

Artigo especial

Nitrato em águas subterrâneas: Um alerta sobre os riscos à saúde

Nitrate in groundwater: A warning about health risks

Nitrato em águas subterrâneas: Um alerta sobre os riscos à saúde*

Nitrate in groundwater: A warning about health risks

Larissa Maiara da Fonseca Santos^[1]; Rosângela Aguilar da Silva^[2] (orientadora)

^[1]Curso de Especialização “Latu Sensu” do Instituto Adolfo Lutz, “Vigilância Laboratorial em Saúde Pública”. ^[2]Centro de Laboratório Regional – Instituto Adolfo Lutz de Marília - IV

RESUMO

A água doce é essencial para a manutenção da vida no planeta Terra. Está intrinsecamente ligada à saúde e à dignidade humana. As demandas por água no mundo são cada vez maiores devido ao crescimento da população, às mudanças dos processos de produção, aos hábitos de higiene, conforto e às exigências de qualidade ambiental e de vida da espécie humana. As atividades industriais e agrícolas têm aumentado consideravelmente, resultando na geração de poluentes tóxicos. Destes, o nitrato (NO_3^-) é uma preocupação ambiental em escala global e, possivelmente, é o contaminante mais difundido na água subterrânea do mundo, resultando em séria ameaça para o abastecimento de água potável. O consumo de nitrato por meio das águas de abastecimento está relacionado a riscos de agravos como a meta-hemoglobinemia ou “síndrome do bebê azul”, uma doença caracterizada pela falta de oxigênio na corrente sanguínea que provoca mudança na cor da pele do bebê, que se torna azul. Outro tipo de enfermidade que pode estar relacionada à ingestão de grandes quantidades de nitratos nas águas é o câncer gástrico, ocasionado pela formação de nitrosaminas carcinogênicas. O objetivo deste trabalho foi realizar uma compilação de diversos estudos que investigaram a presença de nitrato em águas subterrâneas e apresentar o cenário atual da contaminação das águas subterrâneas pelo íon nitrato e o risco potencial à saúde pública. O estudo fornece um panorama da contaminação das águas por nitrato em diferentes regiões do Brasil e do mundo e mostra a importância da continuidade das pesquisas para ampliar o diagnóstico da contaminação por nitrato, identificar as fontes de contaminação e os impactos nas águas subterrâneas. O estudo também ressalta a necessidade de enfrentar o problema por meio do desenvolvimento de ações preventivas e corretivas por órgãos da saúde e demais responsáveis pelos recursos hídricos, além de medidas educativas envolvendo toda a sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Águas subterrâneas. Nitrato. Fontes de contaminação. Riscos à saúde. Meta-hemoglobinemia.

*Extraído do trabalho de conclusão de curso de especialização apresentado ao Instituto Adolfo Lutz - Unidade do Centro de Formação de Recursos Humanos para o SUS/SP - Doutor Antônio Guilherme de Souza, apresentado em fevereiro de 2020.

ABSTRACT

The Fresh water is essential for the maintenance of life on planet Earth. It is inextricably linked to health and human dignity. The demands for water in the world are increasing, due to the growth of the population, changes in production processes, habits of hygiene, comfort and the demands of environmental quality and life of the human species. Industrial and agricultural activities have increased considerably, resulting in the generation of toxic pollutants. Of these, nitrate is an environmental concern on a global scale and is possibly the most widespread contaminant in groundwater in the world resulting in a serious threat to the supply of drinking water. The consumption of nitrate through the drinking water is related to risks of diseases such as methaemoglobinaemia or “blue baby syndrome”, a disease characterized by a lack of oxygen in the bloodstream that causes a change in the baby’s skin color, which becomes blue. Another type of disease that may be related to the ingestion of large amounts of nitrates in the waters is gastric cancer, caused by the formation of carcinogenic nitrosamines. The objective of this work was to compile several studies that investigated the presence of nitrate in groundwater and to present the current scenario of contamination of groundwater by the nitrate ion and the potential risk to public health. The study provides an overview of water contamination by nitrate in different regions of Brazil and the world and shows the importance of continuing research to expand the diagnosis of nitrate contamination, identify sources of contamination and impacts on groundwater. The study also highlights the need to address the problem through the development of preventive and corrective actions by health agencies and others responsible for water resources, in addition to educational measures involving the whole of society.

