



## **Determinação da concentração de nutrientes e avaliação de suas possíveis fontes de aporte em sedimentos do Arroio Marrecas**

**Rafael Gelain<sup>1</sup>, Márjore Antunes<sup>2</sup>, Daniela S. Adamatti<sup>3</sup>, Andreia N. Fernandes<sup>4</sup>, Marcelo Giovanela<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Universidade de Caxias do Sul (UCS) (rgelain@ucs.br);

<sup>2</sup> UCS (mantunes@ucs.br);

<sup>3</sup> UCS (dsadamat@ucs.br);

<sup>4</sup> UCS (anfernandes@ucs.br);

<sup>5</sup> UCS (mgiovan1@ucs.br)

### **Resumo**

O presente trabalho teve por objetivo determinar a concentração de nutrientes [fósforo total (PT), fósforo inorgânico (PI), fósforo orgânico (PO), carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT)], bem como avaliar as suas possíveis fontes de aporte em sete amostras de sedimento que foram coletadas na Microbacia do Arroio Marrecas (Caxias do Sul / RS), visto que a mesma está para se tornar o mais novo complexo de represamento e tratamento de águas para o abastecimento público do referido município. A determinação dos nutrientes estudados revelou que a origem de fósforo parece ser distinta das fontes de aporte de NT e COT, já que não foi observada uma boa correlação entre suas concentrações. Os nutrientes NT e COT parecem ter sua origem atrelada à decomposição de organismos aquáticos e/ou de plantas terrígenas de pequeno porte. Além disso, os sedimentos analisados apresentaram uma maior contribuição de PO no teor de PT, o que pode ser atribuído à descarga de efluentes domésticos no arroio.

Palavras-chave: Nutrientes. Sedimentos. Arroio Marrecas.

Área Temática: Recursos Hídricos.

### **Abstract**

*The objective of the present work was to determine the nutrients concentration [total phosphorus (TP), inorganic phosphorus (IP), organic phosphorus (OP), total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN)], as well as to evaluate its possible contribution sources in seven sediment samples which were collected from the Marrecas stream microbasin (Caxias do Sul/RS) since it is to become the newest complex for the catchment and treatment of water for the public municipal supply. The determination of the studied nutrients revealed that phosphorus origin seems to be distinct from the TN and TOC contribution source, as it was observed a good correlation between its concentrations. The nutrients TN and TOC seem to have its origins leashed to aquatic organisms and/or small terrigenous plants decomposition. Furthermore, the analyzed sediments showed a major contribution of OP in TP content, which can possibly be assigned to domestic wastewater discharge in the stream.*

*Key words: Nutrients. Sediments. Marrecas Stream.*

*Theme Area: Water Resources.*



## 1 Introdução

A gestão dos recursos hídricos tem se imposto como imperativo de ordem pública e econômica. Premidos por um processo de acelerada degradação dos mananciais, com repercussões sócio-ambientais agravadas pelo aumento das demandas por água, os Estados deparam-se com problemas multisetoriais exigindo medidas concretas que possam reverter um quadro de escassez de um recurso vital. O gerenciamento desses recursos implica na gestão integrada do uso, controle e conservação dos mesmos, já que sua disponibilidade é determinante no processo de desenvolvimento econômico e social de uma cidade.

A necessidade de preservação da qualidade da água deu origem à pesquisas sobre a qualidade dos sedimentos, já que, além de refletir a atual qualidade do sistema, a coluna sedimentar também reflete o desenvolvimento histórico de certos parâmetros hidrológicos e químicos (MELLO, 2006; LIMA *et al.*, 2001; LEITE, 2002). Sendo assim, sedimentos de ambientes aquáticos constituem-se num compartimento de grande importância dado o reconhecimento de que ele atua como ambiente não só de armazenamento ou acumulação de nutrientes e de contaminantes, que tem inclusive significância histórica para bacia de drenagem dos ecossistemas aquáticos e destes propriamente ditos, mas também de reprocessamento de tais materiais autóctones e alóctones e de trocas de espécies químicas com a coluna d'água e biota aquática (MOZETO e SOARES, 2006). Além disso, na interface sedimento-coluna d'água ocorre a troca de espécies (metais, contaminantes orgânicos, nutrientes) por meio de processos biológicos, físico-químicos, químicos e de transporte, no sentido do sistema de maior para o de menor concentração, resultando em um equilíbrio entre os dois compartimentos (BAUMGARTEN *et al.*, 2001).

