

# UM LEVANTAMENTO DAS CONCENTRAÇÕES DOS ÍONS $\text{NO}_3^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ E $\text{Mg}^{2+}$ PRESENTES NAS ÁGUAS DO RIO VERDE E SUA CORRELAÇÃO COM AS ATIVIDADES HUMANAS EXISTENTES NA ÁREA

## A SURVEY OF ION CONCENTRATIONS OF $\text{NO}_3^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ AND $\text{Mg}^{2+}$ IN THE *VERDE RIVER* WATERS AND THEIR CORRELATION WITH HUMAN ACTIVITIES IN THE AREA

Rodrigo Sequinel\*

Maria Elena Payret Arrúa\*\*

Wilson Costa\*\*\*

### RESUMO

Uma das características do município de Ponta Grossa (PR) é a presença de muitos cursos d' água, como aqueles pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Tibagi. Um dos que fazem parte desta bacia é o Rio Verde, que tem sua nascente na zona rural leste do município e com trajeto de aproximadamente 27 quilômetros, marcado por um contato constante com áreas agrícolas, de pecuária e área urbana, até desaguar no Rio Pitangui, afluente do Rio Tibagi. Na região urbana, é utilizado para recreação e, em suas margens, se encontram construções residenciais, o Matadouro Municipal, uma estação de tratamento de efluentes e ainda recebe como afluente um arroio cuja nascente está próxima da região urbana. Em 26 pontos deste rio foram determinadas as concentrações de fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), utilizando-se métodos espectroscópicos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ) e análise titrimétrica ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), e as variações das suas concentrações foram associadas à presença de agentes exógenos, como fertilizantes, corretivos de pH do solo e efluentes de origem residencial. Os resultados demonstraram que as maiores concentrações destes íons são encontradas no trecho do rio que passa pela região urbana, indicando que o aporte principal não está relacionado às atividades agrícolas e de pecuária.

Palavras-chave: Rio Verde. Fosfato. Nitrato. Potássio. Cálcio. Magnésio.

### ABSTRACT

One of the features of the city of Ponta Grossa (PR) is the presence of many watercourses, such as those belonging to the basin of the Tibagi River. One of the rivers that belongs to this basin is the *Verde River (Rio Verde in Portuguese)* whose source in the east rural area of the city; its course is of about 27 kilometers alongside agricultural areas, livestock and urban areas, up to its flow into the Pitangui River, a tributary of the Tibagi River. In urban areas, it is used for recreation and along its margins, there are residential buildings, such as the Municipal Slaughterhouse, a sewage treatment

\* Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. Bacharelado em Química Tecnológica (IC).

\*\* Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. Depto. de Química (PQ).

\*\*\* Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, Campus de Uvaranas, Depto. de Química (PQ), Ponta Grossa, PR, Brasil; e-mail: <wcosta@uepg.br>

plant, and it also receives a stream whose source is near the urban area. Concentrations of phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), potassium ( $\text{K}^+$ ), calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), were identified in 26 spots of this river using spectroscopic methods ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ) and titrimetric analysis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) and variations in their concentrations were associated with the presence of exogenous agents, such as fertilizers, liming and soil pH, from residential wastewater. The results demonstrated that the highest concentrations of these ions are found along the parts of the river that goes through the urban area, indicating that the main contribution is not related to agricultural activities or livestock.

**Keywords:** Verde River. Phosphate. Nitrate. Potassium. Calcium. Magnesium.

## Introdução

A água é uma das substâncias mais abundantes na Terra e seu volume total permanece constante no planeta, sendo estimado em torno de 1,5 bilhões de  $\text{Km}^3$ , dos quais 97,24 % constituem os oceanos. Outra parcela se encontra nas geleiras e calotas polares e somente uma ínfima parte vem de rios, lagos e lençol freático, na forma de água doce, principal fonte de água potável do mundo (BAIRD, 2002).

Além da quantidade, a qualidade da água é um aspecto que assegura usos ou conjunto de usos (DERÍSIO, 2000). As características químicas das águas de superfície refletem sua localização e os meios por onde fluem, guardando uma estreita relação com a atmosfera, com a composição do solo e com os produtos das atividades humanas, adquiridos ao longo de seu trajeto (BRITO et al., 2005, DERÍSIO, 2000).

