

## USO DA RADIAÇÃO SOLAR NA DESINFECÇÃO DA ÁGUA DE POÇOS RASOS\*

L.A. Amaral, A.P. Nunes, J. Castania, C.S. Lorenzon, L.S.S. Barros, A. Nader Filho

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: lamaral@fcav.unesp.br

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar a eficiência da exposição à radiação solar na desinfecção da água, amostras de água de poços rasos foram acondicionadas em garrafas "PET" (Polietileno Teraftalato) com volume de 2.000 mL, e expostas ao sol por 2, 5 e 12h. Antes da exposição, após a exposição e em amostras que permaneceram 2, 5 e 12h protegidas do sol (controles) foram determinados os números mais prováveis de coliformes totais e *Escherichia coli* e os números de microrganismos mesófilos. Foi verificado ainda o recrescimento bacteriano após 72h da exposição ao sol em amostras protegidas da ação da luz solar e a quantidade de energia recebida pelas amostras após os três tempos de exposição à radiação solar. Os resultados obtidos evidenciaram que a radiação solar foi eficaz na desinfecção da água com reduções, após 12h de exposição, de 98,2%, 99,9% e 100% nos números de microrganismos mesófilos, coliformes totais e *E. coli*, respectivamente. Foi verificada a ausência de recrescimento de todos microrganismos pesquisados após 12h de exposição ao sol. Os resultados evidenciaram que a exposição à radiação solar da água de consumo humano, acondicionada em garrafas PET, pode ser utilizada para diminuir o risco de enfermidades de veiculação hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação solar, qualidade de água, desinfecção, *Escherichia coli*.

## ABSTRACT

SOLAR RADIATION IN THE DISINFECTION OF SHALLOW WELL WATER. This study evaluated the effectiveness of exposure to solar radiation for disinfecting water samples from shallow wells. Water samples were placed into 2-liter PET (Polyethylene Terephthalate) exposed to sun rays for 2, 5 and 12 hours. Probably numbers of total coliform bacteria, *Escherichia coli* and mesophyl microorganisms were determined before and after exposure to sun and in samples protected from the sun (controls) for 2, 5 and 12 hours. Bacterial re-growth after a 72h-exposure to the sun in samples which were protected from the sun rays and the amount of energy received by the samples after the three exposure periods to sun radiation were also evaluated. Results showed that sun radiation was effective for water disinfection with 98.2%, 99.9% and 100% reductions in mesophyl microorganisms, total coliform bacteria and *E. coli* respectively after a 12h-exposure to sun rays. Lack of re-growth of all microorganisms analyzed after a 12h exposure to sun rays was confirmed. Results showed that exposure of water placed in PET bottles for human consumption may be used to diminish water-transmitted disease risks.

KEY WORDS: Solar radiation, water quality, disinfection, *Escherichia coli*.

## INTRODUÇÃO

A água é o mais importante recurso natural do mundo e sem ela a vida não pode existir. Em 1854 uma epidemia de cólera em Londres causou 10.000 mortes e relacionou pela primeira vez uma doença com contaminação da água de consumo por bactérias entéricas através da poluição da mesma por esgoto doméstico (BATES, 2000).

Em relação a água de consumo humano, ISAAC-MARQUEZ *et al.* (1994) afirmam que ela é um dos mais importantes veículos de enfermidades diarreicas de natureza infecciosa, tornando-se primordial a avaliação da sua qualidade microbiológica.

Dentre os mananciais de água subterrânea utilizados no meio rural nos Estados Unidos os poços rasos e as minas representam quase 100% das fontes de abastecimento individual cujas águas não são

\*Trabalho financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP.

tratadas nem monitoradas regularmente, colocando em risco a saúde da população consumidora (SWOROBUCK *et al.*, 1987; CASON *et al.*, 1991). Em nosso país a situação é semelhante, ressaltando-se a afirmação de HOFFMANN *et al.* (1994) que no Brasil a proteção das águas subterrâneas tem sido negligenciada, apesar de sua grande importância do ponto de vista econômico e estratégico sendo, portanto, necessária uma maior proteção contra as diversas fontes de contaminação das mesmas.

