

## DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES EM UMA SUB-BACIA DO BAIXO TIETÊ (SP)

Eng. Diego Mendonça Arantes - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

Dr<sup>a</sup>. Juliana Moccellini - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

Eng. André Aukar Britschgy de Camargo - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

Eng. Júlio Issao Kuwajima - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

Prof. Dr. Frederico Fábio Mauad - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

### Abstract:

The influence of human activities on erosion process can be 100 times more significant that would be considering only the of geological features. However, the sediments production by the erosion process reduces soil fertility and productivity and may cause aquatic environment eutrophication because of the nutrients accumulation. This paper aims to present the partial results of the nutrients (nitrogen, phosphate and silicate) deposition evaluation on Cruzes river, a tributary of the right bank of the Três Irmãos reservoir, on the Water Resources Management Unit of Baixo Tietê (SP), using temporal integration traps, also known as sedimentation chambers.

Palavras-chave: nutrientes, deposição, câmaras de sedimentação.

### 1. Introdução

Nas últimas décadas, o desenvolvimento agrícola no Brasil foi caracterizado pelo uso massivo dos recursos naturais sem o devido planejamento, que provocou grandes perdas de solo por erosão e promoveu o carreamento destes materiais sólidos para os corpos de água, além de matéria orgânica e insumos agrícolas e conseqüentemente tem contribuído significativamente para o aumento da concentração de sólidos e nutrientes nos corpos de água (VANZELA et al., 2010).

A erosão do solo é considerada como um processo causador de vários problemas ao meio ambiente, sendo uma das principais fontes não pontuais (difusas) de poluição dos recursos hídricos superficiais (BRAMORSKI, 2007).

As soluções para problemas decorrentes de fontes de poluição de origem pontual, apesar de onerosas, são de fácil aplicação e apresentam resultados já comprovados. Entretanto, a poluição difusa tendo como uma de suas características a sazonalidade, principalmente quando relacionada à agricultura, e o potencial de atingir grandes áreas requer para a solução de seus problemas o manejo da bacia de drenagem como um todo por meio de tomada de ações mitigadoras bastante específicas (SIMÕES, 2001).

Para obtenção de uma produtividade agrícola a níveis considerados ótimos, muitas vezes faz-se a aplicação de fertilizantes, compostos basicamente por nitrogênio e fósforo. Estes, quando aplicados acima da capacidade de absorção pelas culturas e fora da região ótima de absorção pelas raízes, aliado a perda de partículas e produtos químicos por meio do escoamento superficial geram problemas como a contaminação e eutrofização dos recursos hídricos (SILVA e CRESTANA, 2004), sendo a erosão em áreas agrícolas considerada como uma das principais causas da perda da qualidade dos recursos hídricos nos Estados Unidos (EILERS, 2003).

Na escala de vida humana é impossível acompanhar os processos erosivos em sua totalidade (CARVALHO et al., 2000b). Por isto, os estudos sedimentológicos, assim como hidrológicos, adotam a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. No Estado de São Paulo, as bacias hidrográficas, segundo Costa (2001), estão expostas à contaminantes de origem industrial, doméstica e agrícola. A contaminação ambiental tem ocorrido de forma intencional ou acidental (MOZETO, 2001).

O simples fato de poder haver a conversão do sistema lótico para lântico é capaz de acelerar o processo de eutrofização, pois uma vez que se reduz a velocidade de escoamento da água, aumenta-se a acumulação dos nutrientes, podendo desencadear, por exemplo, o desenvolvimento de macrófitas.

Segundo Trindade (1980), *"ao se tentar descobrir, numa água natural os diferentes compostos nitrogenados que ela contém, pode-se além do nitrogênio molecular dissolvido, encontrar elementos minerais seguintes: nitratos, nitritos e amônia"*.

