

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA

ASPECTOS DA POLUIÇÃO POR PRODUTOS  
QUÍMICOS NOS SEDIMENTOS DA BACIA  
DO PORTO DO MUCURIBE, Fortaleza-  
Ceará-Brasil.

Fábio Perdigão Vasconcelos.

Dissertação apresentada ao Departamento  
de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal do Ceará, co  
mo parte das exigências para a obtenção do  
título de Engenheiro de Pesca.

FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL

Dezembro de 1979

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- V45a Vasconcelos, Fábio Perdigão.  
Aspectos da poluição por produtos químicos nos sedimentos da bacia do porto do Mucuripe, Fortaleza-Ceará-Brasil / Fábio Perdigão Vasconcelos. – 1979.  
37 f. : il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 1979.  
Orientação: Prof. Moisés Almeida de Oliveira.
1. Poluição da água. I. Título.

CDD 639.2

---

---

Prof. Colab. Moisés Almeida de Oliveira  
- Prof. Orientador -

COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof. Colab. Carlos Geminiano Nogueira  
- Presidente -

---

Prof. Ass. Erasmo da Silva Pitombeira

VISTO:

---

Prof. Ass. Gustavo Hitzchky Fernandes Vieira  
Chefe do Departamento de Eng. de Pesca

---

Prof. Adj. Maria Ivone Mota Alves  
Coordenadora do Curso de Eng. de Pesca

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Moisés Almeida de Oliveira, que diante de todas as suas atribuições, prestou apreciável orientação durante todas as fases de execução deste trabalho.

Ao Laboratório de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará ( LABOMAR ), na pessoa de seu Diretor Dr. Jáder Onofre de Moraes.

Ao Prof. Erasmo da Silva Pitombeira, Diretor da Divisão de Oceanografia Abiótica do LABOMAR, por me proporcionar estágio neste setor.

Aos técnicos, bolsistas e funcionários do Setor de Oceanografia Abiótica do LABOMAR, particularmente a George Satander Sá Freire, Edsard de Andrade e Pedro Saraiva de Moraes.

Aos meus colegas, especialmente a Francisco de Assis Pereira da Costa, Benício Diogenes da Silva e Armando José Coelho Quixadá Pereira.

A Sandra Maia Farias, pela dedicação, estímulo e cooperação nos arranjos finais deste.

ASPECTOS DA POLUIÇÃO POR PRODUTOS QUÍMICOS NOS  
SEDIMENTOS DA BACIA DO PORTO DO MUCURIBE.

( Fortaleza - Ceará - Brasil )

Fábio Perdigão Vasconcelos

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem sido grande os esforços visando o controle da poluição hídrica, causada pelos lançamentos de produtos de origem petrolífera, restos de tintas venenosas decorrente da manutenção e pintura de barcos e pelos dejetos lançados por esgotos sanitários e industriais.

Como os sedimentos são considerados um depósito permanente de poluentes em ambientes aquáticos, especialmente em ambientes redutores, o estudo destes nos sedimentos é importante para o mecanismo de produção biológica, pois a migração destes sedimentos poluídos da bacia portuária e as possibilidades de resedimentação em nichos de organismos bentônicos, podem causar trocas substanciais nas comunidades biológicas.

Na legislação brasileira, o Decreto Nº50.877, de 29 de Julho de 1961, que dispõe sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou

litorâneas, conceitua como poluição das águas "qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas das águas, que possa importar em prejuízo à saúde, à segurança e ao bom estar das populações e ainda com promotor a sua utilização para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos, e, principalmente à existência normal da fauna aquática". ( Caland-Noronha & Moraes, 1972 ).

O presente trabalho tem como objetivo estudar a concentração e os processos de deposição de produtos químicos nos sedimentos, observando-se os limites de poluição adotados para áreas portuárias e suas implicações para o desenvolvimento de organismos bentônicos da bacia portuária e áreas adjacentes do porto de Mucuripe.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 15 amostras de sedimentos superficiais coletados através de draga, forrada com pano de malha fina para total retenção do material.

A área de coleta foi a enseada do porto de Mucuripe, com as estações dispostas de maneira a abranger toda a área ( Figura 1 ). A profundidade nas estações variou de 1 a 11m e o posicionamento foi obtido com bússola tomando-se ângulos maiores que 30° e menores que

90°, para maior precisão do ponto. O arrasto foi realizado por uma embarcação motorizada de pequeno porte.

Em laboratório, as amostras de sedimentos foram submetidas a estudos sedimentológicos e à análise de demanda química de oxigênio (D.Q.O.), sólidos voláteis totais, óleos e graxas, carbono orgânico e matéria orgânica contidas nos mesmos.

Para análise granulométrica as amostras foram secas em estufa a 60°C, por um período de aproximadamente 48 horas para não modificar os argilo-minerais sensíveis a altas temperaturas e evitar o endurecimento do material como acontece comumente nos sedimentos argilosos.

Depois de secas, as amostras foram quarteadas para melhor homogeneização e submetidas ao peneiramento úmido, que consiste na lavagem das amostras sobre uma peneira de 0,062mm de malha.

A fração retida na peneira foi colocada em vidros Pirex e postas em estufa a 105°C para posterior peneiramento mecânico, e a porção que passou pela malha foi mantida em repouso em baldes plásticos para decantar.

Depois de secas em estufa a fração grosseira do sedimento foi peneirada mecanicamente em agitador Prodest por um período de 15 min em um conjunto de 12 peneiras com abertura de malha que variou entre 0,088mm a 4,000mm. Depois de peneiradas as frações residuais foram

recolhidas e pesadas em balança analítica e os resultados anotados em fichas de análises granulométricas.

Depois de decantada e retirada a água por sifão, a fração mais fina ( silte + argila ) foi secada em estufa a 60°C por 48 horas e depois separada a porção de silte e de argila, pelo método da pipeta que é baseado nas mudanças de concentração de partículas em uma suspensão originalmente uniforme. Para isto foram separados 10 gramas de sedimentos de cada amostra, e completados seus volumes com água destilada até 1.000ml provetas graduadas. Após agitação das provetas para uniformizar as partículas, foram retirados 10ml com uma pipeta graduada em profundidade que corresponde à do material que acabara de sedimentar naquele momento. As porções de 10ml foram retiradas em intervalos de tempo de 58s, 1min e 56s, 7min e 44s, 31min e 2hs e 3min, para determinação das porcentagens de silte grosso, silte médio, silte fino, silte muito fino e argila respectivamente.

Depois de secados em estufa os resíduos de cada pipeta foram pesados e convertidos para se encontrar o peso total da fração na suspensão inicial de 1.000ml, aplicando-se a fórmula citada por Rukhin ( 1961 ):

$$X = \frac{P_x \cdot V_2 \cdot EP}{V_1 \cdot P_1}, \text{ onde:}$$

X = teor de cada fração

Px= peso do sedimento obtido pela evaporação da amostra recolhida

EP= peso total da fração fina

V2= volume total da suspensão

V1= volume da pipeta

P1= peso da fração colocada em suspensão.

Os pesos de cada uma das frações granulométricas foram anotados para posterior tratamento estatístico dos dados.

Os parâmetros estatísticos foram obtidos através das curvas acumulativas traçadas em papel milimetrado Monolog, permitindo uma maior precisão para os valores iniciais das frequências, adotando-se a escala de granulação  $\phi$  para o eixo das abcissas e porcentagens para o eixo das ordenadas.

Os métodos puramente gráficos podem expressar muita coisa em relação as frequências granulométricas, porém é mais conveniente termos estas características das curvas mostradas em números. Dentre os parâmetros estatísticos foram estudados a média, a mediana, grau de seleção, grau de assimetria e curtose, todos eles obtidos pelas fórmulas propostas por Folk ( 1957 ).

A média é uma medida de tendência central que tem por finalidade indicar o valor do diâmetro do centro de gravidade da curva de distribuição de fre

quência. A fórmula utilizada para seu cálculo é a seguinte:

$$Mz = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

esta fórmula é de grande precisão pois possui as médias das porções grosseira, fina e intermediária fornecendo a média geral do tamanho dos sedimentos.

