

NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRANEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO: COMO DESARMAR ESSA BOMBA RELÓGIO?

Claudia Varnier¹, Ricardo Hirata², José Luiz Albuquerque Filho³, José Eduardo Campos⁴, Mateus Delatim Simonato⁵, Gerôncio Rocha⁶, Luciana Ferreira⁷

¹ IG/SMA. Rua Joaquim Távora, 822. São Paulo (SP). claudia.varnier@sp.gov.br

² CEPAS|USP. Rua do Lago, 562. São Paulo (SP). rhirata@usp.br

³ IPT. Av. Prof. Almeida Prado, 532. São Paulo (SP). albuzeu@ipt.br

⁴ DAEE. Rua Boa Vista, 175. São Paulo (SP). jose.campos@daee.sp.gov.br

⁵ AECOM. Rua Tenente Negrão, 140. São Paulo (SP). Mateus.simonato@aecom.com

⁶ Hidrogeólogo. Rua Gilberto Studart, 2211/ 402. Fortaleza (CE). rocha.geroncio@gmail.com

⁷ IG/SMA. Rua Joaquim Távora, 822. São Paulo (SP). lferreira@sp.gov.br

Palavras-Chave: gestão de recursos hídricos; nitrato; remediação de aquíferos

INTRODUÇÃO

O nitrato é o contaminante inorgânico de maior frequência de ocorrência em aquíferos no mundo, devido à sua alta mobilidade e persistência. Sua presença frequente e insidiosa nas águas subterrâneas tem preocupado os gestores de recursos hídricos em diversos países, inclusive no Brasil, que vêem o número de casos ser cada vez mais frequente.

O padrão de potabilidade desse contaminante, estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde, é de 10 mg/L N-NO₃⁻ ou 45 mg/L NO₃⁻ (BRASIL, 2017). Além dessa concentração, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) adotou como Valor de Prevenção (VP), 5 mg/L N-NO₃⁻, que corresponde ao limite a partir do qual recomenda-se a tomada de ações de prevenção e controle, por suspeita de influência antrópica sobre a qualidade das águas subterrâneas (CETESB, 2004). A ingestão de água com concentrações de nitrato superiores ao padrão de potabilidade pode causar doenças como a metehemoglobinemia (ou síndrome do bebê azul), alguns tipos de câncer (p.e. linfático, gástrico) ou mesmo problemas no sistema reprodutivo, em seres humanos e animais (USEPA, 1995; Manassaram et al., 2006; WHO, 2011). Contudo, vários estudos foram realizados para avaliar a relação entre nitrato e câncer, embora não sejam considerados conclusivos e definitivos a respeito deste aspecto.

O nitrato em aquíferos pode ter origem antrópica ou natural, ocorrendo em áreas rurais e urbanas. A contaminação em áreas rurais é proveniente, sobretudo, de atividades agrícolas (manejo inadequado de fertilizantes nitrogenados, inorgânicos e orgânicos), criação de animais e respectivo armazenamento impróprio de seus dejetos, decomposição de resíduos orgânicos e fixação biológica, lagoas de efluentes, bem como dos sistemas de saneamento *in situ* (fossas sépticas e negras) que atendem as propriedades nestas localidades. Já em áreas urbanas, as principais fontes estão associadas à disposição de resíduos sólidos (lixões e aterros sanitários mal construídos, em locais impróprios) e aos sistemas de saneamento, dos quais destacam-se as fossas sépticas e negras, além dos vazamentos das redes de esgoto. Neste trabalho, é apresentada uma visão geral do cenário atual da contaminação por nitrato nos aquíferos paulistas, bem como de formas de enfrentamento desse problema.

O NITRATO E OS AQUÍFEROS PAULISTAS

O nitrato é um problema que afeta importantes aquíferos paulistas. Acredita-se que muitas cidades enfrentam, em variados graus, algum tipo de contaminação, desconhecida em muitos casos pelas autoridades sanitárias.

O monitoramento da qualidade natural das águas subterrâneas, efetuado pela CETESB, detectou, desde 1990, um aumento sistemático nas concentrações de nitrato em diversos poços tubulares,

especialmente naqueles que captam água do Sistema Aquífero Bauru (SAB) e na porção aflorante do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Além desses aquíferos, foi constatada também uma tendência de aumento nas concentrações de nitrato nos aquíferos Pré-Cambriano e Serra Geral (CETESB, 2010).

