

# Teor de nitrato em águas subterrâneas da região metropolitana de Fortaleza, Ceará: um Alerta

## *Nitrate content in groundwater in the metropolitan region of Fortaleza, Ceará: an alert*

Antonia Diana Alves Bezerra<sup>1</sup>, Janelane Coelho da Rocha<sup>2</sup>, Elcivania Rodrigues Nogueira<sup>3</sup>, Francisco Gabriel Dias Mota Araújo<sup>4</sup>, Magda Kokay Farias<sup>5</sup>, Máira Gadelha Alves Brandão<sup>6</sup>, Lydia Dayanne Maia Pantoja<sup>7</sup>

### Resumo

Diante do quadro de escassez hídrica em regiões de clima semiárido como é o caso do Estado do Ceará, a exploração de água subterrânea é uma importante medida para abastecimento da população, porém, ações antropogênicas podem comprometer a sua qualidade. Considerando, que o íon nitrato é utilizado mundialmente como indicador de contaminação e que teores de nitrato acima de 10 mg/L N-NO<sub>3</sub> acarretam danos à saúde, o presente trabalho objetivou analisar o teor de nitrato em águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza (CE). Por meio de método de espectrofotometria na região do visível foram analisadas 37 amostras de águas subterrâneas oriundas das cidades de Aquiraz, Caucaia, Pacatuba, Horizonte, Eusébio e Fortaleza (CE). As amostras coletadas foram analisadas por profissionais do laboratório da Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE. Os resultados obtidos revelaram que 37,8% das amostras estão em desacordo a legislação nacional em vigor. Os resultados corroboram estudos que apontam elevados teores do íon nitrato encontrados em regiões densamente urbanizadas, como é o caso da Região Metropolitana de Fortaleza (CE), por tanto, o déficit do serviço de esgotamento sanitário seria uma das causas para a presença dessa contaminação.

**Palavras chave:** Poluição da água. Água subterrânea. Qualidade da água.

### Abstract

Because of the general shortage of water in semiarid regions, as is the case of the State of Ceará, Brazil, the exploitation of groundwater is an important measure to supply water to the population. However, anthropogenic actions can impair the quality of this water. Considering that nitrate concentration is used globally as an indicator of water contamination and that levels greater than 10 mg/L N-NO<sub>3</sub> cause harm to health, this study analyzed the nitrate levels in groundwater samples in the metropolitan region of Fortaleza. A total of 37 samples, obtained in the cities of Aquiraz, Caucaia, Pacatuba, Horizonte, Eusébio and Fortaleza were analyzed by visible light spectrophotometer. The samples were analyzed by laboratory technicians of the Ceará State Environmental Agency (SEMACE). The results revealed that 37.8% of the samples contained higher nitrate concentrations than specified by national standards as safe for drinking. These results corroborate other findings of high nitrate levels in groundwater from densely populated regions, as is the case of the Fortaleza metropolitan region, and that inadequate collection and treatment of sewage is one of the causes of this contamination.

**Keyword:** Water pollution. Groundwater. Water quality.

<sup>1</sup>Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Ceará; Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>2</sup>Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Ambiental pela Faculdade Integrada do Ceará. Gestora Ambiental na Superintendência Estadual do Meio Ambiente; Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>3</sup>Graduada em Química pela Universidade Federal do Ceará; Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>4</sup>Graduando em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Ceará; Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>5</sup>Engenheira Química pela Universidade Federal do Ceará; Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>6</sup>Graduada em Química pela Universidade Estadual do Ceará. Gerente da Gerência de Análise e Monitoramento da Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE; Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>7</sup>Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará. Docente na Universidade Estadual do Ceará. E-mail: lydia.pantoja@uece.br

## Introdução

A água subterrânea representa 98% da reserva de água doce do planeta, sendo considerada, no geral, com qualidade superior às de recursos hídricos superficiais (CAJAZEIRAS, 2007). No Brasil, a água subterrânea vem sendo bastante explorada, tendo como principais usos: o consumo humano, irrigação, indústria e lazer (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005). Para 39% dos municípios brasileiros, a água subterrânea é a única fonte de abastecimento, já 47% são abastecidos unicamente por águas superficiais e 14% por mananciais superficiais e subterrâneos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010a).

