

ESTUDOS HIDRÁULICO-SEDIMENTOLÓGICOS PARA
DETERMINAÇÃO DE NOVAS ÁREAS PARA LANÇAMENTO DE REJEITOS DE DRAGAGEM -
PORTO DE RIO GRANDE (RS)

Divisão de Engenharia Ambiental
CDTN/NUCLEBRÁS

DERL.CN- 013/86

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A. - NUCLEBRÁS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR
DEPARTAMENTO DE RADIOPROTEÇÃO E APOIO AO LICENCIAMENTO

ESTUDOS HIDRÁULICO-SEDIMENTOLÓGICOS PARA DETERMINAÇÃO
DE NOVAS ÁREAS PARA LANÇAMENTOS DE REJEITOS DE
DRAGAGEM - PORTO DE RIO GRANDE (RS)

AUTORES:

Virgílio Lopardi Bomtempo
Pedro Edmundo Aun
Amenônia Maria Ferreira Pinto

EQUIPE DE CAMPO:

Rubens Martins Moreira	Geraldo Godinho Pinto
Virgílio Lopardi Bomtempo	Duarte Augusto Costa
Paulo Sérgio P. Minardi	Ricardo da Silva Gomes

EQUIPE DE ANÁLISE:

Virgílio Lopardi Bomtempo
Pedro Edmundo Aun
Amenônia Maria Ferreira Pinto
Vera Lúcia Mendes Dias da Costa

EDIÇÃO:

Luiz Raphael Aun
Maria Aparecida Cardoso Chaves
Jacinta Maria de Souza
Eliane Alves Ferreira

BELO HORIZONTE - BRASIL

- Julho/1986 -

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS

I.	INTRODUÇÃO	1.
II.	TRABALHOS DE CAMPO	12.
III.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	26.
III.1.	Estudos na Área A - 1ª Injeção	
III.1.1.	Comportamento do Sedimento em Suspensão	26.
III.1.2.	Comportamento do Sedimento no Fundo	30.
III.2.	Estudos na Área B - 2ª Injeção	41.
III.3.	Estudos na Área B1 - 3ª Injeção	62.
III.4.	Estudos na Área C - 4ª Injeção	71.
III.4.1.	Comportamento do Sedimento em Suspensão	73.
III.4.1.1.	Processamento dos Dados	73.
III.4.1.2.	Advecção	73.
III.4.1.3.	Dispersão Horizontal	74.
III.4.1.4.	Diluição	76.
III.4.1.5.	Taxa de Sedimentação	77.
III.4.1.6.	Resultados	78.
III.4.1.6.1.	Transporte em Suspensão	78.
III.4.1.6.2.	Diluição	82.
III.4.1.6.3.	Taxa de Sedimentação	84.

	Página
III.4.2. Comportamento do Sedimento no Fundo	87.
IV. RESUMO E CONCLUSÕES	98.
V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108.
ANEXO I - Resultados das Análises Granulo métricas das Amostras de Fundo da Região do Porto de Rio Grande	

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura I.1. - Estudos Hidráulico-Sedimento lógicos na Região Portuária de Rio Grande - Março/86.	3.
Figura III.1.2.1. - Curvas de Isocontagens - 1ª Detecção de Fundo em A - 04/ 03/86.	32.
Figura III.1.2.2. - Curvas de Isocontagens - 2ª Detecção de Fundo em A - 05/ 03/86.	34.
Figura III.1.2.3. - Curvas de Isocontagens - 3ª Detecção de Fundo em A - 06/ 03/86.	36.
Figura III.1.2.4. - Curvas de Isocontagens - 4ª Detecção de Fundo em A - 08/ 03/86.	37.
Figura III.1.2.5. - Curvas de Isocontagens - 5ª Detecção de Fundo em A - 15/ 03/86.	39.
Figura III.2.1. - Curvas de Isocontagens - 1ª Detecção de Fundo em B - 12/ 03/86.	48.

	Página
Figura III.2.2. - Curvas de Isocontagens - 2ª Detecção de Fundo em B - 14/ 03/86.	51.
Figura III.2.3. - Curvas de Isocontagens - 3ª Detecção de Fundo em B - 15/ 03/86.	53.
Figura III.2.4. - Curvas de Isocontagens - 4ª Detecção de Fundo em B - 17/ 03/86.	55.
Figura III.2.5. - Curvas de Isocontagens - 5ª Detecção de Fundo em B - 19/ 03/86.	57.
Figura III.3.1. - Curvas de Isocontagens - 1ª Detecção de Fundo em B1- 19/ 03/86.	65.
Figura III.3.2. - Curvas de Isocontagens - 2ª Detecção de Fundo em B1- 22/ 03/86.	67.
Figura III.3.3. - Curvas de Isocontagens - 3ª Detecção de Fundo em B1- 24/ 03/86.	70.
Figura III.4.1.1. - Distância Percorrida pelo Traçador em Função do Tempo- Área C - 22/03/86.	80.

	Página
Figura III.4.1.2. - Variância em Função do Tempo- Área C - 22/03/86.	81.
Figura III.4.1.3. - Diluição em Função da Distân- cia - Área C - 22/03/86.	83.
Figura III.4.1.4. - Atividade Máxima em / Função do Tempo - Área C - 22/03/86.	85.
Figura III.4.2.1. - Curvas de Isocontagens - 1ª Detecção de Fundo em C - 23/ 03/86.	89.
Figura III.4.2.2. - Curvas de Isocontagens - 2ª Detecção de Fundo em C - 24/ 03/86.	92.
Figura III.4.2.3. - Curvas de Isocontagens - 3ª Detecção de Fundo em C - 25/ 03/86.	94.

ESTUDOS HIDRÁULICO-SEDIMENTOLÓGICOS PARA DETERMINAÇÃO DE
NOVAS ÁREAS PARA LANÇAMENTO DE REJEITOS DE DRAGAGEM -
PORTO DE RIO GRANDE (RS)

I. INTRODUÇÃO

A PORTOBRÁS/INPH, através do Plano Nacional de Dragagem, vem propondo, entre outras medidas de interesse para a melhoria operacional dos maiores portos brasileiros, estudos para a redução dos custos de dragagens de manutenção. Este objetivo pode ser atingido, entre outras ações que contemplam diretamente as técnicas de dragagem, pela redução da distância entre os locais dragados e as áreas de despejo (1).

Dentro do escopo deste Plano, já foram realizados estudos com aplicação de traçadores radioativos nas regiões portuárias de Santos (2), Rio de Janeiro (3) e Vitória (4). Todos estes trabalhos experimentais foram realizados pela Divisão de Engenharia Ambiental (DIEAM.CN) do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/NUCLEBRÁS) em conjunto com o Instituto de Pesquisas Hidroviárias, (INPH/PORTOBRÁS) encarregado das medições hidráulico - meteorológicas realizadas simultaneamente com as medições sedimentológicas.

O presente relatório trata dos estudos desenvolvidos na área portuária de Rio Grande, RS, com vistas à determinação de novas áreas para lançamento de rejeitos de dragagens.

Comparada com outras áreas portuárias já estudadas dentro dos objetivos previstos pelo Plano Nacional de Dragagem, o Porto de Rio Grande apresenta características bastante peculiares e um grau de complexidade muito maior (5).

Na realidade, a região portuária compreende tres partes distintas:

- a) em primeiro lugar aparece o chamado Porto Velho, situado na parte N da cidade de Rio Grande, com profundidades junto ao cais da ordem de 5m; hoje é utilizado principalmente por embarcações de transporte de passageiros, embarcações de pesca e navios de pequeno porte (Figura I.1);
- b) para suprir a deficiência de calado daquele porto foi implantada uma nova área portuária conhecida como Porto Novo, situado no limite E da cidade, adjacente ao canal que a separa da Ilha do Terraplano (ou da Base), com profundidades junto ao cais variando de 7,8m a 11,2m (Figura I.1);
- c) a parte mais moderna e que permite a atracação de navios de grande calado constitui o chamado Super Porto, que se estende na margem direita do Canal do Norte, o qual faz a ligação do oceano com as Lagoas dos Patos e Mirim. O Super Porto apresenta terminais especializados em derivados de petróleo, fertilizantes, granéis, carnes, pescado, contâineres, que se estendem da Ponta da Mangueira até Vila Siqueira, próximo

ht

à raiz do molhe oeste (Figura I.1).

Tanto o Porto Novo como o canal de acesso ao Super Porto sofrem dragagens de manutenção de considerável monta.

No primeiro caso utiliza-se uma draga de alcatruzes e batelões que, preenchidos com o material dragado, fazem seu despejo na extremidade N da Coroa de Dona Mariana, na margem E do canal.

Quanto à região do Super Porto, a dragagem é feita periodicamente por dragas auto-transportadoras que fazem o despejo do material a N da barra do Rio Grande, a E do molhe leste. Este despejo era normalmente realizado a S da barra, e a mudança do local de despejo foi proposta pelo INPH no Relatório INPH 167/84, Volume I.

As oscilações do nível da água em Rio Grande resultam da superposição da maré astronômica, de pequena amplitude (0,30m) e da ação predominante dos agentes meteorológicos: ventos, pressão atmosférica e precipitação pluviométrica (6).

Sendo a orientação das correntes também função básica do regime de ventos e de chuvas pode-se observar dois comportamentos distintos das águas:

- a) na época de estiagem (verão e outono), caracterizada por baixos índices de precipitação pluviométrica, o escoamento das águas dá-se preferencialmente no sentido da lagoa; este fenômeno pode ser ainda mais intenso nos períodos em que sopram ventos do quadrante S. A salinida

de pode aumentar consideravelmente para o interior do estuário (já foram observados valores superficiais de salinidade de 20‰ em seção de medição localizada entre a Ponta Rasa e a foz do Canal de São Gonçalo);

- b) no período das cheias (inverno) o escoamento tem o sentido preferencial do continente para o mar. Em associação com ventos do quadrante NE, as vazantes podem durar vários dias, o que tende a reduzir consideravelmente a salinidade das águas do estuário (já foi observada salinidade superficial de 1‰ entre os molhes da barra (6)).

A composição do fundo apresenta também características de grande diversidade.

Calliari (7) coletou e analisou cerca de 310 amostras da superfície do fundo em toda a região lagunar. Dessas, 22 amostras foram colhidas na região portuária prevista para os estudos descritos neste relatório.

Analisando a distribuição dos sedimentos por faixa de profundidade, Calliari observou uma diminuição da fração grosseira com o aumento da profundidade, ocorrendo o inverso para a fração fina. Com base no chamado diagrama triangular modificado de Shepard foi elaborado um mapa textural do fundo, de acordo com o conteúdo de areia - silte-argila, o que permitiu identificar-se a presença de seis tipos de fundo: arenoso, areno-siltico, areno-argiloso, misto, siltico-argiloso e argilo-siltico. Verificou-se que a fâcie arenosa, que constitui o recobrimento sedimentar predominante, está afeta às porções rasas, que cons

tituem a margem lagunar e os grandes bancos, sujeitos à ação das ondulações impedidoras da deposição de finos. No entanto, há ocorrências dessa fácies também em canais onde haja ação de correntes sobre o fundo, devido à intensa ação hidrodinâmica local.

De acordo com a Figura 10 apresentada em (7), a composição textural na região portuária, em particular, é aproximadamente a seguinte:

- a) o fundo do canal que separa o Porto Novo da Ilha do Terraplano é constituído de material argilo-siltico;
- b) de material argilo-siltico também é constituída a parte mais profunda do canal do Norte, desde a entrada da barra até bem ao N de São José do Norte, que fica na margem E do canal;
- c) a região a E da Ilha do Terraplano é constituída de areia e a região a S e SE, até atingir o canal, de material misto contendo areia, silte e argila;
- d) há uma fácies de material areno-siltico entre a região mais profunda do canal e a Coroa de Dona Mariana, composta de areia, em frente à porção N do Super-Porto;
- e) em frente à região que vai dos terminais especializados até Vila Siqueira o canal apresenta material areno-argiloso em seus taludes, e areia na parte mais rasa que vai da ponta dos Pesca

dores à barra.

Os aspectos fisiográficos, hidráulicos e sedimentológicos mencionados neste capítulo introdutório foram considerados em detalhe na elaboração da proposta técnica pela Divisão de Engenharia Ambiental para os estudos na região portuária de Rio Grande (5).

Foram também considerados os resultados obtidos em trabalhos anteriores realizados pelo pessoal do antigo Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR), nos anos de 1970 (8) e 1972 (9).

Estes trabalhos tiveram o objetivo principal de verificar o comportamento, no fundo, do material dragado no Porto Novo e despejado na parte N da Coroa de Dona Mariana, para se avaliar a possibilidade de retorno desse material à região de dragagem.

O primeiro trabalho (8) foi um estudo preliminar para se estabelecer a metodologia de trabalho e testar equipamentos para uso no campo. Pretendia-se injetar, a N da Coroa de Dona Mariana, vasa marcada com Ouro-198, no fundo. No entanto, dificuldades imprevistas fizeram com que o material se espalhasse em suspensão para N, carregado pelas correntes de enchente. Foi encontrado material, dois dias após a injeção, a até 4 km ao N de onde havia sido injetado, dentro do canal.

O segundo trabalho (9) foi realizado entre janeiro e abril de 1972. Nesta ocasião foi feita, no fundo, uma injeção de vidro moído marcado com antimônio 124 ($T_{1/2} = 60$ dias), em 13/01/72, mais precisamente. Detecções de

fundo realizadas em janeiro, fevereiro e abril revelaram um movimento considerável do material para S e N do ponto de injeção. As detecções de abril/72 mostraram que não havia mais nenhum material radioativo nas proximidades do ponto de injeção e que não houve retorno apreciável do material injetado para a região do Porto Novo.

Nestas campanhas, o fato de se injetar o material no fundo impediu a integração dos efeitos do espalhamento inicial produzido pelo despejo acima do fundo e o do momento vertical provocado pela queda da massa sólida contida nos batelões, o que pode ser possível obter-se quando se marca com traçador a própria carga do batelão.

De início estabeleceu-se que as medições hidráulico-meteorológicas a serem realizadas simultaneamente com os estudos em que se aplicariam traçadores radioativos seriam executadas pelo INPH/PORTOBRÁS.

De acordo com a proposta técnica (5), os estudos sedimentológicos previstos são:

- 1) injeção na área A (Figura I.1) de material dragado do Porto Novo, marcado na batelão com traçador radioativo e despejado a SE da Ilha do Terraplano, na região onde existe um canal secundário com profundidades próximas aos 5 m; alternativa para despejo em C;
- 2) injeção na área A1 (Figura I.1) de material colhido da região do Porto Novo, previamente homogeneizado e concentrado a 200 g/l, marcado com traçador radioativo e bombeado para o fun

do. Esta área tem profundidades pequenas, fica a E da Ilha do Terrapleno, e poderia eventualmente receber material dragado da área do porto por um sistema de sucção e recalque (Figura I.1);

- 3) injeção na área B, situada na margem esquerda do canal de acesso, na região adjacente à Coroa de Dona Mariana, de material despejado de draga auto-transportadora ou de um dos batelões que operam no Porto Novo; alternativa para despejo ao largo;
- 4) caso haja um retorno apreciável do material injetado em B para dentro do canal e a eficiência de despejo seja baixa, a área B poderia ser usada como área de tombo do material dragado por dragas auto-transportadoras, material este que a seguir seria recalcado para região mais a E, junto à Coroa de Dona Mariana. Seria feita, assim, uma injeção de material marcado em B1 (Figura I.1), com tambor, da mesma forma que o previsto para A1;
- 5) para uma melhor avaliação do despejo que atualmente é realizado em C, previa-se um lançamento superficial de vasa marcada com ouro radioativo, utilizando-se também o sistema de bomba e tambor.

A proposta assim montada passou a fazer parte do contrato celebrado entre a Portobrás (85/080/00) e a Nuclebrás (4/85/009), em 25 de novembro de 1985, para a realiza

ção dos estudos na região portuária de Rio Grande.

No final de janeiro de 1986 um engenheiro da Divisão de Engenharia Ambiental do CDTN/NUCLEBRÁS e um oceanógrafo da Divisão de Levantamentos do INPH/PORTOBRÁS fizeram uma visita de reconhecimento a Rio Grande.

Em função das observações feitas no campo naquela ocasião e das proposições contidas no documento (5), a Chefia da DIEAM, CN enviou, em 14/02/86, correspondência à Chefia do INPH (CE DIEAM, PD-003.02/86) propondo algumas modificações no esquema de trabalho inicialmente previsto.

As principais modificações pretendidas seriam:

- realização de quatro injeções de material de fundo marcado com Au-198;
- nas áreas A e C, a injeção seria feita pelo despejo do material contido nos batelões, após marcação mássica com ouro; o estudo assim realizado teria excelentes condições de semelhança com o caso real pois o despejo é atualmente feito em C e A poderá se tornar um local alternativo;
- nas áreas B e B1 sugeriu-se realizar injeções (2 no total) depositando, no fundo, material marcado com ouro por meio de bombeamento. Este estudo teria o principal objetivo de avaliar o comportamento do material que, após uma eventual descarga, ficasse depositado no fundo. Como não estaria disponível na época dos trabalhos de campo a draga auto-transportadora, julgou-se

mais adequado fazer uma injeção que assegurasse que todo o material fosse colocado no fundo ao invés de se arriscar a perder material em sus pensão caso se usasse o despejo por batelão;

- a área A1, na Coroa do Ladino, tem profundidades muito baixas e inúmeros obstáculos à navegação, o que desaconselha estudos no local.

Aprovadas as mudanças, deu-se início aos trabalhos de campo.

II. TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo foram realizados no período de 25/02/86 a 27/03/86.

Foram realizados numa única campanha de estudos, para a qual tanto a equipe da DIEAM, CN - CDTN/NUCLEBRÁS quanto a equipe da DIDELE-INPH/PORTOBRÁS contaram com o inestimável apoio do pessoal da Administração de Serviços Delegados (ASD-DEPRC), da Comissão de Fiscalização das Obras do Super Porto e Porto Novo (COESPE-PORTOBRÁS) e da Inspetoria Fiscal dos Portos de Porto Alegre, Rio Grande e Pelotas (PORTOBRÁS), além da Administração do Porto de Rio Grande (APRG-DEPRC).

O barco utilizado nos trabalhos de sedimentologia foi o pesqueiro ITAPOÃ, com 14,25 m de comprimento e 4,25m de boca, comandado pelo mestre Lourival.

O caminhão transportando o equipamento da DIEAM, CN saiu de Belo Horizonte em 25/02, deixou em São Paulo, no IPEN/CNEN, as blindagens e as amostras de ouro metálico para irradiação em 26/02 e chegou a Rio Grande em 28/02.

A equipe da DIEAM, CN viajou para Rio Grande em 27/02, e no mesmo dia foram feitos os contactos iniciais para o começo dos trabalhos.

Em 28/02 teve início a montagem do barco, no cais da ASD(DEPRC) e foi feita a coleta de vasa para a primeira injeção. A vasa foi colhida na própria cisterna do ba telão LEITÃO.

Em 01/03 foi completada a montagem do barco (houve necessidade de algumas alterações na cabine de modo a poder acomodar pessoal e equipamentos) e preparada a vasa para a marcação do material no batelão.

Em 02/03 foi executado o levantamento da atividade de fundo (background) da área A. Foi também lançada e posicionada uma bóia de ponto para marcar a posição em que ficaria fundeado o correntôgrafo do INPH nesta região. Observou-se que a atividade de fundo era bastante irregular, variando de cerca de 17 cps, próximo à parte mais profunda da área, a 10 cps nas regiões mais rasas. Atividades de fundo altas são indicativas da presença de maior quantidade de material coesivo e atividades mais baixas, de material de maior granulometria. Estas primeiras indicações estão, inicialmente, de acordo com os resultados obtidos por Calliari (7) para esta região. No mesmo dia recebeu-se a primeira carga de ouro radioativo vinda de São Paulo.

Em 03/03 foi feita a dissolução do ouro por ataque com água-régia, a quente, e feita a marcação do material do fundo colocado na cisterna do batelão CAMPISTA. Para se obter uma marcação mais homogênea, geralmente marca-se inicialmente a vasa, previamente preparada, com o ouro diluído e, a seguir, faz-se gotejar este material na calha da draga, onde ele se mistura ao material que está sendo retirado do fundo. Este processo não foi utilizado, no entanto, porque o material que saía da calha da draga passava por uma grade para retenção de detritos e pedras antes de atingir a cisterna do batelão. Nesta grade certamente haveria retenção de material marcado, além do risco de contaminação devido aos espirros de lama ao atingir a grade. Op

tou-se, assim, por injetar a vasa marcada diretamente no batelão, por uma mangueira que gotejava este material enquanto o batelão era preenchido com material vindo do fundo. Este processo durou de 14:00 h às 15:00 h.

A draga que operava no Porto Novo é a Governador Dornelles. Terminada a marcação, o rebocador RIENZI levou o batelão até a área A, onde foi realizado o despejo, às 17:13 h.

Nas manobras para a chegada à área de despejo tanto o rebocador (cerca de 2,5m de calado) como o batelão (cerca de 4,0m de calado) encalharam. De acordo com o mestre do rebocador a entrada de embarcações de maior porte naquela área, antes de se atingir a "canaleta", é bastante difícil.

Feita a injeção, teve início a detecção de material em suspensão, que terminou às 18:45 h.

Neste mesmo dia foi instalado o correntógrafo do INPH na área A.

Em 04/03 foi realizada a primeira detecção de fundo em A. A equipe do INPH realizou perfis de corrente também neste dia. As demais detecções de fundo em A foram realizadas nos dias 05/03, 06/03, 08/03 e 15/03/86.

Em 06/03 foi feita a primeira etapa do levantamento da atividade natural do fundo da região C. Foram ainda colhidas duas amostras do material de fundo em A, uma a N e outra a S da área em estudo.



Em 07/03 lançou-se a bôia de ponto para o correntôgrafo do INPH em C e executou-se a segunda etapa do levantamento do "background" nesta região.

Se a navegação em A já era difícil devido à presença de inúmeros calões (ou andainas) cravados no fundo para serem usados como suportes de redes de espera, em C tornou-se ainda mais difícil devido à presença de baixios margeando o canal e grande quantidade de detritos depositados no fundo pelos despejos dos batelões, o que provocou vários rompimentos do cabo da sonda arrastada pelo barco, junto ao fundo, durante as detecções.

A atividade natural do fundo é relativamente uniforme, nos níveis de 10 a 12 cps.

A equipe do INPH fez neste dia perfis de corrente, salinidade e temperatura em A.

Em 09/03 recebeu-se a segunda remessa de ouro radioativo. Em 10/03 a draga Governador Dornelles apresentou defeito (rompimento do cabo de acionamento da lança) que a deixou fora de ação até o fim dos trabalhos. Em 10/03 foram levantadas as atividades de fundo nas áreas B e B1, que se mostraram razoavelmente uniformes, ficando em 13 cps na média. A área B1 é muito rasa e a navegação tem que ser feita com muito cuidado, não só para evitar os já mencionados calões, como também encalhes. Em alguns trechos o fundo pode ser revolvido pelo hélice do barco. Também neste dia foi preparada a vasa para a injeção em B, através do sistema de bomba e tambores.

Em 11/03 foi feita a dissolução do ouro metálico, a marcação da vasa e a injeção no fundo em B, às 15:05h. Foi a seguir realizada a detecção de localização da mancha no fundo ("mise-en-place"). A equipe do INPH realizou medições de corrente, salinidade e temperatura em B.

Em 12/03 foi realizada a primeira detecção de fundo em B, e a equipe do INPH fez medições de correntes, salinidade e temperatura.

