

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

Efeitos do Descarte de Cascalho de Perfuração Revestido com Fluido Não Aquoso (NAF) sobre as Comunidades Macrobênticas de Águas Profundas da Bacia de Campos-Brasil

Maria Fernanda Lopes dos Santos¹, Jandyra M.G. Fachel², Fernando H. Pulgati³

¹ UFSC/NEMAR, mflsantos@yahoo.com.br

² UFRGS/NAE, fachel@ufrgs.br

³ UFRJ/COPPE/Lab2m, fernando.pulgati@lab2m.coppe.ufrj.br

Resumo – Este trabalho descreve os efeitos do descarte de cascalhos da atividade de perfuração exploratória revestidos com fluidos não-aquosos (NAF) sobre a estrutura das comunidades macrobênticas do oceano profundo da Bacia de Campos, localizado a sudeste do Brasil, Estado do Rio de Janeiro. Foram amostradas 54 estações de coleta localizadas entre as distâncias de 50, 100, 150, 300, 500 e 2500m do ponto de perfuração. Amostras de sedimento foram obtidas com o amostrador Box-corer (0,25m²) numa profundidade de 902m, em três etapas: antes da perfuração (abril/2001), após a perfuração (julho/2001) e um ano após a perfuração (julho/2002). Os resultados sugerem que o descarte de cascalho revestido com fluido não aquoso (NAF) leva a efeitos mensuráveis sobre a estrutura das comunidades macrobênticas, os quais foram primariamente relacionados a mudanças físicas do substrato causadas pela presença de cascalho. Tais efeitos foram mais evidentes em pontos isolados das áreas WBF e WBF+NAF, e são caracterizados como impactos localizados. Um ano após a perfuração, um processo de colonização foi observado, com provável recuperação da comunidade na maior parte da área de estudo; somente nas estações 05, 24 e 36 a comunidade continuava em processo de recuperação.

Palavras-Chave: Macrobentos; Atividade de perfuração exploratória; Fluidos não-aquosos; Brasil.

Abstract – This paper described the effects of a non-aqueous fluids (NAF) cuttings discharge from the exploratory drilling activities on deep-sea macrobenthic communities of Campos Basin, located at the southeastern Brazil, Rio de Janeiro State. Three sampling cruises were carried out at 54 stations located within a 50, 100, 150, 300, 500 and 2.500 m radius from the well. The sediment samples were undertaken with a 0.25 m² box corer at a depth of 902m on the three cruises: before drilling (April 2001), after drilling (July 2001), and one year after drilling (July 2002). The results suggest that the non-aqueous fluids (NAF) cuttings discharge led to measurable effects on the deep-sea macrobenthic communities structure, and that the effects of drilling were primarily related to physical changes in the substrate caused by the presence of cuttings. Such effects were much more evident at isolated sites in the WBF and WBF+NAF areas, and are characterized as localized impacts. One year after drilling, a colonization process was observed, with the probable recovery of the community in most of the study area; only at stations 05, 24 and 36, was the community still undergoing the recovery process.

Keywords: Macrobenthos; Exploratory drilling activities; Non-aqueous fluids; Brazil.

1. Introdução

Nas operações de perfuração, conduzidas como parte do processo de extração de óleo e gás, destaca-se a fase exploratória, que envolve a perfuração de poços para se determinar a presença de hidrocarbonetos. As atividades de exploração são normalmente de curta duração, envolvendo um número relativamente pequeno de poços. Como resultado da atividade exploratória há o descarte de cascalho revestidos com fluido de perfuração. Entre os fluidos existentes encontram-se os fluidos de base aquosa (WBF) e de base não aquosa (NAF). Durante os últimos vinte anos, estudos têm sido realizados para avaliar o destino e os efeitos de descarga de cascalho e fluido de perfuração em ambiente marinho. Os elementos desses estudos incluem caracterização da composição e volume dos efluentes, avaliação do potencial dos efeitos de descarga e monitoramento de campo. A principal questão ambiental associada à descarga de cascalhos revestidos de fluido não aquoso (NAF) é o impacto final sobre o ecossistema bêntico marinho. Assim, o destino, a persistência e a biodegradabilidade dos hidrocarbonetos nos cascalhos constituem motivos de preocupação. O grau de distúrbio que afeta os organismos bênticos dependerá de vários fatores, entre eles: as características físicas e químicas das deposições de cascalhos revestidos de NAF, das condições oceanográficas locais, da quantidade de cascalhos descarregados, do tipo de fluido usado, e da concentração de NAF nos cascalhos (Mairs, 2000). O descarte de cascalhos revestido de fluidos não-aquoso é, portanto, um fator de nítida relevância para o sistema bêntico em geral, e para os invertebrados associados ao fundo marinho em particular. O uso de organismos macrobênticos como indicadores de alteração ambiental ou para o monitoramento de áreas com potencial risco de poluição, apresenta vantagens em relação aos demais componentes da fauna marinha. A importância desses como indicadores de mudanças no ambiente está em sua pouca mobilidade, que os torna menos capazes de evitar condições adversas, e a estreita relação de dependência dos organismos bênticos com o sedimento, local onde os contaminantes tendem a se acumular (Neff, *et al.*, 1989; Warwick, 1993).