A mediana é uma medida de tendência central de fácil obtenção mas não muito precisa. Ela não leva em consideração a granulometria em todas as partes da distribuição, apenas indica o diâmetro correspondente a 50% da distribuição.

O grau de seleção segundo Folk é o desvio-padrão gráfico inclusivo, que é dado pela fórmula:

$$Si = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6,6}$$

foi verificado que esta relação fornece um valor de desvio-padrão bastante aproximado do desvio-padrão matematicamente calculado. Folk sugere ainda que uma escala qualitativa seja usada convenientemente para descrição do grau de seleção de sedimentos, que apresenta os seguintes limites:

Si menor que 0,35 - muito bem selecionada

de 0,35 a 0,50 - bem selecionada

de 0,50 a 1,00 - moderadamente selecionada

de 1,00 a 2,00 - pobremente selecionada

de 2,00 a 4,00 - muito pobremente selecionada  
 Si maior que 4,00 - extremamente mal selecionada.

O grau de assimetria determina o afastamento do diâmetro médio da mediana. A assimetria pode ser de -1,00 a +1,00, se for negativo a média será menor que a mediana e a distribuição se achará desviada para valores  $\phi$  menores ou para as partículas grosseiras. Por outro lado, se a assimetria for positiva a distribuição se achará desviada para o lado dos valores  $\phi$  maiores ou para as partículas mais finas. Para o valor zero não existe assimetria e a média coincide com a mediana. A fórmula proposta por Folk provém da modificação de duas fórmulas de Innam:

$$SKi = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2\phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2\phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

ele também sugere uma escala qualitativa que pode ser convenientemente usada para descrição do grau de assimetria dos sedimentos:

SKi entre -1,00 e -0,30 - assimetria muito negativa

-0,30 e -0,10 - assimetria negativa

-0,10 e +0,10 - aproximadamente simétrico

+0,10 e +0,30 - assimetria positiva

SKi entre +0,30 e +1,00 - assimetria muito positiva.

A curtose indica o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência e ela é a razão entre as dispersões na parte central e nas caudas

das curvas. Os valores de curtose foram obtidos pela fórmula:

$$Kg = \frac{\sigma^2 75 - \sigma 25}{2(\sigma 90 - \sigma 10)}$$

foram utilizados os seguintes limites para classificação das curvas segundo os valores de curtose:

Kg menor que 0,67 - muito platicúrtica

de 0,67 a 0,90 - platicúrtica

de 0,90 a 1,11 - mesocúrtica

de 1,11 a 1,50 - leptocúrtica

de 1,50 a 3,00 - muito leptocúrtica

Kg maior que 3,00 - extremamente leptocúrtica.

A demanda química de oxigênio, os sólidos voláteis totais, óleos e graxas contidos nos sedimentos foram determinados pelos métodos descritos por Chen & Lu (1974). Foi adicionado 1 grama de sulfato de mercúrio em cada amostra, para eliminar a interferência dos cloretos nas determinações da demanda química de oxigênio.

Para análise de sólidos voláteis totais, utilizou-se de uma estufa a 105°C para se retirar a umidade do sedimento e forno mufla a 550°C.

Os teores de óleos e graxas foram obtidos, pela adição de éter de petróleo, que é um solvente orgânico extremamente volátil e evapora consigo o óleo contido no sedimento, quando o mesmo é previamente secado em estufa.

O carbono orgânico e matéria orgânica foram determinados pelos métodos de Prince ( 1963 ) e consistem na decomposição da matéria orgânica com uma solução concentrada de dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal, tendo orto-fenantrolina como indicador.

Foram também coletadas 5 amostras de água superficiais com vidro de rolha esmerilhada no espelho da água, isto é, na película superficial tendo em vista que o óleo encontrava-se à deriva sobre a tensão superficial da mesma. Os pontos de coleta corresponderam a algumas das estações de dragagens. O óleo na superfície da água foi verificado por observações visuais, e foi analisado quantitativamente pelo método descrito por Silva ( 1977 ), o qual tem como princípio a extração do óleo com éter.

Para verificação da feticidade dos diversos efluentes da enseada do porto do Mucuripe, foram feitos estudos sobre a estabilidade relativa de acordo com o método de Silva ( 1977 ). Tendo sido coletadas amostras de 6 esgotos que deságuam na área ( Figura 1 ).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise sedimentológica da enseada do porto do Mucuripe mostra que aproximadamente 80% da área é

coberta por silte grosso, com pequenas áreas isoladas com fundos de areia média, areia fina e cascalho ( Figura 2 ).

A presença de amostras com elevados teores de silte, indica baixa energia, e que os elementos químicos existentes, sofrem pequeno poder de transporte, reduzindo assim a área afetada. Se estes elementos forem transportados para nichos ecológicos bentônicos poderão causar sérios problemas às espécies que os ocupam.

Os parâmetros estatísticos que foram calculados tiveram os seus resultados anotados na Tabela I. A mediana variou entre  $\phi$  1,40 e  $\phi$  4,85, predominando valores superiores a  $\phi$  4,45 devido a composição lamosa da maioria dos sedimentos e a média, que fornece o tamanho representativo da amostra, variou entre  $\phi$  1,45 e  $\phi$  5,13, predominando valores superiores a  $\phi$  4,35.

Segundo o grau de seleção pode-se classificar os sedimentos de uma maneira geral como moderadamente selecionados apresentando curvas de frequências unimodais. A amostra 01 apresentou-se bem selecionada e as amostras 05 e 09 apresentaram curvas de frequências bimodais com intervalos de 2,5 a 3,00 e 4,00 para a 05 e 5,00 a 6,00 e 8,00 a 9,00 para a amostra 09. Estas, bem como a amostra 07, apresentaram-se pobremente selecionadas.

O grau de assimetria variou entre -0,029 e 0,623, predominando sedimentos com assimetria positiva e muito positiva. Acredita-se que está havendo um retrabalhamento com o material tornando-se cada vez mais fino ou um carreamento deste para a enseada através da difração das ondas no molhe do porto. Ainda com relação a assimetria observou-se nas estações 08, 13 e 14 sedimentos aproximadamente simétricos e na estação 06 assimetria muito negativa.

A classificação segundo a curtose mostra uma

predominância de curvas leptocúrticas, confirmando a formação de curvas unimodais com alto grau de agudez dos picos. As amostras 01 e 13 apresentaram-se mesocúrticas e a 14 platicúrtica.

Muitas pesquisas têm sido realizadas no sentido de se determinar a concentração e os efeitos dos diversos agentes químicos lançados no mar, em especial nas zonas portuárias as quais são conhecidas por conterem vários níveis de poluentes em sedimentos. Entretanto, existem poucas informações definitivas sobre a relação existente entre estes e os tipos de sedimentos, bem como os efeitos nocivos e benéficos às populações aquáticas.

A mais significativa implicação ecológica das composições químicas dos sedimentos é provavelmente refletida no nível de exposição a que estão submetidos os organismos bentônicos depois que os sedimentos são transportados e depositados em seu habitat natural. Vários estudos sobre os efeitos físicos e biológicos de correntes de operações de dragagens em canais de acessos à cais de atracação foram feitas em função da turbidez e oxigênio dissolvido na água, porém sem que fossem avaliadas suas consequências sobre a qualidade da mesma. Entretanto, os sedimentos superficiais poluídos são colocados em suspensão e migram para outras regiões (Chen & Lu, 1974). Por esta razão, o critério internacional adotado para sedimentos é baseado nos seguintes limites de concentração:

Componentes Químicos	Concentrações (% em peso seco)
sólidos voláteis totais	6,00
demanda química de oxigênio	5,00
óleos e lubrificantes (gorduras, graxas, etc.)	0,15

Na figura 3, acham-se representadas as concentrações de óleo e graxas contidos nas 15 estações, e nela se pode observar valores superiores ao limite internacional proposto por Chen & Lu ( 1974 ), encontrando-se portanto, toda a área da enseada do porto poluída. A estação 07 apresentou o mais baixo índice, mesmo assim é superior quase quatro vezes ao padrão internacional. Nota-se na mesma figura a formação de uma área em forma de "lingua" que vai do cais do porto até o meio da enseada onde se encontram os mais altos índices de óleo e graxa, chegando a 8,10% na estação 04 ( Tabela II ). O alto teor em derivados de petróleo contidos nos sedimentos na enseada do Mucuripe pode ser devido a algumas das seguintes causas:

- 1 - Acidentes e/ou operações negligentes durante o carregamento e descarregamento de petróleo.
- 2 - Transporte atmosférico dos componentes mais voláteis de petróleo e seus refinados.
- 3 - Manutenção e reparos de embarcações que se encontram no cais, docadas na praia ou em estaleiros localizados no Mucuripe.
- 4 - Óleos e lubrificantes lançados na rede de esgotos que deságuam na bacia portuária, pelos postos de gasolina e manutenção de veículos localizados em áreas adjacentes à enseada do Mucuripe.