O nitrogênio entra em contato com os ambientes aquáticos (lagos, rios e reservatórios, por exemplo) essencialmente por dissolução e lixiviação dos solos e é reciclado infinitamente pela decomposição dos organismos que o assimilam em seu ciclo de vida, sendo indispensável ao desenvolvimento dos organismos fotossintetizadores, principalmente sob a forma de nitratos (ESTEVES, 1998), além de desempenhar o papel de fator limitante para organismos autótrofos. Num ambiente com potencial de oxi-redução baixo e ausência de oxigênio os nitratos podem ser substituídos por seus sais menos estáveis, o nitrito e a amônia.

A erosão contribui para a perda de nitrogênio do solo. De acordo com Bright (2003), as atividades humanas são responsáveis pela duplicação da quantidade de nitrogênio liberado, cerca de 350 milhões de toneladas anuais. Sendo assim, segundo Bramorski (2004), é *"evidente a importância do estudo dos*

SYSNO 3001711  
PROD 22521

ACERVO EESC

*estoques de nutrientes nas camadas sedimentares*".

A concentração de nutrientes na água e nos sedimentos varia com sua concentração no solo (DANIEL *et al.*, 1997) sendo altamente influenciada pelas adubações, cobertura e manejo do solo (SEGANFREDO *et al.*, 1997; SCHICK *et al.*, 2000). Procedimentos conservacionistas de manejo do solo tendem a reduzir as perdas de água e sedimentos, o que diminui as perdas totais de nutrientes por erosão (BERTOL, 1994; KING *et al.*, 1996; SCHICK *et al.*, 2000).

A aplicação de adubos nas lavouras, durante longo período de tempo, tende a aumentar a concentração de nitrogênio e fósforo na superfície do solo (ELTZ *et al.*, 1989; SCHICK *et al.*, 2000). Isto proporciona aumento das concentrações desses nutrientes tanto na água quanto nos sedimentos presentes na enxurrada e que por final acabam se depositando no leito dos corpos d'água da bacia de drenagem (POTE *et al.*, 1996; SCHICK *et al.*, 2000).

Experimentos realizados por Daniel *et al.* (1997) e Schick *et al.* (2000) indicaram que as concentrações de fósforo na camada superficial do solo apresentaram correlação linear e positiva com as concentrações desse elemento nos sedimentos presentes nas águas de enxurrada. Pote *et al.* (1996) também observaram que doses crescentes de fósforo aplicado no solo correlacionaram-se linear e positivamente com os conseqüentes aumentos nas concentrações do elemento na água da enxurrada, resultando em aumentos das perdas totais desse elemento na erosão hídrica.

Embora o fósforo solúvel na água represente uma pequena fração do fósforo total perdido por erosão hídrica, a forma solúvel desse elemento é mais prontamente biodisponível do que aquela ligada aos sedimentos (McISAAC *et al.*, 1995), razão esta que pode causar impacto imediato nos locais de deposição, fora do local de origem da erosão.

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados parciais da pesquisa intitulada Exportação de sólidos e nutrientes em uma sub-bacia do Baixo Tietê (SP), ainda em desenvolvimento. Os resultados apresentados neste trabalho são relacionados à avaliação das taxas de deposição de nutrientes – nitrato, nitrito, silicatos, ortofosfato e fósforo total dissolvido, desta sub-bacia em estudo.

## 2. Metodologia

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada na Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, mais precisamente na sub-bacia do Ribeirão das Cruzes, afluente da margem direita do Reservatório da UHE de Três Irmãos, no município de Santo Antônio do Aracanguá, Estado de São Paulo.

A Bacia do Baixo Tietê, corresponde a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº 19 (UGRHI 19), está localizada ao noroeste do Estado de São Paulo, seguindo o curso do Rio Tietê, estende-se desde o Reservatório de Promissão (Usina Mário L. Leão) até a confluência com o Rio Paraná, na divisa com o Estado de Mato Grosso do Sul, tendo este percurso cerca de 221 Km. A área de drenagem da bacia é de aproximadamente 15.500 Km<sup>2</sup>, nos quais estão inseridos os Reservatórios de Três Irmãos e de Nova Avanhandava. Os principais cursos de água são: o Rio Paraná e seu afluente, Ribeirão do Abrigo; Rio Tietê e seus afluentes, Ribeirão Lajeado, Ribeirão do Aracanguá, Ribeirão Macaúbas e Ribeirão Santa Bárbara (CETEC, 2001).