Este estudo é parte integrante do projeto "Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima (MAPEM)", o qual foi conduzido entre 2001 e 2003 na Bacia de Campos, em local de águas profundas (902m) submetido aos efeitos do descarte de cascalhos de perfuração impregnados com fluido sintético não aquoso (NAF). O modelo integrado final, com base estatística, inclui dados e interpretações geológicas, químicas e biológicas, bem como os resultados da modelagem do descarte de cascalhos e fluido de perfuração. Este estudo, em particular, teve como objetivo analisar os efeitos do descarte de cascalho de perfuração revestidos com fluido não-aquoso (NAF) sobre os descritores biológicos da estrutura das comunidades macrobênticas, em atividade de perfuração exploratória. Dados sobre a fauna macrobêntica em áreas profundas são escassos de modo geral. No Brasil, em particular, estes dados são literalmente inexistentes, acentuando a importância deste estudo como referência para novos trabalhos de monitoramento em ambientes associados à perfuração de petróleo, e como subsídio para o desenvolvimento de regulamentações sobre o descarte de cascalho de perfuração no ambiente marinho.

2. Material e Métodos

O estudo foi realizado na porção norte da Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, ao redor de um poço de perfuração exploratória denominado de Poço Eagle, localizado a 902 metros de profundidade. As amostragens foram feitas em três etapas: antes da perfuração (primeiro cruzeiro - abril/2001), após a perfuração (segundo cruzeiro - julho/2001) e um ano após a perfuração (terceiro cruzeiro - julho/2002). Foram amostradas 54 estações de coleta localizadas entre as distâncias de 50, 100, 150, 300, 500 e 2500m do ponto de perfuração. Para análise da fauna, em cada estação de coleta, amostras de sedimento foram obtidas com o emprego do amostrador Box-corer (0,25m²), onde foi delimitada uma área de 0,1m² para retirada de sedimento. A bordo, as amostras de sedimento foram lavadas em peneiras de malhagem de 2,0, 1,0 e 0,5mm e fixadas em formol 10%. No laboratório, as amostras foram triadas para retirada dos organismos macrobênticos, os quais foram identificados em nível de família e contados. Para este estudo foram avaliados a densidade (nº ind/0,1m²), número de taxa (famílias), e os grupos funcionais de alimentação. Para os grupos funcionais, as famílias foram classificadas em grupos de acordo com a mobilidade e o hábito alimentar. Foram definidos cinco grupos funcionais: vágéis carnívoros, vágéis detritívoros, sedentários carnívoros, sedentários detritívoros e sedentários filtradores.

O possível impacto do lançamento de cascalho de perfuração revestido com fluido não aquosos (NAF) sobre as comunidades macrobênticas foi avaliado através de técnicas geoestatísticas com o objetivo de descrever espacialmente os efeitos testados a partir do delineamento BACI (Befor-After, Control-Impact), que permite a observação das variáveis, controlando as componentes espacial e temporal.

A estratégia de análise teve como objetivo avaliar os impactos sobre as comunidades bênticas na área definida pelas estações de coleta que apresentavam registros da atividade de perfuração, para tanto classificou as estações distantes no máximo a 500 metros do centro do poço em três áreas distintas. A primeira área formada por treze estações de coleta, foi definida como "WBF" e caracterizada pela presença de Bário e/ou cascalho de perfuração, sendo decorrente da fase de perfuração somente com fluido base-água (WBF). A segunda área formada por doze estações de coleta, foi definida como "WBF + NAF" e caracterizada pela presença de hidrocarbonetos lineares C₁₄ a C₂₀ mais a fração não resolvida UCM C₁₄ a C₂₀, Bário e/ou cascalho de perfuração, e da presença simultânea de fluido aquoso (WBF) e não-aquoso (NAF) como elementos indicadores da atividade de perfuração. A terceira área foi denominada de

