

## TRANSPORTE DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E SESTON EM TRÊS RIOS PRÉ-AMAZÔNICOS (ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL)

### NITROGEN, PHOSPHORUS AND SESTON TRANSPORT BY THREE PRE-AMAZONIAN RIVERS, MARANHÃO STATE, BRAZIL

Marcelo Luiz Martins POMPÊO\*  
Viviane MOSCHINI-CARLOS\*  
Claudionor Gomes SILVA-FILHO\*

#### RESUMO

As bacias hidrográficas dos rios Pindaré, Mearim e Itapecuru estão contidas na área física do Estado do Maranhão, representando mais de 50% da área do Estado. O objetivo deste trabalho foi determinar preliminarmente os transportes de seston, nitrogênio total e fósforo total por estes rios. Para cada rio foram tomadas amostras de água superficial em três unidades amostrais com intervalo trimestral (novembro/1996 a agosto/1998). Os rios apresentaram semelhante variação sazonal da temperatura da água (29,0 a 32,7° C). O teor de oxigênio dissolvido variou de 0,78 a 8,35 mg/L. A maior condutividade elétrica foi verificada no rio Pindaré (153 a 410mS/cm) e a menor no rio Itapecuru (40 a 90mS/cm). O pH variou de 6,1 a 7,6. As cargas variaram de 346,07 a 528,38t/dia (seston), 2,43 a 3,64t/dia (nitrogênio total), 393,71 a 623,71kg/dia (fósforo total). Os fluxos variaram de 2,27 a 6,52t/km<sup>2</sup>/ano (seston), 17,78 a 45,04kg/km<sup>2</sup>/ano (nitrogênio total), 2,89 a 6,35kg/km<sup>2</sup>/ano (fósforo total). Os dados sugerem que isoladamente o rio Pindaré é quem mais contribui com seston, nitrogênio total e fósforo total para as baías de São Marcos e São José. O rio Mearim, após receber as águas do rio Pindaré, transporta cerca de 3 vezes mais seston, nitrogênio total e fósforo total do que o rio Itapecuru.

**Palavras-chave:** carga, fluxo, rios, seston, nutriente.

#### ABSTRACT

*The watershed of the Pindaré, Mearim and Itapecuru rivers is located in Maranhão State, encompassing more than 50 % of its area. The objective of this work is preliminary to determine the seston and total nitrogen and total phosphorus contents transported by these rivers. For each river samples of the superficial water with three units where taken at three-month intervals (November/1996 to August/1998). The rivers presented similar seasonal variations of temperature (29.0 to 32.7° C). The dissolved oxygen ranged from 0.78 to 8.35mg/l. The highest electric conductivity was verified in the Pindaré*

---

(\*) Endereço para correspondência: Universidade de São Paulo, IB — Depto de Ecologia, Rua do Matão, Travessa 14, 321, São Paulo, SP, Brasil, 0508-900.

*River (153 to 410mS/cm) and the smallest ones in the Itapecuru River (40 to 90mS/cm). The pH ranged from 6.1 to 7.6. The load ranged from 346.07 to 528.38ton/day (seston), 2.43 to 3.64ton/day (total nitrogen), 393.71 to 623.71kg/day (total phosphorus). The fluxes ranged from 2.27 to 6.52 ton/km<sup>2</sup>/year (seston), 17.78 to 45.04kg/km<sup>2</sup>/year (total nitrogen), 2.89 to 6.35kg/km<sup>2</sup>/year (total phosphorus). The data suggest that separately the Pindaré River is the one which contributes more with seston and total nitrogen and phosphorus to the São Marcos and São José Bays. The Mearim River, after receiving the waters of the Pindaré River, transports about 3 times more seston, total nitrogen and total phosphorus than the river Itapecuru.*

**Key-works:** load, flux, river, seston, nutrient.

## INTRODUÇÃO

O balanço hídrico é o fator chave para a existência de águas superficiais e especialmente para a persistência de um sistema de fluxo, dependente de um abastecimento regular, diferente das águas paradas que representam hidrológicamente um sistema fechado (SCHÄFER, 1985). Os fatores principais do clima, definem as condições hidrológicas e ecológicas de um rio. As condições geomorfológicas, geológicas, edáficas e fitossociológicas também são muito importantes para o entendimento do funcionamento dos rios. Da geomorfologia depende, diretamente a dinâmica do rio; da geologia depende o efeito da força da água, modificando o próprio leito por erosão ou acumulação; do solo depende o intercâmbio hídrico e químico das águas subterrâneas, do lençol freático e da água do solo com o rio. A cobertura vegetal que, em conjunto com o relevo influi na forma de escoamento superficial e subterrâneo, define o comportamento do rio após as precipitações (SCHÄFER, 1985)

Hidrológicamente o rio é um sistema aberto, com fluxo contínuo da fonte à foz, sendo que esse vetor influi fortemente na composição das comunidades constituintes, as quais apresentam adaptações que as tornam capazes de evitar a deriva em direção à foz (HYNES, 1970; SCHÄFER, 1985; PAYNE, 1986; PÉREZ, 1992).

Segundo CARVALHO (1994), são três as principais formas de transporte de sedimentos no corpo de água: a) carga sólida de arrasto, são as partículas de sedimento que rolam ou escorregam longitudinalmente, praticamente em contato o tempo todo com o leito do rio; b) carga sólida saltante, são as partículas que pulam pelo efeito da correnteza ou devido ao impacto de outras partículas, e c) carga sólida em suspensão, as partículas que estão suportadas pelas componentes verticais das

velocidades do fluxo turbulento, enquanto estão sendo transportadas pelas componentes horizontais dessas velocidades, sendo pequenas o suficiente para permanecerem em suspensão, subindo e descendo na corrente acima do leito do rio. De acordo com esse autor, estima-se que a carga sólida em suspensão representa mais de 90% da carga sólida total. ALLAN (1997) discute que a carga de fundo representa cerca de 5-10% da carga total. Neste trabalho será considerado apenas o sedimento transportado na forma de material particulado em suspensão.

O estudo do transporte de sedimento em rio é muito importante pois é possível inferir processos de erosão na bacia hidrográfica, com perda de terras agrícolas e da fertilidade dos solos (CARVALHO, 1994). Além disso, o sedimento transportado pelos rios pode causar inúmeros problemas, tais como depósitos em locais indesejáveis, degradação da qualidade da água para usos múltiplos, particularmente para o abastecimento público, com aumento no custo de tratamento, pode atuar como portador de poluentes, como nutrientes, inseticidas, herbicidas e metais pesados, além de patógenos como vírus e bactérias, entre outros (CARVALHO, 1994).

