostras de ictioplâncton, compostas por ovos e larvas de peixes, foram obtidas a partir de arrastos oblíquos, com rede bongô com malha de 330µm e 500µm com 60 cm de abertura, acoplada com fluxômetro para medir o volume filtrado (Fig.11). Os resultados foram extrapolados para org.$100m^{-3}$. A identificação dos exemplares foi baseada nos trabalhos de HEMPEL (1973), SMITH E RICHARDSON (1977) e BOLTOVSKOY (1981).

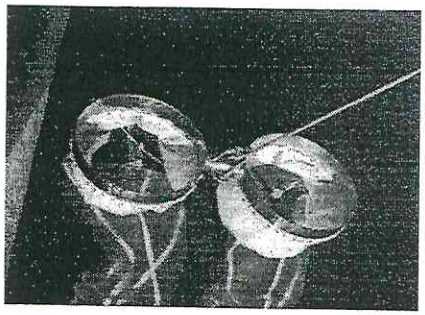

Figura 11: Rede para coleta de Ictioplâncton (Bongô).

Sedimento, macrofauna e meiofauna

As amostras de sedimento foram coletadas com pegador tipo Van-Veen, de $0,1m^2$, em oito pontos em cada uma das três áreas para determinação da granulometria, sendo utilizado o método de Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento e classificação segundo o diagrama triangular de SHEPARD (1954) e de FOLK E WARD (1957).

Para as análises de matéria orgânica no sedimento, as amostras foram secas em estufa a 110 °C por 24 horas, sendo pulverizadas em gral

de ágata e passadas em peneira de 0,2 mm. Ao final de todo o procedimento analítico, o percentual de matéria orgânica foi determinado multiplicando o valor de carbono orgânico pelo fator 1,7 (FAO, 1975).

As amostras de sedimento para análise da macrofauna foram lavadas a bordo, com água do mar em peneiras de 1,5 ; 1,0 e 0,5 mm de malha. O material retido nas peneiras foi imediatamente fixado em formol a 10%, etiquetado e acondicionado em sacos plásticos para posterior transferência ao laboratório de Bentos do IEAPM. No laboratório, com auxílio de um microscópio binocular estereoscópico Wild M5, a macrofauna foi separada por grandes grupos taxonômicos para serem identificados até o nível específico, quando possível. A densidade foi expressa em número de indivíduos por m^2. Os valores de biomassa foram expressos mediante o peso úmido em gramas por metro quadrado ($g.m^{-2}$). Todas as pesagens foram efetuadas com auxílio de uma balança digital com 0,0001 g de precisão, marca AND Electronic Balance, modelo fx-40.

Para as análises da meiofauna, as amostras foram coletadas com um tubo de PVC com 10 cm de comprimento perfazendo uma área amostral de 10 cm^2. Após a coleta, as amostras foram fixadas com formol neutro a 10% e acondicionadas em frascos plásticos. A meiofauna foi separada através de peneiramento úmido, em malhas com intervalos de 0,045 a 0,5 mm. Após a extração por elutriação (PFANKUCHE E THIEL, 1988), os organismos foram contados em Cuba de *Dollfus* com auxílio de microscópio estereoscópico.

Operações pesqueiras

A avaliação da ictiofauna local, em cada uma das campanhas de monitoramento, foi realizada a partir de três operações pesqueiras, uma em cada área de coleta, sempre no dia seguinte à realização das coletas de dados oceanográficos, hidrológicos e de plâncton. Durante as pescarias, foram realizados dois lançamentos de CTD; um no início e outro no final das operações, para a avaliação de possíveis variações nas condições oceanográficas, principalmente temperatura e salinidade durante as operações.

As capturas foram realizadas empregando-se diferentes artes de pesca simultaneamente. Entretanto, o tempo de imersão para cada um dos apetrechos utilizados foi variável. Cada operação de pesca foi composta pelo lançamento de uma rede de espera, um espinhel de meia água, uma linha madre com quatro armadilhas retangulares, uma linha madre com seis armadilhas circulares, dois espinhéis verticais ou boinhas e uma rede de arrasto de fundo. No laboratório, os peixes, crustáceos, moluscos e equinodermas capturados foram identificados, medidos e pesados individualmente.