Limita-se ao norte com a Bacia do Rio São José dos Dourados (UGRHI 18), ao sul com a Bacia do Rio Aguapeí (UGRHI 20), a leste com a Bacia do Tietê/Batalha (UGRHI 16) e a oeste com o Rio Paraná, divisa dos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul (Figura 1).

A UGRHI 19 foi subdividida em sub-bacias segundo o método desenvolvido pelo Engenheiro Otto Pfafstetter, pelo qual conhecendo-se apenas o código de uma bacia pode-se determinar quais estão à montante e quais à jusante, independente do nível de detalhe, dando origem à Sub-Bacia do Ribeirão das Cruzes (Figura 2) (CETEC, 2001).

### 2.2. Seleção dos locais de amostragem

Com o intuito de se avaliar as taxas de exportação de nutrientes, em especial a parcela de nutrientes dissolvidos – nitrito, nitrato e ortofosfato e fósforo total dissolvido, das principais bacias de contribuição da sub-bacia do Ribeirão das Cruzes e sua respectiva exportação para o Reservatório de Três Irmãos, foi adotada uma sistemática de coleta de dados em transectos (linhas transversais ao eixo do corpo de água). Estes transectos, num total de 7, foram selecionados segundo as principais características de uso e ocupação das bacias de contribuição do Ribeirão. Na Figura 3, a seguir, estão representados os locais de coleta selecionados.





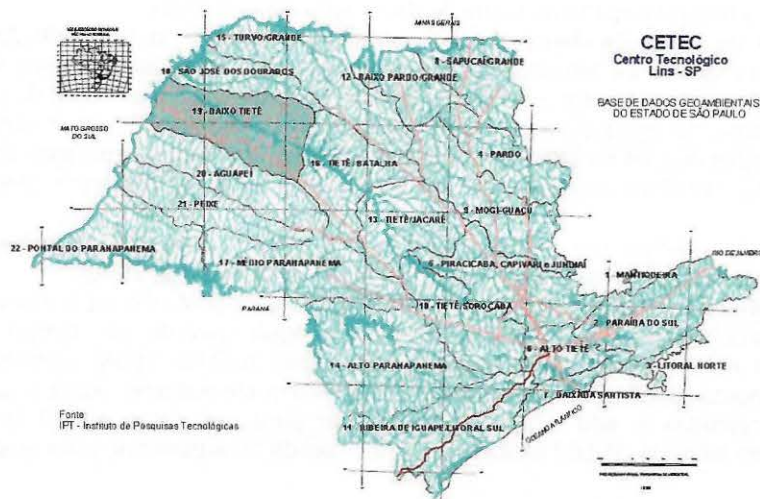


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, modificado de CETEC (2001).



Figura 2: Localização da sub-bacia do Ribeirão das Cruzes, modificado de CETEC (2001).

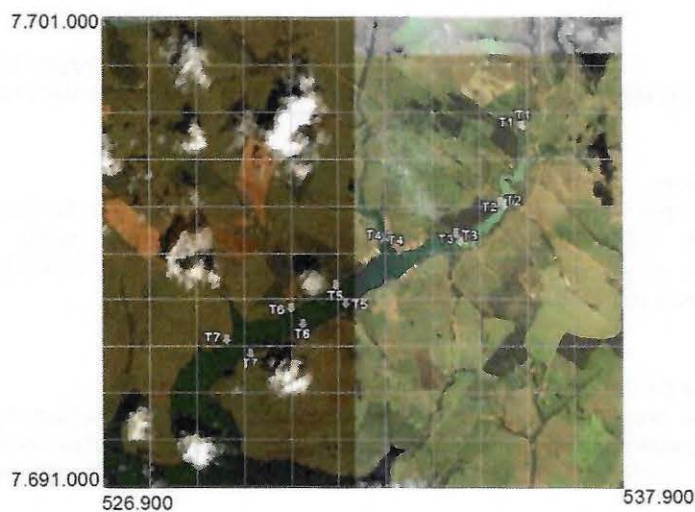


Figura 3: Localização detalhada dos transectos.

