

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO  
SUSTENTABILIDADE DE ECOSISTEMAS

**TRANSPORTE DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO PELOS RIOS  
GRAJAÚ, PINDARÉ E MEARIM PARA O SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE  
SÃO MARCOS-MA**

Ilmar Alves Lopes

Dissertação de Mestrado

São Luis-MA  
2006

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ILMAR ALVES LOPES

**TRANSPORTE DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO PELOS RIOS  
GRAJAÚ, PINDARÉ E MEARIM PARA O SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE  
SÃO MARCOS-MA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas da  
Universidade Federal do Maranhão para obtenção do  
título de mestre em Sustentabilidade de  
Ecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Odilon Teixeira de Melo

São Luis-MA  
2006

Lopes, Ilmar Alves

Transporte de Material Particulado em Suspensão pelos rios Grajaú, Pindaré e Mearim para o sistema estuarino da baía de São Marcos-Ma./Ilmar Alves Lopes. - São Luis, 2006.

93f.

Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas)-Universidade Federal do Maranhão, 2006.

1. Descarga sólida-Rios Grajaú, Pindaré e Mearim (MA)- 2. Material particulado em suspensão- Avaliação ambiental. I. Título.

CDU: 556.535.6(812.1)

ILMAR ALVES LOPES

**TRANSPORTE DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO PELOS RIOS  
GRAJAÚ, PINDARÉ E MEARIM PARA O SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE  
SÃO MARCOS-MA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas da  
Universidade Federal do Maranhão para obtenção do  
título de mestre em Sustentabilidade de  
Ecossistemas.

Aprovada em     /     /     /

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Odilon Teixeira de Melo (Orientador)

---

Prof. Dr. Antônio Cordeiro Feitosa (Examinador UFMA)

---

Prof. Dr. Waterloo Napoleão de Lima (Examinador UFPA)

*“Vivemos em época perigosa: O Homem domina a natureza antes que tenha aprendido a dominar-se a si mesmo”.*

**Albert Schweitzer**

Dedico

A meus pais, minha esposa e filhos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao nosso Deus, Criador do Universo, por me conceder mais esta oportunidade de conhecer e entender um pouco das obras de sua criação.

À minha Mãe, Dona Terezinha, que me amamentou, me ensinou os primeiros passos e as coisas indispensáveis da vida para me tornar um cidadão.

Ao Professor Odilon Teixeira de Melo, que me aceitou em seu grupo, pela amizade, orientação e o apoio logístico de campo e de laboratório que contribuiu expressivamente para a elaboração deste trabalho.

À minha esposa, Ivanilde, pelo carinho e apoio e a meus filhos Ricardo e Gustavo que me estimulam a enfrentar esses desafios.

À CPRM de Teresina –PI na pessoa da Eng<sup>a</sup> Keyla Almeida pelo envio de dados de estação da Agencia Nacional de Águas-ANA, para compor a discussão deste trabalho.

À acadêmica e amiga, Marion, pela paciência em organizar o trabalho.

Aos professores do Mestrado e em especial aos Prof. Cláudio Urbano e Paulo Cavalcante pelo apoio oferecido para correção final dos trabalhos.

Aos colegas dos laboratórios de análises químicas do DEOLI pelo apoio concedido e os demais mestrandos pelo convívio harmonioso durante o curso.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo quantificar a descarga sólida de material particulado em suspensão transportado pelos rios Grajaú, Pindaré e Mearim num ponto considerado como exutório de cada um destes rios, onde existe estação fluviométrica da ANA-Agência Nacional de Águas, no período de novembro de 2004 a novembro de 2005, com uma coleta mensal tentando determinar quantitativamente o material particulado em suspensão. Fez-se também algumas considerações quantitativas sobre carbono orgânico particulado produzido. Realizou-se amostragem nas estações seca e chuvosa, no intervalo de 9 horas da manhã e 15 horas com coleta de amostras de superfície e fundo em garrafas de polietileno, tambores de 50 litros e arraste de 15 minutos em redes de 20  $\mu\text{m}$ . As amostras foram preservadas em caixas térmicas com gelo até o momento da filtração no laboratório. O MPS foi filtrado a vácuo com filtros de acetato de celulose de 0,45  $\mu\text{m}$  e o COP em filtros de fibra de vidro de 0,7  $\mu\text{m}$ . Usou-se o método clássico de peneiras combinado com o da pipeta, e o programa Sysgran 3.0 para as determinações granulométricas com intuito de discutir as diferenças entre essas estações e ao mesmo tempo tentar inferir prováveis contribuições desse aporte e os efeitos à área estuarina e zona costeira, precisamente na baía de São Marcos. Os resultados mostraram ser o rio Grajaú o maior contribuinte de MPS para o sistema estuarino, seguido do rio Mearim e que o rio Pindaré denota melhor preservação. Tentou-se avaliar a qualidade ambiental atual desses ambientes de forma a gerar elementos que possa contribuir para tomadas de decisões políticas com vista à mitigação das pressões antrópicas exercidas e a preservação da qualidade ambiental.

**Palavras chaves:** Rios, transporte, material particulado em suspensão, descarga sólida, quantificação, avaliação ambiental.

## ABSTRACT

This academic paper has the objective of quantifying the solid discharge of particulate material in suspension transported by Grajaú, Pindaré and Mearim rivers at a spot considered as exulting in each one of these rivers. There is a fluviometric season according to ANA – National Water Agency, during the periods of November/2004 and November 2005, in which monthly samples were collected in an attempt to quantify the particulate material in suspension. Some considerations were also made about the quantity of particulate organic carbon produced. Sampling in the dry and rainy season, in the alternate period from 9am to 3pm was collected in the surface and in the bottom in polietiene 50-liter bottles and 15-minute 20 $\mu$ m nets. The samples were preserved into thermo boxes with ice until the filtration moment in the laboratory. MPS was filtrated in vacuum with 0,45 $\mu$ m cellulose acetate filters and COP in 0,7 $\mu$ m glass fiber filters. The classic method of shifting was used combined with the pipette and the Sysgran 3.0 program in order to determine grain sized and so discuss the differences between stations, and infer probable contributions and effects to this area and coast zone, more specifically the São Marcos Bay. The results showed that the Grajaú river is the greatest contributor of MPS to the system, followed by the Mearin river and, finally, that Pindaré river is the best preserved one. There was an attempt to evaluate the current environmental quality of those areas in a way that it could generate contributing elements for further political decisions taken with the purpose of mitigation of antropic pressures imposed and the preservation of the environmental quality.

**Key-words:** Rivers, transportation, particulate material in suspension, solid discharge, quantification, environmental evaluation.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Divisão das regiões hidrográficas no Brasil, segundo a ANA .....	16
FIGURA 2 - Lançamento de carga orgânica nos rios brasileiros.....	17
FIGURA 3 - Mapa da localização da região em estudo .....	20
FIGURA 4 - Mapa das bacias a nível nacional .....	20
FIGURA 5 - Distribuições verticais de sedimento num curso d'água. ....	26
FIGURA 6 - Mapa de localização da área de estudo. Os pontos vermelhos em destaque indicam a posição das estações fluviométricas da ANA (local de estudo) nas bacias de drenagem, das quais os rios pertencem. ....	29
FIGURA 7 – Rio Mearim no período chuvoso (maio/2005).A imagem mostra a equipe de campo no momento das medições de parâmetros físico químicos e coleta de amostras de água. ....	32
FIGURA 8 – Rio Pindaré na estação Pindare Mirim no período chuvoso (maio/2005). No detalhe a equipe se dirigindo em direção à calha do rio que transborda e invade a mata chegando a atingir centenas de metros. ....	32
FIGURA 9 – Rio Mearim no período chuvoso (maio/2005). No detalhe o recolhimento de rede de arraste para coleta de MPS em barco motorizado.....	33
FIGURA 10 – Rio Pindaré no período chuvoso (maio/2005). A imagem mostra o transbordo das águas invadindo as áreas laterais por centenas de metros, formando lagos de meandro...	52
FIGURA 11 - Rio Pindaré, comercialização de peixes no cais no centro da cidade de Pindaré Mirim ao final da tarde. No detalhe pode-se ver surubim pescado no rio sendo vendido antes da fase adulta. ....	53
FIGURA 12 - Rio Grajaú a jusante da estação fluviométrica no período seco (out/2004). Na imagem os valores de cota inferior a 100cm, formação de bancos de areia e assoreamento da calha.- .....	58

- FIGURA 13 – Rio Grajaú a montante da estação fluviométrica no período seco (out/2004). No detalhe pode-se ver parte do que era o leito do rio sendo utilizado como área de lazer e que somente no período chuvoso é ocupado pelas águas..... 59
- FIGURA 14 - Rio Mearim na cidade Bacabal. No detalhe, pessoas lavando roupas e utensílios de casa.- ..... 60
- FIGURA 15 – Rio Pindaré a jusante da estação fluviométrica no período seco (out/2004). A imagem mostra a utilização das margens do rio para o plantio de arroz pelos índios Guajajaras. .... 60

## LISTA DE TABELAS

TABELA1 - Siglas e vazões de cada região hidrográfica.....	17
TABELA 2- Percentual de abastecimento d'água por região. ....	18
TABELA 3 – Resumo da metodologia dos parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. .	34
TABELA 4 - Descarga líquida e sólida do rio Grajaú .....	41
TABELA 5 - Descarga líquida e fluxo de MPS anual do rio Pindaré.....	42
TABELA 6 - Descarga sólida e fluxo anual de MPS do rio Mearim.....	43
TABELA 7 - Descarga sólida e degradação de solos em algumas bacias hidrográfica no mundo ...	44
TABELA 8 Descarga líquida e fluxo de COP do rio Grajaú .....	48
TABELA 9 - Descarga líquida e fluxo de COP anual do rio Pindaré.....	49
TABELA 10 Descarga líquida e o fluxo de de COP anual do Mearim.....	49
TABELA 11a – Dados de Carbono Orgânico Particulado (COP) do rio Grajaú de alguns meses das campanhas de amostragem.....	50
TABELA 11b – Dados de Carbono Orgânico Particulado (COP) do rio Mearim de alguns meses das campanhas de amostragem.....	50
TABELA 11c – Dados de Carbono Orgânico Particulado (COP) do rio Pindaré de alguns meses das campanhas de amostragem.....	50
TABELA 12 - Composição dos percentuais de areia x silte+argilas dos rios: Grajau, Mearim e Pindare no período de outubro de 2004 e novembro de 2005, utilizando o método clássico das peneiras.....	54
TABELA 13 - Classificação granulométrica do MPS de alguns meses dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim pelo Programa Sysgran 3.0. ....	56

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Descarga sólida (MPS) dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim. ....	37
GRÁFICO 3c – Descarga sólida (MPS) do rio Mearim, mostrando os horários de coleta de amostras.....	39
GRÁFICO 4a –Descarga sólida (MPS) do rio Grajaú, mostrando horário e posição de coleta de amostra.....	40
GRÁFICO 4b–Descarga sólida (MPS) do rio Pindaré, mostrando horário e posição de coleta de amostra.....	40
GRÁFICO 4c – Descarga sólida (MPS) do rio Mearim, mostrando horário e posição de coleta de amostra.....	40
GRÁFICO 5 – Descarga sólida (MPS) do rio Grajaú, comparando com a vazão líquida. ....	47
GRÁFICO 6 – Descarga sólida (MPS) do rio Mearim, comparando com a vazão líquida.....	47
GRÁFICO 7 - Descarga sólida (MPS) do rio Pindaré, comparando com a vazão líquida.....	48
GRÁFICO 8b- Carga de Carbono Orgânico Particulado (COP) do rio Pindaré e a vazão líquida.....	51
GRÁFICO 8c - Carga de Carbono Orgânico Particulado (COP) do rio Mearim e vazão líquida. ....	52
GRÁFICO 9 – Composição MPS dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim pelo programa Sysgran 3.0..	55

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Área da bacia dos rios estudados .....</b>	<b>18</b>
1.1.1 Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental.....	19
1.1.2 Clima .....	20
1.2.3 Hidrologia.....	22
<b>1.3 A importância do estudo da sedimentologia fluvial .....</b>	<b>24</b>
<b>1.4 A carga sólida e descarga sólida.....</b>	<b>25</b>
1.4.1 Distribuição vertical de sedimento em suspensão .....	26
1.4.2 O comportamento do carbono no ambiente aquático .....	27
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>28</b>
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>28</b>
<b>3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Trabalho de campo.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 Medições de vazão .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3 Procedimentos metodológicos.....</b>	<b>31</b>
<b>3.4 Trabalho de laboratório.....</b>	<b>34</b>
<b>3.5 Campanhas de amostragem.....</b>	<b>34</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES .....</b>	<b>60</b>
REFERÊNCIAS .....	63
APÊNDICES .....	66
ANEXOS .....	86

## 1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo os ambientes aquáticos são utilizados para diversos fins: abastecimento d'água, navegação, geração de energia, aquicultura e embelezamento paisagístico e outros.

Os sistemas de drenagem continental representam dentro dos compartimentos globais (litosfera, hidrosfera, atmosfera) a principal via de transporte entre os continentes e os oceanos, de água, de sedimentos e outros materiais (tais como: nutrientes, metais e poluentes sob formas dissolvidas e particuladas). Essas transferências de matérias são governadas por múltiplos fatores como: clima, vegetação, morfologia e orografia das bacias de drenagem, (dentro dos processos naturais) que moldam o sistema de drenagem ao longo do holoceno). (HAY, 1998; MULDER, 1996).

Nas últimas décadas, o precioso recurso hídrico vem sendo ameaçado pelas atividades antrópicas, afetando toda a biosfera, causando desequilíbrios e gerando impactos ambientais.

O Brasil possui cerca de 18% dos recursos hídricos do total global. E uma disponibilidade hídrica superficial estimada em 8160km<sup>3</sup>/ ano. (CARVALHO et al., 2000)

Segundo o IBGE (1993), no Brasil o processo desordenado de ocupação do território foi responsável pelas formas inadequadas do uso do solo e poluição descontrolada. O processo de industrialização e rápida urbanização desconsideraram o equilíbrio e a preservação do meio-ambiente, contribuindo para gerar poluição concentrada, assim como, sérios problemas de drenagem, agravados pela inadequada deposição de lixo, assoreamento dos corpos d'água e conseqüentemente diminuição das velocidades de escoamentos das águas.

A falta de manejo correto das áreas das bacias hidrográficas gerou progressivamente alterações na qualidade das águas pelo contínuo lançamento de resíduos poluentes, causando diversos impactos com a movimentação de grandes volumes de sedimentos e rápidas impermeabilizações de superfícies, ameaçando todos os cursos de água. (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992)

A rápida expansão horizontal das cidades situadas dentro das áreas de influência de bacias sem obediência a um plano diretor, resultou em um manejo que vem comprometendo a área das bacias hidrográficas chegando a envolver até os aquíferos e

contribuintes que alimentam os rios prin

A tabela 1 mostra as regiões hidrográficas e em destaque as vazões de cada uma delas.

TABELA 1- Siglas e vazões de cada região hidrográfica

Sigla	Região Hidrográfica	Vazão média (m <sup>3</sup> /s)	Área (km <sup>2</sup> )	Vazão específica (l/s/km <sup>2</sup> )
D	Parnaíba	753	333.056	2
E	Atl. Nordeste Oriental	779	286.802	3
G	Atl. Leste	1.492	388.160	4
F	São Francisco	2.850	638.576	4
M	Paraguai	2.368	363.446	7
C	Atl. Nordeste Ocidental	2.683	274.301	10
L	Paraná	11.452	879.873	13
B	Tocantins	13.624	921.921	15
H	Atl. Sudeste	3.179	214.629	15
I	Atlântico Sul	4.174	187.522	22
J	Uruguai	4.121	174.533	24
A	Amazônica	131.947	3.869.953	34
<b>Total para o Brasil</b>		<b>179.423</b>	<b>8.532.772</b>	<b>21</b>

Fonte: Estudos/conjuntura/vazões medias especificas (BRASIL, 2006). Disponível em: <http://www.Ana.gov.br>.

Nesta mesma divisão, a Figura 2 mostra a carga orgânica de origem domestica lançada nos cursos dos rios em todo o território nacional.



FIGURA 2 - Lançamento de carga orgânica nos rios brasileiros

Fonte: Disponível em: <http://www.Ana.gov.br>.

Na divisão proposta, a contribuição das águas superficiais para o abastecimento urbano fica da seguinte forma:

TABELA 2 - Percentual de abastecimento d'água por região.

Sigla	Região Hidrográfica	Índice de Atendimento na Distribuição de Água (% da Pop.)
A	Amazônica	63
B	Tocantins	68
C	Atlântico Nordeste Ocidental	89
D	Atlântico Nordeste Oriental	84
E	Paraná	85
F	Paraguai	86
G	Atl. Sudeste	88
H	Atl. Leste	89
I	Atl. Sul	90
J	Uruguai	93
K	São Francisco	94
L	Paraná	95
		<b>89</b>
		<b>Total Brasil</b>

Fonte: Estudos/conjuntura/vazões medias específicas. Disponível em: <http://www.Ana.gov.br>.

### 1.1 Área da bacia dos rios estudados

O estado do Maranhão está inserido em duas regiões hidrográficas, sendo elas a do Tocantins-Araguaia (sigla B, Tabela 2), que abrange em torno de 3,8% do território estadual e a do Atlântico Nordeste Ocidental (sigla C) praticamente ocupa o restante das áreas. Os rios em estudo estão inseridos em sua totalidade na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental (sigla C), inclusive as localizações das estações fluviométricas, onde foi realizado as campanhas de amostragem.

Na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia (sigla B), vizinha a área de estudo, está presente os biomas: Floresta Amazônica, ao norte e noroeste, e Cerrado nas demais áreas. O desmatamento da região se intensificou a partir da década de 70, com a construção da rodovia Belém-Brasília, da hidrelétrica de Tucuruí e da expansão das atividades agropecuárias e de mineração. Atualmente, o desmatamento se deve principalmente à atividade de indústrias madeireiras nos estados do Pará e Maranhão.

Com relação aos indicadores de saneamento básico, o nível de abastecimento de água apresenta realidades bastante variadas, com valores entre 27% no Acará (PA) e 61,7

% no Tocantins. A média regional de atendimento da população por rede de esgoto é de apenas 7,8% e, do percentual de esgoto coletado, apenas 2,4% é tratado. (ANA, 2006)

### 1.1.1 Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental

A Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental está situada, basicamente, no Maranhão e numa pequena porção oriental do estado do Pará. Sua área é de 254.100 km<sup>2</sup>, cerca de 4.3% da área do Brasil, sendo que 9% dessa área pertencem ao Estado do Pará e os restantes 91% ao Estado do Maranhão. A população total na região, Censo 2000, era de 4.742.431 habitantes, o equivalente a 3% da população brasileira, dos quais 58% vivem em áreas urbanas.

A região apresenta uma vazão média de 2.514 m<sup>3</sup>/s, ou seja, 1% do total do País. As sub-bacias dos rios Mearim e Itapecuru são as maiores, com áreas de 101.061 quilômetros quadrados e 54.908 quilômetros quadrados, respectivamente, é onde se concentra a maior demanda por m<sup>3</sup>/s de água.

A principal necessidade da água na bacia é para consumo humano, correspondendo a 64% do total. Em seguida a demanda para irrigação, com 17% e a demanda animal, com 15% do uso total.

Os mais importantes ecossistemas da região são a floresta equatorial, restingas, mata de transição, floresta estacional decidual (mata caducifólia). Os impactos ambientais mais significativos em função da ocupação humana são observados, atualmente, na zona de transição ocidental da floresta tropical. Dados apontam para uma taxa média de desmatamento bruto, em 1998, de 1.012 km<sup>2</sup>. Em grande parte da bacia costeira do nordeste ocidental, são utilizadas práticas agrícolas inadequadas, acarretando processos erosivos, salinização e, em alguns casos, formação de áreas desertificadas.

