



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## **Influência de Fossas Sépticas e Rudimentares na Contaminação da Água Subterrânea na Cidade de Fortaleza-CE.**

Filipe da Silva Peixoto <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Email: [felipepeixoto@uern.br](mailto:felipepeixoto@uern.br)

**Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais**

### **Resumo**

Esta pesquisa busca investigar a relação entre a situação sanitária e a qualidade da água subterrânea, usando concentrações de compostos nitrogenados. O aquífero estudado é do tipo livre e se encontra situado em uma zona peri-urbana da cidade de Fortaleza (NE Brasil). Através de dados do censo do IBGE (2010), foi analisado o número de domicílios ligados a fossas sépticas e fossas rudimentares. A qualidade da água subterrânea foi avaliada baseada em compostos nitrogenados ( $N-NH_3^+$ ;  $NO_2^-$ ;  $N-NO_3^-$ ), pH sólidos totais dissolvidos (TDS). Os resultados apontam que a qualidade da água subterrânea é influenciada pelo esgoto doméstico. As mais altas concentrações de nitrato estão associadas a maior ocorrência de fossas sépticas e rudimentares. Foi observado também que a maior concentração de nitrato e nos setores interfluviais.

**Palavras chave:** Hidrogeografia; Aguas subterrâneas; Aspectos sanitários.

### **1. Introdução**

O esgoto doméstico possui uma grande quantidade de compostos orgânicos e alta variabilidade de composição. Huang et al. (2010) atesta que por volta de 64% do esgoto doméstico é formado por matéria orgânica. Assim, compostos nitrogenados, principalmente o nitrato, se tornam os contaminantes mais críticos nas águas subterrâneas no meio urbano, e estão geralmente ligados ao esgotamento sanitário ineficiente (BARRETT et al., 1999; FOSTER & CHILTON 2004). O nitrato não pode ser removido da água por tratamento convencional, além disso ele pode provocar complicações na



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

saúde humana como câncer, abortos, aumento da mortalidade infantil, dores abdominais e diarreia (ZAHO et al., 2012; EBRAHIMI; ROBERTS, 2013).

Na América Latina a poluição da água é um sério problema, especialmente devido a ineficiência da serviço sanitário, o qual não acompanha o crescimento das cidades (TUCCI, 2008). Nesse contexto, o Brasil experiencia uma crise aguda. “as áreas mais críticas estão localizadas próximas áreas de região metropolitanas, onde a qualidade da água se encontra mais pobre devido a lançamento de esgotos sem tratamento”(MMA, 2006, p. 54). Somente 57,6% dos municípios brasileiros possuem coleta de esgotamento sanitário, e 70% do esgoto coletado não é tratado (MCIDADES, 2018).

No Brasil, as áreas periurbanas possuem pouca cobertura do serviço de coleta de esgoto. Nessas áreas, a presença meio alternativos de esgotamento sanitário oferecem grandes riscos a contaminação da água subterrânea, sobretudo de aquíferos livres, que são mais vulneráveis a contaminação (Peixoto et al. 2018). Nesse estudo, buscou-se investigar a relação entre o densidade de fossas sépticas e rudimentares/km<sup>2</sup> com a qualidade da água subterrânea para compostos nitrogenados.

## **2. Materiais e métodos**

O estudo foi realizado em uma área periférica da cidade de Fortaleza - CE (Figura-1) e corresponde a 4 sub-bacias contínuas, que juntas possuem uma área de 20,9 km<sup>2</sup>. A cidade de Fortaleza é atualmente a 5<sup>a</sup> cidade mais populosa do país, e teve 75% de crescimento populacional nos últimos 20 anos (IBGE, 2011).

O sistema hidrogeológico da área analisada corresponde ao Barreiras, formado por rochas areníticas fracas ou não consolidadas com níveis argilosos siltosos e arenosos intercalados de idade Plio-pleistocênica (BRANDÃO, 1998).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