Os agentes poluidores da água podem ser os mais variados possíveis (DEBELS et al., 2004, BONUMÁ, 2006, REIS et al., 2007, FIGUERÉDO et al., 2006), dentre eles podem-se destacar a poluição urbana e a poluição agrícola. A primeira é gerada pelos habitantes de uma cidade que produzem esgotos domésticos que são lançados direta ou indiretamente nos corpos d'água (VALENTE et al., 1997, DICKENS, GRAHAM, 1998, COSTA et al., 2006, MLADENOV, 2005). Já a poluição agrícola é decorrente de atividades ligadas à agricultura, principalmente pela utilização de defensivos e fertilizantes (CARVALHO et al., 2000, BRITO et al., 2005, HABERKORN et al., 2008, ECHOLS et al., 2008).

Os efluentes domésticos compõem-se essencialmente de água de banho, excretas, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem (CETESB, 2006). Embora constituído de 99,9% de

água, o esgoto doméstico possui impurezas que contribuem para o aporte de vários compostos químicos (DACACH, 1991), dentre os quais se encontram alguns íons comuns, como fosfato, nitrato, cálcio, potássio e magnésio.

O nitrogênio presente no esgoto doméstico provém de compostos orgânicos como aminoácidos e proteínas (OLIVEIRA, 2001), além de subprodutos do metabolismo humano como ureia e ácido úrico (MURRAY, et al., 1997, VOET, 1990). Surfactantes com grupo hidrófilo catiônico presentes em detergentes também apresentam nitrogênio (SHREVE, 1997). Uma vez depositados no curso d'água, com o passar do tempo todos os compostos nitrogenados podem ser oxidados e detectados como nitratos (DACACH, 1991).

O fósforo detectado em esgoto doméstico pode provir da formulação de detergentes em pó, aos quais é acrescentado na forma de tripolifosfato de sódio ( $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) (SHREVE, 1997, OSÓRIO, OLIVEIRA, 2001), com o objetivo de complexar íons metálicos responsáveis pela dureza das águas, tornando o meio alcalino e aumentando a eficiência da limpeza (OSÓRIO, OLIVEIRA, 2001). Tal adição está prevista na Resolução CONAMA n. 359 de 2005,

Uma das principais formas de contaminação do esgoto doméstico com potássio são os sabões, pois são constituídos de sais de sódio e potássio de diversos ácidos graxos (SHEREVE, 1997, OSÓRIO; OLIVEIRA et al., 2001). Já os íons cálcio e magnésio têm origem no esgoto urbano a partir de excreções humanas (DACACH, 1991).

Os fertilizantes são geralmente constituídos de nitratos de cálcio, amônio e potássio, sulfato de amônio e ureia, superfosfatos simples, duplo e

triplo, cloreto, sulfato e carbonato de potássio (MALAVOLTA, 1979, TISDALE et al., 1985, MENGEL, KIRKLY, 1987). O cálcio pode estar presente nos fertilizantes, mas também e juntamente com o magnésio, é adicionado ao solo com o objetivo de corrigir a acidez presente (VIVANCOS, 1983).

Apesar de essenciais, esses macronutrientes disponíveis em fertilizantes na forma de sais que apresentam N, P, K, assim como os corretivos de pH, não são totalmente absorvidos pelas plantas. Uma parte considerável destes compostos permanece inalterada no solo e acaba sendo lixiviada pelas águas de chuvas alcançando, desta maneira, o leito de rios e o lençol freático, podendo ser facilmente detectados na água. (GONCALVES et al., 2005, SCHAEFER, ALBER 2006, MARTINS et al., 2007).

A avaliação da contaminação dos cursos d'água por efluentes domésticos geralmente é realizada através da determinação de parâmetros como a demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), coliformes fecais e totais (SILVA et al., 2008, VALENTE, et al., 1997, MLADENOV, 2005); mas, em cursos d'água que apresentam aporte deste tipo de efluente, as concentrações de íons como fosfato, nitrato, cálcio, magnésio, potássio sofrem alterações (SARDINHA et al., 2008, RICHTER et al., 2007).

Cursos d'água que percorrem áreas urbanas e rurais são frequentes e, através da avaliação quantitativa destes íons ou de partes deles, pode-se indicar aporte de efluentes de origem residenciais ou devido à lixiviação de fertilizantes (SANTOS et al., 2008) e, naqueles que percorrem apenas áreas rurais, a determinação da concentração destes mesmos íons ou parte deles pode indicar a lixiviação de fertilizantes (GONÇALVES et al., 2005).