A região não enfrenta grandes problemas em relação à qualidade das águas dos rios. Isso se deve, principalmente, às localidades urbanas de pequeno e médio porte e ao parque industrial de pouca expressão. Porém, na região metropolitana de São Luis e em alguns núcleos urbanos ribeirinhos, a contaminação das águas pelo lançamento de esgotos sem tratamento causa perdas e restringe outros usos. Estima-se que a carga orgânica doméstica remanescente na bacia hidrográfica seja de 149 toneladas de DBO5/dia (Demanda Bioquímica de Oxigênio), cerca de 2,3% do total do País. (ANA, 2006)

As Figuras 3 e 4 mostram a localização da região hidrográfica onde foi realizado o estudo a nível regional e nacional respectivamente.

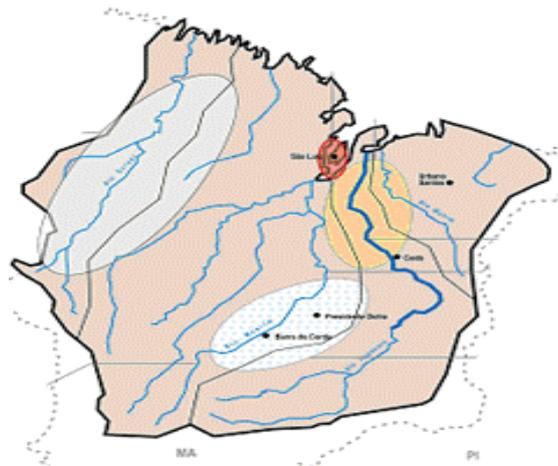


FIGURA 3 - Mapa da localização da região em estudo

Fonte: Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://www.Ana.gov.br>.



FIGURA 4 - Mapa das bacias a nível nacional

Fonte: Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://www.Ana.gov.br>.

### 1.1.2 Clima

O Maranhão possui condições naturais mistas de Nordeste, Norte e Centro-Oeste, conforme a aproximação das áreas limítrofes. As características transicionais dão-lhe aspectos naturais bastantes heterogêneas e apresenta o Estado clima favoráveis, não havendo no seu território, ao contrário de outras áreas do Nordeste, manchas semi-áridas, nem caatinga. Sua temperatura também é seletivamente uniforme nos pontos cardeais, não se

restringindo nem grandes máximas nem mínimas exageradas. São temperaturas oscilantes em torno de uma média de 26 a 27°C (MARANHÃO, 1983).

Dadas às características da área, o clima maranhense apresenta três tipos: Equatorial, Tropical Úmido e Tropical, correspondendo sempre a aspectos florestais peculiares. O clima Equatorial incide na região recoberta pela floresta equatorial, com características idênticas durante o ano inteiro com intensas precipitações numa média anual em torno de nsai3rlm̄ees numual s

### 1.2.3 Hidrologia

O regime do curso d'água dos rios estudados no período de estiagem é perene, mas bastante limitado, como no caso do rio Grajaú, que às vezes em períodos mais rigorosos chega a níveis mínimo na estação fluviométrica de Aratoí Grande no Município de Bela Vista. Este rio possui nascente perene (pequeno olho d'água) e de vazões bastante regulares, mesmo nas épocas secas. Assim, os principais afluentes, na sua maioria, são intermitentes e apresentam condições completamente análogas, com regime hidrológico às vezes dependente das precipitações.

Na época das chuvas, há um evidente acréscimo de vazões, mas apenas durante os períodos de precipitação que, no entanto provocam oscilações importantes nos níveis d'água dos canais. No seu extremo norte, a bacia apresenta características bastante peculiares, como importantes afluentes.

Numa contextualização baseado na divisão do governo do Estado do Maranhão (MARANHÃO, 2002), o rio Mearim possui uma bacia hidrográfica de 97.000 km<sup>2</sup>, uma extensão de 1.150 km desde suas nascentes na Serra Negra até a baía de São Marcos, apresentando uma descarga média mensal (cidade de Bacabal – baixo curso) variando de 53,56 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> a 189,92 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> medido entre os meses de outubro/2004 a março/2005 (Tabela 6). É chamado pelos índios Guajajaras de rio “Izu” que significa rio das “águas pardacentas”. Até a década de 80 o rio Pindaré era considerado o seu principal afluente, após 1992, pelo novo Atlas do Estado do Maranhão (MARANHÃO, 2002), este passou a ser o rio Grajaú e, o rio Pindaré, passou a ser considerado uma bacia hidrográfica independente. O rio Grajaú nasce nas serras do Olho D'água e da Cinta com uma área de 22.960 km<sup>2</sup> e uma extensão de 783 km onde deságua no baixo curso do rio Mearim. Os outros afluentes do Mearim mais importante são o rio Corda (120 km de extensão e 5.300 km<sup>2</sup> de área) e o rio das Flores no qual foi construído uma barragem com múltiplas finalidades (retenção de cheias e navegabilidade, principalmente).

A bacia do Mearim abrange uma população de 954.874 habitantes distribuída em 51 municípios, dos quais cinco pertencem à zona costeira, e 7 reservas indígenas. Apenas vinte e nove por cento (29%) da população possui abastecimento com água tratada, 40% abastece-se com água de poço e 31% possui outras formas de abastecimento.

A bacia do Pindaré, tendo como rio principal o rio Pindaré, nasce na Serra do Gurupi, possui uma área de 34.000 km<sup>2</sup>, uma extensão de 720 km até desembocar na baía de

São Marcos. Os principais afluentes são os rios Buriticupu e Zutiua, ambos com mais de 270 km de extensão. A descarga média mensal (baixo curso – Pindaré Mirim) variou de 54,78 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> em outubro/2004 a 189,92 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> em março/2005 (Tabela 5). Possui uma população de 591.092 habitantes distribuídos em 20 municípios, dos quais cinco pertencem à zona costeira, e 4 reservas indígenas. Nessa bacia, 25% da população possui abastecimento com água tratada, 41% abastece-se com água de poço e 34% possui outras formas de abastecimento. A ferrovia Carajás da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) atravessa praticamente toda a bacia do rio Pindaré.

As áreas do baixo curso e das regiões estuarinas das bacias dos rios Mearim, e Pindaré estão incluídas na área de preservação ambiental da Baixada maranhense e somada àquela da baía de São Marcos, constam no “Directory of Neotropical Wetlands” e do RAMSAR.(SUDENE, 1978)

Os recursos hídricos dessas bacias hidrográficas têm usos múltiplos, dentre os quais se destaca o consumo humano, industrial, agricultura, pecuária, serve para manutenção da flora e fauna e também recebe o lançamento de esgoto doméstico. Com a intensificação e o crescimento urbano nas áreas de influência destas bacias trouxe o lançamento de dejetos, principalmente domésticos, comprometendo a qualidade como água potável para toda a população e, em alguns pontos, se constitui um veículo de transmissão de doenças, principalmente nas populações mais carentes.

Os principais impactos ambientais negativos causados a essas bacias foram iniciados pelo crescimento urbano nos seus entorno. Destacando-se os processos erosivos, os desmatamentos com destruição da vegetação ciliar, assoreamento dos leitos dos rios, lançamento crescente de esgotos domésticos e industriais, a pesca predatória e pecuária intensiva, principalmente de búfalos no baixo curso.

O estado do Maranhão, 0.2588 T0:0a73(3o inclhío( )TJ=0.0002 Tc 011787 Tw 26.36 0

quantificado a exportação desses materiais. Uma outra preocupação que vem crescendo apontam para o uso crescente da água para irrigação que pode diminuir a descarga desses rios e fazer com que haja um avanço da maré salina em direção ao continente. (REVISTA SANEAMENTO, 1998)

### **1.3 A importância do estudo da sedimentologia fluvial**

Os termos erosão e sedimentação envolvem os processos de desprendimento, transporte e deposição de partículas sólidas, que são usualmente chamados de sedimento. Esses processos têm estados ativos através do tempo geológico e tem auxiliado na modelagem do relevo do mundo atual.

As atividades humanas introduzem uma profunda influência na erosão. Sob determinadas circunstâncias, as taxas de erosão são 100 vezes maiores com a interferência humana do que, seria apenas considerando-se em termos geológicos. (CARVALHO et al., 2005).

As atividades humanas, notadamente, nas ultimas três décadas tem incrementado modelos de uso de solos (atividades agrícolas, assentamentos urbanos, por exemplo) que vem propiciando interferências significativas com retirada de cobertura vegetal de grandes áreas e expondo o solo a processos erosivos intensos. Com isso há uma redução da fertilidade de solos e perda de grandes áreas. Em condições de escoamento superficial intenso e pela intensa taxa pluviométrica de uma região causam modificações das feições morfológicas naturais, como exemplo, podemos citar as formações de meandros ao longo nas bacias de descargas. (CARVALHO, 1994).

A erosão local, por exemplo, causa sérios problemas e o “efeito de lavagem” dessas áreas erodidas se pode perceber a dezenas e centenas de quilômetros a jusante da origem do problema.

Os sedimentos normalmente constituem o mais importante estoque de elementos metálicos em sistemas aquáticos. Contudo, podem atuar também como fonte de contaminantes (ADAMS et al., 1992) formam um compartimento ambiental muito estável em termos físicos químicos e são freqüentemente representativos da qualidade media das águas (FORSTNER & WITTMAN, 1979).

Os sedimentos podem ser também um dos maiores poluentes da água, pois podem servir de catalisadores, carreadores, como agentes fixadores para outros agentes

poluidores. O sedimento sozinho degrada a qualidade da água para consumo humano, para recreação, consumo industrial e para a vida aquática. Produtos químicos e lixo podem ser assimilados sobre e dentro das partículas de sedimento. Trocas iônicas entre o soluto e o sedimento podem ocorrer e assim agirem como potencializadores de problemas causados por pesticidas e outros e ainda como veículo de transporte de bactérias patogênicas, vírus e outras formas microbianas. (CARVALHO et al, 2000).

Os sedimentos em suspensão prejudicam a qualidade da água para o consumo humano, sendo gastos tempo e dinheiro para sua remoção. Os problemas criados pelos sedimentos estão presentes nas diversas fases, desde a erosão, transporte, deposição e compactação. (CARVALHO, 1994).

Os sedimentos apresentam importância relevante no metabolismo de lagos e nos rios na região estuarina, pois são considerados locais de intensa deposição de materiais particulados orgânicos, formando a resultante das integrações de processos que ocorrem nos ambientes aquáticos. (CARMOUZE, 1994).

O transporte e a deposição de sedimentos estão associados a fatores geológicos e geo morfológicos da bacia de drenagem. (BRIGANTE, 2003)

#### **1.4 A carga sólida<sup>1</sup> e descarga sólida**

O sedimento presente nos cursos d'água é originado da erosão ao longo da área de domínio da bacia ou da erosão do próprio leito e margens. Em ocasião de chuvas, as enxurradas transportam muitas partículas para o rio, onde esse sedimento se move em suspensão, ou no leito, rolando, deslizando ou em saltos. Dependendo da velocidade da corrente e do efeito de turbulência, partículas de fundo podem entrar no meio líquido e permanecer em suspensão e aí ficar até a redução da força causadora do efeito. As partículas podem também se mover no leito, mas devido ao efeito da resistência de atrito se deslocam muito menos que em suspensão.

A descarga em suspensão é medida separadamente da descarga do leito, pelo fato deste conter diferentes forças de resistência ao seu movimento.

---

<sup>1</sup> O termo carga sólida se refere ao fenômeno qualitativo do movimento, podendo ser em suspensão, de arrasto, em contato e saltante. O termo descarga sólida se refere à quantidade em movimento.

Em suspensão, no meio líquido, encontra-se em maior quantidade partículas finas como argilas e siltes, e pequenas quantidades de material grosso, como areia. Em regime de grande velocidade e turbulência, a quantidade de areia em suspensão pode aumentar. O movimento de partículas em suspensão pode ser considerado igual a velocidade da corrente.

Na descarga sólida do leito, encontra-se o material grosso, como areia e pedregulho. Em regime de baixas velocidades, as partículas mais grossas, como pedregulho deixam de se mover, aumentando a quantidade de material de areias em movimento. Sedimento grosso do leito incorporado à carga fina em suspensão é considerado carga de material de leito. (CARVALHO et al., 2000)

#### 1.4.1 Distribuição vertical de sedimento em suspensão

A partícula em suspensão está sujeita à ação da velocidade de corrente na direção horizontal, predominantemente, e de seu peso. Conseqüentemente, a concentração deve apresentar um mínimo na superfície um máximo perto do leito, para uma granulometria variada. As partículas mais grossas do sedimento em suspensão que são geralmente areias apresentam uma variação crescente da superfície para o leito. As partículas finas, como silte e argila, tem uma distribuição mais ou menos uniforme na vertical.

O comportamento do material em suspensão pode ser visto na figura 5.

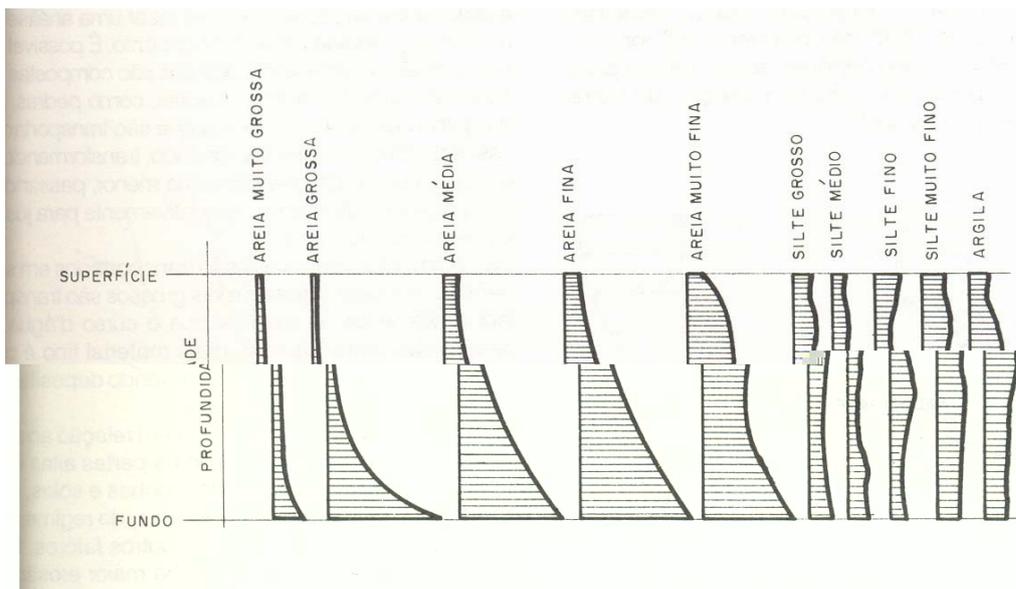


FIGURA 5 - Distribuições verticais de sedimento num curso d'água.

Fonte: (CARVALHO, 1994)

#### 1.4.2 O comportamento do carbono no ambiente aquático

O carbono (do latim carbo = carvão) é um elemento químico de símbolo C, nº atômico 6 (6 prótons e 6 elétrons) e massa atômica 12. O átomo de carbono tem uma capacidade especial de formar anéis e cadeias covalentes longas e estáveis é o composto básico da grande maioria das moléculas responsáveis pela estrutura e pelo metabolismo de qualquer organismo vivo. Esse elemento representa a essência da vida (VIDAL et al, 2005).

O ciclo do carbono é bastante complexo, apresentando rotas variadas. Trata-se de um dos ciclos mais bem conhecidos, uma vez que, juntamente com o ciclo da água, é provavelmente o mais importante para a humanidade. (ODUM, 1988).

Os ecossistemas aquáticos continentais, quando comparados aos oceanos e demais compartimentos apresentam magnitude reduzida, no entanto, exercem funções vitais no ciclo global do carbono. Aproximadamente 90% do transporte de carbono dos continentes para os oceanos ocorre através dos rios (BUTCHER et al, 1992).

Várias formas orgânicas de carbono são encontradas em ecossistemas aquáticos, incluindo moléculas simples a organismos extremamente complexas. Esta variedade de forma abrange as dissolvidas no meio (Carbono Orgânico Dissolvido- COD) e as frações estruturais de biomassas (Carbono Orgânico Particulado- COP). Membranas de separação (0,2 a 1,2  $\mu\text{m}$  de porosidade) distingue as frações dissolvidas das particuladas. O estoque de carbono particulado é composto por grande variedade de detritos (organismos terrestres e aquáticos mortos ou fragmentos deles) e biomassa de organismos vivos do plâncton, cujo material é degradado e mineralizado na presença de microorganismos decompositores. A importância do processo de sedimentação do carbono reside na sua influência sobre a ciclagem de outros nutrientes e sobre a eficiência de processos metabólicos ocorrendo nas camadas superficiais do sedimento (CARMOUZE, 1994).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar os teores e o fluxo de Material Particulado em Suspensão transportados pelos rios Grajaú, Pindaré e Mearim para o sistema estuarino Mearim- Pindaré/ baía de São Marcos

### **2.2 Objetivos específicos**

1° - Determinar os teores de MPS nos “Exutórios” dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim e sugerindo os prováveis processos naturais e antropogênicos relacionados.

2° - Calcular o fluxo instantâneo do MPS e do COP nos rios citados, observando as diferenças sazonais;

3° - Determinar as concentrações de carbono orgânico particulado;

4° - Correlacionar os dados da descarga líquida instantânea ( $m^3/s$ ) com os do fluxo instantâneo do MPS.

### 3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O litoral maranhense é extremamente recortado com presença de rios. A formação estuarina dos rios Pindaré, Itapecuru e Mearim (com o Grajaú sendo seu principal afluente) se reúnem para formar o golfo Maranhense. A grande ilha do Maranhão (também conhecida por ilha de São Luis) ocupa o centro deste golfo, deixando a leste à baía de São José e a oeste a baía de São Marcos (Figura 6).

O rio Mearim divide-se em dois braços em volta da ilha dos caranguejos para formar no seu estuário a baía de São Marcos, feição geomorfológica das mais importantes do ponto de vista sedimentológico. Da bifurcação do rio Mearim, Pindaré até mar aberto, a baía de São Marcos tem uma extensão de 50 milhas aproximadamente, uma largura de 13 milhas na entrada, diminuindo para 7 milhas na metade da extensão e depois se alarga, atingindo já nas condições essencialmente marinha, a largura de 26 milhas. (SUDENE, 1978).

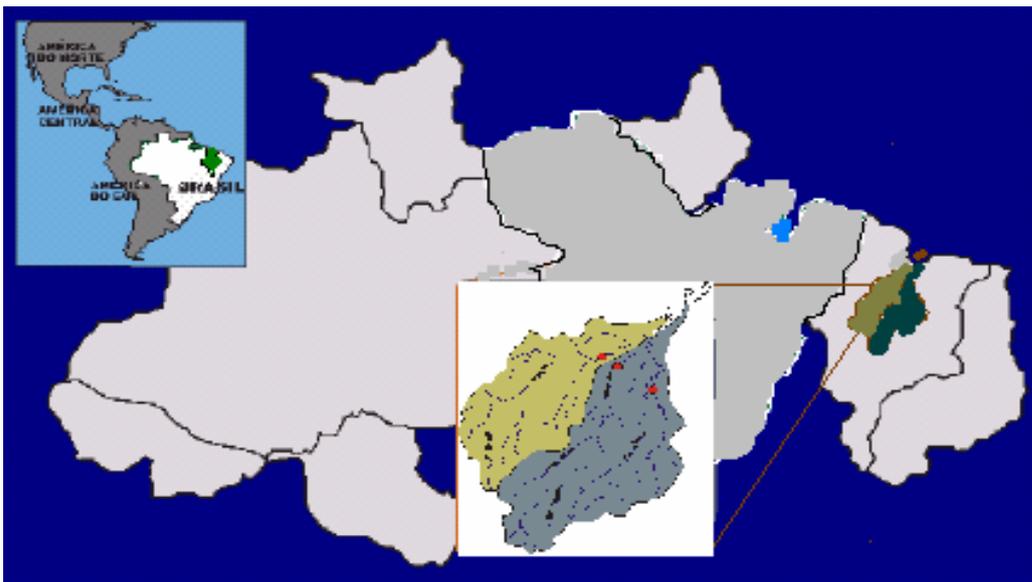


FIGURA 6 - Mapa de localização da área de estudo. Os pontos vermelhos em destaque indicam a posição das estações fluviométricas da ANA (local de estudo) nas bacias de drenagem, das quais os rios pertencem.