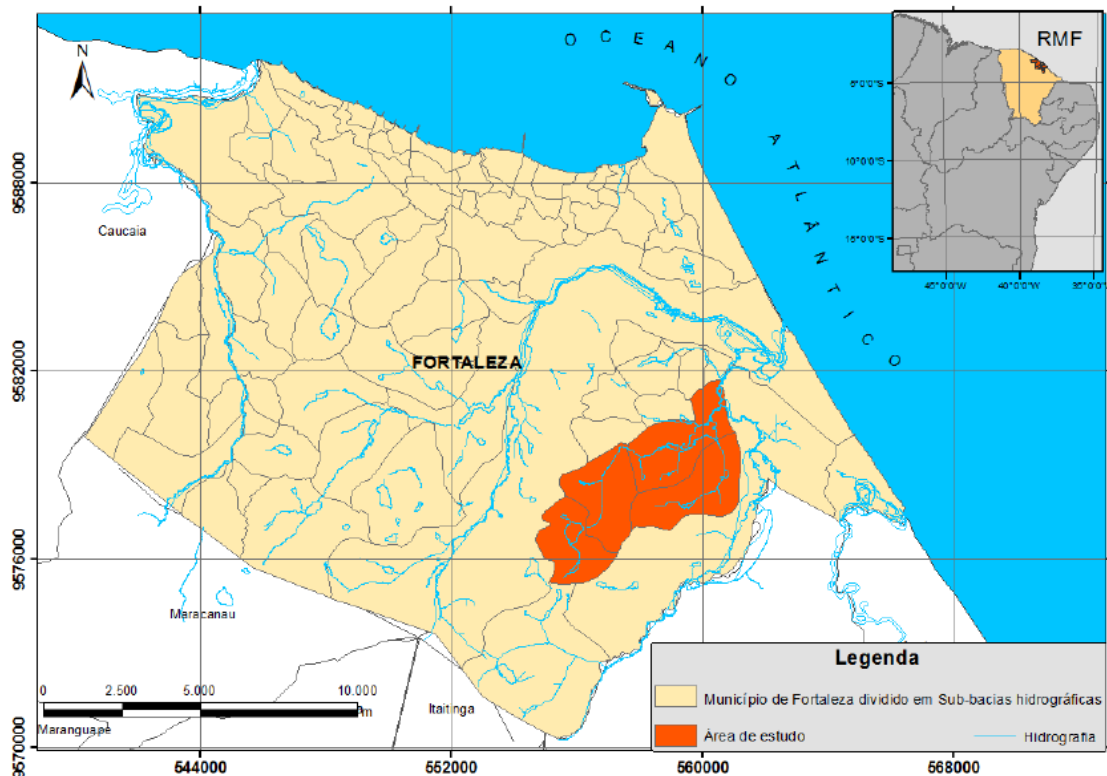


Figura 1 -área de estudo

Foi realizado cadastro de poços na área em março de 2016, correspondendo a 64 poços. Os poços foram georreferenciados, e deles foram selecionados 24 poços para amostragem da qualidade da água. Para isso foi utilizado critérios de: I – existência de ficha com perfil litológico e construtivo do poço; II- poços em operação; III – distribuição espacial favorável a krigagem na área de estudo; IV poços utilizados como fonte doméstica de abastecimento.

Foram analisadas concentrações de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_4^-$ ) pH, sólidos totais dissolvidos (STD) nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $N-NO_3^-$ ). As amostras foram conservadas em frascos de polipropileno, a amostra para análise de amônia foi reservada em frasco de vidro fosco, e adicionado reagentes para conservação da amostra, todos os parâmetros foram analisados segundo APHA (1998) no Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal do Ceará (LAGEA/UFC).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A situação sanitária foi estudada por meio de dados do censo demográfico de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011). Identificou-se o número de domicílios ligados a fossas sépticas e fossas rudimentares. Os dados foram coletados e vinculados a mapa base de setores censitários. Assim, foi composto um banco de dados georreferenciado para realizar as análises espaciais. Segundo Bernhardsen (1999) a análise espacial em Sistema de Informação Geográfica – SIG, é baseada na relação entre os atributos e formas modeladas no sistema, que permite realizar a caracterização espacial dos dados e integrar modelos de relação entre variáveis espaciais.

O SIG tem sido utilizado em muitos estudos de meio ambiente subterrâneo e análise de predição de impactos nas águas subterrâneas, especialmente em ambiente urbano (UMEZAU et al., 2008; NAS; BERKTAY, 2006, LIU et al., 2013, LEE et al. GURDAK; QI., 2012).

Para quantificar o número de domicílios que utilizam fossas sépticas e rudimentares foi realizada normalização dos dados pela área (km<sup>2</sup>) dos setores censitários onde esses domicílios estão presentes (Equação 1):

$$D = n/A \quad \text{Equação 1}$$

D = densidade de domicílios ligados a fossas sépticas e rudimentares; número de domicílios ligados a fossas sépticas e rudimentares; A = área de estudo do setor censitário correspondente.