Em 13/03 o barco apresentou defeito na bomba de água de refrigeração do motor e não se pode trabalhar. Foram feitas manutenções de rotina nos equipamentos e uma visita a FURG (Fundação Universidade do Rio Grande), para um contato mais aprofundado com o pessoal que trabalha em áreas de interesse semelhantes às das equipes da DIEAM.CN e INPH, que fez novas medições em B nesta data.

Em 14/03 foi realizada a segunda detecção de fundo em B e novas medições pela equipe do INPH.

Em 15/03 foi realizada a terceira detecção de fundo em B, que transcorreu sem problemas.

No dia 16/03 recebeu-se a terceira remessa de ouro radioativo, também vinda de São Paulo. Foi preparada a vasa para injeção em B1.

Em 17/03 foi realizada a quarta detecção de fundo em B, e colhidas duas amostras do material de fundo da região B1. Foi também realizada a injeção de fundo em B1, com o sistema de bombeamento da DIEAM.CN, a qual seguiu-se a detecção de "mise-en-place". A profundidade local era

de 1,70m e a injeção foi feita às 15:32 h. O INPH fez medições em B1 nesta data.

Tentou-se fazer a primeira detecção de fundo em B1 em 18/03, o que não foi possível devido à baixa profundidade (cerca de 0,90m). As águas corriam para S e o barco encalhou diversas vezes na tentativa de se chegar à área B1. A equipe do INPH, com barco de menor calado, fazia medições nesta área.

Em 19/03 foi realizada a primeira detecção de fundo em B1. Foi ainda realizada a quinta detecção em B, bastante dificultada pela corrente orientada para N e pelo vento de SW. O INPH também fez medições em B1.

Em 20/03 não foi possível trabalhar em B1 devido às baixas profundidades. Foi coletada e preparada a vasa para a próxima injeção. Confirmou-se junto ao pessoal da ASD/DEPRC que a draga de mandíbulas ("clam-shell") poderia ser usada para encher o batelão para o despejo em C, já que a draga de alcatruzes não estaria pronta a tempo.

Em 21/03 recebeu-se a quarta e última remessa de ouro, e novamente não foi possível trabalhar em B1, devido às baixas profundidades do local.

Em 22/03 foi finalmente realizada a segunda detecção de fundo em B1, com lâmina d'água de 1,30m em vazante. O ouro metálico foi dissolvido, e foi feita a marcação da vasa no batelão, no cais da ASD/DEPRC. Utilizou-se novamente o gotejamento de vasa, previamente marcada e preparada, na cisterna do batelão, que foi preenchido pela draga de mandíbulas até cerca de 2/3 de sua capacidade. De tem



pos em tempos usava-se a própria queda do material da draga para se tentar desagregar e homogeneizar o material já depositado na cisterna. Antes da marcação com radioisótopo o material foi desagregado com jatos de água e golpes da caçamba da draga. O trabalho de marcação foi realizado entre 13:50 h e 14:00 h. A injeção em C foi realizada às 15:37h, com o despejo do material marcado através das comportas do batelão. Foi a seguir realizada a detecção do sedimento em suspensão e, após seu final, a detecção de "mise-en-place" do material após ter atingido o fundo. O INPH realizou medições de corrente, salinidade e temperatura nesta região.

Em 23/03 foi realizada a primeira detecção de fundo em C, que apresentou dificuldades devido aos detritos do fundo e à forte corrente orientada para S.

Em 24/03 foi realizada a segunda detecção de fundo em C, que novamente mostrou-se muito difícil. Foi também colhida amostra de fundo desta região. Foi finalmente realizada a terceira detecção de fundo em B1, com lâmina d'água de 1,10m. A baixa profundidade dificultou sobremodo a navegação, em especial as manobras do barco.

Em 25/03 foi realizada a terceira detecção de fundo em C, muito dificultada pela forte corrente de enchente e ventos de SW a S, que agitavam o mar de modo caótico. Foi retirado o correntôgrafo do INPH que operava em C. Foi colhida amostra do sedimento de fundo na área B.

Em 26/03 foram retirados os equipamentos do barco Itapoã, no trapiche próximo à raiz do molhe W, e tomadas as providências finais para a viagem do caminhão e da equi

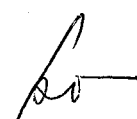
pe da DIEAM.CN, cujo retorno deu-se em 27/03/86.

No quadro II.1, a seguir estão resumidos, em ordem cronológica, os trabalhos de campo realizados pela equipe da DIEAM.CN em Rio Grande, RS.

DATA/86	ATIVIDADE	OBSERVAÇÕES
25/02	- Viagem do equipamento	
26/02	- Entrega de blindagens e amostras de ouro em São Paulo (IPEN/CNEN).	
27/02	- Viagem da equipe da DIEAM.CN	
28/02	- Montagem do barco - Coleta de vasa para 1ª injeção.	
01/03	- Montagem do barco - Preparação de vasa (peneiramento, diluição, homogeneização)	
02/03	- Levantamento da atividade de fundo em A. - Posicionamento de bôia p/ correntôgrafo. - Chegada da 1ª remessa de radioisótopo.	

DATA/86	ATIVIDADE	OBSERVAÇÕES
03/03	<ul style="list-style-type: none"> - Preparação do radioisótopo (dissolução por ataque de água-régia, a quente). - Marcação do material dragado no batelão CAMPISTA. - 1ª injeção - Detecção em suspensão - Instalação do correntógrafo em A 	<p>Área A, batelão</p> <p>Equipe do INPH</p>
04/03	<ul style="list-style-type: none"> - 1ª detecção de fundo - Medições de corrente, salinidade e temperatura em A. 	Equipe do INPH
05/03	<ul style="list-style-type: none"> - 2ª detecção de fundo 	Área A
06/03	<ul style="list-style-type: none"> - 3ª detecção de fundo - Levantamento da atividade natural de fundo em C. - Coleta de duas amostras de fundo 	<p>Área A</p> <p>1ª etapa</p> <p>Área A</p>
07/03	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento da atividade natural de fundo em C. - Lançamento de bôia de ponto para correntógrafo; perfis de corrente, salinidade e temperatura em A. 	<p>2ª etapa</p> <p>Área C</p> <p>Equipe do INPH</p>
08/03	<ul style="list-style-type: none"> - 4ª detecção de fundo. 	Área A

DATA	ATIVIDADE	OBSERVAÇÕES
09/03	- Chegada da 2ª remessa de radioisótopo.	
10/03	- Levantamento da atividade natural do fundo. - Preparação de vasa para a 2ª injeção.	Áreas B e B1.
11/03	- Preparação do radioisótopo - 2ª injeção - Detecção de "mise-en-place" - Medições de corrente, salinidade e temperatura em B.	Área B; tambor Equipe do INPH
12/03	- 1ª detecção de fundo. - Medições de corrente, salinidade e temperatura em B.	Área B Equipe do INPH
13/03	- Manutenção de equipamentos. - Visita à FURG. - Medições de corrente, salinidade e temperatura em B.	Barco c/defeito Equipe do INPH
14/03	- 2ª detecção de fundo. - Medições de corrente, salinidade e temperatura em B.	Área B Equipe do INPH
15/03	- 5ª detecção de fundo. - 3ª detecção de fundo.	Área A Área B



DATA	ATIVIDADE	OBSERVAÇÕES
16/03	<ul style="list-style-type: none"> - Chegada da 3ª remessa de radioisótopo. - Preparação de vasa para a 3ª injeção. 	
17/03	<ul style="list-style-type: none"> - 4ª detecção de fundo. - Coleta de amostras do fundo. - Preparação do radioisótopo - 3ª injeção. - Detecção de "mise-en-place" - Medições de corrente, salinidade e temperatura em B1. 	<p>Área B</p> <p>Área B1</p> <p>Área B1;tambor</p> <p>Equipe do INPH</p>
18/03	<ul style="list-style-type: none"> - Medições de corrente, salinidade e temperatura em B1. 	Equipe do INPH
19/03	<ul style="list-style-type: none"> - 1ª detecção de fundo. - 5ª detecção de fundo. - Medições de corrente, salinidade e temperatura em B1. 	<p>Área B1</p> <p>Área B</p> <p>Equipe do INPH</p>
20/03	<ul style="list-style-type: none"> - Coleta e preparação de vasa para 4ª injeção. 	
21/03	<ul style="list-style-type: none"> - Chegada da 4ª remessa de radioisótopo. 	
22/03	<ul style="list-style-type: none"> - 2ª detecção de fundo. - Preparação do radioisótopo. - Marcação do material dragado, no batelão CAMPISTA 	Área B1

DATA	ATIVIDADE	OBSERVAÇÕES
22/03 (Cont.)	<ul style="list-style-type: none"> - 4ª injeção - Detecção em suspensão - Detecção de "mise-en-place" - Medições de corrente, salinidade e temperatura em C. 	<p>Área C; batelão</p> <p>Equipe do INPH</p>
23/03	<ul style="list-style-type: none"> - 1ª detecção de fundo 	Área C
24/03	<ul style="list-style-type: none"> - 2ª detecção de fundo - Coleta de amostra de fundo - 3ª detecção de fundo 	<p>Área C</p> <p>Área B1</p>
25/03	<ul style="list-style-type: none"> - 3ª detecção de fundo - Coleta de amostra de fundo - Retirado o correntôgrafo de C 	<p>Área C</p> <p>Área B</p> <p>Equipe do INPH</p>
26/03	<ul style="list-style-type: none"> - Desmonte do barco (retirada de equipamentos) - Providências administrativas. 	
27/03	<ul style="list-style-type: none"> - Viagem de retorno da equipe da DIEAM.CN e do equipamento. 	

Quadro II.1 - Resumo dos Trabalhos de Campo
Desenvolvidos pela DIEAM.CN em
Rio Grande, RS



Para o posicionamento eletrônico da embarcação durante os trabalhos de campo foram utilizadas bases cujas posições podem ser vistas na Figura I.1 e cujas coordenadas UTM, conforme fornecidas pela Companhia Brasileira de Dragagem - CBD, são mostradas no Quadro II.2, a seguir.

BASE	COORDENADAS UTM	
	ESTE	NORTE
CBD-19 (Fertisul)	398 684,96	6 453 257,95
PORTOBRÁS 14 (*)	396 880,00	6 450 502,00
PIER (*)	396 735,00	6 450 329,00
COBRASIL	396 682,09	6 450 676,85
DOLFIM-2	395 845,68	6 447 260,04

(*) Obtidas da planta de sondagem batimétrica F-2101-DHN, fornecida pela CBD, com data de 06/11/84 e escala 1:5000

Quadro II.2 - Coordenadas UTM das Bases de Posicionamento da Embarcação em Rio Grande, RS

A base CBD-19 fica nos terrenos da FERTISUL que gentilmente autorizou a equipe da DIEAM.CN a entrada em sua planta sempre que necessário.

As demais bases, com exceção da Dolfim 2, só acessível por mar, podem ser atingidas por mar e terra.



III. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para maior clareza, os resultados obtidos nos estudos hidráulico-sedimentológicos em Rio Grande serão tratados individualmente neste capítulo, ou seja, cada injeção e posteriores detecções a ela referentes serão expostos separadamente. No próximo capítulo pretende-se, então, apresentar conclusões que englobem as características observadas nas quatro áreas em estudo.

A interpretação dos resultados obtidos com a aplicação de traçadores radioativos não deverá ser extrapolada, de modo seguro, para épocas distintas daquelas em que foram os estudos realizados, pois utilizou-se um traçador radioativo de meia-vida relativamente curta (2,7 dias).

As observações feitas no campo pelo pessoal da DIEAM.CN e, em particular, os resultados das medições hidráulico-meteorológicas realizadas pela equipe do INPH no mesmo período (10) são as bases nas quais se assentam a interpretação, resultados e conclusões dos estudos com traçador radioativo.

III.1 Estudos na Área A - 1a. Injeção

O principal objetivo de se estudar o comportamento do material em suspensão e no fundo na área A é verificar a possibilidade dela se tornar uma alternativa para o despejo que é atualmente realizado na área C.

Daí porque optou-se por marcar com radioisótopo, no batelão, o material dragado no Porto Novo e monitorar tanto o despejo quanto seu comportamento após se depositar no fundo.

A primeira injeção foi realizada às 17:13h do dia 03/03/86, através do despejo do material contido na cisterna do batelão CAMPISTA.

O ponto de injeção tem as coordenadas UTM 399654E e 6453142W (figura I.1). A profundidade local era de 5,5m.

Na ocasião da injeção, o dia apresentava-se nublado e o vento soprava fraco a moderado de SW.

Pouco antes da injeção foi realizada uma medição de correntes na área A, a correntômetro, no ponto de coordenadas UTM 399614E e 6453075N, cujos resultados aparecem no quadro III.1.1, a seguir.

Prof. (m a partir Superfície)	Direção (°NV)	Intensidade (m/s)	Hora
1	32	0,58	16:12
2	37	0,62	
3	36	0,54	
4	40	0,51	
5	41	0,33	

QUADRO III.1.1 - Perfil de Correntes antes da Injeção em A (03/03/86).


Como se observa no quadro, a corrente encontrava-se francamente orientada para o interior do estuário, nos diversos níveis de profundidade, com intensidades maiores na superfície que no fundo, o que é normal. Devido a essa constatação escolheu-se o ponto de injeção bem a S da área A, para que houvesse possibilidade de se cobrir uma área maior quando do espalhamento do material.

III.1.1 Comportamento do Sedimento em Suspensão

Devido às características do local, como será visto a seguir, a detecção em suspensão não forneceu resultados quantitativos, somente qualitativos.

Terminada a injeção, o batelão retirou-se da área e teve início a detecção do material em suspensão, que terminou às 18:45h.

Neste caso, a sonda de detecção fica presa a uma haste metálica fixada no bordo da embarcação. A sonda fica a 1,0m abaixo da superfície da água. Tenta-se fazer cruzamentos da nuvem radioativa passando-se pelo pico de atividade. No começo a navegação é visual, pois pode-se distinguir bem a mancha enquanto o material vai se depositando. No ponto onde se atinge o pico a primeira vez pode ser lançado corante adequado para prolongar o período em que a navegação é feita visualmente. Com a dispersão gradativa do material a navegação visual torna-se cada vez mais difícil e passa a ser feita principalmente com o auxílio da plotagem das posições de passagem do barco e cálculos de velocidade de advecção do pico, baseados na velocidade da corrente na superfície.



A aplicação desta técnica mostrou que o material radioativo adicionado à vasa contida no batelão foi transportado para NE, a uma velocidade de cerca de 0,52 m/s, absolutamente coerente com os valores de corrente observados previamente. Deste modo o material em suspensão caminhou para a margem E da canaleta, atravessou regiões de baixa profundidade e dirigiu-se para o canal principal. Devido à impossibilidade de se navegar nessas áreas de baixas profundidades, a detecção teve que ser interrompida prematuramente, apesar do equipamento de contagem estar ainda registrando sinais fortes e bem definidos. Com base na intensidade dos sinais observados, estima-se que a fração de material que ficou em suspensão após o despejo foi pequena, apesar de ainda ter sido encontrado material ativo em suspensão a até 1900m a NE do ponto de injeção, quando a detecção foi suspensa.

Partindo do ponto de injeção a nuvem radioativa foi se alargando gradualmente. A cerca de 1450m a NE do ponto de injeção, sua largura era de cerca de 270m, e a dispersão já era grande.

Tendo em vista o exposto, pode-se concluir que o transporte do material em suspensão foi determinado pela velocidade da corrente de enchente. A orientação foi aproximadamente a mesma orientação da canaleta a E da Ilha do Terraplano, em cujo eixo foi feito o despejo. Houve uma grande dispersão do material nos cerca de 2000m em que ele pode ser rastreado, tendo a fronteira NE da nuvem atingido as imediações da Coroa do Ladino, quando a navegação tornou-se impraticável. As detecções de fundo realizadas posteriormente vieram comprovar que a maior parte do material depositou-se no fundo após o despejo.



Isto significa que, se o material dragado for despejado em A em condições favoráveis de decantação (ventos e correntes de baixa intensidade) não deverá haver transporte em suspensão em grande escala.

Em condições adversas, no entanto, de correntes mais intensas que aquelas observadas durante o despejo em 03/03, o material poderá apresentar grande advecção, orientada segundo a direção das correntes no instante do despejo.

Neste caso fica mais difícil estimar-se que fração de material será transportada em suspensão e que fração se depositará logo após o despejo.

III.1.2 Comportamento do Sedimento no Fundo

A detecção de localização do material no fundo, ou de "mise-en-place", não pôde ser feita logo após a injeção e a detecção de suspensão, devido ao adiantado da hora em que esta terminou.

Apesar de ser perfeitamente possível trabalhar-se à noite com o sistema de posicionamento eletrônico, a região em estudo não oferece condições seguras para tal, pela grande quantidade de obstáculos presentes (estacas e baixios, além do pequeno molhe a S da Ilha do Terraplano).

Deste modo, a primeira detecção de fundo foi realizada no dia seguinte, 04/03. Começou às 15:14h e terminou às 18:00h. Sofreu várias paralisações devido a frequentes encalhes do trenó que transporta a sonda em obstáculos no fundo. Outra dificuldade foi a necessidade

de se desviar a todo instante dos calões cravados no fundo.

A mancha radioativa revelou-se extremamente concentrada na região de injeção. Foram observadas atividades bastante altas (12000 cps, 7700 cps e 5400 cps) em linhas junto ao ponto de injeção. A atividade caía bruscamente para S e um pouco mais suavemente para N, consequência direta da orientação das correntes quando da injeção do material.

A atividade total recuperada foi de $3,140 \times 10^6$ cps x m², um valor razoavelmente alto tendo em vista o tipo de injeção, o que pode confirmar o fato de a maior parte do material ter-se depositado logo após o despejo. O centro de gravidade da nuvem acha-se a cerca de 24m a ENE do ponto de injeção.

A Figura III.1.2.1 mostra que a fronteira NE da nuvem encontra-se a 120m do ponto de injeção e que, ao S, a atividade cai bruscamente.

Na manhã deste dia, medições de corrente feitas pelo INPH(10) mostraram que a orientação era para S, ao contrário do que ocorrera no dia da injeção, e as intensidades ficavam entre 0,20 m/s e 0,30 m/s. Estas circunstâncias aparentemente não alteraram o comportamento do material no fundo que, como mencionado, apresenta ainda comportamento regido pela situação da véspera.

Ao fim da detecção resolveu-se substituir o trenô até então em uso por uma gaiola que envolvia a sonda e era mantida no fundo por lastros de chumbo.

O sistema funcionou melhor que o anterior, e os encalhamentos diminuíram consideravelmente.

Em 05/03 foi realizada a segunda detecção de fundo em A, que começou às 14:00h e terminou por volta de 16:00h, tendo transcorrido sem grandes problemas.

A nuvem ainda se apresentava bastante concentrada na região da injeção. Observou-se no entanto, uma reacomodação da região menos ativa, que se espalhou ligeiramente para SW e NE. Para S, a atividade ainda cai bruscamente. O centro de gravidade está a 16m a NW do ponto de injeção e a recuperação de atividade é da ordem de $2,230 \times 10^6$ cps x m². Esta redução em relação à atividade recuperada na detecção anterior deve-se especialmente ao fato de não se ter passado no pico mais ativo, em função da atividade estar muito concentrada. A maior atividade observada nesta detecção foi da ordem de 6200 cps.

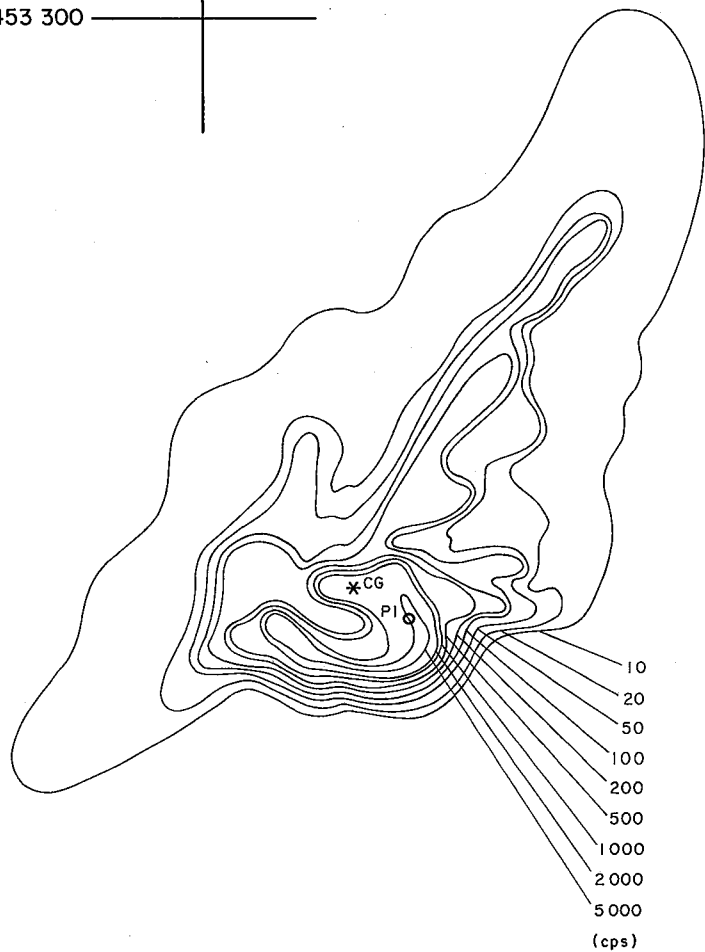
O diagrama da figura III.1.2.2 mostra as curvas de isocontagens para esta detecção.

Em 06/03 foi realizada a terceira detecção de fundo em A, que começou às 11:57h e terminou às 15:00h. Nesta ocasião foram encontradas altas atividades, a maior delas de 14500 cps, que levaram a recuperação total de atividade para $6,340 \times 10^6$ cps x m².

A nuvem apresenta-se praticamente como na detecção anterior, com algum espalhamento para NE e um ligeiro deslocamento para S do núcleo mais ativo. O centro de gravidade ainda aparece a NW do ponto de injeção e foram encontrados alguns pontos bem a NE do ponto de



6 453 300



6 453 000

399 600

399 800

FIG. III.1.2.2

CURVAS DE ISOCONTAGENS
Área A - 2a. Detecção de Fundo
05/03/86 - Esc. 1:2000

injeção (cerca de 500m), provavelmente resultantes da decantação do material naquela área. Este arranjo da nuvem segue a mesma orientação básica da canaleta em cujo eixo a injeção foi realizada, e onde se espera que as correntes tenham maior intensidade.

A Figura III.1.2.3 apresenta as curvas de isocontagens para esta detecção.