Entre as principais causas do declínio qualitativo da qualidade da água, que pode ser influenciado pela coluna sedimentar, está o processo de eutrofização provocado pela entrada excessiva de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio (BRAGA, 2006). Esses nutrientes, provenientes de diferentes fontes, podem ser armazenados ou remobilizados para a coluna d'água a partir dos sedimentos, através dos processos citados acima ou por meio da turbulência e da hidrodinâmica do corpo hídrico, fatores estes que aumentam os intercâmbios químicos entre a água e o sedimento, principalmente em ambientes aquáticos de pouca profundidade (BAUMGARTEN *et al.*, 2001).

Com relação aos nutrientes, o fósforo desempenha uma função importante nos sistemas biológicos no que diz respeito a sua participação no metabolismo dos seres vivos, tais como no armazenamento de energia e na estruturação da membrana celular (fosfolípidios), além de atuar como fator limitante da produtividade em águas continentais (ESTEVES, 1998).

A grande fonte de reserva natural de nitrogênio vem do ar. O nitrogênio é incorporado pelos vegetais por meio de bactérias fixadoras do mesmo. O ecossistema aquático utiliza o nitrogênio na formação de proteínas, que são os componentes básicos da biomassa; a baixa concentração deste nutriente no meio pode atuar como fator limitante na produção primária da biota aquática.

O carbono também é um nutriente importante do ponto de vista ambiental, pois pode ser encontrado na constituição química de praticamente todos os organismos vivos na forma de carboidratos, lipídios e proteínas (AGEMIAN, 1997). Sendo assim, a sua quantificação auxilia na determinação das possíveis fontes de aporte de nutrientes em um corpo hídrico, através das razões molares C/N e C/P (FROEHNER e MARTINS, 2008; RUTTENBERG e GOÑI, 1997).

Dentro desse contexto, o presente trabalho teve por objetivo determinar a concentração de nutrientes [fósforo total (PT), fósforo inorgânico (PI), fósforo orgânico (PO), carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT)], bem como avaliar as suas possíveis fontes de



aporte em sete amostras de sedimento que foram coletadas na Microbacia do Arroio Marrecas (Caxias do Sul / RS), visto que a mesma está para se tornar o mais novo complexo de represamento e tratamento de águas para o abastecimento público do referido município.

## 2 Parte Experimental

### 2.1 Coleta e Processamento dos Sedimentos

A Microbacia do Arroio Marrecas está inserida na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, que por sua vez faz parte da Região Hidrográfica do Guaíba. O mapa da Figura 1 apresenta a localização da mesma no contexto regional na escala 1:100.000 e um detalhamento em escala 1:20.000. Localizada em uma área predominantemente rural, a referida microbacia possui 5.512 ha de área e faz divisa com a Bacia do Arroio Faxinal e com o Município de São Francisco de Paula. O arroio nasce próximo à localidade do Apanhador, em Caxias do Sul, e possui uma extensão de aproximadamente 15 km.