KEYWORDS: Groundwater. Nitrate. Contamination sources. Health risks. Methemoglobinemia.

INTRODUÇÃO

A água doce é essencial para a manutenção da vida no planeta Terra. Está intrinsecamente ligada à saúde e à dignidade humana. Ela é responsável pela variação climática, pela manutenção dos rios, lagos e oceanos e cria condições para o desenvolvimento de plantas e animais. O percentual de água no corpo humano pode chegar a 70% e devemos a ela o ar que respiramos, haja vista o fato de participar ativamente na fotossíntese, auxiliando na produção de oxigênio. Acresce-se à água importância econômica, pois ela ocupa relevante posição no desenvolvimento do país; é fonte de energia para hidrelétricas, de irrigação para a agricultura e tem múltiplas utilizações na indústria.¹

A água que existe no planeta está em constante movimento. A quantidade existente na Terra é praticamente invariável há centenas de anos.¹ Cerca de 70% da superfície da Terra é coberta por água, deste total, 97% é formado por águas salgadas e apenas 3% por água doce. Do volume de água doce, 71% é de difícil extração, pois está localizado nas geleiras. Os outros 29% restantes estão distribuídos em águas subterrâneas (18%), rios e lagos (7%) e umidade do ar (4%). De toda a água doce acessível, apenas 8% é destinada para os domicílios, pois 70% da água consumida no mundo é utilizada na agricultura e 22% nas indústrias.²

O Brasil é um país importante em termos de recursos hídricos, apesar de seu território não ter uma distribuição uniforme da água, pois apresenta grandes dimensões e diversos biomas com condições hídricas bastante heterogêneas.³ No país, é possível encontrar cenários hídricos de escassez natural, como ocorre em alguns setores do semiárido, que chegam a 11 meses secos, até condições de grande disponibilidade de água no setor oeste da Amazônia, onde não há histórico de seca.⁴

No mundo, as demandas de água são cada vez maiores, devido ao crescimento da população, às mudanças dos processos de produção, aos hábitos de higiene e conforto e às exigências de qualidade ambiental e de vida da espécie humana.⁵

As sociedades humanas, embora dependam da água para sobrevivência e para o desenvolvimento econômico, poluem e degradam tanto as águas superficiais quanto subterrâneas. A diversidade dos usos múltiplos, o despejo de resíduos líquidos e sólidos em rios, lagos e represas e a destruição de áreas alagadas e de matas têm produzido contínua e sistemática deterioração dos corpos d'água e reduções significativas de disponibilidade dos mananciais de água.⁶

Nitrato em águas subterrâneas: Um alerta sobre os riscos à saúde/Santos LMF, Silva RA (orientadora)

As alterações na qualidade da água são fruto direta ou indiretamente das atividades agropecuárias, industriais ou urbanas que incorporam substâncias estranhas à sua composição original.⁷

Ao utilizar a água de forma intensa e pouco racional, as sociedades humanas foram incorporando processos que alteram a qualidade desse recurso e limitam seu uso futuro, seja para proveito humano ou para outras espécies do planeta.⁷

Nos últimos anos, as atividades industriais e agrícolas têm aumentado consideravelmente, resultando na geração de poluentes tóxicos, tais como ânions inorgânicos, íons metálicos, substâncias químicas e orgânicas sintéticas.⁸

Um grande número de ânions inorgânicos tem sido encontrado em concentrações potencialmente nocivas em inúmeras fontes de água potável. Destes, o nitrato (NO_3^-) é uma preocupação ambiental em escala global. Devido à sua alta solubilidade em água, é, possivelmente, o contaminante mais difundido em mananciais subterrâneos, resultando em séria ameaça para o abastecimento de água potável em diversas regiões do planeta.⁸

O consumo de nitrato por meio das águas de abastecimento está relacionado a riscos de agravos, como a meta-hemoglobinemia, ou “síndrome do bebê azul”, especialmente em crianças. Essa doença é caracterizada pela falta de oxigênio na corrente sanguínea, que provoca mudança de cor na pele do bebê, tornando-a azulada.