Em 08/03 foi realizada a quarta detecção de fundo em A, com início às 10:48h e término às 13:00h. A corrente era bastante forte para S, especialmente dentro do canal, o que dificultou bastante a navegação. A região do ponto de injeção foi rastreada com muito cuidado, traçando-se linhas bem próximas entre si. Ainda assim, poucas foram as linhas ativas, sendo de 8800 cps o maior atividade encontrada, o que fez com que a recuperação fosse de apenas $2,000 \times 10^6$ cps x m²

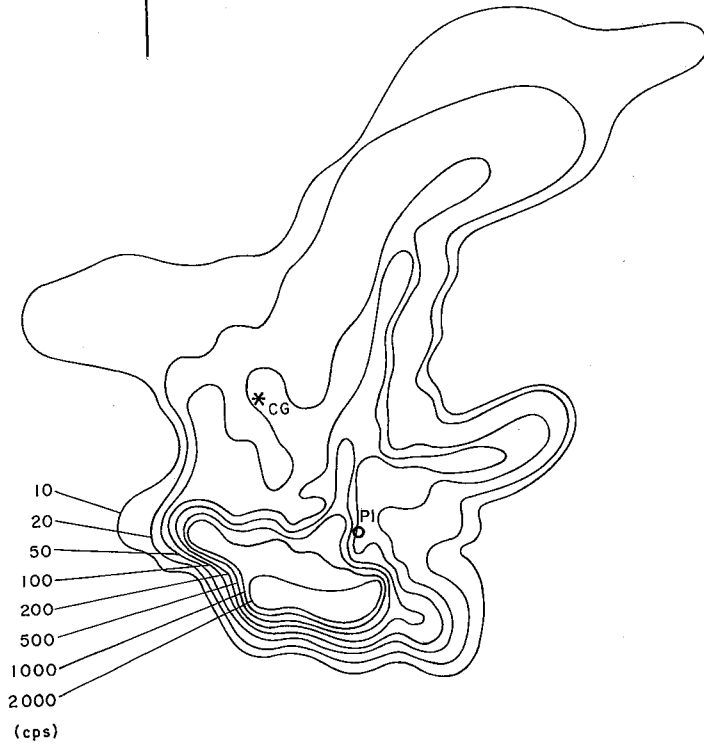
Em função de já haver decorrido quase duas meias-vidas de decaimento do ouro-198, já se torna mais difícil distinguir a atividade artificial do ruído de fundo nas zonas de atividades mais baixas da nuvem.

O núcleo mais ativo da nuvem continua junto ao ponto de injeção e seu centro de gravidade está praticamente junto àquele ponto. Continua presente um alongamento da nuvem para NE e a atividade cai bruscamente para S. A Figura III.1.2.4 apresenta as curvas de isocontagens para esta detecção.

A campanha de detecções em A teria terminado em 08/03 não fôra a observação feita pela equipe do INPH de que em 09/03 o correntôgrafo ali instalado havia registra



6 453 300



6 453 000

399 600

399 800

FIG. III.1.2.3

CURVAS DE ISOCONTAGENS
Área A - 3a. Detecção de Fundo
06/03/86 - Esc. 1:2000

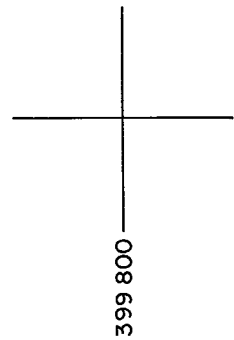
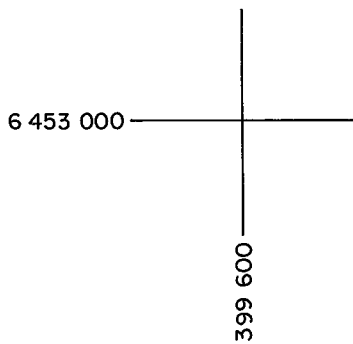
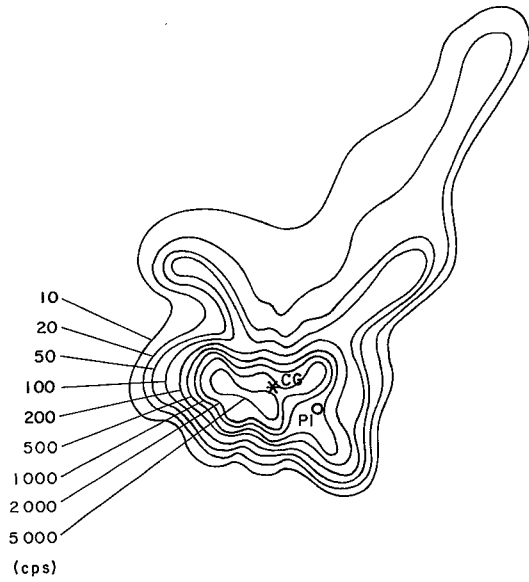
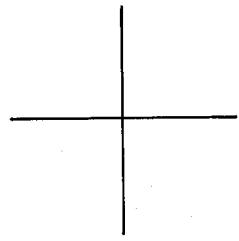
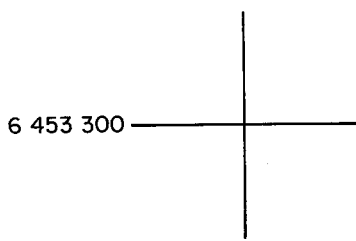


FIG. III.1.2.4

CURVAS DE ISOCONTAGENS
Área A - 4a. Detecção de Fundo
08/03/86 - Esc. 1:2000

do correntes de até 0,50 m/s próximo ao fundo, orientadas para S, o que foi comunicado à equipe da DIEAM em 13/03. Decidiu-se, então, fazer uma nova detecção, o que ocorreu em 15/03, apesar do grande intervalo de tempo decorrido desde a injeção.

Esperava-se, pelo decaimento radioativo, que a atividade restante fosse bem pequena, o que de fato ocorreu.

Foi uma detecção bastante rápida e tranquila, tendo começado às 14:00h e terminado às 15:30h. A maior atividade encontrada (real, sem a correção para o dia da injeção) foi de 930 cps, que corresponde ao decaimento da maior atividade encontrada em 08/03.

O núcleo mais ativo da nuvem continua concentrado junto ao ponto de injeção e o centro de gravidade aparece a SW deste ponto, bem próximo a ele. Também devido ao decaimento, não aparece mais a área ativa para NE e pode-se aceitar um ligeiro deslocamento da fronteira S da nuvem nesta direção.

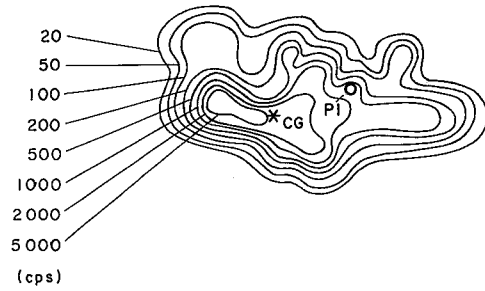
Em função do tempo decorrido, a recuperação da atividade foi baixa, $1,600 \times 10^6$ cps x m², a menor de todas as detecções.

As curvas de isocontagens são apresentadas na figura III.1.2.5.

Analisados os resultados de cinco detecções de fundo em A, uma comparação conjunta deles fornece conclusões importantes.



6 453 300



6 453 000

399 600

399 800

FIG. III.1.2.5

CURVAS DE ISOCONTAGENS
Área A - 5a. Detecção de Fundo
15/03/86 - Esc. 1:2000

A maior parte do material foi rapidamente para o fundo, logo após o despejo.

Tendo se depositado no fundo, o material sofreu pequena ação hidráulica, e as perdas que aconteceram no decorrer do período de estudos (03/03 a 15/03) devem ser atribuídas muito mais ao decaimento radioativo nos limites da nuvem do que ao transporte junto ao fundo.

Observando-se as posições relativas dos centros de gravidade das cinco detecções, e ainda o arranjo gradual da nuvem, pode-se aceitar que, no período de estudos, a ação, no fundo, das correntes de vazante predominou sobre as enchentes, e foi o fator que influenciou no ligeiro deslocamento gradual dos centros de gravidade para SW e S.

De fato, ao se observar o Quadro 4 de (10) nota-se que a soma das frequências de ocorrência de correntes orientadas para SW e WSW é de 47,2%, enquanto que a frequência de ocorrência de correntes orientadas para NNE e NE é de 38,3%. As correntes de enchente, no entanto, apresentam intensidades dominantes, sendo a soma das intensidades médias e máximas para NNE e NE maiores que a mesma soma para as correntes orientadas para SW e WSW. A maioria absoluta das intensidades registradas (76,6%) tem valores de até 0,40 m/s e foi observado um único valor de 0,80m/s (NNE).

Deste modo, pode-se aceitar também que correntes de maior intensidade, características da época de inverno, poderão atuar mais fortemente sobre o material depositado no fundo e transportá-lo, ou talvez até mesmo recolocar parte dele em suspensão, a taxas mais elevadas.

Para se confirmar esta hipótese seria necessário realizar-se medições no período de inverno e talvez mesmo com traçadores de meia-vida mais longa, para que se possa integrar efeitos de ações hidrodinâmicas por um período maior de tempo.

Em resumo, a área A poderá servir de local alternativo à área C para lançamento de rejeitos de dragagem, ainda que esta utilização seja sazonal.

Explica-se:

Nos períodos de mar ameno, o despejo seria feito em A, em cujo fundo a maioria do material provavelmente permanecerá. Nos períodos de maior ação hidrodinâmica, o material lançado já terá sofrido uma compactação natural, o que deverá tornar pequenos os efeitos de ações hidrodinâmicas sobre ele. Nessas ocasiões não seriam feitos despejos na área.

Há uma última ressalva a ser feita quanto ao despejo de material dragado em A.

Já houve oportunidade de se mencionar neste relatório que o batelão e o rebocador encalharam ao manobrar para a entrada na canaleta. Se esta dificuldade for permanente, e não apenas consequência do fato do rebocador ter tentado seguir a mesma trajetória do barco da DIEAM-CN, de calado bem menor, é preciso levá-la em conta ao se considerar a viabilidade do despejo em A.

III.2. Estudos na Área B - 2a. Injeção

O principal objetivo de se estudar a área B



seria a verificação de sua adequabilidade para receber o material dragado da região do Super Porto com dragas auto-transportadoras, tornando-se, assim, uma alternativa para o despejo que atualmente é feito fora da barra, numa região a NE do molhe leste.

A Proposta Técnica (5) questionava preliminarmente o descarte nessa área, devido a sua proximidade com o canal e ao sentido principal do escoamento, paralelo ao referido canal.

Ainda assim, no caso de haver retorno apreciável, para o canal, de material despejado, a área B poderia ser utilizada como região de tombo do material dragado por equipamento auto-transportador, sendo este material a seguir bombeado para região mais a E, ou seja, B1.

Pelos motivos expostos no Capítulo I optou-se por fazer a injeção em B utilizando-se o sistema de bombeamento e deposição no fundo de vasa marcada com ouro radioativo.

A injeção em B foi realizada às 15:05h do dia 11/03/86. A profundidade do local, medida a prumo, era de 8,5m.

O ponto de injeção tem as coordenadas UTM 396599E e 6447442N.

Neste dia a equipe do INPH fazia medições de corrente, salinidade e temperatura num ponto a cerca de 1000 m a N do ponto de injeção, de coordenadas UTM 396745E e 6448423N.



Este ponto foi ali determinado para se evitar possível interferência nos trabalhos de navegação, caso o material caminhasse para o quadrante N, o que efetivamente aconteceu.

No quadro III.2.1, a seguir, aparecem os resultados das medições de correntes realizadas às 15:00h.

Prof. (m a partir da Superfície)	Direção (ONV)	Intensidade (m/s)
1,5	NW	0,30
2,5	NNW	0,30
3,5	NNE	0,35
4,5	NNE	0,38
5,5	NE	0,25
6,5	NNE	0,16
7,5	NE	0,17

QUADRO III.2.1 - Perfil de Correntes em B (11/03/86)

Como se pode observar, a orientação da corrente é francamente para o interior do estuário (enchente), e a intensidade é maior na superfície que no fundo, o que também é normal.

Terminada a injeção, foi realizada a detecção de "mise-en-place", que começou às 15:27h e terminou às 17:59h.

Houve um grande espalhamento da nuvem radioativa no sentido das correntes de enchente. Encontrou-se atividade a 2500m do ponto de injeção, canal acima. Nenhuma atividade foi encontrada ao S do ponto de injeção. A largura máxima da nuvem foi de 140m.

Este comportamento inicial pode ser explicado pelo fato da injeção ter sido muito rápida. O bombeamento de 40ℓ de vasa com uma vazão alta da bomba de injeção criou um jato turbulento na saída da mangueira, o que deve ter colocado parte do material em suspensão, o qual foi a seguir transportado pelas correntes, enquanto uma outra parte se depositava na região da injeção.

Este fato gerou também o aparecimento de dois picos de atividade, conforme se verificou no "mise-en-place". O pico mais importante acha-se na zona de injeção e o pico secundário acha-se a cerca de 820 m a N do primeiro.

Apesar de não haver obstáculos no fundo, a navegação nesta área mostrou-se sempre difícil devido à variação da profundidade do fundo e à conveniência de se fazer linhas de navegação perpendiculares ao eixo do canal,

isto é, o barco sempre sofria a ação lateral das correntes de enchente ou de vazante.

Em 12/03 foi realizada a primeira detecção completa do fundo, que começou às 10:40h e terminou às 17:30h.

Foi encontrada atividade a pouco mais de 3500m do ponto de injeção, o que representa uma progressão de pelo menos 1000m em relação à detecção de "mise-en-place".

A nuvem apresentava-se estreita nas imediações do ponto de injeção e alargava-se para N, progressivamente, o que é uma característica do material que, ao ser transportado em suspensão, foi sofrendo dispersão transversal.

Os contornos da nuvem acompanham a inflexão que o canal de acesso sofre para NE na região que fica em frente ao Terminal de Fertilizantes do Super Porto.

Transportado pelas correntes de enchente, o material em suspensão foi progressivamente se depositando na margem E do canal, preferencialmente entre as isóbatas de -5m a -10m.

Em seu limite NE a nuvem ficou a cerca de 900m da parte S da área C.

Neste ponto a detecção tornou-se muito difícil pois a transição entre o canal e os baixios da coroa de Dona Mariana é muito rápida e o barco encalhava de proa com frequência.

A maior parte da atividade encontra-se junto ao ponto de injeção e praticamente não há material a S dele.

O pico secundário foi novamente observado e essa constatação, aliada ao grande espalhamento da nuvem, gerou uma pequena modificação na metodologia de tratamento dos dados obtidos nas detecções subsequentes.

Observou-se a criação de duas zonas distintas no que diz respeito ao espalhamento da nuvem.

A primeira delas, resultante do espalhamento do material depositado no ponto de injeção, apresenta atividades maiores, mais concentradas e permite a construção de uma nuvem de contornos bem definidos, possibilitando avaliações quantitativas de parâmetros tais como centro de gravidade e atividade recuperada.

A segunda zona, que incorpora material resultante do transporte em suspensão da parte do material que não foi ao fundo durante a injeção e que tem como núcleo mais ativo a região do pico secundário já mencionado, oferece muitas incertezas ao tratamento numérico, pelo grande afastamento entre as linhas, pela imprecisão de contornos, e pelas inflexões da nuvem ao acompanhar a conformação das margens do canal.

Deste modo separou-se as linhas realizadas sobre a primeira área das linhas realizadas na segunda, e somente aquelas foram reprocessadas num tratamento numérico mais refinado.

Assim é que se obteve para esta detecção uma recuperação de atividade da ordem de $2,200 \times 10^7$ cps x m².

A maior atividade observada no campo foi de 22000 cps e o centro de gravidade da nuvem aparece praticamente junto ao ponto de injeção.

Tanto no dia 11/03 como no dia 12/03 a equipe do INPH observou que prevaleceram as correntes de enchente. O quadro 7 (referência 10) mostra que, em 11/03, a direção média medida a correntômetro a 1m da superfície foi de $7,5^{\circ}$ NV(N) e a velocidade média vetorial de 0,25m/s, enquanto que, a 1m do fundo, - quadro 8 -, estes valores eram de 4° NV (N) e 0,22 m/s, respectivamente. Em 12/03, medições feitas a 1m do fundo mostram as correntes orientadas para NNE (17° NV), com velocidade média vetorial de 0,16m/s.

Estes dados explicam, certamente, o espalhamento inicial da nuvem nos moldes em que foi observado.

A Figura III.2.1 mostra as curvas de isocontagens traçadas para a zona de maior atividade. Na figura I.1 pode-se ver os contornos de toda a nuvem, desde o ponto de injeção até seu limite NE.

Em 13/03 um defeito na bomba de refrigeração do barco Itapoã impediu que se fizesse a segunda detecção em B.

Neste dia o mar apresentava-se bastante agitado, com ventos fortes de NE (ca.6 nós).

Medições a correntômetro realizadas pela equipe do INPH mostram que o fluxo das águas havia se invertido, correndo então para o mar (vazante). A 1m da

FALTA A FIG. III.2.1

~~Handwritten signature~~
29/12/05

Ja n'és afe
seguretat
seu o pla/50.

superfície a direção média era de 233°NV (SW), com velocidade média vetorial de 0,70 m/s, enquanto que a 1m do fundo estes valores eram de 181°NV (S) e 0,43 m/s, respectivamente.

Em 14/03 foi realizada a segunda detecção de fundo em B, que começou às 11:50h e terminou às 16:30h.

Chovera durante a noite, e a chuva continuou forte até o início da detecção, tendo sido a responsável pelo atraso sofrido para seu início.

Informações fornecidas pela equipe do INPH no fim do dia davam conta de que foram medidas correntes de vazante muito fortes no ponto de fundeio da embarcação do INPH. Os perfis verticais apresentavam-se bastante homogêneos e foram observadas intensidades no fundo de até 0,40 m/s. Também os valores de salinidade baixaram muito em toda a coluna d'água, tendo chegado a até 9‰ em algumas medições. O nível da água baixou consideravelmente, tanto no canal como nos baixios.

Estas observações podem indicar não somente o efeito das chuvas mas também que a Lagoa devia estar vazando mais contribuição fluviais.

A inversão das correntes teve efeito visível sobre o comportamento da nuvem.

Apesar da distribuição espacial continuar a mesma, a fronteira NE regrediu cerca de 900m, e já se encontrou material ativo a 70m ao S do ponto de injeção. Os níveis de atividade foram sempre inferiores aos observados na primeira detecção, apesar do núcleo mais ativo estar ainda junto ao ponto de injeção. A maior contagem foi de 9500 cps e ainda se observa a inflexão da nuvem

para NE.

O centro de gravidade ainda aparece a uns 15m a NE do ponto de injeção, mas a perda de atividade foi tão grande que a recuperação caiu de um fator de 10 , passando para cerca de $2,200 \times 10^6$ cps x m².

Ao que tudo indica as fortes correntes de vazante dos dois últimos dias recolocaram em suspensão parte do material marcado e o transportaram para fora das zonas anteriormente ativas.

A Figura III.2.2 apresenta as curvas de iso - contagens da nuvem mais ativa. Os contornos da nuvem como um todo aparecem na figura I.1.

Em 15/03 foi realizada a terceira detecção de fundo em B, que começou às 9:30h e terminou às 13:00h.

Observa-se que o padrão de distribuição da nuvem não se alterou de modo significativo em relação à detecção anterior. A fronteira NE, no entanto, regrediu uns 100m e para S houve nova expansão da nuvem, cujo limite encontra-se agora a cerca de 260m do ponto de injeção.

As atividades encontradas foram ainda mais baixas, em geral, que as anteriores, o que se explica também pelo decaimento radioativo (cerca de 1,5 meia-vida já se passou). Deste modo a atividade recuperada caiu para cerca de $1,600 \times 10^6$ cps x m². O centro de gravidade aparece ligeiramente a W do ponto de injeção, indicando um pequeno deslocamento para S da posição em que se encontrava anteriormente.



6 447 700

6 447 400

396 500

396 700

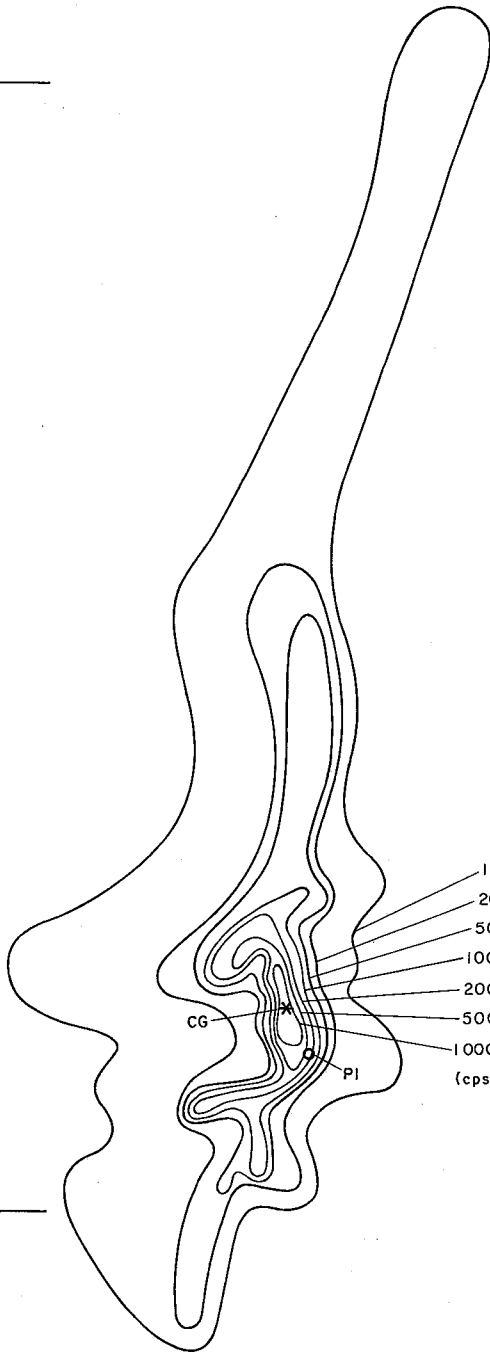


FIG. III. 2. 2

CURVAS DE ISOCONTAGENS
Área B - 2a. Detecção de Fundo
14/03/86 - Esc. 1:2000

A maior atividade observada foi de 7500 cps. Torna-se mais nítida, nesta detecção, a partição da nuvem em duas pois linhas realizadas entre o pico principal e o secundário não apresentaram atividade.

Neste dia não foram realizadas medições de corrente a correntômetro mas era possível a observação visual de que ocorria uma enchente suave; a superfície da água apresentava-se bastante calma.

A Figura III.2.3 apresenta as curvas de isotagens para esta detecção.

Observa-se o aparecimento de alguns pontos de baixa atividade (10 a 20 cps) à esquerda (N) e à direita (E) do núcleo da nuvem, o que pode configurar um pequeno espalhamento lateral da nuvem na região da injeção.

Em 17/03 foi realizada a quarta detecção de fundo em B, que começou às 10:07h e terminou às 12:44h, tendo transcorrido sem problemas.

O mar apresentava-se calmo e não havia vento, sendo muito baixos os valores de intensidade de correntes que se orientavam para o interior do estuário (enchente).

A inversão das correntes causou algumas alterações na mancha radioativa.

Houve um avanço pequeno da fronteira NE da nuvem e um recuo da fronteira S, que agora se acha a cerca de 180m do ponto de injeção.

N
▲

6 447 600

10
20
50
100
200
500
1000
2000
(cps)

CG
PI

6 447 300

396 500

396 700

FIG.III.2.3

CURVAS DE ISOCONTAGENS
Área B - 3a. Detecção de Fundo
15/03/86 - Esc. 1:2000

As atividades encontradas foram ainda mais baixas, em geral, que as anteriores (maior contagem de 12600 cps), o que resultou numa recuperação de $1,070 \times 10^6$ cps x m². O centro de gravidade encontra-se agora a NW do ponto de injeção.

Esta perda de atividade já era de se esperar em função do decaimento radioativo, pois já são passados seis dias desde a injeção, e da colocação de parte do material em suspensão por efeito das correntes, conforme já houve oportunidade de se mencionar.

A maior parte do material ativo permanece na região da injeção e é ainda mais definida a partição da nuvem.

A Figura III.2.4 mostra as curvas de isocontagens obtidas nesta detecção.

Na madrugada de 18/03 ocorreu nova inversão do fluxo das águas, que se reorientaram no sentido da vazante. No correr do dia as águas voltaram a rumar para o quadrante N e assim permaneceram durante a noite, quando choveu e ventou forte de SW a S.

