

Análise bacteriológica da água de Maringá e região entre 1996 e 1999

Giovani Nogueira¹, Rosângela Getirana Santana², Celso Vataru Nakamura³, Maria Cristina Bronharo Tognim³, Benício Alves Abreu Filho³ e Benedito Prado Dias Filho^{3*}

¹Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil.

²Departamento de Estatística, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil.

³Departamento de Análises Clínicas, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil. e-mail: bpdfilho@uem.br *Author for correspondence.

RESUMO. As análises bacteriológicas de 3.942 amostras de água provenientes de uma variedade de fontes, como caixa d'água (1.033), torneira (1.594), piscina (789), mina (96), poço (350) e outros (80), obtidas para testes de rotina entre 1996 e 1999, foram comparativamente estudadas. As amostras foram analisadas para coliformes totais e coliformes fecais pela técnica de fermentação em tubos múltiplos. Coliformes totais e fecais foram detectados em 595 e 235 das amostras de água, respectivamente, e foram associados com os seguintes fatores: água "in natura", água clorada, origem da água, estação úmida, estação seca, pH e desinfetante residual. Como esperado, o maior número de amostras de água contaminada por coliformes totais (362) e fecais (159) foi encontrado em água "in natura" coletada de fontes e pontos de consumo de comunidades urbanas e rurais. A maioria das pessoas de tais áreas usa a água diretamente das fontes disponíveis, sem qualquer tratamento, e portanto está exposta a uma variedade de doenças transmitidas pela água.

Palavras-chave: indicadores bacteriológicos, água "in natura", água clorada, coliformes, estações secas e úmidas.

ABSTRACT. Bacteriological analysis of water between 1996 and 1999 in Maringá PR Brazil and region. Bacteriological analyses of 3,942 water samples was undertaken. Samples hailed from many different sources, or rather, reservoirs (1,033), faucets (1,594), swimming pools (789), spring water (96), private wells (350) and others (80). They were obtained for routine testing between 1996 and 1999 and comparatively analyzed for total and fecal coliform bacteria by a multiple-tube fermentation technique. Total and fecal coliform bacteria were detected in 595 and 235 of the water samples, respectively, and were associated with the following factors: as raw water, chlorinated water, source water, wet season, dry season, pH, and disinfectant residuals. As expected, the highest number of water samples contaminated by total (362) and fecal (159) coliform bacteria was found in the raw water at source and at the consumption end among urban and rural communities. The people of these areas use water directly from available sources, without any treatment and are therefore exposed to a variety of water-related diseases.

Key words: bacteriological indicators, raw water, chlorinated water, coliform bacteria, dry and wet seasons.

A água potável da maior parte das comunidades e municipalidades é obtida a partir de extensões superficiais de água de rios, córregos e lagos. Estas fontes de águas naturais, particularmente os córregos e os rios, podem ser poluídas com os despejos domésticos e industriais, ou seja, os esgotos.

Uma das características para se determinar a potabilidade de uma fonte de água é a presença de bactérias indicadoras de contaminação fecal.

Tradicionalmente, a presença de bactérias do grupo coliforme indica qualidade sanitária inadequada, havendo a necessidade de um monitoramento no controle da qualidade destas águas. A falta do controle de qualidade torna a água um veículo potencial de germes patogênicos causadores de infecções no trato intestinal, como por exemplo a febre tifóide e paratifóide, a disenteria bacilar e amebiana e o cólera. Os microrganismos

responsáveis por essas doenças estão presentes nas fezes ou na urina de pessoas ou outros animais infectados, e quando eliminados podem contaminar uma extensão hídrica e, em última análise, poluir uma possível fonte de água potável (Pelczar Jr *et al.*, 1996).

Nas águas de recreação utilizadas para banho e lazer, as piscinas são expostas a diferentes fontes de contaminação microbiana, freqüentemente introduzidas na água por secreções de banhistas contendo microrganismos oriundos da pele, boca, nariz, garganta, urina, fezes, ou por objetos e roupas contaminados, gerando um possível veículo de disseminação de doenças entre banhistas (Sato *et al.*, 1995).

