

## AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO POR ESGOTO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA CIDADE DE BARREIRAS/BA

Anete Dutra Meira Vieira <sup>1\*</sup>; Oldair Donizeti Leite <sup>2</sup>; Jorge Luís Oliveira Santos <sup>2</sup>; Marília Cunha Almeida <sup>2</sup>; Lennon George <sup>2</sup>

**Resumo** – A carga poluidora de esgotos constitui-se em um importante fator de contaminação das águas subterrâneas em áreas urbanas. Neste trabalho foi avaliada a qualidade das águas subterrâneas na área urbana da cidade de Barreiras-BA considerando os parâmetros indicadores de contaminação por esgoto: pH, concentração de nitrato, avaliação de presença/ausência de coliformes totais e *E.coli*. As amostras foram coletadas em poços rasos e profundos, nos períodos seco (Setembro/2012) e chuvoso (Março/2013). De acordo com concentrações de nitrato observadas e o indicador de contaminação fecal, evidenciou-se que maioria dos poços rasos está recebendo contaminação por esgoto. Nos poços profundos, a contaminação por esgoto pôde ser de modo geral atribuída à presença de coliformes totais em 84% dos poços e, *E.coli* 69%. Na área de ocupação mais antiga da cidade, foram verificadas as maiores concentrações de nitrato deste estudo: 36,8 mg de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> em um poço raso e 51,0 mg de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> em um poço profundo.

**Palavras-Chave** – Nitrato, água subterrânea, contaminação.

## ASSESSMENT OF INDICATORS OF SEWAGE CONTAMINATION IN GROUNDWATER IN THE BARREIRAS/BA CITY

**Abstract** – The pollution load of sewage constitutes an important factor in contamination of groundwater in urban areas. In this study, we evaluated the quality of groundwater in the urban area of Barreiras-BA considering the parameters indicating contamination by sewage: pH, nitrate concentration, assessment of the presence / absence of total coliforms and *E.coli*. The samples were collected from shallow and deep wells during the dry (September/2012) and rainy (March/2013). According nitrate concentrations observed and the indicator of fecal contamination, showed that most shallow wells are getting contaminated by sewage. In deep wells, sewage contamination could be generally attributed to the presence of total coliforms in 84% of the wells and *E.coli* 69%. In the earliest occupation of the city, were found the highest concentrations of nitrate in this study: 36.8 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> in a shallow well and 51.0 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> in a deep well.

**Keywords** – Nitrate, groundwater, contamination.

## INTRODUÇÃO

A utilização de água subterrânea para diversos fins tem crescido no Brasil e no mundo (Cardoso *et al.*, 2008). Tal expansão acompanhada da construção de poços sem os critérios técnicos adequados são fatores que influenciam na qualidade das águas subterrâneas. Pois os poços mal construídos, sem vedação, assim como aqueles que são locados próximos a fossas, cemitérios, postos de combustíveis e depósitos de lixo são vulneráveis à contaminação (Conejo *et al.*, 2007).

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia/UFBA, Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável/ICADS; e-mail: anete.meira@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia/UFBA, Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável/ICADS; e-mail: oldair.leite@gmail.com

\* Autor Correspondente

No contexto urbano são observados impactos tanto sobre a quantidade quanto a qualidade dos mananciais subterrâneos, devido às modificações nos mecanismos naturais de recarga dos aquíferos. Tais impactos irão variar conforme o tempo, os níveis de desenvolvimento industrial e o crescimento da população, seguidos pelo aumento da demanda por água e aumento na geração de esgotos (Barret, 2004).

A carga poluidora de esgotos constitui-se em fator significativa na alteração da qualidade da água subterrânea em áreas urbanas. Diversos estudos mostram o impacto dos problemas sanitários sobre os parâmetros de qualidade das águas subterrâneas, a saber: elevadas concentrações de nitrato, presença de bactérias patogênicas, vírus, coliformes totais e *Escherichia coli* (Rosa *et al.*, 2004; Campos, *et al.*, 2004; Costa, *et al.*, 2004; Nascimento; Barbosa, 2005; Nascimento Filho; Castro, 2005).