#### 3.1 Trabalho de campo

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos com medições “in situ”, dos parâmetros físicos e físico-químicos (velocidade da corrente, temperatura, transparência,

profundidade, condutividade, STD, pH e oxigênio dissolvido) com medidores de campo e coleta das amostras para as análises químicas, biogeoquímicas. (Apêndice B).

Foram utilizadas no estudo, as estações da ANA - Agência Nacional de Águas nos pontos do baixo curso de Códigos 33290000 (Estação fluviométrica do rio Mearim na cidade de Bacabal-Ma), a estação 33380000 do rio Grajaú (em Aratoí Grande no município de Bela Vista-Ma) e a estação 33190000 do rio Pindaré (na reserva dos Guajajaras, no município de Santa Inês-Ma) na condição de pontos exutórios dos rios (mais de 90 % da descarga líquida e sólida das bacias passam por estes pontos). Outras razões para essa escolha (além dos dados de variação diária da régua (altura da lâmina d'água) foram, a não influência de maré dinâmica e o apoio à logística de campo de forma que se pudesse utilizar as equações da ANA para o cálculo das descargas sólidas (Material Particulado em Suspensão-MPS), bem como para determinação em termos estimativos do Carbono Orgânico Particulado-COP transportado em cada rio.

Denomina-se Estação Fluviométrica, o local onde são medidos o nível e a vazão de um curso d'água. O nível ou cota linométrica, é medido diariamente as 7:00h e 17:00h pelo observador que consiste de um morador da proximidade do local e recebe uma pequena gratificação pela execução das leituras em réguas graduadas implantadas nas margens dos rios. A medição de vazão, que depende de técnicas e equipamentos mais complexos é feita por hidrotécnicos, quando em visita às estações, normalmente realizadas em frequência trimestral (MOREIRA et al, 1996).

As Estações fluviométricas são caracterizadas pelo nome do rio principal e pelo local. Cada estação tem um código numérico de oito algarismos. Os dois primeiros algarismos indicam a sub-bacia em que está localizada a estação. Através destes códigos é possível acessar pela internet a dados hidrométricos no sítio da ANA sem custas. (MOREIRA et al., 1998)

Para análise das medições de descarga líquida, a CPRM (que operacionaliza as estações) faz plotagem dos resultados em gráficos cota X vazão, cota X área, cota X velocidade. O objetivo é verificar a ocorrência de mudanças de tendências ao longo do tempo. Neste contexto, são definidos os períodos de validade e o ajuste das curvas-chaves. Utiliza-se o método dos mínimos quadrados para estabelecer as equações exponenciais do tipo  $Q = K(h-h_0)^M$ , onde Q é a vazão em m<sup>3</sup>/s, h é a cota em metros e k, h<sub>0</sub> e m são constantes. (MOREIRA et al, 1996)

### 3.2 Medições de vazão

Vazão é o volume de água que passa por determinada seção de um rio, dividido por um intervalo de tempo. Assim, se o volume é dado em litro, o tempo é medido em segundo, a vazão pode ser expressa em unidades de litro por segundo ( $l \cdot s^{-1}$ ). Em caso de curso d'água é usual expressar a vazão em metros cúbicos por segundo ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ).

As equações fornecidas para os cálculos das descargas sólidas foram as mesmas aplicadas para o ano de 2002 pela ANA para estes rios, portanto, ainda não atualizadas e passível de ocorrência erros (ajuste). As equações ( $Q=m^3/s$  e  $h= cm$ ) foram:

Estação 33290000 de Bacabal no rio Mearim

- $Q= 14(h+0,75)^{1,54}$  para cotas entre 90 cm e 500cm
- $Q=20,8(h-0,42)^{1,51}$  para cotas entre 501cm e 775cm
- $Q=97(h-5,50)^{1,81}$  para cotas entre 776 cm e 811 cm

Estação 33380000 de Aratoí Grande no rio Grajaú

- $Q=25,72(h-0,01)^{1,525}$  para cotas entre 20 cm e 482 cm
- $Q=29,35(h-1,5)^{1,887}$  para cotas entre 483 cm e 690 cm

Estação 33190000 de Pindaré Mirim no rio Pindaré

- $Q=10,45(h-0,4)^{1,8815}$  para cotas entre 90 cm e 661cm
- $Q=106(h-4,5)^{1,80}$  para cotas entre 662 cm e 900 cm

As medições das principais características físicas, físico-químicas e a amostragem para a análise da composição química e biogeoquímicas foram realizadas mensalmente em cada rio, nas estações citadas, durante 13 meses consecutivos de maneira que se obtivesse dados dos períodos seco e chuvoso.

### 3.3 Procedimentos metodológicos

A amostragem de água foi efetuada em garrafas plásticas (Polietileno) de boca larga de 1l, previamente lavadas com  $HNO_3$  0,1 N e água destilada e ambientada com água do local. Mergulhou-se a garrafa de 15 a 30cm da superfície com boca voltada contra a correnteza, enchendo-as pela metade fazendo-se o enxágüe para o posterior coleta da água de análise. As amostras de fundos foram coletadas por amostradores de água tipo “Vandorn e Niskin de 2,5 litros com abertura no sentido longitudinal ao fluxo da água em canoas a remo ou embarcações motorizadas (Figuras 7

e 8). Todas as amostras foram preservadas em caixas de isopor com gelo até o momento das análises.



FIGURA 7 – Rio Mearim no período chuvoso (maio/2005).A imagem mostra a equipe de campo no momento das medições de parâmetros físico químico e coleta de amostras de água.



FIGURA 8 – Rio Pindaré na estação Pindare Mirim no período chuvoso (maio/2005). No detalhe a equipe se dirigindo em direção à calha do rio que transborda e invade a mata chegando a atingir centenas de metros.

Também se utilizou bomba elétrica submersa para coleta de maiores volumes de amostras (50 litros) dos rios Mearim, Pindaré e Grajaú. Deixou-se decantar o material por um mês

para determinação da granulometria do MPS. Secou-se em estufa , Anotou-se o peso total da amostra; passou-se o material depois de homogeneizado na peneira de nº 250 (63  $\mu\text{m}$ ) para separar areia de argila e siltes.

Para análise de MPS, as amostras foram filtradas em filtros de acetato de celulose de 0,45  $\mu\text{m}$  previamente seco em estufa por 1 hora a 75°C Acondicionado em dessecador até a pesagem. Para análise de COP foram utilizados filtros de fibra de vidro de 0,7  $\mu\text{m}$  de poro, calcinado a 450°C em mufla devidamente limpa de impureza por 1 hora e aquecido em placa 100°C.

O carbono orgânico foi determinado mediante titulação com solução de dicromato de potássio em meio ácido, sendo o excesso de oxidante consumido por solução padronizada de sulfato duplo de amônio e ferro (II), empregando ferroína como indicador (GAUDETTE et al., 1974).

Os procedimentos de amostragem foram cuidadosamente planejados, visando à eficácia máxima. Tais procedimentos tiveram técnicas com cuidado de evitar contaminação das amostras. Foram utilizadas embarcações de remo e motorizadas para o trabalho de coleta para evitar interferências no material em suspensão, tornando mais representativas as amostras.

Foi feito arraste de MPS com rede durante as campanhas com malha de 20 $\mu\text{m}$  em cada rio durante 15 minutos com uma profundidade 15 a 30 centímetro na lâmina d'água (Figura 9).



FIGURA 9 – Rio Mearim no período chuvoso (maio/2005). No detalhe o recolhimento de rede de arraste para coleta de MPS em barco motorizado.

Os cálculos das vazões  $Q$  em  $\text{m}^3/\text{s}$ , os valores de régua da altura do nível do rio foram fornecidos pela CPRM que gerencia as operações nas estações em estudo para a ANA.

Os valores das equações, segundo a CPRM, são reajustados periodicamente de acordo com a dinâmica dos rios.

### 3.4 Trabalho de laboratório

As análises físico-químicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Oceanografia Química do Departamento de Oceanografia e Limnologia da UFMA. A metodologia utilizada nessas análises consta na tabela 3.

TABELA 3 – Resumo da metodologia dos parâmetros físicos, físico-químicos e químicos.

PARÂMETROS	MÉTODO	AUTOR
<b>I – FÍSICOS</b>		
Velocidade da corrente	Flutuador	Dados da ANA.
Temperatura	Sonda termistor	Analizador Multiparametro
Transparência	Disco de Secchi	Aminot & Chaussepied, 1983.
Condutividade	Sonda multiparâmetro	WTW – 2002
<b>II – FÍSICO-QUÍMICOS:</b>		
pH	Potenciométrico	Aminot & Chaussepied, 1983.
STD	Sonda multiparâmetro	WTW - 2002-
Oxigênio dissolvido	Sonda multiparâmetro	WTW - 2002-
Alcalinidade total	Volumétrico	Standard Methods, 1995
Sólidos em suspensão	Gravimétrico	Aminot & Chaussepied, 1983.

### 3.5 Campanhas de amostragem

A campanha iniciou-se no fim de outubro de 2004 (fim do período seco e início do chuvoso) com medições dos primeiros parâmetros em campo e coleta de material para análise em laboratório. Nas primeiras campanhas, foram realizados ensaios para definição de horário de coleta, intervalo entre os mesmos, definição da melhor maneira de coleta, se utilizando barco a remo ou embarcação motorizada, análises em laboratório improvisado com processamento rápido das amostras coletadas e comparando com as amostras preservadas em gelo e analisadas em São Luis de forma a avaliar se teria variações

significativas. Iniciaram-se os estudos, fazendo coletas 9 horas da manhã, 10h, 11h, 12h, 13h, 14h e 15 horas. Após algumas comparações entre os resultados obtidos se definiu o intervalo de 3 em 3 horas para a coleta (9 horas da manhã, 12 horas e 15 horas em cada rio) e que o material seria preservado em caixas térmicas para análise em São Luis.

A última campanha foi realizada em novembro de 2005 (fim do período seco e início do chuvoso) fazendo-se um acompanhamento nesses dois períodos.

Com os dados de régua de cada estação e aplicando-se as equações adotadas pela ANA (corrigidas periodicamente, onde leva em considerações fatores geofísicos, atualizam a vazão local, etc) se adicionou o MPS para cada caso e calculou-se o valor de cada mês dessa descarga e para o COP e por fim a quantidade anual lançada em direção à área estuarina de cada rio em estudo.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença de carga de sedimentos é natural em ambientes aquáticos, contudo os valores elevados no período chuvoso comparado ao período seco mostram uma intensa interferência das atividades humanas nas áreas de domínio das bacias as quais os rios estudados pertencem.

Pode-se perceber através dos gráficos 1 que a carga de MPS cresce consideravelmente no período chuvoso, tendo um pico acentuado no mês de março a maio onde o nível dos rios atinge maiores valores de altura de régua (Tabelas 4, 5 e 6) com pequenas oscilações em virtude da pluviosidade maior ou menor na região de cabeceira (a montante das estações fluviométricas).

O gráfico 1 apresenta somente a descarga sólida MPS dos rios Pindaré, Grajaú e Mearim no período estudado. O comportamento dos hidrogramas mostram em destaque a elevada concentração de MPS com comportamento mais ou menos parecidos dos rios Mearim e do seu afluente (Grajaú) em relação ao hidrograma do rio Pindaré. No período seco mostra um comportamento regular (linear) de MPS com concentração inferior a  $100 \text{ mg l}^{-1}$  e atinge valor máximo em maio no rio Mearim com  $144,8 \text{ mg l}^{-1}$  (Tabela 4, 5 e 6). Estes valores se mantêm próximos e elevados para o Mearim e o Grajaú. No caso do Pindaré mostra pouca variação entre os dois períodos (seco e Chuvoso) com concentração variando de  $28,9 \text{ mg l}^{-1}$  no período seco até valor de  $43 \text{ mg l}^{-1}$  (Tabela 5). Os valores de  $61 \text{ mg l}^{-1}$  e  $129 \text{ mg l}^{-1}$  do rio Pindaré não mostram coerência comparados aos demais meses, principalmente para o mês de novembro de 2005, quando comparado ao mesmo mês do ano anterior no início da campanha de amostragem, que foi de  $29,9 \text{ mg l}^{-1}$ , indicando possível erro de coleta ou de análise, já que na revisão de dados estes estão corretos e portanto não serão considerados na discussão. De qualquer forma percebe-se que para o rio Pindaré houve pouca variação com a sazonalidade e que ocorreu diluição da concentração de MPS com o aumento da descarga líquida.

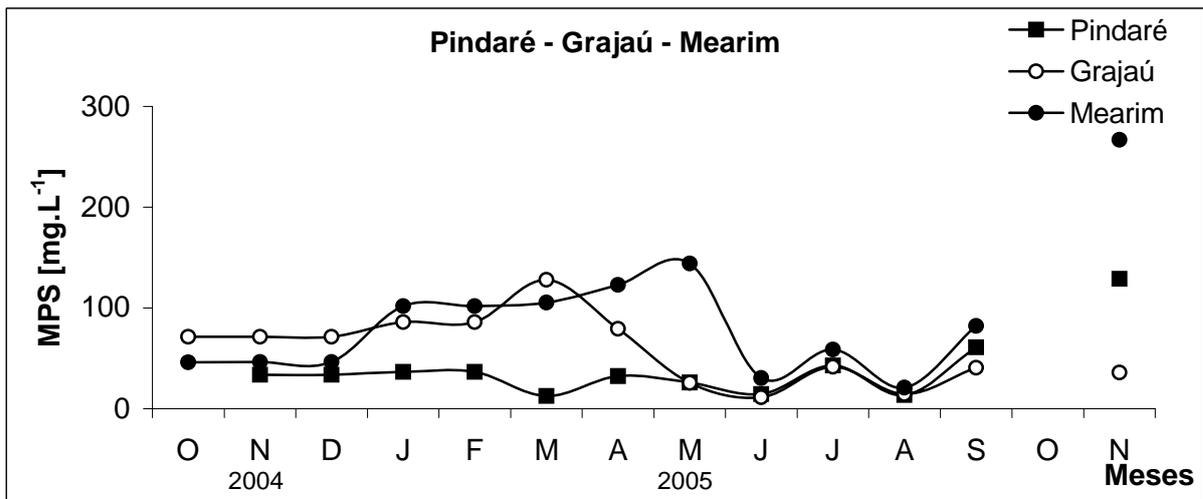


GRÁFICO 1 – Descarga sólida (MPS) dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim.

O comportamento dos sedimentos em suspensão transportado pelos rios pode ser visto através dos gráfico 1. Os hidrogramas dos gráficos 2a a 4c mostram individualmente, o comportamento em relação à hora coletada e em a posição superfície e fundo.

Os gráficos 2a, 2b e 2c apresentam a descarga sólida MPS dos rios Grajaú, principal afluente do Mearim, Pindaré e Mearim, durante o período de campanha, mostrando os dados de superfície e fundo. O comportamento mostra uma relação de valores de concentração de superfície e fundo muito próximos em as estações seca e chuvosa (Tabela 4, 5 e 6).

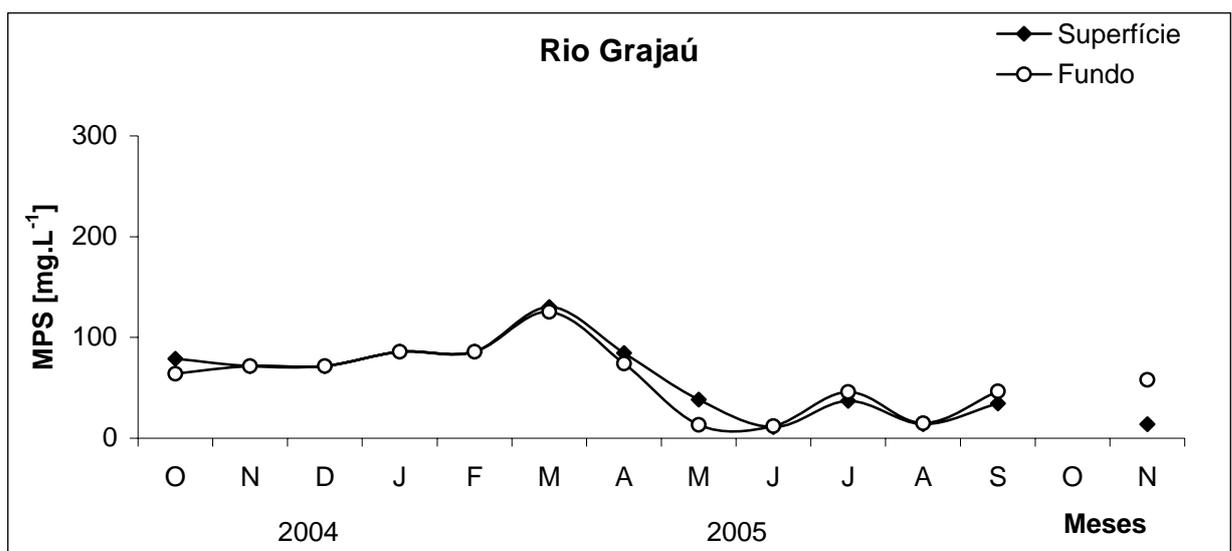


GRÁFICO 2a – Descarga sólida (MPS) do rio Grajaú.