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo determinar o transporte de seston, nitrogênio total e fósforo total nos rios Pindaré, Mearim e Itapecuru.

Para os rios e a região estudada existe pouca publicação científica (SEMATUR, 1991; ARANHA *et al.*, 1997), sendo este um trabalho preliminar visando definir abordagens futuras.

## MATERIAL

Situado na Região Nordeste a rede hidrográfica do Estado do Maranhão é formada por rios

caudalosos, típicos de planície, caracterizados por baixo declive nos trechos médio e baixo, alguns bastante meândricos, correndo em direção sul-norte (SEMATUR, 1991). Mesmo com substancial parcela da área do estado pertencente a Amazônia Legal (COSTA, 1982), a maioria dos estudos referentes aos seus ecossistemas aquáticos foram desenvolvidos nos lagos, várzeas e afluentes do rio Amazonas, sendo poucas as informações disponíveis para este estado (BARBIERI *et al.*, 1989; SEMATUR, 1991; ARANHA *et al.*, 1997).

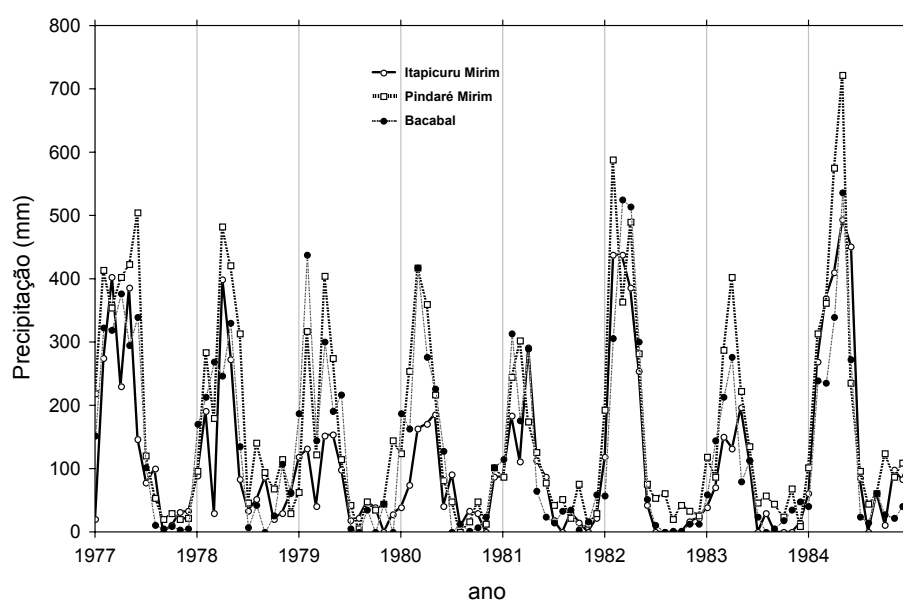
A região não apresenta o marcante déficit hídrico característico dos demais estados nordestinos. Segundo a classificação de Köppen, no Maranhão o clima é do tipo Aw, clima tropical caracterizado por temperatura média sempre superior a 18°C, e duas estações climatológicas bem marcadas, uma seca (estiagem), de junho a outubro, e outra chuvosa, de janeiro a abril, com elevação do nível da água e transbordamento dos rios (Figura 1) (LEITE, 1976).

O rio Pindaré nasce na serra do Gurupí, tem cerca de 720 km e desemboca no rio Mearim, antes da baía de São Marcos (Figura 2). Sua bacia de drenagem possui uma área de 34030 km<sup>2</sup> (SEMATUR, 1991). Dentre os diversos rios maranhenses, destaca-se como o mais piscoso e de importância para a navegação, contribuindo no abastecimento de água das cidades ribeirinhas (LEITE, 1976).

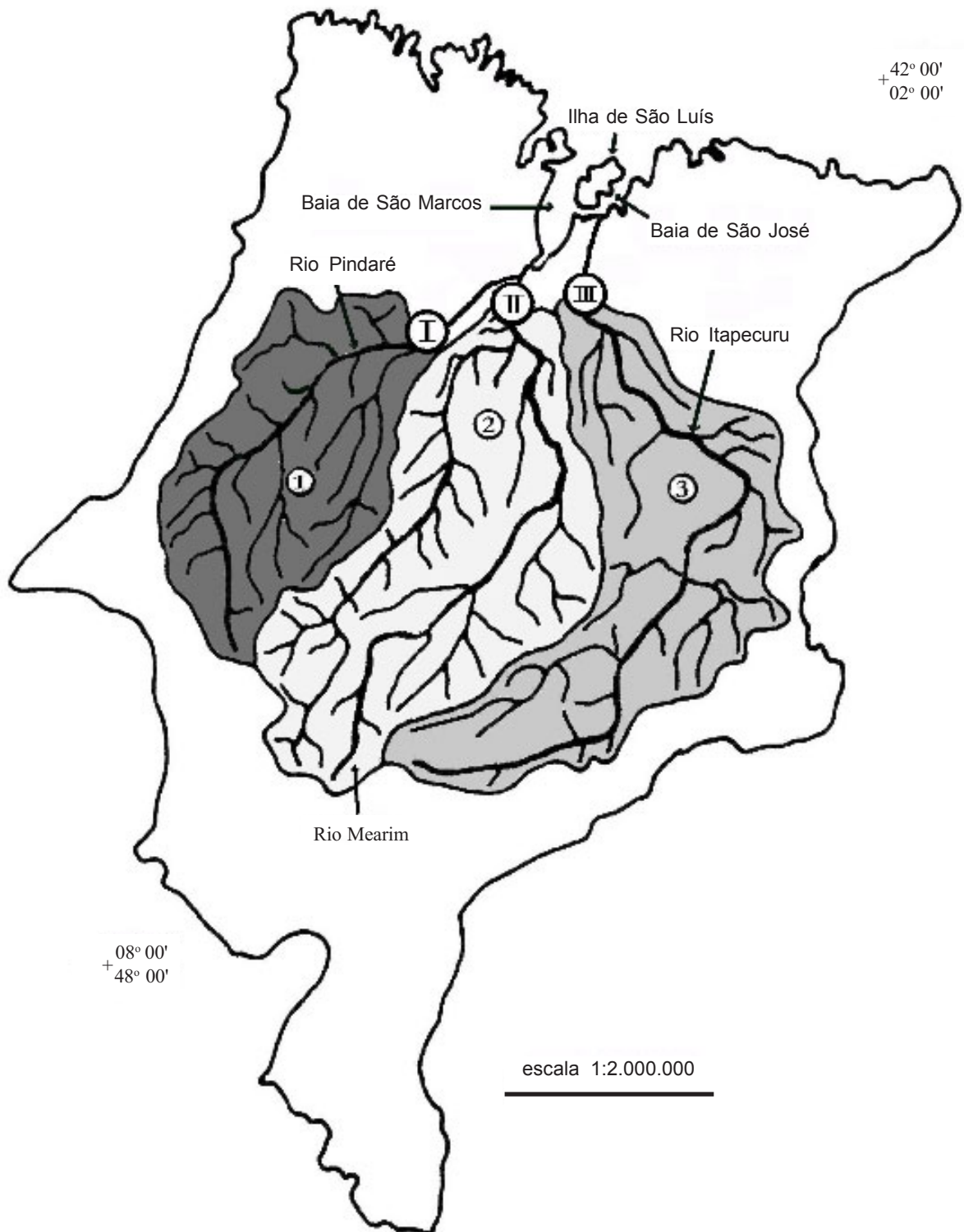
O rio Mearim é denominado de “Izu” (rio de águas pardacentas), devido a grande quantidade de seston. Possui aproximadamente 1150 km e, juntamente com o rio Pindaré, têm uma bacia hidrográfica da ordem de 97 mil km<sup>2</sup>. Face às características topográficas do Mearim, apresenta o fenômeno da pororoca e as marés chegam a atingir até 170 km da foz que, associadas ao aumento de precipitação no interior do Estado, ocasionam as cheias (SEMATUR, 1991).