Análises estatísticas

Para a comparação dos dados abióticos e bióticos entre as áreas foi utilizada a média das réplicas, que quando necessário, sofreram transformação logarítmica para atender aos requisitos para a análise de variância. Testou-se tanto a homogeneidade da variância (teste de Barlett), como a normalidade (Kolmogorov-Smirnov). A posteriori foi utilizado o teste de Tukey (HSD) para fazer a comparação múltipla de médias. Quando qualquer pressuposto da ANOVA não era esperado, utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (SOKAL AND ROHLF, 1995). O test "t" de Student foi utilizado quando havia apenas duas médias para comparação (ZAR, 1999).

Para estudar a variação temporal dentro das áreas de estudo para os dados de peixe, utilizou-se a técnica exploratória de ordenação, conhecida como "Non-metric Dimensional Scaling" (MDS), e análise de cluster aglomerativa hierárquica. Para essas análises, foi montada uma matriz contendo todas as espécies de peixes que ocorreram em número igual ou superior a dez indivíduos em uma das fases do estudo e foram consideradas as três áreas de coletas das quatro campanhas até então.

Os cálculos das percentagens de similaridade, intergrupos e entre-grupos foram feitos com o programa SIMPER. O método consiste na identificação das espécies que mais contribuíram para a formação de cada grupo e na medição da contribuição média à similaridade ou dissimilaridade de cada grupo. Desta maneira, se uma espécie apresenta uma alta contribuição dentro de um grupo de amostras e baixa nos outros grupos, esta pode ser considerada como uma boa espécie discriminadora (MUNIZ, 2003).

Resultados da Avaliação temporal

A avaliação temporal abrange o período entre a campanha de pré-monitoramento ou MOREA I (julho/03) e a terceira campanha de monitoramento MOREA IV (outubro/04) correspondendo aos primeiros de 15 meses de estudos.

Quanto aos parâmetros relacionados às medidas de correntometria, podemos observar que não houve diferenças significativas entre os resultados obtidos, o que pode ser explicado pelo fato das duas campanhas analisadas terem sido realizadas nas estações sazonais de transição, que apresentam características semelhantes.

Com relação à hidrologia e ao plâncton, as análises estatísticas identificaram algumas variações significativas em relação a 10 dos 22 parâmetros hidrológicos analisados, em pelo menos uma das áreas amostradas, durante todo o período de estudos. Quanto ao ictioplâncton coletado com rede de 300um, ressaltamos valores mais elevados durante a MOREA I em relação a MOREA IV e o zooplâncton apresentou diferenças significativas para a área A. Tais variações sugerem a influência de diferentes massas d'água na região.

Tanto a macrofauna quanto a meiofauna, ainda não apresentaram variações quanto ao

número total de organismos coletados, que possam ser atribuídas à presença das estruturas.

Para a ictiofauna, a similaridade faunística entre os diferentes períodos foi analisada pelos métodos de Cluster e MDS não métrico. O dendrograma resultante separou, inicialmente, as quatro campanhas em dois grandes grupos e as quatro campanhas comportaram-se como um único agrupamento, revelando a grande homogeneidade entre as mesmas nos grupos. Tais resultados sugerem que devido à proximidade entre as áreas, a influência das estruturas nas comunidades de peixes da região ainda não pode ser evidenciada.

Considerações gerais

As comparações entre os resultados da campanha de pré-monitoramento (julho/2003) e a MOREA IV (outubro/2004) consideradas nesse trabalho, demonstraram variações hidrológicas relacionadas a sazonalidade e conseqüente mudança nas massas d'água. As menores temperaturas foram registradas na primavera, sendo caracterizadas pela presença de uma mistura de Água Costeira (AC) e Água Tropical (AT), com valores próximos a 20ºC.

O número total de organismos do zooplâncton e do ictioplâncton, apesar de poder ser correlacionado com alguns dos parâmetros abióticos pode sofrer influência pela interação de outros fatores que finalmente vão caracterizar a distribuição e a abundância dos mesmos na coluna d'água.

A meiofauna e a macrofauna são grupos de organismos que, ao contrário do plâncton, são bons indicadores da adição de estruturas artificiais sobre fundos não consolidados. Isso poderá acontecer por adição de matéria orgânica proveniente da bioincrustação e pélagos associados, bem como de exportação direta de organismos associados à biomassa incrustante. Apesar da possível influência das estruturas no desenvolvimento das comunidades, tal fato ainda não foi comprovado estatisticamente.

Operações pesqueiras

A contribuição do número total de espécies coletadas, de acordo com o filo, a partir das cinco operações pesqueiras realizadas, está representada na figura 12.