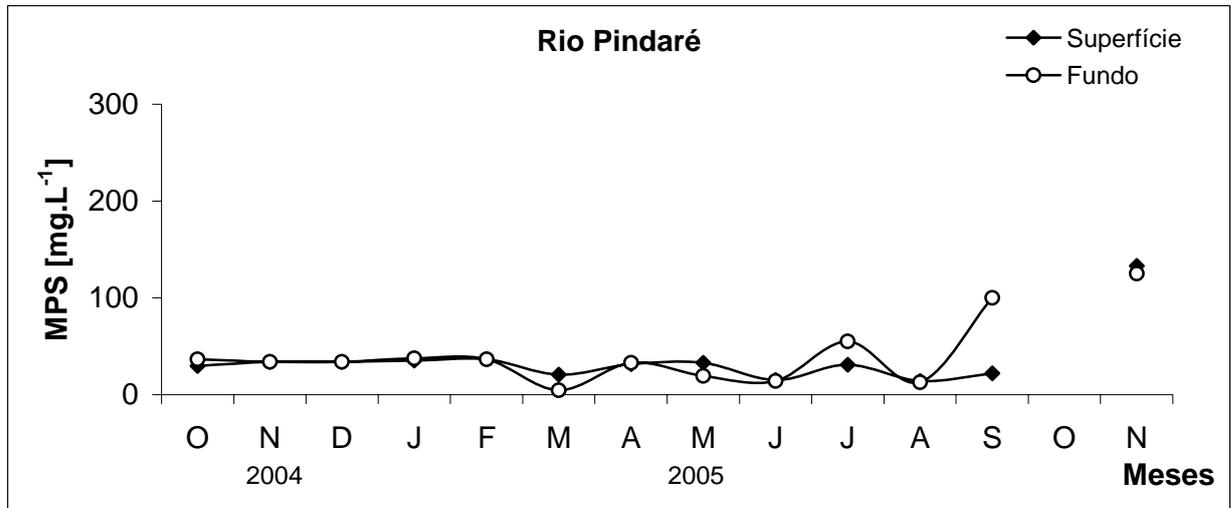


GRÁFICO 2b – Descarga sólida (MPS) do rio Pindaré

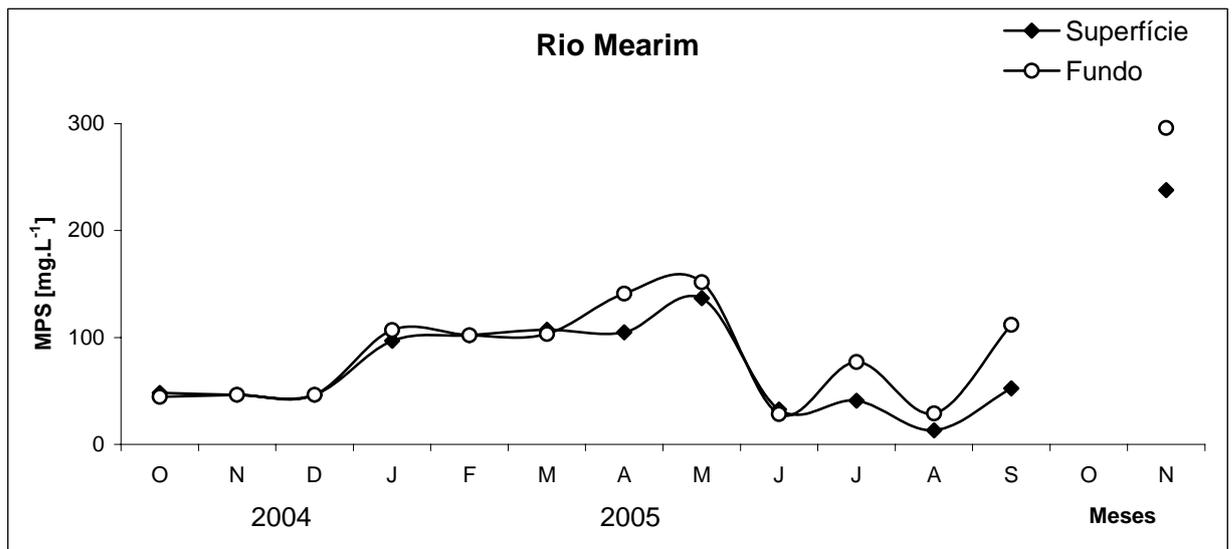


GRÁFICO 2c – Descarga sólida (MPS) do rio Mearim.

O gráfico 3a, 3b e 3c apresentam as descargas sólidas (MPS) dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim, mostrando o comportamento das curvas nos horários de coleta. As curvas mostram pequenas alternâncias na elevação dos picos. Os dados relativos aos gráficos estão nas tabelas 4, 5 e 6.

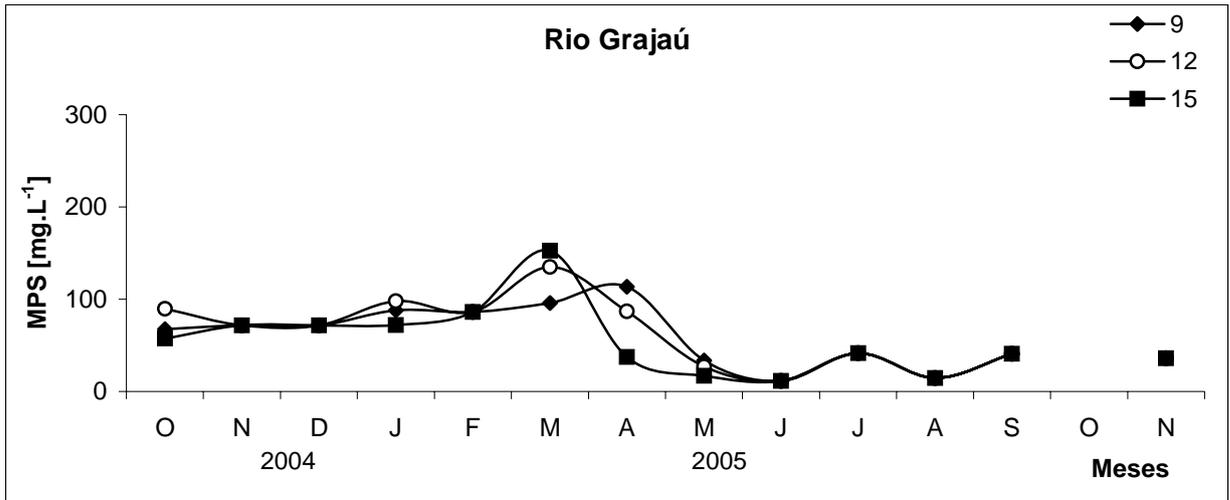
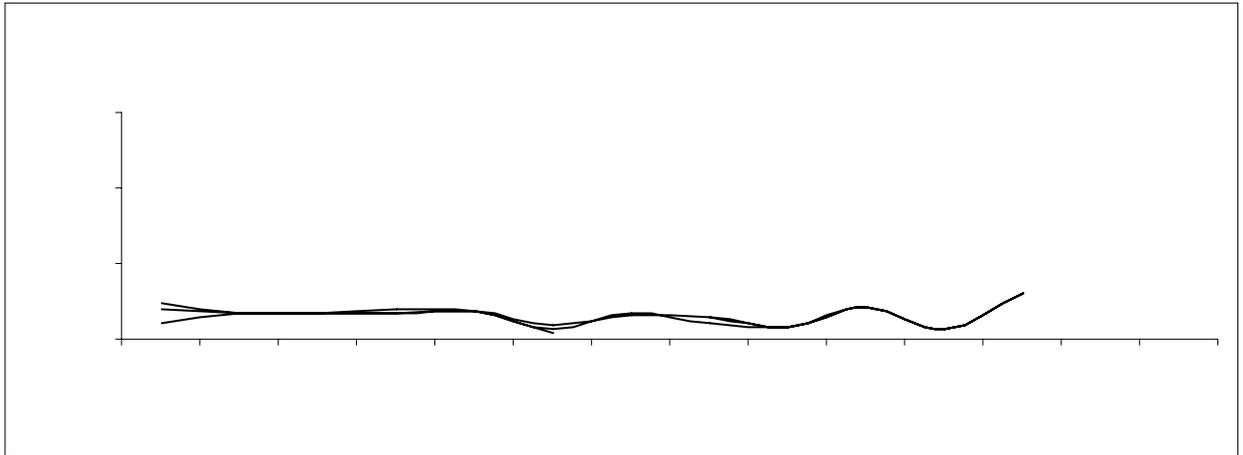
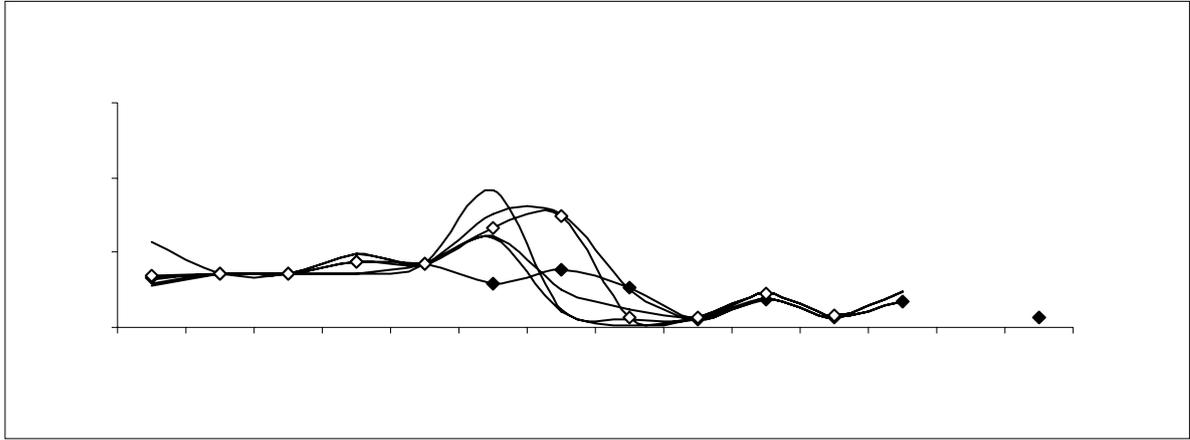


GRÁFICO 3a – Descarga sólida (MPS) do rio Grajaú, mostrando os horários de coleta das amostras



Os gráficos 4a, 4b e 4c apresentam as descargas sólidas (MPS) dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim, mostrando os horários e posição de coleta. Os dados referentes ao gráfico podem ser vistos na tabela 4, 5 e 6.



Na tabela 4 mostra os valores da descarga de MPS do rio Grajaú na estação fluviométrica 33380000 no período estudado.

TABELA 4 - Descarga líquida e sólida do rio Grajaú

Local	Data	Altura da régua (m)	Q (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	Q médio (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	MPS (mg.L-1)	Fluxo kg/s	fluxo ton/ano	
Grajaú								
	out/04	0,35	16,21	16,21	68,5	1.110,61	34.544,55	
	nov/04	0,41	6,42	6,42	63,3	406,39	12.640,34	
	dez/04	0,52	9,28	9,28	71,5	663,53	20.638,42	
	jan/05	28/1/05	1,90	67,90	68,45	84,7	5.795,68	180.268,91
		30/1/05	1,92	69,00				
	fev/05	24/2/05	2,57	107,85	108,18	86,0	9.303,11	289.364,04
		28/2/05	2,58	108,50				
	mar/05	30/3/05	3,70	188,36	189,92	127,8	24.278,14	755.147,15
		31/3/05	3,74	191,48				
	abr/05	29/4/05	2,88	128,39	143,26	79,3	11.365,12	353.500,82
		30/4/05	3,30	158,12				
	mai/05	28/5/05	2,09	78,58	72,69	25,8	1.877,94	58.411,54
		30/5/05	1,88	66,81				
	jun/05	28/6/05	0,95	23,40	23,98	11,5	275,75	8.576,95
		30/6/05	0,98	24,55				
	jul/05	1/7/05	0,98	24,55	16,30	41,5	676,62	21.045,70
		2/7/05	0,80	17,95				
		28/7/05	0,60	11,50				
		30/7/05	0,59	11,21				
	ago/05		0,59	11,21	9,72	14,5	140,92	4.383,24
			0,54	9,77				
			0,54	9,77				
			0,48	8,13				
	set/05		0,46	7,61	5,97	40,7	242,70	7.548,97
			0,39	5,88				
			0,37	5,42				
			0,35	4,96				
	<b>out/05</b>							
	<b>ND</b>							
	nov/05		0,30	3,89	3,30	36,0	118,90	3.698,16
			0,26	3,11				
			0,26	3,11				
			0,26	3,11				

Na tabela 5 mostra os valores da descarga de MPS do rio Pindaré na estação fluviométrica 33190000 no período estudado.

TABELA 5 - Descarga líquida e fluxo de MPS anual do rio Pindaré

Local	Data	Altura da régua (m)	Q ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	Q médio ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	MPS (mg.L-1)	Fluxo kg/s	fluxo ton/ano
Pindaré							
out/04		1,68	54,78	54,78	28,9	1.583,00	49.237,75
nov/04		1,62	53,05	53,05	29,9	1.586,07	49.333,13
dez/04		1,86	65,59	65,59	33,8	2.216,81	68.951,73
jan/05	28/1/05	1,90	67,90	68,45	36,50	2.498,43	77.711,29
	30/1/05	1,92	69,00				
fev/05	24/2/05	2,57	107,85	108,18	35,50	3.840,24	119.446,78
	28/2/05	2,58	108,50				
mar/05	30/3/05	3,70	188,36	189,92	12,67	2.405,66	74.825,53
	31/3/05	3,74	191,48				
abr/05	29/4/05	2,88	128,39	143,26	32,25	4.620,07	143.702,54
	30/4/05	3,30	158,12				
mai/05	28/5/05	2,09	78,58	72,69	26,17	1.902,17	59.165,24
	30/5/05	1,88	66,81				
jun/05	28/6/05	1,95	70,66	71,50	14,50	1.036,69	32.245,14
	30/6/05	1,98	72,33				
jul/05	1/7/05	1,98	72,33	59,67	43,00	2.565,67	79.802,58
	2/7/05	1,80	62,50				
	28/7/05	1,60	52,17				
	30/7/05	1,59	51,67				
ago/05		1,96	71,22	61,15	13,50	825,48	25.675,67
		1,75	59,86				
		1,74	59,33				
		1,64	54,18				
set/05		1,59	51,67	47,04	61,00	2.869,14	89.241,87
		1,48	46,28				
		1,48	46,28				
		1,43	43,90				
<b>out/05</b>			#NÚM!				
<b>ND</b>			#NÚM!				
			#NÚM!				
			#NÚM!				
nov/05		1,32	38,82	40,31	129,00	5.200,47	161.755,30
		1,34	39,73				
		1,34	39,73				
		1,41	42,97				

Na tabela 6 mostra os valores da descarga de MPS do rio Mearim na estação fluviométrica 33290000 no período estudado.

TABELA 6 - Descarga sólida e fluxo anual de MPS do rio Mearim

Local	Data	Altura da régua (m)	Q (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	Q médio (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	MPS (mg.L-1)	Fluxo kg/s	fluxo ton/ano
Mearim							
out/04		1,64	53,56	53,56	44,2	2.365,86	73.587,57
nov/04		1,98	72,19	72,19	42,6	3.075,39	95.657,01
dez/04		2,14	81,48	81,48	46,2	3.761,65	117.002,36
jan/05	28/1/05	1,90	67,90	65,71	100,1	6.574,66	204.498,12
	30/1/05	1,92	63,53				
fev/05	24/2/05	2,57	88,85	89,06	102,0	9.084,22	282.555,65
	28/2/05	2,58	89,27				
mar/05	30/3/05	3,70	188,36	189,92	105,3	20.004,93	622.233,37
	31/3/05	3,74	191,48				
abr/05	29/4/05	2,88	128,39	143,26	122,8	17.596,84	547.332,15
	30/4/05	3,30	158,12				
mai/05	28/5/05	2,09	78,58	72,69	144,2	10.480,13	325.974,09
	30/5/05	1,88	66,81				
jun/05	28/6/05	1,95	70,66	71,50	30,5	2.180,62	67.825,98
	30/6/05	1,98	72,33				
jul/05	1/7/05	1,98	72,33	59,67	57,2	3.410,95	106.094,13
	2/7/05	1,80	62,50				
	28/7/05	1,60	52,17				
	30/7/05	1,59	51,67				
ago/05		1,50	47,25	44,51	21,0	934,64	29.071,15
		1,44	44,38				
		1,43	43,90				
		1,40	42,50				
set/05		1,40	42,50	41,46	82,0	3.399,41	105.735,27
		1,39	42,03				
		1,36	40,65				
		1,36	40,65				
<b>out/05</b>							
<b>ND</b>							
nov/05		1,37	41,11	41,92	267,0	11.192,00	348.116,06
		1,39	42,03				
		1,39	42,03				
		1,40	42,50				

Fazendo-se a soma dos três rios nas tabelas 4, 5 e 6 para os valores de Q dado em m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> mostram na ordem de cinquenta mil Kg/s, corresponde a descarga instantânea e o

fluxo acima de 1 milhão e trezentos mil toneladas por ano ( $1,3 \times 10^6$  ton/ano) de sedimento que são lançados em direção à área estuarina. Essa descarga refere-se ao período de descargas máxima de sedimento que coincide com o período chuvoso, registrado entre os meses de março e abril que formam a grande pluma de sedimento no período chuvoso em frente à ilha dos caranguejos que pode ser visto durante a travessia do ferry boat para Cujupe, dando efeitos negativo para a beleza cênica das águas (depreciação sob o ponto de vista turístico), problemas no canal de acesso ao complexo portuário da baía de São Marcos e na produção pesqueira da área costeira.

Comparando-se os valores encontrados com os de outras bacias de drenagem do Brasil e mundo através da tabela 7, pode-se perceber que o transporte de MPS pelas bacias em estudo é relativamente baixo, podendo-se para isso comparar com a descarga do rio São Francisco como referência para a região nordeste do Brasil que nos pontos citados são de 8 a 21 vezes a somatória dos três rios estudados. A importância do estudo dos três rios juntos está no fato deles fazerem parte de um conjunto de bacias de drenagem com estreitamento gradual na região limnica em direção ao estuário do tipo trombetas, portanto, potencializando sua descarga em um único ponto da baía de São Marcos.

TABELA 7 - Descarga sólida e degradação de solos em algumas bacias hidrográficas no mundo

RIO	País	Vazão sólida (t/ano)	Degradação do solo (m/1.000 anos)
Lo	China	$190 \times 10^6$	4,18
Ching	China	$408 \times 10^6$	4,09
Amarelo	China	$1889 \times 10^6$	1,60
Ganges	Índia	$1451 \times 10^6$	0,87
Bramaputra	Banga Desh	$726 \times 10^6$	0,62
Vermelho	Vietinã	$130 \times 10^6$	0,62
Yang Tse	China	$499 \times 10^6$	0,15
Colorado	USA	$135 \times 10^6$	0,12
Me Kong	Tailândia	$170 \times 10^6$	0,12
São Francisco (Pirapora)	Brasil	$8,4 \times 10^6$	0,08
São Francisco (Manga)	Brasil	$21 \times 10^6$	0,07
Mississipi	USA	$312 \times 10^6$	0,06
Amazonas	Brasil	$363 \times 10^6$	0,04
São Francisco (Morpará)	Brasil	$32 \times 10^6$	0,04
Nilo	Egito	$111 \times 10^6$	0,02

Fonte: OEA/PLANVASF e Curso de Hidráulica Geral, vol. 2. pág 386, Carlito Flavio Pimenta.

De certa forma a plataforma continental maranhense recebe águas ricas em compostos inorgânicos, sugerindo um favorecimento ao desenvolvimento de biomassa fitoplanctônicas na região e como fornecedor de estoque de nutrientes que confere a região como de boa produção pesqueira pelo suprimento de nutrientes do aporte dessa descarga anual, de fontes advertivas, pela ressuspensão de sedimento de fundo do material ali estocado, pelo aporte de sedimento oriundo dos rios Pericumã, Periaá, assim como pelo movimento das marés que são atuantes na região e fazem a movimentação e transporte de outras áreas da costa.

O aumento do MPS nos corpos hídricos como fatores negativos se tem a modificação físico-química e biológica desses ambientes, redução populacional de certos organismos e favorecimentos por sua vez de outros com crescimento exarcebado, bloqueio da passagem de luz, trazendo grandes prejuízos, com redução da zona fótica, que pode por sua vez produzir mortandade de peixes, redução do OD livre no meio e outros.

A plataforma continental maranhense é suavemente rampeada comparada a outras áreas da costa nordestina e do sul/sudeste do país que favorece a atividade da maré num fluxo e refluxo (as macro marés) .É fortemente influenciada pela descarga de águas fluviais dos conjuntos de bacias hidrográficas do Maranhão. Os ri

Nos resultados encontrados nas campanhas de amostragem pode-se ver que as estações chuvosa e seca revelam diferentes mecanismos no fluxo de sedimento. A elevação do nível de material em suspensão nos rios é fortemente influenciada pela ação da chuva que faz a lavagem das áreas ribeirinhas, lançando material do solo para dentro dos rios.(a jusante do ponto de estudo). O material predominante (mais acentuado) é o de superfície (Gráficos 2a a 4c, Tabelas 4, 5 e 6), indicando que a mobilidade do MPS pela presença de material fino, que pode alcançar a área estuarina e ser exportado para a plataforma continental maranhense (área costeira). Mesmo assim o material de granulometria maior vai se depositando ao longo do leito desses rios gerando prejuízos a vida aquática. O MPS do período seco, portanto, diz respeito às condições naturais de intemperismo do ambiente que depende da formação geológica e de material já ali existente.