O rio Itapecuru nasce nas fronteiras dos municípios de Mirador, Grajaú e São Raimundo das Mangabeiras na encosta setentrional do sistema formado pelas serras das Croeiras, Itapecuru e Alpercatas a cerca de 500 m de altitude, desaguardo no Oceano Atlântico na baía de São José, ao leste da ilha de São Luís, após percorrer 1450 km. A bacia do rio Itapecuru estende-se ao leste do Maranhão, com cerca de 52700 km<sup>2</sup> (SEMATUR, 1991).

Estes três rios destacam-se por terem suas bacias hidrográficas inteiramente dentro do Estado. Juntas, relativo à montante dos pontos de coletas deste trabalho, compreendem cerca de 43% da área total do Estado, sendo que a bacia do rio Pindaré representa 11%, a do Mearim 17% e a do Itapecuru 15%, o que demonstra sua importância para a região (Figura 2). Em conjunto com o rio Grajaú (afluente do rio Mearim), são os principais responsáveis pela drenagem da bacia do Atlântico nordeste (CUNHA & GUERRA, 1998).



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica nos postos de observações climatológicas nas cidades de Bacabal, Pindaré-Mirim e Itapecuru-Mirim, Fonte: BRASIL (1990).



**Figura 2.** Estado do Maranhão com a localização dos pontos de coletas nas bacias hidrográficas dos rios Pindaré (1), Mearim (2) e Itapecuru (3). Localidade: I - Porto dos Índios, II - Arari, III - Itapecuru.

## MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram realizadas oito coletas (11/96, 02/97, 05/97, 08/97, 11/97, 02/98, 05/98 e 08/98) de amostras de águas superficiais em um único ponto nos rios Pindaré (I - próximo da localidade denominada Porto dos Índios), Mearim (II - próximo à cidade de Arari) e Itapecuru (III - cidade de Itapecuru), todas na região central dos canais, sobre as pontes que cruzam os respectivos rios (Figura 2).

Os pontos foram escolhidos tendo como base sua distância da costa. Como o principal objetivo do trabalho foi verificar o transporte de nutrientes e sólidos do continente para a foz, o distanciamento dos pontos de coleta da zona de desembocadura dos rios reflete à necessidade de evitar a influência da cunha salina e maré mecânica. Desta forma, os dados obtidos poderão ser atribuídos principalmente à influência da bacia hidrográfica a montante do ponto de amostragem.

Em cada ponto foi coletado uma única amostra com três unidades amostrais, seguindo procedimento

adotado por HENRY (1992) e HENRY & GOUVEIA (1993). Foram analisados através de medida direta o pH (potenciômetro Digimed), a condutividade elétrica e temperatura da água (YSI modelo 33). Foram calculados os teores de oxigênio dissolvido (GOLTERMAN *et al.*, 1978), seston (WETZEL & LIKENS, 1991) e nitrogênio total e fósforo total (VALDERRAMA, 1981).

Os dados de descargas médias ( $m^3/s$ ) foram obtidos nas estações fluviométricas do DNAEE mais próximas aos pontos de amostragem (rio Pindaré: lat.  $03^{\circ}39'40''$  - long.  $45^{\circ}27'27''$ , rio Mearim: lat.  $03^{\circ}13'10''$  - long.  $44^{\circ}45'45''$ , rio Itapecuru: lat.  $03^{\circ}37'40''$  - long.  $44^{\circ}22'22''$ ). Para os totais pluviométricos mensais (mm), devido a inexistência de dados atualizados, foram utilizados as médias históricas dos anos de 1963 a 1988 para o rio Pindaré (estação: lat.  $03^{\circ}37'00''$  - long.  $45^{\circ}21'22''$ ), 1966 a 1986 para o rio Mearim (estação: lat.  $04^{\circ}14'00''$  - long.  $44^{\circ}47'47''$ ) e 1966 a 1988 para o rio Itapecuru (estação: lat.  $03^{\circ}24'00''$  - long.  $44^{\circ}21'22''$ ) (BRASIL, 1990).