controle interno (CI), constituída de vinte e três estações de coleta e caracterizada pela ausência de indicadores das fases de perfuração. Além das três áreas que reuniram as quarenta e oito estações de coleta, definiu-se a quarta área localizada a 2500 metros, reunindo as estações de referência e nomeada como controle externo (CE). O modelo estatístico permitiu avaliar através das componentes espacial e temporal, se as mudanças ocorridas na área definida como WBF + NAF foram decorrentes da fase de perfuração com fluido base-aquosa (WBF) ou não-aquosa (NAF), ou ainda pelas duas fases de perfuração somadas (Figura 1).

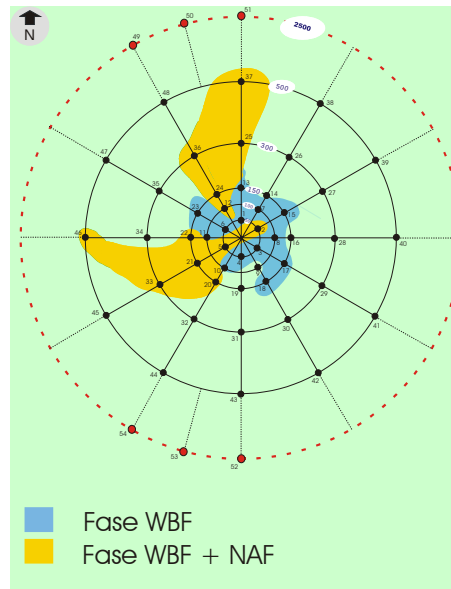


Figura 1. Descrição das áreas com registros das fases WBF e WBF + NAF (área de impacto). Área WBF está delimitada em azul e a área WBF+NAF em amarelo. A área de controle externo, localizada ao Norte (N) e ao Sul (S) à 2500m do ponto de perfuração, é definida pelos pontos em vermelho. As estações de coleta indicadas pelos pontos em pretos localizados na região em verde, definem a área de controle interno (CI).

A Análise de Variância com Medidas Repetidas, utilizou métodos baseados em modelos mistos com estruturas paramétricas especiais nas matrizes de covariâncias a fim de separar os efeitos temporais e espaciais daqueles efeitos causados pelo descarte de cascalho de perfuração com fluido não-aquoso (NAF). Para isso determinou diferenças entre as médias dos descritores biológicos entre os três cruzeiros de amostragens (Fator Cruzeiro) e entre as quatro áreas de unidades amostrais, localizadas nas regiões WBF, WBF+NAF, CI e CE (Fator Máscara)

3. Resultados

3.1. Descritores Biológicos da Comunidade

Durante os três cruzeiros, até 500 m de distância do ponto de perfuração, foi obtido um total de 5.187 indivíduos, representados por 116 famílias. Desses 1.575 indivíduos ocorreram antes da perfuração, 1.138 indivíduos após a perfuração, e 2.474 indivíduos um ano após a perfuração. Verifica-se, portanto, uma redução de 27,7% do número de indivíduos após a perfuração, e um aumento de 54% um ano após a perfuração. Polychaeta e Crustacea foram os grupos mais abundantes na área de estudo, perfazendo 83,5% da fauna, sendo seguidos pelos Mollusca (7,6%) e Sipuncula (5,8%). Antes da perfuração, os valores de densidade variaram entre 18 e 61 ind./0,1m²; após perfuração entre 4 e 57 ind./0,1m², sendo que 80% das estações amostradas apresentaram redução nos valores de densidade, e em 15,5% delas a redução foi maior que 50%; um ano após a perfuração, os valores de densidade variaram entre 20 e 94 ind./0,1m², havendo aumento em 93,3% das estações amostradas.

De um total de 116 famílias obtidas, 20% delas foram representadas por apenas um indivíduo, e 15% tiveram abundância maior que 80 indivíduos. Antes da perfuração, 94 famílias foram obtidas, sendo que nesta etapa 69% das estações de coleta apresentaram redução do número de famílias; após a perfuração, foram obtidas 82 famílias e um ano após a perfuração 93 famílias foram registradas, sendo que em 89% das estações de coleta houve aumento no número de famílias.