As análises químicas foram tratadas por meio de estatística multivariada baseada em componentes principais, utilizando o software Andad 2.0, desenvolvido por Sousa e Souza (2005). Os planos fatoriais 1 e 2 obtiveram 70,2 % da variância o que corresponde a um nível de informação significativa para a identificação da relação entre os dados.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1. Situação sanitaria



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O esgotamento sanitário na área urbana consiste em sistema cloacal de coleta e sistema estático. O primeiro realiza a captura de efluentes e transporte deles para estações de tratamento, enquanto o segundo integra as opções alternativas, geralmente de baixo custo econômico, onde os efluentes são dispostos no próprio local de produção. Inclui-se aí as fossas sépticas e rudimentares (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2011).

A distinção entre fossas sépticas e rudimentares é discutida na NBR nº 7229 (ABNT, 1997). As fossas sépticas ou tanques sépticos possuem formato cilíndrico ou prismático que realiza tratamento básico de efluentes via sedimentação, floculação e até digestão. Enquanto as fossas rudimentares são dispositivos que não obedece a norma construtiva, portanto direciona o efluente por meio de buracos com ou sem revestimentos de material de concreto, geralmente pré-moldado. Assim, não possui nenhum mecanismo de mitigação da carga efluente. Por conta do custo relativamente baixo das fossas sépticas, Banana et al., (2015) coloca que elas são soluções viáveis para zonas peri-urbanas com infraestrutura de água servida mas sem coleta de esgoto disponível.

Na área de estudo, 82% dos domicílios utilizam sistemas estáticos de disposição de esgoto, favorecendo a incorporação de compostos nitrogenados nas águas subterrâneas. Este tipo de contaminação foi descrito por Lerner (2002); Foster e Chilton (2004); Almasri (2007), como frequente em áreas peri-urbanas, cuja principal contaminante nas águas subterrâneas é o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Estudos em cidades brasileiras realizados por Bernice (2010), Barbosa (2005) e Carneiro et al. (2009), também colocaram as fossa séptica e rudimentar como principal fonte de contaminação por nitrato nas águas subterrâneas urbanas.

No Brasil, a instalação de fossas sépticas não deve exceder o limite de 10 unidades/hectare ou 1.000 unidades/ $\text{Km}^2$  (ABNT, 1997). Para o padrão americano essa densidade não deve exceder 15/ $\text{km}^2$  (USEPA, 1977). A densidade de fossas possui



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

relação com a quantidade de fontes potenciais de contaminação. Na área de estudo existem 29 (30%) setores censitários que ultrapassaram o limite de 1000 unidade/km<sup>2</sup>, em toda área foram identificados 13.188 domicílios ligados a fossas rudimentares, enquanto a quantidade de domicílios ligados a fossas sépticas é de 9.842.

### 3.2. Qualidade das águas subterrâneas

Os valores analíticos dos compostos nitrogenados apresentaram condições favoráveis a concentrações nitrogênio-nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Por outro lado, nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) apresentaram valores máximos de 4,7 e 0,3 mg.L<sup>-1</sup> e foram detectados em 4 e 6 amostras, respectivamente.

Identifica-se contaminação difusa causada pelo alto número de fontes contaminantes e a persistência de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. As concentrações maiores sugerem um comportamento difuso no processo de contaminação. (Figura 2). A definição de plumas de contaminação converge para um modelo difuso regional, acompanhando o fluxo das águas subterrâneas (MITCHEL, 2005; HAYASHI et al., 2009; LASSERE et al., 1999).

### 3.3. Análise do componentes principais

Dados de estatística multivariada mostraram comportamento de correlações para algumas variáveis. A informação do primeiro plano fatorial foi a correlação positiva entre NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e TDS (Figura 2). A associação entre NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>2</sub><sup>-</sup> pode significar contaminação recente de efluentes, pois o resultado dos processos de oxidação preliminar dos compostos nitrogenados corresponde a presença desses íons (WILHELM et al., 1996). Além disso, o agrupamento entre NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e STD pode ser resultado da incorporação de cloretos dos efluentes.