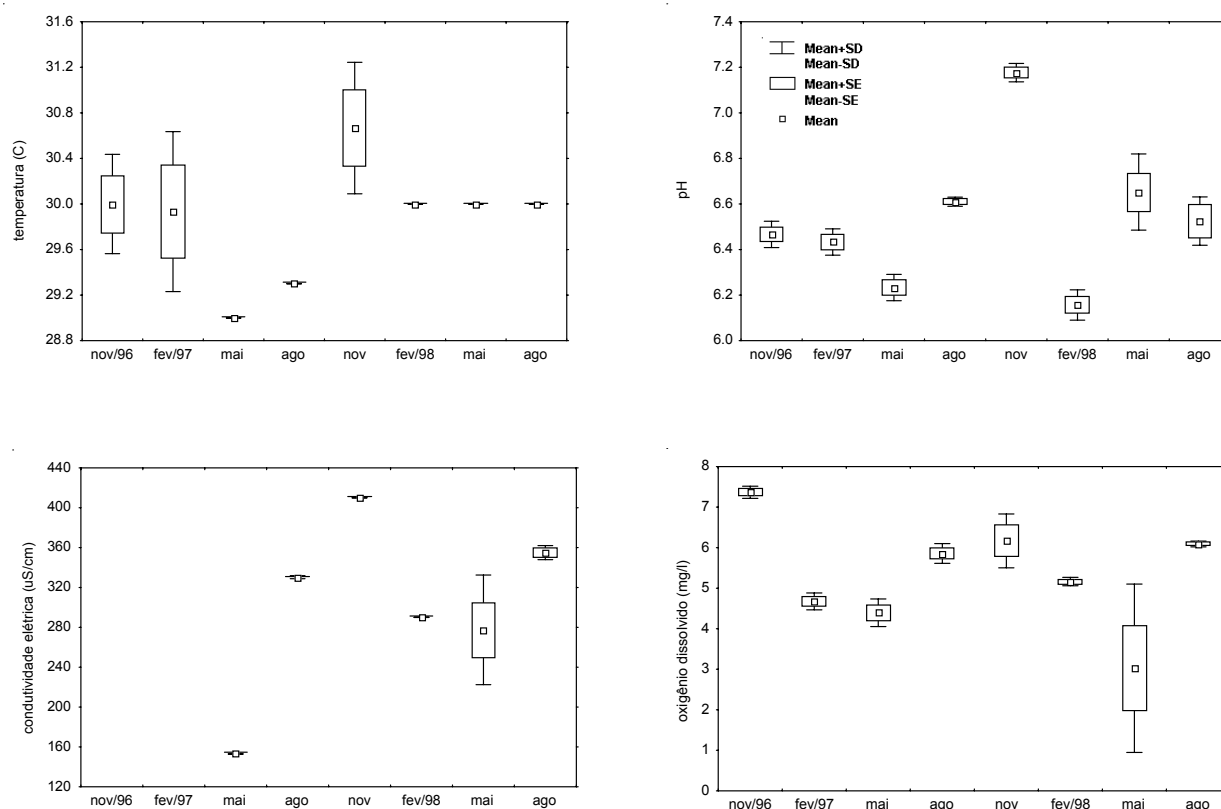


Figura 3. Variação sazonal da temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido na água superficial do rio Pindaré.

As cargas transportadas pelos rios foram calculadas pelo produto das concentrações de nutrientes e seston (médias mensais) e as vazões médias determinadas nos pontos de amostragens. Os fluxos foram obtidos através da multiplicação das respectivas cargas médias anuais dividido pelas áreas das bacias nos pontos de amostragens. O escoamento foi considerado como a razão entre a vazão total anual e a área total da respectiva bacia hidrográfica (HENRY, 1992; HENRY & GOUVEIA, 1993).

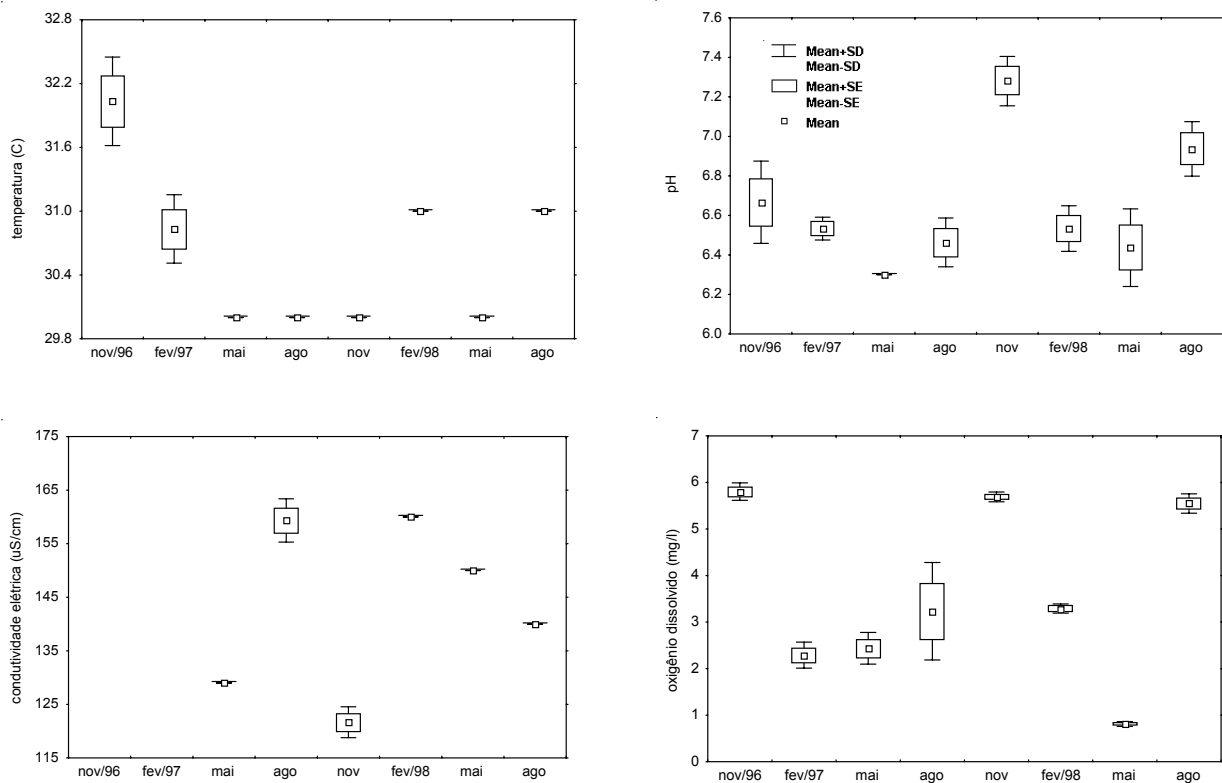
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do período estudado a temperatura da água dos rios apresentou-se sempre elevada e com pequena amplitude de variação, variando de 29,0 a 32,7 °C (Figuras 3, 4 e 5). O padrão de variação sazonal da temperatura da água sugere menores valores em maio, agosto e novembro de 1997, exceto no rio Pindaré em novembro de 1997, seguindo o padrão regional para o estado.

O pH também apresentou pequena amplitude de variação, de 6,1 a 7,6, com semelhante padrão sazonal nos rios estudados, exceto em maio/99 no rio Mearim (Figuras 3, 4 e 5).

A condutividade elétrica apresentou uma tendência sazonal de diminuição nos valores de fevereiro a novembro nos rios Mearim e Itapecuru, com variação de 40 a 410mS/cm (Figuras 3, 4 e 5). No rio Pindaré apresentou uma tendência de aumento dos valores de maio a novembro.