No presente trabalho, as amostras de água de diversas fontes obtidas para teste de rotina no Departamento de Análises Clínicas da Universidade Estadual de Maringá foram comparativamente analisadas. Em adição, foram analisados diferentes fatores que podem ter influência no crescimento de bactérias na água, como estação seca, estação chuvosa, horário de coleta, água "in natura", água clorada, cloro residual, pH, origem da amostra, local de coleta e desinfetante residual.

Material e métodos

As amostras de água utilizadas neste trabalho foram analisadas pelo Laboratório de Análise Bacteriológica de Água do Departamento de Análises Clínicas (bloco I-90, sala 119), da Universidade Estadual de Maringá, através da técnica de tubos múltiplos para a determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais e coliformes fecais (APHA, 1995). Foram analisadas 3.942 amostras, no período de julho de 1996 a junho de 1999.

O clima da região de Maringá, no Noroeste do Estado do Paraná, Brasil, pertence ao tipo CW 'h (classificação de Köppen) e é denominado de tropical com duas estações de chuva (outono, fim da primavera e início de verão) e duas estações secas (inverno e início da primavera). O índice anual de precipitação é de cerca de 1582,2 mm. A temperatura média anual é de aproximadamente 22°C (Deffune *et al.*, 1994)

Para a análise estatística, foi utilizado um banco de dados contendo as seguintes informações: (i) condições do tempo (seco/chuvoso); (ii) horário de coleta (manhã/tarde); (iii) localidade (Maringá/região); (iv) data de análise em relação à coleta (mesmo dia/um dia depois); (v) tipo de água (clorada/"in natura") (vi) mês; (vii) sazonalidade; (viii) período (1°, 2° e 3° ano); (ix) pH entre 6 e 7

(normal), maior que 7 (acima) e menor que 6 (abaixo); (x) cloro igual a 0,2 mg/l (normal), maior que 0,2 mg/l (acima) e menor que 0,2 mg/l (abaixo); (xi) origem da amostra (residência/hospital/empresa/clube/outros); (xii) local de coleta (torneira/caixa d'água/piscina/poço/mina/outros) e (xiii) coliformes totais e fecais (negativo (<2,2) e positivo (2,2 /5,1 / 9,2 / 16,0 / >16,0);

Para verificar quais variáveis estão significativamente associadas à presença de contaminação por coliformes totais e fecais usou-se o teste Qui-Quadrado ao nível de significância de 5%.

Resultados e discussão

No presente estudo, a análise bacteriológica de 3.942 amostras de água provenientes de uma variedade de fontes, como caixa d'água (1.033), torneira (1.594), piscina (789), mina (96), poço (350) e outros (80), obtidas para testes de rotinas entre 1996 e 1999, foram comparativamente estudadas (Tabela 1).

Tabela 1. Número de amostras contaminadas com coliformes totais e fecais, de acordo com o local de coleta

| Local | No. amostras | Coliformes | |
|--------------|--------------|------------|--------|
| | | Totais | Fecais |
| Poço | 350 | 160 | 52 |
| Piscina | 789 | 66 | 19 |
| Caixa d'água | 1033 | 171 | 82 |
| Torneira | 1594 | 102 | 29 |
| Mina | 96 | 80 | 46 |
| Outros | 80 | 16 | 7 |
| N | 3942 | 595 | 235 |

Coliformes totais e coliformes fecais foram detectados em 595 e 235 das amostras respectivamente. Com relação à origem da amostra, as águas de residências com 1.793 amostras e de clubes com 872 amostras foram as mais numerosas (Tabela 2).

Tabela 2. Número de amostras contaminadas com coliformes totais e fecais, de acordo com a origem de coleta

| Origem | No. amostras | Coliformes | |
|------------|--------------|------------|--------|
| | | Totais | Fecais |
| Residência | 1793 | 286 | 127 |
| Hospital | 613 | 43 | 22 |
| Empresa | 401 | 135 | 42 |
| Clube | 872 | 97 | 27 |
| Outros | 263 | 34 | 17 |
| N | 3942 | 595 | 235 |

A Tabela 3 apresenta o perfil geral das amostras, que na sua maioria foram coletadas em tempo seco, durante o período da manhã, oriundas de cidades da

região, analisadas no mesmo dia da coleta e majoritariamente cloradas.