Outro tipo de enfermidade que pode estar relacionada à ingestão de grandes quantidades de nitratos nas águas é o câncer gástrico, ocasionado pela formação de nitrosaminas carcinogênicas.⁸

Diante do exposto, o presente trabalho se enquadra no Plano Estadual de Saúde (PES), da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, eixo III, diretriz 5, com intuito de melhorar as ações de vigilância de fatores ambientais de risco e agravos à saúde, tendo como principais objetivos aprimorar a vigilância da qualidade da **água** para consumo humano e implementar o desenvolvimento de outras atividades de vigilância em saúde ambiental.⁹

Este trabalho compila diversos estudos, nacionais e internacionais, que investigaram a presença de nitrato em águas subterrâneas com o objetivo de apresentar um panorama da contaminação das águas subterrâneas no Brasil e em outros países, algumas fontes mais significativas de contaminação pelo íon nitrato e os possíveis cenários de risco à saúde pública derivados dessas situações.

METODOLOGIA

O presente estudo contempla pesquisa de artigos dissertações e teses publicados e disponíveis na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), Biblioteca Eletrônica Científica Online (SciELO) e Google Acadêmico. Para a busca, utilizou-se dos seguintes descritores (em português/inglês): nitrogênio, nitrato, águas subterrâneas, fontes de contaminação, consumo humano, efeitos à saúde. Para a discussão e conclusão do trabalho foram selecionados 10 artigos nacionais e 10 internacionais sobre a avaliação de nitrato em águas subterrâneas e as informações obtidas foram organizadas em tabelas.

RESULTADOS

Os resultados dos estudos, apresentados na tabela 1, indicam a presença de nitrato em amostras de água analisadas em diferentes regiões brasileiras. A tabela 2 apresenta resultados da ocorrência de nitrato em vários países.

TABELA OU QUADRO 1 E 2

Todos os trabalhos citados no Quadro 1 apresentam em seus resultados porcentagens de amostras com concentrações de nitrato acima do valor estabelecido pela legislação, de 10,0 mg/L.³⁰

No Quadro 2, os trabalhos selecionados apresentam resultados de concentração de nitrato acima dos valores estabelecidos pelas legislações vigentes de cada país e em alguns trabalhos os níveis de contaminação são considerados alarmantes. No trabalho realizado por Czekaj et al. (2016), na região industrial da Alta Silésia, sul da Polônia, a concentração de nitrato máxima obtida foi de 255 mg/L. Narsimha e Peiyue (2019) realizaram análises de parâmetros hidroquímicos, incluindo o nitrato, na região semiárida de Telangana, na Índia, e encontraram concentrações de nitrato que variaram de 12 a 202 mg/L.

Quadro 1. Sumário de estudos e resultados sobre a ocorrência de nitrato em águas, referentes a artigos nacionais

Autor	Ano	Cidade/região	Objetivo da Pesquisa	Resultados
Biguelini; Gumy ¹⁰	(2012)	Sudoeste do Paraná	Avaliar o índice de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos	Do total de 34 amostras analisadas, 32,35% apresentaram teores de nitrato acima do permitido. Os teores de nitrato variaram de 0,01 a 19,9 mg/L
Lima ¹¹	(2008)	Área urbana do município de Porto Velho (RO)	Avaliar a qualidade das águas subterrâneas potencialmente impactadas pelo íon nitrato	Identificou que das 90 amostras analisadas, 37% apresentaram teores de nitrato acima do padrão
Cunha ¹²	(2013)	Bairro de Nova Parnamirim, cidade de Parnamirim (RN)	Destacar a contaminação por nitrato dos recursos hídricos subterrâneos que abastecem o bairro Nova Parnamirim	Dos 13 poços tubulares analisados, 6 (46,15%) apresentaram teores de nitrato em desacordo com a legislação vigente
Costa et al. ¹³	(2012)	Ceará	Avaliar a qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará	Das 230 amostras analisadas, 7,8% apresentaram teores de nitrato acima do limite para potabilidade e variaram de 0 a 99,05 mg/L
Silva; Araújo ¹⁴	(2003)	Feira de Santana (Bahia)	Avaliar amostras de água coletadas em poços domiciliares localizados em duas áreas da zona urbana de Feira de Santana, situadas a noroeste e a nordeste da cidade	Das 120 amostras analisadas, 88,2% apresentaram nitrato acima do recomendado na legislação
Bezerra et al. ¹⁵	(2017)	Região metropolitana de Fortaleza, Ceará	Avaliar os teores de Nitrato em amostras de águas subterrâneas oriundas de algumas cidades pertencentes à Região Metropolitana de Fortaleza	Das 37 amostras analisadas, 14 (37,8%) apresentaram teores acima de 10 mg/L
Lauthartte et al. ¹⁶	(2016)	Distrito urbano de Jaci-Paraná, Porto Velho, RO	Avaliar a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, incluindo o parâmetro nitrato	Das 82 amostras (42,3%) ultrapassaram o valor máximo permitido para consumo humano de 10 mg L ⁻¹
Silva; Costa; Ferreira ¹⁷	(2019)	Regiões de Assis e Marília	Determinar a concentração de nitrato em amostras de água provenientes de poços de sistemas de abastecimento público e soluções alternativas	Do total de 157 amostras, estavam em desacordo, 16 amostras (10,2%)
Varnier et al. ¹⁸	(2010)	Sistema Aquífero Bauru, área urbana do município de Marília	Avaliar os níveis de nitrato e outros parâmetros no Aquífero Bauru, no município de Marília	Do total de 46 amostras, 18% estavam em desacordo com a legislação vigente.
Godoy, M. T. F. et al. ¹⁹	(2004)	Presidente Prudente	Avaliar a concentração de nitrato nos poços da cidade de Presidente Prudente.	Do total, dos 134 poços analisados, 38 apresentaram concentração de teores de N nítrico acima dos valores permitidos pelas normas brasileiras de potabilidade