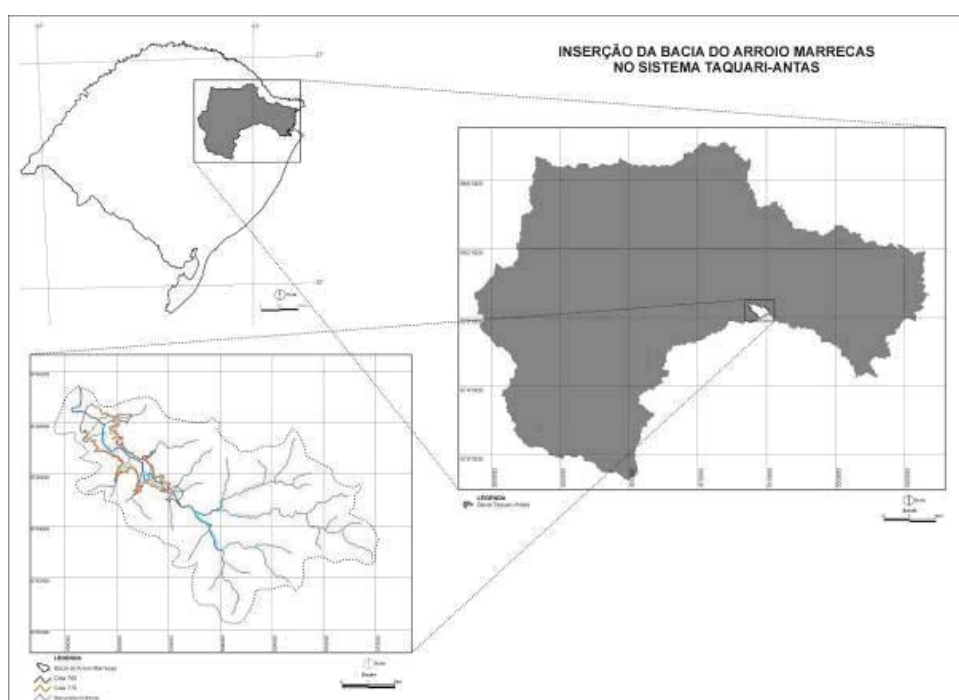


Figura 1 – Mapa da Microbacia do Arroio Marrecas, Sistema Taquari-Antas, Rio Grande do Sul

As sete amostras de sedimento estudadas foram coletadas com o auxílio de uma pá de jardim, acondicionadas em potes de polietileno previamente limpos com uma solução de Extran alcalino 15% v/v e de HNO<sub>3</sub> 50% v/v, sendo posteriormente encaminhadas para o laboratório, onde foram preservadas a -20°C, até o momento das análises. Em seguida, os sedimentos foram secos em estufa a 50°C, por 24 h, sendo moídos em gral de porcelana e peneirados através de uma malha de 63 µm de diâmetro para a separação dos finos. As coordenadas geográficas relativas aos pontos de amostragem dos sedimentos na Microbacia do Arroio Marrecas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem na Microbacia do Arroio Marrecas

Ponto de amostragem	Localização	Ponto de amostragem	Localização
1	S 29°03'33,9" / W 50°57'39,3"	5	S 29°03'06,8" / W 50°58'15,2"
2	S 29°03'31,3" / W 50°57'41,9"	6	S 29°02'57,2" / W 50°58'17,6"
3	S 29°03'20,2" / W 50°58'02,1"	7	S 29°02'52,3" / W 50°58'26,0"
4	S 29°03'19,1" / W 50°58'08,3"		



## 2.2 Determinação de Fósforo

Para se determinar a concentração de fósforo total (PT), cerca de 0,5 g de sedimento foi calcinado a 550°C por 2 h, em triplicata, a fim de converter o fósforo orgânico (PO) em ortofosfato. A separação dessa espécie ocorreu pela digestão ácida com uma solução de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Para a determinação da concentração de fósforo inorgânico (PI), fez-se a digestão ácida da amostra de sedimento, igualmente em triplicata.

Após a digestão ácida, as suspensões foram agitadas por 16 h em um agitador em orbital a 150 rpm e, em seguida, as amostras foram centrifugadas a 5500 rpm por 5 min. Ao término deste procedimento, removeram-se 3 mL do sobrenadante ácido e diluiu-se esta alíquota a um volume de 30 mL com água destilada. Em seguida, a concentração de ortofosfato foi medida em um espectrofotômetro MICRONAL B582, na região do visível ( $\lambda = 885$  nm), utilizando o reagente de cor determinado pelo método (AGEMIAN, 1997). A absorvância das soluções foi registrada após 80 min da adição de 20 mL do reagente às alíquotas das amostras previamente diluídas.

As concentrações de PT e PI nas amostras foram obtidas através de uma curva de calibração analítica para ortofosfato ( $r = 0,99945$ ). O teor de PO foi obtido por diferença ( $PO = PT - PI$ ).

## 2.3 Determinação de Carbono Orgânico Total

Para a determinação do carbono orgânico total (COT) foi utilizado o método Mebius proposto por Rheinheimer *et al.* (2008). O método consistiu na pesagem de 0,25 g de sedimento, com exceção das amostras 3 e 7, em que foram pesados 0,10 g, a fim de possibilitar a titulação do excesso de íons dicromato após a digestão dos sedimentos.