Na Região Nordeste, 7,92% dos domicílios são abastecidos unicamente por água subterrânea proveniente de poços ou nascentes, o que representa 1.181.435 do total de domicílios da região (BRASIL, 2011a). As cidades de Maceió (AL) e Natal (RN) dependem unicamente de água subterrânea para abastecimento público, e os Estados do Piauí e Maranhão realizam aproveitamento de mais de 80% da água subterrânea (SOUZA, 2010).

No que se refere ao Estado do Ceará, 35% dos municípios são abastecidos exclusivamente por água de origem subterrânea (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010b). Na base de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil, estão cadastrados 22.294 poços cearenses (BRASIL, 2016).

Entre os vários aspectos que tornam vantajoso o consumo de água subterrânea, estão a filtração e a purificação natural que ocorrem no trajeto de infiltração da água no solo e nesse trajeto processos físico-químicos e bacteriológicos realizam a depuração da água (AGUIAR; MORAES NETO, 2015).

A qualidade da água subterrânea pode ser comprometida por diferentes formas de uso e ocupação do solo (ALBUQUERQUE FILHO et al., 2011). A disposição de esgotos domésticos e industriais em fossas sépticas, a deposição inadequada de resíduos sólidos, os postos combustíveis e a utilização de fertilizantes na agricultura são fatores que comprometem a qualidade da água subterrânea (SILVA et al., 2014).

Um dos parâmetros mundialmente usado como indicativo de contaminação da água subterrânea, é o íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sobretudo, devido às propriedades de alta mobilidade e persistência na água subterrânea, com capacidade de contaminar extensas áreas (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE

SÃO PAULO, 2007). O nitrato pode ser encontrado naturalmente em águas subterrâneas com teores que variam de 0,1 a 10 mg/L (BAIRD, 2002 apud BIGUELINI; GUMY, 2012). Teores de nitrato acima de 10 mg/L são considerados inadequados para consumo humano pela Portaria N° 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os padrões de potabilidade da água para consumo humano (BRASIL, 2011). A contaminação por nitrato em águas subterrâneas tem como fontes importantes: fertilizantes agrícolas, esterco de animais e fossas sépticas (VARNIER; HIRATA, 2002). A partir da forma predominante de nitrogênio encontrada em um corpo d'água, pode se determinar o estágio de poluição. Uma maior concentração de nitrogênio na forma orgânica ou de amônia indica uma poluição recente, já a predominância de nitrato é indicativa de contaminação antiga (VON SPERLING, 2014).

Doenças como metemoglobinemia e câncer podem ser resultantes do consumo de água com teores de nitrato acima de 10 mg/L (VARNIER; HIRATA, 2002). A metemoglobinemia ou síndrome do bebê azul é uma doença causada pelo aumento da concentração de metemoglobina no sangue (NASCIMENTO et al., 2008). Crianças em seus primeiros meses de vida são consideradas importante grupo de risco, uma vez que, o consumo de água contendo teores elevados de nitrato, mesmo em curto espaço de tempo, pode acarretar a metemoglobinemia e até mesmo resultar na morte (POHLING, 2009). A metemoglobina é a molécula de hemoglobina que contém os átomos de ferro na forma oxidada ( $\text{Fe}^{3+}$ ), essa é incapaz de se ligar ao oxigênio e, conseqüentemente, transportá-lo pela corrente sanguínea como faz normalmente a hemoglobina na sua forma de oxidação ( $\text{Fe}^{2+}$ ) (FERNÍCOLA; AZEVEDO, 1981). A ingestão de água contaminada por nitrato induz a metemoglobinemia, uma vez que bactérias reduzem o íon nitrato em nitrito, este se liga ao átomo de ferro na hemoglobina que passa de  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$  (SILVA; BROTTTO, 2014). Cianose, dispneia, cefaleia, arritmias cardíacas, convulsões, coma e até mesmo óbito são manifestações clínicas da doença (NASCIMENTO et al., 2008).

Cientistas debatem a possibilidade de consumo de água contaminada por nitrato aumentar o risco de câncer gástrico em seres humanos, isso, porque tal íon no estômago se transforma em nitrito, que ao reagir com aminas produz compostos cancerígenos em animais, as N-nitrosaminas (SILVA; BROTTTO, 2014). Dores de cabeça, hipotensão (KAMINISHIKAWAHARA

et al., 2011), diurese, danificação e hemorragia no baço (POHLING, 2009), também são danos à saúde causados pela ingestão de água contaminada por nitrato.