Para os grupos funcionais, os organismos vágéis detritívoros foram os mais abundantes na área de estudo, perfazendo 49% da fauna, sendo seguidos pelos sedentários detritívoros (36%) e vágéis carnívoros (13%). Os sedentários filtradores e sedentários carnívoros representaram a 1% da fauna. Antes da perfuração, os vágéis detritívoros foram dominantes, correspondendo a 56% da fauna, sendo seguidos por sedentários detritívoros (28%) e vágéis carnívoros (13%); após a perfuração, a mesma tendência de dominância foi observada para os vágéis detritívoros

(52%) e os sedentários detritívoros (34%). Um ano após a perfuração, as porcentagens de vágéis detritívoros e de sedentários detritívoros foram muito próximas, com valores de 42% e 43%, respectivamente. Mudanças na dominância dos grupos funcionais ocorreram principalmente antes da perfuração e um ano após a perfuração, sendo mais evidentes para os vágéis detritívoros e sedentários detritívoros.

3.2. Análise de Variância de Medidas Repetidas – Delineamento BACI

Foi testada a hipótese de que não há diferença significativa da densidade, número de taxa (famílias) e grupos funcionais (sedentários detritívoros e vágéis detritívoros) em relação ao fator máscara (WBF, WBF+NAF, CI e CE) e o fator cruzeiro (primeiro, segundo e terceiro cruzeiros).

Para a densidade, foi rejeitada a hipótese nula de que o efeito de interação é igual a zero com um $p=0,0250$. Na área de controle interno (CI), a média de densidade entre os cruzeiros apresentou valores significativos após a perfuração, indicando que houve uma diminuição na média de densidade após a perfuração e um retorno aos níveis observados aos do primeiro cruzeiro um ano após a perfuração. Para a área WBF a média de densidade entre os cruzeiros apresentou valores significativos um ano após a perfuração, indicando que a média na área WBF foi maior um ano após a perfuração do que antes e após a perfuração. Na área WBF+NAF, a média de densidade foi menor após a perfuração e maior um ano após a perfuração em relação aos demais cruzeiros. Antes da perfuração (cruzeiro1), a média de densidade não apresentou diferença significativa entre as quatro áreas analisadas, indicando uma homogeneidade espacial. Após a perfuração (cruzeiro 2) houve diferenças significativas da média nas CI e WBF+NAF, com diminuição da densidade. Um ano após a perfuração (cruzeiro 3), as quatro áreas analisadas mostraram aumento na média em relação aos demais cruzeiros, sendo que somente na área de controle externo (CE) a mudança não foi significativa (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios da densidade para os três cruzeiros (coluna) e para os integrantes do fator máscara (linhas). As diferenças significativas são representadas por letras diferentes em vermelho ou azul. Letras maiúsculas comparam médias dentro de linhas e minúsculas comparam médias dentro de colunas

Áreas	Cruzeiro 1			Cruzeiro 2			Cruzeiro 3		
CI	A	35,82	a	B	25,55	ab	A	50,52	b
CE	A	40,33	a	A	26,00	ab	A	32,17	a
WBF	A	32,31	a	A	29,69	ab	B	45,62	ab
WBF+NAF	A	30,58	a	B	20,08	b	C	52,58	b

Para o número de taxa, os resultados da análise de variância não mostraram interação significativa entre os fatores cruzeiro e máscara, sendo rejeitada a hipótese nula de que o efeito do fator cruzeiro é igual a zero com um $p=0,0001$. Assim, os resultados da análise de variância indicam que não houve interação entre cruzeiro e máscara, o que significa que as diferenças nas médias têm efeito apenas do fator cruzeiro, caracterizando desta forma uma variação da componente temporal. Desta forma, pelo menos um dos cruzeiros difere significativamente dos demais, independentemente do fator Máscara (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados obtidos na análise de variância de medidas repetidas indicando os valores das probabilidades e os graus de liberdade (GL) para o número de taxa considerando como fontes de variação o fator cruzeiro e o fator máscara. O valor significativo é destacado em vermelho

Fonte de variação	GL	VD
Fator Cruzeiro	2	0,0242
Fator Máscara	3	0,3138
Fator Cruzeiro x Fator Máscara	6	0,8536