Os gráficos 5, 6 e 7 apresentam a descarga sólida dos rios individualmente comparando com o comportamento das curvas a vazão líquida durante o período estudado. Quanto à descarga líquida, os rios apresentam capacidade de descarga semelhante, sendo, portanto, rios de mesmo porte. Os hidrogramas dos rios Grajaú (Gráfico 5) e Mearim (Gráfico 6) mostram uma aproximação das curvas, evidenciando alta carga de sedimento comparado ao hidrograma do Pindaré (Gráfico 7). O Mearim apresenta maior extensão e área de bacia, comparado ao Pindaré (página 22 e 23) passando por maior número de município. Por essa razão, mostra está submetido a tensores ambientais resultante das atividades humanas ali instaladas.

O gráfico 5 apresenta a descarga sólida anual de MPS do rio Grajaú, principal afluente do Mearim, durante o período de campanha, comparando-se com a descarga líquida. Os dados referentes ao gráfico podem ser vistos na tabela 4.

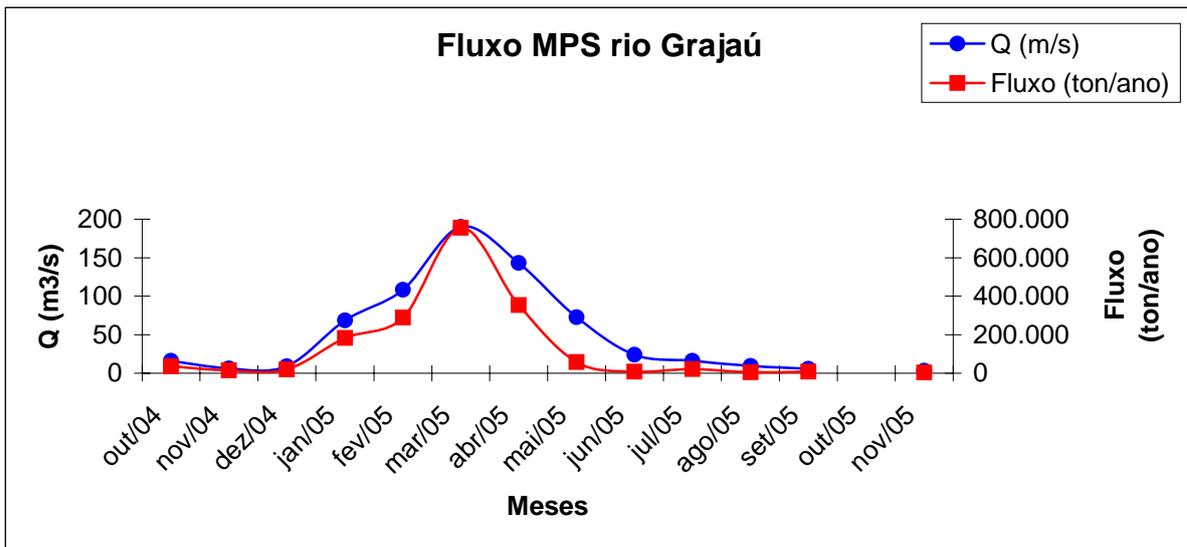


GRÁFICO 5 – Descarga sólida (MPS) do rio Grajaú, comparando com a vazão líquida.

O gráfico 6 representa a descarga sólida (MPS) do rio Mearim, durante o período de campanha, comparando-se com a descarga líquida. Os dados referentes ao gráfico podem ser vistos na tabela 6.

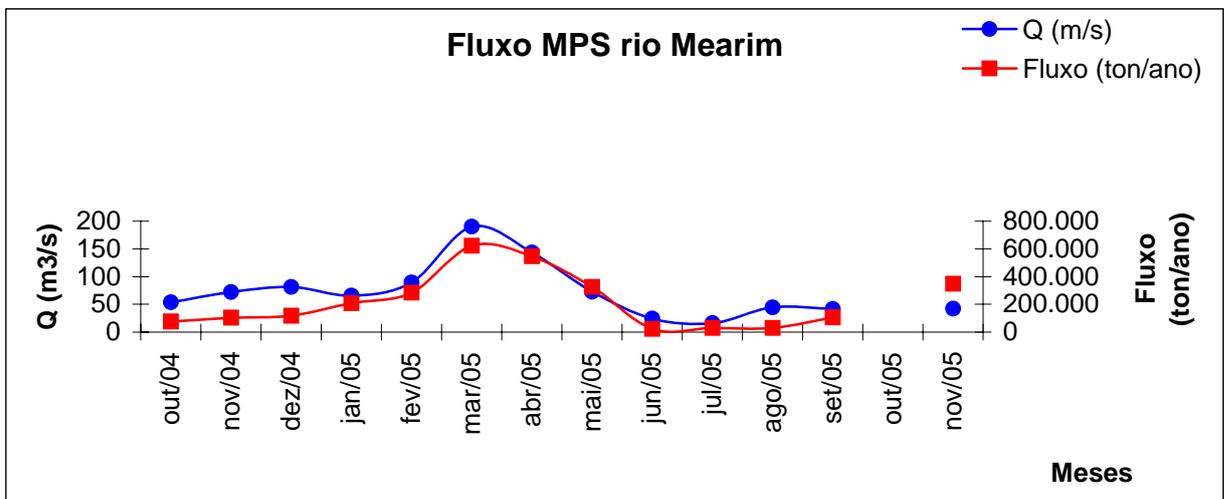
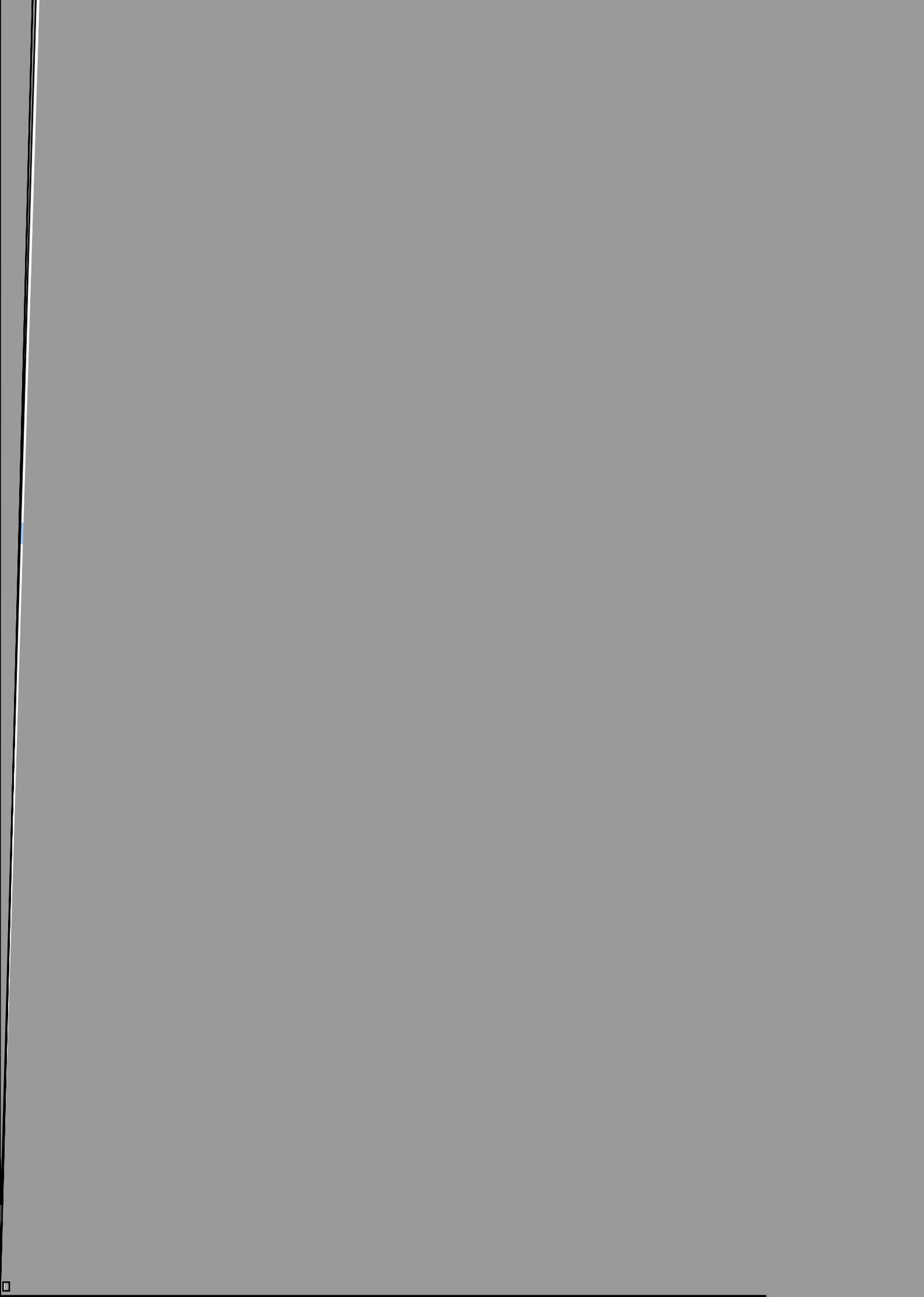


GRÁFICO 6 – Descarga sólida (MPS) do rio Mearim, comparando com a vazão líquida.

O gráfico 7 representa a descarga sólida (MPS) do rio Pindaré, durante o período de campanha, comparando-se com a descarga líquida. Os dados referentes ao gráfico podem ser vistos na tabela 5.



<b>mar/05</b>	30/3/05	3,70	188,36	189,92	5,7	1.090,78	33.927,47
	31/3/05	3,74	191,48				
<b>abr/05</b>	29/4/05	2,88	128,39	143,26	3,3	473,83	14.737,87
	30/4/05	3,30	158,12				
<b>mai/05</b>	28/5/05	2,09	78,58	72,69	11,6	842,77	26.213,59
	30/5/05	1,88	66,81				

Tabela 9 mostra os valores da carga de COP do rio Pindaré na estação fluviométrica 33190000 no período estudado.

TABELA 9 - Descarga líquida e fluxo de COP anual do rio Pindaré

Local	Data	Altura da régua (m)	Q ( $m^3.s^{-1}$ )	Q médio ( $m^3.s^{-1}$ )	COP (mg.L-1)	Fluxo kg/s	fluxo ton/ano
<b>Pindaré</b>							
<b>out/04</b>		1,68	55,97	55,97		0,00	
<b>nov/04</b>		1,62	53,05	53,05	6,2	328,00	10.202,11
<b>dez/04</b>		1,86	65,59	65,59	5,02	329,50	10.248,92
<b>jan/05</b>	28/1/05	1,90	67,90	68,45	14,16	969,48	30.154,82
	30/1/05	1,92	69,00				
<b>fev/05</b>	24/2/05	2,57	107,85	108,18		0,00	
	28/2/05	2,58	108,50				
<b>mar/05</b>	30/3/05	3,70	188,36	189,92	3,76	714,86	22.235,00
	31/3/05	3,74	191,48				
<b>abr/05</b>	29/4/05	2,88	128,39	143,26	7,74	1.108,10	34.466,33
	30/4/05	3,30	158,12				
<b>mai/05</b>	28/5/05	2,09	78,58	72,69	11,59	842,77	26.213,59
	30/5/05	1,88	66,81				

Na tabela 10 mostra os valores da carga de COP do rio Mearim na estação fluviométrica 33290000 no período estudado.

TABELA 10 - Descarga líquida e o fluxo de COP anual do Mearim

Local	Data	Altura da régua (m)	Q ( $m^3.s^{-1}$ )	Q médio ( $m^3.s^{-1}$ )	COP (mg.L-1)	Fluxo kg/s	fluxo ton/ano
<b>Mearim</b>							
<b>out/04</b>							

TABELA 11A – Dados de Carbono Orgânico Particulado (COP) do rio Grajaú de alguns meses das campanhas de amostragem

Rio Grajaú

Grajaú	COP		COP (mg.L <sup>-1</sup> )												
	Hora	Superfície	Fundo	9S	9F	9 média	12S	12F	12 média	15S	15F	15 média	Superfície	Fundo	MÉDIA
Nov/2004		4,58		4,58	5,63		5,63	6,44		6,44		6,44	5,55		
Dez/2004	10,81	<b>4,19</b>		7,50	11,51		<b>4,19</b>	7,85	4,19	<b>4,19</b>		4,19	8,84	4,19	6,51
Jan/2005	11,49	<b>11,49</b>		11,49	10,21		<b>10,21</b>	10,21	13,40	<b>13,40</b>		13,40	11,70	11,70	11,70
Mar/2005	6,38	3,19		4,79	4,47		5,74	5,11	9,57	5,11		7,34	6,81	4,68	5,74
Abr/2005	5,93	5,93		5,93	0,70		0,70	0,70					3,32	3,32	3,32
Mai/2005	9,89	9,89		9,89	10,85		10,85	10,85	14,04	14,04		14,04	11,59	11,59	11,59

Tabela 11b – Dados de Carbono Orgânico Particulado (COP) do rio Mearim de alguns meses das campanhas de amostragem

Rio Mearim

Mearim	COP		COP (mg.L <sup>-1</sup> )									
	9S	9F	9,00	12S	12F	12,00	15S	15F	15,00	Superfície	Fundo	MÉDIA
Dez/2004	6,63	8,72	7,68	13,26	6,28	9,77	12,56	14,30	13,43	10,82	9,77	10,29
Jan/2005	10,53	22,34	16,44	20,74	14,04	17,39	12,45	14,68	13,57	14,57	17,02	15,80
Mar/2005	5,43	10,21	7,82	6,06	5,74	5,90	1,60	10,21	5,91	4,36	8,72	6,54
Abr/2005		23,37	23,37	8,72	15,70	12,21	1,74	2,44	2,09	5,23	13,84	9,53
Mai/2005	4,47	11,17	7,82	12,13	11,17	11,65	11,49	13,09	12,29	9,36	11,81	10,59

Tabela 11c – Dados de Carbono Orgânico Particulado (COP) do rio Pindaré de alguns meses das campanhas de amostragem

Rio Pindaré

Mês	COP		COP (mg.L <sup>-1</sup> )									
	9S	9F	9,00	12S	12F	12,00	15S	15F	15,00	Superfície	Fundo	MÉDIA
Nov/2004	3,96	3,13	3,55	5,63	10,47	8,05	6,88	7,08	6,98	5,49	6,89	6,19
Dez/2004	2,79	6,98	4,89	11,51	0,70	6,11	3,14		3,14	5,81	3,84	4,83
Jan/2005	12,77	12,77	12,77	13,40	16,60	15,00	13,40	15,96	14,68	13,19	15,11	14,15

O rio Mearim contribuiu com um fluxo de COP anual da ordem de 45 mil toneladas, considerando para os cálculos, o mês de pico máximo de sedimento. Os rios Grajaú e

Pindaré apresentaram um fluxo anual da ordem de 35 mil e 40 mil toneladas respectivamente. O fluxo de COP do Mearim correspondeu a 7,24% da descarga de MPS, enquanto que o Grajaú foi 4,64% e o Pindaré em torno de 27,9%. Como os rios apresentam valores de vazão líquida muito próximo, indicou ser o Pindaré o maior contribuinte de COP para a área estuarina. Nos resultados de granulometria do MPS (Tabelas 12 e 13), o Mearim e Grajaú apresentaram maiores percentuais de areia (fina, muito fina) comparado ao rio Pindaré. Portanto, uma fração inorgânica maior que a do Pindaré.

Os resultados de COP também evidenciam a diferença no estado de preservação destes ambientes, pois mostra que o Pindaré apresenta melhor qualidade ambiental e talvez explica a maior diversidade de peixes comentados por pescadores durante os trabalhos de campo.

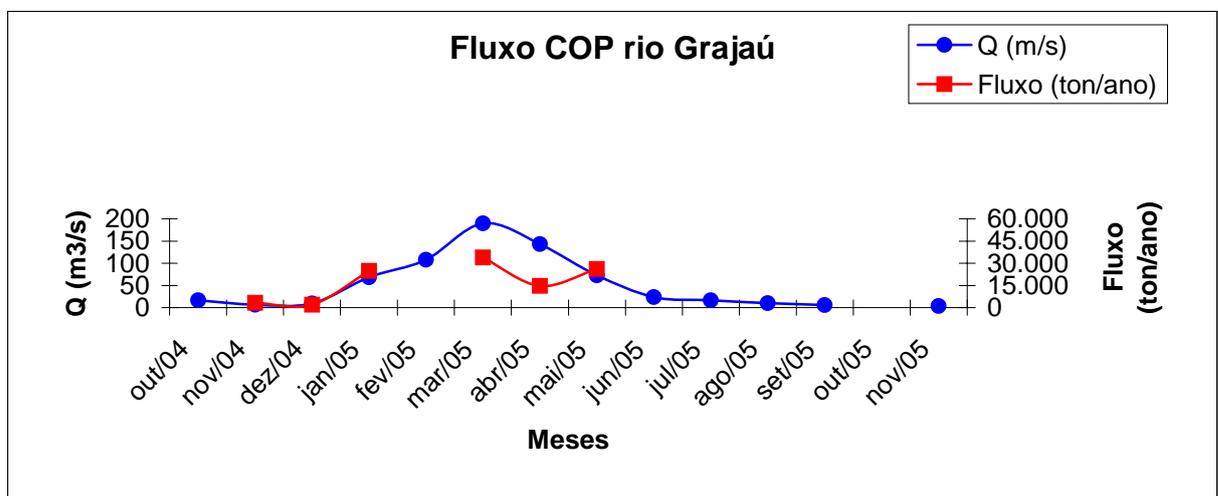
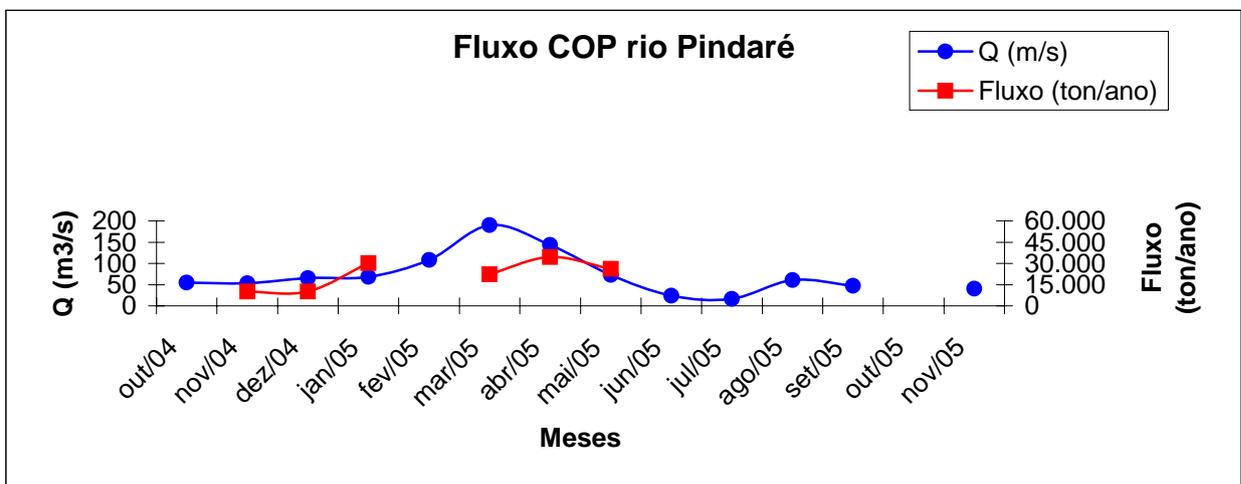


GRÁFICO 8a - Carga de Carbono Orgânico Particulado (COP) do rio Grajaú e a vazão líquida.