Para manter a fidelidade de amostragem, os transectos foram georreferenciados por meio de DGPS, cuja precisão é da ordem de 1,20 m. Estudos realizados pela CEMIG (1965) indicam que devido às questões práticas e econômicas, o número de verticais para quantificação da descarga sólida pode ser disposto da seguinte maneira: três verticais a  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{3}{4}$  da largura do transecto. Deste modo, cada transecto terá três pontos de amostragem, distribuídos ao longo de sua largura.

Foram realizadas coletas em janeiro de 2011, satisfazendo as coletas no período chuvoso e uma nova campanha está programa para ser realizada no mês de agosto de 2011.

### 2.3. Experimento para determinação das taxas de deposição de nutrientes

Para calcular as taxas de deposição de nutrientes ao longo do curso de água, foi utilizado um amostrador do tipo armadilha de integração temporal. Este foi confeccionado com 4 tubos de PVC, de formato cilindro, de 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento, fechados em uma das tampas, e dispostos verticalmente na coluna de água (Figura 5). Antes de serem submersos até a profundidade escolhida (procedimento de incubação), os mesmos tiveram seu volume completado com água daquela profundidade, coleta com Garrafa de Van Dorn, que, para fins de cálculo das taxas de deposição, será considerado como branco.

A eficiência da medida em águas paradas, como é o caso das amostragens em águas de reservatório, é considerada como máxima, ou seja, de 100% (LOUREIRO, 2008).

Para conhecimento da distribuição vertical das taxas de deposição de nutrientes, foram dispostos amostradores na zona eufótica e afótica da coluna de água durante um tempo de amostragem de aproximadamente 24 horas, correspondente a um ciclo diário (LEITE, 1998), entretanto a relevância da disposição destes amostradores em zonas não será debatido neste trabalho. Após o período de incubação, as câmaras foram retiradas e seu conteúdo transferido para um galão de 10 litros. O conteúdo foi homogeneizado e uma alíquota de 500 ml foi recolhida e levada ao laboratório para posterior análise.

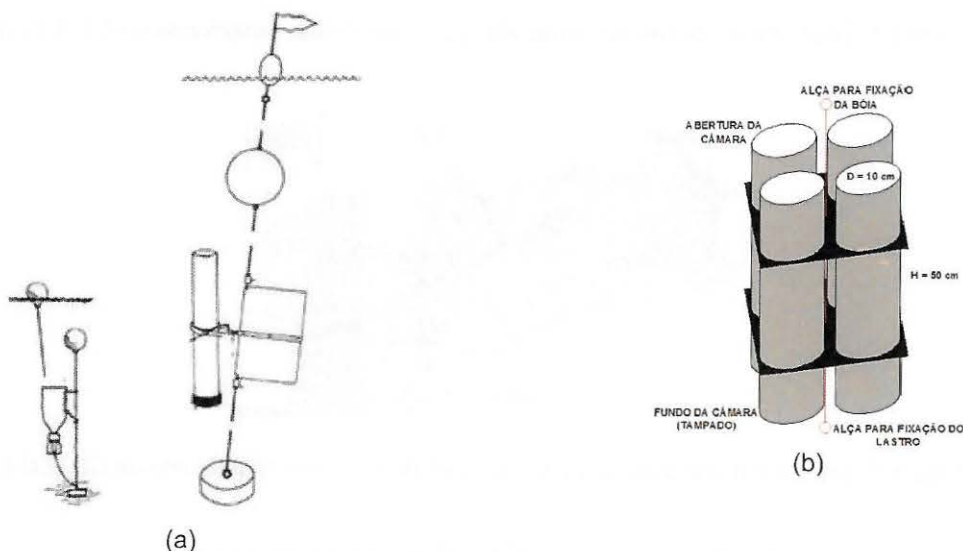


Figura 4: Amostrador de armadilha de integração temporal.  
(a) Modelo apresentado por Kraus (1987). (b) Modelo utilizado neste trabalho.

