

# INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE BAURU

Giselda Passos Giafferis<sup>[1]</sup> ; Eduardo Luiz de Oliveira<sup>[2]</sup>

## RESUMO

Existem hoje uma grande reserva de água doce estocada no subsolo da Terra. Por uma série de fatores que restringem a utilização das águas superficiais, a água subterrânea está se constituindo na alternativa mais viável aos usuários. Muitas cidades de porte variado são totalmente abastecidas exclusivamente por águas subterrâneas no Brasil, segundo ALBUQUERQUE E OLIVEIRA (1999). Assim, tem como objetivos neste trabalho: a) efetuar uma pesquisa de campo para estudar a ocorrência de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos em Bauru, mediante análise das águas dos principais pontos existentes; b) elaborar a classificação das águas dos principais poços, segundo o grau de contaminação; c) definir áreas de possíveis fontes de risco de contaminação e sugerir medidas preventivas. Das vinte e seis amostras analisadas, 69,23% deram resultados preocupantes quanto à qualidade das águas subterrâneas por presença de nitrato, sendo 19,23% com concentrações acima do permitido pela legislação, 50% com valores dentro dos padrões permitidos pela portaria do Ministério da Saúde 518 (10 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N ou 45 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), mas com indicação de início de contaminação por nitrato e somente 30,77% das amostras não apresentaram comprometimento.

Palavras-chave: Contaminação de águas subterrâneas, município de Bauru, águas subterrâneas.

## ABSTRACT

They today exist a great water hold candy stored in the subsoil of the Land. For a series of factors that restrict the use of superficial waters, the underground water is if constituting in the alternative most viable the users. Many cities of varied population are supplied exclusively by underground waters in Brazil, according to ALBURQUERQUE and OLIVEIRA (1999). Thus, it has as objective in this work: a)make a field research to study the occurrence of contamination of the underground water resources in Bauru, by means of analysis of the waters of the main exitent points; b)elaborate the classification of the waters of the main wells, according to the degree of contamination and c) define areas of possible sources of risk of contamination and to suggest preventive measures. Of the

<sup>[1]</sup> Bioquímica do Departamento de Água e Esgoto de Bauru, Rua Padre João nº 11-25, Altos da Cidade, CEP. 17043-020, Bauru/SP, (0XX14) 3235-6177, [giseldapg@daebauru.com.br](mailto:giseldapg@daebauru.com.br) ;

<sup>[2]</sup> Prof. Doutor – Departamento de Engenharia Civil, UNESP – Bauru, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube 14-01 – CEP 17033-360 F. (14) 3103 6112, [eduoliv@feb.unesp.br](mailto:eduoliv@feb.unesp.br)

twenty-six analyzed samples, 69,23% gave preoccupying results with relationship to the quality of the underground waters for presence of nitrate, being 19,23% with concentrations above allowed him for the legislation, 50% with values inside patterns allowed by the entrance of the Ministry of the Health 518 (10 mg/l NO<sub>3</sub> - N ou 45 mg/l NO<sub>3</sub>), but with indication at the beginning of contamination for nitrate and only 30,77% of the samples didn't present contamination.

Key-words: Contamination of underground waters, city of Bauru, underground waters.

## 1- Introdução.

A consciência ecológica que emerge na atualidade é a resposta das pessoas que sentem-se responsáveis pelo futuro do planeta. O globo terrestre tem sofrido mudanças advindas da deterioração do seu espaço natural.

O volume de água doce do mundo estocado no subsolo recebem cerca de 97% desses recursos disponíveis na Terra. Os níveis de utilização das águas subterrâneas no mundo em geral e no Brasil, em particular, são ainda relativamente modestos e muito variáveis, apesar do forte crescimento de seu consumo nas últimas décadas nos países desenvolvidos, segundo ALBURQUERQUE e OLIVEIRA (1999).