A partir dos resultados obtidos, foram elaboradas duas listas apresentando as famílias, as espécies (nome científico), as siglas adotadas na sua identificação, as ocorrências por área, em cada uma das cinco campanhas, além dos nomes vulgares, para todos os peixes e todos os invertebrados coletados.

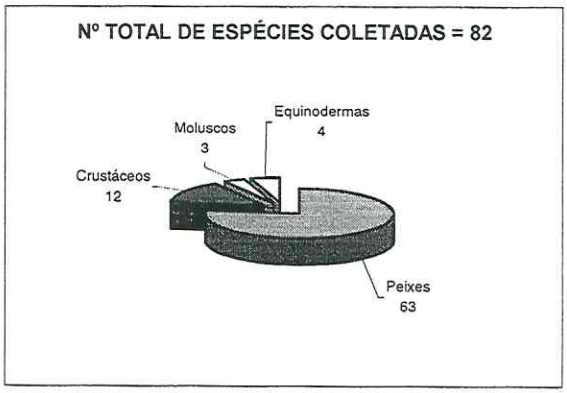

Figura 12: Distribuição do número total de espécies capturadas a partir das operações pesqueiras.

Após a avaliação dos resultados obtidos nas cinco campanhas, podemos afirmar que a ictiofauna da região estudada é constituída por no mínimo 31 famílias, sendo duas de cações, três de raias e vinte e seis de peixes ósseos, representando 52 gêneros e 63 espécies. Até o momento, o maior número de espécies ocorreu na campanha de pré-monitoramento (n=37). Entretanto, após uma redução inicial na MOREA II, o número de espécies de peixes vem aumentando com o decorrer do tempo.

Além dos peixes, 19 espécies de macro-invertebrados marinhos foram capturadas até o momento, sendo 12 de crustáceos, 3 de moluscos e 4 de equinodermas .

A variação temporal observada na ocorrência dos organismos, durante o período de estudos pode estar relacionada a uma sazonalidade das espécies, o que, na prática já é observado por pescadores da região.

Considerando-se o número total de peixes capturados, por área, ao longo das cinco campanhas realizadas, podemos observar uma tendência para um aumento das capturas na área A, a partir da instalação das estruturas artificiais acentuando-se que os valores mais elevados obtidos durante a campanha MOREA IV foram devidos principalmente ao recrutamento e a concentração de jovens de *Porichthys porosissimus* (vaga-lume, lamparina ou mamangá-liso) e de *Stephanolepis hispidus* (peixe-porco ou porquinho) no entorno das estruturas.

A Figura 13 correlaciona às áreas monitoradas com o número de capturas nas cinco campanhas.

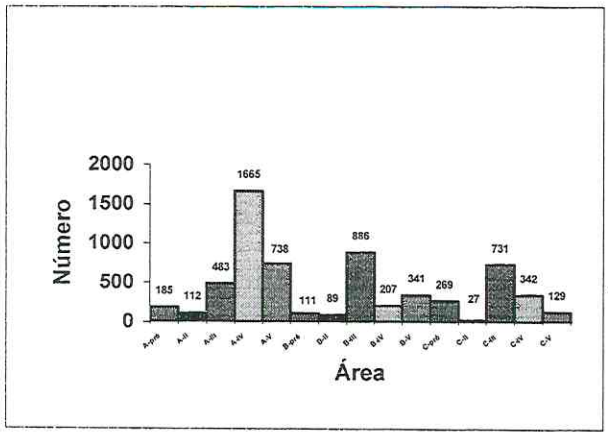

Figura 13: Distribuição do número total de peixes capturados por área, nas cinco campanhas realizadas.

O aumento em número de indivíduos, nem sempre refletiu no aumento em peso nas capturas, especialmente quando se trata da captura de indivíduos ainda jovens e pré-adultos de pequeno porte, em fase de recrutamento. Essa situação vem sendo observada durante as amostragens, principalmente nas capturas realizadas com redes de arrasto de fundo. A Figura 14 ilustra a relação entre as áreas monitoradas e o peso das capturas nas cinco campanhas.

Durante a campanha MOREA V, jovens de *Stephanolepis hispidus* (peixe-porco ou porquinho) foram os responsáveis pelo aumento em número de exemplares nas áreas A e B refletindo ainda na biomassa na área A, onde estão assentadas as estruturas. Essa informação corrobora com idéia da utilização das estruturas como abrigo pelos peixes de pequeno porte.