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Nitrato em águas subterrâneas: Um alerta sobre os riscos à saúde/Santos LMF, Silva RA (orientadora)

Quadro 2. Sumário de estudos e resultados sobre a ocorrência de nitrato em águas, referentes a artigos internacionais

Autor	Ano	Cidade/Região	Objetivo da Pesquisa	Resultados
Czekaj et al. ²⁰	(2016)	Região industrial da Alta Silésia (sul da Polônia)	Identificação de fontes de nitrato e a avaliação de sua significância no risco potencial à qualidade das águas subterrâneas.	A concentração de nitrato máxima obtida foi de 255 mg/L
Rosillon ²¹	(2012)	Águas subterrâneas do vale de Sourou, no Burkina Faso	Levantamento da qualidade das águas subterrâneas	Das 32 fontes de água, 14 (44%) forneceram um teor de nitratos superior ao limiar da OMS para água potável (50 mg NO ₃ /L)
Narsimha; Peiyue ²²	(2019)	Região semiárida, Telangana, Índia	Análise de parâmetros hidroquímicos, incluindo o nitrato	Foram analisadas 105 amostras de águas subterrâneas e concentração de nitrato variou de 12 a 212 mg/L
Raczuk; Dziuban; Biardzka ²³	(2013)	Platerow (província de Mazovian, Polônia)	Avaliação da qualidade da água de 18 poços domésticos	78% dos poços examinados apresentam quantidades excessivas de nitrato com concentração máxima de 145 mg/L (limite máximo 50 mg/L)
Fabro et al ²⁴	(2015)	Mérida, México	Avaliar a concentração de nitrato no aquífero cárstico de Mérida, México	As concentrações de nitrato das amostras coletadas variaram entre 15,51 e 70,61 mg / L
Khattabi et al ²⁵	(2018)	Norte da França	Quantificar o impacto do nitrogênio agrícola nas águas subterrâneas	A concentração de nitrato de água subterrânea excede o limite de água potável fixado em 50 mg/L
Mendes; Ribeiro ²⁶	(2010)	Norte do rio Tejo (Portugal)	Monitoramento de águas subterrâneas norte do rio Tejo	Os valores da concentração de nitrato na margem direita do rio Tagusalluvium ultrapassam os limites aceitáveis.
Qasemi et al ²⁷	(2018)	Áreas rurais de Gonabad e Bajestan, Iran	Avaliar a concentração de nitrato	As concentrações de nitrato variaram de 1,8 a 84,3 mg/L
Chen et al. ²⁸	(2017)	Área de Zhongning, noroeste da China,	Avaliar a contaminação por nitratos em águas subterrâneas	As concentrações de nitrato variaram de 2,66-103 mg/L (limite máximo 10 mg/L)
Sadler et al. ²⁹	(2016)	Zona rural de Java Central, Indonésia,	Avaliar a concentração de nitrato em 52 poços da zona rural	As concentrações de nitrato na água potável apresentaram um intervalo de 0,01 a 84 mg /L