As concentrações de nitrato até  $10,0 \text{ mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$  são aceitáveis considerando os padrões de potabilidade vigentes no Brasil (BRASIL, 2011). Em águas subterrâneas, concentrações até  $3,00 \text{ mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$  são consideradas de origem natural, e os valores superiores a estes servem como alerta e indicação de influência antropogênica (Lopes *et al.*, 2010; Squillace *et al.*, 2002). Por ser uma espécie nitrogenada muito móvel e estável no ambiente, sua presença também indica contaminação mais remota e antiga. As possíveis fontes de nitrato são os fertilizantes agrícolas, os resíduos da criação de animais e os esgotos (Conejo *et al.*, 2007; Varnier e Hirata, 2002). Dentre os efeitos adversos à saúde causados pela ingestão de nitrato e/ou nitrito, destaca-se a metahemoglobinemia, que resulta na insuficiência do transporte de oxigênio para os tecidos (Nascimento *et al.*, 2008).

As bactérias do grupo coliforme são largamente utilizadas como indicadores de qualidade de água. Estas bactérias ocorrem em grandes quantidades nas fezes, mas alguns indivíduos deste grupo não são de origem fecal. Por isso, a presença de coliformes totais não significa necessariamente contaminação fecal, mas é um eficiente indicador das condições higiênicas. Por outro lado, a *Escherichia coli* (*E. coli*) é especificamente de origem fecal, sendo raramente encontrada em água ou solo não-contaminados com material fecal humano e/ou animal. Desta forma, a presença de *E. coli* é um indicador mais seguro de contaminação fecal (Marquezi *et al.*, 2010; Sant'ana *et al.*, 2003).

O saneamento individual ou *in situ* é a disposição das excretas humanas e outros resíduos domésticos no próprio local em que são produzidos. A fossa, com ou sem veiculação hídrica, é a forma de saneamento *in situ* mais utilizada, especialmente em áreas em que não há rede coletora de esgoto (Sperling, 2005). Este tipo de saneamento é recomendado para o atendimento de poucas residências. Pois, quando em aglomerados, dependendo do contexto hidrogeológico do local, oferece risco de contaminação às águas subterrâneas (Muchimbane, 2010).

O monitoramento da qualidade de águas subterrâneas fornece dados importantes para a gestão integrada dos recursos hídricos de uma região ou bacia hidrográfica. Neste sentido, permite que os gestores atuem de maneira preventiva, pois as remediações exigem altos investimentos que em muitos casos são inviáveis. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das águas subterrâneas na área urbana do município de Barreiras-BA considerando parâmetros indicadores de contaminação por esgoto.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O município de Barreiras localiza-se na região Oeste do Estado da Bahia integrando a Bacia Hidrográfica do Rio Grande, afluente da margem esquerda do Rio São Francisco (INEMA, 2013). A área de Barreiras corresponde a 7.895,0 km<sup>2</sup>, que agrega uma população total de 137.427 habitantes, sendo a maior parte residente na zona urbana (IBGE, 2010). Assim, neste trabalho a área de estudo foi a zona urbana do município de Barreiras-BA (Figura 1).