As amostras de sedimento foram misturadas com 10 mL de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,067 mol L<sup>-1</sup> e 15 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Estas misturas foram aquecidas por 30 min em bloco de digestão, previamente aquecido a 150°C, juntamente com um vidro de relógio posicionado na extremidade superior do tubo, que serve de condensador. Para cada bateria de amostras, utilizaram-se três provas em branco. O conteúdo dos tubos foi transferido para um béquer, juntamente com 80 mL de água destilada. As amostras foram então tituladas com uma solução de Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> .6H<sub>2</sub>O 0,2 mol L<sup>-1</sup> na presença do indicador ferroína, até o aparecimento de cor violeta. O percentual de COT foi determinado de acordo com o método proposto por Tedesco *et al.* (1995) e Passos (2000).

## 2.4 Determinação de Nitrogênio Total

A determinação do percentual de nitrogênio total (NT) das amostras de sedimento foi realizada diretamente em um analisador elementar CARLO ERBA 1110.

## 3 Resultados e Discussão

O reagente de cor proposto pelo método original para a determinação de fósforo em sedimentos (AGEMIAN, 1997) utiliza o antimônio tartarato de potássio meio-hidratado; no entanto, o reagente utilizado neste trabalho foi o antimônio tartarato de potássio tri-hidratado. Em função disso, o tempo da reação entre o reagente de cor e a espécie ortofosfato teve que ser previamente avaliado a fim de se encontrar o tempo reacional ótimo da mesma, antes de se realizar as medidas de absorvância. Para esta avaliação, a absorvância de uma solução padrão de ortofosfato de concentração 2 µg mL<sup>-1</sup> foi registrada a cada 10 min após a adição do reagente de cor. A Figura 2 mostra que a intensidade de cor máxima é obtida por volta de 80 min.

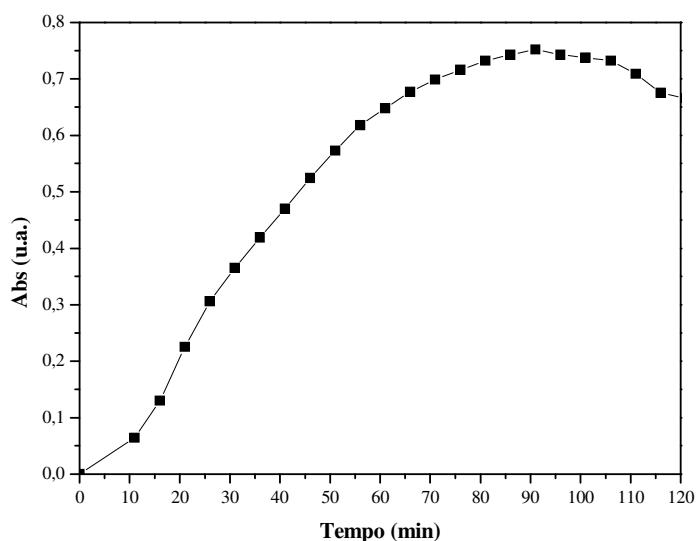


Figura 2 – Variação da absorvância do padrão de ortofosfato ( $2 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) com o reagente de cor, em função do tempo

A Tabela 2 apresenta os resultados referentes às concentrações de COT, NT, PT, PI e PO, às razões molares COT/NT, COT/PT, NT/PT, NT/PO e COT/PO, bem como o percentual da razão entre PI e PT. De acordo com os dados de concentração apresentados na Tabela 2, pode-se observar que os valores de COT variaram de 1787,48 a 7208,45  $\mu\text{mol g}^{-1}$  e os de NT variaram entre 200,35 e 373,63  $\mu\text{mol g}^{-1}$ . Já os resultados de concentração de PT ficaram compreendidos entre 15,75 e 34,96  $\mu\text{mol g}^{-1}$ , os de PI variaram entre 3,34 e 16,30  $\mu\text{mol g}^{-1}$ , enquanto que os de PO situaram-se entre 12,31 e 18,66  $\mu\text{mol g}^{-1}$ .