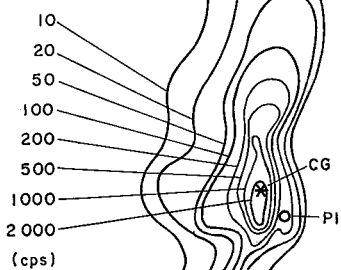
Na manhã de 19/03 o vento ainda soprava de W a SW e as águas continuavam a correr para o interior do estuário (ver quadro 7 da referência 10).

Foi então realizada a quinta e última detecção de fundo em B, que começou às 13:54h e terminou às 15:14h. Foi uma detecção difícil devido à corrente para N, especialmente intensa dentro do canal, e ao vento de SW.





6 447 600



6 447 300

396 500

396 700

FIG. III.2.4

CURVAS DE ISOCONTAGENS
Área B - 4a. Detecção de Fundo
17/03/86 - Esc. 1:2000

Tendo decorrido oito dias desde a injeção (praticamente 3 meias-vidas) quase não se achou mais atividade fora da zona de injeção.

Todo o material que havia se espalhado para N desapareceu pelo provável efeito combinado do decaimento e da recolocação em suspensão.

Só há duas zonas ativas, que correspondem às áreas próximas aos dois picos formados quando da injeção (11/03). A maior atividade encontrada foi de 3000 cps, e o centro de gravidade está quase junto (10m a W) ao ponto de injeção.

A fronteira S da nuvem acha-se agora a cerca de 110m do ponto de injeção, tendo havido portanto um recuo de 70m em relação à detecção anterior.

Observa-se a presença de maior número de pontos ativos a E do ponto de injeção, o que mostra que a nuvem sofreu uma expansão nesta direção, ou seja, o material radioativo mostra tendência de se espalhar também em direção à parte mais rasa na margem E do canal.

A Figura III.2.5 mostra as curvas de isocontagens traçadas para esta detecção.

A análise conjunta dos dados levantados nas cinco detecções realizadas em B leva a diversas conclusões, conforme se verá a seguir.

O formato bastante regular do fundo do canal de acesso à Lagoa, e sua largura relativamente pequena, em particular na região fronteira ao Super Porto, favo-



6 447 600

10
20
50
100
200
500
1000
(cps)

CG
PI

6 447 300

396 500

396 700

FIG.III.2.5

CURVAS DE ISOCONTAGENS
Área B - 5a. Detecção de Fundo
19/03/86 - Esc. 1:2000

recem a existência de correntes de elevada intensidade, sejam elas de enchente ou de vazante.

Exemplos disso são as intensidades máximas observadas nos registros do correntôgrafo fundeado a 11 m do fundo, na área B, no período de 11/03 a 14/03/86, que apontaram valores de 0,68 m/s (N), 0,63 m/s (NNE), 0,66 m/s (SE e SSE), 0,82 m/s (S) e 0,74 m/s (SSW). Nas medições feitas a correntômetro, na superfície, foram observados valores de até 0,90 m/s em enchente.

Em época de inverno poderão ser observados valores ainda maiores, como, por exemplo aqueles obtidos em 18/5/82 - 0,95m/s (NE) -, em 15/06/82 - 1,05m/s (NE) -, em 11/10/82 - 0,95m/s (SSE) -, todos à superfície, em estação colocada na margem W do canal, nas imediações do Terminal de Pesca do Super Porto (11).

O comportamento do material durante sua deposição e após se sedimentar no fundo foi inequivocamente controlado pelo regime de correntes.

As duas primeiras detecções (11/03 e 12/03) foram realizadas quando o regime era de enchente. Deste modo a nuvem radioativa apresentou notável espalhamento para o quadrante N, e nenhum material ativo foi encontrado ao S do ponto de injeção.

As correntes de enchente em 11/03 transportaram também o material que ficou em suspensão como resultado da turbulência produzida durante a injeção.

As detecções seguintes (14/03 e 15/03), reali-



zadas durante franco regime de correntes de vazante, apresentaram recuos consideráveis da fronteira NE da nuvem e caminhamento da outra extremidade para S, afastando-se esse limite do ponto de injeção.

As correntes foram também capazes de recolocar em suspensão parte do material que havia se depositado ao longo da margem E do canal, e carregá-lo para fora das zonas anteriormente ativas.

As duas últimas detecções, realizadas em 17/03 e 19/03, período em que predominaram as correntes de enchente, mostraram que houve novo recuo da região S da nuvem e pequeno avanço do limite NE.

Os centros de gravidade das diversas nuvens oscilam em consonância aproximada com as inversões de direção das correntes, e a cada detecção foi observada perda de material radioativo, por decaimento e também por ressuspensão e transporte, no veio líquido.

Apesar de não haver grande evidência de que tenha ocorrido caminhamento de material ativo para a parte mais profunda do canal esta hipótese não pode ser de todo descartada pois quando o fenômeno começou a se manifestar a atividade restante nos limites da nuvem já estava praticamente nos níveis de background, o que dificultou o estabelecimento de interface nítida entre o que era atividade artificial e o que era atividade natural.

Acredita-se, no entanto, que o material que venha eventualmente atingir a parte mais profunda do ca-

nal será facilmente transportado pela ação das correntes, seja junto ao fundo, seja em suspensão. Isto quer significar que o material não deverá atingir a margem W do canal, ao longo da qual se localiza o Super Porto.

Há depósitos de material ativo na margem E do canal, em toda a sua extensão passível de navegação.

Será portanto a área B propícia ao lançamento de rejeitos de dragagem?

Sendo ela uma área que apresenta uma espécie de transição entre a parte mais profunda do canal, com fundo predominante de lama, e os baixios a E, com fundo em que predomina a fração arenosa, e compondo, assim, uma área de talude, sofre, como se viu, intensa ação de correntes, inclusive junto a seu fundo.

Foi claro o deslocamento do material ativo por efeito das correntes de enchente e de vazante. O transporte ocorreu por ressuspensão e junto ao fundo.

Não foi conclusiva a observação de caminhamento do material ativo para o canal, em direção à área dragada. Acredita-se, no entanto, que o material que venha eventualmente a atingir o canal não permanecerá em repouso devido à intensa ação de correntes e será certamente transportado por ressuspensão e junto ao fundo. Estudos com traçadores de meia-vida mais longa talvez possam indicar com mais certeza a tendência de caminhamento para o canal e a região de deposição final.

Deste modo há dois aspectos a considerar:

- a) com base nos estudos atuais, do ponto de vista do material retornar à área dragada não há certeza absoluta de que isto não aconteça; no entanto, ao atravessar o canal para atingir a área dragada do porto, grande parte do material deverá ser transportada por ressuspensão e junto ao fundo por ação das correntes, o que pode pesar favoravelmente ao descarte em B;
- b) todo o material que for retirado de B por ação hidrodinâmica será depositado ao longo do canal, numa faixa que se estima bastante extensa, causando, então, assoreamentos mais ou menos importantes. Não se pode dizer, de imediato, se estas quantidades de material que virão assorear o canal são de grande importância, se comparadas com o volume de material sedimentar normalmente transportado pelas correntes e que, de algum modo, também se deposita ao longo do canal.

Pode-se ainda sugerir, para verificação em estudos mais detalhados, a possibilidade de se fazer, na região do Super Porto, dragagens por agitação, quando houver correntes de vazante de intensidade adequada para o transporte do material para fora da barra com um mínimo de deposição durante o percurso. Esta dragagem poderia ser feita por equipamento específico (agitadores mecânicos, injeção de ar comprimido) e talvez mesmo com a draga auto-transportadora operando com "overflow".



III.3 Estudos na Área B1 - 3a. Injeção

O principal objetivo de se estudar a área B1 seria a eventual possibilidade desta área receber material que seria despejado em B e a seguir bombeado até B1. Devido às baixas profundidades existentes em B1 o acesso de qualquer embarcação para lançamento direto de material dragado é impraticável.

Essa circunstância, aliada à existência de grande número de calões, e ainda ao tráfego constante de pequenos botes de pesca criou inúmeras dificuldades para a navegação do barco da DIEAM.CN no decorrer dos estudos.

O fundo da região é constituído basicamente de areia fina (7) e algumas áreas ficam a descoberto nas vazantes.

A injeção de vasa marcada com ouro radioativo foi realizada às 15:32h de 17/03. Foram bombeados para o fundo cerca de 40ℓ de vasa peneirada, homogeneizada e concentrada a 200 g/l. A atividade injetada foi de cerca de 1 ci.

O ponto de injeção tem coordenadas UTM 397600 E e 6447275 N. A profundidade no instante da injeção era de apenas 1,70m. Sopravam ventos fracos de E a SE.

A equipe do INPH fez medições de corrente em B1 com correntômetro colocado a meia-profundidade nos dias 17/03., 18/03 e 19/03. Os resultados são reproduzidos no Quadro III.3.1, a seguir.

Data/86	Prof.	Direção (°NV)	Velocidade Média Vetorial (m/s)
17/03	1/2	56,3 (NE)	0,10
18/03	1/2	45,5 (NE)	0,14
19/03	1/2	29,6 (NNE)	0,25

QUADRO III.3.1 - Medições de Corrente em B1

Convém observar que estas medições foram realizadas somente durante o dia, e não refletem as diversas inversões de direção ocorridas no período noturno.

Terminada a injeção, foi realizada a detecção de "mise-en-place", que começou às 15:52h e terminou às 16:56h.

Verificou-se que a mancha estava distribuída segundo a direção NNE-SSW, com cerca de 210m de comprimento por 160m de largura. O ponto mais ativo encontrado (1450 cps) estava a cerca de 30m a NNE do ponto de injeção. Este espalhamento inicial reflete a orientação das correntes para NE, na ocasião.

Em 18/03 não foi possível fazer-se a primeira

detecção de fundo na área. O barco da DIEAM.CN chegou , com dificuldade, próximo ao local da injeção, mas a lâmina d'água era de não mais que 0,90m, o que impediu qualquer tentativa de navegação.

Na tarde deste dia choveu forte e, à noite, ventou também forte de SW a S.

No dia seguinte, no entanto, 19/03, foi realizada a primeira detecção, que começou às 09:47h e terminou às 13:29h. O mar, fora da barra, estava muito agitado e o vento soprava moderado de SW a W.

Apesar do núcleo mais ativo da nuvem aparecer concentrado junto ao ponto de injeção observou-se um notável espalhamento da mesma nas direções NNE (cerca de 900m do ponto de injeção) e SSW (cerca de 780m do ponto de injeção).

A detecção foi muito difícil devido às baixas profundidades existentes, especialmente a NE e E do ponto de injeção, o que, inclusive, impediu a observação do caimento da atividade nos trechos finais das linhas executadas nessa região.

Isto se reflete no diagrama apresentado na Figura III.3.1, que mostra as curvas de isocontagens para esta detecção, em que há trechos indefinidos das mesmas.

Tanto o cálculo do centro de gravidade quanto o da recuperação da atividade ficam prejudicados pois não se tem todos os dados de atividade levantados no campo e necessários para tais cálculos.

Ainda assim obteve-se uma recuperação da ordem de $1,200 \times 10^7$ cps x m^2 , e o centro de gravidade aparece praticamente junto ao ponto de injeção.

Na madrugada de 20/03 as correntes se invertiram para o quadrante S e esta situação perdurou durante o dia 21/03, agravada por ventos moderados de NE a E, o que impediu detecções em B1.

Na noite de 21/03, no entanto, houve uma inversão para N, o que possibilitou a realização da segunda detecção em 22/03.

Esta começou às 10:04h e terminou às 12:15h, com as águas já correndo novamente para o mar.

O limite NNE da nuvem avançou cerca de 100m em relação à primeira detecção, enquanto que o limite SSW recuou para cerca de 480m do ponto de injeção. Coerentemente, o centro de gravidade da nuvem também avançou para NNE, ficando a 50m do ponto de injeção e do centro de gravidade da nuvem obtida em 19/03.

A parte mais ativa da nuvem apresenta também ligeiro deslocamento para NNE e a recuperação, devido a um melhor levantamento das atividades existentes, passou para cerca de $1,400 \times 10^7$ cps x m^2 .

Este comportamento parece evidenciar a maior influência das correntes de enchente sobre o material depositado no fundo, no período de 17/03 a 22/03.

A Figura III.3.2 apresenta as curvas de isocon

tagens para esta detecção.

Somente em 24/03 foi possível realizar a terceira detecção de fundo em B1, que começou às 15:39h e terminou às 17:11h, com a corrente orientada para o quadrante S. A profundidade local durante a detecção era de cerca de 1,20m.

Entre esta detecção e a última houve duas inversões da corrente para N, ocorridas nas noites de 22/03 e 23/03. Sete dias separam esta detecção da injeção (17/03), o que representa pouco menos de tres meias-vidas do ouro-198.

Isto significa que os limites da nuvem (zonas de menor atividade) confundem-se com a atividade natural do fundo, o que se reflete diretamente na atividade recuperada, cujos níveis caíram para cerca de $6,200 \times 10^6$ cps x m².

A fronteira NNE da nuvem recuou para cerca de 400m do ponto de injeção, e a fronteira SSW, para 360m do mesmo ponto.

A nuvem como um todo alargou-se em direção W, e com isso o centro de gravidade acha-se agora a uns 16m a NW do ponto de injeção.

Apesar da maior parte do material ativo ainda permanecer junto ao ponto de injeção, sua concentração ali não é mais tão densa quanto o fôra anteriormente.

Ao que parece o material vasoso depositado sobre o fundo arenoso estaria sofrendo um processo de lavagem

por ação de ondas e correntes, que tendem a transportá-lo para regiões de maior profundidade a W da zona de despejo.

A possibilidade de haver atuação de ondas junto ao fundo de áreas baixas como B1 foi confirmada pelo Prof. Paulo Paim, da Furg que, inclusive, acompanhou um dos trabalhos de detecção em B1 e para quem as grandes extensões dos baixios propiciam "fetch" suficiente para os ventos (SW) atuarem e gerarem ondulações locais e para quem uma prova evidente desta afirmação é o fato das zonas baixas possuírem fundo arenoso, característico de locais de maior agitação.

A Figura III.3.3 mostra as curvas de isocontagens obtidas para esta detecção.

A se acreditar nos resultados obtidos pelas detecções realizadas em B1, e levando-se em conta que o material a ser ali depositado seria de natureza coesiva em sua grande parte, não parece haver vantagem técnica neste despejo, pois as ações de ondas e correntes poderão espalhá-lo por uma grande extensão da superfície do fundo, com evidentes prejuízos para a eficiência do despejo.

Note-se que todos os estudos foram feitos em época de bastante calmaria e uma ação mais intensa de agentes hidráulico-meteorológicos sobre o fundo só faria agravar a situação aqui constatada.

Acresce a este fato a observação de que a área toda de baixios é intensamente utilizada para a pesca

Fig. III. 3.3

artesanal com redes de espera, principalmente, e o despejo de material dragado nesta região poderá prejudicar bastante esta atividade de subsistência de parte da população local.

III.4 Estudos na Área C - 4a. Injeção

O principal objetivo de se estudar a área C seria a avaliação do despejo que é atualmente feito na região, em condições de boa semelhança com o caso real.

Nos estudos ali desenvolvidos pela Divisão de Radionuclídeos do antigo Instituto de Pesquisas Radioativas (9) em 1972 foi feita injeção no fundo de vidro moído marcado com antimônio-124.

Esperava-se que a marcação do material transportado nos batelões e despejado na área C, em processo semelhante ao que é normalmente realizado, pudesse integrar os efeitos do espalhamento inicial produzido pelo despejo acima do fundo e o do momentum vertical provocado pela queda da massa de vasa contida nos batelões.

Finda a deposição, rastreamentos do material depositado no fundo poderiam fornecer dados sobre seu comportamento atual, em comparação com os resultados obtidos nos trabalhos de 1972.

O processo usado para a marcação do material do batelão está descrito no Capítulo II e a metodologia de detecção do material em suspensão, no Capítulo III, item III.1.1.

A injeção foi realizada às 15:37h de 22/03/86 ,
no ponto de coordenadas UTM 399941 E e 6451737 N.
(Figura I.1)

A equipe do INPH fazia medições de correntes, sa
linidade e temperatura no ponto de coordenadas UTM
399727 E e 6451605 N, dentro da área C.

Os resultados das medições de correntes realizada
das às 15:00h são mostrados no Quadro III.4.1, a seguir.

Prof. (m a partir da Superfície)	Direção (°NV)	Intensidade (m/s)
1	WSW	0,60
2	WSW	0,53
3	WSW	0,34
4	SW	0,24

QUADRO III.4.1 - Perfis de Corrente em C (22/03/86)

Como se pode verificar as águas estavam francamente orientadas no sentido da vazante e a corrente na superfície tinha intensidade quase tres vezes maior que junto ao fundo.

III.4.1 COMPORTAMENTO DO SEDIMENTO EM SUSPENSÃO

III.4.1.1 Processamento dos Dados

As contagens são inicialmente corrigidas, eliminando-se o "background" e o decaimento radioativo. Em seguida são plotadas em um mapa da região com base nas coordenadas em que foram observadas. Desta forma, o percurso e os limites abrangidos pela nuvem radioativa podem ser visualizados. Neste ponto vários parâmetros de transporte podem ser quantificados. Para tanto utilizam-se fórmulas baseadas numa descrição matemática do fenômeno de advecção - dispersão e decantação dos sedimentos em suspensão. Este modelo matemático do fenômeno foi apresentado e discutido na Referência 12 .

III.4.1.2 Advecção

Os resultados relativos à advecção da nuvem de partículas são fornecidos em termos do deslocamento das nuvens radioativas em função do tempo.

Os picos de contagem máxima em cada cruzamento são plotados contra a sua distância em relação ao ponto de lançamento e uma reta é ajustada aos pontos do gráfico . Feito o ajuste, a velocidade é medida pela inclinação da reta obtida.

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \quad (1)$$

onde: d = distância medida ao longo da trajetória da nuvem.

t = tempo decorrido a partir do instante da injeção.

III.4.1.3 Dispersão Horizontal

Cada cruzamento sobre a nuvem fornece uma distribuição de taxas de contagens com uma forma aproximadamente gaussiana. Para um dado cruzamento transversal pode-se determinar a variância desta distribuição, seja pela própria definição da variância:

$$\sigma_Y^2 = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} y^2 \hat{R}(y) dy}{\int_{-\infty}^{+\infty} \hat{R}(y) dy} \quad (2)$$

ou pelo ajuste a uma gaussiana, isto é: minimizando a função:

$$\Psi = \sum_{i=1}^N \left[\hat{R}(y_i) - R_{\max} \exp \frac{y_i^2}{2\sigma_Y^2} \right]^2 \quad (3)$$

onde: y_i = distância do i -ésimo ponto do cruzamento ao ponto de contagem máxima.

N = número de pontos do cruzamento.

\hat{R} = taxa de contagem medida.

As variâncias aumentam com o tempo, à medida que a nuvem vai se expandindo. É possível expressar este crescimento por uma lei de caráter geral tal como:

$$\sigma = At^m \quad (4)$$

onde: A e m são constantes ajustáveis que medem a rapidez da variação temporal.

O coeficiente de dispersão corresponde à taxa de crescimento da variância da distribuição das concentrações. Este coeficiente quantifica portanto a capacidade do meio receptor em dispersar (e diluir) o material descarregado com maior ou menor rapidez. A expressão correspondente é (12):

$$D = \frac{1}{2} \frac{d\sigma^2}{dt} \quad (5)$$

a qual está diretamente relacionada com as constantes A e m, como se pode deduzir derivando a Equação (4):

$$D = mA^2 t^{2m-1} \quad (6)$$

Estas constantes são avaliadas plotando σ contra t em um papel log-log e ajustando uma reta aos pontos obtidos.

Desta maneira o coeficiente de dispersão pode ser determinado em função do tempo, o que tem muito mais sentido físico, pois sendo este coeficiente uma função da escala (tamanho) da nuvem, não é geralmente correto expressá-lo por um único valor constante.

Os valores das constantes A e m são também obtidos por um ajuste por mínimos quadrados, minimizando a função:



$$\xi = \sum_{i=1}^N \left[\hat{\sigma}_i - mA^2 t_i^{2m-1} \right]^2 \quad (7)$$

na qual t_i corresponde ao tempo da observação da contagem máxima do i -ésimo cruzamento e $\hat{\sigma}_i$ é a variância computada com os dados experimentais fornecidos pelo traçador.

III.4.1.4 Diluição

A diluição num dado ponto do corpo receptor é a relação entre a concentração inicial dos sólidos des carregados e a concentração neste ponto:

$$S = \frac{c_0}{c} \quad (8)$$

Ela inclui portanto a contribuição da sedimentação.

É de interesse a diluição mínima, a qual ex pressa as condições no centro da nuvem. Sendo assim o valor de c a ser usado é o correspondente ao pico das contagens. c_0 é dado pela concentração correspondente ao primeiro pico detectado. São, portanto, valores conservativos, as diluições globais efetivas sendo sempre superiores.

Desta forma são computadas as diluições no campo afastado.

III.4.1.5 Taxa de Sedimentação

A taxa de decantação, S_R , corresponde à fração da massa total de sedimento em suspensão, M , depositada por unidade de tempo:

$$S_R = - \frac{dM}{Mdt} \quad (9)$$

Os valores das taxas de contagem máximas obtidas em cada cruzamento do barco sobre a nuvem são plotados contra o tempo decorrido após a injeção em um gráfico log-log. É traçada uma envoltória sobre os pontos do gráfico, de maneira que as maiores contagens são privilegiadas, pois são elas que melhor espelham as concentrações de traçador no centro da nuvem. A taxa de decantação é obtida ajustando esta envoltória à seguinte expressão (12):

$$R_{\max} = \frac{R_0}{t-t_0} \exp \left[- S_R (t-t_0) \right] \quad (10)$$

ou seja minimizando a função:

$$\varnothing = \sum_{i=1}^N \left[\hat{R}_{\max} - \frac{R_0}{t-t_0} \exp \left[- S_R (t-t_0) \right] \right]^2 \quad (11)$$

onde: R_{\max} e \hat{R}_{\max} : taxas de contagens máximas nos cruzamentos, teórica e observada, respectivamente.

S_R : taxa de decantação

t : tempo decorrido após a injeção

\varnothing : função objeto

R_0 e t_0 : constantes

É portanto um ajuste de três parâmetros: R_0 , S_R , t_0 em uma expressão não linear. São a eles atribuídos valores e, em um processo de tentativa e erro, procura-se determinar os valores para o qual ϕ é mínimo.

Uma vez obtida a taxa de sedimentação é possível calcular dois outros parâmetros: T_{meio} , que é o tempo necessário para que a metade da carga sólida despejada (M_0) se sedimente e L_{meio} , distância percorrida quando isto ocorre.

Integrando (9) entre os limites $M = M_0$ e $M = M_0/2$ obtém-se:

$$M_0 = \frac{M_0}{2} \exp(-S_R T_{\text{meio}}) \quad (12)$$

portanto: $T_{\text{meio}} = \frac{\ln 2}{S_R} \quad (13)$

$$L_{\text{meio}} = UT_{\text{meio}} \quad (14)$$

III.4.1.6 Resultados

III.4.1.6.1 Transporte em Suspensão

Terminada a injeção, o batelão foi rebocado para fora da área e deu-se início imediato à detecção do material ativo quando ainda em suspensão, a qual começou às 15:39h e terminou às 16:25h.

Foram realizados diversos cruzamentos no centro da mancha, até que a atividade caísse para níveis de background. A dispersão da mancha era então acentuada e o processo de decantação chegava ao fim.

Advecção:

A Figura III.4.1.1 apresenta a distância, em relação ao ponto de injeção, percorrida pelos picos de contagem máxima versus o tempo.

