

## A CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM REGIÕES SEMI-ÁRIDAS E ÚMIDAS E SEU RELACIONAMENTO COM INDICADORES BIOLÓGICOS USUAIS

Orlando Vignoli Filho\*

\* Engenheiro Hidrólogo e Sanitarista da LEME ENGENHARIA

RESUMO -- O trabalho discute alguns aspectos relativos à presença de microrganismos patogênicos em águas subterrâneas em regiões semi-áridas e úmidas e seu relacionamento com os indicadores biológicos usuais, tendo-se limitado, particularmente, a uma apreciação sumária de dados existentes em Minas Gerais, tecendo algumas considerações comparativas sobre o problema nos Estados Unidos da América, Argentina, Israel e no vizinho Estado de São Paulo.

ABSTRACT -- The report discusses some aspects related to the presence of pathogens organisms in groundwater in semi-arid and humid terrains and their relation to normal biological indicators. Some data of Minas Gerais were analysed, and compared with data of USA, Argentina, Israel and São Paulo.

### INTRODUÇÃO

Uma análise de numerosos casos de doenças em Minas Gerais indicou que águas subterrâneas contaminadas foram responsáveis por certa parte deles e que resultaram do consumo desta água sem tratamento. Os casos específicos incluíram salmonelose, shigelose, hepatite infecciosa, gastroenterite, disenteria amebiana, etc., o que demonstra uma necessidade crítica de se estabelecer diretrizes sanitárias para assegurar a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos durante a escolha do local, perfuração, construção, acabamento, uso e eventual melhoria ou abandono do poço.

As amostras foram analisadas como um todo e abrangeram locais situados aleatoriamente em todo o Estado, inclusive em regiões de clima semi-árido, correspondentes a partes do Vale do Rio Jequitinhonha e Vale Médio do Rio São Francisco.

### QUALIDADE BACTERIOLÓGICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Um alto grau de correlação entre a presença de coliformes e a ocorrência de organismos patogênicos tem sido aceito, de um modo geral, na avaliação do potencial patogênico das águas subterrâneas. Estudos preliminares, entretanto, sugeriram que o número pequeno de coliformes em águas subterrâneas, devido parte às interferências microbiológicas e parte às limitações dos meios de cultura dos testes, não excluem uma provável ocorrência do organismos patogênicos (BORING, MACFETERS).

A tabela 1 ilustra de modo sucinto alguns problemas bacteriológicos encontrados através de estudos completos de águas subterrâneas em diversos sistemas em Minas Gerais. Nas investigações ilustradas, 46,3 a 97,2 por cento das amostras examinadas continham coliformes, e basicamente nas mesmas proporções, estas águas deram resultado positivo para

coliformes fecais e/ou estreptococos fecais. A título de comparação a tabela 2 mostra uma análise semelhante nos EUA, na Argentina e no Estado de São Paulo.

Para maior conhecimento da distribuição de ocorrências elaborou-se as tabelas 3 a 6, que resumem a qualidade bacteriológica nos poços mineiros, tanto rasos como profundos.

Admitindo-se que a contaminação considerada perigosa esteja ocorrendo com mais de 50 organismos por 100 ml, verifica-se que a contaminação nos poços profundos ocorre em 18,0 a 39,1% dos casos, sendo que este limite superior se refere aos sistemas rurais.

Já os poços rasos apresentaram contaminação da ordem de 81,3% dos casos, o que mostra a extrema vulnerabilidade deste tipo de aproveitamento.

#### COLÔNIAS DE BACTÉRIAS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Em Minas Gerais, na Grande AMBH, em cerca de 31% das amostras de água subterrânea de poços profundos e de 84,9% das amostras de poços rasos foram encontradas densidades bacteriológicas maiores do que 500 organismos por ml (ver as tabelas 5 e 6).

Embora estas densidades bacteriológicas não estejam relacionadas a um potencial patogênico específico, elevadas densidades microbiológicas podem estar associadas com a presença de um potógeno humano secundário, por exemplo, *Pseudomonas aeruginosa*; esta bactéria, frequentemente, é a causa de infecções urinárias (WHTBY).