### 2.4. Análises químicas

De acordo com a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999) foram realizadas as seguintes análises: nitrito (4500-B), nitrato (4500-D), ortofosfato (4500-C, método do ácido ascórbico), fosfato total dissolvido (4500-B, digestão com persulfato de potássio) e silicatos (GOLTERMAN et al., 1978).

### 2.5. Cálculo da taxa de deposição de nutrientes

O cálculo da taxa de deposição foi estabelecido segundo as relações das características físicas das armadilhas de integração temporal, do tempo de amostragem e das concentrações de nutrientes do material retido na armadilha, conforme apresentado também por Bufon (2002) da seguinte maneira:

$$TD = \frac{(CN_{Ci} - CN_{Gi}) \cdot V_A}{A \cdot \Delta T} \quad (1)$$

Sendo:

TD a taxa de deposição [mg. cm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>];

CN<sub>C<sub>i</sub></sub> a concentração do nutriente *i* retido na câmara de sedimentação [mg.l<sup>-1</sup> ou µg.l<sup>-1</sup>];

CN<sub>G<sub>i</sub></sub> a concentração do nutriente *i* coletado no momento da incubação (branco) [mg.l<sup>-1</sup> ou µg.l<sup>-1</sup>];

V<sub>A</sub> o volume da armadilha [3,927 l];

A a área da abertura da armadilha [78,54 cm<sup>2</sup>];

ΔT o tempo de amostragem [dias].



### 3. Descobertas e discussões

As análises realizadas até o momento indicam baixas concentrações de nitrogênio (nitrito e nitrato) e elevadas concentrações de fosfato total dissolvido. Nas figuras a seguir estão representadas as concentrações dos nutrientes e suas respectivas taxas de deposição, para as análises dos transectos 1, 2, 3, 4, 5 e 7, das amostras coletadas em janeiro de 2011.

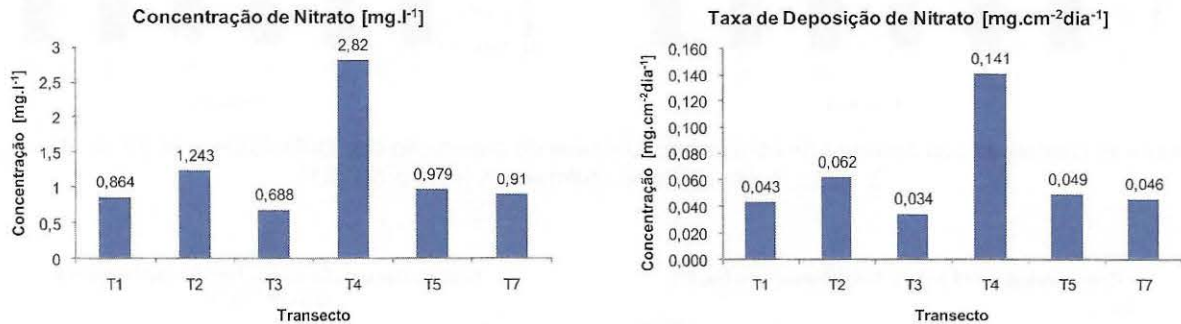


Figura 5: Resultado das análises de concentração e taxa de deposição de nitrato, dos transectos 1, 2, 3, 4, 5 e 7 das amostras coletas em janeiro de 2011.