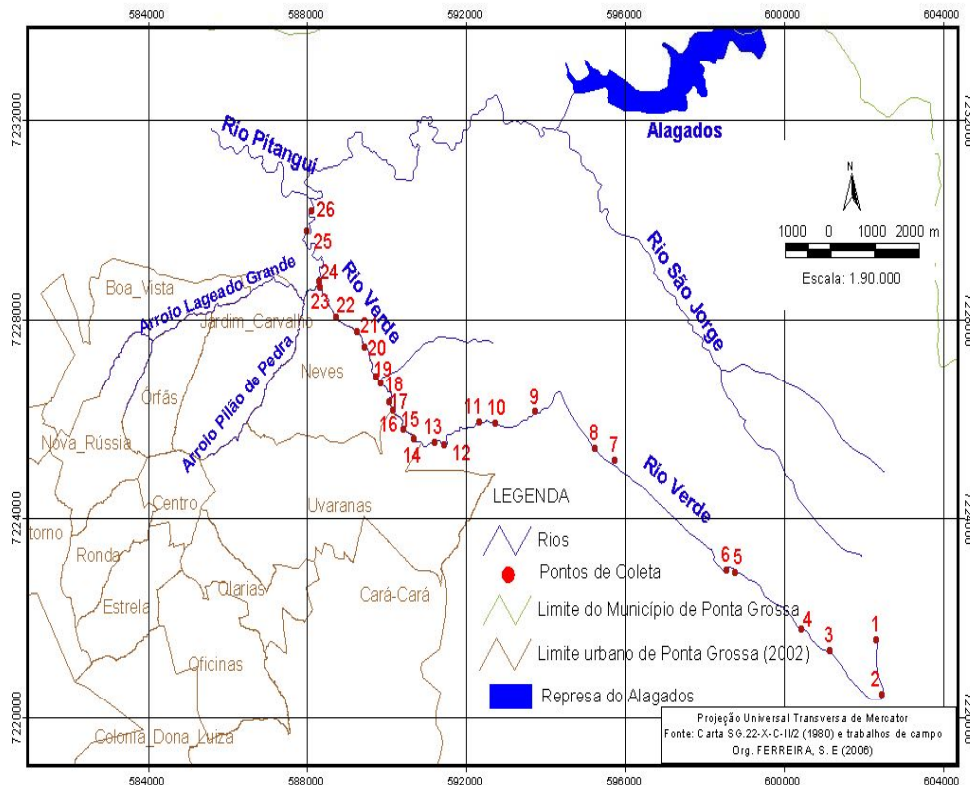
Como o Rio Verde, no seu trajeto de aproximadamente 27 quilômetros dentro do município de Ponta Grossa – PR, percorre áreas onde existem atividades agrícolas e também na área urbana, em cujas margens há moradias próximas alguns empreendimentos, como um matadouro e uma estação de tratamento de efluentes urbanos, pode-se dizer que a determinação das concentrações de íons comuns como fosfato, nitrato, potássio, cálcio e magnésio possibilita indicar o grau de contaminação deste curso d'água, seja pelas atividades agrícolas que

se desenvolvem na região, seja pelos efluentes domésticos oriundos da população ou das atividades existentes nas cercanias.

### Materiais e métodos

As coletas e preservação das amostras foram realizadas conforme recomendado por CLESCERI e colaboradores (1998). As amostragens foram semanais, tiveram início em abril de 2006 e foram finalizadas em junho do mesmo ano. O período de coleta foi de estiagem, com precipitações pluviométricas mensais de 12,6, 11,8 e 35,6 mm, para um histórico de 5-100, 125- 150, 100-125 mm, respectivamente (IAPAR, 2006). Foi feita uma coleta para cada um dos 26 pontos que foram localizados com o auxílio do Global System Position – GPS e, com as coordenadas, foi confeccionada a Figura 1. Os pontos 1 a 10 foram considerados com pertencentes à área rural e os pontos 11 a 26 como parte da região urbana.

Figura 1 - Percurso do Rio Verde, afluente e pontos de coleta escolhidos.



Fonte: Carta Topográfica Ponta Grossa (1980). Prefeitura Municipal de Ponta Grossa.  
O mapeamento foi organizado por Everaldo Skalinski Ferreira.

As amostras foram coletadas junto à margem do curso d' água, ligeiramente abaixo da superfície, utilizando-se frascos de polietileno, com capacidade de 2 litros. Imediatamente após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório para determinação de fosfato, nitrato, potássio, cálcio e magnésio. Cada parâmetro foi analisado apenas uma vez, conforme discriminado a seguir:

- 1) **nitrato** - após filtração e acidificação da amostra com  $\text{HCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ , a concentração de  $\text{NO}_3^-$  foi determinada por espectrofotometria de absorção na região do ultravioleta, com leitura realizada em 220 nm e descontada a absorção ocorrida no comprimento de onda de 275 nm (CLESCERI et al., 1998), utilizando-se um Espectrofotômetro UV/Vis METROLAB 1700.
- 2) **fosfato** - foi utilizado o método de espectrofotometria na região do visível (CLESCERI et al., 1998), utilizando o Espectrofotômetro UV-Vis, Coleman modelo 6/20, com leitura da absorbância em 660nm.