NEMEDI e LANDYI observaram que acima de 50% de 227 amostras de água potável de várias origens que continham *Ps. aeruginosa* não continham coliformes, aparentemente, e seriam consideradas satisfatórias para consumo na base do critério de coliformes.

Segundo REITLER, foram pesquisadas e analisadas 1000 amostras de água de sistemas de abastecimentos no Norte de Israel, e se concluiu que a variação das populações de *Ps. aeruginosa* pode interferir com a detecção de bactérias coliformes.

No Estado de São Paulo, 7,4% das amostras analisadas referidas na tabela 3, deram resultado positivo para *Ps. aeruginosa* (BRASIL).

Na Argentina, investigou-se também a presença de leptospiros em 50 amostras de água de poços profundos, fazendo-se as determinações destas bactérias aeróbias e de organismos coliformes. A tabela 7 apresenta os resultados. Verifica-se que não houve coincidência total entre a presença de leptospiros e de bactérias coliformes (ARGENTINA).

#### CRITÉRIOS BACTERIOLÓGICOS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Presentemente, os critérios bacteriológicos para abastecimento de água através de águas subterrâneas são os mesmos aplicados às águas potáveis tratadas de acordo com o U.S. Public Health Service Drinking Water Standards (1962). Estes padrões bacteriológicos limitam o número de coliformes totais para a água a ser distribuída em menos de um coliforme por 100 ml. Na falta de critérios adequados para águas subterrâneas brutas ou parcialmente tratadas dos sistemas privados, os mesmos padrões acima têm sido empregados para medir a potabilidade destas águas. Entre tanto, vários pesquisadores vêm questionando o uso dos coliformes como índice sanitário de qualidade, principalmente para águas brutas subterrâneas. Conforme visto, os resultados obtidos em diversas pesquisas indicam que os coliformes podem não ser detectados através dos métodos padrões de laboratório em águas contendo populações bacterianas em excesso. Nestas condições, as águas com um baixo nível de coliformes, resul

tante de interferências no teste de laboratório, podem ser perigosas para o consumo.

Modernamente, considera-se os coliformes fecais mais significativos do que os coliformes totais na avaliação da contaminação fecal nos sistemas de água, principalmente nos casos de contaminação recente.

Paralelamente, um outro grupo de organismos, que está sendo bastante usado ultimamente, é o dos estreptococos fecais. Eles são mais numerosos no trato dos animais do que no intestino humano. O melhor uso que se faz deles, atualmente, é a determinação da relação Coliformes Fecais/Estreptococos Fecais: CF/EF. Esta relação tem provado ser útil e efetiva na descrição da origem provável da poluição fecal, isto é, permite distinguir se a contaminação fecal é proveniente do homem ou de animal (MILIPORE).

Para que os resultados encontrados sejam estatisticamente válidos as seguintes condições devem ser observadas:

- A densidade populacional de estreptococos fecais deve ser maior que 25/100 ml;
- O pH da água deve estar entre 4,0 e 9,0. A sobrevivência bacteriana é afetada por um pH muito alto ou muito baixo
- As amostras não devem ser analisadas mais de 24 horas após a coleta. Após 24 horas, problemas devido à morte em massa de bactérias obscurecem o significado da relação CF/EF.
- As amostras devem ser coletadas na mesma estação e ao mesmo tempo.

Os valores da relação CF/EF devem ser interpretados como abaixo:

- . Quando a relação é maior ou igual a 4, indica uma poluição derivada de lixo humano;
- . Quando essa relação é menor ou igual a 0,7, indica poluição derivada de aves e outros animais domésticos;
- . Uma relação CF/EF entre 2 e 4 sugere uma predominância de lixo humano em uma poluição derivada de várias origens;
- . Quando a relação CF/EF está entre 0,7 e 1,0 sugere uma predominância de lixo originado de aves e outros animais domésticos;
- . Um resultado entre 1 e 2 representa uma área de interpretação incerta. As amostras devem ser coletadas próximo à fonte de poluição suspeita para melhor verificação.