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Nitrato em águas subterrâneas: Um alerta sobre os riscos à saúde/Santos LMF, Silva RA (orientadora)

DISCUSSÃO

Os resultados desses estudos mostram que o nitrato é uma preocupação ambiental em escala global. Segundo Silva, Santos e Ferreira (2019), a presença de nitrato em águas está relacionada a várias fontes de contaminação e concentrações acima de 5 mg/L-N são indicativas de contaminação antrópica.

As principais fontes de contaminação por nitrato nas águas subterrâneas são as atividades humanas, excrementos de animais, fertilizantes nitrogenados e os efluentes domésticos. A aplicação de dejetos de animais para fertilização do solo é uma fonte de contaminação por nitrato em águas de muitos países. A criação de grandes quantidades de animais em regime de confinamento (gado, suínos e cavalos) também gera problemas de contaminação.³¹

Em países desenvolvidos, a contaminação por nitrato ocorre principalmente por fontes difusas, com aumento considerável de nitrato nas águas subterrâneas devido às práticas agrícolas. Em países subdesenvolvidos, a contaminação ocorre, em especial, por fontes pontuais em decorrência da disposição inadequada de resíduos e efluentes gerados em atividades industriais e domésticas.³²

Em alguns trabalhos elencados na tabela 1, o nitrato foi relacionado às fontes de contaminação, tais como a falta de saneamento básico, o uso de fertilizantes e pesticidas na agricultura, os rejeitos provenientes da agropecuária e o escoamento superficial urbano. Segundo Bezerra et al. (2017), teores elevados de nitrato têm sido encontrados em regiões densamente urbanizadas, como é o caso da região metropolitana de Fortaleza, no Ceará. O déficit em esgotamento sanitário é apontado como uma das causas para a contaminação de águas subterrâneas por esse íon, uma vez que a utilização de fossas rudimentares leva à contaminação do lençol freático pela percolação do esgoto. Varnier et al (2010), em estudo realizado na região urbana do município de Marília, relata que as maiores concentrações de nitrato foram observadas nas regiões de grande adensamento urbano e que as antigas fossas e vazamentos das redes coletoras de esgoto são as prováveis causas de contaminação. Lauthartte et al (2016) também relaciona os altos índices de contaminação por nitrato com os esgotos domésticos. O trabalho realizado por Silva, Costa e Ferreira (2019) não correlaciona a contaminação de nitrato com as possíveis fontes de contaminação, porém aponta a necessidade da continuidade dos estudos para determinar as fontes de contaminação e o impacto nas águas subterrâneas.

Em relação aos trabalhos apresentados na tabela 2, muitos autores correlacionam as contaminações por nitrato às fontes de contaminação. Fabro et al (2015), em suas pesquisas realizadas no México, relatam como principais causas de contaminação por nitrato as

atividades agrícolas e as águas residuais domésticas. Raczuk; Dziuban; Biardzka (2013) e Czekaj et al. (2016) avaliaram a qualidade das águas, incluindo o parâmetro nitrato, em diferentes regiões da Polônia e detectaram valores elevados de nitrato. Czekaj et al. (2016) consideram a agricultura e o gerenciamento inadequado de esgoto as principais fontes de contaminação da água subterrânea. No estudo de Chen et al (2017) foi avaliada a contaminação por nitratos nas águas subterrâneas de Zhongning, região noroeste da China, onde a população rural depende totalmente das águas subterrâneas para suas necessidades básicas, atribuindo a contaminação por nitrato a fatores antrópicos. Mendes; Ribeiro (2009) e Khattabi et al. (2018) avaliaram, respectivamente, a qualidade das águas de regiões agrícolas de Portugal e da França e associaram a contaminação por nitrato a culturas agrícolas e ao uso de fertilizantes.

