

VII-012 - NECROCHORUME E QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO NO ENTORNO DO CEMITÉRIO DO CAMPO SANTO EM SALVADOR/BA

Aline Gomes da Silva dos Santos⁽¹⁾

Bióloga. Mestre em Saúde, Ambiente e Trabalho (UFBA). Técnica da Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria Municipal de Saúde de Salvador.

Luiz Roberto Santos Moraes

Engenheiro Civil (EP/UFBA) e Sanitarista (FSP/USP). M.Sc. em Engenharia Sanitária (IHE/Delft University of Technology). Ph.D. em Saúde Ambiental (LSHTM/University of London). Realizou estágios pós-doutoral na Universidade do Minho-Portugal e na Universitat de Barcelona-Espanha. Professor Titular em Saneamento e Participante Especial do Programa de Pós-graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho da Faculdade de Medicina da Bahia da Universidade Federal da Bahia.

Endereço⁽¹⁾: Largo do Terreiro de Jesus, s/n – Centro Histórico - Salvador - Bahia - CEP: 40.026-010 - Brasil - Tel: +55 (71) 3283-5573 - e-mail: aligss20@gmail.com.

RESUMO

O trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea de poços rasos usados como soluções alternativas coletivas e individuais para consumo humano no entorno do Cemitério do Campo Santo em Salvador-Bahia-Brasil. Realizou-se revisão bibliográfica dentro do escopo da temática e, posteriormente, a identificação de poços no entorno do Cemitério e seleção dos mesmos para coleta e análise de amostras de água nos períodos chuvoso e seco do ano, mediante critérios pré-estabelecidos como a proximidade, tipo de sepultamento (inumação direta ano solo), índices de saturação do cemitério (número de sepultamentos/ano), localização em área considerada vulnerável dentro da perspectiva geográfica e presença de moradias na circunvizinhança e fluxo superficial de água convergindo para região com poços utilizados como soluções alternativas de abastecimento de água cadastradas no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Siságua) ou não. Os parâmetros físico-químicos (turbidez, pH, cor aparente) e microbiológicos (*E.coli* e *Clostridium perfringens*) foram selecionados e adotados com base na legislação vigente que normatiza o uso da água subterrânea e potabilidade e nos parâmetros e bioindicadores de contaminação por necrochorume. Foram avaliados parâmetros adicionais como o teor de nitrato e amônia. Os resultados das análises microbiológicas, químicas e físico-químicas foram confrontados com a legislação específica e sugerem contaminação por necrochorume.

PALAVRAS-CHAVE: Água subterrânea, qualidade da água para consumo humano, necrochorume.

INTRODUÇÃO

Os cemitérios podem contaminar o solo e a água subterrânea através do líquido viscoso que é gerado na decomposição dos corpos sepultados, o necrochorume. Esse fato pode vir a causar doenças em pessoas expostas às rotas de contaminação específicas e às vezes por mais de uma via de exposição, como por exemplo, no uso de água para consumo humano por meio de poços rasos como soluções alternativas de abastecimento que podem gerar implicações e riscos relacionados à saúde humana e ambiental.

A perfuração de poços ocorre normalmente sem critérios e sem o conhecimento do que essa água pode estar contaminada. No Brasil não há controle na construção de cemitérios e falta um acompanhamento desejável das diferentes esferas do Poder Público, principalmente, por causa da escolha inadequada das áreas para implantação de necrópoles que podem ser vulneráveis, acarretando risco potencial de contaminação para o solo, água subterrânea e para as pessoas que vivem no seu entorno e utilizam água oriunda desses poços rasos.