As informações contidas no fatorial 2 mostram correlação negativa entre o NO<sub>3</sub> e o pH. A diminuição do pH tem uma relação biogeoquímica com a oxidação da matéria orgânica



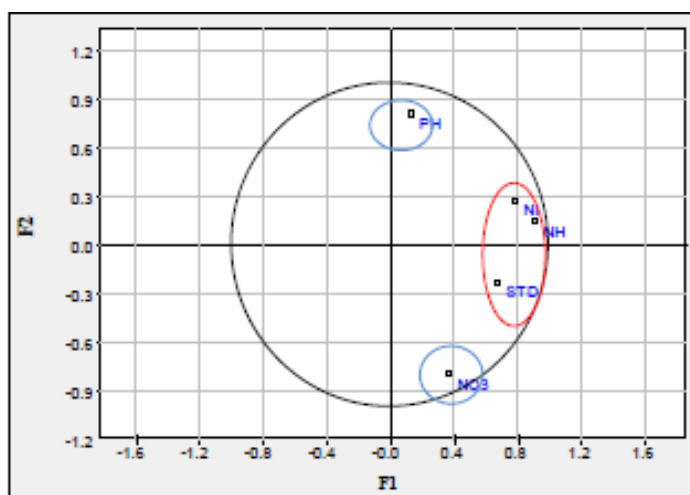
XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

e contaminação por nitrato (HEM, 1959). Wilhelm et al. (1995) e Liu et al. (2013) sugerem que aumentos na concentração de  $\text{NO}_3^-$  nos resultados do modo aquoso são resultado da oxidação do  $\text{NO}_2^-$  do que causam a acidificação das águas.



Legenda:  $\text{NO}_3^- = \text{N-NO}_3^-$ ;  $\text{NI} = \text{NO}_2^-$ ;  $\text{NH} = \text{NH}_4^+$

Figura 2 – Correlações dos elementos em planos fatoriais

### 3.4. Relação entre contaminação por nitrato e distribuição das fossas

A contaminação por  $\text{N-NO}_3^-$  foi observada em 41,6% dos poços, algumas amostras apresentam concentrações até 50% acima do valor máximo da legislação, que é de 10 mg/L segundo a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (MS, 2004). O setor do interflúvio foi o mais afetado devido às maiores densidades de sistemas estáticos de disposição de esgoto (fossas sépticas e rudimentares), associado a isso as condições mais favoráveis à oxidação potencializa a oxidação da matéria orgânica para  $\text{N-NO}_3^-$ . Enquanto em áreas próximas aos níveis locais de base (rios e lagoas), há menor potencial de oxidação com predomínio de  $\text{N-NO}_3^-$  abaixo de  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  (Figuras 5).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