A análise de variância dos grupos funcionais indicou que, para os sedentários detritívoros foi rejeitada a hipótese nula de que o efeito de interação é igual a zero com um $p=0,0114$. Nas áreas CI, WBF e WBF+NAF, a média de sedentários detritívoros entre os cruzeiros apresentou valores significativos apenas no terceiro cruzeiro, indicando que a média foi maior um ano após a perfuração do que antes e após a perfuração. A média mais baixa de sedentários detritívoros ocorreu na área WBF+NAF antes da perfuração. A área CE não apresentou mudanças significativas ao longo do tempo. No entanto, toda área localizada no raio de 500 metros em torno do ponto de perfuração, subdividida em CI, WBF e WBF+NAF, mostrou aumento do número de sedentários detritívoros um ano após a perfuração. Neste contexto, o maior aumento de sedentários detritívoros ocorreu na área WBF+NAF, caracterizada pela presença de elementos originários das diferentes fases de perfuração, incluindo o fluido não-aquoso (NAF). Para os vágéis detritívoros, foi rejeitada a hipótese nula de que o efeito de cruzeiro é igual a zero com um $p=0,0242$. Os resultados da

análise de variância indicaram que não houve interação entre cruzeiro e máscara e, portanto, as diferenças nas médias têm efeito apenas do fator cruzeiro (componente temporal). Para este grupo, verifica-se um aumento da média após a perfuração, e retorno ao nível médio observado do primeiro cruzeiro apenas um ano após a perfuração. (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Valores médios de sedentários detritívoros para os três cruzeiros (coluna) e para os integrantes do fator máscara (linhas). As diferenças significativas são representadas por letras diferentes e em vermelho. Letras maiúsculas comparam médias dentro de linhas e minúsculas comparam médias dentro de colunas

Áreas	Cruzeiro 1			Cruzeiro 2			Cruzeiro 3		
CI	A	10,37	a	A	8,19	a	B	17,33	ab
CE	A	11,22	a	A	9,26	a	A	10,75	a
WBF	A	7,64	ab	A	8,58	a	B	15,65	a
WBF+NAF	A	6,79	a	A	6,20	a	B	24,09	b

Tabela 4. Resultados obtidos na análise de variância de medidas repetidas indicando os valores das probabilidades e os graus de liberdade (GL) para os vágéis detritívoros, considerando como fontes de variação o fator cruzeiro e o fator máscara. O valor significativo é destacado em vermelho.

Fonte de variação	GL	VD
Fator Cruzeiro	2	0,0242
Fator Máscara	3	0,3138
Fator Cruzeiro x Fator Máscara	6	0,8536

4. Discussão

Os descritores biológicos da estrutura da comunidade na área de controle externo (estações de referência - 2.500 m) não apresentaram mudanças significativas entre os cruzeiros, e as variações observadas nesta área podem ser atribuídas à variabilidade natural da fauna. Desta forma, as mudanças significativas da estrutura da comunidade relacionadas à atividade de perfuração limitaram-se aos 500 m de distância do ponto de perfuração e, em particular, às áreas WBF e WBF+NAF (área de impacto).

As mudanças observadas na estrutura da fauna na área de controle interno (CI) não foram consideradas conclusivas no que se refere ao provável impacto das atividades de perfuração. Tais mudanças podem ser atribuídas à variabilidade natural, associada ao padrão de distribuição espacial da fauna em manchas ou agregados, além de possíveis implicações associadas aos artefatos de amostragem. Entretanto, mudanças significativas nos valores de densidade, número de famílias e grupos funcionais após a perfuração foram evidentes nas estações localizadas nas áreas WBF e WBF+NAF. Porém, um ano após a perfuração, 71,4% das estações localizadas nas áreas WBF e WBF+NAF apresentaram aumento simultâneo da densidade e do número de famílias, indicando um processo de recolonização da fauna e provável recuperação. Contudo, apesar da provável recuperação da fauna na maior parte das áreas WBF e WBF+NAF, um ano após a perfuração, os descritores biológicos da comunidade e a estrutura trófica apresentaram padrões diferenciados nas estações 05, 24 e 36, localizadas na área WBF+NAF, com dominância de organismos oportunistas. Nestas estações verifica-se um aumento da concentração de TPH, o qual foi usado como um indicador do fluido não aquoso (NAF), e a presença significativa de elementos associados à atividade de perfuração, podendo indicar que as mudanças ocorridas na estrutura da comunidade estariam relacionadas a presença de cascalho de perfuração no sedimento e provavelmente à presença do fluido não aquoso (NAF), caracterizando impacto físico e químico sobre a comunidade. Cabe destacar que o valor máximo de TPH obtido após a perfuração foi de 24 ppm, estando muito abaixo do encontrado em outros estudos relacionados ao descarte de cascalho pela atividade de perfuração.