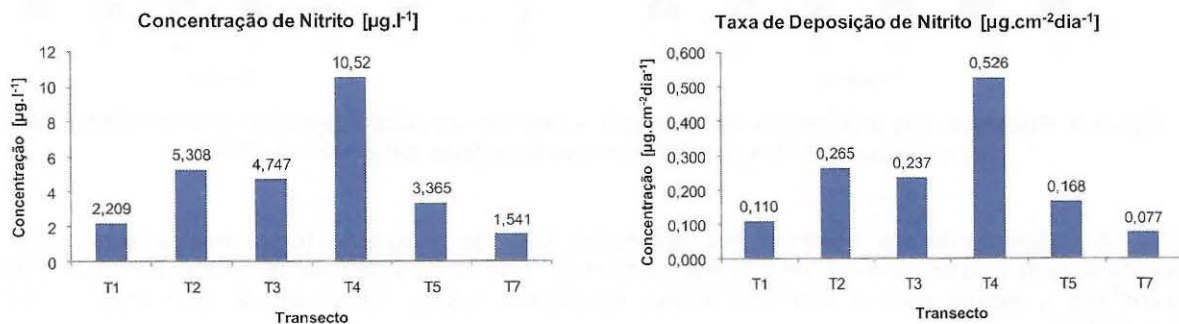


Figura 6: Resultado das análises de concentração e taxa de deposição de nitrito, dos transectos 1, 2, 3, 4, 5 e 7 das amostras coletas em janeiro de 2011.

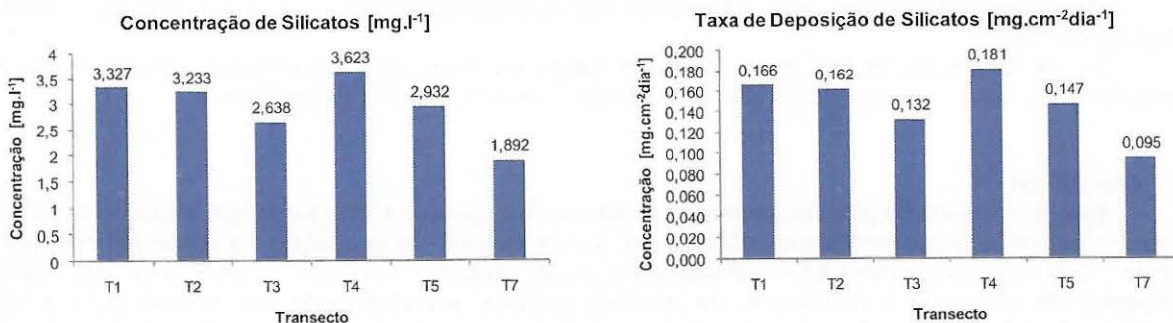


Figura 7: Resultado das análises de concentração e taxa de deposição de silicatos, dos transectos 1, 2, 3, 4, 5 e 7 das amostras coletas em janeiro de 2011.

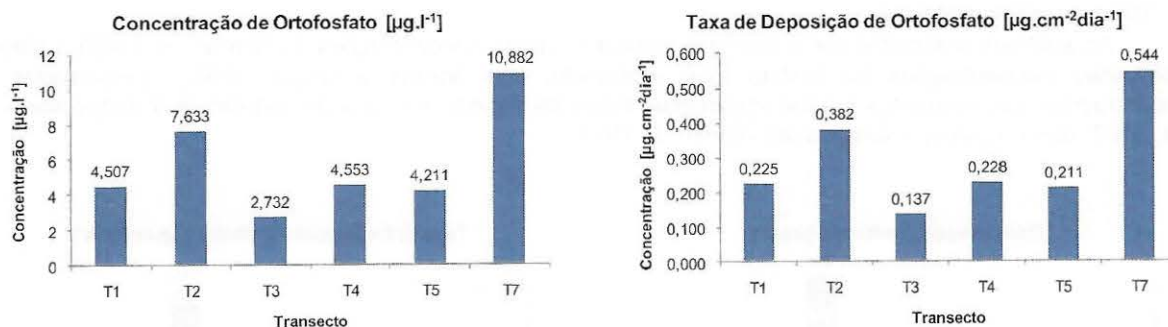


Figura 8: Resultado das análises de concentração e taxa de deposição de ortofosfatos, dos transectos 1, 2, 3, 4, 5 e 7 das amostras coletas em janeiro de 2011.

