

APLICAÇÃO DE INDICADORES QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ENTORNO DO CEMITÉRIO QUINTA DOS LÁZAROS, SALVADOR (BA)

Flavio Souza Batista^{1*}, Manuel Vitor Portugal Gonçalves¹, Antônio Bomfim da Silva Ramos Junior¹, Rodrigo Alves Santos¹, Manoel Jerônimo Moreira Cruz¹, Ana Cláudia Lins Rodrigues², Débora Carol Luz da Porciuncula³

1. Pesquisador do Grupo Geoquímica das Interfaces, Universidade Federal da Bahia - UFBA
2. Pesquisadora do Grupo Desenvolvimento, Sociedade e Natureza, Universidade Católica do Salvador - UCSAL.
3. Graduanda em Biomedicina, Faculdade Estácio de Sá, Salvador, Bahia

Resumo

Esta pesquisa almejou investigar a contaminação química e microbiológica da água subterrânea pelo aporte de necrochorume no entorno do Complexo de Cemitérios Quinta dos Lázaros - CCQL, Salvador, Bahia, Brasil. Foram coletadas amostras de água subterrânea de poços tubulares (n=3) e de água de fontes (n= 2) no entorno do CCQL, sendo mensuradas *in situ* as variáveis físico-químicas (pH, ORP, CE, OD, DT e STD), com o auxílio de sonda multiparâmetros, e tomadas alíquotas para as análises laboratoriais químicas e microbiológicas. Os resultados da análise dos indicadores químicos, em especial do nitrogênio amoniacal e nitrato, e microbiológicos indicaram que os produtos da decomposição cadavérica, como necrochorume, do Complexo de Cemitérios Quinta dos Lázaros contamina a água subterrânea na área de influência desta necrópole e representa risco à saúde pública. Este cenário de comprometimento ambiental demanda investimentos na vigilância em saúde ambiental, monitoramento do necrochorume, nitrato e microorganismos indicadores da qualidade da água e na formação continuada de profissionais que entendam as múltiplas relações entre ambiente, saúde e sociedade.

Palavras-chave: Recursos Hídricos, Nitrato, Necrochorume.

Apoio financeiro: Contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, no tocante a bolsa de mestrado.

Introdução

O cemitério, ou necrópole, é um equipamento social e higiênico-sanitário basilar à sociedade, embora a decomposição cadavérica libere necrochorume, cadaverina, putrescina e representa risco de proliferação de patógenos (BATISTA, 2015). As necrópoles demandam gestão de riscos de contaminação da água subterrânea dentro e no entorno de cemitérios e monitoramento ambiental do necrochorume e outros poluentes (PACHECO; MATOS, 2000; ŻYCHOWSKI et al. 2003; DENT; FORBES; STUART, 2004; LELI et al., 2012).

O gerenciamento da qualidade da água deve ser alvo da atenção de planejadores de saúde pública e recursos hídricos, porque é basilar à promoção da saúde e ao desenvolvimento social (SANTOS et al., 2018). A investigação da composição química e microbiológica fornece informações ao gerenciamento da qualidade da água, abrangendo indicadores de poluição, a exemplo do nitrato, das bactérias heterotróficas e dos coliformes termotolerantes. De acordo com Amaral et al. (2003), os coliformes, em especial a *Escherichia coli*, indicam a poluição recente por fezes de endotérmicos e a presença de bactérias patogênicas, de vírus entéricos e outros. O acesso à água potável reduz a prevalência de doenças de veiculação hídrica, mas as deficiências no controle da poluição e no monitoramento ambiental de mananciais limitam o gerenciamento hídrico (MENDONÇA, 2017).

No município de Salvador, a urbanização integrou as necrópoles na malha urbana, emergindo riscos de contaminação da água subterrânea (AQUINO; CRUZ, 2010; SANTOS, MORAES E NASCIMENTO, 2015). Esta pesquisa almejou investigar a contaminação da água subterrânea pelo necrochorume no entorno do Complexo de Cemitérios Quinta dos Lázaros, Salvador, Bahia, uma vez que alguns domicílios utilizam a água de poços, o que torna a população usuária vulnerável a exposição a microorganismos patogênicos de veiculação hídrica.