Apesar da grande quantidade de água doce, a Organização das Nações Unidas (ONU), há pelo menos trinta anos, prevê uma crise de abastecimento. A perspectiva é a de que, na próxima década, a falta de água atinja proporções inéditas, com a demanda superando a oferta anual de 9 mil quilômetros cúbicos (km<sup>3</sup>).

A situação de consumo de água no mundo no ano de 1940 era de 1000 quilômetros cúbicos por ano (km<sup>3</sup>/ano); em 1960 era de 2000 km<sup>3</sup>/ano; em 1990 de 4130 km<sup>3</sup>/ano e em 2000 está estimado em 5190 km<sup>3</sup>/ano.

A década passada foi toda dedicada a estudos da água, e 1998 foi o Ano Internacional dos Oceanos. A expectativa dos especialistas da ONU era a de que, ao longo dos anos 90, fossem erradicadas inúmeras doenças ligadas a má qualidade das águas, entre elas a cólera e a disenteria. Especialistas do Cairo calculam que serão necessários entre U\$ 600 bilhões e U\$ 800 bilhões nos próximos dez anos para amenizar a crise de água em todo o mundo. O costa-riquenho Manuel Dengo, do Departamento de Assuntos Sociais e Econômico da ONU, estima que 5,3 milhões de pessoas, a maioria crianças, morrem todos os anos em consequência de doenças provocadas por água contaminada conforme dispõe o PANORAMA SETORIAL (1999).

As águas subterrâneas constituem a maior reserva estratégica de água doce do planeta, sendo que no Brasil as reservas são estimadas em 112 trilhões de metros cúbicos ( $m^3$ ), com uma disponibilidade de 5.000 metros cúbicos por habitantes ( $m^3/hab$ ) por ano, como mostra REBOUÇAS (1996).

Foram os chineses há sete mil anos, que começaram a cavar poços para alcançar as águas subterrâneas. A América do Sul é o continente mais rico do planeta em recursos hídricos, avaliados em 334 mil metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ). Deste volume, o Brasil participa com 179.900  $m^3/s$  ou 12% do total mundial, que soma 1.484.000  $m^3/s$ , conforme estudos de LOPES (1999).

A partir da década de 70 acentuou-se o desenvolvimento da exploração de águas subterrâneas no Brasil. Estima-se hoje, a existência de 200.000 poços tubulares ativos (além de milhões de poços rasos escavados), que fornecem água para os diversos fins, sobretudo para o abastecimento urbano, conforme evidenciam os estudos da CETESB, SEMA, IG, DAEE (1997).

Muitas cidades atualmente, de porte variado são totalmente abastecidas exclusivamente por águas subterrâneas. Indústrias e pólos agro-pecuários são atendidos por este manancial. Por uma série de fatores que restringem a utilização das águas superficiais, bem como o crescente aumento do custo do seu tratamento e com o aumento da concentração demográfica e expansão econômica, a água subterrânea se constitui na alternativa mais viável aos usuários e vem apresentando uso crescente.

Segundo dados de levantamentos feito pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, estima-se que no Estado de São Paulo, 60,5% dos núcleos urbanos são servidos exclusivamente (45,4%) ou parcialmente (15,1%) por fontes subterrâneas. As cifras se tornam mais expressivas quando analisados os municípios do Oeste do Estado, compreendidos nas bacias dos rios Aguapeí (91,3%), Turvo Grande (79,1%), Baixo Tietê (78,6%) e Tietê-Batalha (75,6%).

Todavia, a hidrogeologia como ciência carece de investimentos para aprofundar o nível de conhecimento técnico-científico que possibilite avanços na exploração, aproveitamento e proteção do recurso. A falta de instrumentos legais e normas técnicas estão colocando em risco os nossos principais aquíferos, pois não há limitações para uso nem normas de proteção. Em diferentes áreas do território nacional, os aquíferos ficam sujeitos aos impactos de extração descontrolada e da ocupação indisciplinada do solo, que põem em risco a qualidade das águas.