Segundo Froehner e Martins (2008), razões molares COT/NT têm sido utilizadas para identificar a origem da matéria orgânica (MO) presente em um dado ecossistema de estudo. Geralmente, fitoplânctons marinhos apresentam uma razão CO/PO de 106:1 ou uma razão molar CO/NO de 6,6:1 (razões de Redfield). No caso de ambientes terrestres, as plantas apresentam teores de fósforo e nitrogênio menores; sendo assim, razões CO/PO entre 300 e 1300 ou CO/NO entre 10 e 100 indicam que a MO tem origem de tecidos vegetais de plantas de pequeno porte, enquanto que razões CO/PO maiores do que 1300 ou CO/NO entre 100 e 1000, indicam que a MO é proveniente de madeiras (RUTTENBERG e GOÑI, 1997).

Tabela 2 – Concentração de nutrientes nos sedimentos amostrados e razões molares

Amostras		1	2	3	4	5	6	7
Concentração ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ )	COT	3811,54	2884,74	7208,45	3545,76	1787,48	3805,03	5974,74
	NT	237,61	200,35	327,91	223,25	221,06	253,59	373,63
	PT	28,49	18,93	22,06	15,75	20,97	28,72	34,96
	PI	14,23	3,34	8,20	3,44	7,50	15,04	16,30
	PO	14,26	15,59	13,86	12,31	13,47	13,68	18,66
Razões molares	COT/NT	16,04	14,40	21,98	15,88	8,09	15,00	15,99
	COT/PT	133,81	152,38	326,82	225,18	85,26	132,51	170,89
	NT/PT	8,34	10,58	14,87	14,18	10,54	8,83	10,69
	NT/PO	16,66	12,85	23,66	18,14	16,41	18,54	20,02
	COT/PO	267,29	185,04	520,09	288,04	132,7	278,15	320,19
%	PI/PT	49,95	17,64	37,17	21,84	35,77	52,37	46,62

Como pode ser observado na Tabela 2, apenas dois pontos de amostragem apresentaram razões COT/PO maiores do que 300, o que pode estar atrelado à contribuição de



plantas terrestres de pequeno porte. Uma das possíveis causas para que essas razões sejam baixas pode ser atribuída ao aporte de efluentes domésticos no arroio em questão.

Diferentemente de outros estudos encontrados na literatura (BARRETO *et al.*, 2007; FROEHNER e MARTINS, 2008), os sedimentos analisados neste trabalho não apresentam concentrações de NT iguais às concentrações de NO, o que pode ser evidenciado na Figura 3, uma vez que a curva não apresenta intersecção próxima à origem. Desta forma, levando-se em consideração a razão COT/NT e o fato de que o teor de NO seja menor do que NT, o ponto de amostragem 5 pode ter a origem da MO atrelada à decomposição de organismos aquáticos e/ou de plantas terrígenas de pequeno porte. Por outro lado, os demais pontos de amostragem indicam como possível fonte de MO plantas de pequeno porte, uma vez que a relação COT/NO é maior do que 10 (FROEHNER e MARTINS, 2008).

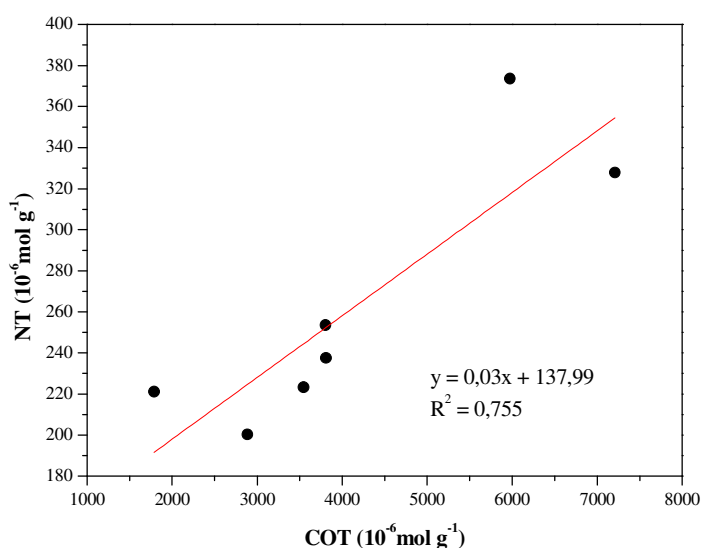


Figura 3 – Relação entre a concentração, em  $\mu\text{mol.g}^{-1}$ , de COT e NT para as amostras de sedimento da Microbacia do Arroio Marrecas