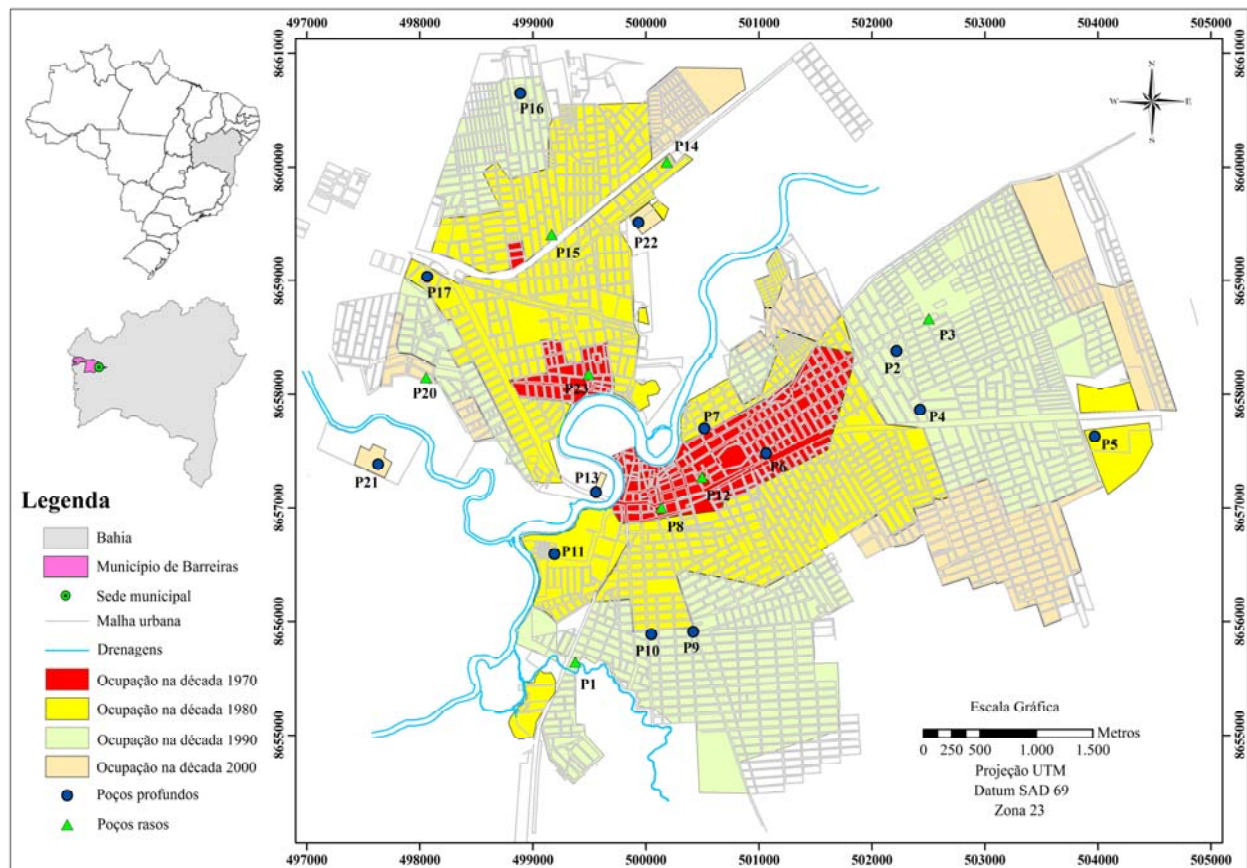


Figura 1- Área urbana de Barreiras-BA com destaques para a ocupação ao longo dos anos e a localização dos poços amostrados (Fonte: BAREIRAS, 2004).

Atualmente Barreiras é o município mais populoso da região oeste da Bahia devido aos fluxos migratórios influenciados pela produção agrícola (soja, algodão, café e milho) nos períodos entre as décadas de 1970 a 2000. Mesmo com o crescimento econômico da região, em Barreiras a rede coletora de esgoto existente atende somente 8,4% da população urbana (SNSA, 2012). Desta forma, predominam os sistemas de saneamento *in situ*, que podem oferecer riscos de contaminação às águas subterrâneas.

O clima na área de estudo caracteriza-se por duas estações bem definidas: chuvosa e seca. O período chuvoso ocorre de outubro a abril, e o período seco nos meses de maio a setembro. Sendo a precipitação média anual na sede municipal 1.122 mm, e a temperatura média anual de 24,3°C (BARREIRAS, 2010).

Quanto aos aspectos geológicos, a sede municipal encontra-se sob domínio das rochas metassedimentares do Proterozóico Superior, do Grupo Bambuí; e com menor expressão geográfica, observam-se também as Coberturas Detríticas e os Aluviões (BARREIRAS, 2010). O ambiente hidrogeológico da área de estudo é constituído pelo sistema cárstico fissural, representado por um aquífero carbonático, que é sobreposto por um sistema intergranular (Rocha, 2013).