Diante do quadro de déficit hídrico no Estado do Ceará, a água de origem subterrânea captada a partir de poços se configura em uma alternativa à falta d'água, entretanto, a presença de nitrato é um alerta, uma vez que atua como forte indicador de contaminação e acarreta sérios danos à saúde. Nesse ínterim, o presente trabalho objetivou identificar a concentração de nitrato em águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza.

## Material e Métodos

Foram realizadas análises dos teores de nitrato em 37 amostras de águas subterrâneas oriundas de algumas cidades pertencentes à Região Metropolitana de Fortaleza (CE), sendo oito amostras de Aquiraz, quatro de Caucaia, uma de Pacatuba, três de Horizonte, uma de Eusébio e vinte de Fortaleza (Figura 1).

As amostras foram coletadas entre os anos de 2014 a 2016, e os procedimentos de análise seguiram a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 2005).

Para a classificação das amostras como potáveis ou contaminadas por nitrato teve-se como base o limite máximo de 10 mg/L estabelecido pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os padrões de potabilidade da água para consumo humano (BRASIL, 2011).

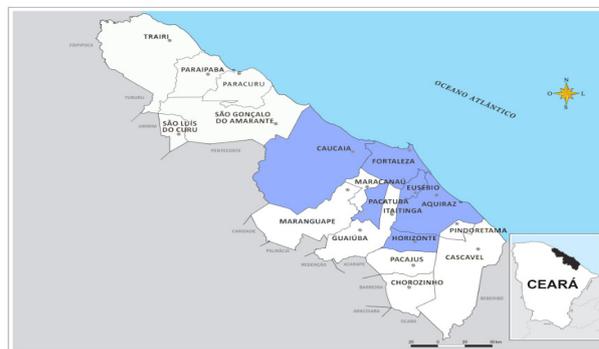
Nas coletas foram utilizados frascos de polietileno com capacidade para 500 mL e com tampa vedante, tais frascos estavam secos e limpos e foram manuseados com luvas descartáveis. As amostras foram coletadas em torneiras ou tubulações mais próximas aos poços e antes das coletas deixou-se a água escoar por cerca de 3 minutos, a fim de desprezar a água acumulada na canalização. Posteriormente, realizou-se o enxague de cada frasco por três vezes com a própria amostra no intuito de fazer a ambientação do mesmo (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011), para só então a coleta de aproximadamente 350 mL de amostra ser realizada. Após coletadas as amostras foram identificadas e acondicionadas em caixa térmica contendo gelo e encaminhadas no tempo máximo de até 24 horas para serem analisadas no laboratório de análises de água

e efluentes da Superintendência Estadual do Meio Ambiente – Fort/CE – SEMACE.

A determinação do teor de ion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) deu-se por meio de método de espectrofotometria na região do visível com redução do nitrato por cádmio, sendo para tanto utilizado o reagente NitraVer® 5 Nitrate Reagent (reagente em pó embalado em sachê com conteúdo para amostra de 25 mL) da marca HACH fabricado pela HACH LANGE GmbH (Düsseldorf, Renânia do Norte-Vestfália, Alemanha).

O procedimento analítico consistiu em retirar uma alíquota de 25 mL da amostra com uma pipeta volumétrica de 25 mL e transferir para uma cubeta de vidro quadrada, caminho óptico de 25 mm, com marcação para 25 mL também da marca HACH, o mesmo procedimento foi feito com o branco (água destilada). Posteriormente, tanto na cubeta contendo a amostra como na cubeta com o branco adicionou-se o conteúdo do sachê NitraVer®5 Nitrate Reagent, e promoveu-se a mistura de cada cubeta durante 1 minuto, em seguida aguardou-se 5 minutos para ocorrer a reação. Decorrido o tempo necessário para a reação, zerou-se o espectrofotômetro com o branco e em seguida foi feita a leitura da amostra sendo o resultado expresso em mg/L de  $\text{NO}_3^-$ . A leitura foi realizada no comprimento de onda 400 nm no programa 353 do espectrofotômetro UV-Vis da marca HACH, modelo DR 5000.

**Figura 1** - Mapa da Região Metropolitana de Fortaleza (CE) com a distribuição das cidades que tiveram águas subterrâneas amostradas para a análise do nitrato.



Fonte: Adaptado de: (CEARÁ, 2012).