O valor da velocidade medida pela inclinação da reta ajustada foi:

$$V = 0,49 \text{ m/s}$$

Dispersão Horizontal:

Na Figura III.4.1.2 estão plotados os valores da variância (σ) em função do tempo. Os ajustes obtidos por linearização e regressão, conforme a equação (7), forneceram a seguinte expressão:

$$\sigma = 0,16 T^{0.73} \quad (15)$$

Recalculando em termos do coeficiente de dispersão:

$$D_Y = 0,019 T^{0.46}$$

Estes valores supõem T em unidades de segundo, σ em metros e D_Y em metros quadrados por segundo.

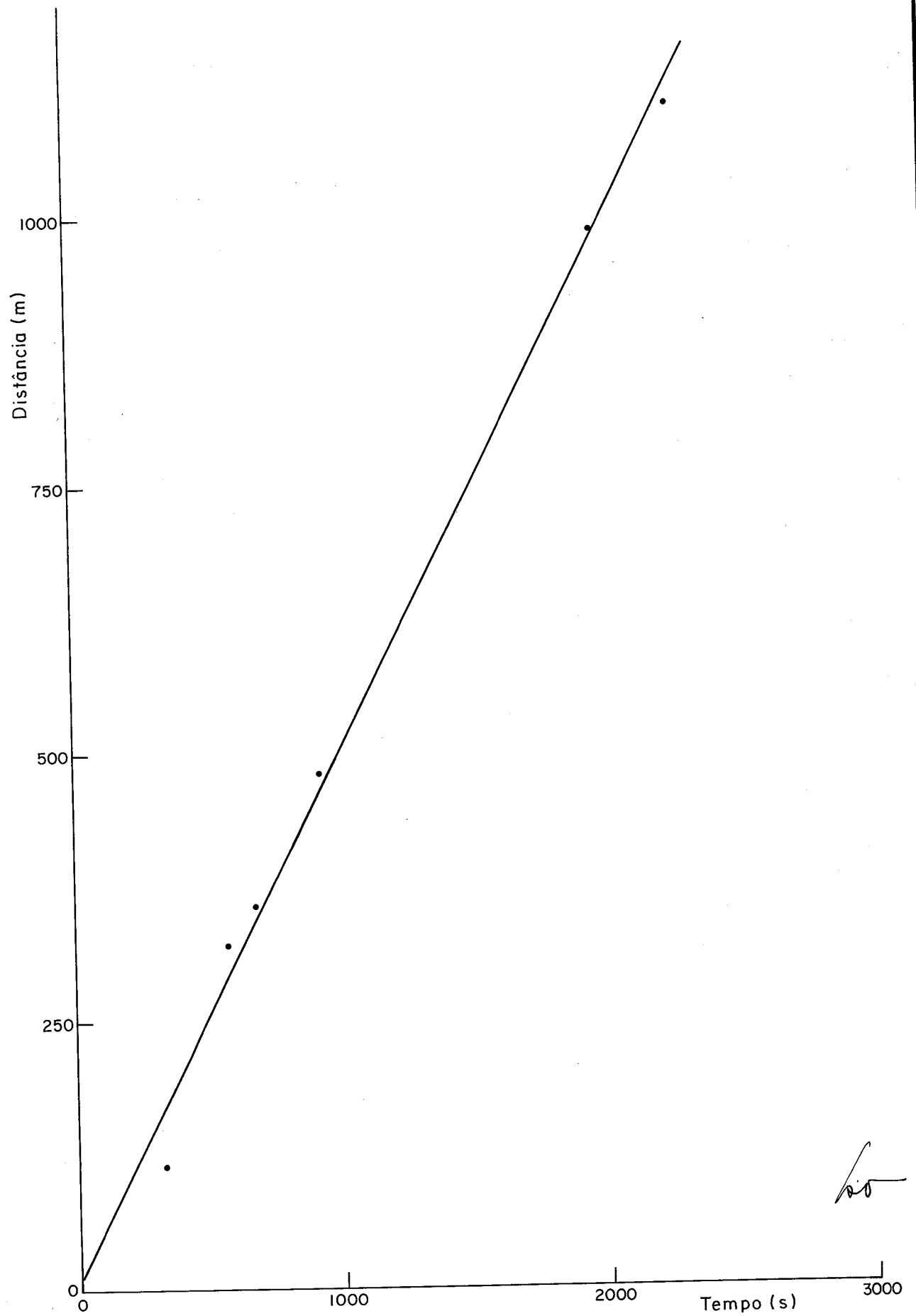


FIG. III. 4.1.1 - DISTÂNCIA PERCORRIDA PELO TRAÇADOR
EM FUNÇÃO DO TEMPO - ÁREA C , 22/03/86

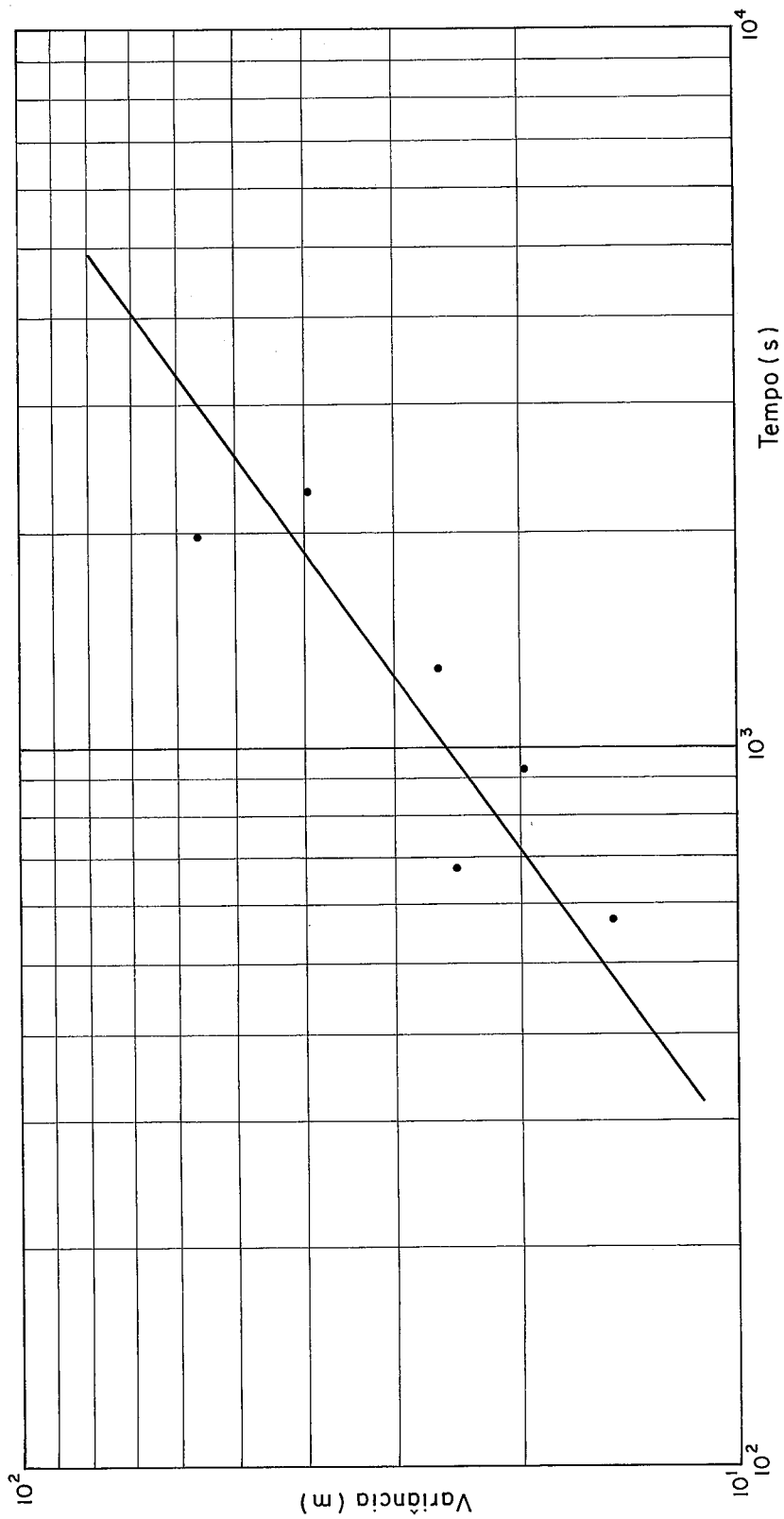


FIG. III. 4.1.1.2 - VARIÂNCIA EM FUNÇÃO DO TEMPO
 ÁREA C, 22/03/86

Handwritten signature

III.4.1.6.2 Diluição

A Figura III.4.1.3 apresenta os resultados relativos à diluição. Nesta figura, a linha reta que envolve os pontos por baixo representa a diluição mínima em função do tempo.

Tendo sido usada uma reta em papel semi-logarítmico foi suposto que a diluição segue uma lei exponencial:

$$S = e^{k(x-x_0)} \quad (16)$$

onde

S: diluição

k: constante, expressa a "rapidez" da diluição

x_0 : constante, expressa a distância aproximada do ponto de despejo ao início do campo afastado.

Substituindo em (16) os valores determinados por ajuste para as constantes k e x_0

$$S = e^{0.0032(x - 213)} \quad (17)$$

que é a expressão da diluição mínima alcançada pelo material despejado.

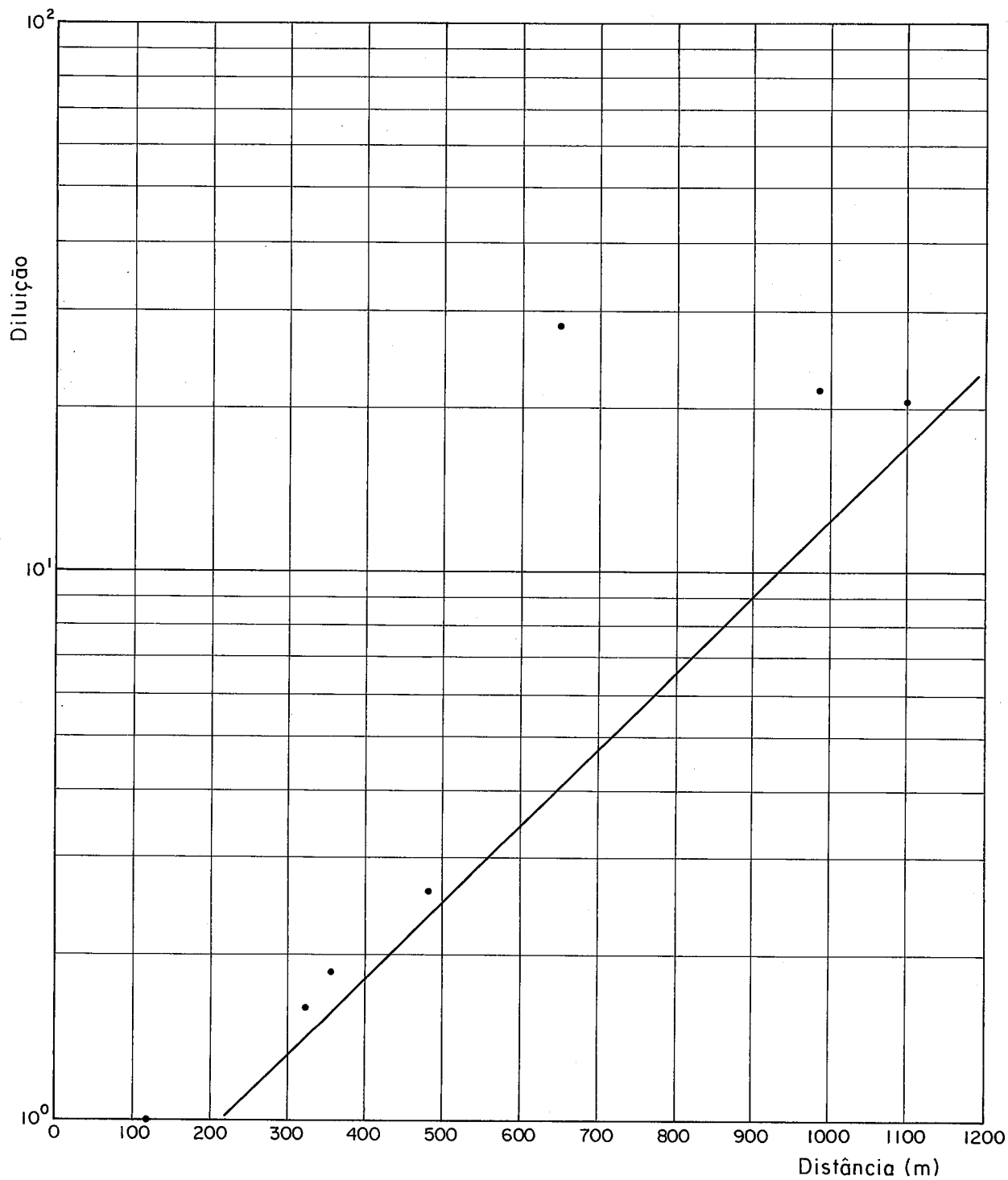


FIG. III.4.1.3 - DILUIÇÃO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA
ÁREA C , 22/03/86

III.4.1.6.3 Taxa de Sedimentação

Na Figura III.4.1.4 estão plotados os valores das contagens máximas versus o tempo e também a envoltória sobre os pontos do gráfico.

Os valores obtidos para S_R , T_{meio} e L_{meio} foram os seguintes:

$$S_R = 1236,4 \text{ g/ ton/s}$$

$$T_{meio} = 560,6 \text{ S}$$

$$L_{meio} = 274,4 \text{ m}$$

Para efeito de comparação são a seguir apresentados, na tabela III.4.1.1, valores dos parâmetros S_R , $T_{1/2}$ e $L_{1/2}$, encontrados pela DIEAM.CN, em outros estudos de dispersão de sedimentos em suspensão realizados em locais diversos, na costa brasileira.

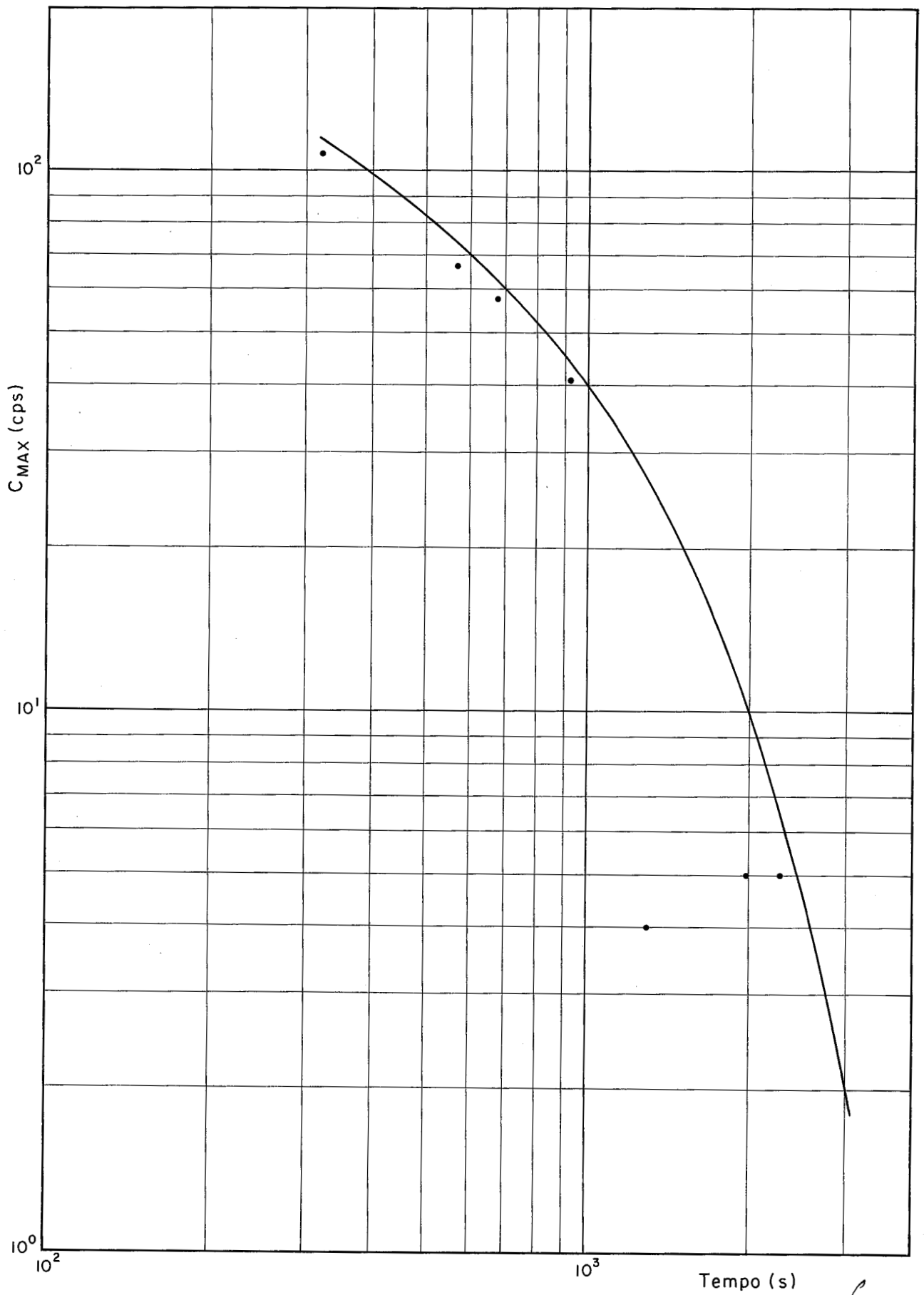


FIG. III. 4.1.4 - ATIVIDADE MÁXIMA EM FUNÇÃO DO TEMPO
ÁREA C, 22/03/86

Handwritten signature

Tabela III.4.1.1 - Valores dos Parâmetros Sedimentológicos encontrados na Costa Brasileira.

	S_R (g/T.S)	$T_{L/2}$ (s)	$L_{L/2}$ (m)
Belém	102 - 234	6796 - 2962	2039 - 2073
Recife	Verão	17329 - 5776	1040 - 578
	Inverno	13863 - 5332	1109 - 1546
São Luiz	Verão	22360 - 1894	13680 - 1535
	Inverno	2265 - 303	1418 - 94
Luiz Correia	150 - 160	4621 - 4332	809 - 230
Santos	413	1678	504

III.4.2 Comportamento do Sedimento no Fundo

Terminada a detecção do material em suspensão, foi iniciada às 16:38h a detecção de "mise-en-place" que, após sofrer duas interrupções devidas a agarramentos da sonda no fundo, terminou às 18:25h, com poucas linhas realizadas.

A maior atividade obtida foi de 1400 cps um pouco ao S do ponto de injeção, região onde se concentrou a maior parte da atividade.

A nuvem espalhou-se para SW, tendo seu limite ficado a 700m do ponto de injeção. Não foi encontrada atividade a N deste ponto, o que mostra que o espalhamento no fundo deu-se também segundo as correntes de vazante.

Após a detecção de "mise-en-place" da véspera, o fluxo das águas inverteu-se para NE e, na madrugada de 23/03, reorientou-se para o quadrante S, novamente, assim permanecendo durante todo o dia.

A primeira detecção completa de fundo, realizada entre 12:16h e 16:45h de 23/03, refletiu bem a inversão ocorrida.

A detecção foi muito dificultada pela grande quantidade de detritos no fundo e pelas fortes correntes de vazante.

O limite NE da nuvem acha-se a 250m do ponto de injeção (função da cheia da véspera) e o limite a SW foi estabelecido a cerca de 1000m do ponto de injeção,

tendo avançado 200m em relação à detecção anterior (função das correntes de vazante). Nesta região, onde ocorreu o final do processo de decantação do material despejado pelo batelão, a atividade no fundo é muito baixa e frequentemente se confunde com o background.

Apesar de a maior parte da atividade estar espalhada a até 250m para SW do ponto de injeção, as curvas de isocontagens (Figura III.4.2.1) apresentam-se relativamente distantes uma das outras, indicando que não há grande concentração do material próximo ao ponto de injeção.

Isto facilitou a obtenção de uma atividade recuperada de $8,500 \times 10^6$ cps \times m², alta em relação ao sistema de injeção por despejo utilizado, o que é um indicativo de que a maior parte do material foi ao fundo após o despejo. O centro de gravidade da nuvem acha-se a 176m a WSW do ponto de injeção.

A nuvem alarga-se para SW e WSW, mostrando que houve deposição na margem E do canal, mais rasa, e também a W, na parte mais profunda.

A orientação das correntes para SW fica bem caracterizada por medições feitas a correntôgrafo, instalado a 1m do fundo, pela equipe do INPH. O quadro 8 (referência 10) mostra que, para o dia 23/03, a direção média das correntes foi 230° (SW), e a velocidade média vetorial, 0,13 m/s.

Em 24/03 foi realizada a segunda detecção de fundo em C, que começou às 10:18h e terminou às 14:50h.

As correntes continuavam orientadas para SW, e os detritos do fundo dificultaram mais uma vez o trabalho de rastreamento.

Medições a correntômetro a 1m da superfície mostram a direção média orientada para SSW (212° NV) e velocidade média vetorial de 0,65 m/s. Já a 1m do fundo (correntôgrafo) obteve-se orientação para SW (228° NV) e velocidade de 0,25 m/s.

A maior atividade observada foi de apenas 450 cps, o que pode ser atribuído principalmente à dificuldade com que foi feita a detecção.

O limite SW da nuvem avançou uns 250m em relação à detecção anterior, mas aí as atividades são muito baixas e, como já mencionado, frequentemente se confundem com o ruído natural do fundo.

Encontrou-se atividade também a cerca de 320m a NE do ponto de injeção, o que mostra um avanço de 70m em relação à detecção anterior.

Em função das baixas atividades encontradas, a recuperação total de atividade caiu para cerca de $7,0 \times 10^6$ cps x m² e a nuvem apresenta-se mais estreita nas direções SE e NW. O centro de gravidade encontra-se agora a cerca de 110m a WSW do ponto de injeção e o núcleo mais ativo da nuvem tem um comprimento total de 400m.

Obviamente estas expansões nas fronteiras SW e NE da nuvem são função das inversões do fluxo das

Talita
Fig III. 4.2.2

~~9/12/05~~ 9/12/05

águas no canal e vizinhanças.

Próximo ao fim da detecção desabou forte temporal, associado com ventos também fortes de NW.

A Figura III.4.2.2 mostra as curvas de isocontagens para esta detecção.

O dia 25/03 amanheceu com sol. Soprava vento de S a SW, o mar apresentava-se um pouco agitado e as correntes orientavam-se para o interior do estuário (enchente), situação que perdurou durante todo o dia.

As medições a correntôgrafo feitas em C (INPH) mostram a corrente orientada para NE (36° NV), com velocidade média vetorial de 0,11 m/s. As medições a correntômetro, a 1m da superfície, mostram orientação também para NE e velocidade média vetorial muito maior (0,52m/s).

Foi realizada neste dia a terceira e última detecção de fundo em C, com início às 11:09h e término às 13:36h a qual, desta vez, não sofreu paralisações por agarramentos da sonda no fundo.

A cobertura da nuvem foi bem feita e, apesar de já haver decorrido mais de uma meia-vida de decaimento do ouro radioativo, encontrou-se uma grande região ativa, tendo a atividade recuperada se mantido nos níveis da detecção anterior.