### Coleta de amostras

As amostras de águas subterrâneas foram coletadas em 21 poços, sendo 8 rasos (<20 m) e 13 profundos (>40 m), no perímetro urbano de Barreiras-BA (Figura 1), segundo os procedimentos preconizados pelo “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras” para poços freáticos e profundos equipados com bomba (CETESB, 2011). A seleção dos poços seguiu os critérios de localização, distribuição espacial, acesso e dados hidrogeológicos (Rocha, 2013). As coletas foram realizadas em Setembro/2012, final do período seco e em Março/2013, final do período chuvoso.

### Análises laboratoriais e avaliação dos dados

Os procedimentos das análises das amostras foram realizados conforme os protocolos estabelecidos pela *American Public Health Association* (APHA, 2005). Foram determinados os seguintes parâmetros: pH (medida eletrométrica), nitrato (redução a nitrito empregando cádmio e detecção espectrofotométrica), coliformes totais e *Escherichia coli* (avaliação da presença/ausência pelo método rápido do substrato enzimático Colitag® da HEXIS).

Na avaliação dos dados de qualidade das águas subterrâneas foram considerados como referência, para concentração de nitrato, o valor máximo permitido (VMP) de 10,0 mg de nitrogênio de nitrato ( $N-NO_3^-$ ) por litro, estabelecido pela Resolução CONAMA nº396/08 (BRASIL, 2008) e pela Portaria do Ministério da Saúde (MS) nº2914/11 (BRASIL, 2011). A faixa de valores de pH recomendada na Portaria do MS é 6,0 a 9,5 e exige-se a ausência de coliformes totais e *E. coli* em 100 mL de amostra (BRASIL, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores do pH da água subterrânea em poços rasos e profundos estão apresentados na figura 2. Observou-se que o pH em poços profundos variaram de 6,5 a 7,8 e em poços rasos de 5,8 a 7,9. No período chuvoso (Mar/2013) verificou-se elevação dos valores do pH na maioria dos poços. Somente em dois poços rasos (P15 e P20) o valor do pH esteve abaixo do valor mínimo (6,0) estabelecido pela legislação (BRASIL, 2011).

Os valores de pH de águas subterrâneas são indicações da constante interação com as águas de recarga e rochas formadoras do aquífero (Aguiar, 1999). O aumento do pH pode estar relacionado ao contato do lençol freático com os esgotos. Mas, para uma melhor avaliação sobre esta hipótese é necessário verificar a correlação entre os teores de espécies nitrogenadas e os valores de pH no período em que tendem à alcalinidade (Araujo, 2001).



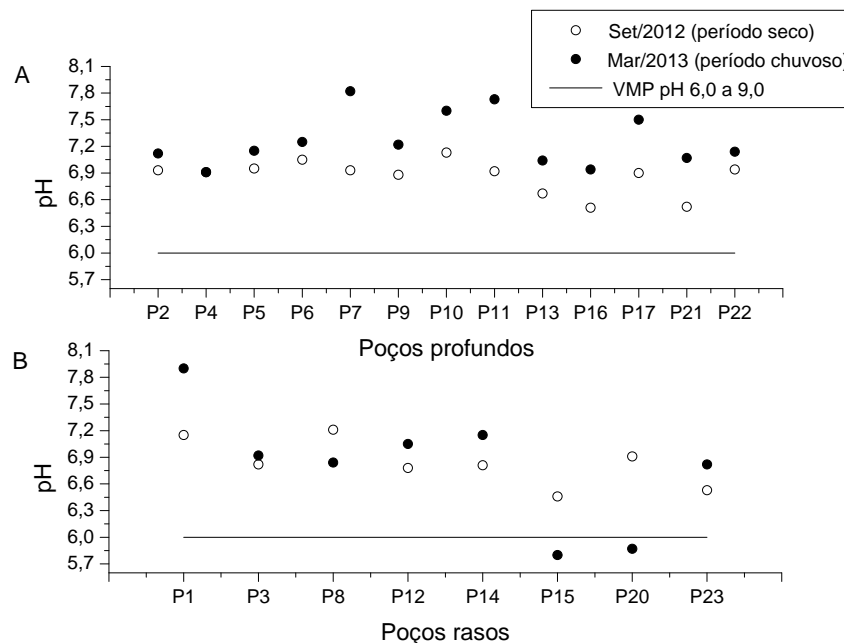


Figura 2 – Dados de potencial de hidrogênio iônico (pH) em águas subterrâneas de poços profundos e rasos localizados no perímetro urbano de Barreiras-BA.