Tabela 3. Número de amostras contaminadas com coliformes totais e fecais de acordo com as variáveis estudadas

| Variáveis | No.amostras | Coliformes | |
|--------------------|-------------|------------|--------|
| | | Totais | Fecais |
| Condições do Tempo | | | |
| seco | 2818 | 396 | 132 |
| chuvoso | 1124 | 199 | 103 |
| Horário de coleta | | | |
| manhã | 2585 | 373 | 151 |
| tarde | 1357 | 220 | 84 |
| Localidade | | | |
| Maringá | 1264 | 224 | 93 |
| região | 2678 | 371 | 142 |
| Data de análise | | | |
| mesmo dia | 3236 | 509 | 216 |
| 1 dia após coleta | 706 | 86 | 22 |
| Tipo de água | | | |
| clorada | 3289 | 233 | 76 |
| "in natura" | 653 | 362 | 159 |

De acordo com as análises do teste do Qui-quadrado em relação a coliformes totais e coliformes fecais, as variáveis analisadas, como condições do tempo, horário de coleta, localidade, data de análise, tipo de água, mês, sazonalidade, período, pH e cloro foram significativas ($p < 0,05$), com exceção da variável horário de coleta (Tabela 4). Assim, estas variáveis estão influenciando na positividade das amostras.

A Tabela 5 mostra a relação de significância da variável origem da amostra em relação às variáveis condições do tempo, horário de coleta, localidade, data de análise e tipo de água, em que se pode perceber que para a categoria residência todas as variáveis foram significativas, menos para horário de coleta em relação a coliformes fecais e totais. Para hospitais, foram significativas as variáveis localidade e tipo de água para coliformes totais e fecais, e condições do tempo para coliformes totais. Em empresas, houve significância nas condições do tempo para coliformes fecais, horário de coleta para coliformes totais e para tipo de água em coliformes totais e fecais. Do mesmo modo, para as amostras de clube e outros, que também foram significativas para tipo de água para coliformes totais e fecais. Para clube, horário de coleta foi também significativo para coliformes totais.

Quando analisadas as mesmas variáveis descritas anteriormente com a variável local de coleta observa-se que na categoria poço foram significativas condições do tempo, data de análise e tipo de água para coliformes totais e fecais. Somente o horário de coleta para coliformes totais foi significativo para piscina. Em caixa d'água, para coliformes totais foram significativas localidade e tipo de água, e para coliformes fecais as condições do tempo, data de análise e tipo de água. Em torneiras, as condições do

tempo e o tipo de água para coliformes totais e fecais, e localidade para coliformes totais foram significativos. Com relação à água de minas, encontramos efeito significativo para condições do tempo para coliformes fecais e tipo de água para coliformes totais. Para a categoria outros, foi significativo o local de coleta; para coliformes totais foram significativas as condições do tempo; e para coliformes totais e fecais foi significativo o tipo de água (Tabela 6).

Tabela 4. Significância das amostras em relação as variáveis estudadas, pelo teste Qui-Quadrado