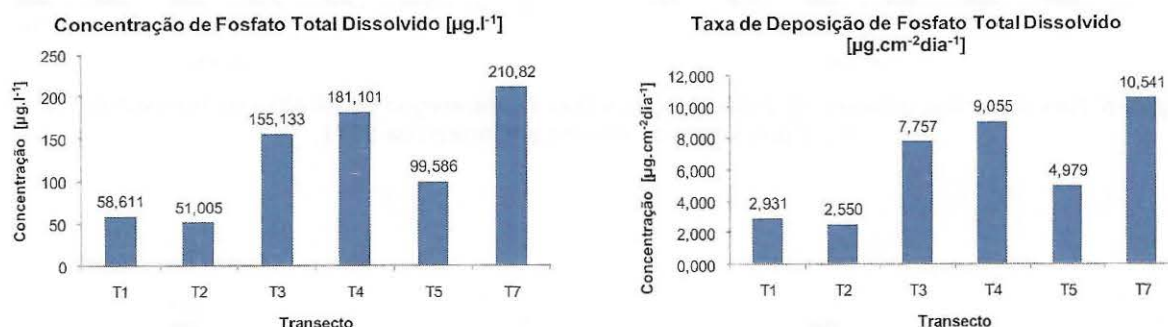


Figura 9: Resultado das análises de concentração e taxa de deposição de fosfato total dissolvido, dos transectos 1, 2, 3, 4, 5 e 7 das amostras coletas em janeiro de 2011.

A concentração de nitrato e sua respectiva taxa de deposição foram baixas para todos os transectos, com valores variando de 0,688 a 1,243  $\text{mg.l}^{-1}$  (em valores de taxa de deposição 0,034 a 0,062  $\text{mg.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ), exceto para o transecto 4 que apresentou valores na ordem de 2,82  $\text{mg.l}^{-1}$  ou 0,141  $\text{mg.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ .

O mesmo acontece para o nitrito, cujos valores variaram de 1,541 a 5,308  $\mu\text{g.l}^{-1}$  (0,077 a 0,265  $\mu\text{g.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ), exceto também pelo transecto 4 cujos valores foram de 10,52  $\mu\text{g.l}^{-1}$  ou 0,526  $\mu\text{g.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ .

A concentração de taxa de deposição de silicatos foi praticamente constante em todos os transectos, variando de 2,638 a 3,623  $\text{mg.l}^{-1}$  (0,132 a 0,181  $\text{mg.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ), com queda no transecto 7 para 1,892  $\text{mg.l}^{-1}$  ou 0,095  $\text{mg.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ .

Os teores de ortofostato apresentaram-se altos nos transectos 2 e 7, 7,633 e 10,882  $\mu\text{g.l}^{-1}$  (0,382 e 0,544  $\mu\text{g.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ).

Já os teores de fosfato total dissolvido foram os mais altos observados, principalmente nos transectos 3, 4, 5 e 7, variando de 99,586 a 210,82  $\mu\text{g.l}^{-1}$  (4,979 a 10,541  $\mu\text{g.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ).

#### 4. Conclusões

Este é ainda um projeto em andamento e futuramente possuirá uma variedade maior de dados para serem trabalhos que complementarão as análises dos processos de deposição de nutrientes na área de estudo. Contudo, estes resultados apresentados neste trabalho reforçam o paradigma dos estudos integrados de qualidade e quantidade de recursos hídricos, principalmente sua relação com o uso e ocupação do solo circundante, uma vez que os processos correntes nos mesmos são capazes de afetar significativamente os comportamento e dinâmica do ambiente aquático.

#### 5. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento desta pesquisa através do Projeto 10/51225-4.

## 6. Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20<sup>th</sup> ed. Washington, APHA, 1999.

BERTOL, I. **Perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo de solo sob rotação de culturas**. Univ. Des., 2:174-184, 1994.

BRAMORSKI, J. **Avaliação da qualidade de sedimentos dos rios Tietê e Piracicaba no compartimento de entrada do Reservatório de Barra Bonita, SP**. 2004. 135 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

BRIGHT, C. **Estado do Mundo: a impossível revolução ambiental está acontecendo**. Salvador: WWI-UMA Ed., 2003. 226 p.