As concentrações de nitrato em águas também têm sido correlacionadas aos riscos à saúde (Fabro et al., 2015; Sadler et al., 2016; Chen et al., 2017; Qasemi et al., 2018; Narsimha e Peiyue, 2019). Em Fabro et al. (2015), o risco potencial para a saúde humana foi estimado usando o Hazard Index (HI), permitindo identificar que as crianças expostas ao nitrato são as que apresentam maior risco. A pesquisa realizada por Qasemi et al. (2018) determinou o risco potencial para a saúde humana usando o quociente de risco (HQ) para três faixas etárias – adultos, crianças e bebês – e os resultados indicaram que os bebês são os que apresentam maior risco à exposição por nitrato. Em Sadler et al. (2016) uma caracterização de risco, associando defeitos congênitos a níveis de nitrato na água consumida durante os primeiros três meses de gravidez, resultou em quocientes de risco (HQ) que indicaram riscos elevados de defeitos de nascimento.

CONCLUSÕES

O estudo apresentou um panorama da contaminação das águas subterrâneas por nitrato em diferentes regiões do Brasil e do mundo, apontando que a determinação das concentrações de nitrato nas águas dos mananciais é de extrema importância e monitoramentos periódicos permitem detectar os avanços da contaminação.

Diante desse cenário, há necessidade de continuidade das pesquisas para ampliar o diagnóstico da contaminação por nitrato, identificar as fontes de contaminação, os impactos nas águas subterrâneas e os riscos à saúde da população.

Este estudo reforça a necessidade de melhor avaliar a contaminação dos mananciais por nitrato de modo a conhecer cenários de riscos à saúde humana e mostra a premência

do enfrentamento do problema por meio de ações preventivas e corretivas por parte dos órgãos da saúde e demais responsáveis pelos recursos hídricos, além de medidas educativas envolvendo toda a sociedade.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Formador de Recursos Humanos para o SUS/SP “Dr. Antônio Guilherme de Souza” (CEFOR).

Ao Instituto Adolfo Lutz pela concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ribeiro LGG, Rolim DN. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica. *Rev. Direito Amb. Soc* 2017; 7(1):7-33.
2. Ribeiro WC. *Geografia Política da Água*. São Paulo: Annablume, 2008.
3. Tucci CEM, Hespanhol I, Cordeiro Netto OM. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a visão mundial da água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 2000; 5(3):31-43.
4. Silva MSR, Miranda SAF, Santana GP. Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas: Condições de suas águas versus Resolução N° 357/CONAMA/2005. *Scientia Amazonia* 2016; 6(2):83-90.
5. Rebouças AC. A política nacional de recursos hídricos e as águas subterrâneas. *Rev. Águas Subterrâneas* 2002; 16.
6. Tundisi JG, Tundisi TM. *Recursos hídricos no século XXI*. 2a ed. Recursos hídricos e meio ambiente, 2011.
7. Américo-Pinheiro JHP, Mirante MHP, Benini SM. *Gestão e qualidade dos recursos hídricos: conceitos e experiências em bacias hidrográficas*. Anap-Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, 2016.
8. Costa DD, Kempka AP, Skoronski E. A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: o panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais. *Revista Eletrônica do PRODEMA* 2016; 10(2):49-61. doi: 10.22411/rede2016.1002.04
9. PLANO ESTADUAL DE SAÚDE – PES 2016 – 2019. Disponível em: http://www.saude.sp.gov.br/resources/ses/perfil/gestor/documentos-de-planejamento-em-saude/plano-estadual-de-saude-2016-2019-sessp/pessp_2017_11_01_17.pdf

Nitrato em águas subterrâneas: Um alerta sobre os riscos à saúde/Santos LMF, Silva RA (orientadora)