De acordo com Moreira ( 1977 ), somente no Estado do Rio de Janeiro, cerca de sete toneladas de resíduos de origem petrolífera são lançados por dia na rede de esgotos que deságuam na baía da Guanabara, pelos postos lubrificantes.

Segundo Skinner & Turekian (1977), em 1969 a produção total mundial de petróleo bruto era de 1.820 milhões de toneladas. Dessa quantidade 1.180 milhões de toneladas eram transportadas por navios petroleiros e, a contribuição da perda de petróleo ao ambiente

marinho mostra que ela varia de um limite inferior a 1 milhão de toneladas até um limite superior de 10 milhões de toneladas/ano. Logo é possível que, cerca de 0,5% do petróleo produzido seja liberado diretamente no ambiente, e a maior parte disso na zona costeira.

Se o petróleo for finamente disperso na forma de emulsão, as bactérias começarão a atacá-lo como fonte de alimento. Entretanto à perda de componentes de baixo peso molecular por evaporação ou dissolução ocasiona a formação de bolas de alcatrão que são virtualmente indestrutíveis, e que podem sedimentar ou serem lançados na praia. Estas têm sido encontradas em quase toda a linha costeira do mundo.

Na figura 4 encontram-se representadas as concentrações de sólidos voláteis totais retidos nos sedimentos. Estes são de grande importância porque representam as quantidades de matéria orgânica, óleos, graxas, restos de tintas venenosas e outras substâncias químicas contidas no substrato. Observa-se na figura 4 que grande parte da enseada, encontra-se com índice de sólidos totais inferiores a 6%. Entretanto, verifica-se que do cais do porto até as proximidades do centro da enseada encontra-se com valores superiores ao padrão internacional, chegando a atingir mais de 14% na estação 04 (Tabela II). Os materiais orgânicos procedem de detritos em suspensão carreados pelos rios, células de fitoplâncton, esqueletos de animais e quaisquer resíduos orgânicos decorrentes da atividade humana, lançados ao mar. Grande parte deste material se decompõe durante a sedimentação mas, quando depositados no fundo, serve de alimento a animais bentônicos e bactérias. As partes mais resistentes à decomposição biológica, por se encontrarem protegidas por sedimentos de natureza inorgânica, sofrem decomposição química, geralmente oxidativa, na qual intervém o oxigênio dissolvido (Munoz, 1976). Os teores de carbono e matéria orgânica encontram-se na Tabela II, representados em porcentagens. Os

efluentes que deságuam na enseada do porto do Mucuripe contribuem com uma grande parcela de matéria orgânica provenientes de resíduos industriais e humanos. A matéria orgânica existente nos sedimentos pode abrigar bactérias, as quais possuem a propriedade de se multiplicar com espantosa rapidez. Estas utilizam-se da matéria orgânica não só como alimento mas, contribuem também nos processos de oxidação da mesma, utilizando-se do oxigênio dissolvido na água. Acredita-se que quanto maior for a quantidade de matéria orgânica lançada na enseada, maior será a proliferação das bactérias cuja necessidade de oxigênio para a respiração, afetará ainda mais as condições ambientais na área. Este tipo de poluição, deve ser encarado também quanto aos aspectos sanitários, turísticos e recreativos das praias, as quais, são frequentadas por milhares de banhistas, que as utilizam como fonte de lazer e recreação, e estão portanto, sujeitos a contaminação por bactérias e germes patogênicos, com sérios riscos à saúde.

Nas amostras analisadas o conteúdo de matéria orgânica variou de 0,37 a 4,13% e o teor de carbono orgânico de 0,21 a 2,40% calculados sobre o peso do sedimento. Pelos resultados obtidos pode-se observar uma zona de maior concentração de carbono e matéria orgânica, que abrange as estações 02, 03, 04 e 08, desde o cais do porto até as proximidades do centro da enseada ( Figura 5 ).

Na Tabela II encontram-se os valores da demanda química de oxigênio, sendo que os teores mais baixos foram encontrados nas estações 01, 05 e 15, atingindo um valor mínimo de 1,29%. Estas estações encontram-se afastadas do cais do porto e próximas a linha de costa. As estações 03, 04, 09 e 11 apresentaram-se com valores mais elevados, atingindo 2,96% na estação 04. Na figura 6 encontram-se representados as concentrações da deman

da química de oxigênio, e nela pode-se observar que os mais altos índices encontram-se distribuídos em uma área que vai do cais do porto ao meio da enseada. É provável que exista uma relação direta entre a demanda química de oxigênio e a presença de poluentes nesta área, pois a D.Q.O. máxima coincide com pontos de maior índice de poluição dos demais elementos estudados. Entretanto, em nenhuma estação de coleta a demanda química de oxigênio foi superior ao padrão internacional que é de 5%.

A estabilidade relativa dos 6 esgotos que deságuam na enseada apresentou-se com os seguintes resultados:

Esgoto	Estabilidade Relativa( % )
241	11
339	11
383	99
378	11
364	11
365	98

Os esgotos contêm grandes quantidades de matéria orgânica submetida a digestão pela ação biológica, a qual requer oxigênio. Quando o oxigênio disponível se acaba, um outro tipo de digestão, a putrefação, continua com um grupo diferente de microrganismos e o esgoto apresenta além de odor fétido, outras características desfavoráveis. Diz-se então que se tornou séptico.

O azul de metileno em presença de oxigênio conserva essa cor, perdendo-a porém, quando o oxigênio se esgota. Se a cor permanecer inalterada durante 10 dias, o esgoto pode ser considerado estável. Se a descoloração se processar em 5 dias, está estabilizado em 70% e em condições de ser descarregado. Se a cor desaparecer dentro de 1 dia, ou menos, há matéria putrescível

em quantidade suficiente para produzir efeitos nocivos caso seja descarregado em uma coleção d'água. Os esgotos 241, 339, 378 e 364 contêm bastante matéria putrescível já que o azul de metileno perdeu sua coloração imediatamente após ser colocado no meio líquido. Os esgotos 365 e 383 com estabilidades relativas de 98% e 99% respectivamente, podem ser considerados estáveis não oferecendo nenhum perigo a fauna aquática da região onde deságuam.

Na Tabela III pode-se verificar com precisão a estabilidade relativa de esgotos em função da mudança de coloração do azul de metileno. Este teste é um auxiliar para a determinação da eficiência do tratamento de modo qualitativo, indicando se a matéria putrescível deve ou não ser removida, ou seja, se há ou não tratamento dos esgotos que descarregam dejetos na região.

Os resultados das concentrações de óleo existente no espelho da água encontram-se representados na Tabela IV. Nesta determinação, não está especificamente o resultado de óleo, mas também de todas as substâncias com características físico-químicas semelhantes, solúveis no solvente usado para a extração.

De acordo com a Legislação Básica ( 1977 ), da SEMA, Secretaria Especial do Meio Ambiente, a quantidade de de óleo e graxa contida em águas superficiais não deve exceder a 0,01%. Com base na legislação brasileira pode-se afirmar que a água superficial da enseada do porto do Mucuripe encontra-se extremamente poluída, já que os teores observados na área potuária variou entre 0,40 a 0,75%.