BUFON, A. G. M. **Variação temporal e espacial da taxa de sedimentação e das características limnológicas na microbacia do córrego da Barrinha, no município de Pirassununga, SP**. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos) – Centros de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 180 f. 2002.

CARVALHO, N. O; FISIOLA JUNIOR, N. P; SANTOS, P. M. C; LIMA, J. E. F. W. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: Dupligráfica, 2000b. 154 p.

CEMIG. **Manual de hidrometria**. Divisão de Hidrologia Belo Horizonte, MG. 1965.

CETEC (Centro Tecnológico Lins/SP). **Situação dos recursos hídricos do Baixo Tietê – UGRHI 19**. Relatório Técnico Final. Lins, São Paulo, 2001. 261 p.

COSTA, J. B. **Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento de tributários do reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê Superior-SP)**. 2001. 281 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

DANIEL, T.C.; SHARPLEY, A.N.; EDWARDS, D.R.; WEDEPOHL, R. & LEMUNYON, J.L. **Minimizing surface water eutrophication from agriculture by phosphorus management**. J. Soil Water Conserv.,

40:30-38, 1994.

EILERS, V. H. Relatório parcial de atividades do projeto vinculado ao programa Prodoc da Capes USP/EESC/PPG-SEA/EMBRAPA, 2003.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G. e JASTER, F. **Efeitos de sistemas de preparos do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico**. R. Bras. Solo, 13:259-267, 1989.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da limnologia**. 2ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

GOLTERMAN, H. L.; CLYNO, R. S.; OHNSTAO, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh water**. 2<sup>nd</sup> ed. Handbook nº 8. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1978.

KING, K.W.; RICHARDSON, C.W. & WILLIAMS, J.R. **Simulation of sediment and nitrate loss on a Vertissol with conservation practices**. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 6:2139- 2145, 1996.

KRAUS, N. C. **Application of portable traps for obtaining point measurements of sediment transport rates in the surf zone**. Journal of Coastal Research, v. 3, n. 2, 1987, pp. 139-152.

LEITE, M. A. **Variação espacial e temporal da taxa de sedimentação no Reservatório de Salto Grande (SP) e sua influencia sobre as características limnológicas do sistema**. 1998. 170f. Dissertação (Mestrado)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

LOUREIRO, D. D. T. **Métodos atuais e novas tecnologias para o monitoramento do transporte de sedimentos em rios: necessidade de dados e incertezas envolvidas**. 2008. 91 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MOZETO, A. A. **Workshop de avaliação do projeto qualised: bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimentos-experimentos de campo e laboratório**. São Carlos: UFSCAR, 2001. 69 p.

McISAAC, G.F.; MITCHELL, J.K. & HIRSCHI, M.C. **Dissolved phosphorus concentrations in runoff from**



**simulated rainfall on corn and soybean tillage systems.** J. Soil Water Conserv., 4:383-387, 1995.

POTE, D.H.; DANIEL, T.C. & SHARPLEY, A.M. **Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff.** Soil Sci. Soc. Am. J., 60:855-859, 1996.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT Jr., A.A. & BATISTELA, O. **Erosão hídrica em Cambissolo Húmico aluminico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico.** R. Bras. Ci. Solo, 24:437-447, 2000.

SEGANFREDO, M.L.; ELTZ, F.L.F. & BRUM, A.C.R. **Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto.** R. Bras. Ci. Solo, 21:287-291, 1997.

SILVA, F. G. B e CRESTANA, S. Modelos e formulações pra análise de erosão de solos em bacias hidrográficas voltados ao planejamento ambiental. In: Ciências Ambientais: diversas abordagens para a bacia hidrográfica. São Carlos: Rima Ed. 2004.

SIMÕES, L. B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias.** Botucatu. Tese (Doutorado) – Faculdades de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista. 2001. 271 p.

TRINDADE, M. **Nutrientes em sedimentos da Represa do Lobo (Brotas-Itirapina, SP).** 1980. 291 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1980.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T. e FRANCO, R. A. M. **A influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis.** Revist. Bras. Eng. Agric. Amb, v. 14, n.1, 2010, p. 55-64.