| Variáveis | Coliformes | | | |
|--------------------|------------|---------|--------|---------|
| | Totais | | Fecais | |
| | n | p | n | p |
| Condições do tempo | | 0,00383 | | 0,00000 |
| seco | 396 | | 132 | |
| chuvoso | 199 | | 103 | |
| Horário de coleta | | 0,10775 | | 0,66040 |
| manhã | 373 | | 151 | |
| tarde | 222 | | 84 | |
| Localidade | | 0,00011 | | 0,02306 |
| Maringá | 224 | | 93 | |
| região | 371 | | 142 | |
| Data de análise | | 0,01704 | | 0,00043 |
| mesmo dia | 509 | | 213 | |
| 1 dia após coleta | 86 | | 22 | |
| Tipo de água | | 0,00000 | | 0,00000 |
| clorada | 233 | | 76 | |
| "in natura" | 362 | | 159 | |
| Mês | | 0,02446 | | 0,00000 |
| jan | 49 | | 27 | |
| fev | 46 | | 25 | |
| mar | 97 | | 49 | |
| abr | 52 | | 22 | |
| mai | 43 | | 7 | |
| jun | 29 | | 12 | |
| jul | 45 | | 15 | |
| ago | 51 | | 7 | |
| set | 44 | | 12 | |
| out | 54 | | 18 | |
| nov | 52 | | 21 | |
| dez | 33 | | 20 | |
| Sazonalidade | | 0,16195 | | 0,00000 |
| Pri / Ver | 331 | | 160 | |
| Out / Inv | 264 | | 75 | |
| Período | | 0,00000 | | 0,00184 |
| 1º ano | 167 | | 64 | |
| 2º ano | 195 | | 80 | |
| 3º ano | 233 | | 91 | |
| pH | | 0,01345 | | 0,00024 |
| acima | 50 | | 14 | |
| normal | 25 | | 7 | |
| abaixo | 7 | | 6 | |
| Cloro | | 0,00000 | | 0,00002 |
| acima | 80 | | 26 | |
| normal | 3 | | 0 | |
| abaixo | 22 | | 7 | |

As condições do tempo são fatores bastante significativos na presença de coliformes na água, principalmente quando da ocorrência de chuvas, porque devido às enxurradas pode ocorrer a contaminação das águas (como por exemplo minas e poços) com bactérias do grupo coliforme e outros organismos patogênicos, provenientes de solo

contaminado e esgotos (Christovão, 1977). Em água de poços e minas, é esperada a presença de coliformes totais, já que são encontrados no solo. Mas devem estar ausentes de poluição fecal. As águas subterrâneas são relativamente isentas de microrganismos contaminantes, mas a sua pureza vai depender do grau de filtração. A filtração depende de inúmeros fatores, como solo arenoso, que pode remover até 90% das bactérias. Por outro lado, o solo calcário, deste ponto de vista da capacidade de filtração, é o pior, pois pode conter fendas de até quilômetros de extensão as quais podem levar até ao lençol contaminantes oriundos da superfície, das tubulações de esgotos, ou ainda de fossas sépticas construídas em locais inadequados. No presente trabalho, condições do tempo - seco ou chuvoso - referem-se ao dia da coleta, portanto não foi possível estabelecer uma correlação entre positividade das amostras e os índices de precipitação. O fato de as caixas d'água e torneiras apresentarem significância poderia ser explicado pela falta de limpeza das caixas d'água, que deve ser feita de 6 em 6 meses, ou pela falta de desinfecção das torneiras na coleta das amostras ou, ainda, por enchentes, que podem também levar à contaminação das caixas d'água.

Tabela 5. Significância das amostras em relação a origem de coleta pelo teste Qui-quadrado

| | Residência | Hospital | Empresa | Clube | Outros |
|--------------------|------------|----------|---------|---------|---------|
| Condições do tempo | | | | | |
| Coliformes totais | 0,00006 | 0,00220 | 0,99572 | 0,29081 | 0,81734 |
| Coliformes fecais | 0,00000 | 0,51418 | 0,00406 | 0,10760 | 0,68736 |
| Horário de coleta | | | | | |
| Coliformes totais | 0,13101 | 0,72455 | 0,00579 | 0,00273 | 0,57187 |
| Coliformes fecais | 0,32369 | 0,26419 | 0,12056 | 0,71227 | 0,69974 |
| Localidade | | | | | |
| Coliformes totais | 0,00000 | 0,01732 | 0,06963 | 0,70084 | 0,31122 |
| Coliformes fecais | 0,00000 | 0,00473 | 0,42856 | 0,51307 | 0,29663 |
| Data de análise | | | | | |
| Coliformes totais | 0,00713 | 0,50564 | 0,25929 | 0,44264 | 0,34889 |
| Coliformes fecais | 0,00239 | 0,18407 | 0,28839 | 0,26630 | 0,10049 |
| Tipo de água | | | | | |
| Coliformes totais | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| Coliformes fecais | 0,00000 | 0,00028 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 |