- 3) **potássio** - determinado por espectroscopia de emissão pela chama (CLESCERI et al., 1998), utilizando o equipamento CORNING-EEL SCIENTIFIC INSTRUMENTS.

- 4) **cálcio e magnésio** - determinou-se a concentração desses íons, pela titulação complexométrica com EDTA (ácido etilenodiaminotetraacético) (CLESCERI et al., 1998).

### Resultados e discussão

Na tabela 1, estão dispostas as concentrações dos íons cálcio, magnésio, potássio, nitrato e fosfato encontradas nos 26 pontos de coleta.

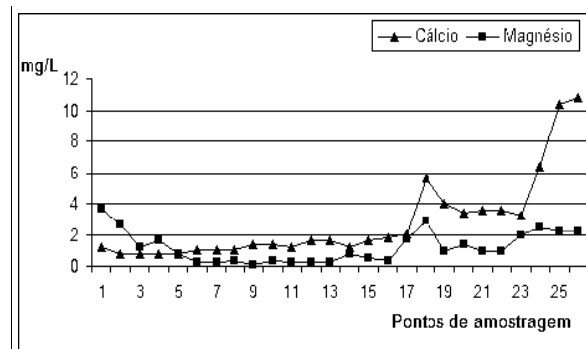
Tabela 1 – Concentrações dos íons Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> nas amostras de água do Rio Verde.

Pontos Coleta	Data Coleta	Ca <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )
1	03/04	1,20	3,65	<LD	2,76	1,12
2	03/04	0,80	2,62	0,74	2,92	0,11
3	03/04	0,80	1,22	<LD	2,67	<LD
4	10/04	0,80	1,58	<LD	2,34	0,17
5	10/04	0,80	0,73	0,74	2,31	<LD
6	10/04	1,00	0,24	0,74	2,50	<LD
7	17/04	1,00	0,24	0,74	1,71	<LD
8	17/04	1,00	0,37	0,74	1,56	0,56
9	24/04	1,40	1,22	<LD	1,77	<LD
10	24/04	1,40	0,37	<LD	1,92	<LD
11	08/05	1,20	0,24	0,74	1,51	0,09
12	08/05	1,60	0,24	1,23	1,70	<LD
13	15/05	1,60	0,24	0,98	1,70	0,01
14	15/05	1,20	0,73	0,74	1,69	<LD
15	22/05	1,60	0,49	0,98	2,33	<LD
16	22/05	1,81	0,37	0,98	1,93	<LD
17	29/05	2,01	1,70	0,74	1,95	<LD
18	29/05	5,61	2,92	4,17	3,56	0,94
19	05/06	4,01	0,97	2,70	3,39	0,09
20	05/06	3,41	1,34	2,21	3,41	0,01
21	12/06	3,61	0,97	2,21	3,69	0,03
22	12/06	3,61	0,97	2,21	4,59	0,09
23	19/06	3,21	1,94	2,21	4,59	0,11
24	19/06	6,42	2,43	4,66	6,41	0,54
25	26/06	10,4	2,19	7,35	4,85	1,41
26	26/06	10,8	2,19	7,35	4,51	0,33

LD = limite de detecção.

Nas figuras 2, 3, e 4, obtidas a partir Tabela 1, estão representadas as concentrações dos íons Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> para os pontos de coleta (1 a 26).

Na figura 2, encontram-se as concentrações de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> para os pontos 1 a 26.

Figura 2 – Concentrações de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> nos 26 pontos de coleta



Para águas superficiais, não existe um limite máximo de concentração relativo a estes íons. Para os íons  $\text{Ca}^{2+}$ , na área rural (pontos 1 a 10), as concentrações variaram de 0,80 a 1,40  $\text{mg L}^{-1}$  e, na área urbana (pontos 11 a 26), de 1,20 a 10,80  $\text{mg L}^{-1}$ , enquanto que para o  $\text{Mg}^{2+}$ , a variação foi 0,24  $\text{mg L}^{-1}$  a 3,65  $\text{mg L}^{-1}$  e 0,24 a 2,92  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente (tabela 1 e figura 2).

Na área rural, próxima à nascente do rio, onde são desenvolvidas atividades agrícolas, observou-se que as margens estavam desprovidas de mata ciliar. Nesta região, as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  atingiram valores de 1,20 e 3,65  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente. Para o íon  $\text{Ca}^{2+}$  é o valor mais elevado, excetuando os pontos 9 e 10 que estão próximos a uma granja de suínos. Já para o íon  $\text{Mg}^{2+}$ , é a concentração mais elevada.