Como consequência imediata da enchente que co-

meçou na madrugada deste dia houve um novo avanço da fronteira NE da nuvem, que agora se acha a cerca de 430m do ponto de injeção. Por outro lado, certamente afetado também pelo decaimento radioativo, o limite SW da mancha recuou para cerca de 940m do ponto de injeção, ficando o centro de gravidade a 100m a SW do ponto de injeção. O núcleo da nuvem, no entanto, mostra-se ainda orientado para SW (Figura III.4.2.3). Ao final da detecção, choveu forte novamente e podia-se observar a coloração amarelada da água em toda a região do canal.

Tal comportamento pode indicar que, se a acomodação dos extremos da nuvem às novas circunstâncias geradas pela inversão das correntes é rápida, o deslocamento da nuvem como um todo se dá de maneira mais lenta o que, de certa forma, favorece o local como depositário de rejeitos de dragagem.

As condições de corrente, vento e chuva, no entanto, em que foram feitos os estudos não foram as mais críticas já observadas, nem mesmo em relação aos dados colhidos durante os estudos nas outras áreas (A, B e B1), o que pode, evidentemente ter contribuído para a relativa modéstia do transporte observado.

O dinamismo mais acentuado dos fenômenos intervenientes pode alterar bastante o panorama dos resultados obtidos.

Quanto a isto é conveniente relembrar os resultados obtidos em 1972 (9).

Naquela ocasião (13/01/72), injetou-se no fundo,

na mesma região agora estudada, cerca de 12 Ci de Antimônio-124, com 60 dias de meia-vida. Este material estava incorporado a vidro fino, moído, misturado com a vaza do local, para se obter representatividade do fundo natural. Foram realizadas campanhas de detecção de fundo em janeiro e abril, as quais possibilitaram concluir-se que:

- i. no período entre 14/01 e 19/01 observou-se pequena movimentação do material no fundo para S;
- ii. entre 19/01 e 24/01 a movimentação para S foi intensa;
- iii. no período entre 24/01 e 27/01 a movimentação da nuvem inverteu-se para N;
- iv. em abril não havia mais material a N do ponto de injeção e nem em suas proximidades, mas ainda havia material a S do ponto de injeção;
- v. observou-se que, em algumas detecções, aparecia material marcado na região mais profunda do Canal e, em outras, este material era encontrado principalmente entre as isóbatas de -5m e -10m, o que parecia indicar que, em condições de escoamento mais intensas, o material que atingia o canal se movimentava mais rapidamente, talvez sendo recolhido em suspensão;
- vi. não houve retorno apreciável de material para o Porto Novo, o que terminou por eleger a área C como local adequado para lançamento de produtos de dragagem.

Infelizmente em (9) não se encontra resultados de medições hidráulico-meteorológicas que tenham sido

realizadas no período de estudos e que pudessem ser comparadas com os resultados atuais.

A própria fisiografia do estuário sofreu alterações mais, ou menos, importantes no decorrer desse período (construção de novas obras portuárias, dragagens, evolução dos fundos) o que deve ser levado em conta numa tal comparação de resultados.

É, assim, possível concluir que o material, ao ser despejado no local atual deposita-se no fundo, em grande parte.

Com correntes superficiais da ordem de 0,60m/s, como as observadas, a parte que permanece em suspensão sofre grande dispersão antes de se depositar. Chegando ao fundo o material passa a ter seu comportamento regido pelo fluxo bi-direcional das águas. Em condições hidrodinâmicas mais intensas, deverá apresentar um espalhamento bem maior que este agora observado, sendo que a parte do material que atingir a região mais profunda do canal poderá ser recolocada em suspensão.

Do ponto de vista do não-retorno de material à área do Porto Novo, a área de despejo C mostra-se adequada. No entanto, poderá estar ocorrendo assoreamento do canal principal a N e a S desta área em função do transporte, junto ao fundo e em suspensão, do material lá despejado. Não é possível estimar-se, no momento, em que escala estaria ocorrendo tal assoreamento.

Estudos com traçadores radioativos de meia-vida mais longa deverão fornecer parâmetros para melhor



quantificação dos processos acima mencionados, pois aí seria possível integrar-se os efeitos hidrodinâmicos ocorridos num período de tempo maior e, o que é mais importante, numa época mais crítica para sua avaliação.



IV. RESUMO E CONCLUSÕES

Tendo em vista as metas gerais traçadas pelo Plano Nacional de Dragagem para estudos hidráulico-sedimentológicos na região portuária de Rio Grande para determinação de novas áreas para lançamento de rejeitos de dragagem, foi realizado um amplo estudo naquela área em março de 1986.

Com base na Proposta Técnica DERL.PD-006/85 e na CE.DIEAM.PD-003/02.86, foram desenvolvidos estudos sedimentológicos que envolveram a aplicação de traçadores radioativos (Au-198), afetos à DIEAM-CDTN/NUCLEBRÁS, e levantamentos hidráulicos e meteorológicos simultâneos, afetos à DIDELE-INPH/PORTOBRÁS, em quatro áreas distintas da região portuária.

Estudou-se primeiramente a área A, situada a SE da Ilha do Terrapleno, na região onde existe um canal secundário que parte do canal principal e vai até as proximidades da Coroa do Ladino, com maior profundidade pouco acima de 5m (Figura I.1).

O objetivo principal deste estudo foi o de verificar a adequabilidade desta área em receber rejeitos de dragagens feitas no Porto Novo, para eventualmente substituir o local onde é feito o despejo atual (área C). Devido à maior proximidade de A em relação ao Porto Novo, poder-se-ia obter economia no transporte do material dragado.

O lançamento do material marcado (toda a carga do batelão CAMPISTA) foi feito em 03/03/86 e a corrente orientava-se para o quadrante N.



Após a injeção foi realizada uma detecção do material em suspensão, que mostrou uma advecção coerente com a velocidade da corrente na superfície e que grande parte do material se depositara no fundo após a injeção. Foi encontrada atividade a 1900m a N do ponto de injeção, mas a detecção precisou ser interrompida pois o material havia caminhado para zona de baixa profundidade que impedia a navegação.

Foram realizadas posteriormente cinco detecções do material no fundo, a saber, nos dias 04/03, 05/03, 06/03, 08/03 e 15/03/86.

A análise dos dados obtidos nestas detecções possibilitou concluir que:

- i. a maior parte do material foi rapidamente para o fundo, após o despejo;
- ii. o material no fundo sofreu pequena ação hidráulica. As correntes que predominaram foram as de vazante e, devido às relativamente baixas intensidades observadas junto ao fundo, sua ação sobre o material foi pequena;
- iii. correntes de maior intensidade, de enchente ou vazante, características do período de inverno, deverão atuar mais fortemente sobre o material depositado no fundo, podendo ocasionar transporte a taxas maiores e, podendo, também, recolocar em suspensão parte dele;



- iv. a área A poderia ser usada para despejo de modo sazonal, isto é, somente em épocas de baixa atividade hidráulico-meteorológica;
- v. para que o conjunto rebocador-batelão atinja a área, há necessidade de manobras, principalmente na junção canal principal/canal_{eta}, as quais poderão aumentar o tempo de transporte, sendo, então, um fator negativo;
- vi. novos estudos com aplicação de traçadores de meia-vida mais longa, e em épocas mais críticas, certamente serão de grande importância para uma melhor avaliação desta área como alternativa para C no que se refere ao uso como receptora de material dragado.

Outra área estudada foi a B, na margem E do canal, em frente à Coroa de Dona Mariana, limitada pelas isóbatas de -5m e -10m (Figura I.1).

O principal objetivo deste estudo foi o de verificar se ela poderia servir como alternativa para o descarte de material dragado na região do Super Porto, e que é atualmente feito fora da barra, através de dragas auto-transportadoras. Secundariamente, e em caso de não se confirmar a primeira hipótese, deveria ser verificada a possibilidade de B servir como área de tombo do material despejado pelas mesmas dragas e que, a seguir, seria recalcado para área mais a E, de pequena profundidade (B1).

Como não estava disponível draga auto-transporta



dora, optou-se por fazer uma injeção de vasa marcada com ouro radioativo no fundo da região, por bombeamento, de modo a se poder acompanhar a ação dos agentes hidrodinâmicos sobre o material após sua deposição.

A injeção foi realizada em 11/03/86 e a corrente orientava-se para o interior do estuário (enchente).

A detecção de localização da nuvem realizada a seguir mostrou que houve um grande espalhamento de material em suspensão, devido às correntes de enchente, e ao fato da deposição no fundo ter gerado turbulência que permitiu a colocação em suspensão de parte do material injetado. Nesta ocasião foi encontrada atividade a até 2500m a N do ponto de injeção; nenhuma atividade foi encontrada para S.

Posteriormente foram realizadas cinco detecções de fundo, nos dias 12/03, 14/03, 15/03, 17/03 e 19/03/86.

A análise dos dados obtidos nestas detecções, a a crescida dos resultados das medições hidráulicas, permite concluir que:

- i. o formato regular do fundo do canal, associado à largura relativamente pequena, em especial no trecho cuja orientação é praticamente N-S, favorece o aparecimento de correntes de elevada intensidade, mesmo em época de relativa calma climática;
- ii. o comportamento do material durante sua deposição e após esta é inequivocamente controla



do pelo regime de correntes; há movimentos para N e S conforme as correntes sejam de enchente ou de vazante;

- iii. há possibilidade de parte do material ser recolocado em suspensão pela ação das correntes, esteja ele em áreas mais rasas (margem E) ou mais fundas do canal;
- iv. devido à curta meia-vida do traçador utilizado não foi possível verificar com certeza o caminamento do material injetado para o canal, mas não se pode descartar tal hipótese; no entanto, se isto acontecer, o material deverá ser retirado da área atingida por efeito de transporte após ressuspensão e junto ao fundo, o que pode favorecer esta área para o lançamento de rejeitos. Sugere-se a realização de estudos com traçadores de meia-vida mais longa para a confirmação destas hipóteses; caso fique comprovada sua adequação como área de bota-fora, não há porque insistir em se bombear o material ali despejado para a área B1;
- v. pode-se sugerir estudos posteriores que contemplem um processo de dragagem por agitação na região do Super-Porto, quando se avaliaria a conveniência de se lançar diretamente no veio líquido, em condições favoráveis de maré vazante, o material revolvido do fundo do canal que poderia ser transportado em sus



pensão para fora da barra, com um mínimo de deposição ao longo do trajeto.

A terceira área estudada foi B1, situada a E da área B, na região da Coroa de Dona Mariana, e apresentando baixas profundidades, o que sempre dificultou muito a navegação. O principal objetivo do estudo nesta área seria a verificação do comportamento do material que ali fosse depositado por via de bombeamento de material despejado em B.

Utilizou-se, para deposição de vasa marcada com ouro radioativo, no fundo, o sistema de tambores e bomba utilizado em B, com a vazão diminuída de modo a reduzir a turbulência na saída da mangueira.

A injeção de 1 Ci de Au-198 foi realizada em 17/03/86. A profundidade local era de apenas 1,70m e as correntes eram de enchente na ocasião (orientadas para NE com velocidade média vetorial de 0,10 m/s, a meia-profundidade).

A detecção de localização da nuvem, realizada logo a seguir, mostrou um espalhamento na direção NNE-SSW, ficando a maior parte da região ativa concentrada na zona de injeção.

Posteriormente foram realizadas detecções de fundo em 19/03, 22/03 e 24/03. O espaçamento entre detecções foi função das condições de navegação, ou seja, só era possível fazer rastreamento com a maré cheia. Mesmo assim, toda a região a E da área apresentava baixios que



impediram frequentemente o prolongamento das linhas de navegação até o desaparecimento completo da atividade artificial.

As conclusões que se pode obter dos estudos são:

- i. a área muito baixa inviabiliza qualquer despejo que não através de linha de recalque, o que obviamente representa obstáculo à livre navegação de barcos de pesca artesanal;
- ii. a ação de correntes é a grande responsável pela movimentação do material, que parece sofrer um processo de lavagem e carreamento para áreas mais profundas;
- iii. devido às baixas profundidades locais e à grande extensão planar da área de baixios, propiciando "fetch" suficiente, o fundo pode sofrer também ação de ondas geradas por ventos locais, o que seria um outro agente a contribuir para o transporte do material vasoso;
- iv. agrava a possibilidade de haver espalhamento de material o fato de se despejar material coesivo retirado do canal de acesso, e certamente desagregado e diluído pelo processo de dragagem, sobre material granular (areia fina em maioria) que compõe o fundo da área B1;

- v. toda a área de baixios é francamente utilizada por pescadores artesanais, que ali cravam estacas para suporte de redes de espera; acredita-se que eventuais despejos de material dragado criarão problemas ao tráfego das pequenas embarcações utilizadas e à pesca em si.

Finalmente foram realizados estudos hidráulico-sedimentológicos na área C, situada na margem E do canal, em frente à Ponta da Mangueira (Figura I.1).

O material retirado do canal do Porto Novo é atualmente despejado nesta região, e um estudo nas condições semelhantes ao caso real poderia possibilitar uma melhor avaliação do despejo, integrando-se os fenômenos ocorridos durante e após a deposição do material no fundo. Este foi o objetivo principal do estudo, que ainda permitiu comparações (cautelosas) com resultados obtidos em trabalho realizado em 1972 pela Divisão de Radioisótopos (9).

O despejo do material contido na cisterna do batelão, e marcado com ouro radioativo, foi realizado em 22/03/86. As correntes orientavam-se para o quadrante S (vazante).

Terminado o despejo deu-se início à detecção do material em suspensão quando foi encontrada atividade a pelo menos 1310m a SW do ponto de injeção; aí a dispersão já era acentuada e o processo de decantação chegava ao fim. A velocidade de advecção foi semelhante à intensidade superficial das correntes.

Foi também realizada a detecção de fundo chamada de "mise-en-place", quando apareceu material ativo a 700m a SW do ponto de injeção, e nenhum material a N, o que mostra a ação das correntes de vazante também sobre o material depositado no fundo.

Posteriormente foram realizadas mais tres detecções de fundo nesta área, nos dias 23/03, 24/03 e 25/03/86.

Como resultado dos estudos desenvolvidos pode-se concluir que:

- i. o comportamento do material, tanto durante sua deposição quanto após atingir o fundo, é inequivocamente controlado pelo regime de correntes;
- ii. após o despejo, a maior parte do material deposita-se no fundo; sob condições de mar mais severas, aumentará a fração que é transportada em suspensão, o transporte do material depositado no fundo deverá acontecer a taxas mais elevadas e parte deste poderá ainda ser recolocado em suspensão, esteja nas margens ou no fundo do canal, principalmente;
- iii. não parece haver retorno de material para a região do Porto Novo;



- iv. é óbvio, no entanto, que o material transportado sob a ação do fluxo bi-direcional das correntes, atingirá regiões a N e a S da área de deposição, causando depósitos a taxas cuja quantificação não foi possível com os estudos atuais;
- v. as comparações inevitáveis entre os resultados atuais e aqueles apresentados em (9) devem levar em conta as condições diversas de época, fisiografia, sistema de injeção e traçadores utilizados; ainda assim, não são mutuamente excludentes;
- vi. estudos feitos com traçadores de meia-vida mais longa, e em épocas mais críticas, deverão melhorar o conhecimento dos fenômenos estudados.

Uma avaliação final e geral dos dados obtidos com a aplicação de traçadores radioativos, através das medições hidráulico-meteorológicas e na bibliografia consultada vem confirmar a complexidade, em todos os aspectos, da região estuarial da Lagoa dos Patos, sem dúvida uma das mais belas do litoral brasileiro. Qualquer novo estudo que venha a ser feito, independentemente de sua contribuição para um conhecimento específico, virá contribuir certamente para melhor entendimento global do dinamismo dos processos naturais ali desenvolvidos.

Belo Horizonte, 23 de julho de 1986

Eng^o Pedro Edmundo Aun
Chefe da Divisão de Engenharia Ambiental



Falta a Fig. III.4.2.3

9/12/05

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INPH/PORTOBRÁS - "Plano Nacional de Dragagem - Programa de Estudos de Campo para Otimização de Áreas para Despejo de Dragagens dos Portos ainda Sujeito a Definição" - Relatório INPH 186/84 - Setembro/84.
2. "Estudos Hidráulico-Sedimentológicos para Determinação de Novas Áreas para Lançamento de Rejeitos de Dragagem - Baía e Porto de Santos - Junho/Julho - 1985" - Divisão de Engenharia Ambiental/DERL.PD - CDTN/NUCLEBRÁS - Relatório DERL.PD-001/86 - Janeiro/86.
3. "Estudos Hidráulico-Sedimentológicos para Determinação de Novas Áreas para Lançamento de Rejeitos de Dragagem - Porto do Rio de Janeiro" - Divisão de Engenharia Ambiental/DERL.PD - CDTN/NUCLEBRÁS - Relatório DERL.PD-003/86 - Janeiro/86.
4. "Estudos Hidráulico-Sedimentológicos para Determinação de Novas Áreas para Lançamento de Rejeitos de Dragagem - Porto de Vitória (ES)" - Divisão de Engenharia Ambiental/DERL.CN - CDTN/NUCLEBRÁS - Relatório DERL.CN-010/86 - Maio/86.
5. "Plano Nacional de Dragagem: Proposta Técnica para os Estudos no Porto de Rio Grande (RS)" - Proposta de Prestação de Serviços DERL.PD-006/85 - CDTN/NUCLEBRÁS - Agosto/85.



6. INPH/PORTOBRÁS - "Plano Nacional de Dragagem - Avaliação da Espessura da Camada de Vasa no Canal de Acesso e Bacia de Evolução do Porto de Rio Grande (RS)" - Relatório INPH 32/85 - Fevereiro/85.
7. CALLIARI, L. et. al. - "Características Sedimentológicas e Fatores Ambientais da Região Estuarial da Lagoa dos Patos" - Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia - Volume 2 - Camboriú/SC - 1980.
8. Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR) - UFMG/CNEN - "Experiência Preliminar com Radioisótopos no Porto de Rio Grande" - Novembro/1970.
9. Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR) - UFMG/CNEN - "Medida do Sedimento de Fundo no Porto de Rio Grande, RS" - 1972.
10. INPH/PORTOBRÁS - "Plano Nacional de Dragagem - Medições Oceanográficas no Estuário da Lagoa dos Patos em Apoio ao Estudo com Traçadores Radioativos para Otimização de Áreas de Despejo" - Relatório INPH 75/86 - Julho/1986.
11. Hartmann, C. - "Estudo do Material em Suspensão no Estuário da Laguna dos Patos, RS - FASE II - Maio 82 a Dezembro 83" - FURG - Junho/1985.
12. AUN, P.E. et. al. - "Estudo de Novos Locais de Despejo de Dragagem no Porto de Recife: Movimentação de Sedimentos em Suspensão" - DIEAM/DERL/CDTN - NUCLEBRÁS - Belo Horizonte - 1978.

ANEXO I

RESULTADO DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DAS
AMOSTRAS DO FUNDO DO PORTO DE RIO GRANDE



ANEXO I

RESULTADO DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DAS AMOSTRAS DO FUNDO DO PORTO DE RIO GRANDE

No decorrer dos trabalhos de campo em Rio Grande foram colhidas algumas amostras do fundo das áreas em estudo para uma caracterização granulométrica dessas regiões.

O número de amostras colhidas foi pequeno - 2 amostras na área A, 1 amostra na área B, 1 amostra na área B1, 1 amostra na área C (Figura I.1).

Ainda assim, é interessante observar que os resultados das análises granulométricas e teores de silte-argila, via de regra, se assemelham aos resultados obtidos em (7).

A amostra A1 foi colhida no eixo da canaleta a SE da Ilha do Terraplano, em sua parte mais profunda e a parcentagem, em peso, de material coesivo é de 88,54%. A amostra A2 apresenta uma porcentagem maior de areia, 78,20%, quase toda ela, fina. Ambas as amostras contêm conchas de pequeno diâmetro (biodetritos) e situam-se na região que (7) apresenta como uma zona de transição entre fundo predominantemente arenoso e misto (areia + silte + argila).

A amostra B1 foi colhida na margem E do canal, entre as isóbatas de -5m e -10m (Figura I.1). Contém 65,45% de areia (fina, principalmente) e 35,55% de material vasoso. Também apresentou conchas e localiza-se na



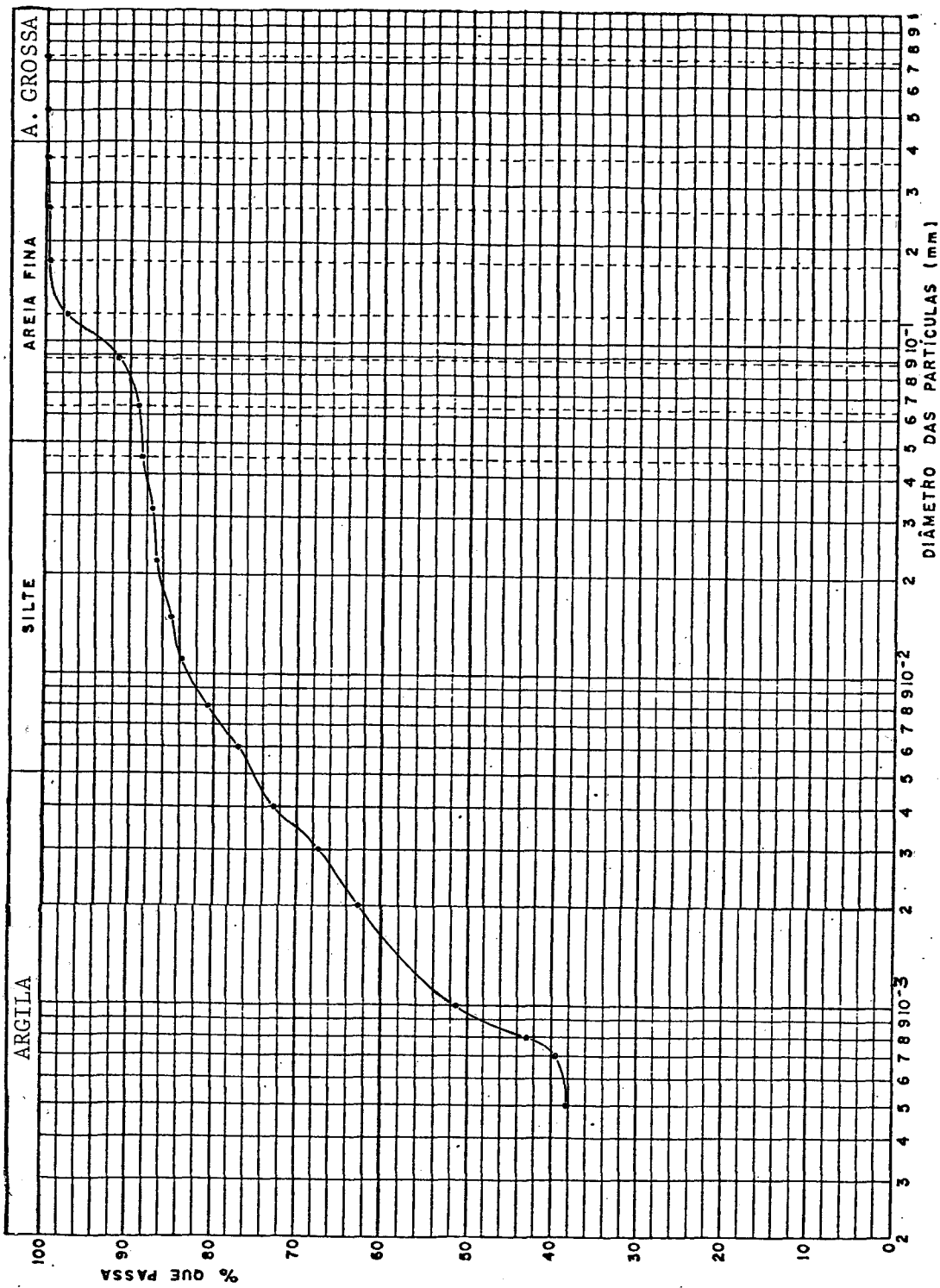
região que (7) considera como sendo composta por material areno-siltico. O fato da porcentagem de areia ser bem maior que a de vasa contribui para se concluir que, ao ser lançado sobre este fundo material de menor granulometria, a tendência é de que este se movimente, como aliás ficou demonstrado pelas detecções realizadas em B.