A legislação voltada a estas áreas, ainda são incipientes no que diz respeito às condições ideais de operação e monitorização com fins de proteção ambiental e da saúde. As condições da maioria dos cemitérios em atividade, mesmo após firmados Termos de Ajustamento de Conduta com o Ministério Público estadual é considerada inadequada de acordo com questões de ambiente e saúde. Sendo assim, este estudo tem relevância

no que diz respeito às questões relacionadas à Saúde Pública e Ambiental, especialmente, à contaminação do solo e da água subterrânea, consumida por comunidades de áreas próximas às necrópoles, que serão aqui retratadas por meio da investigação da qualidade da água usada ou consumida de poços no entorno (Figura 1) da necrópole mais antiga e histórica de Salvador, o Cemitério do Campo Santo, caracterizado como horizontal, de propriedade da Santa Casa de Misericórdia da Bahia, funcionando desde 1º de maio de 1844 em área de cerca de 76.000m². O Cemitério situa-se sobre rochas cristalinas, mais especificamente do grupo das chanoenderbíticas, cujo solo é considerado areno-argiloso pouco espesso e o lençol é aflorante nos vales. A preocupação com estas áreas, bem como a necessidade de uma maior vigilância de seus processos e da minimização de impactos gerados devem ser validados pelos órgãos competentes e conhecidos pela sociedade em geral, especialmente, pelos que usufruem das riquezas naturais afetadas por elas.

O objetivo do trabalho é avaliar a qualidade da água subterrânea explotada destes poços rasos com vistas a atender à legislação, em especial à que normatiza o uso para fins de consumo humano, utilizando-se parâmetros específicos de qualidade encontrados nas Resoluções CONAMA nº 396/2008 e CONAMA nº 357/2005, e na Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionados 9 pontos de coleta, de acordo com proximidade do cemitério e fluxo superficial de água e realizadas duas coletas em períodos distintos do ano (chuvoso e seco) e posterior análise em laboratórios de referência em Saúde (LACEN e Microbiologia de Alimentos-UFBA).

Os resultados obtidos foram confrontados com os valores e níveis máximos permitidos para cada parâmetro de qualidade relacionado à água subterrânea e de consumo humano estabelecidos na Resolução CONAMA nº 396/2008 e CONAMA nº 357/2005, e Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Os resultados geraram tabelas e cartogramas, utilizando ferramentas como *softwares* de georreferenciamento (SURFER/ ARGIS), de modo a estimar o fluxo subterrâneo e a presença de pluma de contaminação. Foram também avaliados os teores de amônia e nitrato em análises realizadas por pesquisadores associados com amostras dos mesmos pontos de coleta (WEST et al., 2014).



Fonte: Google Earth e Própria.

Figura 1 - Representação de Fluxo superficial sobreposto à área de estudo e localização dos pontos de coleta. A seta marca o sentido Norte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de amostras de água dos nove poços no período chuvoso (Tabela 1) mostram que dentre as alterações encontradas em relação aos parâmetros preconizados pela legislação brasileira, os valores do pH, exceto no ponto VIII, encontram-se em desacordo com os valores ideais que estão entre 6,0 e 9,5, estabelecidos na Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde (MS), e nas Resoluções CONAMA nºs 357/2005 e 396/2008. Tratando-se de água não tratada, classificada como água doce, Classe 1, tem VMP estabelecido neste mesmo intervalo pela Resolução Conama nº 396/2008. A cor aparente e turbidez estão dentro dos limites recomendados, exceto na amostra do ponto III, que equivale a 12,5% das amostras monitorizadas no período chuvoso, indo de encontro ao VMP de 5%. Como a água não é tratada se descarta essa amostra como indicadora de inconformidade ou de relevância sanitária. Na segunda campanha de amostragem, período seco, o pH nos pontos IA, II, IV e VI (Tabela 2) mostrou-se em inconformidade. A cor sofreu alterações com relação ao período chuvoso sendo aferida em 5uHz nos pontos IA, IB, V e 10uHz nos pontos IB e VII, mas atende aos parâmetros da Portaria nº 2.914/2011, do MS, cujo VMP é de 15uHz

Tabela 1. Resultados da análise completa da qualidade da água subterrânea (período chuvoso) nos 8 pontos amostrados

Pontos		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Parâmetros	Turbidez (uT)	0,02	0,02	5,0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	pH	5,42	5,37	5,80	5,74	5,64	5,49	5,99	6,01
	Cor aparente (uHz)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>E.coli</i> (em 100ml)	Ausente	ausente	ausente	ausente	Ausente	ausente	ausente	ausente
	<i>C. perfringens</i>	<1,1 NMP	5,1 NMP	5,1 NMP	3,6 NMP	<1,1 NMP	2,2 NMP	2,2 NMP	<1,1 NMP