A contaminação das águas subterrâneas por nitrato é verificada em diferentes profundidades. Atualmente, observa-se que as maiores concentrações ocorrem nas porções mais rasas dos aquíferos livres (mais frequentemente até 60 m), mas concentrações acima do VP já foram detectadas a mais de 100 m (algumas vezes mais de 150 m) nas áreas urbanas de Bauru (Giafferis & Oliveira, 2006; Varnier et al., 2012; Rosenberger et al., 2013; DAEE, 2015), Marília (Varnier et al., 2010), Monte Azul Paulista (Montanheiro, 2014), Presidente Prudente (Godoy et al., 2004; Procel, 2011), Urânia (Cagnon e Hirata, 2004; Varnier et al., 2017), entre outras. O cenário de contaminação dos aquíferos paulistas por nitrato tem sido melhor caracterizado nas áreas urbanas, carecendo de maiores estudos em áreas rurais.

O SAB, por ser a maior unidade hidrogeológica em extensão (96.000 km²) do território paulista e ser utilizado extensivamente para o abastecimento público em 59% das cidades do interior, é também o que apresenta o maior número de casos com elevadas concentrações de nitrato. Em 9% e 24% dos poços monitorados, foram reportadas concentrações acima do padrão de potabilidade ou do VP, respectivamente. Quando a avaliação é realizada por Bacia Hidrográfica observa-se uma tendência de aumento das concentrações dessa substância no Sistema Aquífero Bauru, nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 15, 16, 19 e 20 (CETESB, 2013).

Situação semelhante foi observada na porção aflorante do SAG (IPT, 2010). Esse sistema aquífero ocupa aproximadamente 143.000 km² sendo que deste total, 15.000 km² são aflorantes. Adicionalmente, essa porção apresenta um índice de vulnerabilidade à contaminação, variando de médio a alto, segundo método GOD. Estudo efetuado por Carvalho et al. (2011) mostrou que em 85% dos poços coletados ao longo da área de afloramento do SAG as concentrações estavam acima de 5 mg/L N-NO₃⁻, indicando uma alteração do equilíbrio natural, principalmente por influência antrópica. Segundo os autores, devido às incertezas quanto à origem do nitrato nos poços amostrados, faz-se necessário um urgente monitoramento contínuo, além da realização de estudos mais detalhados.

AÇÕES PARA GERENCIAR O PROBLEMA DO NITRATO

O enfrentamento do problema do nitrato requer ações preventivas e corretivas, mas é necessário o reconhecimento por parte dos tomadores de decisão dos recursos hídricos e da saúde que a contaminação por nitrato existe e causa problemas à saúde, à disponibilidade de água, além de ocasionar impacto econômico. As plumas de contaminação de nitrato preocupam não pela toxicidade da substância, mas pela área que ocupam. Geralmente, estendem-se por muitos quilômetros quadrados sob cidades ou sob áreas agrícolas. Assim, técnicas de tratamento convencional são pouco eficientes, pois remediam pequenas áreas. Esse ainda é um grande desafio da ciência, como reduzir a concentração do nitrato em grandes áreas.

As ações preventivas são as que apresentam as melhores relações de custo-benefício, sendo as mais eficientes, entretanto, requerem ações de planejamento de uso do terreno ou de exploração do recurso hídrico. Essas ações partem do reconhecimento do perigo de contaminação (Tabela 1) e estão associadas a: i) instalação de rede de esgoto antes da ocupação urbana e uso da água subterrânea; ii) instalação de poços de abastecimento público fora das áreas urbana e rural, com uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes; e iii) aplicação do conceito de áreas de proteção ao redor do poço e controle do uso do terreno. Já as medidas corretivas estão associadas a: i) mescla de água com baixa concentração de nitrato, diluindo-a; ii) utilização de água subterrânea proveniente de estratos mais profundos (geralmente menos contaminados, pois o nitrato sob cidades geralmente se concentra até 60 m), inclusive estendendo-se a cimentação sanitária nessas porções; ii) tratamento da água pós-extração; iii) aumento da recarga do aquífero com águas limpas, associadas a um programa de uso de água subterrânea contaminada para usos não nobres (p.e. rega de áreas

públicas ou limpeza), a partir de poços rasos a pouco profundos; iv) locação de novos poços urbanos dentro de áreas verdes preservadas (p.e. parques), de modo a permitir que as áreas de captura de poços (ZOC) situem-se em área de recarga, sem influência antrópica.

Tabela 1. Avaliação do perigo de contaminação das águas subterrâneas por nitrato.