A amostra colhida em B1, nos baixios da Coroa de Dona Mariana, a E do canal, apresentou, como era de se esperar, um elevado teor de areia (74,87%) (Figura I.1). Apresentou também grande quantidade de conchas (8,75g). Ambas as constatações estão em pleno acordo com o que foi verificado em (7). A presença maciça de areia indica, aqui também, boa possibilidade de movimento de material vasoso que venha a ser despejado na área.

A amostra colhida em C (Figura I.1), nas imediações de bancos de material arenoso e na região onde é feito atualmente o despejo do material dragado no Porto Novo, apresentou teores mais ou menos equilibrados de areia (54,75%) e vasa (45,25%). Também apresentou boa quantidade de biotritos originários de moluscos (5,57g).

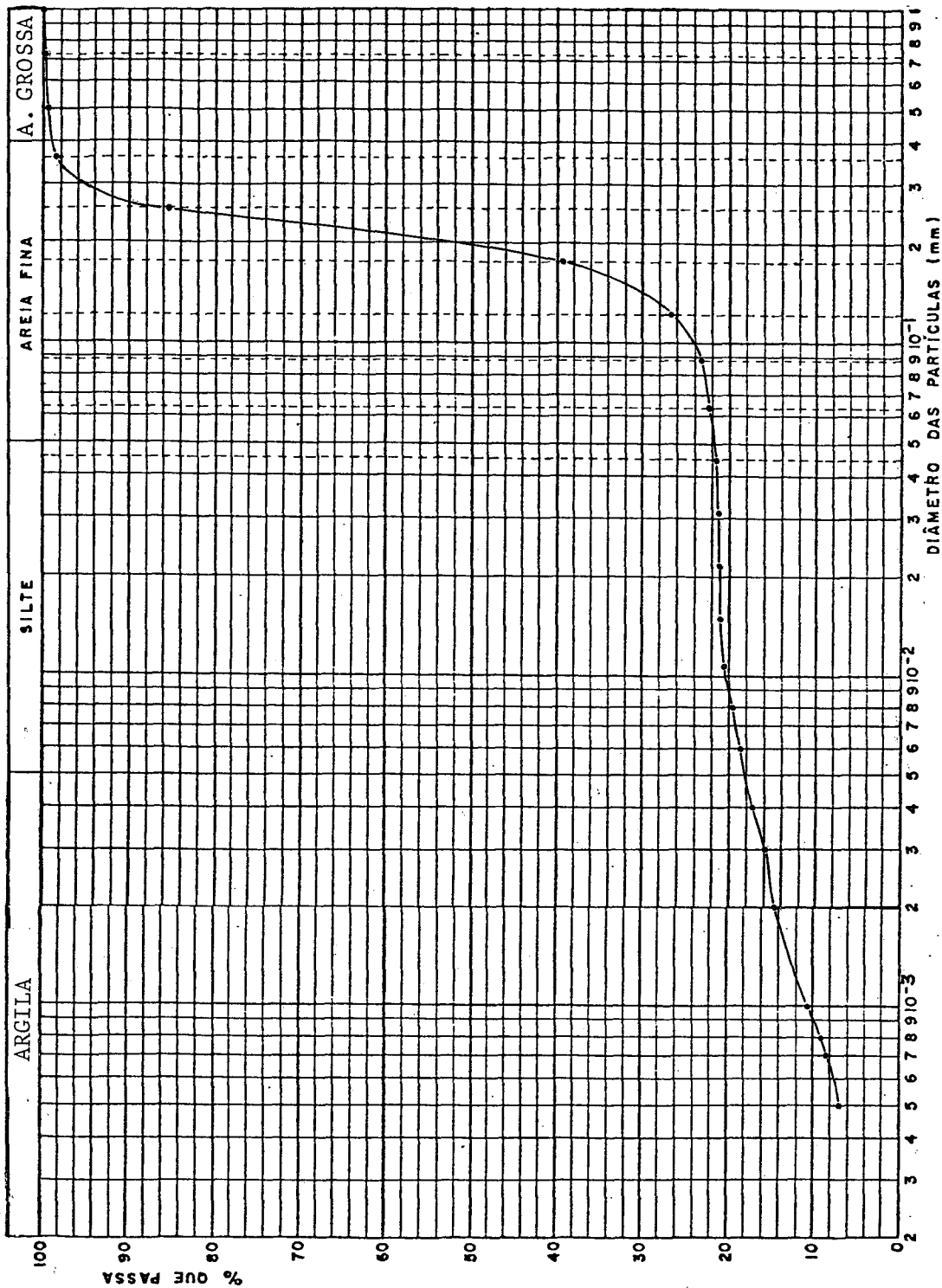


DIÂMETRO	MATERIAL RETIDO	MATERIAL QUE PASSA	% QUE PASSA
1.000	0.07 (concha)		
0.710		110.268	100.00
0.500	0.02	110.248	99.98
0.350	0.04	110.208	99.95
0.250	0.06	110.148	99.89
0.177	0.22	109.268	99.64
0.125	2.22	107.528	97.57
0.088	6.65	100.938	91.53
0.062	2.79	98.148	89.01
0.044	0.52	97.628	88.54
0.031	1.396	96.232	87.27
0.022	0.527	95.705	86.79
0.016	2.265	93.440	84.74
0.011	0.869	92.571	83.95
0.008	4.013	88.558	80.31
0.006	3.836	84.722	76.83
0.004	4.530	80.192	72.72
0.003	5.751	74.441	67.51
0.002	5.408	69.033	62.60
0.001	11.852	57.181	51.85
0.0008	9.939	47.242	42.84
0.0007	3.658	43.584	39.53
0.0005	1.457	42.127	38.20
FUNDO	42.127	0.000	00.00



DIVISÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL				
DATA DA COLETA - 06.03.86		AMOSTRA - A1		D ₁₅ -
LOCAL - Rio Grande		TIPO - Areia + Vasa		
DISTÂNCIAS (m)		ANÁLISE DA FRAÇÃO		
		AREIA	VASA	TOTAL
		PESO (g)	97.628	110.268
		%	11.46	88.54
				σ -

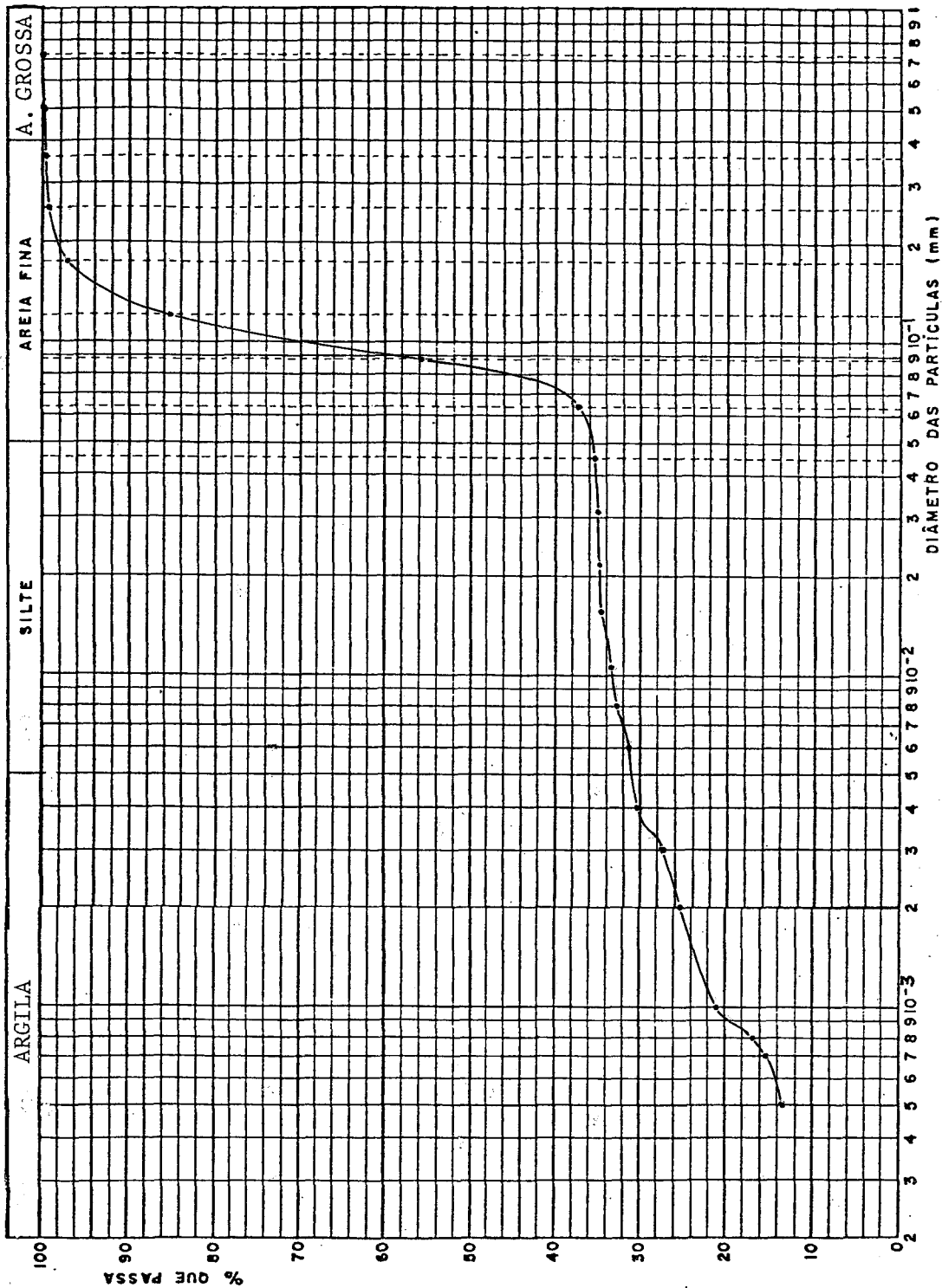
DIÂMETRO	MATERIAL RETIDO	MATERIAL QUE PASSA	% QUE PASSA
1.000	3.26 (concreto)	210.1755	100.00
0.710	0.22	209.9555	99.90
0.500	0.51	209.4455	99.65
0.350	2.36	207.0855	98.53
0.250	27.25	179.8355	85.56
0.177	97.05	82.7855	39.39
0.125	26.77	56.0155	26.65
0.088	7.22	48.7955	23.22
0.062	2.23	46.5655	22.16
0.044	0.75	45.8155	21.80
0.031	0.6002	45.2153	21.51
0.022	0.4306	44.7847	21.31
0.016	0.3437	44.4410	21.14
0.011	1.2049	43.2361	20.57
0.008	1.5440	41.6921	19.84
0.006	2.5794	39.1127	18.61
0.004	2.4969	36.6158	17.42
0.003	3.0926	33.5232	15.95
0.002	3.3537	30.1695	14.35
0.001	5.9285	24.2410	11.53
0.0008	5.3284	18.9126	9.00
0.0007	1.5425	17.3641	8.26
0.0005	2.4924	14.8717	7.08
FUNDO	14.8717	00.0000	0.00



DIVISÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

DATA DA COLETA - 06-03-86	AMOSTRA - A2	TIPO - Areia + Vasa.	D ₁₆ -
LOCAL - Rio Grande	ANÁLISE DA FRAÇÃO		D ₅₀ -
DISTÂNCIAS (m)	AREIA	VASA	D ₈₄ -
	PESO (g)	45.8155	210.1755
	%	78.20	21.80
			σ -

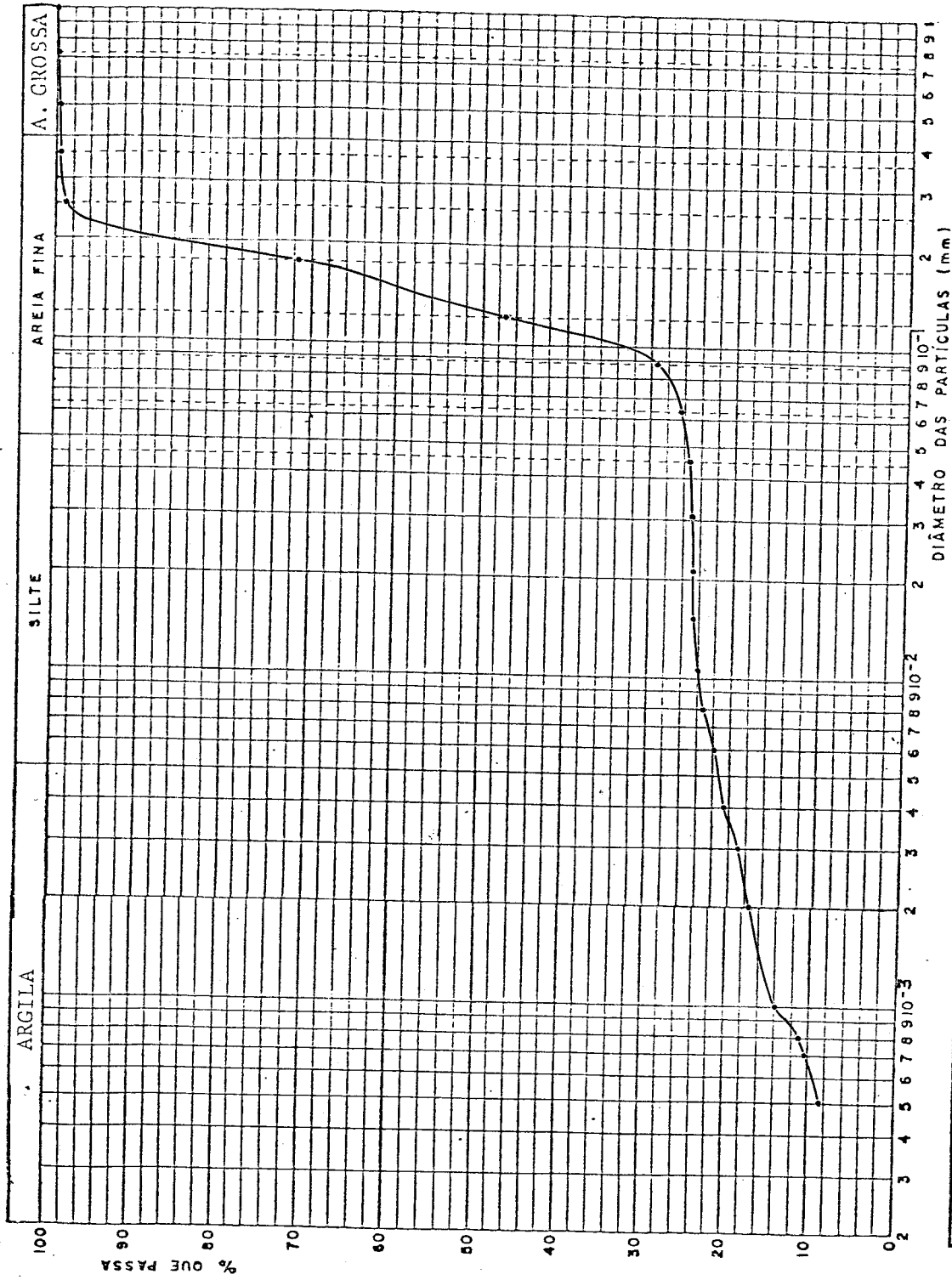
DIÂMETRO	MATERIAL RETIDO	MATERIAL QUE PASSA	% QUE PASSA
1.000	0.7 (conchas)		
0.710		299.193	100.00
0.500	0.13	299.063	99.96
0.350	0.23	298.833	99.88
0.250	1.09	297.743	99.52
0.177	7.27	290.473	97.09
0.125	34.75	255.723	85.47
0.088	88.29	167.433	55.96
0.062	54.93	112.503	37.60
0.044	6.15	106.353	35.55
0.031	1.468	104.885	35.05
0.022	0.744	104.141	34.81
0.016	1.227	102.854	34.37
0.011	2.021	100.833	33.70
0.008	2.946	97.887	32.72
0.006	3.260	94.027	31.43
0.004	3.620	90.347	30.20
0.003	7.732	82.615	27.61
0.002	6.073	76.542	25.52
0.001	13.985	62.557	20.91
0.0008	12.326	50.231	16.79
0.0007	3.308	46.923	15.68
0.0005	5.711	41.212	13.77
FUNDO	41.212	00.000	00.00



DIVISÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

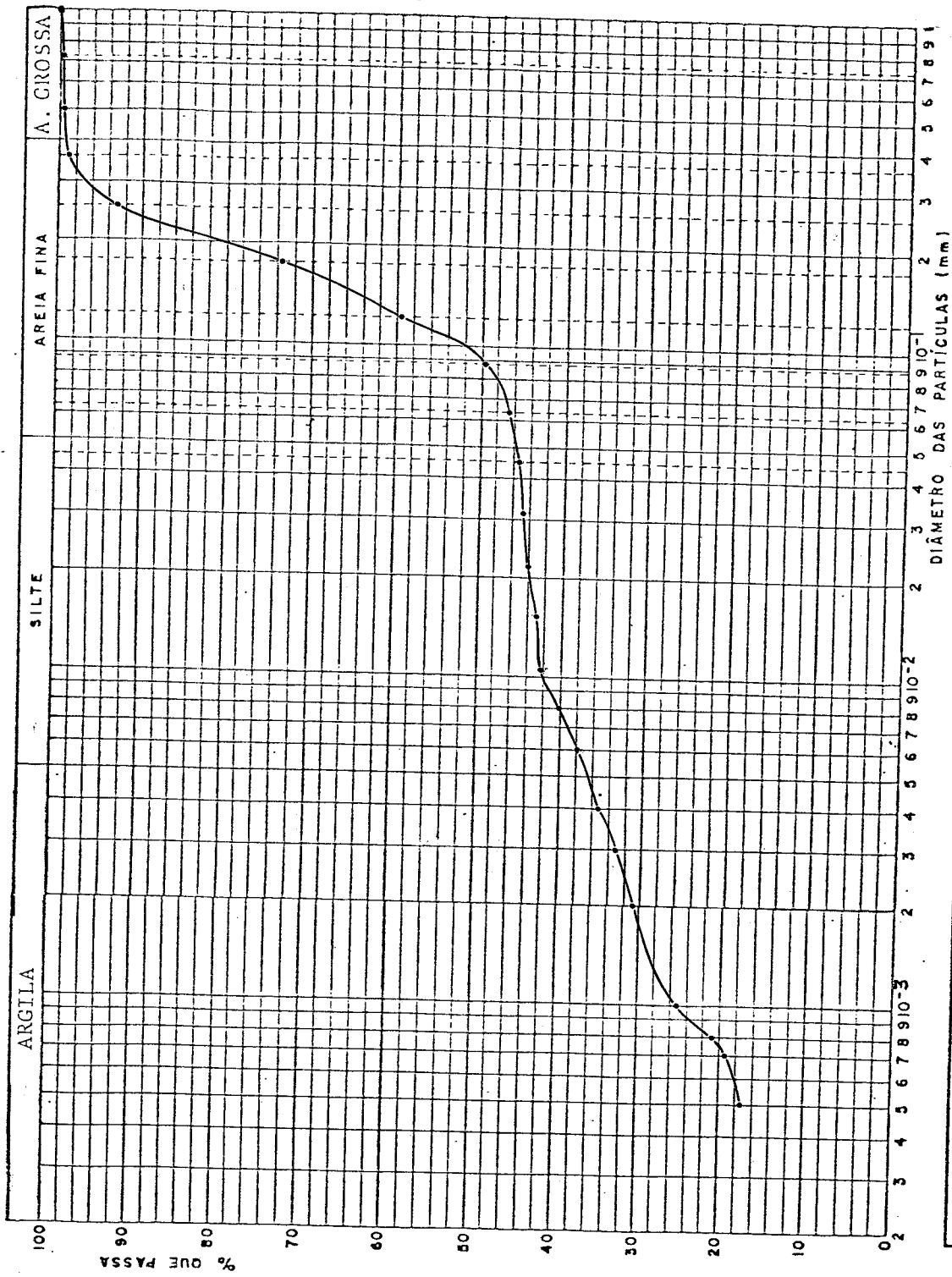
DATA DA COLETA - 25.03.86	AMOSTRA - B1	TIPO - areia + vase	D ₁₆ -
LOCAL - Rio Grande	ANÁLISE DA FRAÇÃO		D ₉₀ -
DISTÂNCIAS (m)	AREIA	VASA	TOTAL
	PESO (g)	192.84	106.353
	%	64.45	35.55
			D ₈₄ -
			σ -

DIÂMETRO	MATERIAL RETIDO	MATERIAL QUE PASSA	% QUE PASSA
1.000	8.75 (conchas)	257.458	100.00
0.710	0.15	257.308	99.94
0.500	0.30	257.008	99.82
0.350	0.33	256.678	99.70
0.250	2.24	254.438	98.83
0.177	69.90	184.538	71.68
0.125	62.80	121.738	47.28
0.088	46.07	75.668	29.39
0.062	2.26	67.408	26.18
0.044	2.72	64.688	25.13
0.031	0.116	64.572	25.08
0.022	0.699	63.873	24.81
0.016	0.116	63.756	24.76
0.011	1.973	61.783	24.00
0.008	2.089	59.694	23.18
0.006	3.137	56.557	21.97
0.004	4.296	52.261	20.30
0.003	3.719	48.542	18.85
0.002	4.179	44.363	17.23
0.001	2.357	36.005	13.98
0.0008	7.432	28.573	11.10
0.0007	2.329	26.244	10.19
0.0005	4.179	22.065	8.57
FUNDO	22.065	0.000	0.00



DIVISÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL			
DATA DA COLETA - 17.03.86	AMOSTRA - B11	TIPO - Areia + vasa	
LOCAL - Rio Grande	ANÁLISE DA FRAÇÃO		
DISTÂNCIAS (m)	AREIA	VASA	TOTAL
	PESO (g)	64.688	257.458
	%	74.87	25.13
			D ₁₆ -
			D ₃₀ -
			D ₈₄ -
			σ - <i>ps</i>

DIÂMETRO	MATERIAL RETIDO	MATERIAL QUE PASSA	% QUE PASSA
1.000	5.57 (concha)	216.195	100.00
0.710	0.34	215.955	99.89
0.500	0.41	215.545	99.70
0.350	1.66	213.885	98.93
0.250	12.82	201.065	93.00
0.177	41.42	159.645	73.24
0.125	30.25	129.395	59.85
0.088	21.61	107.785	49.86
0.062	7.42	100.325	46.40
0.044	2.53	97.835	45.25
0.031	1.232	96.602	44.68
0.022	1.418	95.184	44.03
0.016	2.652	92.532	42.80
0.011	1.056	91.476	42.31
0.008	4.941	86.535	40.03
0.006	4.598	81.937	37.90
0.004	5.821	76.116	35.21
0.003	4.599	71.517	33.08
0.002	4.764	66.753	30.88
0.001	11.652	55.101	25.49
0.0008	9.891	45.210	20.91
0.0007	3.003	42.207	19.52
0.0005	4.413	37.794	17.48
Fundo	37.794	00.000	00.00



DIVISÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL				
DATA DA COLETA - 24.03.86	AMOSTRA - e1	TIPO - Areia + vasa		
LOCAL - Rio Grande				
DISTÂNCIAS (m)				
ANÁLISE DA FRAÇÃO		AREIA	VASA	TOTAL
PESO (g)	%	118.36	97.835	216.195
		54.75	45.25	
		D ₁₆	D ₅₀	D ₈₄

ANÁLISE
AMOSTRA
DATA

Pipeta de Andreasen

Rio Grande (41)
01 / 07 / 86

MEIO
CONC. VASA

H₂O Dest.
5 g/l

√	TEMPO DECORR. (min.)	Nº DO BECKER	PESO DA VASA + PESO DO BECKER	PESO DO BECKER	PESO DA VASA	PESO DA VASA - SALINIDADE	% (massa)	CONTAGENS (cpm)	% ATIVIDADE
	0	51	27.7781	27.7221	0.0560		100.00		
1	2	1	25.4944	25.4392	0.0552		98.57		
5×10^{-1}	4	2	25.2249	25.1700	0.0549		98.03		
2.5×10^{-1}	8	3	25.5854	25.5318	0.0536		95.71		
1.3×10^{-1}	15	4	27.0091	26.9560	0.0531		94.82		
6.6×10^{-2}	30	5	25.4959	25.4451	0.0508		90.71		
3.3×10^{-2}	60	6	26.0430	25.9944	0.0486		86.78		
1.7×10^{-2}	120	7	26.8842	26.8382	0.0460		82.14		
8.3×10^{-3}	240	8	27.3482	27.3055	0.0427		76.25		
4.2×10^{-3}	480	9	27.2217	27.1821	0.0396		70.91		
1.4×10^{-3}	1440	10	26.4781	26.4453	0.0328		58.57		
6.9×10^{-4}	2880	51	27.7492	27.7221	0.0271		48.39		
4.6×10^{-4}	4320	56	26.8277	26.8027	0.0250		44.64		
2.3×10^{-4}	8640	56	26.8254	26.8027	0.0227		40.54		

65

ANÁLISE
AMOSTRA
DATA

Pipeta de andreasen

Rio Grande - (A2)

30 / 06 / 86

MEIO

CONC. VASA

H₂O Dest.