O teor de oxigênio dissolvido apresentou acentuada amplitude de variação (de 0,78 a 8,35mg/l) e semelhante tendência sazonal em todos os rios (Figuras 3, 4 e 5). Inicialmente foi determinado um elevado valor em novembro/96, com diminuição nos teores em fevereiro e maio/97. Em agosto e novembro/97 ocorreu uma elevação nos teores com uma tendência de diminuição em fevereiro e maio/98 e nova elevação em agosto/98. Em maio/98 foram determinados os mais baixos teores do período de estudo.



**Figura 4.** Variação sazonal da temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido na água superficial do rio Mearim.



Os teores de seston, nitrogênio total e fósforo total apresentaram elevadas amplitudes de variação nos rios Pindaré e Mearim, com amplitude de 1,66 a 247,75 $\mu\text{g/L}$ , 71,68 a 1043,50 $\mu\text{g/L}$  e 2,92 a 545,17 $\mu\text{g/L}$ , respectivamente (Figuras 6, 7 e 8). Já os valores determinados no rio Itapecuru foram mais baixos.

Para os anos de 1995, 1996 e 1997, OLIVEIRA & CALHEIROS (1998) observaram em diversas estações de coleta ao longo do rio Taquari (MS) concentrações de seston da ordem de 4,95 a 647,71 $\text{mg/L}$ , nitrogênio total de 123,1 a 491,5 $\text{mg/L}$  e fósforo total de 41,72 a 224,80 $\mu\text{g/L}$ , valores semelhantes aos encontrados nesta pesquisa. Para nitrogênio inorgânico dissolvido ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$ ) HENRY & GOUVEIA (1993) encontraram para cursos de água do alto Paranapanema (SP) valores de ordem de 58,8 a 127,3 $\text{mg/L}$ , para fósforo total dissolvido uma amplitude de 4,6 a 21,9 $\mu\text{g/L}$  e seston de 2,18 a 97,07 $\text{mg/L}$ .

Neste trabalho, no período de maiores precipitações, de acordo com a série histórica ocorre

de janeiro a abril, os dados sugerem valores mais elevados.

No rio Itapecuru, em um único ponto a jusante do local de coleta e próximo à costa, ARANHA *et al.* (1997) determinou um teor de seston da ordem de 266 $\text{mg/l}$ , valor muito superior ao encontrado nesta pesquisa, atribuído pelos autores à turbulência causada pelo maré mecânica.

Nas Tabelas. 1 e 2 são apresentados a área total das bacias estudadas e relativo aos pontos de amostragem ( $\text{km}^2$ ), a precipitação anual (valor estimado através de série histórica, em  $\text{mm}$ ), as vazões médias ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) e totais ( $\text{m}^3/\text{ano}$ ), o escoamento ( $\text{mm}/\text{ano}$ ), as cargas ( $\text{t}/\text{dia}$  e  $\text{kg}/\text{dia}$ ) e os fluxos ( $\text{t}/\text{m}^2/\text{ano}$  e  $\text{kg}/\text{m}^2/\text{ano}$ ). Através desses dados pode-se verificar que o rio Pindaré apresenta maior escoamento, elevadas cargas e maiores fluxos. Portanto, permite concluir que esse rio, comparado com os rios Itapecuru e Mearim, é quem mais contribui com seston, nitrogênio total e fósforo total para as baías de São Marcos e São José.

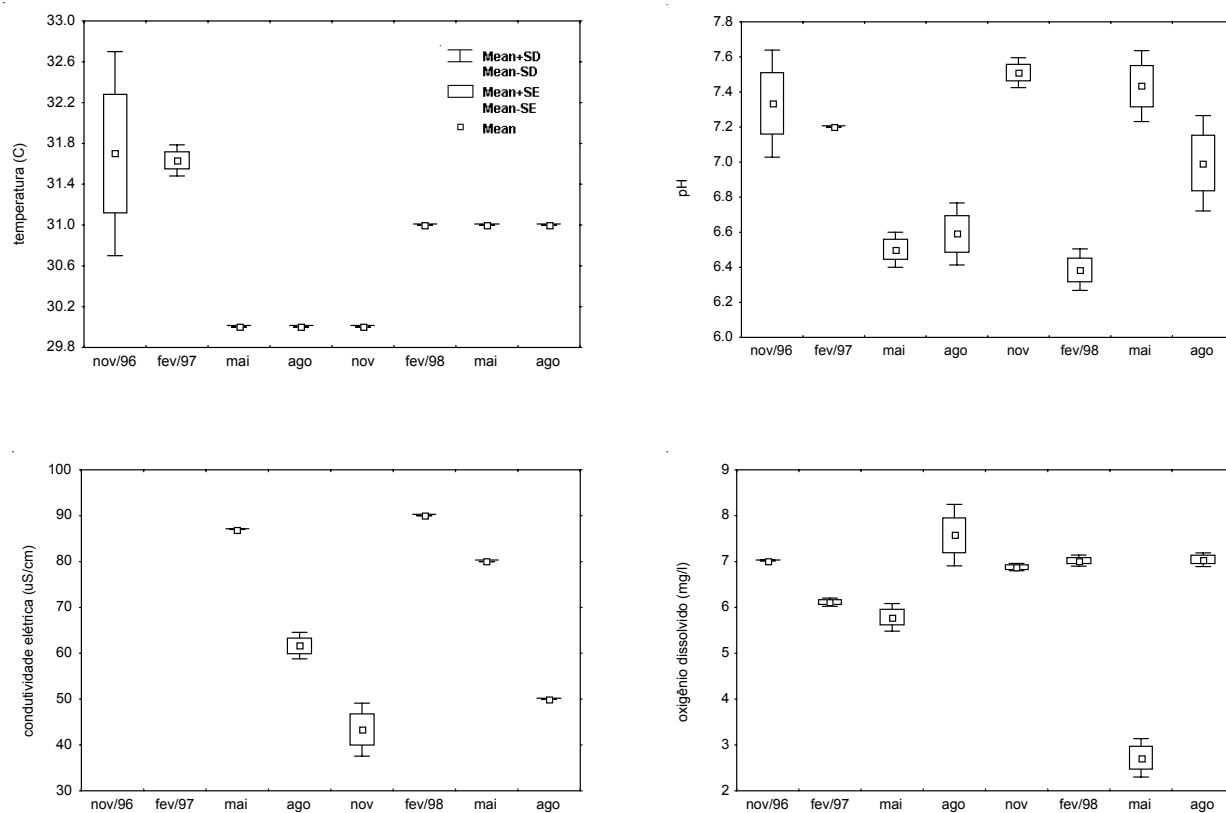
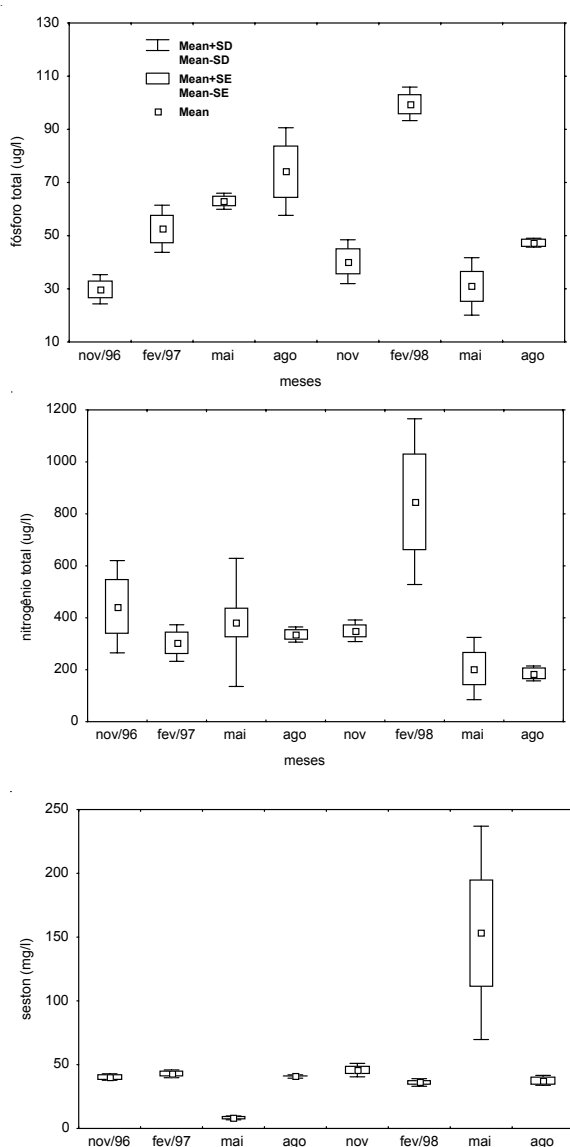