Em se tratando de derivados de petróleo se faz necessário uma atenção especial a poluição pelo óleo, pois o mesmo dificilmente se decompõe, se transforma ou se combina quimicamente, permanecendo assim por um longo período no ambiente marinho, a não ser que

se evapore ou seja absorvido pelos animais. Em regiões que não sofrem as influências físicas da dinâmica de circulação de mar aberto, o óleo constitui uma fina camada que impede as trocas gasosas entre a água e a atmosfera e, dependendo da quantidade despejada pode produzir escassez de oxigênio para os peixes e reduzir a síntese clorofiliana do plancton e dos vegetais marinhos.

Muitos dos componentes de origem petrolífera são conhecidos como causadores de câncer em numerosos organismos quando presentes em concentrações suficientemente altas. Além disso, os efeitos diretos e fisiológicos sobre peixes com bexigas natatórias, crustáceos e alguns microrganismos atingidos por petróleo podem acarretar uma virtual destruição em suas comunidades biológicas ( Skinner & Turekian, 1977 ).

A poluição por derivados de petróleo, em especial pelo óleo na água e sedimento é a mais duradoura e uma das mais nocivas ao meio ambiente. Algumas medidas deverão ser tomadas pelos órgãos governamentais para se tentar reduzir a quantidade de óleo lançada na enseada do Mucuripe, adotando-se as seguintes medidas preventivas:

- 1 - Que o cais pesqueiro a ser concluído seja obrigatoriamente equipado com material especial para evitar a poluição.

- 2 - Fiscalização, por parte da Capitania dos Portos, em relação a abusos causados pelo bombeamento de porção de esgoto dos barcos que ficam fundeados na enseada do Mucuripe.
- 3 - Que as refinarias sejam obrigadas a possuírem equipamentos especiais para controle de poluição.
- 4 - Seja obrigatório o uso de separadores de óleo nos postos de lavagem e lubrificação de veículos existentes nas proximidades.
- 5 - Que os navios petroleiros possuam obrigatoriamente tanques equipados com o sistema L.O.T. que reduz em aproximadamente 95% os resíduos lançados ao mar.
- 6 - Que o porto possua embarcações para a remoção do óleo derramado nas operações portuárias.
- 7 - Que as companhias que exploram as docas sejam obrigadas a possuírem embarcações para receber o lixo e dejetos dos navios que utilizam o porto do Mucuripe.

Pelo exposto acima tem-se um quadro geral da situação da enseada do Mucuripe e vê-se claramente a necessidade de conscientização de todos que vivem direta ou indiretamente do mar para este problema. Somente assim e com a união de legisladores, cientistas e educadores pode-se evitar que esta poluição se agrave ao ponto de se ter consequências desastrosas e irreversíveis.

## CONCLUSÕES

- 1 - Os sedimentos da enseada do Mucuripe são predominantemente finos, classificados granulometricamente como silte grosso.
- 2 - Os sedimentos finos estão condicionados a uma precipitação compacta formando um ambiente sedimentologicamente estável com pouca possibilidade de transporte e resedimentação em áreas adjacentes.
- 3 - A pouca mobilidade dos sedimentos pode ser considerada benéfica pois impede que os sedimentos sejam carregados para o habitat natural de organismos bentônicos, principalmente lagostas que podem sofrer contaminações pelo óleo.
- 4 - O óleo e a graxa contidos nos sedimentos encontram-se com valores de contaminação superiores ao padrão internacional de poluição.
- 5 - O complexo portuário, bem como a manutenção e reparo de embarcações nos estaleiros e praia contribuem para o elevado teor de derivados de petróleo nos sedimentos e na água.
- 6 - Os postos de manutenção de veículos localizados na orla marítima e adjacências devem ser equipados com separadores de óleo.
- 7 - Parte dos sedimentos da enseada do Mucuripe encontra-se com concentrações de sólidos totais superiores

res ao limite internacional.

- 8 - O elevado teor de matéria orgânica e carbono orgânico em grande parte da enseada do Mucuripe podem ocasionar uma proliferação de bactérias, já que serve de alimento para grande parte de microrganismos que são lançados pelos esgotos.
- 9 - A demanda química de oxigênio apresentou-se com concentrações inferiores ao índice de poluição adotado internacionalmente.
- 10 - Dos 6 efluentes que deságuam na bacia do porto do Mucuripe 4 se encontram com matéria putrescível em quantidade suficiente para causar danos as populações aquáticas e banhistas. Isto pode ser observado quando se estuda a estabilidade relativa.
- 11 - A quantidade de óleo na superfície da água é superior ao permitido pela legislação brasileira, que é 0,01%.
- 12 - As consequências do acúmulo dos contaminantes sobre a ecologia do ambiente não podem ser avaliadas no presente, em decorrência da falta de estudos bioquímicos das diversas espécies que habitam a enseada.

## SUMÁRIO

O presente trabalho tem como objetivo estudar a concentração e os processos de deposição de produtos químicos nos sedimentos, observando-se os limites de poluição adotados e suas implicações para o desenvolvimento de organismos bentônicos da bacia portuária e áreas adjacentes do porto do Mucuripe, Fortaleza-Ceará - Brasil.

Foram coletadas 15 amostras de sedimentos com bote motorizado, as quais foram submetidas a análises químicas e granulométricas. Foram coletadas também amostras de água em 6 efluentes que deságuam na enseada e água superficial em 5 estações.

Com os dados obtidos através das análises foi possível concluir que:

- 1 - Os sedimentos da enseada do Mucuripe são predominantemente finos, classificados granulometricamente como silte grosso.
- 2 - Os sedimentos finos estão condicionados a uma precipitação compacta formando um ambiente sedimentologicamente estável com pouca possibilidade de transporte e resedimentação em áreas adjacentes.
- 3 - A pouca mobilidade dos sedimentos pode ser considerada benéfica pois impede que os sedimentos poluídos sejam carregados para o habitat natural de organismos bentônicos, principalmente lagostas que

podem sofrer contaminação pelo óleo.

- 4 - O óleo e a graxa contidos nos sedimentos encontram-se com valores de contaminação superiores ao padrão internacional de poluição.
- 5 - O complexo portuário, bem como a manutenção e reparo de embarcações nos estaleiros e praia contribuem para o elevado teor de derivados de petróleo nos sedimentos e na água.
- 6 - Os postos de manutenção de veículos localizados na orla marítima e adjacências devem ser equipados com separadores de óleo.
- 7 - Parte dos sedimentos da enseada do Mucuripe encontra-se com concentrações de sólidos totais superiores ao limite internacional.
- 8 - O elevado teor de matéria orgânica e carbono orgânico em grande parte da enseada do Mucuripe podem ocasionar uma proliferação de bactérias, já que servem de alimento para grande parte de microrganismos que são lançados pelos esgotos.
- 9 - A demanda química de oxigênio apresentou-se com concentrações inferiores ao índice de poluição adotado internacionalmente.
- 10 - Dos 6 efluentes que deságuam na bacia do porto do Mucuripe 4 se encontram com matéria putrescível em quantidade suficiente para causar danos as populações aquáticas e banhistas. Isto pode ser observado quando se estuda a estabilidade relativa.

## BIBLIOGRAFIA

American Water Works Association - 1964 - Água tratamento e qualidade. Editora Ao Livro Técnico S.A. , 465pp., Rio de Janeiro, Ilust. (traduzido po A. Macedo Filho).

Bardovskiy, D.K. - 1965 - Accumulation and transformation of organic substances in marine sediments Mar. Geol., Amsterdam, 3(1/2): 3-83, 17 figs.

Branco, S.M. - 1970 - Poluição e piscicultura, Instituto de Pesca, U.S.P. São Paulo, 218pp., Ilust.

Caland-Noranha, M.C. & J.O. Morais. - 1972 - Aspectos da poluição marinha em frente ao Município de Fortaleza. Arq. Ciên. Mar., Fortaleza. 12(2): 109-115, 1 fig.

Calderon, M. - 1974 - Contaminação cronica del agua del mar por produtos petroliferos. Las ciencias 39(5): 339-342.

Carvalho, B.A. - 1975 - Ecologia e poluição. Editora Freitas Bastos S.A., 177pp., Ilust., Rio de Janeiro.