Aspecto	Ação
1. Mapeamento de áreas contaminadas e identificação das fontes potenciais de contaminação	Abrange estudos (p.e. hidrogeoquímicos, hidrogeológicos, geofísicos) com o intuito de mapear as áreas contaminadas, além de identificar e caracterizar as fontes potenciais de contaminação. Em relação às áreas contaminadas, a profundidade a ser atingida, bem como a extensão da contaminação, dependerá de alguns fatores que incluem: natureza da fonte potencial ou real de contaminação, bem como as características do aquífero impactado.
2. Uso e ocupação em áreas urbanas	Compreende a avaliação de: i) tipo e idade da ocupação urbana; ii) densidade populacional; iii) existência ou não de redes de esgoto; iv) idade da rede de esgoto; v) identificação de fugas das redes de esgoto; vi) ocorrência de fossas sépticas; vii) identificação de outra(s) possível(is) fonte(s) potencial(is) de contaminação por nitrato.
3. Uso e ocupação em áreas rurais	Compreende a avaliação de i) tipo de cultura, dosagem e frequência de aplicação dos fertilizantes nitrogenados; ii) tipo de irrigação; iii) recarga do aquífero; iv) criação de animais; v) forma de armazenamento dos fertilizantes e/ou dejetos animais e destinação de embalagens e eventuais resíduos; vi) condições das lagoas de efluentes; vii) aspectos construtivos dos sistemas de saneamento <i>in situ</i> (fossas sépticas e negras); vii) posicionamento dos sistemas de saneamento <i>in situ</i> (montante ou jusante) e respectiva distância em relação aos poços existentes.
4. Aspectos construtivos dos poços	Avaliação dos poços existentes nas áreas afetadas e se estes foram ou não construídos dentro das normas técnicas vigentes. Caso a perfuração dos mesmos esteja em desacordo, agravada pelos descasos quanto ao uso e ocupação do solo no seu entorno, pode se tornar um vetor de contaminação dos aquíferos.
5. Qualidade das águas subterrâneas e evolução das concentrações de nitrato	Avaliação da qualidade das águas subterrâneas e de suas respectivas evoluções temporais, mediante amostragem, segundo as normas vigentes para coleta, análises químicas e frequência de amostragem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5, de 03 de outubro de 2017. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 1, Suplemento, n. 190, p. 360, 2017. Disponível em: <ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpsessp/bibliote/informe_eletronico/2017/iels.out.17/Iels194/U_PRC-MS-GM-5_280917.pdf>.

Cagnon, F.; Hirata, R. Source of nitrate in the groundwater of Adamantina aquifer in Urânia, SP - Brazil. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROGEOLOGIST CONGRESS, 33., 2004, Zacatecas. *Atas...*, Zacatecas: IAH. 2004. 7 p. (CD-ROM).

Carvalho, A. M. et al. Estudo da ocorrência de nitrato na área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 2., 2011, São Paulo. *Anais...*, São Paulo: ABAS. 2011. 4 p. (CD-ROM).

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2001-2003. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2004. 103 p. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/publicacoes-e-relatorios/>>.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2007-2009. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2010. 258 p. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/publicacoes-e-relatorios/>>.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2010-2012. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2013. 242 p. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/publicacoes-e-relatorios/>>.

Departamento de Águas e Energia Elétrica. Diagnóstico hidrogeológico e a elaboração de propostas para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos no município de Bauru/SP. São Paulo: DAEE/C3 Consultoria, 2015. (Relatório Técnico Final).

Giafferis, G. P.; Oliveira, E. L. Investigação da qualidade das águas subterrâneas do município de Bauru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14, 2006, Curitiba. *Anais...*, Curitiba: ABAS, 2006. 10 p. (CD-ROM).

Godoy, M. T. F. et al. Contaminação das águas subterrâneas por nitrato em Presidente Prudente - SP, Brasil. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v. 63, n. 2, p. 208-214, 2004.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Diagnóstico ambiental para subsídio ao plano de desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2010. 384 p.

Manassaram, D. M. et al. A review of nitrates in drinking water: maternal exposure and adverse reproductive and developmental outcomes. *Environmental Health Perspectives*, v. 114, n. 3, p. 320-327, 2006.

Montanheiro, F. Contaminação por nitrato no Aquífero Adamantina: o caso do município de Monte Azul Paulista - SP. 2014. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014.

Procel, S. Contaminação por nitrato e sua relação com o crescimento urbano no Sistema Aquífero Bauru em Presidente Prudente (SP). 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Rosenberger, M. et al. Mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação do Sistema Aquífero Bauru na área urbana do município de Bauru (SP). *Revista do Instituto Geológico*, v. 34, n. 2, p. 51-57, 2013.

United States Environmental Protection Agency. Drinking water regulations and health advisors. Washington: Environmental Protection Agency, 1995. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>.

Varnier, C. et al. Nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). *Revista do Instituto Geológico*, vol. 31, n. 1-2, p. 1-21, 2010.

Varnier, C. et al. Relación entre la urbanización y la contaminación por nitrato en el Sistema Acuífero Bauru (Ciudad de Bauru, Brasil). In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDROGEOLOGÍA, 11, 2012, Cartagena de Índias. *Anais...*, Cartagena de Índias: ALHSUD, 2012. 05 p. (CD-ROM).

Varnier, C. et al. Examining nitrogen dynamics in the unsaturated zone under an inactive cesspit using chemical tracers and environmental isotopes. *Applied Geochemistry*, v. 78, p. 129-138, 2017.

World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4. ed. Genebra: WHO, 2011. 541 p. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf>.