A seguir, as concentrações destes íons sofrem uma redução, coincidindo com uma maior distância das atividades agrícolas em relação à margem do rio ou presença de mata ciliar, sendo que para o íon  $\text{Mg}^{2+}$ , pequenos incrementos ocorrem nos pontos 4 (área agrícola) e 9.

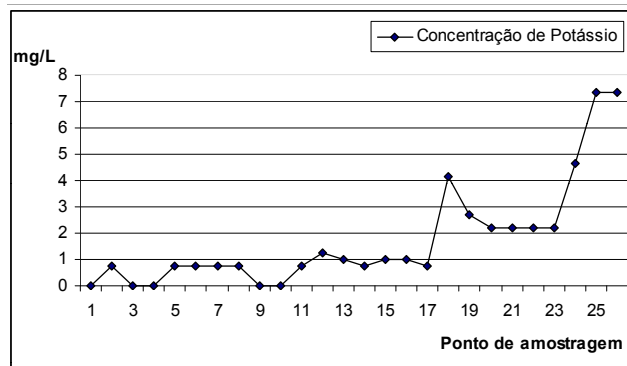
Os valores mais elevados para as concentrações dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  podem estar associados à adição de calcário dolomítico no solo para correção do pH. Este calcário, na sua composição, apresenta uma concentração maior de carbonato de magnésio, ocorrendo então a liberação lenta dos íons na água do Rio Verde. Nos pontos 9 e 10, a elevação pode estar associada principalmente à liberação de efluentes da granja de suínos.

Na região urbana, a partir do ponto 12, as concentrações dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  se elevam, e isso pode ser associado à presença de alguns empreendimentos como um cemitério (ponto 12), o Matadouro Municipal (ponto 18), uma estação de tratamento de efluentes (pontos 25 e 26) e a presença de população que reside em vilas próximas às margens, como as vilas Dal Col (pontos 14, 15 e 16), Padre Roque (ponto 17) e Lagoa Dourada (pontos 20, 21, 22). Uma outra influência da população que afeta estes parâmetros pode ser evidenciada na altura do ponto 24, que é onde ocorre o aporte de um afluente que passa pela região urbana (figura 1).

As concentrações  $\text{K}^{+}$  mantiveram-se baixas em grande parte do percurso do Rio Verde, principalmente nos primeiros pontos da amostragem que

são caracterizados pela presença de atividades agrícolas. As variações deste parâmetro podem ser visualizadas na figura 3.

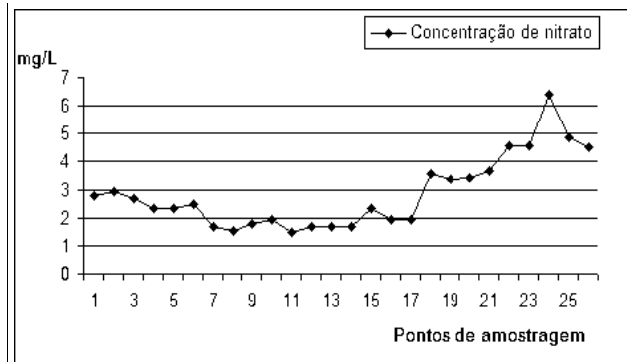
Figura 3 – concentrações de  $\text{K}^{+}$  nos 26 pontos de coleta



Os resultados das análises realizadas nesta região praticamente descartam a hipótese de lixiviação de potássio. Entretanto, a concentração deste íon tem um incremento após o ponto 11 de coleta que corresponde ao cemitério. Após o Matadouro Municipal (ponto 18), a concentração elevou-se, chegando a 4,17  $\text{mg L}^{-1}$  de íon  $\text{K}^{+}$ , provavelmente como consequência da eliminação de dejetos, relacionados com a atividade ali desenvolvida.

Nos pontos seguintes, essa concentração diminuiu, entretanto manteve-se ligeiramente acima da média mundial de íons potássio em águas naturais, que é de aproximadamente 2  $\text{mg L}^{-1}$  (BAIRD, 2002). O ponto 24, caracterizado pelo recebimento de águas do seu afluente urbano, registrou novo aumento na concentração de íon  $\text{K}^{+}$ , a qual atingiu 4,66  $\text{mg L}^{-1}$ . Os dois pontos finais da amostragem, localizados após a Estação de Tratamento de Esgoto, apresentaram 7,35  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{K}^{+}$ .

Figura 4 - Concentrações de  $\text{NO}_3^-$  nos 26 pontos de coleta.

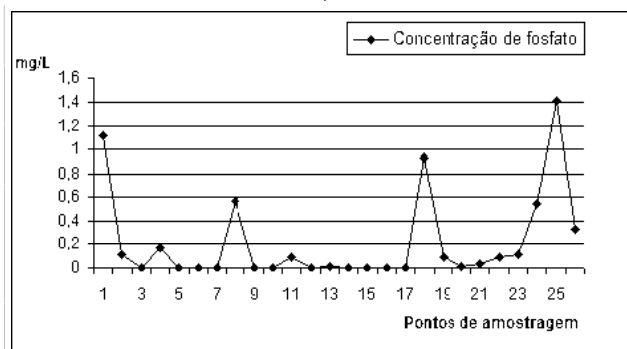


Com relação ao nitrato, conforme a figura 4, as amostras de água coletadas próximas à região da nascente, nos pontos 1 ao 6, apresentaram concentrações abaixo de 3mg/L. Esta concentração está dentro do limite de 10,0 mg/L, estabelecido pela Resolução CONAMA 357 de 2005 para as principais classes de águas brasileiras. Em função de a região ser caracterizada como agrícola, poder-se-ia esperar um acréscimo na concentração do íon nitrato, em consequência da aplicação de fertilizantes. Neste caso, se houve lixiviação de produtos de fertilizantes não foi suficiente para caracterizar contaminação da água por nitrato.

A concentração de íons nitrato manteve-se baixa a partir do ponto 6, mas, como no caso do  $\text{Ca}^{2+}$ , sofreu uma pequena elevação logo após uma granja de suínos (ponto 10), após o cemitério (ponto 11) já na região urbana, e este incremento foi mantido ou acentuado na região das Vilas Dal Col (pontos 14, 15, 16), Padre Roque (pontos 17), Lagoa Dourada (20, 21, 22), Matadouro Municipal (ponto 18) e após receber o aflente urbano (ponto 24). Tal aumento pode ser explicado como sendo uma consequência do lançamento de efluentes ricos em compostos nitrogenados, pelo matadouro e população que reside nas vilas próximas às margens do rio ou de seu aflente urbano.

A seguir, a concentração de nitrato sofreu uma redução, o que pode ser atribuído ao consumo pelas plantas e microrganismos presentes. Após receber efluentes da ETE, a concentração de  $\text{NO}_3^-$  não se elevou, e isso pode ser explicado pelo processo anaeróbio utilizado para o tratamento de efluentes desta estação, onde os compostos nitrogenados são convertidos a  $\text{NH}_3$ , que é perdido para a atmosfera.

Figura 5 – concentrações  $\text{PO}_4^{3-}$  nos 26 pontos de coleta



A presença de íons fosfato, na forma de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ , em grandes quantidades em águas naturais é bastante rara. O fósforo tem a tendência de formar compostos de baixa solubilidade com ferro, alumínio ou manganês, entre outros elementos. Assim, a alta concentração deste ânion na água pode ser um forte indicativo de contaminação por esgoto urbano ou escoamento de fertilizantes.

Na resolução CONAMA 357 de 2005, não são encontrados valores máximos permitidos para fosfato e sim fósforo total, que para águas doces em ambientes lóticos, dependendo da classe do rio, é de no máximo 0,15 mg L<sup>-1</sup>.

A figura 5 mostra as variações da concentração de fosfato nos diversos pontos de coleta do Rio Verde, e nela é possível observar que, no primeiro ponto de amostragem, a concentração encontrada foi de 1,12mg L<sup>-1</sup> de fosfato, valor que está bem acima do máximo para fósforo total para águas doces em ambientes lóticos, segundo a Resolução CONAMA 357/05. Como é uma região agrícola, a utilização de fertilizantes seria uma das prováveis causas dessa concentração relativamente alta e pode explicar, também, o valor elevado, mas dentro da normalidade, da concentração de  $\text{NO}_3^-$  neste local.

Os pontos seguintes têm um decréscimo nas concentrações de fosfato, mostrando a baixa mobilidade desses íons e sua tendência de formar compostos insolúveis. Outra causa que pode ter contribuído para a diminuição da concentração seria a utilização do excesso desse nutriente pelos vegetais aquáticos que compõem esse ecossistema. No ponto 4, que apresenta atividade agrícola, se observa um novo aumento da concentração, indicando novamente uma provável lixiviação de fertilizantes fosfatados.

Há um novo decréscimo nas concentrações de fosfato, em muitos pontos, para níveis abaixo do limite de detecção, entre as regiões 6 a 17, possivelmente em virtude da conservação da mata ciliar em boa parte desses locais. Neste caso, a mata ciliar impediria a total lixiviação de nutrientes para o leito do rio, além de retirar nutrientes essenciais ao seu próprio desenvolvimento. Foi verificada, entretanto, uma concentração de 0,56 mg L<sup>-1</sup> no ponto 8, referente ao final da Fazenda Escola Capão da Onça; suspeita-se que a origem deste pico isolado de concentração de fosfato esteja relacionado à presença de cultivo agrícola lá existente. A partir daí, ocorreu uma nova redução na sua concentração.

A exemplo do que ocorreu com os outros íons, a concentração de fosfato se elevou de maneira significativa no ponto 18, que corresponde ao Mata-douro Municipal. A concentração medida foi de 0,94 mg L<sup>-1</sup> possivelmente pelo descarte de águas residuárias ricas em compostos de fósforo. Na área marcada pela presença das vilas, as concentrações de fosfato não atingiram valores significativos.

No ponto 24, localizado após o recebimento do seu afluente urbano, a concentração de fosfato teve um novo aumento, atingindo a concentração de 0,54 mg L<sup>-1</sup>. Após o aporte de efluentes de uma ETE, a concentração de fosfato atingiu a concentração de 1,41 mg L<sup>-1</sup>, que foi reduzida a 0,33 mg L<sup>-1</sup> no ponto 26, devido possivelmente à precipitação e ou consumo por parte dos vegetais aquáticos existente no trajeto entre estes dois pontos.

### Conclusões

No período em que foi realizado este trabalho, as análises revelaram uma significativa variação na concentração dos íons NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> nas águas do Rio Verde ao longo do seu percurso. De uma maneira geral, a concentração dos diferentes íons investigados encontra-se dentro dos limites estabelecidos pelas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Poder-se-ia dizer que apenas as concentrações dos íons fosfato extrapolaram os limites naturais estabelecidos para águas superficiais, apontando para existência de poluição tanto na região próxima à nascente quanto no trecho final do rio. Apesar das concentrações dos íons analisados estarem muitas vezes dentro dos valores considerados normais, elevações podem estar associadas ao aporte via compostos presentes em fertilizantes, neutralizantes de solo e efluentes de origem residencial. O aumento dos níveis de poluição no trecho final do rio, associado às atividades urbanas, permite indicar que, no período em que foram realizadas as análises (tabela 1), as atividades agrícolas existentes na região não se constituíram no principal foco de contaminação das águas do Rio Verde. Se as precipitações pluviométricas tiveram alguma influência nas concentrações encontradas para os íons, elas foram muito pequenas, já que o período em que foram realizadas as coletas foi de estiagem. Com o presente trabalho, foi possível indicar através das

flutuações das concentrações dos íons NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> os locais onde os impactos gerados por atividades humanas podem estar ocorrendo.

### Referências

- ALBER, M., SCHAEFER, C. S. Temporal spatial trends in nitrogen and phosphorous inputs to the watershed of the Altamaha River, Georgia, USA. **Biogeochemistry**, v. 86, p.231-249, 2006.
- BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BONUMÁ, N. B. **Avaliação da qualidade da água sob impacto das atividades de implantação de garimpo no município de São Martinho da Serra. Santa Maria**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução n.357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano.cfm?codlegitipo=3>>. Acesso em: 20 abr. 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução n.359 de 29 de abril de 2005**. Dispõe sobre a regulamentação do teor de fósforo em detergentes em pó. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano.cfm?codlegitipo=3>>. Acesso em: 20 out. 2006.
- BRITO, L. T. C. L.; SRINIVASAN, V. S.; SILVA, A. S.; GHEY, H. R.; GALVÃO, C. O.; HERMES, L. C. Influence of anthropic activities on water quality of Salitre river basin. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, 2005.
- CARVALHO, A. R.; SCHILITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relação da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 5, p. 618-621, 2000.
- CETESB. **Gestão da água: tipos de águas**. Disponível em: <[HTTP:// www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta\\_tipos.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_tipos.asp)>. Acesso em: 08 mar. 2006.
- CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. **Standard methods for examination of water and wastewater**. Baltimore: United Book Press Inc, 1998.
- COSTA, W.; MARQUES, M. B.; DELEZUK, J. A. M.; FOLKUENIG, E. S. Avaliação preliminar da qualidade da água do Arroio Madureira e Afluentes. **Revista Publicatio: Ciências Exatas e da Terra**, v. 12, p.15-22, 2006.
- DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 2.ed. São Paulo: Signus, 2000.