Chen, K.Y. & J.C. Lu. - 1974 - Sediment compositions in Los Angeles Long Beach harbors and San Pedro basin. Sed. Invest., Los Angeles, (7): 1-177, 120 figs.

Folk, R.L. & W.C. Ward. - 1957 - Brazos river

bar: a study in the significance of grain size parameters. Joue. Sedim. Petrol., Washington, 27:3-27.

Fraga, F. & M. Mauriquez - 1973 - Oceanografía química de la region de afloriamento del nordeste de Africa. Campanã Atlas, cordine, (4) :185-218.

Freire, G.S.S. - 1977 - Contribuição ao estudo da geologia marinha de plataforma continental do Estado do Maranhão, Brasil. Tese apresentada ao Curso de Geologia da Universidade de Fortaleza, para obtenção do título de Geólogo, 58pp., 18 figs., Fortaleza.

Guimarães, F.P. - 1977 - A poluição da água. In: Recursos naturais meio ambiente e poluição. Contribuições de um ciclo de debates. IBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, Vol. 2, 1ªEd., 235-244, Ilust.

Hood, D. W. - 1976 - Los ciclos químicos del mar. In: Oceanografía la última frontera. Editorial El Ateneo, Buenos Aires, 1ª Ed., 30-40, Ilust.

Maglioca, A. - 1977 - Alguns aspectos oceanográficos físicos e químicos para estudo da poluição marinha. In: Recursos naturais meio ambiente e poluição. Contribuições de um ciclo de debates. IBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, Vol. 2, 1ªEd., 277-281, Ilust.

Marinho Junior, M. - 1976 - Característica da sedimentação ao longo da costa do Município de Fortaleza ( Ceará - Brasil ). Tese apresentada ao Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará

rá, para obtenção do título de Engenheiro de Pesca, 25 pp., 5 figs., Fortaleza.

Matos, M.O.M. - 1978 - Transporte de sedimentos na costa do Estado do Ceará, Brasil. Tese apresentada ao Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, para obtenção do título de Engenheiro de Pesca, 45pp., 28 figs., Fortaleza.

Ministério do Interior/Secretaria Especial do Meio Ambiente - 1977 - Legislação Básica. Gráfica Editora Independência Ltda., Brasília, 30pp.

Moreira, H.B.A. - 1977 - Poluição das águas. In: Recursos naturais meio ambiente e poluição. Contribuições de um ciclo de debates. IBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, Vol.2, 1<sup>ª</sup>Ed., 263-275, Ilust.

Munoz, F. - 1976 - Estudio de los sedimentos marinos de la plataforma costera frente a las costas de Castellon. Inv. Pesq., Barcelona, 40(2): 401-453, 15 figs.

Oliveira, M.A. - 1976 - Distribuição da matéria orgânica na plataforma continental do Estado do Ceará ( Brasil ). Arq. Ciên. Mar., Fortaleza., 16(2): 105-110, 3 figs.

Pitombeira, E.S. - 1976 - Deformação das ondas por difração no molhe do porto do Mucuripe (Fortaleza - Ceará - Brasil ). Arq. Ciên. Mar., Fortaleza. 16(1): 55-58, 7 figs.

Prince, A.L. - 1963 - Apêndice. Métodos en análisis del suelo, pp. 392-435, In Bear, F. E. (ed.) , Química del suelo, Ediciones Interciencia, 1ªEd., VIII+435pp., Madrid. (traduzido do inglês por J.R. Pacheco).

Rukhin, L.B. - 1961 - Facies et método d'analyse des faciès. In: Bases de la lithologia. Gostoptek-hizdad, Paris, Vol. 3, 2ªEd., 304-780, 294 figs.

Ryther, J.H. - 1976 - La productividad de matéria orgânica en los océanos. In: Oceanografía la última frontera. Editorial El Ateneo, Buenos Aires, 1ªEd., 205-213, Ilust.

Santos, I.C. - 1977 - A poluição do meio marinho. In: Recursos naturais meio ambiente e poluição. Contribuições de um ciclo de debates. IBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, Vol. 2, 1ªEd., 383-286, Ilust.

Silva, M.O.S.A. - 1977 - Análises físico-químicas para controle das estações de tratamento de esgotos. Cetesb. 225pp., Ilust., São Paulo.

Skinner, B.J. & K.K. Turekian. - 1977 - O homem e o oceano. Editora Edgard Blücher Ltda., 163pp., Ilust., São Paulo (traduzido por K. Suguio).

Suguio, K. - 1973 - Introdução à sedimentologia. Editora Edgard Blücher Ltda., 317pp., Ilust., São Paulo.

Tommasi, L.R. - 1977 - Indicadores biológicos de poluição marinha. In: Recursos naturais meio ambiente

Tabela I

Parâmetros estatísticos da análise granulométrica, nas  
15 estações

ESTAÇÕES	MEDIANA	MÉDIA	GRAU DE SELEÇÃO	GRAU DE ASSIMETRIA	CURTOSE
01	1,40	1,45	0,376	0,160	1,024
02	4,85	5,06	0,696	0,510	3,161
03	4,85	5,13	0,899	0,623	2,909
04	4,80	4,76	0,543	0,167	2,220
05	2,40	2,66	1,042	0,174	1,158
06	4,70	4,56	0,689	-0,320	2,160
07	—	1,33	1,000	0,500	—
08	4,70	4,70	0,957	0,052	0,807
09	4,65	4,61	1,167	0,154	2,231
10	4,60	4,65	0,912	0,181	1,502
11	4,85	4,90	0,920	0,243	2,103
12	4,45	4,35	0,825	0,327	1,423
13	4,55	4,51	0,864	-0,029	1,033
14	4,50	4,41	0,746	-0,092	1,229
15	4,55	4,56	0,972	0,109	1,596

Tabela II

Teore, em porcentagem, de óleo e graxa, sólidos voláteis totais, carbono orgânico, matéria orgânica e demanda química de oxigênio

ESTAÇÕES	ÓLEO E GRAXA	SÓLIDOS VOLÁTEIS TOTAIS	CARBONO ORGÂNICO	MATÉRIA ORGÂNICA	D.Q.O.
01	2,18	3,61	0,21	0,37	1,40
02	6,72	10,60	2,25	3,88	2,16
03	3,54	8,10	2,32	4,01	2,76
04	8,10	14,10	2,40	4,13	2,96
05	1,80	3,71	0,39	0,68	1,76
06	2,50	3,98	0,70	1,21	2,03
07	0,56	2,97	0,57	0,99	2,03
08	1,68	7,30	2,39	4,13	2,09
09	3,12	6,10	0,98	1,69	2,83
10	1,22	3,17	0,42	0,73	2,04
11	3,24	5,70	0,66	1,14	2,91
12	1,66	4,63	0,42	0,72	1,93
13	1,60	3,76	0,53	0,92	1,93
14	2,76	5,64	0,78	1,36	2,03
15	1,44	3,98	0,82	1,41	1,29

Tabela III

Estabilidade relativa de esgotos em função da mudança de coloração do azul de metileno

TEMPO NECESSÁRIO A DESCOLORAÇÃO A 20°C/ EM DIAS	ESTABILIDADE RELATIVA EM %	TEMPO NECESSÁRIO A DESCOLORAÇÃO A 20°C/ EM DIAS	ESTABILIDADE RELATIVA EM %
0,5	11	9,0	87
1,0	21	10,0	90
1,5	30	11,0	92
2,0	37	12,0	94
2,5	44	13,0	95
3,0	50	14,0	96
4,0	60	15,0	96
5,0	68	16,0	97
6,0	75	17,0	97
7,0	80	18,0	98
8,0	84	20,0	99