Em geral, a poluição das águas subterrâneas se concentra mais em áreas urbanas, onde se encontram grandes volumes de fontes de poluição, como esgotos não tratados e lixões. O risco aumenta quando o subsolo é mais permeável ou muito fissurado. Na maioria dos casos, os efeitos

da poluição do subsolo processam-se de uma forma lenta, mas contínua. Se não for eliminados o risco com uma certa antecedência, pode haver a perda completa do manancial e, conforme o caso, dos mananciais vizinhos também.

A contaminação mais comum das águas subterrâneas está associada com o saneamento de áreas que não contam com esgoto, a disposição final de efluentes líquidos industriais e as atuais práticas de cultivo agrícola. O crescente aumento das concentrações de nitratos em águas subterrâneas e os frequentes episódios de penetração na subsuperfície de hidrocarburetos halogenados voláteis colocam em sério perigo a qualidade da água potável em relação aos atuais parâmetros de potabilidade das águas estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

O monitoramento das cargas de poluição e da qualidade da água subterrânea é o principal instrumento utilizado no controle dessas águas. Através desse sistema é possível verificar a qualidade e avaliar a eficácia dos controles e com isto alertar antecipadamente casos ou tendências de deterioração crítica da qualidade da água em locais específicos.

Uma das tendências menos visíveis, configurando nosso futuro é a queda dos lençóis freáticos. A exaustão dos aquíferos é um problema novo, restrito principalmente à última metade do século, quando o uso de bombas com propulsão a óleo a diesel e elétricas viabilizaram a extração da água subterrânea num ritmo que excede a carga natural da chuva e o degelo da neve.

Torna-se necessário o controle, a fiscalização e a proibição de perfurações desenfreadas de poços que possam fazer levar à exaustão dos aquíferos.

A exploração da água subterrânea sem nenhuma avaliação do impacto sobre os lençóis, vem preocupando a população e governos, que começam a perceber os efeitos negativos vinculados à falta de regras de planejamento e gestão.

Esses principais elementos motivaram este estudo, que contém os seguintes objetivos:

- a) efetuar uma pesquisa de campo para estudar a ocorrência de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos em Bauru, mediante análises das águas dos principais poços existentes nas regiões de riscos;
- b) elaborar a classificação das águas dos principais poços, segundo o grau de contaminação;
- c) definir áreas de possíveis fontes de risco de contaminação e sugerir medidas preventivas.

## **2- Materiais e Métodos.**

Foram identificados vinte e seis pontos considerados críticos no município de Bauru, em relação ao risco de contaminação do lençol freático, em decorrência da percolação de materiais e substâncias no solo e sub-solo. De forma intencional, foram indicados vinte e seis poços localizados

próximos desses pontos, nos quais foi realizada uma análise por ponto, considerando-se: temperatura da água e do ar, chuvas nas últimas 24 horas, características físicas e organolépticas, características químicas e análise bacteriológica.

Os seguintes parâmetros foram selecionados para a análise da qualidade das águas:

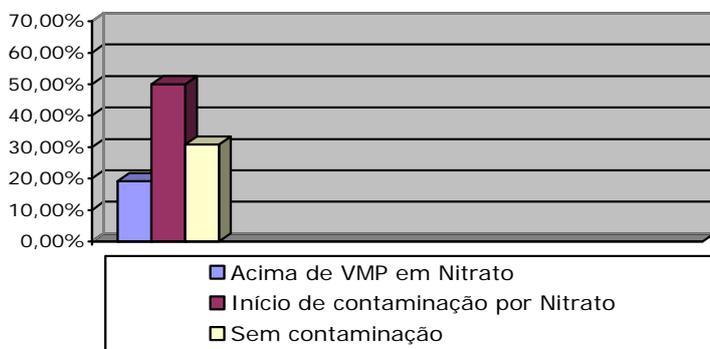
- contaminação com concentração acima de 10 mg/l de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) e por bactérias do tipo coliformes totais e/ou fecais;
- contaminação com concentração acima de 10 mg/l de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) ;
- contaminação com concentração de 1,0 a 10 mg/l de nitrato ( $\text{NH}_4$ ) e por bactérias do tipo coliformes totais e/ou fecais;
- contaminação com concentração de 1,0 a 10 mg/l de nitrato ( $\text{NH}_4$ );
- poços sem contaminação.