O gráfico 8b representa a carga de Carbono Orgânico Particulado (COP) de alguns meses do rio Pindaré, durante o período de campanha. Os dados referentes ao gráfico podem ser vistos na tabela 9.



O gráfico 8c representa a carga de Carbono Orgânico Particulado (COP) de alguns meses do rio Mearim, durante o período de campanha. Os dados referentes ao gráfico podem ser vistos na tabela 10.

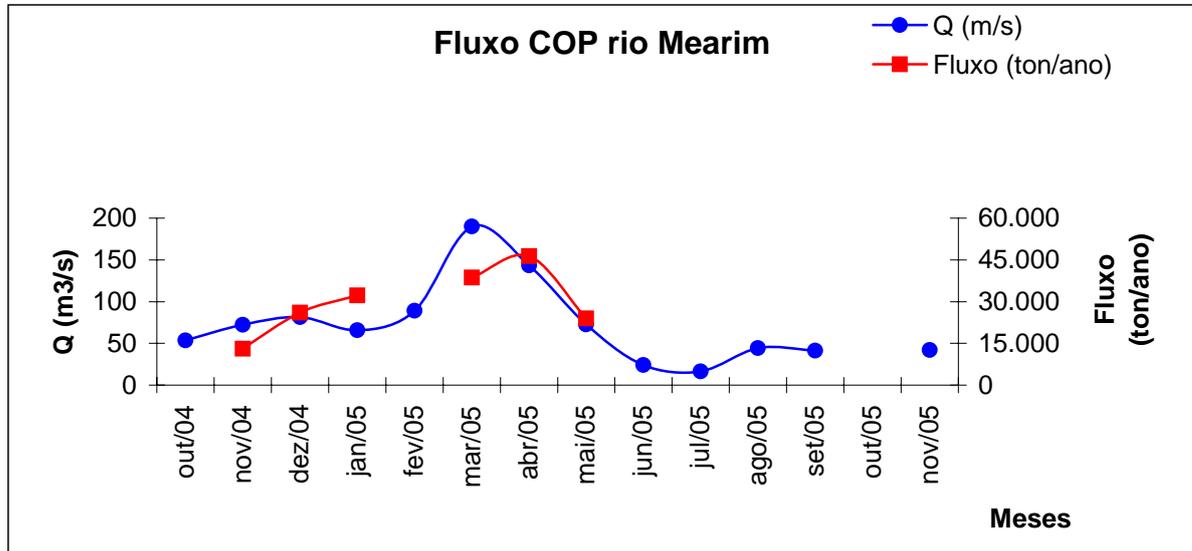


GRÁFICO 8c - Carga de Carbono Orgânico Particulado (COP) do rio Mearim e vazão líquida.

O rio Pindaré apresenta amplas planícies ao longo do seu curso com formação de lagos (Figura 10).



FIGURA 10 – Rio Pindaré no período chuvoso (maio/2005). A imagem mostra o transbordo das águas invadindo as áreas laterais por centenas de metros, formando lagos de meandro.

Isso aumenta a capacidade de retenção e de transformação da matéria orgânica do MPS transportado, tornando pouco eficiente o transporte para a região à jusante e até mesmo para a área estuarina. Talvez estas razões expliquem os melhores resultados encontrados (disco de secchi, apêndice A) e favoreça uma maior densidade de vida aquática que se constatou com afirmações feitas por pescadores que afirmaram ser este rio mais rico em peixes (surubim, pial, Curimatá, etc) (Figura 11), indicando um melhor estado de preservação.



FIGURA 11 - Rio Pindaré, comercialização de peixes no cais no centro da cidade de Pindaré Mirim ao final da tarde. No detalhe pode-se ver surubim pescado no rio sendo vendido antes da fase adulta.

A descarga elevada de MPS e nutrientes alteram o metabolismo das comunidades estuarinas, o padrão de migração de diversas espécies que utilizam o estuário como berçário e causa desequilíbrio ao Ecossistema Manguezal, uma vez que a fração sílica elevada causa aterramento dessas áreas alagadas, modificando a textura da pasta lamosa e portanto alterando a capacidade do ambiente de ser oxi-redutor, decaimento da produtividade primária, desestabilização da área costeira e principalmente perda de recursos pesqueiros que constitui a área de descarga desses rios.(SOUZA & KNOPPERS,1988).

A zona estuarina (área de mangue) representa um dos sítios principais que controla o fluxo e destino da matéria orgânica e demais sedimentos, aprisionando ou exportando através do refluxo das marés. A qualidade ambiental e a preservação desse importante ecossistema são de fundamental importância para a regulação quantitativa e qualitativa do MPS para o equilíbrio de espécies aquáticas. Sendo assim, a tabela 12 mostrou que a composição do material transportado compõe-se predominantemente de areia e denota um estado de preocupação em relação ao rio Grajaú e Mearim que contribuem com maior carga de sedimento e esse material é altamente prejudicial ao ambiente, pois provoca o aterramento de áreas do mangue endurecendo a lama retirando a plasticidade e dessa forma a capacidade de captura e inertização de metais pesados e outros compostos advindo das áreas a montante de cada rio.

Na área estuarina percebeu-se fortes pressões antrópicas com o crescimento urbano e atividades agrícolas (plantio de arroz alagado na cidade de Arari, criação de búfalos em Vitória do Mearim, Anajatuba e outros municípios. Nas últimas décadas, estas pressões tem sido significativas ao longo de toda a área de domínio das bacias, causando alterações significativas em suas condições naturais.

A tabela 12 mostra a análise do material coletado por rede de arraste (Figura 9) para a composição do MPS transportado pelos três rios com lançamento no mesmo da região estuarina e que se percebe a predominância de areia (fração sílica). Estes dados foram bem consistentes, o mesmo não aconteceu ao tentar analisar a fração de silte e argila combinando o método clássico das peneiras com o da pipeta, pois este último exige uma quantidade mínima de amostra superior a que se coletou em cada mês e o resultado é que não se pode conhecer essa fração, obtendo somente a classificação do tipo de areia existente. O resultado obtido pode ser visto também pelo gráfico 9 que utilizou o programa Sysgran 3.0 e a classificação da fração de areia.

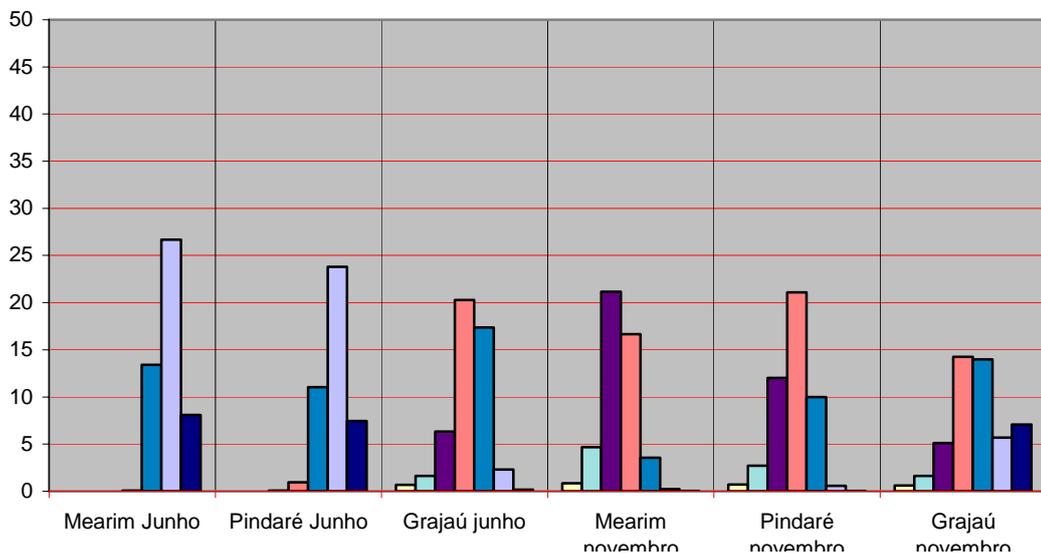
TABELA 12 - Composição dos percentuais de areia x silte+argilas dos rios: Grajaú, Mearim e Pindare no período de outubro de 2004 e novembro de 2005, utilizando o método clássico das peneiras.

AMOSTRA	PESO TOTAL	AREIA (retido na peneira de 63µm)	PERCENTAGEM	
			Areia	Silte + argila
Grajaú nov/04	0,3396	0,0939	27,65	72,35
Grajaú jan/05	8,3799	5,8435	69,73	30,27
Grajaú mar/05	3,6142	1,7167	47,50	52,40
Grajaú mai/05	2,6555	1,6161	60,86	39,14
Grajaú jun/05	8,6754	8,0937	93,31	6,70
Grajaú jul/05	1,0975	0,7908	72,05	27,95

Grajaú ago/05	6,3599	4,5792	72,00	28,00
Grajaú set/05	1,3155	0,8551	65,00	35,00
Grajaú nov/05	1,7746	1,3046	73,51	26,49
Pindare mar/05	1,2400	0,6324	51,00	49,00
Pindare abr/05	1,3354	0,7417	55,54	44,46
Pindare mai/05	0,6043	0,2113	36,96	65,04
Pindare jun/05	1,6215	1,0951	67,54	32,46
Pindare jul/05	0,2877	0,0852	29,61	70,39
Pindare set/05	0,2199	0,2047	93,09	6,91
Pindare nov/05	3,7124	2,8214	76,00	24,00
Mearim mar/05	13,3817	6,4087	47,89	52,11
Mearim mai/05	0,3925	0,1198	30,33	69,47
Mearim jun/05	1,3117	0,4385	33,43	66,57
Mearim jul/05	2,2148	1,2403	56,00	44,00
Mearim ago/05	0,3844	0,1975	51,38	48,62
Mearim set/05	2,6512	1,7233	65,00	35,00
Mearim nov/05	2,7599	2,1164	77,77	22,23

Mesmo não se conhecendo qualitativamente o MPS transportado, os valores da tabela 12, revelam um aporte de sedimento que causará problemas (por exemplo, assoreamento, redução da plasticidade da lama, etc...) ao ambiente estuarino e principalmente costeiro, no decorrer de longo tempo.

O Gráfico 9 apresenta a composição granulométrica do MPS dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim em alguns meses analisados através do método clássico das peneiras combinado com o método da pipeta, utilizando o programa Sysgran 3.0. A quantidade de material foi muito pequena para identificação da fração argila-sílica, pelo método da pipeta. Um resultado melhor poderia ser obtido através de analisadores de partículas a laser que exige quantidade mínima de material, mais devido a não disponibilidade deste método tentou-se pelo da pipeta.



O gráfico 9 mostra que para o Mearim em junho, predominou a fração areia muito fina ( $\phi$  4,0) e areia muito a fina ( $\phi$  3,5) e um resultado parecido para o rio Mearim para o mesmo mês e areia fina a média para os demais meses para os três rios (Tabela 13).

CLASSES	-1,5	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0
Mearim Junho	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	26,7	8,1
Pindaré Junho	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	23,8	7,4
Grajaú junho	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,7	1,6	6,3	20,3	2,3	0,2
Mearim novembro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	4,7	21,1	16,7	0,2	0,0
Pindaré novembro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	2,7	12,0	21,1	0,6	0,0
Grajaú novembro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	1,6	5,1	14,3	5,7	7,1

TABELA 13 - Classificação granulométrica do MPS de alguns meses dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim pelo Programa Sysgran 3.0.

Nos resultados dos parâmetros físico químicos para corretas afirmações sobre os resultados de pH encontrados, requerem estudos geológicos da composição das rochas que compõem as bacias de drenagem, entretanto os valores encontrados nas amostragens ficaram na faixa de 6 e 9., revelando possível associação com formação de rochas carbonatárias (efeito natural no rio). Os valores de condutividade elétrica mostraram variação entre os rios com uma faixa de 80 a 360  $\mu$ S/cm e até mesmo as estações secas e chuvosas (Apêndice B). A condutividade elétrica está diretamente relacionada ao total de sólidos dissolvidos e por consequência expressa taxas de intemperismos químicos um pouco diferentes entre os rios e até mesmo nas estações seca e chuvosa.

Os dados apresentados nas tabelas 4 a 6 e demonstrado através dos gráficos 2a a 4c mostra uma elevação significativa da carga de sedimentos no período chuvoso para os rios Grajaú e Mearim principalmente que indica que este sistema está mais susceptível aos processos erosivos e de degradação por ação de lixiviação da chuva que faz a lavagem da bacia a qual estes rios pertencem, cujos índices pluviométricos estão acima de 1600mm/ano.

Segundo a ANA a rede fluviométrica básica primária do Brasil, do total de 1581 postos (estações fluviométricas), somente 415 faz medidas de descarga sólida em suspensão, ou seja, são sedimentométricas. De acordo com dados fornecidos pela CPRM de Teresina-Pi, nos rios estudados estão instaladas 20 estações fluviométricas, sendo 13 no rio Mearim (6 no rio principal e 7 em seus afluentes), 5 no rio Grajaú e 7 no Pindaré (sendo 4 no Pindaré e 3 em seus afluentes), sem confirmação de quantas destas são sedimentométrica. A própria Agência reconhece que o número

de estações em todo o Brasil é inferior ao satisfatório e que as medidas não tem a periodicidade desejada para o conhecimento do meio natural (CARVALHO et al, 2000).

Devido a incontestável importância da descarga desses três rios para o litoral maranhense em virtude de sua influência na exportação de nutrientes para a plataforma continental maranhense, se torna de suma importância o monitoramento contínuo do MPS transportado e para tanto a conversão de algumas estações em Sedimentométricas, para permitir políticas públicas adequada, assim como, intervenções necessárias para assegurar a qualidade ambiental desses ecossistemas.

Analisando o gráfico 2a a 4c, percebe-se a confirmação de relação direta entre a elevação do nível dos rios (período chuvoso) com a elevação da carga de MPS transportado, o que indica significativa contribuição de área de solo, devido atividade antrópica com a retirada da cobertura vegetal em áreas ribeirinha e notadamente da mata ciliar, produzindo uma paisagem de turbidez elevada no período chuvoso como efeito visual e que desencadeia impactos negativos atingidos desde a vida aquática (produção primária, reprodução de espécies como peixes) até a beleza cênica das águas da baía de São Marcos que denotam desvalorização (depreciação) sob o ponto de vista turístico das praias uma vez que ocorre a intenção explícita do governo estadual de inserir a área litorânea no cenário internacional.

O aporte de materiais logicamente refere-se a um somatório de todos efeitos ocorridos como um conjunto a montante, com contribuição local aos pontos monitorados, assim como de forma difusa (longas distâncias de acordo com o relevo e as convergências existentes).

O maior contribuinte de carga de MPS enviado em direção à área estuarina no período estudado foi o rio Grajaú, afluente do Mearim, que apresenta em sua bacia maior número de núcleos habitacionais, vila e cidades e talvez maior atividade agrícola, cujos efeitos são mais significativos confirmados pelos pescadores locais, que afirmaram ter muita dificuldade em capturar peixes nesses rios.

Convém registrar que se notou durante os trabalhos de campo, a presença de materiais não biodegradáveis sendo transportado tais como: sacos plásticos, PET's, além de carcaças de animais descendo no rio Mearim, comparados aos outros dois estudados.

Outro impacto negativo percebido visualmente está relacionado com a descarga de esgotos sanitários *in natura* no rio Mearim notado através do desenvolvimento de plantas aquáticas com maior desenvolvimento de biomassa para mesmas espécies comparados nos outros dois rios, confirmando maior carga de nutrientes que favorecem o processo e que são provenientes de esgotos domésticos ou ainda de atividades agrícolas pelo uso de fertilizantes.

Portanto, os rios Mearim e Grajaú representam um estado de preocupação que exige ações urgentes no sentido de busca de sensibilização das comunidades ribeirinhas quanto à preservação, evitando descarte de lixo no rio e seus contribuintes, evitando a retirada da mata ciliar e exige a busca de ações conjuntas de políticas públicas dos municípios que constituem a área de abrangência dessa bacia. Pode-se incluir definições dentro de seus planos diretores para uso e ocupação do solo, controlando a expansão horizontal de núcleos urbanos e atividades agrícolas de forma a preservar a mata ciliar e várzeas evitando deixar o solo desnudo que possa favorecer o arraste de componentes do solo pela chuva para dentro da calha dos rios e seus contribuintes com intuito de preservar a qualidade ambiental.

A necessidade de controle dos impactos negativos a esses ambientes se dar ao fato dos processos serem intensificados em virtude da formação geológica por serem bacias sedimentares (formação barreira e Itapecuru), com solos susceptíveis ao intemperismo (BRASIL, 1991).

Embora os rios ainda apresentam grandes vazões notadamente nos períodos chuvosos, notou-se modificações das feições dos leitos dos rios por assoreamento com formação de bancos de areia, desvio do canal e redução da vazão (período de pico de estiagem que podem interferir no equilíbrio e harmonia da vida aquática. (Figura 12 e 13).



FIGURA 12 - Rio Grajaú a jusante da estação fluviométrica no período seco (out/2004). Na imagem os valores de cota inferior a 100cm, formação de bancos de areia e assoreamento da calha.-



FIGURA 13 – Rio Grajaú a montante da estação fluviométrica no período seco (out/2004). No detalhe pode-se ver parte do que era o leito do rio sendo utilizado como área de lazer e que somente no período chuvoso é ocupado pelas águas.

Desta forma os resultados apresentados representam resultados preliminares que certamente poderão contribuir e até como parâmetros para novas pesquisas e chamam atenção para adoção de medidas preventivas com o propósito de conter o estado de degradação ambiental, estancando as causas e corrigindo os efeitos através de ações conjuntas (governo e sociedade).

Apesar dos dados da ANA disponível em seu sítio na internet apontarem para condições de qualidade ambiental boa da região em estudo no que diz respeito à demanda bioquímica de oxigênio, por exemplo, mostrado na figura 2, esta referência diz respeito a um conjunto de bacias onde se inclui a do Itapecuru e Munin (figura 3). De certo, é uma realidade bem melhor comparada ao cenário nacional principalmente nas regiões sul e sudeste de maior densidade demográfica, mas desperta para uma tomada de decisões políticas com intuito de evitar que se tornem as realidades atuais dessas regiões.

O relatório disponível de dados da ANA, não nega a indisponibilidade de dados relativos a determinadas variáveis acima citados e no caso do Estado do Maranhão se dar em função da falta de uma rede de medições sedimentométricas. Dessa forma, é de suma importância que estes dados sejam enviados para um banco de dados aqui no Maranhão (por ser o maior interessado). Para comparação dos dados de vazão, teve-se que solicitar informações à CPRM no estado do Piauí, onde são enviados todos os dados relativos as bacias hidrográfica do estado.

## 5 CONCLUSÃO E SUGESTOES

Este trabalho representa, portanto, uma tentativa de quantificação dos fluxos de material particulado em suspensão e carbono orgânico particulado nos rios Grajaú, Pindaré e Mearim. Há uma carência muito grande de trabalhos científicos sobre o assunto e principalmente nos corpos hídricos estudados.

O dados apresentados apenas ajudam a dar um diagnóstico da realidade atual em que se encontram esses ambientes que representam extrema importância para o Estado do Maranhão, pelo uso múltiplo das águas (recreação, transporte, fonte de alimentos e outros, figuras 14 e 15) e acima de tudo, a importância para o abastecimento para consumo humano.



FIGURA 14 - Rio Mearim na cidade Bacabal. No detalhe, pessoas lavando roupas e utensílios de casa.-



FIGURA 15 – Rio Pindaré a jusante da estação fluviométrica no período seco (out/2004). A imagem mostra a utilização das margens do rio para o plantio de arroz pelos índios Guajajaras.

Obviamente, será necessário análises de séries temporais da vazão, assim como, análises sedimentométricas para que se permita a clara distinção dos processos naturais e antrópicos que atuam sobre estes corpos hídricos e principalmente este último para avaliar a evolução e aporte sedimentos para garantir a qualidade ambiental.