Portanto, existindo uma suspeita aproximada da origem da poluição, a relação CF/EF é valioso instrumento para uma determinação mais exata da origem, desde que se respeitem as limitações já expostas.

A tabela 8 mostra a distribuição percentual da relação CF/EF para os sistemas urbanos de abastecimento através de poços profundos em Minas Gerais. Verifica-se que quase 60% dos casos de contaminação têm como origem detritos de aves e animais domésticos.

#### CONCLUSÕES

Como se pode observar ao longo deste trabalho, diversos estudos mostram que:

- a) Coliformes e coliformes fecais estão presentes em uma porcentagem significativa em poços imprópriamente localizados ou inadequadamente protegidos, construídos e/ou operados;
- b) A aparente ausência de coliformes devida à insensibilidade dos métodos bacteriológicos correntes não excluem as ocorrências patogênicas;
- c) um excesso de população bacteriana, normalmente não encontrado em águas tratadas, pode interferir na detecção de coliformes. Por esta razão, é necessário que os métodos de detecção de bactérias e os critérios de qualidade de água subterrânea sejam bem investigados e aprimorados;

- d) É recomendado nos exames bacteriológicos a determinação de coliformes fecais e estreptococos fecais, com o fito de se determinar a relação CF/EF, a qual pode ser útil e efetiva na descrição da origem provável da contaminação fecal.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGENTINA - Revista de Obras Sanitárias de La Nacion - 1952 Septiembre-  
Octubre - (147): 90
- BORING, J.R., MATIN, W.T. e ELLIOT, L.M. - 1971 - Isolation of Salmonella Typhimurim for municipal water Riverside California. Amer.J. Epidemiol. 93: 49-54
- BRASIL - CETESB - 1977 - Poluição de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo - Estudo Preliminar
- MACFETERS, G.A., BISSONNETTE, G.K. JEZESKI, J.J., THOMSON, C.A. e STUART D.G. - 1974 - Comparative survival of indicator bacteria and enteric pathogens in well water. App. Microbiol. 27: 823-829
- MILIPORE - 1972 - Biological Analysis of Water and Wastewater Application Manual AM 30/2
- NEMEDI, L. e LANDY, B. - 1971 - Incidence and hygienic importance of Pseudomonas aeruginosa in water. Acta Microbiol. Acad. Sci. Hung. 18: 319-326
- REITLER, R. e SELIGMANN, R. - 1957 - Pseudomonas aeruginosa in drinking water. J. app. Bacteriol. 20 (2): 145-150
- WHITBY, J.L. e RAMPLING, A. - 1972 - Pseudomonas aeruginosa contamination in domestic and hospital environments. Lancet. 1: 15-17

TABELA 1  
 SUMÁRIO DE INVESTIGAÇÕES BACTERIOLÓGICAS EM ÁGUAS  
 SUBTERRÂNEAS EM MINAS GERAIS

Sistema Investigado	Nº de Amostras	Percentagem de Amostras com Colif. Totais*	Percentagem de Amostras com Colif. Fecais/ Estreptococos Fecais*
Sistema Urbano de Abastecimento - Poços Profundos sem desinfecção	54	79,6	77,8/77,8
Sistemas Rurais de Abastecimento - Poços Profundos sem desinfecção	118	83,1	-
Grande AMBH - Poços Profundos sem desinfecção	80	46,3	-
Grande AMBH - Poços Rasos sem desinfecção	145	97,2	-
Bairro São Paulo - BH - Poços Rasos sem desinfecção	70	90,0	-/64,3
Bairro Ana Lúcia - AMBH Poços Rasos sem desinfecção	57	71,9	66,7/-

\* Mais de dois organismos por 100 ml.