Figura 5. Variação sazonal da temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido na água superficial do rio Itapecuru.



**Figura 6.** Variação sazonal dos teores de seston e nitrogênio e fósforo totais na água superficial do rio Pindaré.

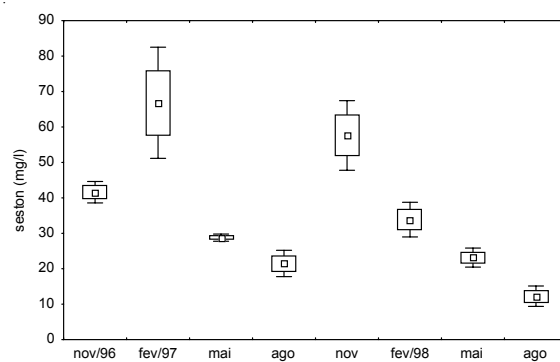
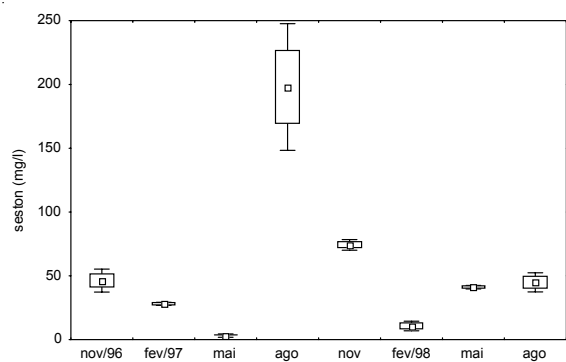
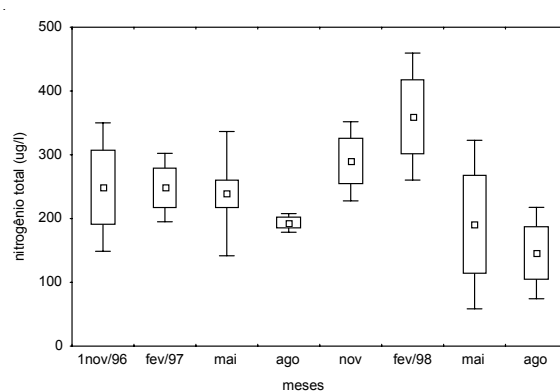
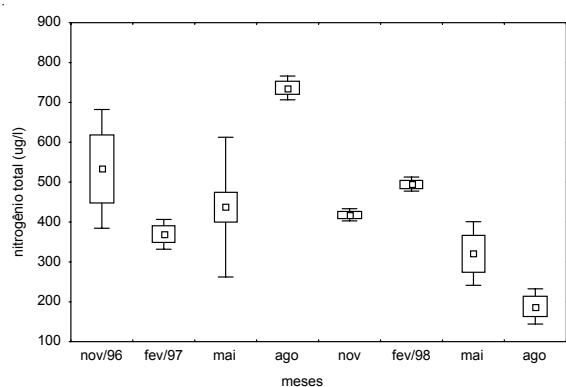
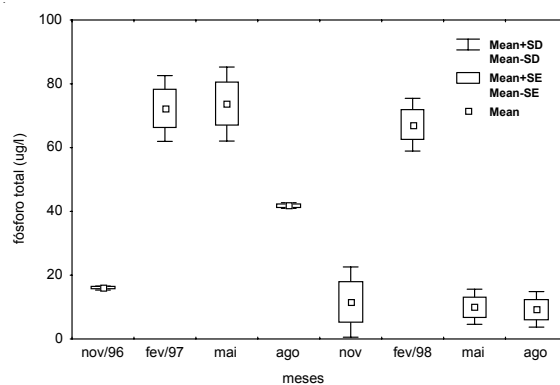
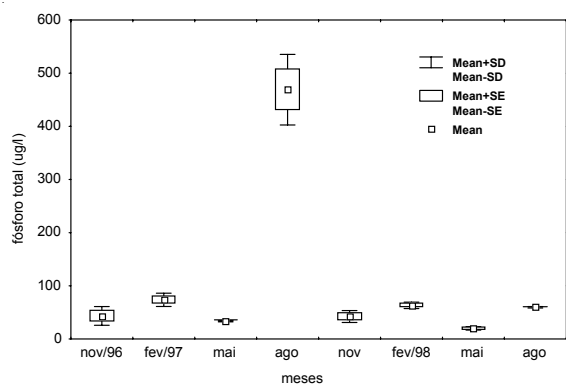
Quando comparado com as cargas de seston determinadas em várias estações no rio Taquari (MS) (OLIVEIRA & CALHEIROS, 1998), de 756 a 1701t/dia, no período de vazante, e de 3575 a 6793t/dia na enchente, os valores determinados neste trabalho são muito inferiores. OLIVEIRA & CALHEIROS (1998) determinaram uma carga de fósforo total de 0,5 t/dia (vazante e de 1,4 a 2,4t/dia (enchente) e de nitrogênio total de 0,8 a 2,5t/dia (vazante) e 2,7 a 7,9 t/dia (enchente), valores estes semelhantes aos verificados nos rios maranhenses. Os autores

discutem que as descargas de nutrientes e sólidos suspensos aumentam em média 70% no período de enchente/cheia, atribuído a entrada de material alóctone proveniente das aéreas adjacentes.