10. Biguelini CP, Gumy MP. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região sudoeste do Paraná. Rev Faz Cienc 2012; 14(20).
11. Lima MLA. Águas subterrâneas potencialmente impactadas por nitrato (NO_3^-) na área urbana da cidade de Porto Velho; Um estudo da geografia da saúde [Dissertação]. Porto Velho: Universidade Federal de Rondônia; 2008.
12. Cunha MC. A avaliação da concentração de íons nitrato nos poços tubulares que abastecem Nova Parnamirim. Rev. Cient. da Escola de Gest de Neg 2013; 1:11-18.
13. Costa CL et al. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde 2012; 33(2):171-80. doi: 10.5433/1679-0367.2012v33n2p171
14. Silva Rita de Cássia Assis da, Araujo Tânia Maria de. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Ciênc. saúde coletiva 2003; 8(4):1019-1028.
15. Bezerra ADA et al. Teor de nitrato em águas subterrâneas da região metropolitana de Fortaleza, Ceará: um Alerta. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde 2017; 38(2):129-36. doi: 10.5433/1679-0367.2017v38n2p129
16. Lauthartte IC et al. Avaliação da qualidade da água subterrânea para consumo humano: estudo de caso no Distrito de Jaci-Paraná, Porto Velho - RO. Águas Subterrâneas 2016; 30(2):246-60. doi: 10.14295/ras.v30i2.28547
17. Silva RA, Santos RC, Ferreira LO. Avaliação da concentração de nitrato em águas subterrâneas de poços das regiões de Assis e Marília, São Paulo. Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia 2019; 7(2):102-6. doi: <https://doi.org/10.22239/2317-269x.01290>
18. Varnier C. et al. Nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, área urbana do Município de Marília (SP). Rev do Instituto Geológico 2010; 31(1-2).
19. Godoy MTF et al. Contaminação das águas subterrâneas por nitrato em Presidente Prudente - SP. Brasil. Revista Instituto Adolfo Lutz 2004; 63(2):208-14.
20. Czekaj J et al. Identification of nitrate sources in groundwater and potential impact on drinking water reservoir (Goczałkowice reservoir, Poland). Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C 2016; 94:35-46. doi: 10.1016/j.pce.2015.11.005
21. Rosillon F et al. Attempts to Answer on the Origin of the High Nitrates Concentrations in Groundwaters of the Sourou Valley in Burkina Faso. Journal of Water Resource and Protection 2012; 4:663-673. doi: 10.4236/jwarp.2012.48077
22. Narsimha A, Peiyue L. Occurrence, health risks, and geochemical mechanisms of fluoride and nitrate in groundwater of the rock-dominant semi-arid region, Telangana State, India.

Nitrato em águas subterrâneas: Um alerta sobre os riscos à saúde/Santos LMF, Silva RA (orientadora)

- Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal 2019; 25:81-103. doi: 10.1080/10807039.2018.1480353
23. Raczuk J, Dziuban E, Biardzka E. Nitrates in drinking water as a factor of health risk to the Platerow commune inhabitants (MazowieckieVoivodeship). *Ochr. Środ. Zasob. Natur* 2013; 24.1(55):5-9, 2013. doi: 10.2478/oszn-2013-0005
 24. Fabro RAY et al. Spatial distribution of nitrate health risk associated with groundwater use as drinking water in Merida, Mexico. *Applied Geography* 2015; 65:49-57. doi:10.1016/j.apgeog.2015.10.004
 25. Khattabi JE et al. Impact of Fertilizer Application and Agricultural Crops on the Quality of Groundwater in the Alluvial Aquifer, Northern France. *Water, Air, and Soil Pollution* 2018; 229:128. doi: 10.1007/s11270-018-3767-4
 26. Mendes MP, Ribeiro L. Nitrate probability mapping in the northern aquifer alluvial system of the river Tagus (Portugal) using Disjunctive Kriging *Sci Total Environ* 2010; 1;408(5):1021-34. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.10.069
 27. Qasemi A et al. Health risk assessment of nitrate exposure in groundwater of rural areas of Gonabad and Bajestan, Iran. *Environ Earth Sci* 2018; 77:15(551). doi: 10.1007/s12665-018-7732-8
 28. Chen J et al. Assessing Nitrate and Fluoride Contaminants in Drinking Water and Their Health Risk of Rural Residents Living in a Semiarid Region of Northwest China. *Exposure and Health* 2017; 9(3):183-195. doi: 10.1007/s12403-016-0231-9
 29. Sadler R et al. Health risk assessment for exposure to nitrate in drinking water from village wells in Semarang, Indonesia. *Environmental Pollution* 2016; 216:738-45. doi: 10.1016/j.envpol.2016.06.041
 30. 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.*
 31. Barbosa CF. Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em água subterrânea no bairro Piranema Seropédica - RJ [Dissertação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2005.
 32. Torres RM. Remoção biológica de nitrato em água de abastecimento humano utilizando o endocarpo de coco como fonte de carbono [Dissertação]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2011.
-

Correspondência para/Correspondence to:

Rosângela Aguilar da Silva
e-mail: rosangela.silva@ial.sp.gov.br