- ESTÇÕES DE COLETA  
DE SEDIMENTOS
- ESGOTOS SANITÁRIOS  
E INDUSTRIAIS

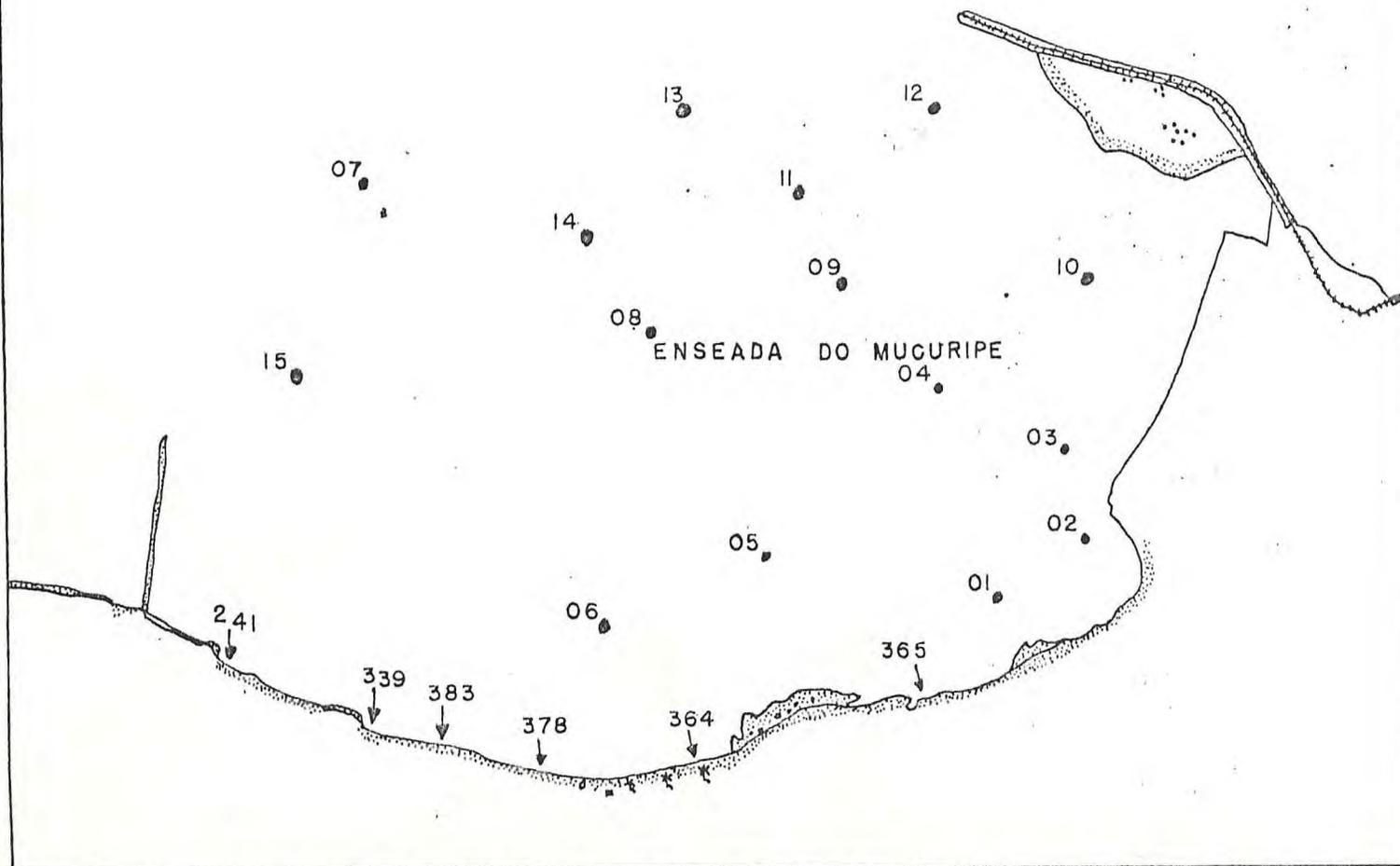


Fig. 1 - Estações de Coleta de sedimentos e localização dos esgotos que deságuam na enseada do Mucuripe, Fortaleza-Ceará-Brasil.

-  SILTE GROSSO
-  AREIA FINA
-  AREIA MÉDIA
-  CASCALHO

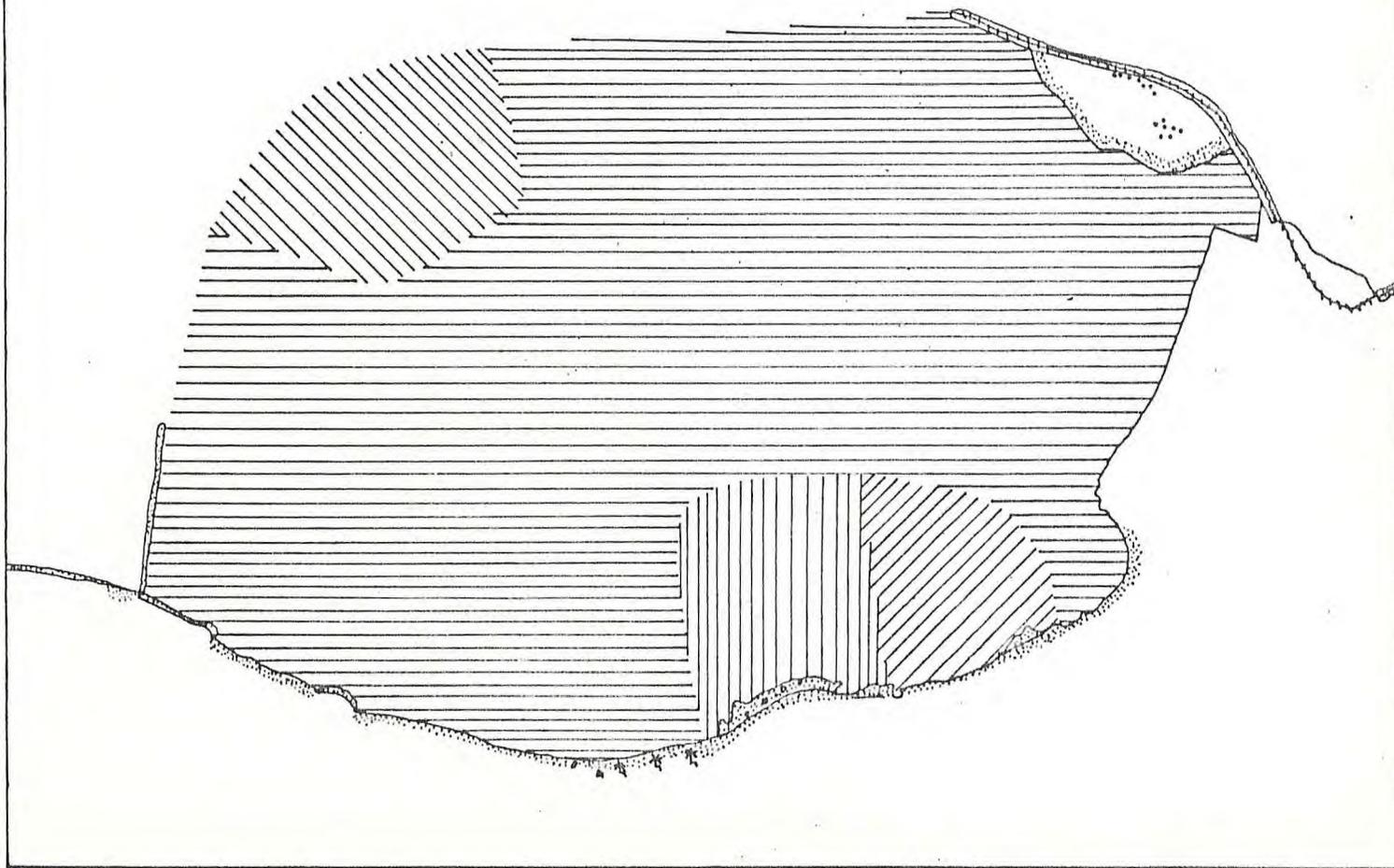


Fig. 2 - Fácies sedimentares da bacia da enseada de Mucuripe, Fortaleza - Ceará - Brasil.