Tabela 6. Significância das amostras em relação ao local de coleta pelo teste Qui-quadrado

| | Poço | Piscina | Caixa | Torneira | Mina | Outros |
|--------------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| Condições do tempo | | | | | | |
| Coliformes totais | 0,01994 | 0,07647 | 0,21995 | 0,00144 | 0,49442 | 0,01830 |
| Coliformes fecais | 0,00801 | 0,68714 | 0,01321 | 0,00132 | 0,00725 | 0,36039 |
| Horário de coleta | | | | | | |
| Coliformes totais | 0,22419 | 0,00088 | 0,35319 | 0,96366 | 0,51834 | 0,20689 |
| Coliformes fecais | 0,15311 | 0,72422 | 0,78088 | 0,28823 | 0,78967 | 0,56282 |
| Localidade | | | | | | |
| Coliformes totais | 0,80501 | 0,05527 | 0,01200 | 0,00393 | 0,83724 | 0,83838 |
| Coliformes fecais | 0,13255 | 0,27267 | 0,86082 | 0,57666 | 0,10349 | 0,83501 |
| Data de análise | | | | | | |
| Coliformes totais | 0,01753 | 0,22454 | 0,27994 | 0,89109 | 0,70608 | 0,09098 |
| Coliformes fecais | 0,00071 | 0,19720 | 0,01083 | 0,19065 | 0,07290 | 0,29518 |
| Tipo de água | | | | | | |
| Coliformes totais | 0,01233 | 0,54465 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00139 | 0,00001 |
| Coliformes fecais | 0,00345 | 0,75279 | 0,00000 | 0,00002 | 0,34866 | 0,00010 |

Com relação ao horário de coleta, os resultados poderiam ser mais claros se diferentes horários de pico de incidência de raios solares fossem incluídos na amostragem, como, por exemplo, os compreendidos entre 9 e 15 horas, outro horário superior e outro inferior, ao contrário dos períodos manhã e tarde propostos no trabalho. O horário de coleta parecer estar influenciando a positividade das amostras de piscinas para coliformes totais. Isto pode ser devido ao fato de que no período da tarde há exposição direta ao sol, e na dependência do grau de limpidez, os raios ultravioleta podem exercer efeito deletério sobre as bactérias, reduzindo seu número (Christovão, 1977). Outro fator importante relacionado à qualidade da água de piscina é a densidade de banhistas. Por outro lado, Zacheus e Martikainen (1995) mostraram que bactérias heterotróficas totais e fungos são mais abundantes em águas frias, tanto subterrâneas como do sistema de distribuição.

O fato de residência e hospitais serem significativos para coliformes totais e hospitais para coliformes fecais em Maringá e não em outras cidades não é esclarecido.

A realização das análises bacteriológicas das amostras no mesmo dia ou após um dia da coleta parece ter influência no resultado das amostras de caixa d'água e torneira. Portanto, é necessário atender às especificações da Cetesb (1999), respeitando o prazo máximo ideal de 6 horas para a realização da análise após a coleta e a de manter a amostra sob refrigeração de 4 a 10°C (Tabelas 7 e 8).

O cloro tem forte influência na positividade das amostras, embora não possa ser analisado em piscinas, que em sua maioria são cloradas, não tendo assim correlação com águas "in natura". De acordo LeChevallier *et al.* (1996) quando 0,2 mg/l de cloro ou valores acima do normal são mantidos, a ocorrência de coliformes é reduzida em cerca de 50%. A presença de biofilmes nas redes de distribuição, formados pela presença de matéria orgânica na água, é responsável pela demanda de desinfetante e formação de produtos como a cloraminas e diclorados (Reckhow *et al.* 1990), que têm menor poder desinfetante que o cloro residual livre na forma de ácido hipocloroso (Manfrini, 1974). Camper *et al.* (1986), reportam que organismos ligados a partículas orgânicas são menos susceptíveis a desinfecção, e podem, portanto, passar as barreiras de desinfecção e ter um impacto significativo sobre os biofilmes dos sistemas de distribuição. Segundo Snyder *et al.* (1995), os filtros de carvão ativado podem retirar a matéria orgânica da água, evitando a formação de biofilmes. Estudos

anteriores mostraram que coliformes como *Escherichia coli* e *Klebsiella* spp. são capazes de crescer em condições oligotróficas prevalentes em biofilmes de distribuição de água (Camper *et al.* 1991). Não é clara a maneira como coliformes e bactérias patogênicas podem estar colonizando heterotroficamente biofilmes.

Em relação à variável mês, os dados não são suficientes para a avaliação da significância, uma vez que seria importante obter dados mensais sobre precipitação de chuvas, temperatura da água, entre outros. Entretanto, a sazonalidade aponta para primavera/verão, quando ocorrem os meses de chuva, como tendo significância para coliformes fecais.

É interessante também o fato de que, enquanto o número de amostras coletadas cai gradativamente durante os três anos, o número de amostras contaminadas aumenta tanto para coliformes totais como para coliformes fecais (dado não mostrado)

Segundo Manfrini (1974), quanto maiores o pH e a temperatura, maior é a dissociação do cloro na água, o que faz com que diminua a ação bactericida do cloro; portanto a desinfecção é mais eficiente em pH baixo.

No presente trabalho, coliformes totais e fecais detectados nas amostras de água foram associados aos seguintes fatores: água "in natura", água clorada, origem da água, estação úmida, estação seca, pH e desinfetante residual. Como esperado, o maior número de amostras de água contaminadas de coliformes totais e fecais foi encontrado em águas "in natura" coletadas de fontes e pontos de consumo de comunidades urbanas e rurais. A maioria das pessoas de tais áreas usa a água diretamente das fontes disponíveis, sem qualquer tratamento, e portanto está exposta a uma variedade de doenças transmitidas pela água.

Referências bibliográficas

American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 15.ed. New York, 1995.

Camper, A.K. Bacteria associated with granular activated carbon particles in drinking water. *Appl. Environm. Microbiol.*, 52(3):434-438, 1986.

Camper, A.K. Growth kinetics of coliform bacteria under conditions relevant to drinking water distribution systems. *Appl. Environm. Microbiol.*, 57(8):2233-2239, 1991.

Cetesb. *Técnicas de análises microbiológicas da água*: membrana filtrante. São Paulo: Cetesb, 1999. 125 p.

Christovão, D.A. Padrões bacteriológicos: caracterização bacteriológica de poluição e contaminação. In: Cetesb. *Água-qualidade, padrões de potabilidade e poluição*. São Paulo: Cetesb, 1977. cap. 6.

Deffune, G. Classificação climática e índice de aridez para Maringá-PR, de 1976-1992. *Bol. Geografia*, 12(3), 1994. Suplemento.

Lechevallier, M.W.; Welch, N.J.; Smith, D.B. Full-scale studies of factors related to coliform regrowth in drinking water. *Appl. Environm. Microbiol.*, 62(7):2201-2211, 1996.

Manfrini, C. Ação bactericida do cloro. Reações do cloro na água. Reações com a amônia. Tipos de residuais. In: Cetesb. *Desinfecção de águas*. São Paulo: Cetesb, 1974. 210 p.

Pelczar JR., M.J.; Chan E.C.S.; Krieg, N.R. *Microbiologia - conceitos e aplicações*. São Paulo: Makron Books, 1996. v. 2.

Reckhow, D.A.; Singer, P.C.; Malcolm, R.L. Chlorination of humic materials: byproduct formation and chemical interpretations. *Environm. Sci. Technol.*, 24(11):1655-1664, 1990.

Sato, M.I.Z. Evaluation of culture media for *Candida albicans* and *Staphylococcus aureus* recovery in swimming pools. *Water Res.*, 29(10):2412-2416, 1995.

Snyder Jr., J.W. Effect of point-of-use, activated carbon filters on the bacteriological quality of rural groundwater supplies. *Appl. Environm. Microbiol.*, 61(12):4291-4295, 1995.

Zacheus, O.M.; Martikainen, P.J. Occurrence of heterotrophic bacteria and fungi in cold and hot water distribution systems using water of different quality. *Can. J. Microbiol.*, 41:1088-1094, 1995.

Received on August 27, 2000.

Accepted on November 30, 2000.