AMARAL *et al.* (1994), analisando amostras de água de poços rasos, localizados na zona urbana do Município de Jaboticabal, SP, encontraram 92,1% das amostras fora dos padrões microbiológicos de potabilidade para consumo humano. AMARAL *et al.* (2000) em estudo realizado em propriedades suinícolas, situadas na região nordeste do Estado de São Paulo, verificaram que 62,5% das amostras das fontes de abastecimento estavam fora dos padrões de potabilidade em decorrência da presença de coliformes totais e coliformes fecais nas amostras analisadas.

GALBRAITH *et al.* (1987) citam que de 1937 a 1986, no Reino Unido, 43,0% dos surtos de doenças veiculadas pela água foram em decorrência da ingestão de água oriunda de fontes privadas, afetando em torno de 2.000 pessoas. EMBIL *et al.* (1984) e DENNIS *et al.* (1993) verificaram na Nova Escócia e Inglaterra relações positivas entre consumo de água oriunda de poços e a prevalência de giardíase e parasitismo por *Ascaris lumbricoides*, respectivamente, enquanto BERGEISEN *et al.* (1985) relacionaram a ocorrência de surto de hepatite A, nos Estados Unidos, com o consumo de água de minas não tratadas.

O processo de desinfecção pela energia solar tem 2 componentes principais a luz ultravioleta, que irradia os microrganismos e induz a formação de formas reativas de oxigênio e a radiação infra-vermelha que aquece a água. JOYCE *et al.* (1996) obtiveram eliminação da *Escherichia coli* em amostras de água de baixa turbidez após 7h de exposição solar da água contida em garrafas transparentes com volume de 2.000 mL.

Segundo WEGELIN *et al.* (1994) para que a desinfecção pela luz solar seja eficiente a água a ser desinfetada deve apresentar turbidez < 30 NTU. REED *et al.* (2000) avaliando a eficiência da energia solar na inativação de bactérias de origem fecal em trabalho realizado na Índia e na África do Sul verificaram que a agitação vigorosa do frasco de água, incorporando oxigênio, aumenta bastante a capacidade de desinfecção verificando a inativação completa desses microrganismos entre 3 e 6h de exposição da água ao sol.

CONROY *et al.* (1999) em estudo realizado com 349 crianças da comunidade Maasai na África verificaram que o consumo de água tratada pela exposição ao sol reduziu de maneira significativa o risco do aparecimento de diarreias nos que consumiram água ex-

posta ao sol quando comparados com os que consumiram a água sem a exposição. CONROY *et al.* (2001) afirmam que a desinfecção solar da água pode auxiliar muito no controle de epidemias de cólera.

O presente trabalho teve como objetivos verificar a eficácia da utilização da radiação solar na desinfecção de água de poços rasos contaminadas naturalmente por microrganismos indicadores, a possível existência do recrescimento bacteriano após a desinfecção e fornecer subsídios para a aplicação desse método de desinfecção com base na quantidade de energia recebida pela água e inativação dos microrganismos pesquisados.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisadas 30 amostras de água oriundas de 30 poços rasos, já conhecidos como de má qualidade microbiológica da água, localizados no meio rural do Município de Jaboticabal, SP. As amostras foram expostas ao sol, na posição horizontal, em volumes de 2 L acondicionados em garrafas PET (Polietileno Tereftalato) transparentes, por 2h, 5h e 12h e, paralelamente, foram deixadas 30 amostras protegidas do sol, pelo mesmo período, que serviram como controle. Após 72h da exposição as amostras foram protegidas da ação do sol e foi verificado o recrescimento bacteriano em 10 amostras, de modo a se obter 10 repetições em cada um dos tempos, em decorrência da possibilidade da reativação no escuro por reparo do DNA lesado pela radiação UV.

### Diluição das amostras

As amostras de água, expostas ao sol e os controles, foram diluídas em água peptonada a 0,1% esterilizada, adicionando-se 10 mL em 90 mL do diluente, obtendo-se a diluição  $10^{-1}$ . A partir dessa primeira diluição foram obtidas as diluições sucessivas.

### Determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais e *Escherichia coli* (APHA, 1992)

A amostra de água ou sua diluição (100 mL) foram misturadas ao meio de cultura (Colilert) e após homogeneização, as misturas foram transferidas para a cartela Quanti-tray e selada em seladora específica. Em seguida, as cartelas foram incubadas a 35°C por 24h. A seguir foi realizada a determinação do número de coliformes totais através da contagem das células com coloração amarela e utilização de tabela própria. O número de *E. coli* foi determinado pelo número de células que apresentarem fluorescência após incidirem-se raios UV sobre a cartela, utilizando-se a mesma tabela para coliformes totais.

### **Quantificação dos microrganismos mesófilos pelo método de “pour plate” (APHA, 1992)**

Foi utilizada a semeadura em profundidade como meio de cultura àgar padrão para contagem (PCA) e incubação a 35° C por 48h.

### **Determinação dos teores de turbidez (APHA, 1992)**

Os teores de turbidez das amostras de água foram obtidos através da utilização do Turbidímetro HACH modelo 2100 A, que usa o método nefelométrico com tubos de formazina para a padronização. Os método é equivalente aos descrito em APHA (1992) e os resultados foram expressos em UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

### **Radiação solar global**

Dados de radiação solar foram fornecidos pelo Laboratório de Instrumentação Aquisição e Processamento (LIAP) do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP.

Para determinação da radiação solar global o LIAP possui, em sua área experimental, um piranômetro com compensação de temperatura e uma constante de calibração de  $12,80 \cdot 10^{-6} \text{ V/W.m}^2$ . Esse sensor está fixado sobre uma plataforma de alumínio presa a um cano galvanizado chumbado no chão, que o mantém na horizontal, 1,50 m acima de uma superfície gramada.

Os sinais em mV deste equipamento são tratados por um Sistema de Aquisição de Dados (CR10 Measurement & Control System) obtendo-se por integração o total de radiação solar global a cada 15 minutos.

### **Análise estatística**

Os resultados obtidos dos números de microrganismos nos diferentes tempos de exposição foram analisados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (STELL & TORRIE, 1960).

## **RESULTADOS**

O Tabela 1 apresenta os valores das médias geométricas dos números mais prováveis de coliformes totais e fecais e dos números de microrganismos mesófilos das amostras de água dos poços antes da exposição (tempo zero), dos controles e das amostras expostas ao sol após 2h, 5h e 12h.

A Tabela 2 apresenta os valores das porcentagens de redução nos números de coliformes totais, *E. coli*

microrganismos mesófilos, em relação aos controles, e a quantidade de energia, nas amostras expostas ao sol por 2h, 5h e 12h.

A Tabela 3 apresenta os valores das porcentagens de redução nos números de coliformes totais, *E. coli* microrganismos mesófilos, em relação a água antes da exposição (tempo zero), e as quantidades médias de energia, nas amostras expostas ao sol por 2h, 5h e 12h.

A Tabela 4 apresenta as porcentagens de amostras fora dos padrões microbiológicos, portaria 518 de 25/3/2004 do Ministério da Saúde para *E. coli* e microrganismos mesófilos nas amostras de água antes da exposição (tempo zero) e após 2h, 5h e 12h de exposição ao sol.

A Tabela 5 apresenta as médias geométricas do recrescimento bacteriano, após 72h, de coliformes totais, *E. coli* e microrganismos 70 As quantidades médias de energia recebidas pelas amostras após 2h, 5h e 12 h de exposição ao sol foram 1.041,33 KJ/m<sup>2</sup>, 5.134,18 KJ/m<sup>2</sup> e 10.392,51 KJ/m<sup>2</sup>, respectivamente.

Os valores mínimo, médio e máximo da turbidez nas amostras de água foram; 0,38 NTU, 1,15 NTU e 2,1 NTU, respectivamente, estando portanto dentro do limite para potabilidade humana de 5 NTU (BRASIL, 2004).