Metodologia

Esta pesquisa abrangeu a coleta de amostras de água subterrânea de poços tubulares (n=3), no contexto do Aquífero Cristalino, e de água de fontes (n=2) no entorno do Complexo de Cemitérios Quinta dos Lázaros - CCQL, Salvador, Bahia (Figura 1). Por sua vez, a Figura 2 apresenta a distribuição dos pontos amostrais e a distribuição das linhas de fluxo superficial no CCQL, que permite a análise espacial do risco de contaminação ambiental do necrochorume e outros produtos da decomposição cadavérica, com ênfase na água subterrânea.

Foram mensuradas, *in situ*, as variáveis físico-químicas (pH, ORP, CE, OD, DT e STD), por sonda multiparâmetros, e tomadas alíquotas para as análises laboratoriais, em Novembro de 2013. As análises das variáveis químicas (Ca²⁺, N-NH₃, Nitrogênio total, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, fósforo, P total) e microbiológicas (bactérias heterotróficas, coliforme termotolerantes, *Escherichia coli*, microrganismos aeróbios mesófilos, *Enterococcus faecalis* e *Salmonella spp.*) foram desenvolvidas nos laboratórios do consórcio entre o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI e o Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro - CETIND.

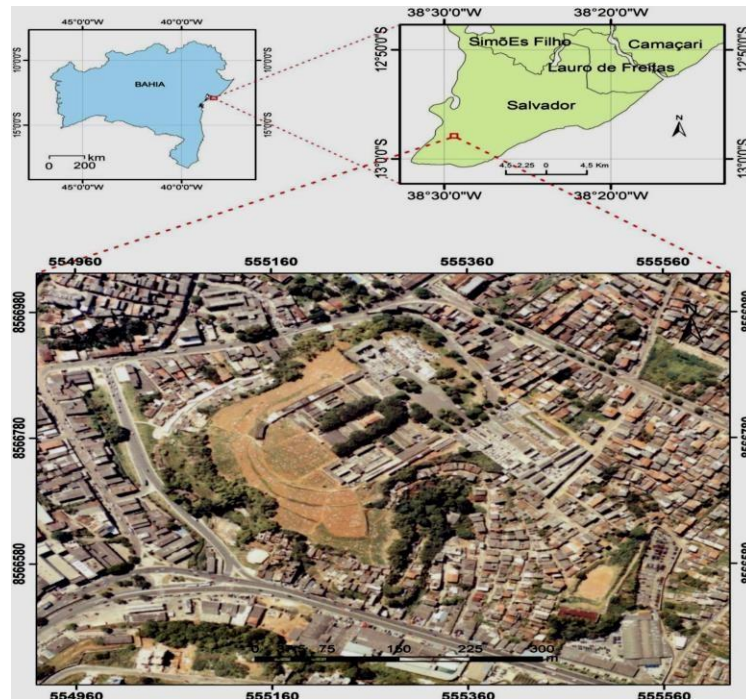


Figura 1 - Mapa de localização e situação do Complexo de Cemitérios Quinta dos Lázaros.

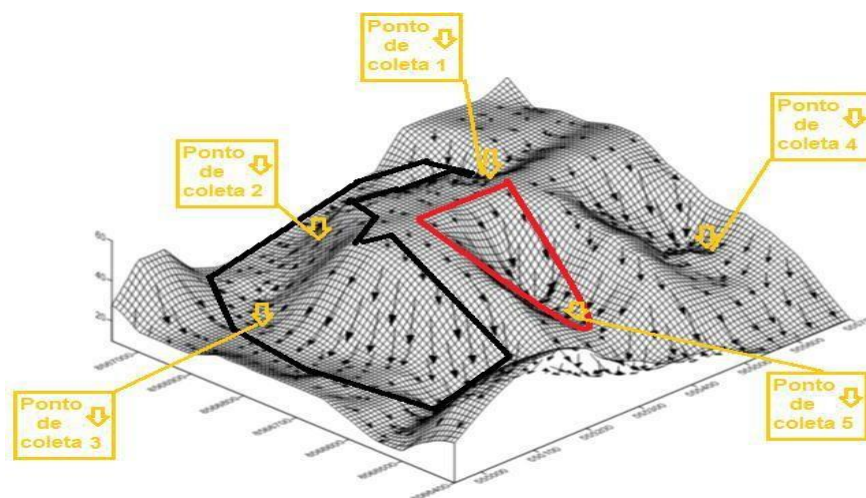


Figura 2 - Mapa de fluxo superficial do Complexo de Cemitérios Quinta dos Lázaros, e pontos de coletas.

Resultados e Discussão

Hidroquímica e Qualidade Ambiental

A Figura 3 mostra as restrições locais de potabilidade preconizado pela Resolução do Conama n.396/08 (BRASIL, 2008), Portaria de Consolidação nº 5/17, Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), ou pela W.H.O (2006), para as variáveis hidroquímicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea coletadas no entorno do CCQL. Os teores do nitrato nas amostras de água variaram de 0,05 a 21,8 mg.L⁻¹, com média de 14,25 mg.L⁻¹ e mediana de 16,8 mg.L⁻¹ (Tabela 1), cabendo o monitoramento desta variável e melhorias higiênico-sanitárias. A ingestão de águas naturais com altos níveis de nitrato pode causar agravos à saúde humana e provocar problemas de saúde em animais (KAPOOR; VIRARAGHAVAN, 1997; YANG et al., 1998; SILVA; ARAÚJO, 2003).

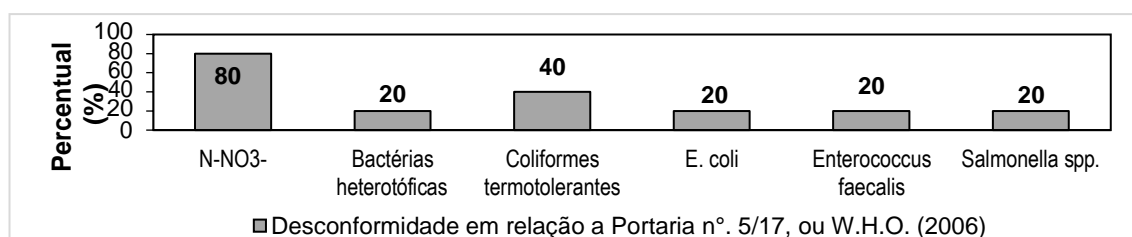


Figura 3 - Percentuais de amostras que excederam o limite de potabilidade das variáveis hidroquímicas e microbiológicas.

Análises Microrbiológicas e Qualidade da Água

A Tabela 1 sintetiza os resultados das variáveis químicas e microbiológicas nas amostras de água, de modo que se indica a existência de restrições de potabilidade quanto aos limites de potabilidade da Resolução do Conama n.º. 396/08 (BRASIL, 2008) e Portaria de Consolidação n.º.5/2017, para as bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes (40%), incluindo a *E. coli* (20%), as bactérias heterotróficas (20%) e *E. faecalis* (20%).

No ponto de coleta da Oficina Mecânica II (P4), foi obtido, igualmente, o maior valor do fósforo total entre as amostrais (Tabela 1), excedendo o valor obtido, amiúde, nas águas naturais não poluídas, cujos teores desta variável variam de 0,0 a 0,05 mg.L⁻¹. Enquanto que o ponto de coleta da Oficina Mecânica I (P2), situado próximo ao CCQL e no caminho do fluxo superficial a área fonte (Figura 2) representa uma área receptora de águas contaminadas por necrochorume, e outras substâncias da decomposição cadavérica. Outrossim, apresentam o maiores teores do cálcio e do nitrogênio amoniacal (N-NH₃), ainda que sob condições oxidantes, indicando a proximidade de fonte de contaminação, recente, corroborada pela presença do patógeno *Salmonella ssp.*

Tabela 1 - Resultados das análises químicas e microbiológicas das águas subterrânea e de fontes.

a) Análises físico-químicas, e sumário estatístico, das amostras de água subterrânea e fontes.

PONTO	LOCALIDADE	°C		mV ORP	µS.cm ⁻¹ CE	mg.L ⁻¹								
		Temp.	pH			Ca ²⁺	OD	DT	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	N-NH ₃	N-NO ₃	N-NO ₂	P Total
P01	Fonte das Pedras	25.20	5.30	355.0	697.0	33.80	4.20	119.00	67.4	51.90	0.03	16.80	<LQM	<0.04
P02	Oficina Mecânica I	26.50	6.10	291.0	793.0	50.30	3.92	153.00	68.0	56.40	0.09	14.20	<LQM	<0.04
P03	Fonte	28.80	6.70	377.0	655.0	31.00	5.99	121.00	49.0	44.50	0.03	21.40	<LQM	<0.04
P04	Oficina Mecânica II	26.60	5.40	415.0	705.0	33.90	6.36	107.00	67.1	60.90	0.02	18.80	<LQM	0.07
P05	Revendedora	28.00	6.50	375.0	379.0	19.50	7.33	71.50	47.5	20.00	0.02	0.054	<LQM	<0.04
Portaria nº 5/17; CONAMA 396/08		-	6-9.5	-	-	-	-	500.00	250.0	250.0	1.50	10.00	1.00	-
	Mínimo	25.20	5.30	291.0	379.0	19.50	3.92	71.50	47.50	20.00	0.02	0.05	-	-
	Máximo	28.80	6.70	415.0	793.0	50.30	7.33	153.00	68.00	60.90	0.09	21.40	-	-
	Média	27.02	6.00	362.6	645.0	33.70	5.56	114.30	59.80	46.74	0.04	14.25	-	-
	Mediana	26.60	6.10	375.0	697.0	33.80	5.99	119.00	67.10	51.90	0.03	16.80	-	-
	Desvio Padrão	1.40	0.63	45.5	157.4	11.01	1.46	29.37	10.56	16.13	0.02	8.36	-	-
	Erro Padrão	0.63	0.28	20.7	70.4	4.92	0.65	13.13	4.72	7.21	0.01	3.74	-	-
	Coefficiente de Variação (%)	5.20	10.54	12.6	24.4	32.66	26.21	25.69	17.66	34.51	77.62	58.69	-	-

b) Análises microbiológicas das amostras de água subterrânea e fontes.

PONTO	LOCALIDADE	UFC. mL ⁻¹		UFC.100 mL ⁻¹			P/A 100mL
		Bactérias aeróbios mesófilos	Bactérias heterotróficas	Coliformes termotolerantes	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Salmonella sp.</i>
P01	Fonte das Pedras	5,0 x 10 ¹	< 1,0 x 10 ⁰	< 1,0 x 10 ⁰	< 1,0 x 10 ⁰	< 1,0 x 10 ⁰	Ausência
P02	Oficina Mecânica I	3,0 x 10 ²	2,7 x 10 ²	< 1,0 x 10 ⁰	< 1,0 x 10 ⁰	< 1,0 x 10 ⁰	Presença
P03	Fonte	1,0 x 10 ¹	7,0 x 10 ⁰	< 1,0 x 10 ⁰	< 1,0 x 10 ⁰	< 1,0 x 10 ⁰	Ausência
P04	Oficina Mecânica II	3,4 x 10 ²	3,1 x 10 ²	5,0	2,0 x 10 ⁰	3,1 x 10 ¹	Ausência
P05	Revendedora	1,8 x 10 ⁴	9,5 x 10 ³	1,0 x 10 ⁰	< 1,0 x 10 ⁰	< 1,0 x 10 ⁰	Ausência
Portaria nº 5/17; CONAMA 396/08		-	500	< 1	< 1	< 1	Ausência

As condições higiênico-sanitárias do entorno do Complexo de Cemitérios Quinta dos Lázarus demandam gestão de riscos de contaminação da água subterrânea pelo necrochorume, microbiológica e de outros poluentes. As análises microbiológicas, como a quantificação de coliformes termotolerantes, abrangendo a *Escherichia coli*, indicam situação higiênico-sanitária precária e contaminação fecal de origem humana, ou de outros endotérmicos (LEÃO et al., 2018). Desta forma, o consumo de águas com restrição de potabilidade em relação aos coliformes representa um fator de risco relevante à saúde pública (DAWSON; SARTORY, 2000; MORAES; JORDÃO, 2002).

O consumo de águas captadas de mananciais sobre a influência da contaminação pelo necrochorume, microbiológica e de outros poluentes no entorno do CCQL, ainda que em eventos específicos, representa um risco epidemiológico, cabendo a atenção dos planejadores da saúde pública e gestores dos recursos hídricos. De acordo com Scalize et al. (2014), a água de distribuição no abastecimento público destaca-se entre os veículos de transmissão de patógenos, devendo a sua condição de potabilidade ser avaliada continuamente.

Conclusões

Os resultados da análise dos indicadores químicos, principalmente do nitrogênio amoniacal e nitrato, e microbiológicos sugeriram que os produtos da decomposição cadavérica, como necrochorume, do entorno do Complexo de Cemitérios Quinta dos Lázarus representam fator de risco de contaminação da água subterrânea e à saúde pública. Este cenário de comprometimento ambiental demanda investimentos na vigilância em saúde ambiental, monitoramento do necrochorume, nitrato e microorganismos indicadores da qualidade da água e na formação continuada de profissionais que entendam as múltiplas relações entre ambiente, saúde e sociedade.