As amostras das águas dos poços foram coletadas conforme as normas técnicas vigentes, sendo que a metodologia utilizada para a análise dos parâmetros amostrados seguiu as indicações do STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER OF AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1995) e outras metodologias apropriadas e recomendadas pelos órgãos oficiais responsáveis.

### 3- Resultados e discussão.

Das vinte e seis amostras analisadas, 69,23% indicaram resultados preocupantes quanto à qualidade das águas subterrâneas por presença de nitrato, sendo 19,23% com concentrações acima do permitido pela legislação, 50% com valores dentro dos padrões permitidos pela portaria do Ministério da Saúde 518 de 25/03/2004 (10 mg/l  $\text{NO}_3^-$  - N ou 45 mg/l  $\text{NO}_3^-$ ), mas com indicação de início de contaminação por nitrato. Somente 30,77% das amostras não apresentaram problemas, conforme pode ser verificado no Gráfico 1.

**Gráfico 1 – Resultados das amostras das águas subterrâneas no município de Bauru.**



Analisando-se os pontos, observa-se que a área mais crítica está na região central da cidade, sugerindo fontes de poluição urbana.

Conforme Tabela 1, obtiveram-se valores de nitrato acima de 10mg/l, fora dos Valores Máximos Permissíveis (VMP) da legislação, em quatro poços, acompanhado de contaminação por bactérias coliformes totais. Assim como o nitrato, as concentrações de cloreto apresentaram-se dentro dos VMP, mas reforçam as evidências de poluição urbana, sendo os resultados mais elevados conjuntamente com o nitrato.

Esta alta concentração de cloreto de sódio (22,8 mg/l) enfatiza a contaminação dos poços, sugerindo que pode ser ocasionado por redes de esgotos. Todos os poços apresentaram baixas concentrações de nitrito e nitrogênio amoniacal, o que evidencia que o meio é bastante oxidante, facilitando a nitrificação.

Observa-se que 80,77% das amostras de água apresentaram os resultados de pH entre 5,2 e 7,32, demonstrando, devido as características regionais apresentadas, ser esta proveniente do aquífero Bauru. Nos outros pontos, o pH teve valores acima de 8,0 caracterizando pelas mesmas circunstâncias ser do aquífero Pirambóia/ Botucatu.

Em treze amostras, considerando valores a partir de 3,0 mg/l de  $\text{NO}_3^-$ , quatro delas apresentaram quantidades significativas de nitrato, porém dentro dos VMP e ainda a presença de bactérias do tipo coliformes totais e ou fecais; em outras dez amostras, a presença de nitrato permaneceu dentro dos VMP, porém sem contaminação por bactérias coliformes de qualquer tipo. Estes valores devem ser levados em consideração, mesmo atendendo a legislação, pois indica possível início de contaminação.

Em três amostras, verificou-se a presença de compostos orgânicos, como hidrocarbonetos, porém com valores dentro dos padrões de potabilidade. Observou-se também, presença de compostos terpênicos, que são compostos existentes em óleos de diversas essências, podendo ser proveniente de produtos do tipo detergentes, shampoos, álcool aromatizado, ou mesmo, plantas naturais como eucalipto, pinho e outros.

O ponto 19 apresentou valores de pesticidas dentro dos VMP, não sendo detectado este parâmetro em nenhum outro ponto. O pH neste ponto teve valor de 9,28 demonstrando características do aquífero Pirambóia/Botucatu e verificou-se ter 2,5 mg/l de nitrato ( $\text{NO}_3$ ), com presença de contaminação por bactérias coliformes totais e fecais. Conforme informações obtidas junto ao proprietário dessa fonte, trata-se de poço raso, com vazão pequena.