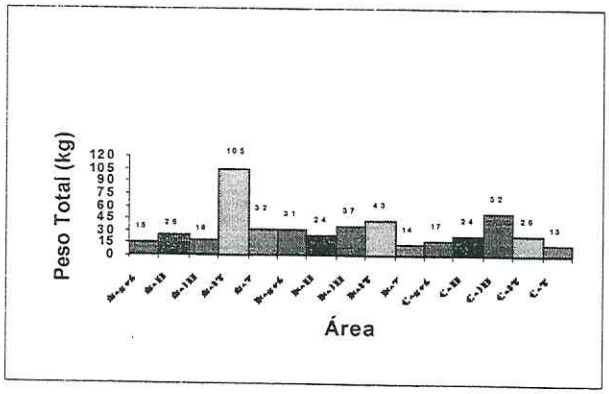

Figura 14: Distribuição do peso total de peixes capturados por área, nas cinco campanhas realizadas.

Considerando os peixes com valor comercial, as quatro espécies que mais contribuíram nas capturas foram *Trichiurus lepturus* (espada), *Porichthys porosissimus* (mamangá-liso), que em algumas regiões vem sendo comercializado como peixe-sapo, *Paralonchurus brasiliensis* (Maria-luisa) e *Lagocephalus laevigatus* (baiacu-arara) que juntos somaram 62% do peso total capturado nas cinco campanhas.

Os resultados obtidos a partir do monitoramento pesqueiro realizado nas três áreas de abrangência do projeto corroboram com as observações dos pescadores locais, destacando a ocorrência e a contribuição de elasmobrânquios (raias e cações) e de diferentes espécies de sciaenídeos (corvinas, pescadas e afins) nas campanhas de pesca realizadas.

De maneira geral, ao compararmos os resultados da composição de espécies obtidas até o momento, com as citações nos trabalhos de PAIVA (1997), DI BENEDITO (2000) e BIZERRIL E COSTA (2001), verificamos a sua contribuição ao longo do monitoramento pesqueiro, sob os aspectos ecológicos e pesqueiros. Nessas publicações, diferentes espécies de peixes da família Sciaenidae, que representaram mais de 20% das espécies capturadas até o momento, são citadas como importantes recursos pesqueiros para a região.

10. ACOMPANHAMENTO DO DESEMBARQUE DA PRODUÇÃO PESQUEIRA

Desde o período de pré-monitoramento está sendo desenvolvido, junto à Colônia de pescadores Z-22 de Rio das Ostras, um trabalho de levantamento estatístico da produção pesqueira da região, com o apoio da FEPERJ.

Este trabalho, realizado por pescadores da região de instalação dos recifes artificiais, está sendo acompanhado por técnicos do LTS/COPPE/UFRJ. São utilizadas planilhas específicas para este levantamento nos locais de desembarque, em peixarias e restaurantes locais, para se verificar a quantidade, o tipo de pescado e a área de captura.

Este levantamento será utilizado como um dos indicadores mais importantes na avaliação da produção pesqueira dos Recifes Artificiais de Rio das Ostras ao longo do tempo e, também, passa a ser instrumento de grande valia para os pescadores locais, uma vez que se trata do primeiro levantamento estatístico pesqueiro realizado por uma colônia de pescadores do estado.

A produção pesqueira desembarcada nas praias de Rio das Ostras nos meses de setembro de 2003 até abril de 2005, foi de 336,4 toneladas. Observa-se na Figura 15, a diminuição na captura nos últimos três meses, principalmente em março, com a menor captura desde o começo da coleta de dados.

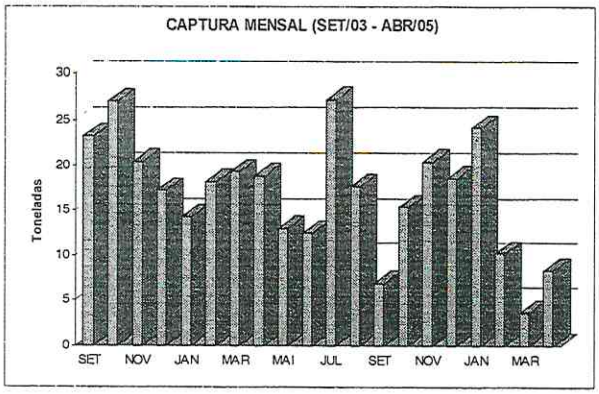

Figura 15: Peso da captura mensal de setembro de 2003 a abril de 2005

Na Figura 16, sobre o esforço de pesca, verifica-se que o número de viagens por mês variou muito desde o início do acompanhamento da pesca em Rio das Ostras, sendo observada diminuição do número de viagens nos meses de fevereiro e março, coincidindo com a diminuição na captura, conforme indica a Figura 15.