## Resultados e Discussão

Os resultados da análise de teores de nitrato em águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza (CE) (Tabela 1) indicaram que 14 (37,8%) amostras apresentaram teores acima de 10 mg/L, que é o padrão máximo estabelecido pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

**Tabela 1** - Resultados dos teores de nitrato das amostras de águas subterrâneas analisadas provenientes da Região Metropolitana de Fortaleza-CE.

Cidade	Amostras	Nitrato (mg/L)	Cidade	Amostras	Nitrato (mg/L)
Aquiraz	1	55,2*	Fortaleza	3	36,0*
Aquiraz	2	19,1*	Fortaleza	4	0,4
Aquiraz	3	1,0	Fortaleza	5	21,5*
Aquiraz	4	1,0	Fortaleza	6	7,6
Aquiraz	5	0,6	Fortaleza	7	1,1
Aquiraz	6	1,1	Fortaleza	8	18,4*
Aquiraz	7	1,0	Fortaleza	9	23,9*
Aquiraz	8	Zero	Fortaleza	10	12*
Caucaia	1	0,6	Fortaleza	11	1,3
Caucaia	2	11,5*	Fortaleza	12	1,8
Caucaia	3	2,7	Fortaleza	13	5,3
Caucaia	4	4,3	Fortaleza	14	8,5
Pacatuba	1	1,3	Fortaleza	15	11,2*
Horizonte	1	0,4	Fortaleza	16	1,9
Horizonte	2	0,5	Fortaleza	17	3,5
Horizonte	3	0,1	Fortaleza	18	25*
Eusébio	1	53,4*	Fortaleza	19	15*
Fortaleza	1	8,5	Fortaleza	20	11,5*
Fortaleza	2	28,2*	-	-	-

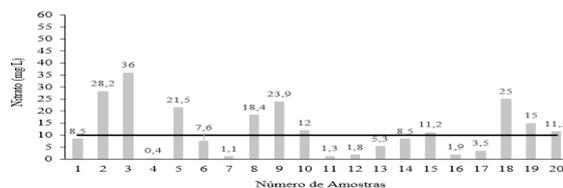
Legenda: \* valores acima do recomendado por (ANVISA, 2011).

Fonte: Os Autores.

Frente à distribuição das amostras positivas, constatou-se que o município de Fortaleza se destaca pela positividade, das vinte amostras analisadas da capital, 50% apresentaram concentrações acima de 10 mg/L (figura 2). Bem como, Aquiraz (55,2 mg/L) e Eusébio (53,4 mg/L) apresentaram as maiores concentrações em comparação a todas as aferições realizadas (figura 3).

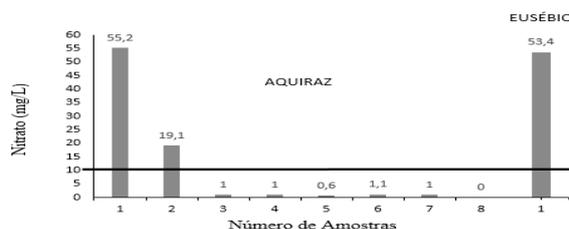
Outros estudos também tiveram como objeto de pesquisa o teor de nitrato em águas subterrâneas. Biguelini e Gumy (2012) quando realizaram estudo para avaliar o índice de nitrato em águas subterrâneas de

**Figura 2** - Resultado da análise do teor de nitrato em águas subterrâneas de Fortaleza (CE). Destaca-se a presença de um eixo de corte que corresponde a um limite máximo estabelecido pela Portaria N. 2.914/2011 (BRASIL, 2011b).



Fonte: Os Autores.

**Figura 3** - Resultado da análise do teor de nitrato em águas subterrâneas de Aquiraz e Eusébio-CE. A presença de eixo de corte corresponde a um limite máximo estabelecido pela Portaria N. 2.914/2011 (BRASIL, 2011).



Fonte: Os Autores.

poços profundos do sudoeste do Paraná, constataram que 32,35% do total de 34 amostras analisadas, apresentaram teores de nitrato acima do permitido.

Lima (2008), em pesquisa que objetivava avaliar a qualidade das águas subterrâneas potencialmente impactadas pelo íon nitrato na área urbana do município de Porto Velho (RO), identificou que das 90 amostras analisadas, 37% apresentaram teores de nitrato acima do padrão.