TABELA 2

SUMÁRIO DE INVESTIGAÇÕES BACTERIOLÓGICAS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS  
EUA, NA ARGENTINA E NO ESTADO DE SÃO PAULO

E.U.A.			
Sistema Investigado	Nº de Amostras	Percentagem de Coliformes* (%)	Percentagem de Coli-fecais* (%)
Sistema Urbano de Abastecimento	621	9,0	2,0
Sistemas Rurais de Abastecimento no Tennessee - Georgia	1.257	51,4	27,0
Bebedouros de Auto-Estradas Interestaduais	241	15,4	2,9
Poços na Reserva Indígena de Umatilla	498	35,9	9,0
ARGENTINA			
Sistema Investigado	Nº de Amostras	Percentagem de Coliformes* (%)	Percentagem de Coli-fecais* (%)
Zona Urbana de Buenos Aires - Poços Profundos	100	5	-
Sistemas Diversos na Argentina - Poços Profundos	50	64	34
ESTADO DE SÃO PAULO			
Sistema Investigado	Nº de Amostras	Percentagem de Coliformes** (%)	Percentagem de Coli-fecais** (%)
Sistemas Diversos no Estado de São Paulo	350	44	8,6

\* Um ou mais organismos por 100 ml

\*\* Dois ou mais organismos por 100 ml

TABELA 3

QUALIDADE BACTERIOLÓGICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE SISTEMAS URBANOS DE ABASTECIMENTO - POÇOS PROFUNDOS SEM DESINFECÇÃO

Densidade*	Coliformes Totais %	Coliformes Fecais %	Estreptococos Fecais %
< 1	9,3	14,8	20,4
1 - 2	11,1	7,4	1,8
3 - 10	16,7	29,6	16,7
11 - 50	37,0	31,5	33,3
>50	25,9	16,7	27,8

\* Organismos por 100 ml.

TABELA 4

QUALIDADE BACTERIOLÓGICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE SISTEMAS RURAIS DE ABASTECIMENTO - POÇOS PROFUNDOS SEM DESINFECÇÃO

Densidade*	Coliformes Totais
< 1	9,3
1 - 2	7,6
3 - 10	11,0
11 - 50	33,0
> 50	39,1

\* Organismos por 100 ml.

TABELA 5

QUALIDADE BACTERIOLÓGICA DA ÁGUA DE POÇOS PROFUNDOS DA GRANDE BH

Coliformes *		Contagem Bactérias**	
Densidade	%	Densidade	%
< 1	38,0	< 1	4,0
1 - 2	16,0	1 - 100	45,0
3 - 10	8,0	101 - 500	20,0
11 - 50	20,0	501 - 1000	6,0
> 50	18,0	>1000	25,0

\* Por 100 ml

\*\* Por ml.

TABELA 6  
QUALIDADE BACTERIOLÓGICA DA ÁGUA DE POÇOS RASOS  
DA GRANDE BH

Coliformes *		Contagem Bactérias **	
Densidade	%	Densidade	%
< 1	0,7	< 1	0
1 - 2	2,8	1 - 100	4,8
3 - 10	2,1	101 - 500	10,3
11 - 50	13,1	501 - 1000	13,8
> 50	81,3	> 1000	71,1

\* Por 100 ml

\*\* Por ml.

TABELA 7  
LEPTOSPIRAS E BACTÉRIAS COLIFORMES EM 50 AMOSTRAS DE ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS DE POÇOS PROFUNDOS NA ARGENTINA

Nº de Amostras	Leptospiras	NMP Coliformes por 100 ml
4	positivo	≥ 2,2
3	positivo	< 2
12	negativo	≥ 2,2
31	negativo	< 2

TABELA 8  
RELAÇÃO CF/EF\* PARA SISTEMAS URBANOS DE ABASTECIMENTO  
ATRAVÉS DE POÇOS PROFUNDOS EM MINAS GERAIS

Relação CF/EF	% Casos	Origem da Contaminação
< 0,7	55,6	Aves e animais domésticos
0,7 - 0,9	3,7	Predominância de aves e a nimais
1,0 - 1,9	16,7	Interpretação incerta
2,0 - 3,9	3,7	Predominância de fezes hu manas
≥ 4,0	20,3	Fezes humanas

\* CF = Coliformes Fecais  
EF = Espreptococos Fecais