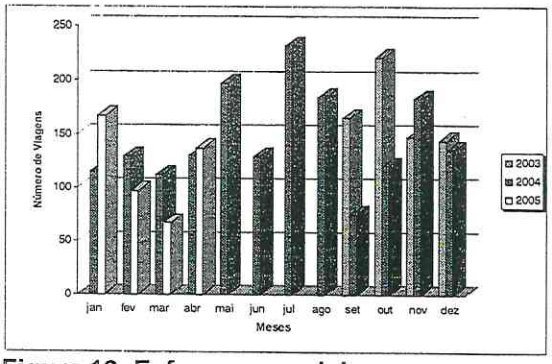

Figura 16: Esforço mensal de pesca nos anos de 2003 a 2005

Após o aumento na pesca de quase 10 toneladas em janeiro de 2005, comparado com janeiro de 2004, Figura 17, seguiu-se uma queda acentuada nos meses de fevereiro a abril, quando comparados ao mesmo período no ano anterior.

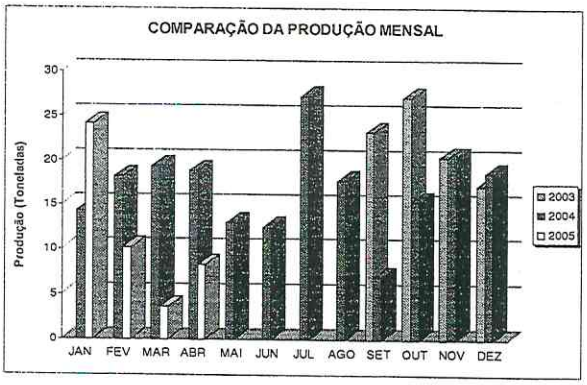

Figura 17: Comparação da produção mensal, em toneladas, de setembro de 2003 a abril de 2005

A diminuição na produção observada nos meses de fevereiro a abril de 2005, comparada com o mesmo período em 2004, atingiu a 43% em fevereiro, 81% em março e 55% em abril, Figura 17. Nota-se que no esforço de pesca, Figura 16, também ocorreu uma grande diminuição neste período.

12. CONCLUSÃO

O presente trabalho trata dos procedimentos de projeto, construção e instalação do Projeto Piloto de Recifes Artificiais de Rio das Ostras. Esta iniciativa da PETROBRAS em parceria com a COPPE/UFRJ contou com parceiros importantes e fundamentais para o sucesso do empreendimento, tais como o IEAPM / Marinha do Brasil, IBAMA/CEPSUL e a Federação dos Pescadores do Estado do Rio de Janeiro (FEPERJ). O trabalho desenvolvido foi realizado com ampla participação da Colônia de Pescadores Z-22 de Rio das Ostras, desde a fase de levantamento preliminar dos dados sócio-econômicos, tendo continuidade na realização do levantamento pesqueiro mensal.

O monitoramento dos recifes artificiais quanto a incrustações e estabilidade/integridade estrutural é fundamental para a obtenção de dados que venham a contribuir para o aprimoramento do projeto proposto e futuras recomendações para recifes artificiais de aço e concreto. Com base na experiência dos Recifes Artificiais de Rio das Ostras, aspectos da regulamentação para instalação e monitoração de recifes artificiais na costa brasileira serão tratados com maior segurança, podendo conduzir a uma regulamentação inovadora e substancial retorno econômico e social para as colônias de pescadores artesanais.

Embora não relatados em detalhe neste trabalho, os resultados após dois anos de instalação têm se mostrado promissores, o que deve servir como incentivo para o aprofundamento das pesquisas sobre o manejo dos recifes artificiais, tornando-os sustentáveis e benéficos ao meio ambiente da região.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, E., GAETA, S.A., GIANESELLA-GALVÃO, S.M.F., KUTNER, M.B.B. e TEIXEIRA, C. (1993). Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba (SP). Publção esp. Inst. oceanogr., S paulo, (10), pp. 9-43
- BASTOS, L.F. (2004) Tecnologia de produção de petróleo em águas profundas induzindo a bioprodução marinha: uma experiência sustentável da Bacia de

Campos. Seminário de Segurança, Meio Ambiente e Saúde, Macaé.