Atualmente leis estão exigindo que os municípios com mais de vinte mil habitantes elaborem seus planos diretores. Um dos pontos prioritários sem dúvida deve ser o uso e ocupação do solo com vista a conter as pressões sobre esses recursos hídricos, definindo área urbana e agrícolas, de forma a delimitar este tipo de expansão que tem progressivamente aumentado. Ações de preservação e replantio de mata ciliar, saneamento básico com tratamento de efluentes sanitários, para evitar o quadro indesejado de outras bacias de drenagem do sul do país (Figura 2, página 17).

O aporte de sedimentos está associado às atividades humanas, haja vista o crescimento do pico de descarga no período chuvoso, evidenciando a retirada da cobertura vegetal da área de influência destas bacias de drenagens e portanto, deixando o solo destes ambientes expostos às ações das chuvas intensas que caem na região. Sabe-se que a cobertura vegetal protege o solo contra erosão pluvial, aumentando a evapotranspiração e a infiltração, diminuindo o escoamento superficial, pois parte da água da chuva não chega a atingir o solo, sendo interceptado pela folhagem e evaporada diretamente e outra escoada pelos ramos, troncos descendo lentamente indo ao solo para se infiltrar. Neste aspecto as florestas, por exemplo, se tornam mais eficientes na proteção que uma cobertura de vegetação rasteira. Em face disto, pode-se plantar árvores frutíferas como manga, goiaba, caju, pequi, etc, em pontos críticos e como mata ciliar ao invés de outros tipos de madeiras, por fazer a função desta e oferecer frutos para usuários destas vias de transportes, pescadores e agricultores em geral.

A ANA possui em funcionamento várias estações sedimentométricas em outras bacias hidrográficas que permite a consulta de dados sobre material em suspensão e avaliar a evolução e a interferência pela atividade humana na região onde está instalado esse tipo de estação. O mesmo não acontece nas bacias estudadas, pois estas são apenas fluviométricas e medem somente a vazão líquida. Portanto, a conversão de algumas destas vinte estações existentes em sedimentométricas ofereceriam dados mais consistentes para elaboração de trabalhos e diagnósticos da qualidade ambiental destes ambientes. A reativação da sede da CPRM no maranhão, ou o envio para um banco de dados no estado (na UFMA ou UEMA, por exemplo), seria uma outra maneira de acompanhar o estado de preservação, pois embora sendo possível acessar via internet no sítio da ANA. Os dados levam tempo para estarem a disposição para consulta e são enviados para a CPRM do Estado do Piauí.

Estudos mais detalhados também são obviamente necessários para compreensão da componente de contribuição do MPS para a caracterização da cor parda que confere, por exemplo, pouca beleza cênica desfavorecendo a atividade do turismo na região comparada as águas verdes do litoral de outros estados nordestinos. Também, entende-se de importância, a participação do complexo portuário, através das empresas que operacionalizam a movimentação de cargas em projetos de educação ambiental e preservação das bacias de drenagem, pois estas gastam muito dinheiro com dragagem do canal de acesso, cuja contribuição do aporte de sedimento é significativo, principalmente, dos rios estudados.

Diante da complexidade do estudo dentro da geoquímica para entendimento da problemática do transporte de sedimento, certamente os dados deixam lacunas a serem preenchidas com novos estudos mais detalhados. De qualquer forma os dados aqui apresentados mostram a necessidade de preservação destes ambientes em face da importância regional que eles representam. A importância destes corpos d'água pode tomar um rumo político diferente se ocorrer a aprovação de projeto no Senado Federal que cria o Estado do Maranhão do Sul, pois esta nova unidade da federação abrigará as áreas das bacias estudadas. O Estado do Maranhão (resto dele) ficará somente com o rio Munin como genuíno e dependerá das políticas públicas dessa nova unidade federativa.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, W.J.;KIMERLE, R.A.; BARNETT Jr, R. A. (1992). Sedment Quality and Aquatic Life Assesment Environ. Sci Tecchnol., 26: 1865-1875.

ANA - Agência Nacional de Águas (2006). [http/ www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br). Acess em: 01/09/2006.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais.Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Turismo. **Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão**. São Luis 1991.

BRASIL. MINISTÉRIO DA MINAS E ENERGIA. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil**: Folha São Luís e Folha Cururupu. CPRM: Brasilia. 1994.

BRIGANTE, J. Espíndola, E. L. G. **Limnologia Fluvial - Um Estudo do Mogi-Guaçu**. RiMA. São Carlos SP. 2003. 278p.

BUTCHER, S.S.;CHARLSON, R.J.;ORIAN, G.H.; WOLF,G.V. **Global biochemistre Cycles**. San Diego, CA: Academic Press, 1992.

CAMERON, W. M.; PRITCHARD, D. W. (1963). Estuaries. in HILL, M. N. (ED) **The Sea**. New York, Wiley Intercience, P: 3006-332.

CARMOUZE, J.P. **O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos**. São Paulo. Ed. Edgard Blucher/FAPESP, 1994. 253 p.

CARVALHO, Newton de Oliveira. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro:CPRM, 1994. 372p. il.

CARVALHO, Newton de Oliveira et al. **Guia de práticas Sedimentométricas**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica. Superintendência de Estudos e Informações Hidrológica, 2000. 150 p.

CONFERENCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21**. Rio de Janeiro. 1992.

DEGENS, E.T.; KEMPE, S.; RICKEY, J.E. **Biogeochemistry of major world rivers**. (SCOPE; 42). John Wiley & Sons. New York. USA. 1991. 355p.

FORSTNER, U.; WITTMANN G. (1979). **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. 2ª Ed. Springer-Verlag, Berlin, 486p.

GAUDETTE, H.E.; FLIGHT, W.R.; TONER, L.; FOLGER, D.W. 1974. *An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments*. Journal Sedimentary Petrology. 44 (1): 249-253.

HAY, W. W. **Detrital Sediment fluxes from continents to oceans**. Chem. Geol., 1998. p. 287-323.

LOPES, Raimundo. **Uma região tropical**. Editora Fon-Fon e Seleta, Rio de Janeiro, 1970.

MARANHÃO. Gerência de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Laboratório de Geoprocessamento. Universidade Estadual do Maranhão. **Atlas do Maranhão**. 2. ed. 38 p.

MARANHÃO. Governo do Estado do Maranhão. Secretaria de Planejamento. **Maranhão: Informações Básicas**. 1983.

MOREIRA, F. M. Et al. Análise de consistência de dados fluviométricos. *Água em Revista*. **Revista Técnica e Informativa da CPRM**. Ano IV, n. 7, maio/1996.

MULDER, T.; SYVITSKY, J.P.M. **Climatic and morphologic relationships of rivers**. Implications of sea level fluctuations on river loads. J. Geol. 1996. p. 509-523.

ODUM, E. P. **Ecologia**, Rio de Janeiro. Guanabara AS. 1988.434p.

REVISTA SANEAMENTO. **Bacia do rio Mearim- características físicas e condições de navegabilidade**. Rio de Janeiro. Nº52 (jul-dez). 1978.

STANDARD METHODS. **APHA-AWWA-WPCF**. 15. ed. 1981.1134p.

SOUZA, W. F. L.; KNOPPERS, B. **Fluxos de água e sedimento a costa leste do Brasil: Relações entre Tipologia antrópicas**. Geochim. Brasil, 17(1) 057-074. 2003.

SUDENE/PROSPEC.S.A. **Hidrologia**: Levantamentos Básicos Integrados de Recursos Naturais da Bacia do rio Mearim/MA. Recife. 1978112p.

VIDAL, et al. Caminhos do Carbono em Ecossistemas Aquáticos Continentais. In: **Lições de limnologia**. São Carlos: RiMa, 2005. p. 193.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A - Parâmetros medidos in situ para os rios Mearim, Grajaú e Pindare nas campanhas de amostragem

Mês de outubro de 2004- rio Mearim

LOCAL: <b>Mearim</b>	DATA :	27/10/04	HORA:	11:00	TEMPO:
GPS	S:4° 13' 33,5"	Secchi (m):	0,3	<b>Parc nublado</b>	
	W:44° 46' 21,1"	T°C AR:	33	LargurT0 1 Tf0:0004 Tc 82.45 /P /MCID 15 BDC BT/T20 1 Tf0:7.98 -7.98 0 123.84 390.6451 m(L54 7257MC /P44/M	

Novembro de 2004-rio Grajaú

LOCAL: Grajaú		DATA : 27/11/04		HORA:		TEMPO: Nublado						
GPS S:		Secchi (m): 0,5										
W:		T°C AR: 33,4		Largura (m): 82								
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00	0,3	0,6	7,07		28,7		254,0				254,0	
10:00	0,3	0,6	7,34		28,9		252,0				252,0	
11:00	0,3	0,6	7,36		28,8		251,0				251,0	
12:00	0,3	0,6	7,51		29,2		248,0				248,0	
13:00	0,3	0,6	7,60		30,5		246,0				246,0	
14:00	0,3	0,6	7,87		30,7		246,0				246,0	
15:00	0,3	0,6	7,91		31,1		246,0				246,0	
16:00	0,3	0,6	7,97		30,4		247,0				247,0	
	0,3	0,6	7,58		29,8		248,8				248,8	

Novembro de 2004-rio Pindaré

LOCAL: Pindaré		DATA : 27/11/04		HORA:		TEMPO: Nublado						
GPS S:		Secchi (m): 0,38										
W:		T°C AR:		Largura (m):								
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)	OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)		
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00	0,3	1,0	6,19	5,99	28,10	27,80	350,0	353,0	6,45	7,63	348,0	353,0
10:00	0,3	1,0	6,35	6,10	28,10	28,40	351,0	353,0	6,43	6,50	350,0	352,0
11:00	0,3	1,0	6,65	6,26	30,10	29,70	354,0	351,0	6,49	7,97	353,0	352,0
12:00	0,3	1,0	6,18	6,07	30,50	29,30	356,0	354,0	6,41	6,42	355,0	354,0
13:00	0,3	1,0	6,02	6,02	31,40	30,20	356,0	356,0	6,56	7,84	356,0	356,0
14:00	0,3	1,0	6,42	6,31	30,90	31,00	356,0	357,0	7,49	6,72	356,0	356,0
15:00	0,3	1,0	6,55	6,31	32,30	31,40	357,0	356,0	6,57	7,70	356,0	356,0
16:00	0,3	1,0	6,61	6,41	29,80	29,50	358,0	356,0	6,97	7,08	357,0	356,0
	0,3	1,0	6,37	6,18	30,15	29,66	354,75	354,50	6,67	7,23	353,9	354,4

Novembro de 2004-rio Mearim

LOCAL: Mearim

GPS

S: 4° 13' 33,5"

W: 44° 46' 21,1"

DATA : 28/11/ 04

HORA:

TEMPO: parcialmente nublado

Secchi (m): 0,38

T°C AR:

Luz

82

## Dezembro de 2004-rio Pindaré

LOCAL: Pindaré		DATA : 28/12/04		HORA:		TEMPO: Parcialmente nublado						
GPS S:		Secchi (m):		Largura (m):								
W:		T°C AR:										
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00							340,0	340,0			341,0	340,0
12:00							341,0	341,0			342,0	341,0
15:00							344,0	342,0			342,0	342,0

## Dezembro de 2004-rio Mearim

LOCAL: Mearim		DATA : 29/12/04		HORA:		TEMPO: Parcialmente nublado						
GPS S:		Secchi (m): 0,34		Largura (m):								
W:		T°C AR: 28,9										
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			6,46	6,9000	29,80	30,00	92,40	89,20	6,39	5,10	93,00	89,00
12:00			6,90	6,9800	30,40	30,20	88,80	89,00	6,48	5,02	89,00	89,00
15:00			6,40	6,7000	31,00	31,00	88,90	90,40	6,50	5,15	89,00	90,00
			6,58	6,86	30,4	30,4	90,00	89,50	6,45	5,09	90,30	89,30

## Janeiro de 2005-rio Grajaú

LOCAL: Grajaú		DATA : 28/05/2005		TEMPO: Nublado				
GPS		S:	Secchi (m):	0,25				
		W:	T°C AR:	28				
Hora	Prof (m)		pH	Temp. (°C)	Cond. ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	ALCALINIDADE
	SUP.	FUNDO	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.
9:00	0,0		6,46	29,9				
12:00	0,0		6,30	30,7				
15:00	0,0		6,30	31,0				
	0,0		6,35	30,5				

## Janeiro de 2005-rio Pindaré

LOCAL: Pindaré		DATA : 28/01/05		HORA:		TEMPO: Nublado						
GPS		S:	Secchi (m):	0,35								
		W:	T°C AR:	Largura (m):								
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)	Cond. ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)		
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00					29,00	29,00	228,0	230,0	4,28	4,06	228,0	228,0
12:00					29,10	28,90	230,0	230,0	4,35	4,16	230,0	230,0
15:00					29,80	29,70	231,0	232,0	4,34	3,92	228,0	228,0
					29,30	29,20	229,67	230,67	4,32	4,05	228,7	228,7

## Janeiro de 2005-rio Mearim

LOCAL: Mearim		DATA : 29/01/05		HORA:		TEMPO: Nublado						
GPS		Secchi (m): 0,3		T°C AR:		Largura (m):						
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			6,72	6,82	29,10	28,70	85,50	86,00	5,40	5,41	35,00	35,00
12:00			6,50	6,64	30,00	29,10	86,60	86,90	7,56	7,56	36,00	36,00
15:00			6,48	6,47	29,60	29,50	87,50	87,60	5,44	5,44	36,00	36,00
			6,56	6,64	29,56	29,1	86,53	86,83	6,14	6,14	35,60	35,60

## Fevereiro de 2005-rio Grajaú

LOCAL: Grajaú		DATA : 26/fev		TEMPO: Limpo				
GPS		Secchi (m):		T°C AR:				
Hora	Prof (m)		pH	Temp. (°C)	Cond. (µS.cm <sup>-1</sup> )	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	ALCALINIDADE
	SUP.	FUNDO	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.
9:00	0,0		6,80	29,0	198,2		81,0	
12:00	0,0		6,60	29,7	197,0		81,0	
15:00	0,0		6,50	31,2	196,2		80,0	
	0,0		6,63	30,0	197,1		80,7	

## Fevereiro de 2005-rio Pindaré

LOCAL: Pindaré		GPS		DATA : 26/02/05		HORA:		TEMPO: Nublado				
S:		W:		Secchi (m): 0,25		T°C AR: 29,6		Largura (m):				
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)	OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)		
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			5,92	5,92	28,70	28,70	137,5	138,7	3,92	3,92	57,0	57,0
12:00			5,84	5,84	29,30	29,30	138,9	140,5	4,01	4,01	57,0	58,0
15:00			5,82	5,82	29,80	29,70	137,9	137,9	4,34	3,92	57,0	57,0
			5,86	5,86	29,27	29,23	138,10	139,03	4,09	3,95	57,0	57,3

## Fevereiro de 2005-rio Mearim

LOCAL: Mearim		GPS		DATA : 27/02/05		HORA:		TEMPO: Parcialmente nublado				
S:		W:		Secchi (m): 0,27		T°C AR:		Largura (m):				
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)	OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)		
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			5,95	6,41	29,20	29,20	97,50	107,00	7,81	7,81	40,00	44,00
12:00			6,35	6,69	29,50	30,40	98,00	100,80	5,42	5,42	40,00	41,70
15:00			6,42	6,68	30,00	30,00	99,70	99,50	5,55	5,55	40,00	40,00
			6,24	6,59	29,56	29,86	98,4	102,43	6,26	6,26	40	41,9

Março de 2005 - Rio Grajaú

	LOCAL: Grajaú		DATA :	01/04/2005	TEMPO:	Nublado		
	GPS	S:	Secchi (m):	0,3				
		W:	T°C AR:	26,9				
Hora	Prof (m)		pH	Temp. (°C)	Cond. ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	ALCALINIDADE
	SUP.	FUNDO	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.

## Março de 2005-rio Mearim

LOCAL: Mearim		GPS		DATA :	31/03/05	HORA:		TEMPO:	Nublado			
		S:		Secchi (m):	0,29							
		W:		T°C AR:	27,5	Largura (m):						
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			6,15	6,54	29,20	28,30	94,60	96,10	6,57	4,88	39,00	39,00
12:00			6,35	6,71	29,20	29,20	94,00	94,40	5,64	5,34	39,00	34,00
15:00		5,00	6,21	6,36	29,80	29,20	95,00	94,20	6,48	5,36	39,00	39,00
-		5	6,23	6,53	29,4	28,9	94,53	94,9	6,23	5,19	39	37,33

## Abril de 2005-rio Grajaú

LOCAL: Grajaú		GPS		DATA :	01/05/2005	TEMPO:	nublado	
		S:		Secchi (m):	0,2			
		W:		T°C AR:				
Hora	Prof (m)		pH	Temp. (°C)	Cond. (µS.cm <sup>-1</sup> )	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	ALCALINIDADE
	SUP.	FUNDO	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.
9:00	<b>0,0</b>		6,83	28,7	174,5	4,0100	72,0	
12:00	<b>0,0</b>		6,86	30,7	179,3	3,0200	73,0	
15:00	<b>0,0</b>		6,78	29,7	176,9	3,0400	73,0	
-	<b>0,0</b>		6,82	29,7	176,9	3,356667	72,7	

## Abril de 2005-rio Pindaré

LOCAL: Pindaré		GPS		S:	W:	DATA :	01/05/05	HORA:	TEMPO:			
Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)		
Hora	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			6,12	6,10	28,90	28,90	98,2	98,4	2,19	2,20	40,0	40,0
12:00			6,05	6,05	28,10	28,90	97,6	88,2	2,53	2,53	40,0	36,0
15:00			6,02	6,00	31,20	29,10	94,6	94,9	3,40	3,40	39,0	39,0
-			6,06	6,05	29,40	28,97	96,80	93,83	2,71	2,71	39,7	38,3

## Abril de 2005-rio Mearim

LOCAL: Mearim		GPS		S:	W:	DATA :	30/04/05	HORA:	TEMPO: limpo			
Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)		
Hora	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			6,64	7,06	28,00	28,40	129,90	11,90	5,23	4,08	45,00	46,00
12:00			6,94	6,92	28,80	28,80	112,40	113,00	3,70	3,38	46,00	46,00
15:00		5,40	6,57	7,25	28,80	28,70	112,60	113,00	3,91	3,42	46,00	46,00
-		5,4	6,71	7,07	28,53	28,63	118,3	79,3	4,28	3,62	45,66	46

## Maio de 2005-rio Grajaú

LOCAL: Grajaú		DATA : 27/05/2005		TEMPO: Ligeiramente nublado				
GPS S: W:		Secchi (m):	0,33					
		T°C AR:	33					
Hora	Prof (m)		pH	Temp. (°C)	Cond. ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	ALCALINIDADE
	SUP.	FUNDO	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.
9:00	0,0		7,21	30,3	204,0	9,01	83,0	0,0000
12:00	0,0		7,10	30,3	202,0	9,05	83,0	
15:00	0,0		7,06	30,8	196,1	9,07	82,0	
-	0,0		7,12	30,5	200,7	9,04	82,7	0

## Maio de 2005-rio Pindaré

LOCAL: Pindaré		DATA : 27/05/05		HORA:		TEMPO: aberto						
GPS S: W:		Secchi (m):	0,5									
		T°C AR:			Largura (m):							
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00					28,30	28,00	134,7	134,6			55,0	55,0
12:00					28,80	28,30	134,8	134,5			55,0	55,0
15:00					28,30	28,30	134,6	134,3			55,0	55,0
-					28,47	28,20	134,70	134,47			55,0	55,0