ÓLEO E GRAXA

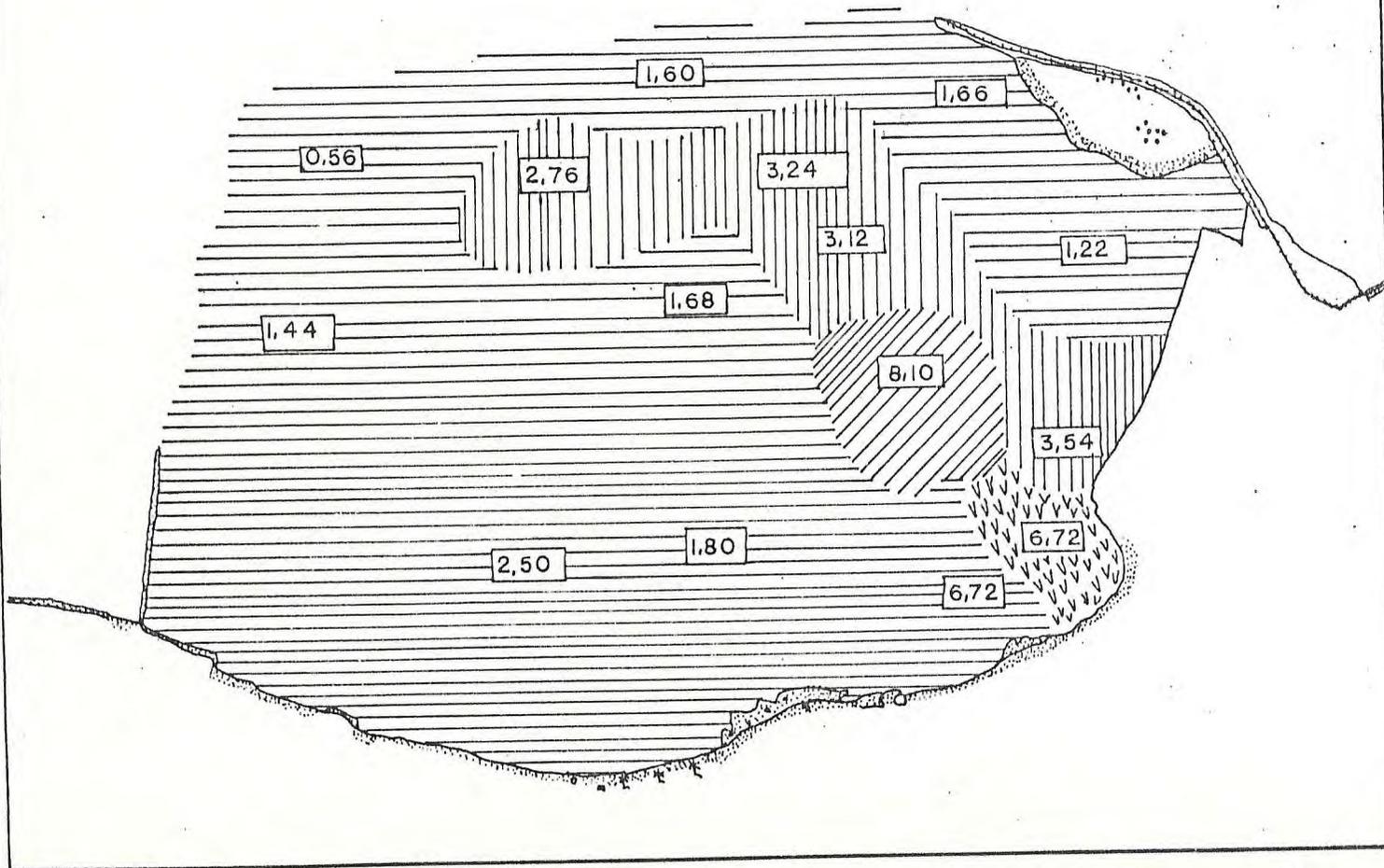
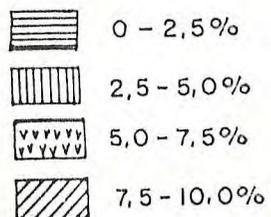


Fig. 3 - Distribuição de óleos e graxas nos sedimentos da bacia do porto de Mucuripe, Fortaleza - Ceará - Brasil.

SÓLIDOS

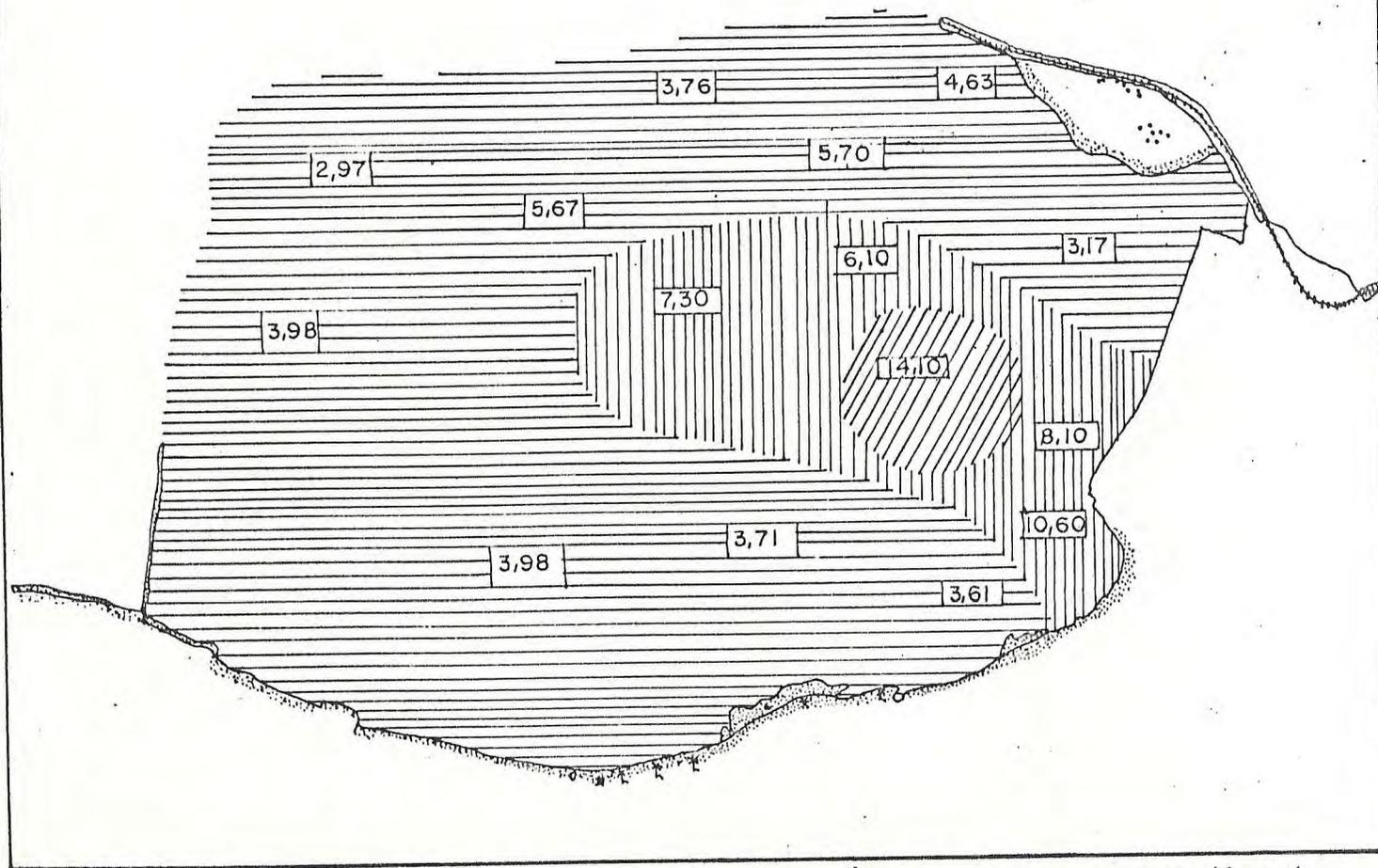
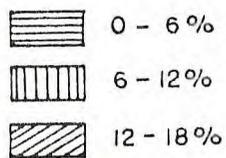


Fig. 4 - Distribuição das concentrações de sólidos totais nos sedimentos da enseada de Mucuripe, Fortaleza - Ceará - Brasil.