Os pontos 3 e 7 são os que apresentaram as maiores concentrações de COT e de NT. Com relação ao ponto 3, este está localizado em uma curva do arroio e é uma região de banhado, com muita vegetação em decomposição. Já com relação ao ponto de amostragem 7, este recebe contribuição de uma região de encosta utilizada para a prática de agricultura; sendo assim a declividade do local favorece a drenagem do terreno pela chuva, propiciando o carreamento de nutrientes da área de plantação para o leito do arroio. Além disso, seu leito apresenta uma vasta vegetação ciliar.

De acordo com a literatura, a fração de PI em relação a PT é de aproximadamente 60% em sedimentos sem interferências antropogênicas (MATER *et al.*, 2004). No entanto, os sedimentos analisados apresentaram uma maior contribuição de PO no teor de PT. Subramanian *et al.* (*apud* FROEHNER e MARTINS, 2008) afirmam que valores altos de PO em sedimentos de rios podem ser atribuídos à descarga de efluentes domésticos urbanos.

Entre os pontos 1 e 2 pode estar ocorrendo aporte de efluentes domésticos no arroio em decorrência da utilização da área para atividades de lazer (camping). A partir do ponto de amostragem 2 até o ponto 4, a concentração de fósforo orgânico diminui em função da provável assimilação desse nutriente por microrganismos e pela diminuição do aporte de efluentes nessa região. Em função da baixa profundidade do arroio e pelo fato de existir uma diferença na declividade entre os pontos 2 e 4, é possível que a turbulência da água favoreça a remobilização de fósforo orgânico presente nos sedimentos para a coluna d'água, o que pode auxiliar na diminuição de sua concentração na coluna sedimentar.

A partir do ponto de amostragem 5, o arroio começa a receber a água de drenagem pluvial de Vila Seca (distrito de Caxias do Sul / RS) e provavelmente os efluentes domésticos





desta localidade, além da contribuição de resíduos provenientes do aviário localizado próximo à região amostrada, o que pode estar contribuindo para o aumento da concentração de fósforo orgânico no arroio, principalmente no ponto de amostragem 7.

Segundo Wetzel (2001), para arroios, lagos pouco profundos e reservatórios com baixo tempo de residência (menor do que seis meses), as razões COT/PO devem ser menores do que 350 e as razões NO/PO devem ser menores do que 26. Sendo assim, apesar de o arroio em questão estar recebendo aporte de efluentes domésticos, a região parece não apresentar alta contaminação por fósforo, o que poderia acarretar na eutrofização do mesmo a médio ou longo prazo.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, é possível verificar que não existe uma boa correlação entre os teores de NT e qualquer uma das frações de P, bem como entre os teores de COT e qualquer uma das espécies de P ( $r < 0,800$ ), o que pode indicar que a fonte de aporte desses nutrientes sejam distintas, já que a decomposição da biota aquática e terrestre libera nutrientes em proporções relativamente estequiométricas (FROEHNER e MARTINS, 2008). No entanto, o mesmo não ocorre para a razão molar COT/NT, já que esta apresenta uma boa correlação ( $r = 0,880$ ), o que pode ser atribuído, possivelmente, à origem desses nutrientes ser semelhante.

Tabela 3 – Coeficientes de correlação entre as diferentes concentrações de nutrientes para os sedimentos amostrados

	COT	NT	PT	PI	PO
COT	1,000				
NT	0,880	1,000			
PT	-0,398	0,664	1,000		
PI	-0,349	-0,577	0,963	1,000	
PO	0,367	0,626	0,694	0,473	1,000