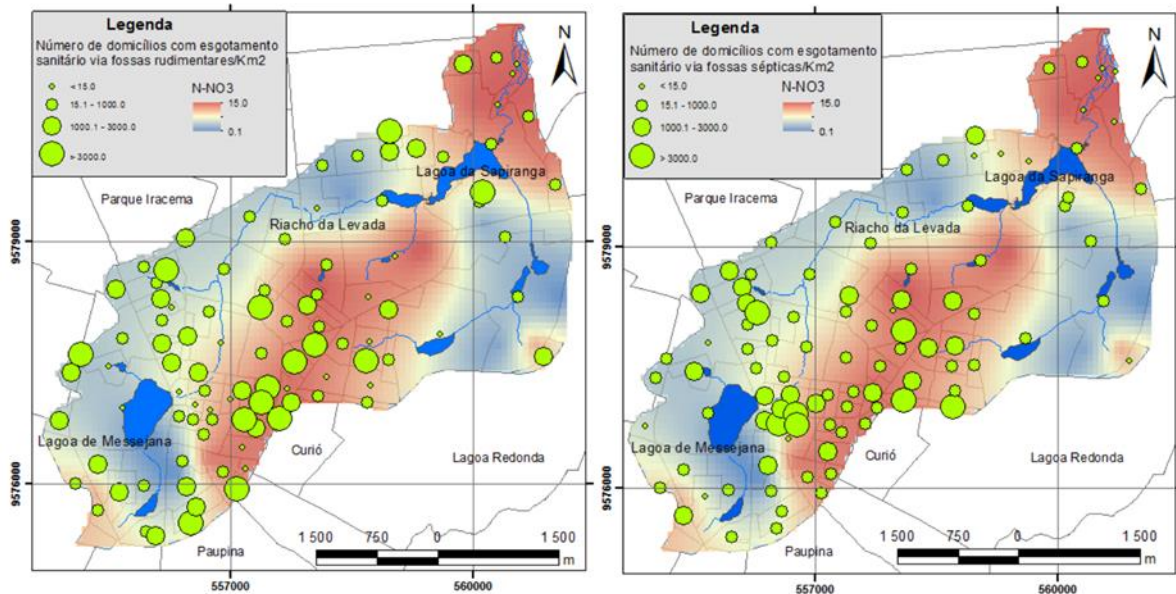


Figure 5 – fossas sépticas e rudimentares e krigagem das concentrações de nitrato

As altas densidades das fossas rudimentares provocaram aumento das concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas águas subterrâneas. Enquanto a densidade de fossas sépticas, demonstraram menor relação espacial com a contaminação da água subterrânea. Segundo Withers et al. (2012); Meeroff et al. (2008), as fossas de uma maneira geral são dispositivos que representam a principal fonte de contaminantes para efluentes domésticos em áreas urbanas. Tais condições causam a alta concentração de compostos nitrogenados, principalmente de nitrato (OUYANG et al. 2014). Além disso, a capacidade de atenuação é muito variável conforme a manutenção do e tipo do dispositivo (WITHERS, 2014).

#### 4. Conclusion

A situação sanitária exerce influência direta nas concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas águas subterrâneas. Setores censitários com maiores densidades de domicílios ligados a





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

fossa séptica estão espacialmente associado à contaminação por nitrato, porém a densidade de fossas rudimentares é mais determinante para essa contaminação.

Existe naturalmente condições locais para maior concentração de nitrato na área de interflúvio que possuem maiores profundidades da zona sub-saturada, e isso favorece a oxidação dos compostos nitrogenados para  $N-NO_3^-$ . Como o fluxo de água subterrânea se aproxima de riachos e lagoas, o processo de redução diminui a concentração de nitrato a medida que esses contaminante adentra na zona saturada.

A situação observada nas áreas de estudo ocorre principalmente porque as principais áreas de recarga que correspondem aos interflúvios têm sido mais ocupadas aumentando as fontes potenciais de contaminação. São necessárias ações estratégicas nessas áreas para a proteção da saúde pública e proteção dos aquíferos locais.

### **Referências Bibliográficas**

ABNT. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13.969, 1997, p. 60.

ALMASRI, M.N. Nitrate contamination of groundwater: a conceptual management framework. *Environmental Impact Assessment Review*, n. 27, 2007, p 220 – 242.

APHA. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 19. ed. Washington D.C., American Public Health Association, 1998 p. 541.

BANANA E.; CHIKOTI P.; HARAWA C.; MACGRANAHAN, G.; MITLIN D.; STEPHEN S.; SHERMBRUCKER N.; SHUMBA F.; WALNYCKI A., 2015. Sharing reflections on inclusive sanitation. *Environmental & Urbanization*, v. 27, n. 1, 2015, p. 19 – 34.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

BARBOSA C. F., 2005. Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em águas subterrâneas no Bairro Piranema, Seropédica-RJ. Campinas-SP, Univ. Estad. Campinas/Instituto de Geoc., Diss. Mestrado, 2005, p. 93

BARRET M.H.; HISCOCK K.M.; DEPLEY S.; LERNER D.N.; TELLAN J.H.; FRENCH M.J., 1999. Maker Species For Identifying Urban Groundwater Recharge Sources: a review and case study in Nottingham, UK. *Water Resource*, v. 33 n. 14., 1999, p. 3083 – 3097.

BERNHARDSEN T. *Geographic Information Systems: an introduction*. New York: John Wiley & Sons, ed. 2, 1999, p. 372

BERNICE A.M., 2010. *Evolução da Contaminação por Nitrato em Aquíferos Urbanos: estudo de caso em Urânia (SP)*. São Paulo, USP/Programa pós-graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Diss. Mestrado, 2010, p.141.

BRANDÃO R.L., 1998. Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da região metropolitana de Fortaleza. Sistema de informações para gestão e administração territorial da região metropolitana de Fortaleza. Fortaleza, CPRM, Projeto SINFOR, 1998, p. 88.

CARNEIRO F.A., VASCONCELOS S.M.S., SILVA 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*. Fortaleza: Anais. XVIII SBRH, 2009.