Neste estudo, considerou-se que o pH levemente alcalino possivelmente seja influenciado pelas interações das águas subterrâneas com as rochas calcárias do grupo Bambuí (Conejo *et al.*, 2007) sendo que estas interações são maiores no período chuvoso. Isso porque, observou-se que o poço P21, cuja localização é afastada das zonas de maior aglomeração urbana e da ocupação mais antiga, apresentou o mesmo comportamento de elevação do pH principalmente no período chuvoso. Deste modo, identifica-se a influência predominante das condições naturais sobre o pH dos poços avaliados.

As concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  observadas nas águas subterrâneas da área urbana de Barreiras-BA estão apresentadas na figura 3. Os valores médios da concentração de  $\text{N-NO}_3^-$  observados nos poços profundos, excetuando-se os valores do poço P7, foram de aproximadamente  $1,0 \text{ mg de N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$  tanto para o período seco quanto para o chuvoso. O poço P7 apresentou concentração superior a  $20,0 \text{ mg de N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ , excedendo o VMP em ambos os períodos. Assim, evidencia-se que a concentração de  $\text{N-NO}_3^-$  neste poço trata-se de uma condição local e não do aquífero. Verificou-se concentrações entre  $3,0 \text{ mgL}^{-1}$  e  $10,0 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3^-$  nos poços P4 (Set/2012) e P16 (Mar/2013), o que também indica possível contaminação por esgotos.

Os valores médios da concentração de  $\text{N-NO}_3^-$  observados nos poços rasos, excetuando-se os valores de P12 e P23, foram de aproximadamente  $3,7$  e  $4,8 \text{ mg de N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ , nos períodos seco e chuvoso respectivamente. Dentre os poços rasos as concentrações de nitrato superiores ao VMP foram observadas em 25% dos poços no período seco (Set/2012), e 50% no período chuvoso (Mar/2013). Estes dados indicam que os poços rasos são mais suscetíveis à contaminação por esgotos.

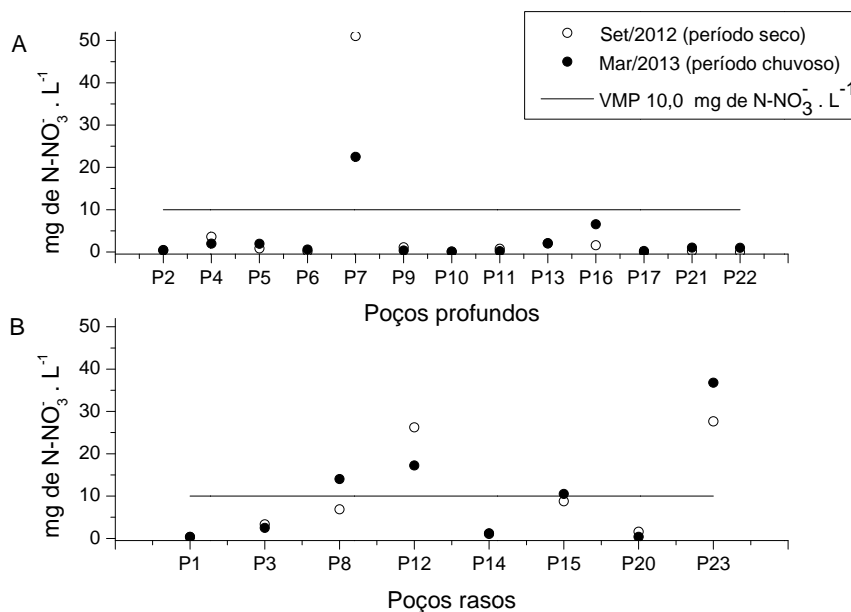


Figura 3 - Dados de concentração de N-nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) em águas subterrâneas de poços profundos e rasos localizados no perímetro urbano de Barreiras-BA.