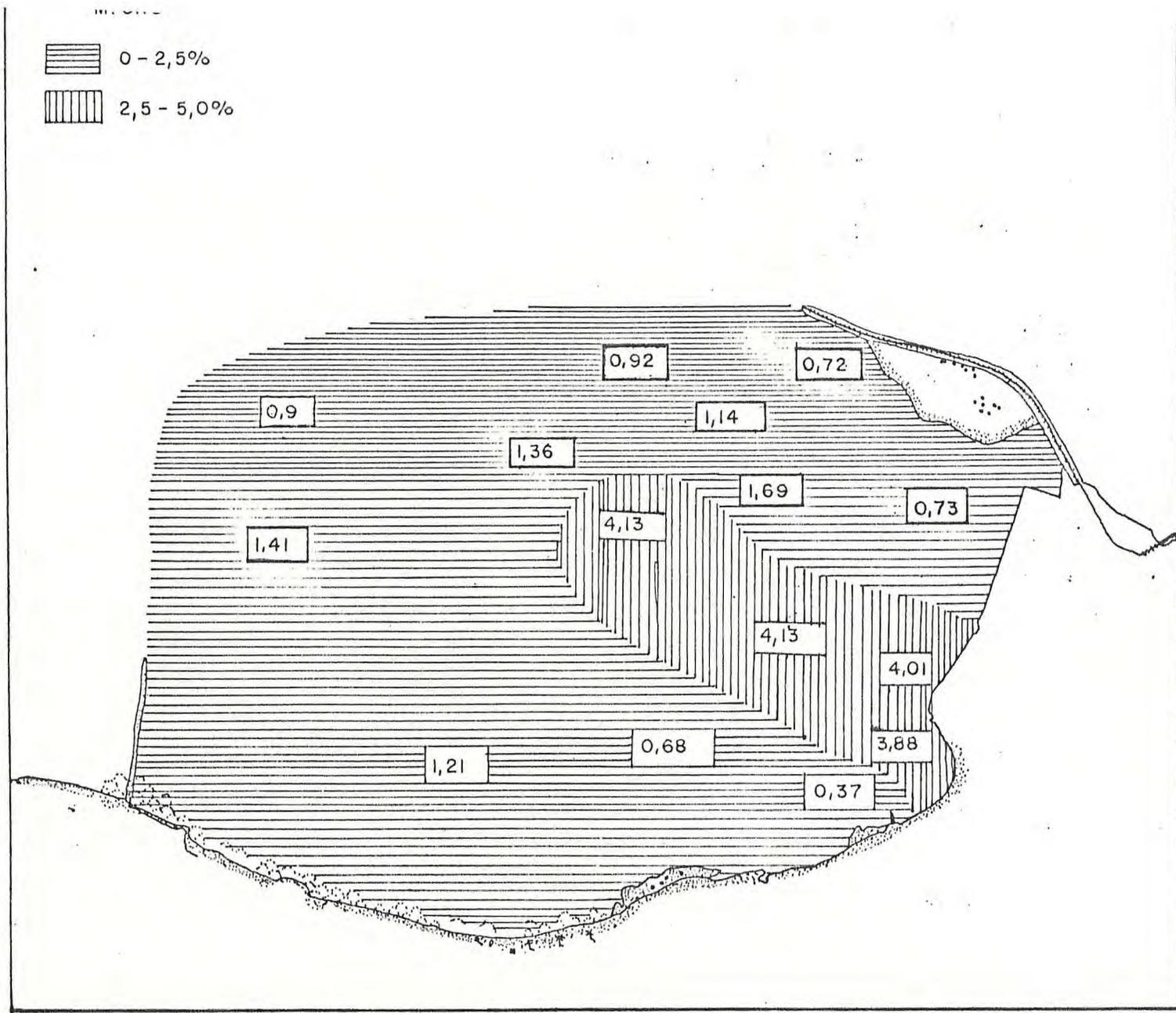


Fig. 5 - Distribuição da matéria orgânica nos sedimentos da bacia do porto de Mucuripe, Fortaleza - Ceará - Brasil.

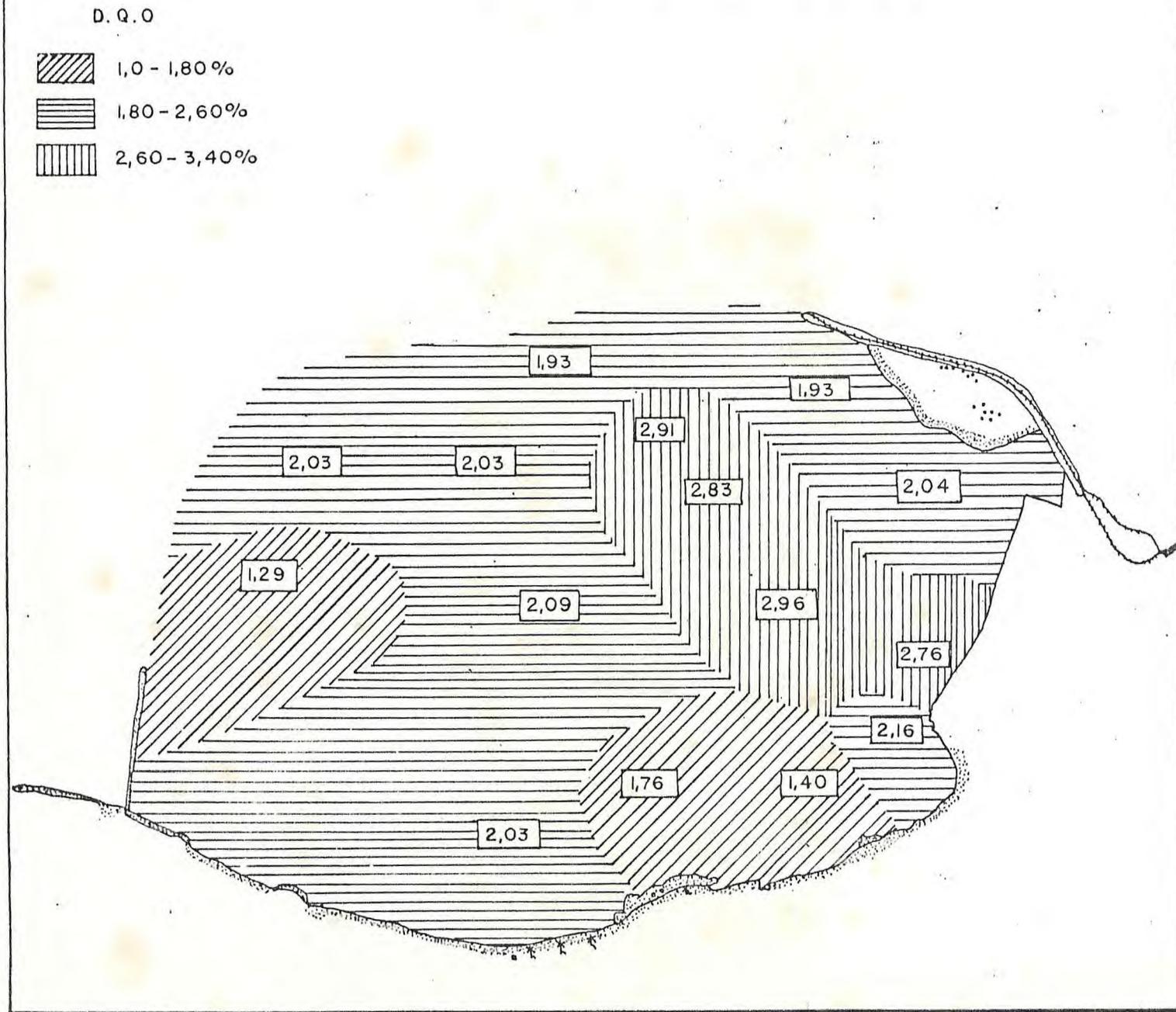


Fig. 6 - Demanda química de oxigênio nos sedimentos da bacia do porto de Mucuripe, Fortaleza - Ceará - Brasil.