EBRAHIMI, S.; ROBERTS, D. J. Sustainable nitrate-contaminated water treatment using multi cycle ion-exchange/bioregeneration of nitrate selective resin, *Journal of hazardous materials*, n. 262, 2013 p. 539-44. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2013.09.025

FOSTER S.S.D. & CHILTON O.J., 2004. Downstream of downtown: urban wastewater as groundwater recharge. *Jour. Hydrogeology*. n. 12, 2004, p. 115-120.

GURDAK, J.J. & QI, S.L., 2012. Vulnerability of recently recharged groundwater in Principle aquifers of the United States to nitrate contamination. *Environmental Science and Technology*, n. 46, 2012, p. 6004 – 6012.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

HAYASHI, T.; TOKUGANA, T.; AICHI, M.; SHIMADA, J.; TANIGUCHI, M. Effects of human activities and urbanization on groundwater environments: Na example from the aquífer system of Tokyo and the surrounding area. *Science of the total environmental*. n. 407, 2009, p. 3165 – 3172.

HEM J.D., 1959. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U.S.G.S. *Water Supply*, paper 1473, 1959, p. 269.

HUANG, M.; LI, Y.; GU, G. Chemical composition of organic matters in domestic wastewater. *Desalinization*, 2010, n. 262, 2010, p 36 – 42.

IBGE. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, Inst. brasil. Geogr. e Estatística, in: Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas\\_da\\_populacao/resultados\\_do\\_universo.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf)>. Também disponível em CD-ROM. 2011, Acesso em 10/03/2013.

LEE S.M., MIN K.D., WOO N.C., KIM Y.J., AHN C.H. Statistical models for the assessment of nitrate contamination in urban groundwater using GIS. *Environmental Geology*, n. 44, 2008, p. 210 – 221.

LERNER D.N. Identifying and quantifying urban recharge: a review. *Journal of Hydrogeology*, n. 10, 2002, p.143 – 152.

LIU C.W., WANG Y.B., JANG C.S., 2013. Probability-based nitrate contamination map of groundwater in Kinmen. *Environmental Monit. Assess.*, n. 185, 2013, p. 10147 – 10156.

MEEROFF, D.E., BLOETSCHER F., BOCCA T., MORIN F. Evaluation of the water quality impacts of on-site treatment and disposal system on urban coastal waters. *Water Air Soil Pollution*, n. 192. 2008, p. 11 – 24.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS/BRASIL. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 (Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade). Brasília-DF, Ministério da Saúde, 2011, p. 34

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 218 p.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA/BRASIL, 2006. Plano Nacional de Recursos Hídricos. In: Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil; Brasília, Min. Meio Ambiente/Secr. Rec. Hídricos, v. 1, 2006, p. 126.

MITCHEL, G. Mapping hazard from urban non-point pollution: a screening model to support sustainable urban drainage planning. *Journal of Environmental Management*, n. 74, 2005, p. 1-9.

NAS B.; BERKTAY A. Groundwater contamination by nitrates in city of Konia (Turkey): A GIS perspective. *Journal of Environmental Management*, n. 79, 2006, p. 30-37.

OLIVEIRA, S.M.A.C.; VON SPERLING, M. 2011. Potenciais impactos de esgotamento sanitário na água subterrânea: revisão de literatura. Porto Alegre, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 16, n. 4, 2011, p. 85 – 108.

TUCCI, C. E. M., 2008. Urban Waters. São Paulo, *Estudos Avançados*, v. 64, n. 22, 2008, p. 97 – 112.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Report to Congress: Waste Disposal Practices and Their Effects on Ground Water. EPA - 570/9 - 77-001 United States Environmental Protection Agency USEPA. Washington DC, U.S. Environmental Protection Agency – EPA/Office of Water Supply and Office of Solid Waste Management Programs, doc. 570/9-77-001, 1997.

WILHELM S.R., SCHIFF S.L., ROBERTSON W.D. Biogeochemical evolution of domestic waste water in septic systems: 2. Application of conceptual model in sandy aquifers. *Ground Water*, v. 34, n. 5, 1996, p. 1-12.

WITHERS, P.J.A.; JORDAN, P.; MAY, L.; JAVIER, H.P.; DEAL, N., 2014. Do septic tank systems pose a hidden threat to water quality? *Front Ecology Environment*, v. 12 n. 2, 2014, p. 123-130.