## **DISCUSSÃO**

Observa-se nas Tabelas 1, 2 e 3, no que se refere à *E. coli*, que a exposição ao sol da água dos poços rasos foi suficiente para diminuir muito o risco representado pela água à saúde do consumidor já a partir de 5h de exposição, uma vez que apresentou redução média desse indicador superior a 90%. Ressalta-se que as diferenças nos números de *E. coli* nas amostras expostas ao sol e controles foram significativas ( $p < 0,05$ ) a partir de 2h de exposição. Observa-se na Tabela 2 que após 5h de exposição a quantidade média de energia recebida pela água contida nas garrafas foi 5.134,18 KJ/m<sup>2</sup> e segundo WEGELIN *et al.* (1994) uma quantidade de 2.000 KJ/m<sup>2</sup> de radiação solar por 5h causou a redução de 99,9% nos números de *E. coli*.

Os bons resultados obtidos no presente estudo vão ao encontro da afirmação de McGUIGAN *et al.* (1998) de que a desinfecção solar em regiões de grande insolação é um método eficiente, de baixo custo para a melhora da qualidade da água de bebida e deve ser utilizadas em áreas carentes de saneamento básico. A esse respeito, KEHOE *et al.* (2004) citam que a utilização da desinfecção solar da água de bebida é uma intervenção apropriada para ser aplicada, principalmente em países em desenvolvimento, durante um surto de *Shigella dysenteriae*.

Tabela 1 - Valores das médias geométricas dos números mais prováveis/100 mL de coliformes totais e *E. coli* números de microrganismos mesófilos por mL nas amostras de água no tempo zero, e após 2h, 5h e 12h expostas à sombra (controles) e ao sol.

Microrganismo	Água tempo zero	Água 2h na sombra (controle)	Água 2h no sol	Água 5h na sombra (controle)	Água 5h no sol	Água 12h na sombra (controle)	Água 12h no sol
Coliformes totais	1,3 x 10 <sup>3</sup>	1,3 x 10 <sup>3</sup> A	2,3 x 10 <sup>2</sup> B	2,3 x 10 <sup>3</sup> A	0,15x10 <sup>B</sup>	2,1 x 10 <sup>3</sup> A	0,06x10 <sup>B</sup>
<i>E. coli</i>	7,5 x 10 <sup>2</sup>	7,4 x 10 <sup>2</sup> A	2,3 x 10 <sup>2</sup> B	1,4 x 10 <sup>3</sup> A	0,1 x 10 <sup>B</sup>	1,1,x 10 <sup>3</sup> A	0 <sup>B</sup>
Mesófilos	4,8 x 10 <sup>3</sup>	4,8 x 10 <sup>3</sup> A	1,2 x 10 <sup>3</sup> A	1,9x 10 <sup>4</sup> A	1,1 x 10 <sup>3</sup> B	4,4 x 10 <sup>4</sup> A	8,3 x 10 <sup>2</sup> B

Na mesma linha, nas comparações entre controle e exposição ao sol, nos diferentes tempos de exposição, letras diferentes representam significância ao nível de 5%.

Tabela 2 - Reduções percentuais, em relação aos controles, nos números mais prováveis de coliformes totais e *E. coli* e nos números de microrganismos mesófilos e quantidade média de energia após 2h, 5h e 12h de exposição ao sol.

Microrganismo	Água 2h no sol	Água 5h no sol	Água 12h no sol
Coliformes totais	84,80	99,0	99,9
<i>E. coli</i>	69,1	99,9	100
Mesófilos	75	42,2	98,2
Energia Kj/m <sup>2</sup>	1.041,33	5.134,18	10.392,51

Tabela 3 - Reduções percentuais, em relação a T0 (água "in natura"), nos números mais prováveis de coliformes totais e *E. coli* e nos números de microrganismos mesófilos após 2h, 5h e 12h de exposição ao sol.