- BIZERRIL, C. R. S. F. e COSTA, P.A.S. (2001). Peixes marinhos do estado do Rio de Janeiro. FEMAR.

- BOLTOVSKOY, D. C (ED) (1981). Atlas del Zooplancton del Atlantico Sudoccidental y Metodos de Trabajo con el Zooplancton Marino. INIDEP, Mar del Plata

- DI BENEDITO, A. P. M., (2000) – Ecologia alimentar de Pontoporia blainvillei e Sotalia fluviatillis (Cetacea) na costa norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil (Tomo I e II). Tese de doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.

- FAO (1975). Manual of methods in aquatic environmental research. Part 1. Methods for detection, measurement and monitoring of water pollution. FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER. n° 137.

- FOLK, R. L. and WARD, W. C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J. Sedim. Petrology, 27 (1), pp. 3-27.

- GOTO (1935) – On shallow water reefs bands Huga Fisheries Miscellany Stories – 3 , *Fishery Study Magazine* No. 30, Part 1, Japão, pp. 44-173

- HARGREAVES, P. e PIMENTA E.; (1999) – *Relatório de Avaliação Técnica da Viabilidade de Zoneamento Costeiro e Oceânico para Bioprodução e Atividades Complementares*. Escr. Regional do Cabo Frio, Prot.001074/99-53 SE/RJ/ IBAMA/ MMA, em 20/09/99.

- HEMPEL, G. (ED) (1973). Fish and Larval Surveys (Contribuition to a Manual). Fao. Fish. Techn. Pap., 122, pp. 1-82.

- LORENZEN, C. I. (1967). Determination of chlorophyll and phaopigments: spectrophotometric equations. Limminol. Oceanogr., 12, pp. 343-346.

- MIRANDA, L.B. and KATSURAGAWA, M. (1991). Estrutura térmica na região sudeste do Brasil (outubro-novembro de 1988). Publ Esp. Inst. Oceanogr., S Paulo, 8, pp. 1-14.

- MUNIZ, P., (2003) – *Comunidades macrobênticas como indicadoras da qualidade ambiental de ecossistemas costeiros rasos – Estudo de caso: Enseada de Ubatuba (SP, Brasil)*. Tese de doutorado, Universidade de São Paul.

- OKA, N., WATANABE, H. and HASEGAWA, A.; (1962) – The Economic Effects of the Regulation of the Trawl Fisheries of Japan, In: Economic Effects of Fishery Regulation, FAO *Fisheries Report No. 5*, FAO/UN-Rome, pp. 173-208

- PAIVA, M. P. (1997). Recursos Pesqueiros Estuarinos e Marinhos do Brasil, Universidade Federal do Ceará.

- PAULY, D. (1986) – Problems of tropical Inshore Fisheries: Fishery Research on Tropical Soft-Bottom Communities and the Evolution of Its Conceptual Base *Ocean Yearbook 7 – Coastal Management*. The University of Chicago, pp 29- 37.

- PFANKUCHE, O. and THIEL, H. (1988). Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., Sample Processing, pp 134-145.

- RICHARD T. A. and THOMPSON T. G. (1952). The estimation and characterization of the estimation of plankton pigments. Journal of Marine Research, 11, pp. 156 - 172.

- SCOR-UNESCO (1966). Determination of phytosynthetic pigments in sea-water. Monogr. Oceanogr. Method. 1, UNESCO Publ. Center, New York.

- SHEEHY, D.J. (1982) – *Japanese Artificial Reef Technology* -Translations of Selected Japanese Literature and an Evaluation of Potential Applications in the United States. Aquabio Inc. Technical Report 604, Florida, USA.

- SHEPARD, F. P. (1954). Nomenclature based on sand-silty-clay ratios. J. sedim. Petrology. 24 (3), pp. 151-158.

- SMITH, P. E. and RICHARDSON, S. L. (1977). Standard techniques for pelagic fish, egg and larva surveys. Fao. Fish. Techn. Pap. 175, pp. 1-100.

- SOKAL, R.R. and ROHLF, F.J. (1995). Biometry. [S.1}: W.H. Freeman and Company.

- STRIKLAND J. D. and PARSONS T. R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Can., 167 (2nd ed.), pp. 1 - 310.

- ZAR, J.H. (1999). Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey.