

# CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR NITRATO E A EXPANSÃO URBANA EM PRESIDENTE PRUDENTE (SP)

Claudia Varnier<sup>1</sup>; Sandra Procel Guerra<sup>2</sup>; Ricardo Hirata<sup>3</sup>; Carla Veiga<sup>4</sup>; Maurício Viotti<sup>5</sup>

**Resumo** – Altas concentrações de nitrato, acima do padrão de potabilidade, foram detectadas em vários poços tubulares da área urbana de Presidente Prudente, região extremo oeste do Estado de São Paulo. O objetivo deste trabalho consiste em apresentar os resultados preliminares das análises das concentrações de nitrato no Sistema Aquífero Bauru, frente ao estilo de ocupação urbana ao longo dos últimos 70 anos. As atividades compreenderam o cadastro dos poços tubulares e coleta de amostras de água subterrânea para análises físico-químicas e químicas. Os resultados obtidos apontaram a ocorrência de duas composições químicas predominantes na área: águas cloro-nitratadas a bicarbonatadas cálcicas (até 150 m) e bicarbonatadas sódicas (>150 m). O nitrato ocorre predominantemente na região mais antiga e central da cidade e de maior adensamento urbano.

**Abstract** – High concentrations of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, above the drinking water standard, were detected in several deep drilling wells located at the urban area of Presidente Prudente, the westernmost region of the State of São Paulo. The objective of this study is to present preliminary results of the analyses of nitrate concentrations in the Bauru Aquifer System with regard to urban growth over the last 70 years. A report of the deep drilling wells data was elaborated and groundwater samples for physical-chemical and chemical analyses were collected. Two main different chemical compositions were detected in the area: calcium-nitrate chloride to calcium-bicarbonate (up to 150 m deep) and sodium bicarbonate (>150 m deep) waters. The nitrate occurs mainly in the oldest central region, which is very densely occupied.

**Palavras-Chave** – nitrato, Sistema Aquífero Bauru, expansão urbana.

---

<sup>1</sup> Geóloga do Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Av. Miguel Stéfano, 3900, CEP 04301-903. Água Funda, São Paulo (SP). Fone (11) 5073-5511 (r. 2046). FAX (11) 5077-2219. E-mail: [claudia.varnier@igeologico.sp.gov.br](mailto:claudia.varnier@igeologico.sp.gov.br)

<sup>2</sup> Mestranda do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua do Lago, 562, CEP 05508-080. Cidade Universitária, São Paulo (SP). Fone (11) 3091-4804. FAX (11) 3091-4129. E-mail: [sandraprocelg@usp.br](mailto:sandraprocelg@usp.br)

<sup>3</sup> Professor Doutor do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua do Lago, 562, CEP 05508-080. Cidade Universitária, São Paulo (SP). Fone (11) 3091-4230. FAX (11) 3091-4207. E-mail: [hirata@usp.br](mailto:hirata@usp.br)

<sup>4</sup> Especialista Ambiental do Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Av. Miguel Stéfano, 3900, CEP 04301-903. Água Funda, São Paulo (SP). Fone (11) 5073-5511 (r. 2054). FAX (11) 5077-2219. E-mail: [carla.veiga@igeologico.sp.gov.br](mailto:carla.veiga@igeologico.sp.gov.br)

<sup>5</sup> Estagiário do Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Av. Miguel Stéfano, 3900, CEP 04301-903. Água Funda, São Paulo (SP). Fone (11) 5073-5511 (r. 2046). FAX (11) 5077-2219. E-mail: [mauricioviotti@gmail.com](mailto:mauricioviotti@gmail.com)

## 1 - INTRODUÇÃO

Altas concentrações de nitrato, acima do padrão de potabilidade (10 mg/L  $\text{NO}_3^-$ -N, Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde), foram detectadas em vários poços tubulares, situados na área urbana do município de Presidente Prudente, região noroeste do Estado de São Paulo (Godoy et al., 2004; Cetesb, 2007). Tal ocorrência culminou com o tamponamento de inúmeros poços tubulares.

Este município, assim como dezenas de outras cidades no centro-oeste do interior paulista, é parcialmente abastecido pelas águas do Sistema Aquífero Bauru, considerado a maior unidade hidrogeológica em área aflorante do Estado de São Paulo (96.880 km<sup>2</sup>). Este aquífero, por comportar-se principalmente como livre a semi-confinado e possuir grande área de afloramento, apresenta alta vulnerabilidade à contaminação antrópica, com os mais elevados valores de nitrato nas águas subterrâneas no Estado de São Paulo.

Uma das fontes potenciais de nitrato associada são os sistemas de saneamento, dos quais se destacam as fossas sépticas e negras, bem como a manutenção inadequada das redes de esgoto que contribuem para a contaminação em áreas urbanas, sobretudo nos locais de grande densidade populacional.

Antes da década de 70, o município não dispunha de rede de esgoto e o efluente era lançado *in natura* no solo através de fossas negras. Com o processo de urbanização, as fossas negras foram desativadas, dando lugar às redes de esgoto. Mesmo com a considerável extensão de tais redes implantadas em Presidente Prudente, acredita-se que o nitrogênio remanescente no solo continua em grande volume, associado aos possíveis vazamentos dos sistemas de saneamento nas zonas não-saturada e saturada do Sistema Aquífero Bauru.

A solução desse problema é complexa e uma das perguntas que se coloca referem-se à relação entre urbanização e a evolução deste contaminante nas águas subterrâneas. Alguns estudos apontaram a relação entre os padrões de concentrações de nitrato nas águas subterrâneas e os de ocupação urbana (Lowe et al., 2000; Cagnon e Hirata, 2004; Godoy et al., 2004; Drake e Bauder, 2005; Reynolds-Vargas et al., 2006; Xu et al., 2007) mediante o uso de diferentes ferramentas.

Cagnon e Hirata (2004) procuraram estabelecer uma relação entre a contaminação das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru por nitrato e os padrões de urbanização no município de Urânia (SP) desde 1950 até 2000. Nesta avaliação, realizou-se um levantamento das principais fontes de contaminação bem como o estudo do uso e histórico de ocupação do solo por meio de fotografias aéreas de diferentes décadas, imagens de satélite, trabalhos de campo, análises químicas e isótopos de nitrogênio em amostras de água. Os resultados obtidos mostraram uma contaminação antrópica e multipontual, do tipo fossas negras, instaladas na área urbana do município desde a

década de 50. As maiores concentrações de nitrato foram observadas nas porções mais rasas do aquífero, sobretudo a nordeste da cidade, onde há maior densidade dessas fossas.

Drake e Bauder (2005) utilizaram o sistema de informação geográfica (SIG) e métodos estatísticos para estudar a relação entre os padrões de ocupação urbana/uso do solo e as variações espaciais e temporais nas concentrações de nitrato entre os anos de 1971 e 2003 no Estado de Montana (EUA). Os resultados indicaram que houve aumento nas concentrações desse contaminante em áreas com rápido crescimento populacional e que estariam associadas à alta densidade de fossas sépticas irregulares. Segundo estes autores, os métodos estatísticos combinados aos do SIG podem ser utilizados para avaliar amplas áreas indicando, tanto visual como matematicamente, a relação entre as mudanças no uso do solo e a concentração de nitrato ao longo do tempo.

Xu et al. (2007), em estudo similar ao de Drake e Bauder (2005), verificaram os padrões de concentração de nitrato durante um período de 60 anos, em mais de 200 poços situados em Phoenix e arredores (Arizona, EUA), utilizando SIG. Tais informações, combinadas com aquelas referentes aos mapas de uso do solo, nível d'água e aspectos construtivos dos poços, foram usadas para avaliar as mudanças nas concentrações de nitrato e sua relação com o uso do solo e padrões de ocupação urbana.

Adicionalmente, Reynolds-Vargas et al. (2006), verificaram os padrões de concentração de nitrato bem como sua origem nas águas subterrâneas do Vale Central (Costa Rica) através de isótopos estáveis ( $^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$  e  $^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ ) e dados hidrogeoquímicos. Os resultados obtidos apontaram correspondência entre padrões de ocupação urbana e assinatura isotópica do nitrogênio nas águas subterrâneas. Segundo os autores, os processos de urbanização, com o lançamento inadequado dos efluentes, em substituição às plantações de café, são a provável causa do aumento de até 40% nas concentrações de nitrato no aquífero estudado.

Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho é o de apresentar os resultados preliminares das concentrações de nitrato no Sistema Aquífero Bauru em Presidente Prudente, frente ao estilo de ocupação urbana ao longo das últimas décadas.

## 2 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange a área urbana do município de Presidente Prudente, situado no extremo oeste do Estado de São Paulo (Figura 1).

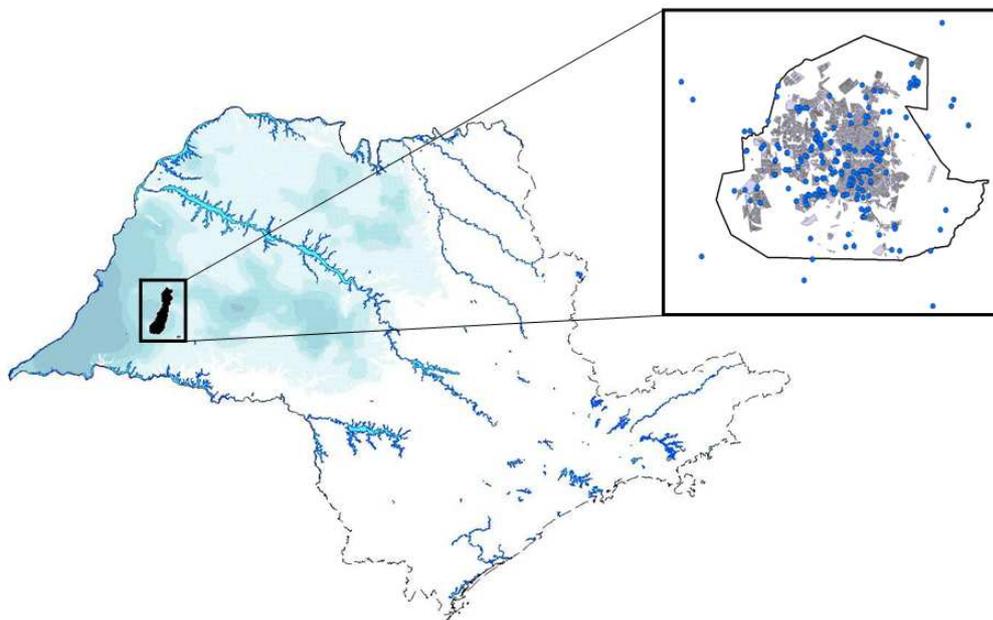


Figura 1. Localização da área de estudo.

Ele possui uma área territorial de 562 km<sup>2</sup>, população de 204.049 habitantes e uma taxa de urbanização de 98,38% (SEADE, 2010). O abastecimento de água é proveniente dos rios do Peixe e Santo Anastácio, bem como de poços tubulares que exploram os sistemas aquíferos Bauru e Guarani. A captação de água totaliza em média 65.000 m<sup>3</sup>/dia, sendo 780 L/s provenientes dos mananciais superficiais e 140 L/s das águas subterrâneas. O saneamento básico no município é realizado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e a rede de esgoto cobre quase a totalidade da cidade, onde os índices de coleta e tratamento atingem 98%.

## 3 - HIDROGEOLOGIA

A unidade litoestratigráfica mais intensamente utilizada pelo usuário privado em Presidente Prudente é o Sistema Aquífero Bauru, representado na região pelos aquíferos Adamantina (aflorante) e o Santo Anastácio (subsuperfície).

O Adamantina é um aquífero do tipo livre, regionalmente semi-confinado, de porosidade primária, lateralmente homogêneo e horizontalmente isotrópico. Ele é representado, na região, pela

ocorrência de arenitos muito finos a médios, cremes a cinzas, bem selecionados. A profundidade máxima local dos sedimentos desta formação é de 110 m, sendo maiores aquelas localizadas na região nordeste da cidade (Figura 2). Os poços tubulares apresentam níveis estáticos que chegam a 68 m.

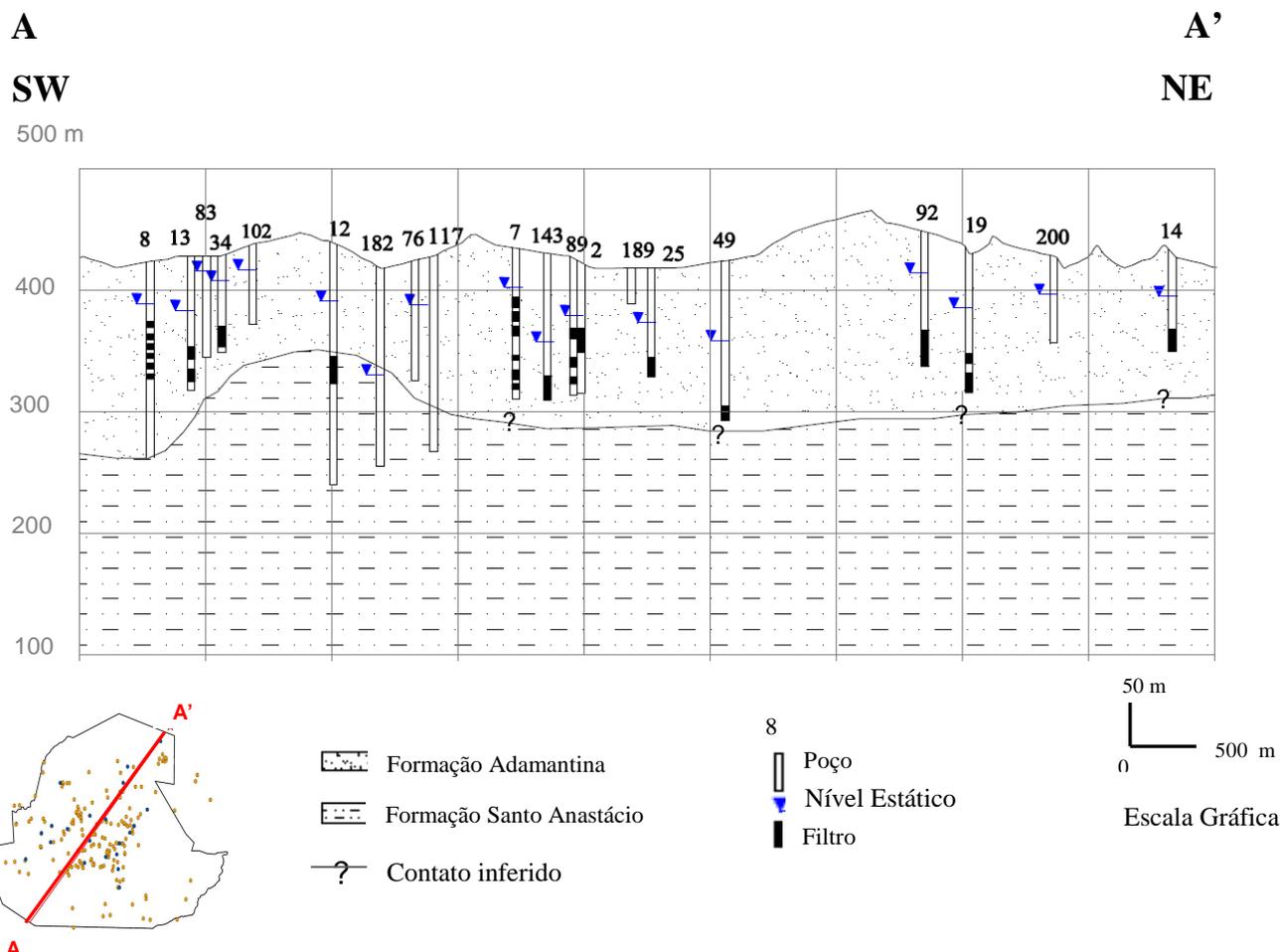


Figura 2. Seção geológica do município de Presidente Prudente a partir dos dados estratigráficos dos poços tubulares situados na área urbana.

Sotoposto ao Aquífero Adamantina, encontra-se o Santo Anastácio, constituído por arenitos vermelhos a roxos, granulação fina a média, baixo conteúdo de argila. Segundo Godoy et al. (2004), os sedimentos deste aquífero apresentam grãos arredondados a sub-arredondados, cobertos por película limonítica e presença frequente de nódulos carbonáticos ou cavidades preenchidas por carbonato de cálcio. O registro dos poços perfurados no município tem mostrado profundidade máxima da ordem de 272 m conforme atestam os poços tubulares da SABESP, perfurados no município. A recarga ocorre pela infiltração da água de chuva em toda a área de exposição dos sedimentos e a descarga local, a oeste do município.

## **4 - MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Cadastro de Poços**

A avaliação expedita dos poços tubulares em Presidente Prudente foi realizada através da consulta ao banco de dados do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), vigilância sanitária municipal, empresas de consultoria e demais órgãos competentes.

Com base nestes levantamentos, uma análise criteriosa foi adotada para a interpretação e reavaliação das informações disponíveis dando especial atenção aos poços que continham as seguintes informações: coordenadas de localização, cota, dados construtivos, parâmetros hidráulicos, descrição litológica e análises químicas.

### **4.2 Evolução Histórica da Ocupação Urbana**

A análise da expansão da mancha urbana foi realizada através dos mapas apresentados por Camargo (2007). Em todas as imagens foi desenhado o perímetro atual da área urbana com o intuito de verificar melhor a distribuição dos poços cadastrados no local e, posteriormente, as concentrações de nitrato nos mesmos.

### **4.3 Coleta e Análises Químicas de Amostras de Água**

Um total de 29 amostras de água foi coletado, até o momento, em 22 poços selecionados através de uma campanha de amostragem (dezembro/2009). Os critérios adotados para a seleção dos poços foram os seguintes: i) distribuição espacial das amostras de forma a obter-se uma regular distribuição de poços na área urbana, ii) concentração anômala de nitrato detectada nos poços, iii) aspectos construtivos dos poços e possibilidade de coleta, quando possível, direto da boca dos mesmos.

A amostragem foi feita através das próprias bombas instaladas nos poços com purga prévia para remoção de água estagnada, equivalente a um volume de poço, conforme os procedimentos descritos pela USEPA (1985). Posteriormente à coleta, as amostras foram filtradas em membranas de acetato celulose (0,45 µm), com o auxílio de bomba a vácuo manual. Estas foram acondicionadas em frascos de polietileno, acidificadas (cátions e série nitrogenada), conservadas em geladeira a 4°C e encaminhadas ao laboratório para análise química.



As águas bicarbonatadas a cloro-nitratadas cálcicas são, em geral, ligeiramente ácidas a alcalinas com valores de pH entre 5,64 e 8,14. O cálcio é o cátion predominante, sendo o bicarbonato e, secundariamente, o nitrato e o cloreto, os ânions.

O nitrato ocorre em altas concentrações, acima do padrão de potabilidade, atingindo valores de até 204 mg/L  $\text{NO}_3^-$ . Isto se deve, provavelmente, à contaminação de origem antrópica (presença de fossas e/ou vazamento da rede de esgoto), que por sua vez, é responsável pelos altos conteúdos de cloreto na água (até 65 mg/L).

As águas bicarbonatadas sódicas apresentaram valores de pH neutro a alcalino, situando-se entre 7,06 e 9,53. Dentre os íons predominantes, destacam-se o sódio e o bicarbonato. O aumento na concentração de sódio a profundidades maiores (até 67 mg/L), seguida da diminuição nos conteúdos de cálcio (até 0,88 mg/L) e magnésio (até 0,086 mg/L), sugere a ocorrência de reações de troca catiônica nas porções mais profundas do aquífero. Tal fenômeno foi apontado por Bertolo et al. (2009) e Bourotte et al. (2009) em estudo hidrogeoquímico do Aquífero Adamantina no município de Urânia, noroeste do Estado de São Paulo. De acordo com estes autores, as reações de troca catiônica ( $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Na}^+$ ) propiciam a diminuição das concentrações de cálcio e parecem controlar a dissolução de minerais carbonáticos presentes nos sedimentos, elevando o pH e as concentrações de bicarbonato (até 239,11 mg/L) na água subterrânea.

Ocorre ainda uma queda acentuada nas concentrações de cloreto (até 1,4 mg/L) e nitrato (até 0,55 mg/L), provavelmente ocasionada por processos de dispersão e diluição. A existência destes dois íons até 150 m de profundidade e a diminuição de suas concentrações em direção às águas mais profundas reforçam a hipótese de origem antrópica para estes íons.

Tal hipótese é também evidenciada pelas matrizes de correlação dos parâmetros químicos e físico-químicos analisados na água em diferentes profundidades, como apresentados nas Tabelas 1 e 2. De acordo com a Tabela 1, que representa os poços com profundidade inferiores a 150 m, notam-se fortes correlações positivas entre nitrato e cloreto, nitrato e condutividade elétrica e condutividade elétrica e cloreto.

Tabela 1. Matriz de correlação das análises químicas dos poços com até 150 m de profundidade.

	pH	T	CE	Eh	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
pH	1,00	0,01	-0,08	-0,44	<b>0,73</b>	-0,12	<b>0,75</b>	<b>-0,58</b>	-0,25	-0,01	-0,28	-0,44
T		1,00	<b>-0,53</b>	-0,08	-0,01	0,11	0,22	-0,01	-0,27	<b>-0,64</b>	-0,37	-0,44
CE			1,00	-0,30	0,16	0,08	-0,05	0,22	<b>0,65</b>	<b>0,72</b>	<b>0,85</b>	<b>0,76</b>
Eh				1,00	-0,40	-0,38	-0,42	0,11	-0,06	-0,33	-0,35	-0,14
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>					1,00	-0,03	0,40	<b>-0,51</b>	0,16	0,34	-0,08	-0,26
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>						1,00	-0,12	-0,03	-0,02	0,18	0,34	-0,11
Na <sup>+</sup>							1,00	-0,24	-0,26	-0,20	-0,20	-0,21
K <sup>+</sup>								1,00	<b>0,62</b>	0,25	0,17	0,45
Mg <sup>2+</sup>									1,00	<b>0,73</b>	0,43	<b>0,51</b>
Ca <sup>2+</sup>										1,00	0,47	<b>0,53</b>
Cl <sup>-</sup>											1,00	<b>0,71</b>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>												1,00

Os valores em negrito indicam correlações com intervalo de significância de 95%, sendo considerados 17 dados de cada parâmetro.  
CE = condutividade elétrica (mS/cm); Eh = mV

Em profundidades superiores a 150 m notam-se correlações negativas entre cloreto, sódio, cálcio e pH, indicando a diminuição da contaminação e o aumento relativo da dissolução de minerais carbonáticos presentes na matriz dos sedimentos. Por sua vez, as correlações negativas entre magnésio e sódio, cálcio e sódio mostram a provável ocorrência de processos de troca catiônica entre estes íons.

Tabela 2. Matriz de correlação das análises químicas dos poços maiores que 150 m de profundidade.

	pH	T	CE	Eh	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
pH	1,00	0,51	-0,54	<b>-0,95</b>	-0,28	0,17	<b>0,94</b>	<b>-0,98</b>	<b>-0,96</b>	<b>-0,96</b>	<b>-0,84</b>	0,18
T		1,00	0,13	-0,39	0,44	0,04	0,72	-0,48	-0,57	-0,48	-0,37	-0,35
CE			1,00	0,74	<b>0,84</b>	0,25	-0,35	0,66	0,65	0,70	0,67	-0,36
Eh				1,00	0,43	-0,17	<b>-0,86</b>	<b>0,98</b>	<b>0,95</b>	<b>0,98</b>	<b>0,84</b>	-0,14
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>					1,00	0,43	0,01	0,35	0,36	0,38	0,33	-0,75
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>						1,00	0,20	-0,12	0,02	-0,08	-0,03	-0,53
Na <sup>+</sup>							1,00	<b>-0,92</b>	<b>-0,91</b>	<b>-0,91</b>	<b>-0,78</b>	-0,08
K <sup>+</sup>								1,00	<b>0,98</b>	<b>1,00</b>	<b>0,87</b>	-0,14
Mg <sup>2+</sup>									1,00	<b>0,98</b>	<b>0,86</b>	-0,17
Ca <sup>2+</sup>										1,00	0,88	-0,12
Cl <sup>-</sup>											1,00	0,02
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>												1,00

Os valores em negrito indicam correlações com intervalo de significância de 95%, sendo considerados 07 dados de cada parâmetro.  
CE = condutividade elétrica (mS/cm); Eh = mV

Quanto aos demais compostos da série nitrogenada (nitrogênio orgânico, amônio, nitrito), eles estiveram abaixo do limite de detecção, denotando um ambiente oxidante para toda a área de estudo além de propiciar a existência de nitrato de forma abundante e estável.

A seguir, a Tabela 3 resume os possíveis processos que ocorrem em diferentes profundidades do aquífero:

Tabela 3. Resumo das principais características hidrogeoquímicas das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru em Presidente Prudente.

	Profundidade do aquífero	
	50-150 m	>150 m
<b>Ambiente</b>	águas ácidas e meio oxidante	águas alcalinas e meio oxidante
<b>Tipo de água</b>	cloro-nitratada a bicarbonatada cálcica	bicarbonatada sódica
<b>Cátions</b>	$\uparrow\text{Ca}^{2+}$ ; $\uparrow\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ e $\text{K}^+$	$\uparrow\text{Na}^+$ $\downarrow\text{Ca}^{2+}$ ; $\downarrow\text{Mg}^{2+}$
<b>Ânions</b>	$\text{NO}_3^- > \text{HCO}_3^-$ e $\text{Cl}^-$	$\uparrow\text{HCO}_3^-$ $\downarrow\text{NO}_3^-$ ; $\downarrow\text{Cl}^-$
<b>Possíveis processos</b>	Concentrações de $\text{NO}_3^-$ , $\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$ atribuídos à contaminação antrópica (fossas, fuga da rede de esgoto).	Água apresenta baixa concentração de contaminantes (dispersão e diluição). Reações de troca catiônica de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$ por $\text{Na}^+$ . Dissolução de minerais carbonáticos, aumento do pH e $\text{HCO}_3^-$ .

## 5.2 Expansão urbana e concentrações de nitrato

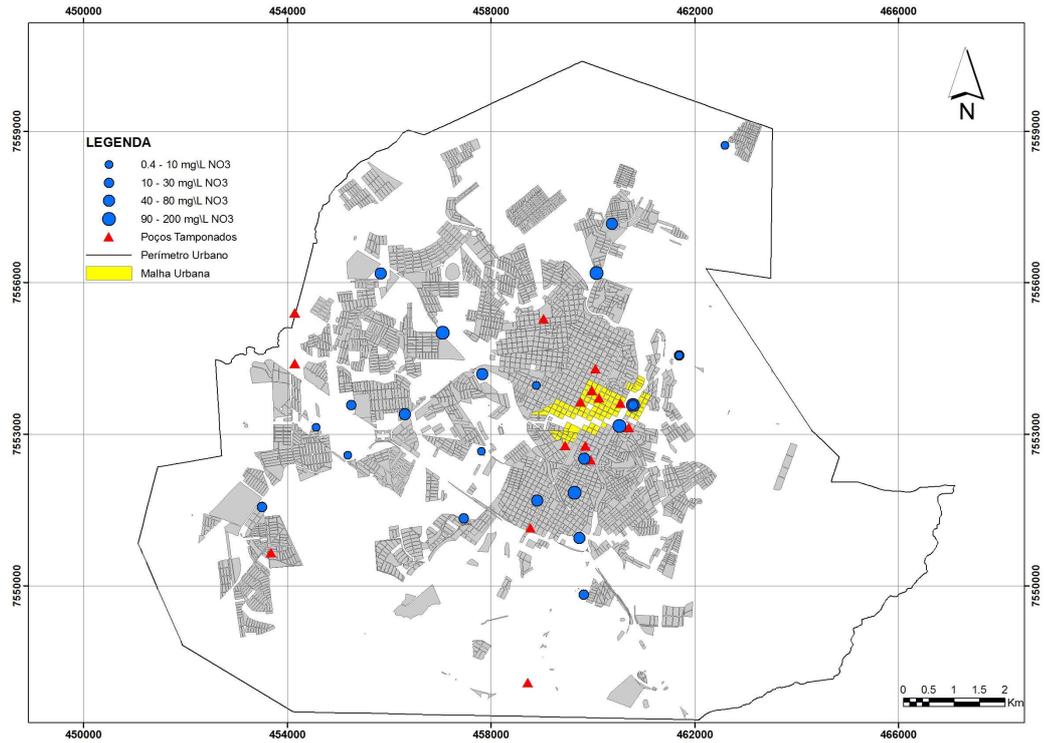
O processo de urbanização do município de Presidente Prudente teve início em meados da década de 30, a partir da crise cafeeira e implantação das primeiras indústrias na região. Esta expansão prosseguiu nas décadas posteriores para a zona oeste da cidade (Camargo, 2007). A partir da década de 70, houve uma expressiva ampliação da malha urbana, ocasionada pela proliferação de loteamentos.

Nos anos 80, a cidade possuía 129.255 habitantes e uma taxa de urbanização de 94,74% (SEADE, 2010). Nesta época a expansão territorial urbana atingiu as áreas das bacias de mananciais superficiais utilizados no abastecimento público. Nesta época houve também a expansão da rede de esgoto na cidade.

Nos anos 2000, a cidade manteve uma leve expansão, principalmente no sentido noroeste com um aumento da população para 204.049 habitantes em 2009 (SEADE, 2010) numa área de 47.204.837 m<sup>2</sup>. A rede coletora de esgotos atende, atualmente, 98% da área. A Figura 4 ilustra a configuração da mancha urbana entre o período de 1939 e 2004.

De acordo com a Figura 4, a maioria dos poços com elevadas concentrações de nitrato (até 204 mg/L) está localizada na área mais antiga e de maior adensamento urbano da cidade, abrangendo, por exemplo, os bairros de Vila Marcondes; Centro; Vila Brasil, Vila Industrial e Vila São Jorge. Estas regiões já contavam com sistema de rede de esgoto antes da década de 80, o que sugere que a contaminação pode ser anterior à implantação desta e/ou oriunda de fugas da rede. O maior adensamento também seria responsável pela maior carga de nitrogênio, ainda presente no aquífero.

1939



2004

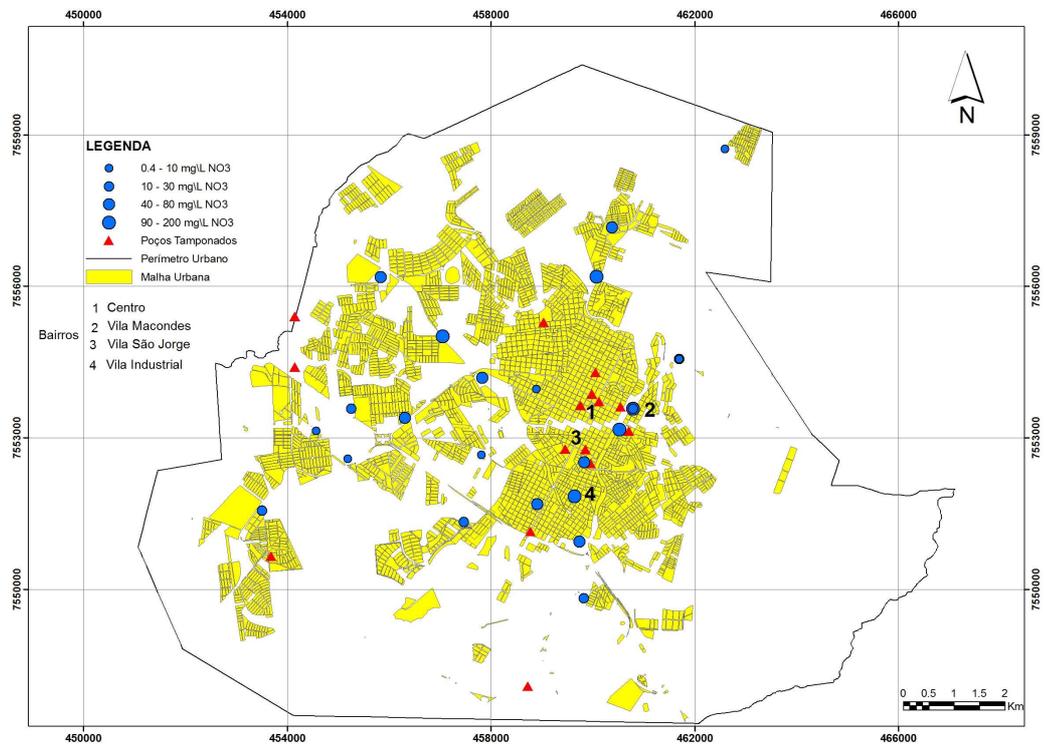


Figura 4. Evolução da mancha urbana do município de Presidente Prudente (adaptado de Camargo, 2007).

## 6 - CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a área urbana de Presidente Prudente encontra-se extensivamente contaminada por nitrato (até 204 mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). As maiores concentrações deste contaminante foram observadas na região mais antiga e central da cidade e de maior adensamento urbano. Estas concentrações estão ainda restritas às profundidades de até 150 m. Contudo, são necessários estudos mais detalhados para avaliar a evolução do nitrato nas águas subterrâneas frente à expansão urbana.

## 7 - AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar seus sinceros agradecimentos à FAPESP pelo financiamento do projeto (Processo 09/05840-1) e à CAPES pela concessão de bolsa de mestrado da segunda autora; e também aos funcionários do DAEE, SABESP, Vigilância Sanitária, pelos dados fornecidos e pela estrutura para a execução das etapas de campo do projeto.

## 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21<sup>a</sup> ed. Washington DC, American Water Works Association and Water Environment Federation. 1600p.
- Bertolo, R.A., Marcolan, L.N.O., Bourotte, C.L.M. 2009. Relações Água-Rocha e a Hidrogeoquímica do Cromo na Água Subterrânea de Poços de Monitoramento Multiníveis de Urânia, SP, Brasil. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, vol. 9, n. 2, p. 47-62.
- Bourotte, C., Bertolo, R., Almodóvar, M., Hirata, R. 2009. Natural Occurrence of Hexavalent Chromium in a Sedimentary Aquifer in Urania, State of São Paulo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 81, n. 2, p. 227-242.
- Cagnon F., Hirata, R. 2004. Source of Nitrate in the Groundwater of Adamantina Aquifer in Urania, SP – Brazil. In: XXXIII INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROGEOLOGISTS (IAH) CONGRESS, Zacatecas, 2004. *Anais. Zacatecas, IAH. (CD-ROM)*.
- Camargo, C.E.S. 2007. Qualidade Ambiental Urbana em Presidente Prudente/SP. Presidente Prudente, 149p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2007. Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo 2004-2006. São Paulo, CETESB. 199p.

Drake, V.M., Bauder, J.W. 2005. Ground Water Nitrate-nitrogen Trends in Relation to Urban Development, Helena Montana, 1971-2003. Ground Water Monitoring and Remediation, vol. 25, n. 2, p. 118-130.

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados - SEADE 2010. São Paulo em Dados. Disponível em: <http://www.seade.gov.br>. Acesso em abril de 2010.

Godoy, M.T.F, Boin, M., Sanaiotti, D., Silva, J. 2004. Contaminação das Águas Subterrâneas por Nitrato em Presidente Prudente – SP, Brasil. Revista Instituto Adolfo Lutz, vol. 63, n. 2, p. 208-214.

Lowe, M., Wallace, J., Bishop, C.E. 2000. Analysis of Septic Tank Density for Three Areas in Cedar Valley, Iron County, Utah - A Case Study for Evaluations of Proposed Subdivisions in Cedar Valley. Water Resource Bulletin, v. 27. Salt Lake City, Utah. Utah Geological Survey.

Reynolds-Vargas, J., Fraile, J., Hirata, R. 2006. Trends in Nitrate Concentrations and Determination of their Origin Using Stable Isotopes ( $^{18}\text{O}$  and  $^{15}\text{N}$ ) in Groundwater of the Western Central Valley, Costa Rica. Ambio: A Journal of the Human Environment, vol. 35, n. 5, p. 229–236.

United States Environmental Protection Agency. 1985. Practical Guide for Groundwater Sampling. URL <http://www.epa.gov/swrust1/cat/pracgw.pdf>.

United States Environmental Protection Agency. 2001. Drinking Water Regulations and Health Advisories. USEPA. Disponível em: <http://www.epa.gov>.

Xu, Y., Baker, L.A., Johnson, P.C. 2007. Trends in Ground Water Nitrate Contamination in the Phoenix, Arizona Region. Ground Water Monitoring and Remediation, vol. 27, n. 2, p. 49-56.