Os poços P7 (profundo) e P12 (raso) situam-se em uma zona de ocupação mais antiga, no entanto dentro da área beneficiada pela rede coletora de esgotos (BARREIRAS, 2010). Desta forma, as concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> que excederam cerca de duas a cinco vezes o VMP podem estar relacionadas a vazamentos na tubulação coletora de esgotos, ou mesmo a fossas abandonadas.

Nas figuras 4 e 5 estão apresentados os resultados relativos ao número de poços nos quais foram observadas presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em diferentes períodos de amostragem.

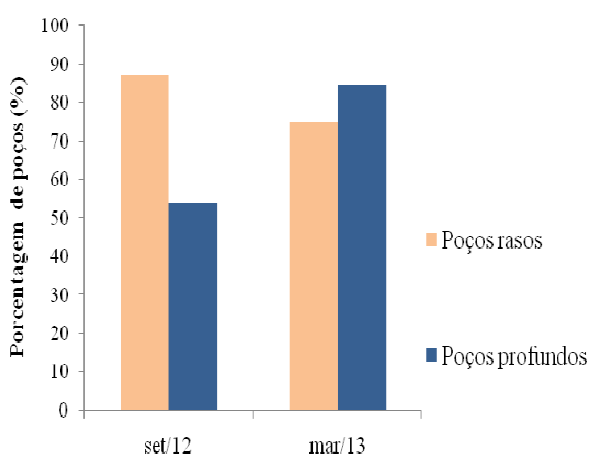


Figura 4 – Porcentagem de poços rasos e profundos com a presença de coliformes totais em 100 mL de amostra.

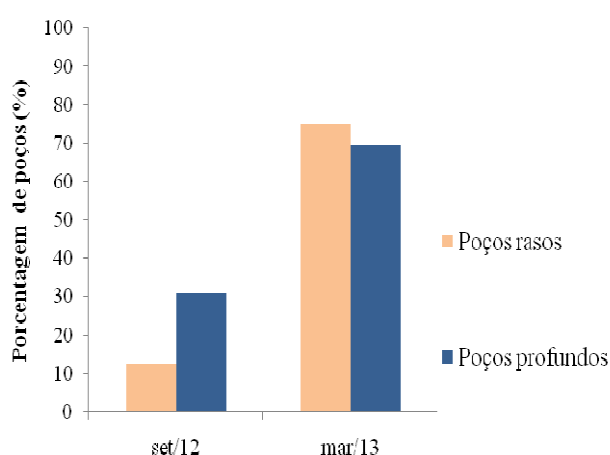


Figura 5 - Porcentagem de poços rasos e profundos com a presença de *Escherichia coli* em 100 mL de amostra.

Observou-se entre os períodos Set/2012 e Mar/2013, que dentre os poços profundos a porcentagem de amostras com a presença de coliformes totais e *E. coli* foi crescente. Nos poços rasos verificou-se que a presença de coliformes totais parece não estar exclusivamente relacionada

ao período chuvoso. Pois se observaram valores percentuais próximos tanto em período de estiagem (Set/2012) como em período chuvoso (Mar/2013). Este fato pode estar relacionado aos aspectos construtivos dos poços e às condições de higiene na circunvizinhança.

Em termos de contaminação fecal, no período chuvoso verificou-se aumento da quantidade de poços com a presença de *E. coli*. Dentre os poços rasos houve aumento de 62,5% em relação ao período seco, e dentre os poços profundos o incremento foi de 38,4%. Ou seja, os dois tipos de poços receberam contaminação por esgotos. A precipitação desde o início do período chuvoso (Out/2012) até final de Fev/2013, na área de estudo, foi de aproximadamente 720 mm (dados da rede do INMET), o que possivelmente favoreceu o transporte dos microrganismos até os poços. Deste modo, é possível associar os dados do indicador de contaminação fecal ao sistema de saneamento *in situ* (fossas) nas proximidades dos poços e ao período chuvoso.