Na Figura. 9 são apresentadas as variações sazonais da precipitação total mensal (média histórica), as vazões e as cargas calculadas de seston, nitrogênio total e fósforo total para os meses de coleta nos três rios. Pode-se verificar que o rio Pindaré e Itapecuru apresentaram semelhante padrão anual, com elevação nas cargas de seston, nitrogênio total e fósforo total em fevereiro e maio, coincidindo com os períodos de elevadas precipitações e vazões, o que está de acordo com CARVALHO (1994). Esse autor discute que cerca de 70 a 90% do material particulado é transportado no período de chuvas. A falta de postos de observação climatológica com dados atualizados de precipitação pluviométrica não permite conclusões muito fechadas com os dados levantados a campo. Pretende-se, em trabalho posterior, a instalação de coletores de precipitação e o treinamento de moradores locais para diariamente efetuarem a leitura do coletor. Desta forma, será possível avaliar de forma mais precisa a influência da precipitação pluviométrica sobre o transporte de material particulado e dissolvido nos rios estudados.

O aumento do nível do mar propicia um barramento do fluxo de água do rio Mearim em direção à foz. Com a contínua elevação do nível da água ocorre um fluxo no sentido contrário, a pororoca. Em agosto/97 ocorreu a maior maré do ano (maré sizígia) e, no momento da coleta, o rio Mearim encontrava-se com fluxo em sentido inverso com ressuspensão de material presente nas margens e no leito do rio. Esse refluxo do rio é a explicação das elevadas cargas de seston, nitrogênio total e fósforo total verificados neste período. Em novembro/97 também foi observado refluxo no rio Mearim, mas de menor intensidade quando comparado com o verificado em agosto/97. Assim, o padrão sazonal apresentado pelo rio Mearim no ponto amostrado não reflete apenas a influência da cobertura vegetal e usos e ocupações da bacia hidrográfica à montante do ponto de amostragem. Segundo HENRY (1992) e HENRY & GOUVEIA (1993), o material transportado pelos rios não é inteiramente proveniente do desnudamento da porção superficial das bacias de drenagem. Outras fontes como por exemplo, precipitação seca e úmida, fixação do nitrogênio e vários resíduos de atividades antropogênicas introduzem material nas águas dos rios, o que em parte explica os valores encontrados neste trabalho.





**Figura 7.** Variação sazonal dos teores de seston e nitrogênio e fósforo totais na água superficial do rio Mearim.

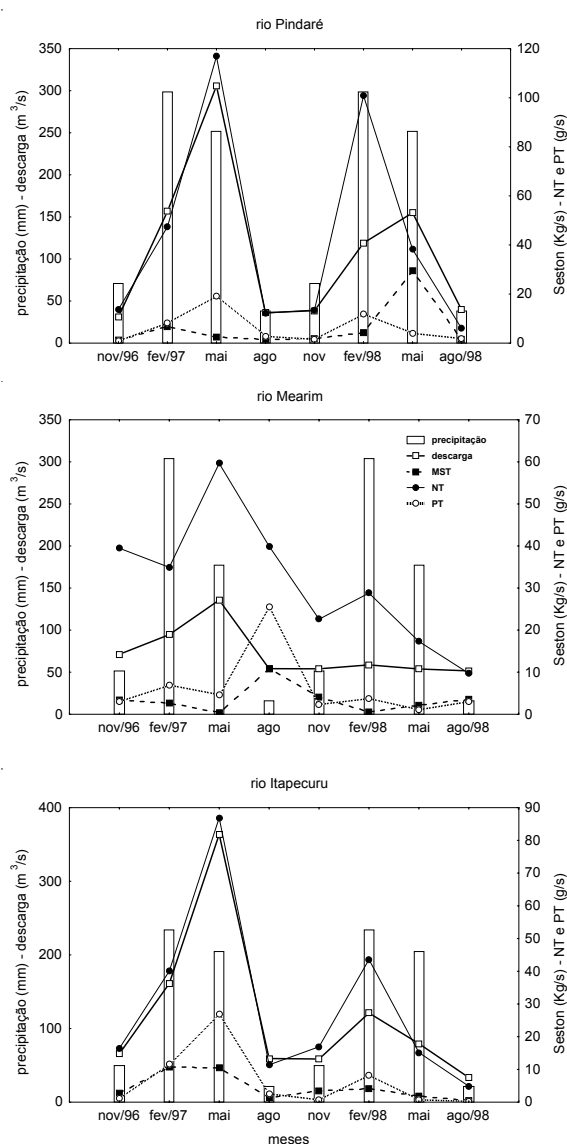
**Figura 8.** Variação sazonal dos teores de seston e nitrogênio e fósforo totais na água superficial do rio Itaipucu.

**Tabela 1.** Área total (At) da bacia hidrográfica e no ponto de amostragem (Apa), precipitação total (Pt), vazão média (Qm) e total (Qt) e escoamento (E) nos rios Pindaré, Mearim e Itaipucu.

Rios	At km <sup>2</sup>	Apa km <sup>2</sup>	Pt mm	Qm m <sup>3</sup> /s	Qt m <sup>3</sup> /ano	E mm/ano
Pindaré	34030	29576	2125,8	110,27	3,47 x 10 <sup>9</sup>	102,0
Mearim	62970	55628	1672,7	71,77	2,26 x 10 <sup>9</sup>	36,0
Itaipucu	52700	49687	1589,6	117,81	3,71 x 10 <sup>9</sup>	70,3

**Tabela 2.** Concentrações, cargas e fluxos de seston, nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) nos rios Pindaré, Mearim e Itapecuru.