Tabela 2. Resultados da análise da qualidade da água subterrânea (período seco) dos 9 pontos amostrados

Pontos		IA	IB	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI
Parâmetros	Turbidez (uT)	0,02	0,20	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,18	0,02	0,19
	pH	5,80	6,32	5,39	6,29	5,55	6,05	5,97	6,55	6,05	6,41
	Cor aparente (uHz)	5,0	10,0	0,0	0,0	50	5,0	0,0	10,0	0,0	0,0
	<i>E. coli</i> (em 100mL)	Ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	Ausente
	<i>C. perfringens</i> (em 100ml)	1,6 x10 NMP	>2,3 x10 NMP	6,9 NMP	3,6 NPM	>2,3 x10 NMP	6,9 NMP	2,2 NMP	9,2 NMP	6,9 NMP	5,1NMP

Os resultados das análises físico-químicas da segunda campanha de amostragem, período seco (Tabela 2), mostraram-se em inconformidade com relação ao pH nos pontos IA, II, IV e VI. A cor nos pontos IA, IB, IV, V e VII tiveram valor mais elevado, mas está dentro dos parâmetros, pois segundo a Portaria nº 2.914/2011, do MS, o VMP é de 15uHz. Quanto aos resultados microbiológicos, a *Escherichia coli* continuou ausente, porém os valores encontrados de *Clostridium perfringens* foram bem mais expressivos quantitativamente, estando presente em todos os pontos amostrados. Observou-se que no período chuvoso o resultado quantitativo e qualitativo foi menos expressivo, demonstrando que possivelmente houve efeitos na diluição dos elementos no solo. No período seco, alguns elementos e a presença de clostrídios sulfito-redutores se apresentaram em maior quantidade ou qualitativamente distintos em alguns pontos. O decréscimo de pH, é provavelmente oriundo de alta decomposição, acidificando a água (PRATTE-SANTOS, 2007). Quanto maior o valor de acidez no meio, maior será a influência no aumento na dissolução de substâncias (BRASIL, 2006), tornando os produtos da coligação cada vez mais disponíveis. Com relação à turbidez, em ambos os períodos todas as amostras coletadas estavam em conformidade com o estabelecido na referida legislação.

As zonas de médio e alto risco da área do cemitério, utilizando unicamente a vulnerabilidade extrínseca descrita por Aquino (2008), influenciam na determinação da presença de contaminação remota por *C. perfringens*, sendo que em alguns dos pontos os valores de determinação deste elemento (NMP) não são indicados quantitativamente conforme o padrão descrito no ensaio utilizado (Tabela 3) o que ocasiona, de acordo com o *software* utilizado, o Programa ArcGIS, uma demonstração desses resultados de uma forma figurativa, mas com restrições com relação à quantitativa, por conta de limitações do *software*. Se a taxa de concentração de *C. perfringens* foi aferida em $>2,3 \times 10$ NMP, o *software* registra o valor exato de $2,3 \times 10$ (23). Entretanto, a utilização do *software* possibilita a verificação espacial da localização dos pontos de coleta e a comparação, a grosso modo, dos níveis encontrados entre eles em cada época de coleta (valores de NMP para água bruta), associando-os ao fluxo subterrâneo estimado e determinado pelo programa SURFER).

De acordo com Silva et al. (2006), a cor e a turbidez para água de abastecimento tem no aspecto estético e de acordo com os resultados, não é relevante. Com relação à turbidez, em ambos os períodos, todas as amostras coletadas estavam em conformidade com o estabelecido na referida legislação. Com base nos resultados das análises, estima-se que o fluxo subterrâneo esteja de acordo com o indicado nos cartogramas (Figura 2).

Tabela 3 - Número Mais Provável (NMP) e intervalo de confiança a nível de 95% de probabilidade, para diversas combinações de tubos positivos e negativos na inoculação de 10 porções de 10ml da amostra por tubo

Número de tubos positivos	NMP/100ml	Intervalo de confiança (95%)	
		Mínimo	Máximo
0	<1,1	-	3,3
1	1,1	0,05	5,9
2	2,2	0,37	8,1
3	3,6	0,91	9,7
4	5,1	1,6	13
5	6,9	2,5	15
6	9,2	3,3	19
7	12	4,8	24
8	16	5,9	33
9	23	8,1	53
10	>23	12	-

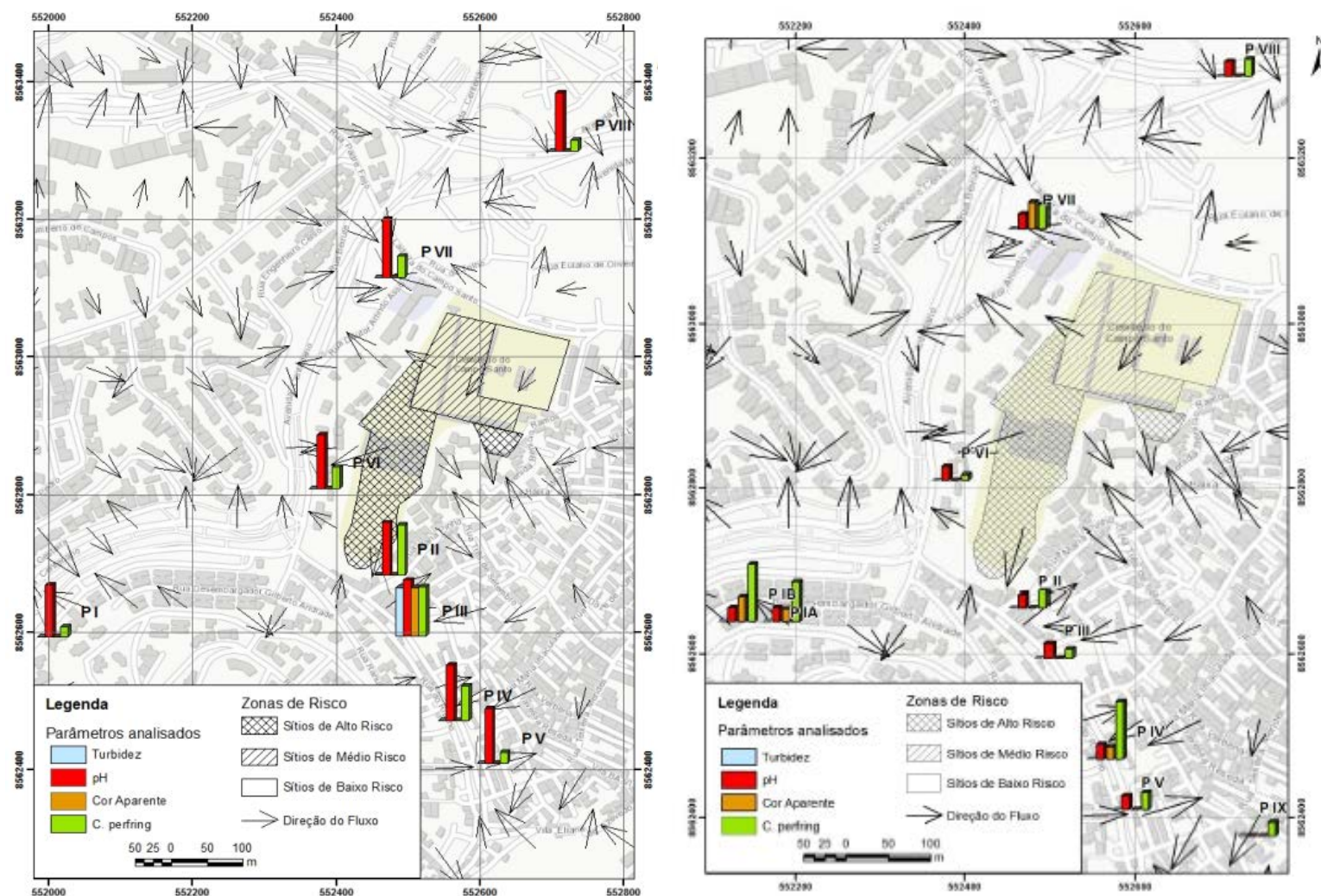


Figura 2 - Cartogramas com resultados de análise de indicadores de contaminação por necrochorume e com estimativa de fluxo subterrâneo períodos chuvoso (esquerda) e seco (direita)

Em alguns dos pontos os valores de determinação do NMP de *C. perfringens* não são indicados quantitativamente no programa ArcGIS, que mostra esses resultados de forma figurativa mas não quantitativa, por conta de limitações do programa (Figura 2).