A amostra de água do ponto 22, indicou o valor de 3,9 mg/l de nitrogênio em nitrato e pH 7,1. Pelas informações levantadas, trata-se de poço profundo, aproximadamente 300 metros, sendo água do aquífero Guarani.

**Tabela 1 - Resultados físico-químicos e bacteriológicos das amostras de águas subterrâneas no município de Bauru.**

<b>PONTOS AMOSTRADOS</b>	<b>pH</b>	<b>NITRATO (mg/l)</b>	<b>COLIFORMES TOTAIS e/ou FECAIS (UFC/100 ml)</b>	<b>SÓDIO (mg/l)</b>	<b>CLORETO (mg/l)</b>
1	6,02	3,7	0		7,65
2	6,14	0,2	0		3,6
3	6,15	2,0	1		1,8
4	9,83	0,1	0		1,8
5	5,23	2,2	0		8,1
6	5,4	0,1	0		13,5
7	9,09	0	0		5,83
8	6,42	1,6	0		4,95
9	7,32	3,5	2 (totais)		11,7
10	5,07	0	0		13,95
11	6,87	11,6	3,1	6,8	13,95
12	6,19	9,6	5,2	6,3	9,0
13	5,26	10,8	0	10,2	8,55
14	8,2	2,8	0	10,8	5,85
15	6,16	11,8	2.149,2 (totais)	15,5	21,6
16	8,27	3,4	0	1,9	7,65
17	5,4	0,4	0	16,2	8,55
18	5,63	7,6	0		4,5
19	9,28	2,5	2/1 (totais-fecais)	10,9	2,25
20	5,2	9,7	0		10,35
21	7,1	26,4	7,4	22,8	27,9
22	7,1	3,9	0	17,1	5,4
23	5,49	4,2	0		4,5
24	5,4	0,8	0		6,75
25	5,67	0,6	0		9,9
26	5,64	12,8	12,2		11,25

Nos resultados de nitrato pode-se verificar valores até 26 mg/l, considerados elevados pela legislação, podendo caracterizar poluição urbana. Por intermédio de sobreposição de informações realizadas nas áreas próximas a estes poços, verificou-se que os mesmos encontram-se em áreas onde as redes de esgoto sanitário são mais antigas, podendo sugerir que está havendo contaminação proveniente destas redes, pois as mesmas sofrem freqüentes rupturas e reparos com o passar do tempo.

É recomendável que seja realizado um estudo detalhado e específico, com o objetivo de verificar a caracterização geofísica das áreas críticas, a extensão da pluma de contaminação para definir com precisão os focos de poluição. Outro fator importante a ser considerado é que por toda a área central, também passam os córregos afluentes do Rio Bauru, os quais recebem os esgotos “in natura” e podem estar causando infiltrações que possam atingir os aquíferos.

Devem ser utilizadas novas tecnologias, como modelo matemático de simulação, para verificação das falhas geológicas, rebaixamento de níveis e etc, conforme vem sendo realizado pelo Departamento de Água e Esgoto de Bauru – DAE, o qual dará segurança aos dados sobre os locais onde o aquífero Guarani está mais exposto. Através desse modelo matemático poderá ser avaliado a influência e os riscos da contaminação por nitrato, verificando a situação da poluição das águas subterrâneas nas áreas de risco, prevendo através de simulações, os riscos futuros para auxiliar nas decisões relacionadas às medidas corretivas necessárias, para impedir a deterioração da qualidade da água subterrânea e preservá-la como recurso seguro.

O monitoramento sistemático da qualidade das águas subterrâneas destes poços, avaliando a evolução das concentrações de contaminantes como íons  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{Na}^+$ , será muito importante para o controle dos mesmos.

Com relação aos compostos terpênicos encontrados em algumas amostras coletadas de locais com presença de tanques de combustíveis, sugere-se que haja uma continuidade de pesquisa nesses poços com levantamento de mais informações, inclusive do local, para verificar essas ocorrências.