No bairro de Nova Parnamirim, situado na cidade de Parnamirim (RN), Cunha (2014) realizou estudo que tinha como proposta destacar a contaminação por nitrato dos recursos hídricos subterrâneos que abastecem o bairro. No estudo foi identificado que dos 13 poços tubulares analisados, 6 (46,15%) apresentaram teores de nitrato em desacordo com a legislação vigente. Para que outros poços de Nova Parnamirim não sejam contaminados, o autor recomenda a implantação urgente de um sistema de esgotamento sanitário na região.

Costa et al. (2012), em pesquisa para avaliar a qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, constataram que das 230 amostras analisadas, 7,8% apresentaram teores de nitrato acima do limite para potabilidade, os teores variaram de 0 a 99,05 mg/L, frente as concentrações máximas, as taxas foram bem superiores as encontradas no presente trabalho.

Freitas (2009), quando pesquisou sobre a qualidade das águas subterrâneas do município de Caucaia, pertencente à Região Metropolitana de Fortaleza (CE), identificou que do total de 20 amostras de poços analisadas, 10 apresentaram teores de nitrato acima do permitido, esses variaram de 12 a 61 mg/L.

Em estudo realizado por Carneiro et al. (2009) com o objetivo de identificar as fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas do Morro Santa Terezinha, localizado no Bairro Vicente Pinzón, Fortaleza (CE), revelaram que é comum a presença de nitrato na água subterrânea do bairro e apontaram as fossas sépticas, efluentes líquidos domésticos e industriais como fontes potenciais desse contaminante.

De acordo com Kaminishikawahara et al. (2011), em aglomerados urbanos é cada vez mais comum a contaminação de água subterrânea por nitrato. Em tais aglomerados, uma das principais fontes é a disposição de esgotos domésticos em fossas sépticas e negras (VARNIER et al., 2010).

No que se refere à Região Metropolitana de Fortaleza, 49,06% dos domicílios dispõem de fossa séptica ou outras formas de esgotamento sanitário que não a rede geral de esgoto ou pluvial (BRASIL, 2011 apud CEARÁ, 2012). Logo, o déficit de esgotamento sanitário no Brasil impacta diretamente na qualidade da água subterrânea (ZOBY, 2008).

Por conseguinte, os achados encontrados no presente artigo apontam que monitoramentos periódicos da qualidade de águas subterrâneas utilizadas para consumo humano se fazem necessários, visto que doenças como metemoglobinemia e câncer gástrico podem ser acarretadas, o que mostra a importância de monitoramentos como o apresentado na pesquisa, devendo ser estimulado sua continuidade e periodicidade.

## Considerações Finais

Das 37 amostras de águas subterrâneas analisadas 37,8% estão impróprias para consumo, uma vez que os teores de nitrato se apresentaram acima do padrão estabelecido pela legislação brasileira. Apesar de ocorrer naturalmente em águas subterrâneas, teores elevados do

ion nitrato têm sido encontrados em regiões densamente urbanizadas como é o caso da Região Metropolitana de Fortaleza-CE.

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 a contaminação do lençol freático através da percolação do esgoto. Logo, os resultados obtidos são um alerta para a urgência de adoção de políticas públicas que promovam a universalização dos sistemas de esgotamento sanitário e abastecimento de água, pois somente com essas medidas pode-se garantir a qualidade da água e a saúde da população.

Salienta-se que, em decorrência do período de estiagem prologado vivido no Estado do Ceará, existe uma crescente demanda por fontes alternativas de abastecimentos, sobretudo, oriundas de águas subterrâneas, tornando-se necessário o monitoramento contínuo e periódico da qualidade das águas subterrâneas em todo o Estado.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Consórcio Engecorps/ Cobrape. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional*. Brasília, 2010a. v. 1.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Consórcio Engecorps/ Cobrape. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: resultados por estados*. Brasília, 2010b. v. 2.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Ministério do Meio Ambiente. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Superintendência de Conservação de Água e Solo. *Cadernos de recursos hídricos: panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil*. Brasília: ANA, 2005.

AGUIAR, S. C.; MORAES NETO, J. M. de. Comprometimento da relevância ambiental da água subterrânea na zona rural do município de Gado Bravo-PB. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 583-594, 2015.

- ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; BARBOSA, M. C.; AZEVEDO, S. G. de; CARVALHO, A. M. de. O papel das águas subterrâneas como reserva estratégica de água e diretrizes para a sua gestão sustentável. *Revista de Recursos Hídricos*, Lisboa, v. 32, n. 2, p. 53-61, 2011.
- APHA; AWWA; WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21. ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
- BIGUELINI, C. P.; GUMY, M. P. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região Sudoeste do Paraná. *Revista Faz Ciência*, Cascavel, v. 14, n. 20, p. 153-175, 2012.
- BRASIL. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. *Sistema de informações de águas subterrâneas - SIAGAS*. Disponível em: <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php)> Acesso em: 22 dez. 2016.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 2.914 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. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 5 dez. 2016.
- CAJAZEIRAS, C. C. de A. *Qualidade e uso das águas subterrâneas e a relação com doenças de veiculação hídrica, região de Crajubar, CE*. 2007. 131 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- CARNEIRO, F. de A.; VASCONCELOS, S. M. S.; SILVA, C. M. S. V.; SANTIAGO, M. M. F. Identificação das fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas do Morro Santa Terezinha, Fortaleza- Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. *Anais...* São Luís: ABRH, 2009.
- CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará- IPECE. *Perfil básico regional 2012*. Fortaleza: IPECE, 2012.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO- CETESB. *Relatório das águas subterrâneas do Estado de São Paulo: 2004-2006*. São Paulo: CETESB, 2007.
- COSTA, C. L.; LIMA, R. F. L.; PAIXÃO, G. C.; PANTOJA, L. D. M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, Londrina, v. 33, n. 2, p. 171-180, 2012.
- CUNHA, M. C. B. A avaliação da concentração de íons nitrato nos poços tubulares que abastecem Nova Parnamirim. *Connexio: Revista Científica da Escola de Gestão e Negócios*, Natal, v. 3, n. 1, p. 11-18, 2014.
- FERNICOLA, N. G. G.; AZEVEDO, F. A. Metahemoglobinemia e nitrato nas águas. *Revista de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 242- 248, 1981.
- FREITAS, L. C. B. *Qualidade das águas subterrâneas: área no município de Caucaia, região metropolitana de Fortaleza–Ceará*. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- IBGE - Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística. *Sinopse do censo demográfico 2010*. 2011. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=P15&uf=00>>. Acesso em: 17 dez. 2016.
- KAMINISHIKAWAHARA, K. K.; KOZAKA, M.; UYETA, M. Y.; JESUS, M. R.; OHMUR, M. L. *Contaminação por nitrato do aquífero de Bauru em meio urbano*. 2011. 33 f. Trabalho Acadêmico (Graduação em Geologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

- LIMA, M. L. A. *Águas subterrâneas potencialmente impactadas por nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) na área urbana da Cidade de Porto Velho: um estudo da Geografia da saúde*. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2008.
- NASCIMENTO, T. S.; PEREIRA, R. O. L.; MELLO, H. L. D.; COSTA, J. Metemoglobinemia: do diagnóstico ao tratamento. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, Rio de Janeiro, v. 58, n. 6, p. 651-664, 2008.
- POHLING, R. *Reações químicas na análise de água*. Fortaleza: Arte Visual, 2009.
- SILVA, D. D.; MIGLIORINI, R. B.; SILVA, E. C.; LIMA, Z. M.; MOURAS, I. B. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 43-52, 2014.
- SILVA, L. C. M.; BROTTTO, M. E. *Nitrato em água: ocorrência e consequência*. 2014. Disponível em: <[http://www.creasp.org.br/institucional/meio\\_ambiente](http://www.creasp.org.br/institucional/meio_ambiente)>. Acesso em: 1 out. 2016.
- SOUZA, L. C. de. A Efetividade da proteção das águas subterrâneas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO MAGISTÉRIO SUPERIOR DA ASSOCIAÇÃO DOS PROFESSORES DE DIREITO AMBIENTAL DO BRASIL - APRODAB, 8., CONGRESSO DE DIREITO AMBIENTAL DA PUC-RIO, 1., 2002, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: PUC, 2010.
- VARNIER, C.; HIRATA, R. Contaminação da água subterrânea por nitrato no Parque Ecológico do Tietê - São Paulo, Brasil. *Revista Águas Subterrânea*, São Paulo, v. 16, n. 16, p. 97-104, 2002.
- VARNIER, C.; IRITANI, M. A.; VIOTTI, M.; ODA, G. H.; FERREIRA, L. M. R. Nitrato nas águas subterrâneas do sistema aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, v. 3. n. 1-2, p. 1-21, 2010.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.
- ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15., 2008, Natal. *Anais...* Natal: ABAS, 2008.

Recebido em: 28 jan. 2017

Aceito em: 07 ago. 2017