Microrganismos	Água 2h no sol	Água 5h no sol	Água 12h no sol
Coliformes totais	84,1 <sup>A</sup>	99,9 <sup>B</sup>	99,9 <sup>B</sup>
<i>E. coli</i>	69,1 <sup>A</sup>	99,9 <sup>B</sup>	100 <sup>B</sup>
Mesófilos	75,0 <sup>A</sup>	77,1 <sup>A</sup>	82,7 <sup>A</sup>

Na mesma linha, letras diferentes, representam significância ao nível de 5%.

Tabela 4 - Porcentagens de amostras fora dos padrões microbiológicos, portaria 518 de 25/3/2004 do Ministério da Saúde, para *E. coli* e microrganismos mesófilos nas amostras de água antes da exposição e após 2h, 5h e 12h de exposição ao sol.

Microrganismo	Água antes da exposição	Água 2h no sol	Água 5h no sol	Água 12h no sol
<i>E. coli</i>	100	96,3	14,8	0
Mesófilos	70	70	70	70

MCE *et al.*, citados por PINFOLD (1990), em trabalho realizado nas Filipinas, examinando a relação entre indicadores bacterianos da qualidade da água e diarreias em crianças verificaram que crianças que consumiram água altamente poluída com matéria fecal (> 1.000 *E. coli* /100 mL) tiveram uma ocorrência de diarreia significativamente maior ( $p < 0,01$ ) que aquelas que consumiram águas com menor nível de poluição. Com 12h de exposição o risco diminui ainda mais, pois foi verificada ausência desse microrganismo após o tratamento. Ressalta-se, que a ação da luz solar nas amostras de água, expostas em garrafas tipo PET incolores, pode ser uma ferramenta importante na melhora da qualidade microbiológica da água de consumo humano em regiões com restrições na quantidade de água de boa qualidade, como por exemplo, em áreas do nordeste do nosso país, uma vez que reduziu em muito o número de *E. coli*, microrganismo pertencente ao grupo dos coliformes fecais, que é superior aos outros tradicionais indicadores de poluição fecal, pois sobrevive um tempo menor no meio ambiente semelhante aos patógenos de origem intestinal. Os coliformes totais, por exemplo, durante as épocas mais quentes podem se multiplicar na água fornecendo resultados falsos positivos (BAUDISOVA, 1997). Essa ação positiva foi verificada por CONROY *et al.* (1999) em estudo realizado com 349 crianças da comunidade Maasai na África verificaram que o consumo de água tratada pela exposição ao sol reduziu de maneira significativa o risco do aparecimento de diarreias nos que consumiram água exposta ao sol quando comparados com os que consumiram a água sem a exposição.

Levando-se em conta a Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/3/2004 (BRASIL, 2004) que considera como padrão microbiológico para água potável ausência de *E. coli* ou coliformes fecais por 100 mL da amostra e a redução, verificada após 5h horas de exposição à luz solar, de 99,9% depreende-se que uma água de poço raso com até 9.9 x 10<sup>3</sup> UFC/100 mL, se exposta a essa condição estaria dentro dos padrões de potabilidade referente a esse microrganismos pois teria um número < 1,0 microrganismo/100 mL de amostra.

Tabela 5 - Recrescimento bacteriano, após 72h, de coliformes totais, *E. coli* e microrganismos mesófilos nas amostras de água expostas ao sol por 2h, 5h e 12h.

Microrganismo	Água 2h sol	Água 2h sol 72h depois	Água 5h sol	Água 5h sol 72h depois	Água 12h sol	Água 12h sol 72h depois
Coliformes totais	$2,3 \times 10^2$	$8,6 \times 10$	$0,15 \times 10$	$0,2 \times 10$	$0,06 \times 10$	0,0
<i>E. coli</i>	$2,3 \times 10^2$	$3,4 \times 10$	$0,1 \times 10$	$0,3 \times 10$	0,0	0,0
Mesófilos	$1,2 \times 10^3$	$6,4 \times 10^5$	$1,1 \times 10^3$	$2,8 \times 10^5$	$8,3 \times 10^2$	$1,1 \times 10^3$

Segundo ACRA *et al.* (1984) a *E. coli* é mais resistente aos efeitos letais da luz solar que outras bactérias como a *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi* e *Salmonella enteritidis* e por isso serve como bom indicador sobre o efeito da luz solar sobre bactérias entéricas.