Os órgãos públicos, principalmente o DAE, que utiliza essas águas subterrâneas para distribuição, deveria elaborar uma política que viesse a impedir, a construção de poços e instalações que possam criar fontes pontuais de poluição significativa em áreas críticas. É relevante a tomada de atitudes que evitem a possibilidade de que as áreas contaminadas venham a atingir os poços existentes ou aqueles planejados.

#### **4- Conclusões.**

A pesquisa de campo possibilitou a verificação da contaminação ocorrente nos recursos hídricos subterrâneos.

Os resultados obtidos demonstram o comprometimento do aquífero Bauru, que coloca em risco o aquífero Guarani, por apresentar as possibilidades de existência de falhas geológicas, de sistemas de fraturamento e da sua grande exploração, podendo futuramente atingir seriamente este manancial subterrâneo que abastece, atualmente, 60% da cidade de Bauru.

O nitrogênio foi considerado o principal agente poluidor das águas subterrâneas nas áreas em estudo, ocorrendo pela combinação da sua existência em altas cargas nos pontos poluídos e da alta capacidade de penetração do íon nitrato (NO<sub>3</sub>-), através da camada não saturada.

A maioria dos poços contaminados se encontram na região central da cidade, evidenciando infiltração por redes de esgotos antigas ou dos córregos poluídos que cortam toda a cidade de Bauru.

O estudo possibilitou também, a determinação dos pontos que sugerem ser focos de poluição dos aquíferos como: área industrial, depósitos e distribuidores de combustíveis, lixões, aterro sanitário, rios e córregos poluídos, cemitérios, e outros, os quais foram devidamente registrados em mapas.

Tornou-se preocupante, o fato de que pontos citados nos resultados, como os 19 e 22, pertençam ao aquífero Guarani, apresentando índices de contaminação por nitrato.

Sugere-se que o Departamento de Água e Esgoto de Bauru - DAE, como órgão público mais envolvido nesse processo, tome as seguintes providências para se avaliar a real extensão dos problemas e proteger assim este importante manancial para a cidade:

- a) definir as áreas críticas que possuam máximo grau de perigo às águas subterrâneas;
- b) obter dados dos poços comprometidos como vazão, profundidade e perfil geológico;
- c) fiscalizar e avaliar os poços com contaminação abaixo dos VMP, para que não ultrapassem as cargas máximas;
- d) efetuar estudo mais detalhado para verificar essas possíveis fontes; e) avaliar a extensão da pluma de contaminação;
- e) impedir a perfuração de novos poços dentro da área de influência;
- f) efetuar um levantamento cuidadoso dos poços desativados e providenciar a lacração de acordo com as normas técnicas sanitárias ambientais.

## **5- Referências Bibliográficas.**

1. Albuquerque HJTR, Oliveira JEC. A importância das águas subterrâneas. **Rev. Abastece**. 1999; Ano I N° 4.
2. CETESB, SEMA, IG, DAEE. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrânea no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB; 1997.

3. CETESB. **Uso das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB; 1997, p. 48.
4. DAE. **Relação de Cadastramento de poços e usuários de recursos hídricos.** Bauru: Departamento de Água e Esgoto de Bauru; 2000.
5. Panorama Setorial-Gazeta Mercantil. **Abastecimento: água potável está próxima do Esgotamento.** São Paulo: Gazeta Mercantil p. 15. 1999
6. Rebouças AC. Diagnóstico do setor de hidrogeologia do Brasil. **Bol. Técnico da ABAS.** 1996; N° 3: p. 46.
7. Silva FP. Exploração do Sistema Aquífero Botucatu na cidade de Bauru-SP: O condicionamento tectônico na avaliação do potencial hídrico da área. In: **Anais do 5º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 1988; São Paulo, São Paulo: ABAS; 1988.
8. Lopes M. **Folha do Meio Ambiente.** 1999; n°. 94, p. 22 e 23.
9. Deaton AD, Clesceri LS, Greenberg AE. **Standard Methods for examination of water and wastewater.** 19<sup>th</sup>. USA: AWWA, WEF, APHA. 1995.