- DEBELS, P.; FIGUEROA, R.; URRUTI, R.; BARRA, R.; NIELL, X. Evaluation of water quality in the Chillán River (Central Chile) using physicochemical parameters and a modified water quality index. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.110, p.301-222, 2005.
- DICKENS, C. W. S.; GRAHAM, P. M., Biomonitoring for effective management of wastewater discharges and the health of the river environment. **Aquatic ecosystem health and management**, p.199-217, 1998.
- DACACH, N. G. **Tratamento primário de esgoto**. Rio de Janeiro: Didática e Científica, 1991.
- ECHOLS, K. R.; BRUMBAUGH, W. G.; ORAZIO, C. E.; MAY, T. W.; POULTON, B. C.; PETERMAN, P. H. Distribution of pesticides, PAHs, PCBs, and bioavailable metals in depositional sediments of the lower Missouri river, USA. **Arch Environ Contam Toxicol** v.55, n.161-172, 2008.
- FIGUEIRÊDO, M. C. B.; ARAUJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; MORAIS, L. F. S.; PAULINO, W. D.; GOMES, R. B. Impactos ambientais da carcinicultura de águas interiores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v 2, n 3, 231-240, 2006.
- GONCALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, S. L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 9, n.3, 2005.
- HARBERKORN, S. S.; BECKER, B.; MARIE, D.; HABERKORN, H.; CAROLLER, L.; BROISE, D. De LA. Impact of Roundap on the marine microbial community, as shown by an in situ microcosm experiment. **Aquatic Toxicology**, v.89, p.232-241, 2008.
- IAPAR. Disponível em: < <http://www.iapar.br>> Acesso em: 09 de agosto de 2006.
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Editora Agronômica CERES Ltda, 1979.
- MARTINS, R. V.; FILHO, F. J. P.; ROCHA, C. A. S. Geoquímica de fósforo como indicadora da qualidade e dos processos estuarinos do Rio Jaguaribe – Costa Nordeste Oriental Brasileira. **Química Nova**, v.30, n 5, p.1208-1214, 2007.
- MENGEL, K.; KIRKLY, E. A. **Principles of plants nutrition**. 4 ed. Bern: Lang Druck Ag, 1987.
- MURRAY, R. K.; DARYL, G. K.; MAYES, P. A.; RODWELL, W. V.; **Harper's Biochemistry**. New Jersey: Prentice-Hall International Inc., 1997.
- MLADENOV, N.; STRZEPEK, K.; SERUMOLA, O. M., Water quality assesment and modeling of the effluent-demitted stream the Norwinw River, Botswana. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.109, p.97-121, 2005.
- OLIVEIRA, F. C.; MATIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; MORAES, S. O. Lixiviação de nitrate em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana de açúcar. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, 2001.
- OSORIO, V. K. L.; OLIVEIRA, W. Polyphosphates in commercial powder detergents. **Química Nova**, São Paulo, v.24, n.5, 2001.
- REIS, E. L. T., CONTRIN, M. E. B., RODRIGUES, C., PIRES, M. A. F., FILHO, O. B., ROCHA, S. M., CUTOLO, S.A., Identificação da influência do descarte de lodo de estações de tratamento de esgoto. **Química Nova**, v.30, n. 4, p.865-872, 2007.
- RICHTER, E. M., FORNARO, A., LAGO, C. L. do., AGNES, L., Avaliação da composição química de águas do Sistema Guarapiranga: estudo de caso nos anos 2002 e 2003. **Química Nova**, v 30, n5, 2007.
- SANTOS, M. L. P. dos., SANTOS, J. S. dos., SANTOS, J. R. dos., OLIVEIRA, L. B. de., Efeito dos escoamentos urbanos e rurais na qualidade das águas do Córrego Verruga em Vitória da Conquista - Bahia, Brasil. **Química Nova**, v 31, n8, 2008.
- SARDINHA, D. de S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; JÚLIO, M.; GONÇALVES, J. C. S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, n.3, 2008.
- SILVA, E. C. da, COSTA, W., MARQUES, M. B., SILVA, N. C. S., COSTA, R. P. Um indicativo da relação entre atividades humanas e a contaminação das águas do Rio Verde - Ponta Grossa - PR. **Revista Publicatio: Ciências Exatas e da Terra**, v.14, n.3, p.247-254, 2008.
- VALENTE, J. P. S., PADILHA, P. M., SILVA, A. M. M., Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no Ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. **Eclética Química**, v.22, 1997.
- SHREVE, R. N., BRINK JR, J. A. **Indústrias de processos químicos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.
- TISDALE, S. L., NELSON, W. L., BEATON, J. D. **Soil fertility an fertilizers**. 4 ed., New York: Maximillan Publishing Company, 1985.
- VOET, D., VOET J. G. **Biochemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1990.
- VIVANCOS, A. D, P. **Tratado de fertilização**. Madri: Mundi Prensa, 1983.