A marcada substituição de organismos vágéis detritívoros de superfície e sub-superfície por sedentários detritívoros construtores de tubos e que utilizam os recursos da interface sedimento-água observada na área um ano após a perfuração, serve como indicador de alterações nas propriedades físicas do sedimento pela presença do cascalho de perfuração no sedimento, as quais favoreceram a alta abundância de organismos detritívoros oportunistas. A presença significativa de organismos detritívoros tubícolas de superfície e oportunistas que caracterizam os primeiros estágios colonizadores no processo de sucessão em ambientes perturbados pode ser utilizada como um indicador do processo de recolonização da área.

Estudos realizados sobre os efeitos do descarte de cascalho de perfuração revestido com fluido não aquoso (NAF) em diferentes regiões do mundo e em diferentes profundidades, vêm corroborar os resultados obtidos neste estudo. Terrens *et al.* (1998) monitoraram o descarte de cascalho com fluido sintético (NAF) em Bass Strait e concluíram que o impacto sobre a fauna benthica não foi acentuado, sendo localizado e de pequena duração. Smith e

May (1991) registraram a diminuição da diversidade e da abundância a 100 m de distância do ponto de perfuração no Mar do Norte, seguida um ano mais tarde por uma evidente recuperação da fauna. Candler *et al.* (1995), em estudo no Golfo do México, observaram impacto limitado à um raio de 50 m, com redução da riqueza e da diversidade.

Com base nos presentes resultados, pode-se concluir que a atividade de perfuração do Poço Eagle determinou efeitos mensuráveis sobre a estrutura da comunidade da macrofauna. Estes efeitos foram muito provavelmente relacionados à presença de cascalho associados ao fluido não aquoso (NAF) decorrentes da atividade de perfuração no sedimento. Tais efeitos foram muito mais evidentes em pontos isolados das áreas WBF e WBF+NAF (área de impacto), e são caracterizados como impactos localizados. Um ano após a perfuração, observa-se um processo de recolonização da fauna, com provável recuperação da comunidade na maior parte da área de estudo, sendo que, apenas em parte da área WBF+NAF (estações 05, 24 e 36), a comunidade continuava em processo de recuperação. Segundo Mairs *et al.* (2000), se o descarte de cascalho de perfuração não é excessivo, o impacto sobre a comunidade bêntica é localizado e temporário, havendo sinais de recuperação após um ano, ainda que de forma não completa, já que em alguns casos a comunidade ainda mostrou evidências da perturbação dentro de um raio de 200 m do local de perfuração. Tais resultados são bastante similares aos obtidos neste estudo.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), ao Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), e ao Fundo Brasileiro para Petróleo e Gás (CTPETRO) pelo apoio financeiro ao projeto "Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima (MAPEM)".

6. Referências

- CANDLER, J. E., HOSKIN, S., CHURAN, M., CUI WEI LAI, FREEMAN, M.. Seafloor Monitoring for Synthetic Based Mud Discharged in the Western Gulf of Mexico. *SPE Paper* 29694, 1995.
- MAIRS, H., SMITH, J., MELTON, R., PASMORE, J., MARUCA, S. Efeitos Ambientais dos Cascalhos Associados a Fluidos Não-aquosos: Fundamentos Técnicos- Minuta. Compilado pelo Instituto Brasileiro de Petróleo-IBP. p.1-116, 2000.
- NEFF, J. M., BOTHNER, M. H., MACIOLEK, N. J., GRASSLE, J. F. Impacts of Exploratory Drilling for Oil and Gas on the Benthic Environment of George Bank. *Marine Environ. Res.*, v.27, n. 2, p.77-114, 1989.
- SMITH, J., MAY, S. J. Ula wellsite 7/12 environmental survey 199. *Report FSC/RC/13/91*. Field Studies Council Research Center, UK, 1991.
- TERRENS, G. W, GWYTHYER, D., KEOUGH, M. J., TAIT, R. D. Environmental of Synthetic Based drilling Mud Discharges to the Bass Strait Australia Proceedings of SPE. In: *International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration And Production*, Caracas Venezuela, June, 1998.
- WARWICK, R. M. Environmental impact studies on marine communities: pragmatical considerations. *Aust .J. Ecol.*, v. 18, p.63-80,1993.