West et al. (2014) detectaram concentrações altas de nitrato e amônia nos mesmos pontos próximos ao cemitério estudado no período chuvoso. Os teores mais elevados de amônia foram encontrados nos pontos PII, PIV e PV e de nitrato em todos, exceto o ponto P VI. O nitrato é produto da degradação da amônia e valores elevados deste composto caracterizam fontes de contaminação próximas se valores estiveram acima do VMP recomendado (Nitrato: 10 mg/L e Amônia: 1,5 mg/l), o que também podem ser considerados indicativos de influência do Cemitério, visto que não foram usados pontos de coleta dentro do mesmo e há sistema de esgotamento sanitário na região estudada.

CONCLUSÃO

A utilização de alguns dos parâmetros necessários e a pequena quantidade de amostras analisadas em apenas dois períodos de amostragem (chuvoso e seco) foram insuficientes para caracterizar o Cemitério do Campo Santo como única fonte poluidora do aquífero, mas foi suficiente para evidenciar a existência de uma correlação positiva entre este e a presença de contaminação por necrochorume. Embora a água dos poços estudados seja considerada apropriada para consumo, de acordo com os padrões microbiológicos de potabilidade preconizados pela legislação brasileira, como os da Portaria nº 2.914/2011 do MS e das Resoluções CONAMA nºs 357/2005 e 396/2008, pode-se afirmar que a presença de *C. perfringens* pode trazer um risco em potencial aos usuários desta água na região estudada. Ele foi utilizado neste estudo como indicador de contaminação remota e como um bom indicador da contaminação por necrochorume (SILVA, 2012), por ser bastante persistente neste meio.

Foram ainda considerados VMP de amônia e nitrato no período chuvoso, detectados no trabalho de West et al. (2014). Os achados relacionados ao nitrato e amônia aliados às demais inconformidades indicam a necessidade de comunicação do risco aos usuários destas soluções alternativas de abastecimento.

West et al. (2014) consideram que a determinação de presença de aminas bioativas (putrescina e cadaverina) na água subterrânea, o identificará com maior precisão e sem dúvidas, uma contaminação proveniente do necrochorume. De acordo com os valores de cada parâmetro encontrados pelo presente estudo, há indicação que ocorre a contaminação do aquífero e de pluma de contaminação difusa, em especial por conta do “trend” de dispersão do *C. perfringens*, concordante como fluxo subterrâneo (Figura 2). Estes resultados servem de alerta para que se promovam investigações, em caráter especial, nos aquíferos freáticos em regiões onde há cemitérios que ainda inumam cadáveres de forma tradicional, situados em local vulnerável e onde haja proximidade de residências, atividades comerciais e outros fins, que utilizam inclusive sistemas de abastecimento de água alternativo coletivo e individual. Essas investigações devem incluir parâmetros de análise e amostragem que sejam específicos ao tipo de contaminação e que corroborem para identificação da fonte poluidora e reforcem achados importantes.

Torna-se também necessário informar aos usuários de soluções alternativas de abastecimento de água sobre o risco do consumo de água subterrânea em regiões ambientalmente vulneráveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. **Portaria nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011. 34p.
2. PRATTE-SANTOS, R. **O monitoramento do rio Jucu Braço Sul**: Caracterização dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, ES. 2007. Monografia (Conclusão de Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Vila Velha, Vila Velha-ES, 2007.
3. SILVA, V. T. da et al. Um Olhar Sobre as Necrópoles e seus Impactos Ambientais. In: ENCONTRO ANPPAS, III., Brasília. **Anais...** Brasília: ANPPAS, 2006. 11p
4. WEST, C. B. et al. Investigação da Qualidade da Água Subterrânea em Área sob Influência de um grande Cemitério em Salvador, Bahia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 37., Natal. **Anais...** Natal-RN: SBQ, 2014.