Referências bibliográficas

- AMARAL, L. A. D.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, v.37, n.4, p.510-514, 2003.
- AQUINO, J.R.F.; CRUZ, M. J. Os riscos ambientais do Cemitério do Campo Santo, Salvador, Bahia, Brasil. **Cadernos de Geociências**, Salvador, v. 7, n.1, p.19-30, 2010.
- BATISTA, Flavio Souza. Riscos Ambientais do Complexo de Cemitérios Quinta dos Lázaros, Salvador, Bahia, Brasil. **Cadernos de Geociências**, v. 12, n. 1-2, p. 42-55, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Dispõe sobre Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União, Brasília**.
- _____. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 396, de 03 de Abril de 2008**. Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. **Diário Oficial da União, Brasília**.
- DAWSON, D. J.; SARTORY, D. P. (2000). Microbiological safety of water. **Br Med Bull**, v.56, n.1, p.74-83, 2000.
- DENT, B.B.; FORBES, S.L.; STUART, B.H.. Review of human decomposition processes in soil. **Environmental Geology**, v. 45, n.4, p.576–585, 2004.
- SANTOS, A. G. S.; MORAES, L. R. S.; DE MORAIS NASCIMENTO, S. A. Qualidade da água subterrânea e necrochorume no entorno do Cemitério do Campo Santo em Salvador/BA. **Revista eletrônica de gestão e tecnologias ambientais**, v. 3, n. 1, p. 39-60, 2015.
- KAPOOR, A.; VIRARAGHAVAN, T. Nitrate removal from drinking water. **Journal of Environmental Engineering**, v.123, n.4, p.371-380, 1997.
- LEÃO, R. C.; GONÇALVES, Á. C.; SANTOS, C. T. B.; ANDRADE, A. A.; SILVA, M. C. S.; SILVA, M. B. O. Ocorrência de enteroparasitos e coliformes termotolerantes nas mãos de manipuladores de alimentos de um hospital de ensino. **Cadernos Saúde Coletiva**, v.26, n.2, p.211-215, 2018.
- LELI, I.T.; ZAPAROLI, F.C.M.; SANTOS, V.C.; OLIVEIRA, M.; REIS, F.A.G.V. Estudos ambientais para cemitérios: indicadores, áreas de influência e impactos ambientais. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 45-54, 2012.
- MENDONÇA, M.H.M.; ROSENO, S.A.M.; CACHOEIRA, T.R.L.; SILVA, Á.F.S.; DE ARAÚJO JÁCOME, P.R.L.; JÚNIOR, A.T.J. Análise bacteriológica da água de consumo comercializada por caminhões-pipa. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v.12, n.3, p.468-475, 2017.
- MIGLIORINI, R.B.; LIMA, Z.M.; ZEILHOFER, L.V.A.C. Qualidade das águas subterrâneas em áreas de cemitérios. **Revista Águas Subterrâneas**, Cuiabá, v. 20, n. 1, p.15-28, 14 jun. 2006.
- MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, p. 370-374, 2002.
- PACHECO, A.; MATOS. B. A Cemitérios e meio ambiente. **Revista Tecnologias do Meio Ambiente. Lisboa, Portugal. Ano**, v. 7, n.33, p.13–15, 2000.
- SCALIZE, P. S.; BARROS, E. F. S.; SOARES, L. A., HORA, K. E. R.; FERREIRA, N. C.; BAUMANN, L. R. F. Avaliação da qualidade da água para abastecimento no assentamento de reforma agrária Canudos, Estado de Goiás. **Ambiente & Água**, v.9, n.4, p.696-707, 2014.
- SILVA, R. D. C. A. D.; ARAÚJO, T. M. D. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, v.8, n.4, p.1019-1028, 2003.
- ŻYCHOWSKI, J.; LACH, J.; KOLBER, M. Występowanie aminokwasów: glicyny, leucyny i izoleucyny w wodach podziemnych na cmentarzach zlokalizowanych w różnych środowiskach. **Przegląd Geologiczny**, v. 51, n. 11, p. 962, 2003.
- YANG, J. E.; KIM, J. J.; SKOGLEY, E. O.; SCHAFF, B. E. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin, and soil extracts. **Soil Science Society of America Journal**, v.62, n.4, p.1108-1115, 1998.
- W.H.O. - World Health Organization (2006). Guidelines for drinking-water quality. Geneva, Word Health Organization. Geneva: World Health Organization.