5 g/L

V	TEMPO DECORR. (min.)	Nº DO BECKER	PESO DA VASA + PESO DO BECKER	PESO DO BECKER	PESO DA VASA	PESO DA VASA - SALINIDADE	% (massa)	CONTAGENS (cpm)	% ATIVIDADE
	0	52	25.7896	25.7363	0.0533				
1	2	11	27.1633	27.1107	0.0526		98.69		
5×10^{-1}	4	12	25.9322	25.8801	0.0521		97.75		
2.5×10^{-1}	8	13	26.7489	26.6972	0.0517		97.00		
1.3×10^{-1}	15	14	25.4497	25.3994	0.0503		94.37		
6.6×10^{-2}	30	15	28.1903	28.1418	0.0485		91.00		
3.3×10^{-2}	60	16	25.7990	25.7535	0.0455		85.37		
1.7×10^{-2}	120	17	26.6797	26.6371	0.0426		79.92		
8.3×10^{-3}	240	18	26.4226	26.3836	0.0390		73.17		
4.2×10^{-3}	480	19	27.2052	27.1701	0.0351		65.35		
1.4×10^{-3}	1440	20	26.3987	26.3705	0.0282		52.91		
6.9×10^{-4}	2880	52	25.7583	25.7363	0.0220		41.28		
4.6×10^{-4}	4320	57	26.8785	26.8583	0.0202		37.90		
2.3×10^{-4}	8640	57	26.8756	26.8583	0.0173		32.46		

ANÁLISE
AMOSTRA
DATA

Pipeta de Andreasen
Rio Grande (B1) MEIO H₂O Dest.
30 106 126 CONC.VASA 5 g/l

√	TEMPO DECORR. (min.)	Nº DO BECKER	PESO DA VASA + PESO DO BECKER	PESO DO BECKER	PESO DA VASA	PESO DA VASA — SALINIDADE	% (massa)	CONTA-GENS (c p m)	% ATIVIDADE
	0	53	28.2071	28.1513	0.0578				
1	2	21	26.1923	26.1353	0.0570		98.62		
5×10^{-1}	4	22	27.5878	27.5312	0.0566		97.92		
2.5×10^{-1}	8	23	25.7304	25.6745	0.0559		96.71		
1.3×10^{-1}	15	24	26.6628	26.6080	0.0548		94.81		
6.6×10^{-2}	30	25	25.5900	25.5368	0.0532		92.04		
3.3×10^{-2}	60	26	26.5101	26.4590	0.0511		88.41		
1.7×10^{-2}	120	27	27.3062	27.2571	0.0491		84.95		
2.3×10^{-3}	240	28	28.1593	28.1144	0.0449		77.68		
4.2×10^{-3}	480	29	26.3138	26.2722	0.0416		71.97		
1.4×10^{-3}	1440	30	26.0329	25.9989	0.0340		58.82		
6.9×10^{-4}	2880	53	28.1786	28.1513	0.0273		47.23		
4.6×10^{-4}	4320	58	28.4666	28.4411	0.0255		44.12		
2.3×10^{-4}	8640	58	28.4635	28.4411	0.0224		38.75		

ANÁLISE
AMOSTRA
DATA

Pipeta de Andreasen

Rio Grande (B11)

30 / 06 / 86

MEIO

CONC.VASA

H₂O Dest.

5 g/l

√	TEMPO DECORR. (min.)	Nº DO BECKER	PESO DA VASA + PESO DO BECKER	PESO DO BECKER	PESO DA VASA	PESO DA VASA — SALI- NIDADE	% (massa)	CONTA- GENS (c p m)	% ATIVIDADE
	0	55	26.6209	26.5654	0.0557				
1	2	41	27.3228	27.2672	0.0556		99.82		
5×10^{-1}	4	42	27.9989	27.9439	0.0550		98.74		
2.5×10^{-1}	8	43	27.1897	27.1348	0.0549		98.55		
1.3×10^{-1}	15	44	26.4897	26.4365	0.0532		95.51		
6.7×10^{-2}	30	45	27.2415	27.1901	0.0514		92.28		
3.3×10^{-2}	60	46	26.8951	26.8464	0.0487		87.43		
1.7×10^{-2}	120	47	25.2086	25.1636	0.0450		80.79		
8.3×10^{-3}	240	48	24.7718	24.7300	0.0418		75.04		
4.2×10^{-3}	480	49	24.8050	24.7668	0.0382		68.58		
1.4×10^{-3}	1440	50	25.8590	25.8280	0.0310		55.66		
6.9×10^{-4}	2880	55	26.5900	26.5654	0.0246		44.17		
4.6×10^{-4}	4320	60	27.0822	27.0596	0.0226		40.57		
2.3×10^{-4}	8640	60	27.0786	27.0596	0.0190		34.11		

Handwritten signature

ANÁLISE
AMOSTRA
DATA

Pipeta de Andrasen

Rio Grande (C1)

MEIO
CONC. VASA

H₂O Dest.
5 g/l

✓	TEMPO DECORR. (min.)	Nº DO BECKER	PESO DA VASA + PESO DO BECKER	PESO DO BECKER	PESO DA VASA	PESO DA VASA - SALINIDADE	% (massa)	CONTA-GENS (c p m)	% ATIVIDADE
	0	54	26.9696	26.9142	0.0554		100.00		
1	2	31	28.0759	28.0212	0.0547		98.74		
5×10^1	4	32	27.1273	27.0734	0.0539		97.29		
2.5×10^1	8	33	26.4199	26.3675	0.0524		94.58		
1.3×10^1	15	34	26.0334	25.9816	0.0518		93.50		
6.6×10^{-2}	30	35	27.8990	27.8500	0.0490		88.45		
3.3×10^{-2}	60	36	25.8034	25.7570	0.0464		83.75		
1.7×10^{-2}	120	37	27.3757	27.3326	0.0431		79.80		
8.3×10^{-3}	240	32	26.3682	26.3277	0.0405		73.10		
4.2×10^{-3}	480	39	26.9223	26.8845	0.0378		68.23		
1.4×10^{-3}	1440	40	27.7164	27.6852	0.0312		56.32		
6.9×10^{-4}	2880	54	26.9398	26.9142	0.0256		46.21		
4.6×10^{-4}	4320	59	25.5957	25.5718	0.0239		43.14		
2.3×10^{-4}	8640	59	25.5932	25.5718	0.0214		38.63		

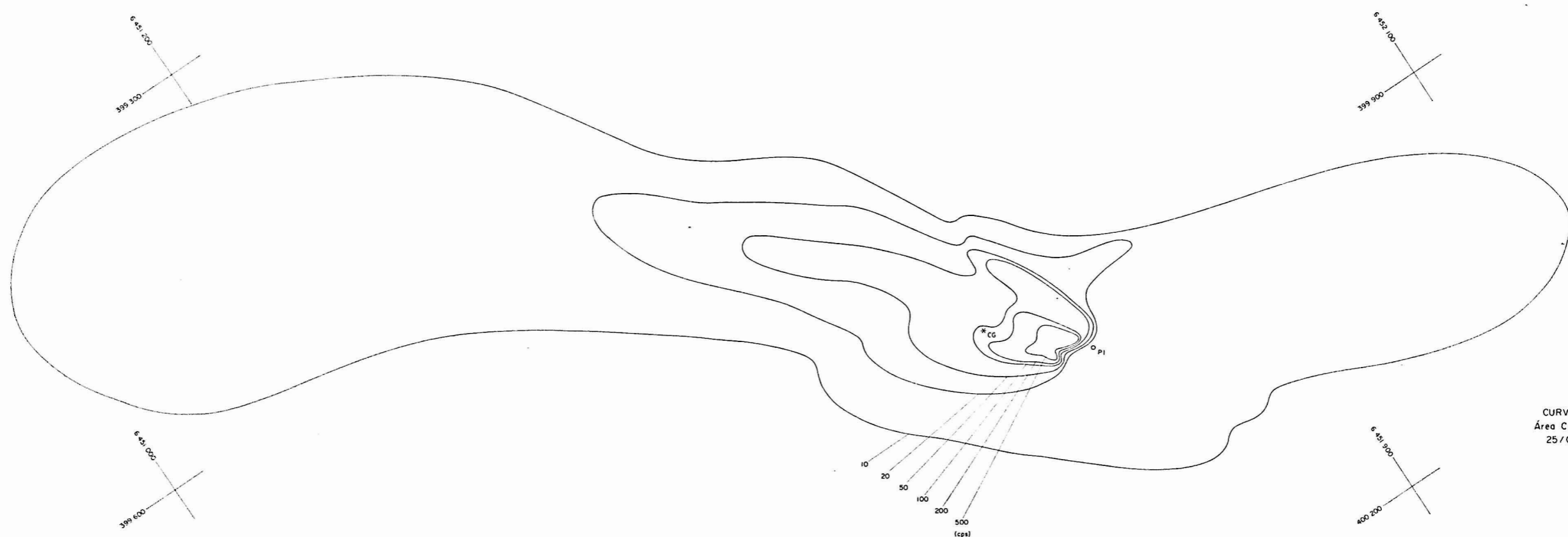


FIG III 4.2.3
 CURVAS DE ISOCONTAGENS
 Área C - 3a Detecção de Fundo
 25/03/86 - Esc. 1 2000

[Handwritten signature]

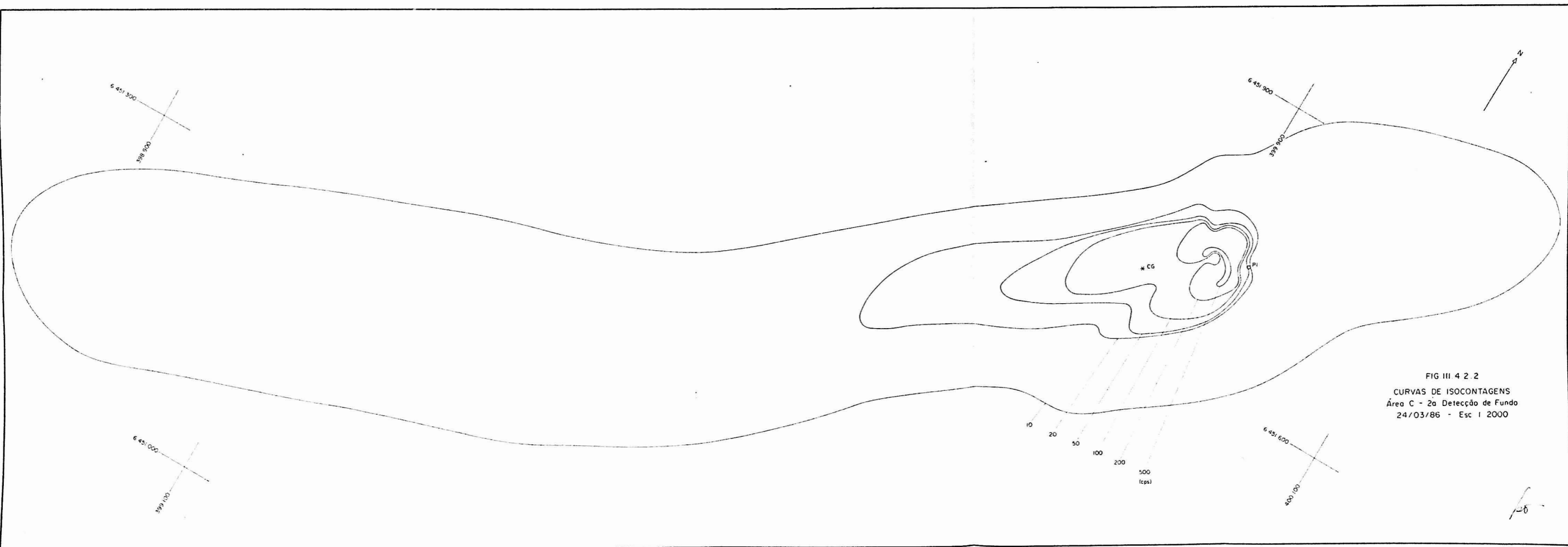


FIG III 4 2 2
 CURVAS DE ISOCONTAGENS
 Área C - 2a Detecção de Fundo
 24/03/86 - Esc 1 2000

126

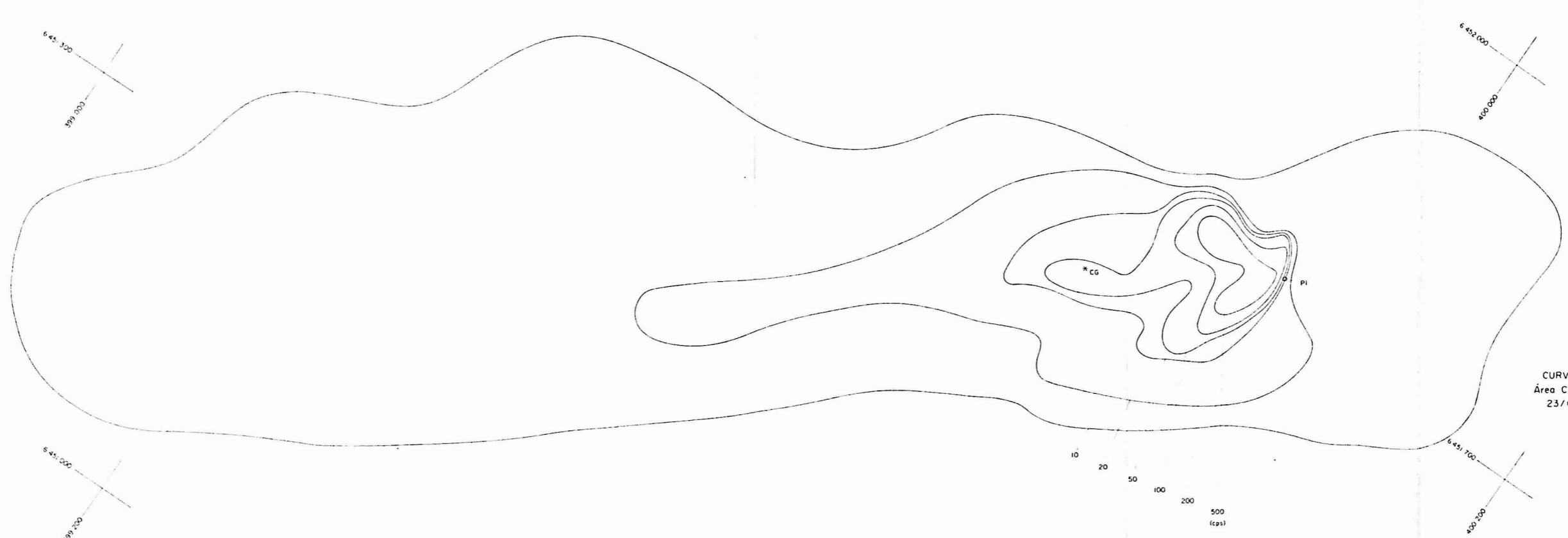


FIG III 4 2 1
CURVAS DE ISOCONTAGENS
Área C - 1ª Detecção de Fundo
23/03/86 - Esc 1 2000

25

FIG III.3.2
CURVAS DE ISOCONTAGENS
Área B1 - 2a. Detecção de Fundo
22/03/86 - Esc. 1:2000

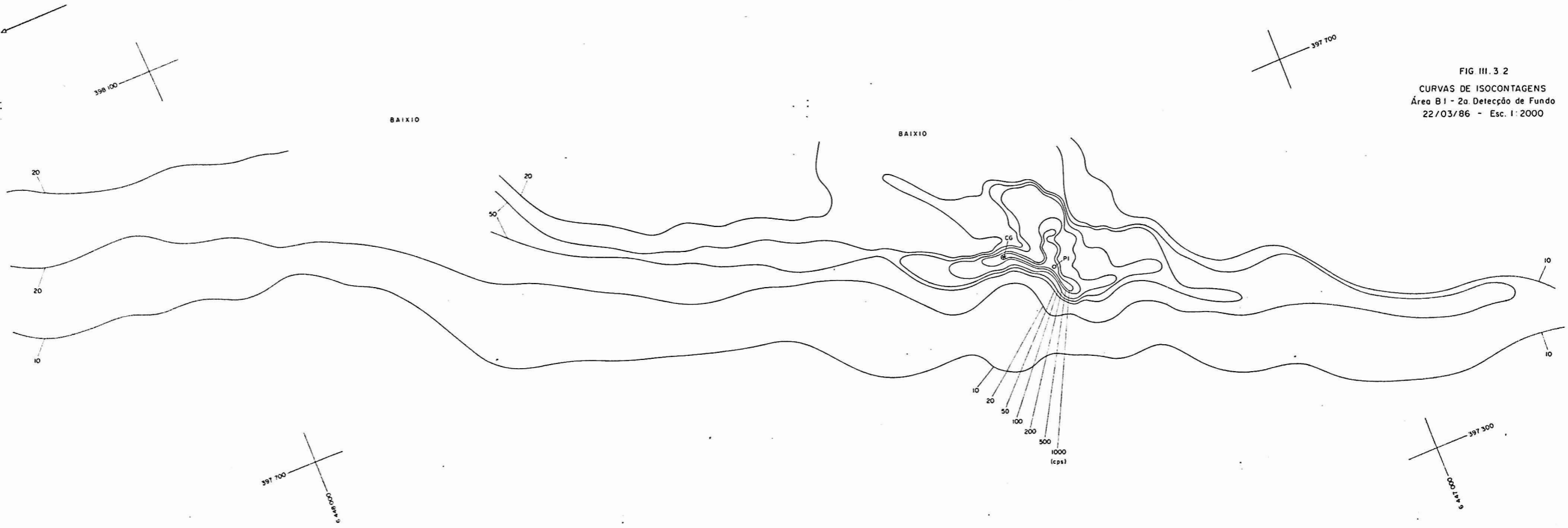


FIG 1 I - ESTUDOS HIDRÁULICO - SEDIMENTOLÓGICOS NA REGIÃO PORTUÁRIA DE RIO GRANDE, RS - MARÇO / 86

LEGENDA

- ▼ BASES DE POSICIONAMENTO
- ▲ CORRENTÓGRAFO (INPH)
- * CORRENTÔMETRO (INPH)
- COLETA DE AMOSTRAS DO FUNDO

(FONTE CARTA DHN Nº 2101 - ESCALA 1/25000)

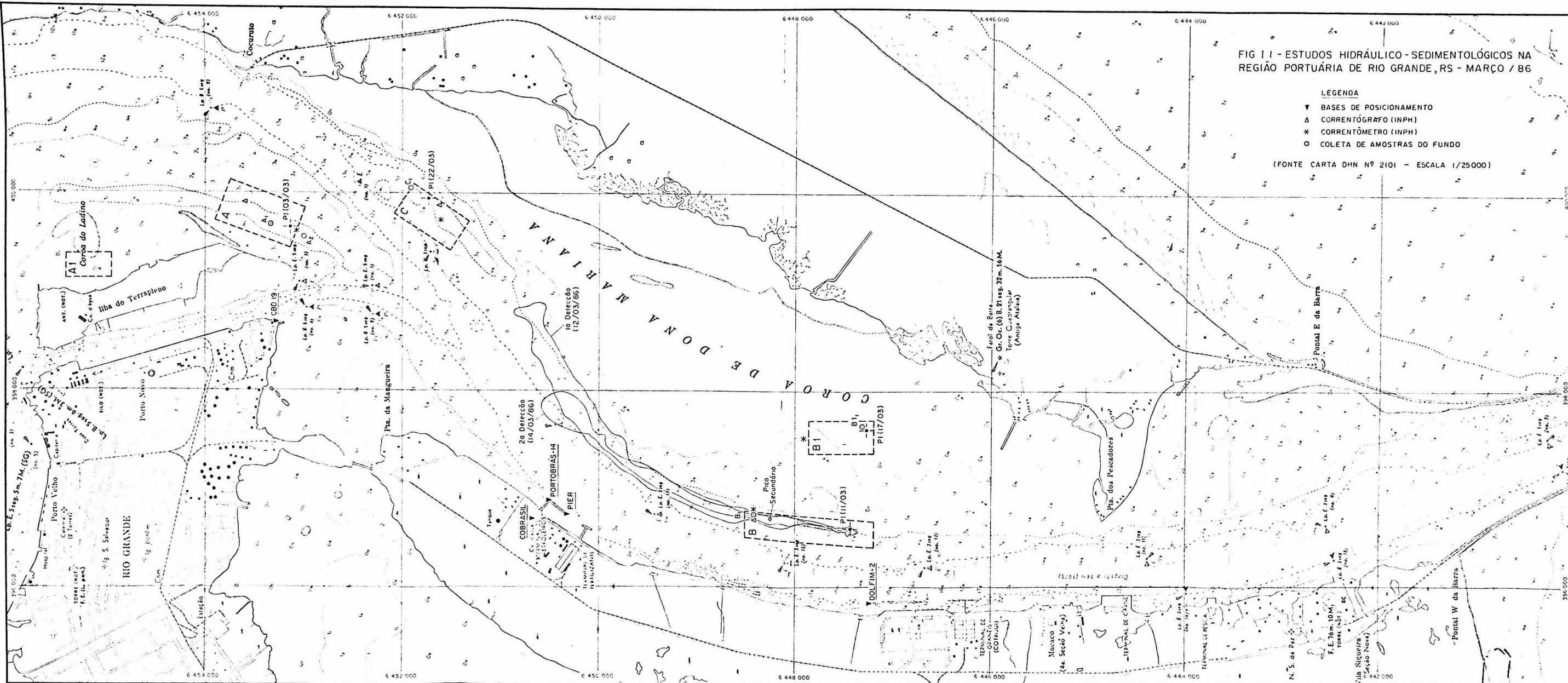


FIG. III. 3.1
CURVAS DE ISOCONTAGENS
Área B1 - 1a. Detecção de Fundo
19/03/86 - Esc. 1:2000