## CONCLUSÕES

Considerando os indicadores de contaminação avaliados, conclui-se que a maioria dos poços rasos está sendo contaminada pelo esgoto da área urbana, tanto pelas concentrações de nitrato observadas quanto pela presença de coliformes e *E.coli*. Nos poços profundos, sistemas *a priori* mais protegidos, nos quais a concentração média de nitrato observada foi de aproximadamente 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, a contaminação por esgoto pôde ser atribuída à presença de coliformes totais em 84% desses poços e, *E.coli* em 69%. Os poços rasos P12 e P23, e o poço profundo P7, que apresentaram as maiores concentrações de nitrato deste estudo, localizam-se em áreas de ocupação mais antiga da cidade.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de fomento que apoiaram o desenvolvimento deste trabalho: FAPESB, processo nº BOL2167/2011; CNPQ; CAPES e PRONEX Água.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION-APHA. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. APHA/AWWA/WEF Washington, 2462 p.
- BARREIRAS. (2010). *Plano Setorial de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Barreiras*. Prefeitura Municipal de Barreiras. 242p.
- BARRET, M.H. (2004). Characteristics of urban groundwater. In *Urban Groundwater Pollution* Org. por Lerner, D.N., IAH, ed. A.A. Balkema Publishers, Tokyo, pp.29-51.
- BRASIL. (2008). Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 7 abr. 2008.
- BRASIL. (2011). Ministério da Saúde. Portaria MS Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano

e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 14 dez. 2011.

CAMPOS, J.V.C.; SILVA FILHO, E.P.; OLIVEIRA, I.R. (2004). Contaminação do aquífero Jaciparaná na cidade de Porto Velho (RO). *Revista Águas Subterrâneas*. 18 (supl.).

CARDOSO, F.B.F. *et al.* Poços tubulares construídos no Brasil. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. *Revista águas subterrâneas*. 22 (supl.).

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. (2011). Amostragem de águas para abastecimento público. In *Guia Nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. Orgs. Carlos Jesus Brandão [et al.] São Paulo: CETESB; Brasília:ANA. pp.209-216.

CONEJO, J.G.L.; COSTA, M.P.; ZOBY, J.L.G. (2007). Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. *Caderno de Recursos Hídricos*, 5, ANA Brasília, 124 p.

LOPES, L.G.; HOJAIJ, A.; PINTO, R.A.; PINTO, F.R.; AMARAL, L.A.; FERRAUDO, A.S. (2010). Sazonalidade de indicadores de qualidade de água em poços do município de Jaboticabal-SP. *Nucleus* 7(1), pp.155-168.

MARQUEZI, M.C., GALLO, C.R., DIAS, C.T.S. (2010). Comparação entre métodos para a análise de coliformes totais e *E. coli* em amostras de água. *Rev. Inst. Adolfo Lutz* 69(3), pp.291-296.

NASCIMENTO T. S., PEREIRA R. O. L., MELLO H. L. D.; COSTA J. (2008). Metemoglobinemia: do diagnóstico ao tratamento. *Revista Brasileira de Anestesiologia* 58, pp. 651-664.

SANT'ANA, A. S.; SILVA, S.C.F.L.; FARANI, I.O.Jr.; AMARAL, C.H.R.; MACEDO, V.F. (2003). Qualidade microbiológica de águas minerais. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 23(supl.), pp.190-194.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL – SNSA. (2012) *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos serviços de água e esgoto 2010*. MCIDADES/SNSA Brasília, 448p.

SPERLING, M. von.(2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. DESA/UFMG Belo Horizonte, 452p.

SQUILLACE, P.J.; SCOTT, J.C.; MORAN, M.J.; NOLAN, B.T.; KOLPIN, D.W. (2002). VOCs, pesticides, nitrate, and their mixtures in groundwater used for drinking water in the United States. *Environmental Science and Technology*, 36, pp.1923-1930.

VARNIER, C. ; HIRATA, R. (2002). Contaminação da água subterrânea por nitrato no Parque Ecológico do Tietê - São Paulo. *Águas Subterrâneas*, 16, pp. 77-82.