## Maio de 2005-rio Mearim

LOCAL: Mearim		DATA : 26/05/05		HORA:		TEMPO: limpo						
GPS S:		Secchi (m): 0,2										
GPS W:		T°C AR:		Largura (m):								
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)		
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00					29,10	29,00	123,20	126,60			52,00	52,00
12:00			7,29	7,46	29,50	29,20	123,80	125,00			51,00	52,00
15:00			6,88	7,28	29,70	28,50	128,00	129,00			53,00	52,00
-			7,085	7,37	29,43	28,9	125	126,86			52	52

## Junho de 2005-rio Grajaú

LOCAL: Grajaú		DATA : 28/jan		TEMPO: nublado				
GPS S:		Secchi (m): 0,25						
GPS W:		T°C AR: 28						
Hora	Prof (m)		pH	Temp. (°C)	Cond. ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	ALCALINIDADE
	SUP.	FUNDO	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.
9:00	<b>0,0</b>		6,46	29,9				
12:00	<b>0,0</b>		6,30	30,7				
15:00	<b>0,0</b>		6,30	31,0				

## Junho de 2005- rio Pindaré

LOCAL: Pindaré		GPS		S:	W:	DATA :	28/01/05	HORA:	TEMPO:			
Secchi (m):		T°C AR:		Largura (m):								
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00					29,00	29,00	228,0	230,0	4,28	4,06	228,0	228,0
12:00					29,10	28,90	230,0	230,0	4,35	4,16	230,0	230,0
15:00					29,80	29,70	231,0	232,0	4,34	3,92	228,0	228,0
-					29,30	29,20	229,67	230,67	4,32	4,05	228,7	228,7

## Junho de 2005-rio Mearim

LOCAL: Mearim		GPS		S:	W:	DATA :	29/01/05	HORA:	TEMPO: nublado			
Secchi (m):		T°C AR:		Largura (m):								
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			2,72	6,82	29,10	28,70	85,50	86,80	5,41		35,00	35,00
12:00			6,50	6,64	30,00	29,10	86,60	86,90	7,56		36,00	36,00
15:00					29,60	29,50	87,50	87,60	5,44		36,00	36,00
-			4,61	6,73	29,56	29,1	86,53	87,1	6,13		35,66	35,66

## Julho de 2005-rio Grajaú

LOCAL: Grajaú		DATA : 29/07/2005		TEMPO: Limpo				
GPS		S:	Secchi (m):	0,6				
		W:	T°C AR:	29				
Hora	Prof (m)		pH	Temp. (°C)	Cond. ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	ALCALINIDADE
	SUP.	FUNDO	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.
9:00	0,0		7,61	29,00	246,00	2,35	101,00	
12:00	0,0		7,20	30,00	248,00	2,40	102,00	
15:00	0,0		6,90	30,50	248,00	2,41	102,00	
-	0,0		7,27	29,0	69,4	4,04	28,0	

## Julho de 2005-rio Pindaré

LOCAL: Pindaré		DATA : 28/07/05		HORA:		TEMPO: Limpo						
GPS		S:	Secchi (m):	0,5								
		W:	T°C AR:	Largura (m):								
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			7,00		29,20		284,0		2,47		116,0	
12:00			6,80		30,00		283,0		2,50		117,0	
15:00			6,80		30,20		284,0		2,48		117,0	
-					29,80		283,67		2,48		116,7	

## Julho de 2005-rio Mearim

LOCAL: Mearim		DATA : 29/07/05		HORA:		TEMPO: Limpo						
GPS		S:		Secchi (m):		0,45						
W:		T°C AR:		Largura (m):								
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			7,10		29,0		69,5		6,40		28,0	
12:00			7,20		29,0		69,5		2,40		27,0	
15:00		1,8	7,50		29,1		69,3		3,32		29,0	

## Agosto de 2005-rio Grajaú

LOCAL: Grajaú		DATA : 04/09/2005		TEMPO: Limpo								
GPS		S:		Secchi (m):		0,65						
W:		T°C AR:		29,5								
Hora	Prof (m)		pH	Temp. (°C)	Cond. (µS.cm <sup>-1</sup> )	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	ALCALINIDADE				
	SUP.	FUNDO	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.				
9:00	0,0		7,76	29,0	339,0	4,90	284,0					
12:00	0,0		6,30	30,7	339,0	4,20	284,0					
15:00	0,0	1,6	6,30	31,0	339,0	4,20	284,0					
-	0,0	1,6	6,79	30,2	339,0	4,43	284,0					

## Agosto de 2005-rio Pindaré

LOCAL: Pindaré		DATA : 04/09/2005		HORA:		TEMPO: Limpo						
GPS		S:	Secchi (m): 0,55		T°C AR:		Largura (m):					
W:												
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00					29,00	29,00	228,0	230,0	4,28	4,06	228,0	228,0
12:00			6,80	6,79	32,00	33,00	280,0	280,0	4,80	4,50	280,0	280,0
15:00		4,0			33,00	31,00	231,0	232,0	4,34	3,92	228,0	228,0
-		4,0	6,80	6,79	31,33	31,00	246,33	247,33	4,47	4,16	245,3	245,3

## Agosto de 2005-rio Mearim

LOCAL: Mearim		DATA : 03/09/05		HORA:		TEMPO: Limpo						
GPS		S:	Secchi (m): 0,45		T°C AR:		Largura (m):					
W:												
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			7,30	7,30	31,80	31,00	96,60	111,00	2,65	2,75	51,00	58,00
12:00			7,43	7,38	31,90	31,60	94,00	120,00	4,65	4,75	50,00	64,00
15:00		1,5000	7,38	7,50	31,10	31,00	75,30	96,00	4,90	4,90	50,70	50,90
-		1,5	7,37	7,39	31,6	31,2	88,63	109	4,06	4,13	50,56	57,63

## Setembro de 2005-rio Grajaú

LOCAL: Grajaú		DATA : 01/out		TEMPO: Parcialmente nublado				
GPS S:		Secchi (m): 0,5						
W:		T°C AR: 30,7						
Hora	Prof (m)		pH	Temp. (°C)	Cond. ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	ALCALINIDADE
	SUP.	FUNDO	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.
9:00	0,0		6,84	29,6	281,0	2,75	115,0	
12:00	0,0		6,76	30,0	280,0	2,80	113,0	
15:00	0,0	0,5	6,54	30,5	280,0	2,67	115,0	
-	0,0	0,5	2,74	114,3	280,3			

## Setembro de 2005-rio Pindaré

LOCAL: Pindaré		DATA : 01/10/05		HORA:		TEMPO: Parcialmente nublado						
GPS S:		Secchi (m): 0,6										
W:		T°C AR:		Largura (m):								
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			6,52		30,50		345,0		4,01		141,0	
12:00			6,48		30,50		345,0		4,35		141,0	
15:00		1,0	6,46		31,00		342,0		4,34		141,0	
-		1,0	6,49	!	30,67		344,00		4,23		141,0	

## Setembro de 2005-rio Mearim

LOCAL: <b>Mearim</b>		DATA : 01/10/05		HORA:		TEMPO: <b>Limpo</b>						
GPS S:		Secchi (m): 0,35		T°C AR:		Largura (m):						
GPS W:												
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			7,25		30,3		73,8		2,65		30,0	
12:00			7,24		30,7		73,9		3,08		30,0	
15:00		2,2	7,25		31,5		74,4		3,24		31,0	
-		2,2	7,24	!	30,83		74,03		2,99			

## Novembro de 2005-rio Grajaú

LOCAL: <b>Grajaú</b>		DATA : 01/dez		TEMPO: <b>Limpo</b>				
GPS S:		Secchi (m): 0,45		T°C AR: 30,7				
GPS W:								
Hora	Prof (m)		pH	Temp. (°C)	Cond. (µS.cm <sup>-1</sup> )	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	ALCALINIDADE
	SUP.	FUNDO	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.
9:00	<b>0,0</b>		8,33	30,1	201,0	6,80	110,0	
12:00	<b>0,0</b>		7,30	31,0	201,0	6,45	110,0	
15:00	<b>0,0</b>	0,5	7,30	31,5	201,0	6,35	110,0	
-	<b>0,0</b>	0,5	7,64	30,9	201,0	6,53	110,0	

## Novembro de 2005-rio Pindaré

LOCAL: <b>Pindaré</b>		DATA : 01/12/05		HORA:		TEMPO: <b>Limpo</b>						
GPS S:		Secchi (m): 0,35										
W:		T°C AR:		Largura (m):								
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			6,62		29,00		406,0		6,56			
12:00			6,23		30,00		406,0		6,15			
15:00		1,0	6,15		30,50		406,0		6,20			
-		1,0	6,33		29,83		406,00		6,30			

## Novembro de 2005-rio Mearim

LOCAL: <b>Mearim</b>		DATA : 02/12/05		HORA:		TEMPO: <b>Limpo</b>						
GPS S:		Secchi (m): 0,25										
W:		T°C AR:		Largura (m):								
Hora	Prof (m)		pH		Temp. (°C)		Cond. (µS.cm-1)		OD (mg.L-1)		TDS (mg.L-1)	
	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO	SUP.	FUNDO
9:00			7,80		30,8		87,0		5,00		44,00	
12:00			7,68		31,2		87,0		4,96		43,00	
15:00		1,8	7,60		31,5		87,0		4,96		44,00	

## ANEXOS

64	33380000	01/05/2005	357	170		3	20	354	199	182
65	33380000	01/06/2005	176	95		1		175	112	107
66	33380000	01/07/2005	98	59	76	1		98	74	71
70	33380000	01/11/2005	32	25	27	29	18		26	306

34

166 187 202 195 171

37 39 41 51 56

65 70 72 75 78

258 258

389 385 379 37 370

290 272 284 323

218 211 198 189 181

95 95 98 98

63 60 60 60 59

26 28 32 32

Fonte: <http://www.Ana.gov.br>.

Data	
	01/01/2
	01/02/2
	01/03/2
	01/04/2
	01/05/2
	01/06
	01/07
	01/08
	01/09
	01/10
	01/11
	01/12
	01/13
	01/14
	01/15
	01/16
	01/17
	01/18
	01/19
	01/20
	01/21
	01/22
	01/23
	01/24
	01/25
	01/26
	01/27
	01/28
	01/29
	01/30
	01/31
	01/32
	01/33
	01/34
	01/35
	01/36
	01/37
	01/38
	01/39
	01/40
	01/41
	01/42
	01/43
	01/44
	01/45
	01/46
	01/47
	01/48
	01/49
	01/50
	01/51
	01/52
	01/53
	01/54
	01/55
	01/56
	01/57
	01/58
	01/59
	01/60
	01/61
	01/62
	01/63
	01/64
	01/65
	01/66
	01/67
	01/68
	01/69
	01/70
	01/71
	01/72
	01/73
	01/74
	01/75
	01/76
	01/77
	01/78
	01/79
	01/80
	01/81
	01/82
	01/83
	01/84
	01/85
	01/86
	01/87
	01/88
	01/89
	01/90
	01/91
	01/92
	01/93
	01/94
	01/95
	01/96
	01/97
	01/98
	01/99
	01/100

39	33190000	01/101
----	----------	--------

		01/02/2005	456	245	3344	25	332900009	287	264	341	450	450			
15	33290000	01/03/2005	504	272	385	29	10	443	320	362	489	499	504	499	491
17	<del>33290000</del>	<del>01/05/2005</del>	<del>559</del>	<del>334</del>	<del>468</del>	<del>9</del>	<del>30</del>	<del>498</del>	<del>465</del>	<del>277</del>	<del>389</del>	<del>379</del>	<del>394</del>	<del>356</del>	251
18	33290000	01/06/2005	247	170	196	1	30	245	188	186	182	184	180	170	
19	33290000	01/07/2005	162	141	151	1	15	162	141	143	152	152	150	150	150

Descarga Líquida (m³/s) na Estação de Bacabal										
Código	EstacaoCodigo	Data	Máxima	Mínima	Media	Vazao01	Vazao02	Vazao03	Vazao04	Vazao05
1	33290000	01/01/2004	258,0595	50,01968	113,9531	51,4048	51,4048	51,05745	210,4218	258,0595
2	33290000	01/02/2004	401,2947	262,4836	364,7645	263,2234	266,933	273,6543	378,4762	
3	33290000	01/03/2004	406,4265	278,9208	347,2383	377,6398	375,5514	370,9709	288,7911	298,7767
4	33290000	01/04/2004	341,4621	271,4076	302,8639	299,9362	297,233	291,4683	298,7767	
5	33290000	01/05/2004	303,424	82,96031	176,2919	298,7767	302,6477	296,4622	84,57265	82,96031
6	33290000	01/06/2004	82,15767	54,2091	64,26363	82,15767	80,5595	78,57522	54,2091	
7	33290000	01/07/2004	54,2091	45,5982	49,97477	54,2091	53,5038	52,80132	50,36488	45,93389
8	33290000	01/08/2004	54,2091	44,26291	48,67657	45,26325	44,5956	44,92905	53,15221	54,2091
9	33290000	01/09/2004	57,7771	40,65358	51,27548	54,91718	55,62803	54,56279	54,56279	
10	33290000	01/10/2004	63,62664	49,67519	55,95697	53,15221	52,45112	51,75286	61,78037	63,25607
11	33290000	01/11/2004	70,40736	65,11545	68,47945	65,11545	66,99104	68,50305	68,88264	
12	33290000	01/12/2004	86,60122	71,94214	76,60217	71,94214	74,65195	75,82253	76,60598	86,60122
13	33290000	01/01/2005	137,9546	77,39186	94,84118	84,57265	82,55869	84,57265	125,02	109,8439
14	33290000	01/02/2005	184,0678	86,60122	126,6819	104,2007	98,6485	96,5377		
15	33290000	01/03/2005	209,7359	97,80252	150,3164	177,4543	169,9151	156,1107	209,7359	202,2318
16	33290000	01/04/2005	215,244	142,6664	184,4308	205,9261	203,2853	208,3664	143,6145	
17	33290000	01/05/2005	242,0569	82,15767	145,1254	156,5976	177,4543	190,237	94,44079	89,05462
18	33290000	01/06/2005	87,41672	57,7771	67,56949	86,60122	83,7653	80,95815	61,41309	
19	33290000	01/07/2005	54,91718	47,62349	51,18111	54,91718	54,91718	54,91718	50,71081	50,71081
20	33290000	01/08/2005	50,71081	47,28409	48,42843	50,71081	50,71081	50,01968	47,28409	47,28409
21	33290000	01/09/2005	47,96362	45,93389	46,91297	47,28409	47,28409	47,28409	45,93389	
22	33290000	01/11/2005	53,5038	43,93096	45,94523	44,92905	44,92905	44,5956	50,01968	
23	33290000	01/10/2005	47,28409	43,93096	45,76511	45,93389	46,27033	46,27033	44,5956	44,5956

Descarga Líquida (m³/s) na Estação de Pindaré Mirim										
Código	EstacaoCodigo	Data	Maxima	Mínima	Media	Vaza01	Vazao02	Vazao03	Vazao04	Vazao05
1	33190000	01/11/2005	39,59771	28,35998	30,05442	28,99099	28,99099	28,67467	36,35928	156,2079
2	33190000	01/01/2004	376,5404	54,26049	178,6779	78,47551	107,4046	109,7596	353,6819	374,4347
3	33190000	01/02/2004	1194,269	382,8908	785,4686	383,9541	389,291	401,1536	1191,471	
4	33190000	01/03/2004	1576,182	779,6552	1191,215	1245,124	1320,24	1349,65	788,9429	824,2062
5	33190000	01/04/2004	949,196	765,8154	865,6782	838,5032	845,6926	838,5032	941,6272	
6	33190000	01/05/2004	909,1404	321,6334	524,9822	894,3177	826,5815	763,5195	340,9932	323,5946
7	33190000	01/06/2004	323,5946	210,2363	262,033	320,6548	323,5946	323,5946	215,0762	
8	33190000	01/07/2004	207,8357	130,7389	167,9688	207,0384	203,8634	200,7115	139,213	130,7389
9	33190000	01/08/2004	127,5461	52,57148	71,7511	125,0185	115,1456	107,4046	52,99139	52,57148
10	33190000	01/09/2004	52,15314	41,45266	46,57474	52,15314	51,73637	50,90752	41,45266	
11	33190000	01/10/2004	63,07956	32,91327	41,23805	41,07849	41,07849	41,45266	60,81653	56,40691
12	33190000	01/11/2004	55,54366	32,57752	38,53215	55,54366	54,68665	54,26049	32,57752	
13	33190000	01/12/2004	58,59228	43,73104	46,96791	58,59228	57,27639	53,41286	44,11632	44,11632
14	33190000	01/01/2005	135,2709	38,86688	76,27837	44,89162	48,45865	50,08495	133,3197	128,1817
15	33190000	01/02/2005	299,4815	104,4946	179,8047	126,912	124,3903	115,1456		
16	33190000	01/03/2005	474,6964	301,3783	373,4883	301,3783	305,1888	310,9466	438,1943	474,6964
17	33190000	01/04/2005	720,4805	391,4354	544,3477	563,5375	654,794	676,3793	423,9578	
18	33190000	01/05/2005	633,5204	294,7639	412,1044	423,9578	493,4328	543,6494	300,4292	297,5902
19	33190000	01/06/2005	291,0152	121,8923	177,3817	289,1492	278,9872	268,9956	122,5146	
20	33190000	01/07/2005	122,5146	52,99139	82,28651	122,5146	121,8923	119,4181	55,9745	53,41286
21	33190000	01/08/2005	52,57148	38,14243	44,39186	52,57148	51,73637	50,90752	38,86688	38,14243
22	33190000	01/09/2005	38,14243	32,24338	34,77897	38,14243	38,14243	37,7826	32,57752	
23	33190000	01/10/2005	32,24338	29,30894	30,97861	31,57996	31,57996	31,25067	29,94969	29,30894
24	33190000	01/12/2005	159,0121	40,33492	61,50341	40,70591	41,82843	44,50318	113,9382	

Fonte: <http://www.Ana.gov.br>.

Qualidade da Água- rios Grajaú, Pindaré e Mearim												
EstacaoCodigo	Data	Hora	NumMedicao	PosHorizColeta	PosVertColeta	Choveu	Profund	TempAr	Temp	pH	Cond Eletrica	Desc Liquida
33290000	24/09/2004	11:28:00	226	2	5	0	0,5	29	30,4	6,27	83,6	59,757

			queda (m³/s) na Estação				Vazão05			
			Minima	Med						
Data										
		01/01/2004	3,951854	28,0			89	195,0116		
		01/02/2004	179,862	28,0			17			
		01/03/2004	250,7867	35,0			01	324,3373		
		01/04/2004	148,711	310,0	35	329,5111	321,4130	306,1892	100,4173	
		01/05/2004	43,23615	99,0	11	139,5979	126,3555	120,6371	46,6028	43,23615
		01/06/2004	24,05405	33,0	59	41,82372	40,89234	40,42974	24,81189	
		01/07/2004	14,13873	18,8	91	24,05405	24,05405	24,05405	14,75559	14,13873
		01/08/2004	8,308244	10,0	45	13,23292	12,64217	12,64217	8,810717	8,308244
		01/09/2004	5,756907	7,30	07	8,308244	8,308244	8,308244	6,416258	
10	33380000	01/10/2004	4,329887	5,20	09	5,33304	5,543386	5,543386	6,193367	9,849977
11	33380000	01/11/2004	4,721317	5,50	88	9,849977	8,810717	8,06136	5,543386	
12	33380000	01/12/2004	5,33304	9,10	56	6,871243	7,817403	7,338349	14,44587	16,34246
13	33380000	01/01/2005	16,99486	31,0	21	18,32948	20,05281	22,93463	73,41896	56,231
14	33380000	01/02/2005	44,18795	71,8	25	49,0677	46,6028	48,07577		

1 0 0 0  
 1 0  
 7 4

1 2 7  
 6 5 4 3  
 5 4 3 2 1

1

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)