#### 4 Conclusão

De um modo geral, os valores de COT variaram de 1787,48 a 7208,45  $\mu\text{mol g}^{-1}$  e os de NT variaram entre 200,35 e 373,63  $\mu\text{mol g}^{-1}$ . Já os resultados de concentração de PT ficaram compreendidos entre 15,75 e 34,96  $\mu\text{mol g}^{-1}$ , os de PI variaram entre 3,34 e 16,30  $\mu\text{mol g}^{-1}$ , enquanto que os de PO situaram-se entre 12,31 e 18,66  $\mu\text{mol g}^{-1}$ . A determinação dos nutrientes revelou que a origem de fósforo parece ser distinta das fontes de aporte de NT e COT, já que não foi observada uma boa correlação entre suas concentrações. Os nutrientes NT e COT parecem ter sua origem atrelada à decomposição de organismos aquáticos e/ou de plantas terrígenas de pequeno porte. Além disso, os sedimentos analisados apresentaram uma maior contribuição de PO no teor de PT, o que pode ser atribuído à descarga de efluentes domésticos no arroio.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Processo nº 481824/2007-3) pelo apoio financeiro e à FAPERGS pela bolsa BIC.

#### Referências

- AGEMIAN, H. Determination of nutrients in aquatic sediments. In: MUDROCH, A., AZCUE, J. M.; MUDROCH, P. **Manual of physico-chemical analysis of aquatic sediments**. Nova Iorque: CRC, 1997. p. 175-213.
- BARRETO, M. S.; ALVES, J. P. H.; PASSOS, E. de A.; GARCIA, C. A. B. Relação C:N e identificação da origem da matéria orgânica em sedimentos. In: REUNIÃO ANUAL DA



SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 30, 2007, Águas de Lindóia, CD de Anais da 30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. SP: 2007.

BAUMGARTEN, M. da G. Z.; NIENCHESKI, L. F. H.; VEECK, L. “*Nutrientes na coluna da água e na água intersticial de sedimentos de uma enseada rasa estuarina com aportes de origem antrópica (RS–Brasil)*”. **Atlântica**, n. 23, 2001, p. 101-116.

BRAGA, E. de A. S. **Determinação dos compostos inorgânicos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e fósforo total, na água do Açude Gavião, e sua contribuição para a eutrofização**. 2006. 120 p. Dissertação de mestrado em Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

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

FROEHNER, S.; MARTINS, R. F. “*Avaliação da composição química de sedimentos do rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba*”. **Química Nova**, v. 31, n. 8, 2008, p. 2020-2026.

LEITE, M. A. **Análise do aporte, da taxa de sedimentação e da concentração de metais na água, plâncton e sedimento do Reservatório de Salto Grande, Americana – SP**. 2002. 215 p. Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LIMA, M.C.; GIACOMELLI, M. B. O.; STÜPP, V.; ROBERGE, F. D.; BARRERA, P. B. “*Especiação de cobre e chumbo em sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo método Tessier*”. **Química Nova**, v. 24, n. 6, 2001, p. 734-742.

MATER, L.; ALEXANDRE, M. R.; HANSEL, F. A.; MADUREIRA, L. A. S. “*Assessment of lipid compounds of phosphorus in mangrove sediments of Santa Catarina Island, SC, Brazil*”. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 15, n. 5, 2004, p. 725-734.

MELLO, N. A. de. Relação entre a fração mineral do solo e qualidade de sedimentos – o solo como fonte de sedimentos. In: POLETO, C.; MERTEN, G. H. (Org.). **Qualidade dos sedimentos**. Porto Alegre: ABRH, 2006. p. 39-82.

MOZETO, A. A.; SOARES, A. **Projeto Qualised** – Determinação de fluxos de nutrientes e outras espécies químicas na interface sedimento-água de ambientes aquáticos lênticos e límnicos. São Carlos: Cubo, 2006. 224 p.

PASSOS, R. R. **Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de um latossolo vermelho sob duas coberturas vegetais**. 2000. 89 p. Tese de doutorado em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

RHEINHEIMER, D. dos S.; CAMPOS, B. C. de.; GIACOMINI, S. J.; CONCEIÇÃO, P. C.; BORTOLUZZI, E. C. “*Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total no solo*”. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, 2008, p. 435-440.

RUTTENBERG, K. C.; GOÑI, M. A. “*Phosphorus distribution, C:N:P ratios, and  $\delta^{13}C_{oc}$  in arctic, temperate, and tropical coastal sediments: tools for characterizing bulk sedimentary organic matter*”. **Marine Geology**, v. 139, 1997, p. 123-145.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.