Rios	concentração			carga			fluxo		
	seston mg/l	NT µg/l	PT µg/l	seston t/dia	NT t/dia	PT kg/dia	seston t/km <sup>2</sup> /ano	NT kg/km <sup>2</sup> /ano	PT kg/km <sup>2</sup> /ano
Pindaré	55,46	382,14	54,01	528,38	3,64	514,57	6,52	45,04	6,35
Mearim	55,81	437,42	100,58	346,07	2,71	623,69	2,27	17,78	4,09
Itapecuru	35,69	239,18	38,68	363,28	2,43	393,71	2,67	17,85	2,89

**Figura 9.** Variação sazonal da precipitação (mm), vazão (m<sup>3</sup>/s) e cargas de seston (kg/s) e nitrogênio (NT) e fósforo totais (PT) (g/s) nos rios Pindaré, Mearim e Itapecuru.

No ponto de amostragem, o rio Mearim sofre influência da maré mecânica e da cunha salina, o que provavelmente influencia no padrão sazonal das variáveis estudadas e na assembléia fitoplanctônica. De acordo com MOSCHINI-CARLOS (dados não publicados), a assembléia fitoplanctônica no rio Mearim no ponto de amostragem deste trabalho é composto de organismos da diatomoflora marinha, o que não é verificado nos rios Pindaré e Itapecuru.

O rio Pindaré deságua no rio Mearim e este último tem sua foz na baía de São Marcos. Conjuntamente, apresentam uma carga e fluxo respectivamente de cerca de 900t/dia e 639 t/km<sup>2</sup>/ano de seston, 6,5t/dia e 63t/km<sup>2</sup>/ano de nitrogênio total e 1,1t/dia e 10t/km<sup>2</sup>/ano de fósforo total, valores cerca de três vezes superiores aos calculados para o rio Itapecuru.

Os valores determinados por HENRY & GOUVEIA (1993), quando comparados com os dados levantados neste trabalho, são ligeiramente superiores aos valores determinados nos rios maranhenses; o fluxo, com uma amplitude de variação de cerca de 2 a 42 t/km<sup>2</sup>/ano (excluindo o valor anotado para o ponto a jusante da barragem de Jurumirim, o valor médio entre os nove pontos estudados é aproximadamente de 25t/km<sup>2</sup>/ano) é superior aos valores encontrados nesta pesquisa. HENRY (1992) determinou fluxos de seston em quatro estações localizados no Alto Paranapanema (SP) da ordem de 1,0 a 39t/km<sup>2</sup>/ano.

Os valores levantados por HENRY & GOUVEIA (1993) são superiores aos verificados neste trabalho. Para nitrogênio inorgânico dissolvido (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) esses autores encontraram uma amplitude de 73,1kg/dia a 1,96t/dia e 29,6 a 75,9t/km<sup>2</sup>/ano; para fosfato inorgânico dissolvido de 219,4 a 319,7kg/dia e 5,6 a 22,8t/km<sup>2</sup>/ano. Para o fosfato total dissolvido HENRY (1992) determinou valores de fluxo variando de 5,9 a 27,2 kg/km<sup>2</sup>/ano.

De acordo com HENRY (1992), a avaliação das cargas e fluxos anuais de nutrientes está condicionada à frequência com que as amostragens são efetuadas. Amostragens semanais proporcionarão melhor avaliação do transporte de material sólido e dissolvido e de sua variação ao longo do ano. Além do mais, no período chuvoso há necessidade de um menor espaçamento entre as coletas para um melhor detalhamento no transporte de material, já que no período chuvoso, proporcionalmente, o material é transportado em maior quantidade (CARVALHO, 1994). No entanto, os dados levantados nesta pesquisa preliminar permitem verificar que no período chuvoso ocorrem os maiores transportes de material particulado suspenso para as baías de São Marcos e São José e que o rio Pindaré contribui com as maiores cargas, fluxos e escoamento do que os rios Mearim e Itapecuru.

#### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Processos: DCR-400195/97-6, DCR-301642/95-8, APQ-2505/97 e bolsa de iniciação científica - PIBIC - para Claudionor Gomes da Silva Filho).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, J.D. 1997. *Stream ecology: structure and function of running waters*. London: Chapman & Hall, 388pg.
- ARANHA, F.J. IBAÑEZ, M.S.R. CORREIA, M.M.F. CARVALHO, I.S. & MARTINS, F.J.G. 1997. Limnology, geomorphology and aspects of the ciliar vegetation of the Itapecuru River basin (Maranhão - Brazil). *Verh. Internat. Ver. Limnol.*, 26: 857-859.
- BARBIERI, R. IBAÑEZ, M.S.R. ARANHA, F.J. CORREIA, M.M.F. REID, J.W. & TURNER, P. 1989. Plâncton, produção primária e alguns fatores físico-químicos de dois lagos da Baixada Maranhense. *Rev. Brasil. Biol.*, 49(2): 399-408.
- BRASIL, 1990. SUDENE-DPG-PRNHME, *Dados pluviométricos mensais do Nordeste - Estado do Maranhão*. Recife. 103p.
- CARVALHO, N.O. 1994. *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro: CPRM. 372p.
- COSTA, C.R. 1982. *A Baixada Maranhense*. São Luiz-MA.
- CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. 1998. *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 392p.
- GOLTERMAN, H.L. CLYMO, R.S. & OHNSTAD, M.A.M. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. 2 ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 213p. (I.B.P. Handbook, 8).
- HYNES, H.B.N. 1970. *The ecology of running waters*. Toronto: University of Toronto Press. 555p.
- HENRY, R. 1992. A exportação de nutrientes e material em suspensão em alguns cursos de água na bacia do Alto Paranapanema (Estado de São Paulo). *Acta Limnol. Brasil.*, 4: 67-79.
- HENRY, R. & GOUVEIA, L. 1993. Os fluxos de nutrientes e seston em cursos de água do Alto Paranapanema (São Paulo) - sua relação com usos do solo e morfologia das bacias de drenagem. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 65(4): 439-451.
- LEITE, A.C. 1976. *Aspectos agroindustriais do Estado do Maranhão*. São Luís: Secretaria da Agricultura do Estado do Maranhão, Departamento de Pesquisa e Experimentação. 33p.
- OLIVEIRA, M.D. & CALHEIROS, D.F. 1998. Transporte de nutrientes e sólidos suspensos na bacia do rio Taquari (Mato Grosso do Sul). *Acta Limnol. Brasil.*, 19(2): 35-45.
- PAYNE, A.I. 1986. *The ecology of tropical lakes and rivers*. New York: Wiley. 301p.
- PÉREZ, G.R. 1992. *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 529p.
- SCHÄFER, A. 1985. *Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre: Editora da Universidade. 532p.
- SEMATUR, 1991. Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Turismo *Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão*. São Luiz-MA. 193p.
- VALDERRAMA, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Marine Chemical*, 10: 109-22.
- WETZEL, R.G. & LIKENS, G.E. 1990. *Limnological analysis*. 2 ed. New York: Springer-Verlag. 391p.