Observa-se nas Tabelas 1, 2 e 3 uma menor redução nos números de microrganismos mesófilos e coliformes totais o que pode ser explicada pela afirmação de WEGELIN *et al.* (1994) que mistura de diferentes microrganismos apresentam menos sensibilidade à ação da luz solar em decorrência da presença de saprófitas mais resistentes e esporulados que são abundantes em amostras de água contaminadas naturalmente e de ACRA *et al.* (1990) quando afirmam que quanto maior o número de microrganismos na água menor a sensibilidade dos microrganismos à radiação solar. RUIJAL & FUJIOKA (2001) citam a menor redução nos números de microrganismos mesófilos pela radiação solar quando comparada com as reduções verificadas para *E. coli* e coliformes totais.

Na Tabela 4 pode-se verificar que após 12h de exposição todas as amostras de água encontravam-se dentro do padrão para consumo humano no que se refere à *E. coli*.

No que se refere ao recrescimento bacteriano após 72h, verifica-se, na Tabela 5, que ele ocorreu para os microrganismos mesófilos, uma mistura de diferentes espécies, o que também foi verificado por WEGELIN *et al.* (1994). O autor cita que o importante é a inativação, sem recrescimento, do indicador do microrganismo patogênico como a *E. coli*, por exemplo, e não a obtenção de uma água estéril.

Os fatos da eliminação da *E. coli* e a ausência de recrescimento nas amostras de água tratadas, Tabela 5 é de suma importância, pois BAUDISOVA (1997) concluiu que a *E. coli* é superior aos outros tradicionais indicadores de poluição fecal, pois sobrevive um tempo menor no meio ambiente. DAN *et al.* (1997) verificaram padrão de sobrevivência semelhante entre *E. coli* e poliovírus na água e referem-se a esse indicador como melhor que o enterococos para avaliar a poluição fecal da água.

Os valores de turbidez da água dos poços, analisadas no presente estudo, estiveram bem abaixo do valor máximo indicado para uma boa eficiência da

desinfecção solar que é de 30 NTU (PFAMMATTER & WEGELIN, 1993), o que favoreceu o bom resultado na inativação dos indicadores de poluição fecal.

## CONCLUSÕES

- Os resultados comprovaram a eficiência da radiação solar na desinfecção da água de poços rasos, sendo que as maiores reduções ocorreram para *E. coli*.

- No presente estudo as diferenças entre as médias geométricas obtidas nos números de *E. coli* nas amostras de água antes da exposição solar, expostas ao sol e controles (sombra) foram significativas ( $p < 0,05$ ) a partir de 2h de exposição.

- A exposição das amostras de água ao sol foi capaz de colocar todas as amostras dentro do padrão microbiológico de potabilidade para *E. coli* principal indicador da possível presença de enteropatógenos.

- A exposição da água de consumo humano, acondicionada em garrafas PET, à radiação solar pode ser utilizada para diminuir o risco de enfermidades de veiculação hídrica.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da pesquisa e ao Laboratório de Instrumentação Aquisição e Processamento (LIAP) do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP pelo fornecimento dos dados da radiação solar.

## REFERÊNCIAS

- ACRA, A.; RAFFOUL, Z.; KARAHAGOPIAN, Y. *Solar disinfection of drinking water and oral rehydration solutions*. Paris: UNICEF, 1984.
- ACRA, A.; JURDI, M.; MUALLEM, H.; KARAHAGOPIAN, Y. *Water disinfection by solar radiation*. Ottawa: International Development Research Centre, 1990.
- AMARAL, L.A.; ROSSI JUNIOR, O.D.; NADER FILHO, A.; ALEXANDRE, A.V. Avaliação da qualidade higiênico-sanitária da água de poços rasos localizados em área urbana:

- utilização de colifagos em comparação com indicadores bacterianos de poluição fecal. *Revista de Saúde Pública*, v.28, n.5, p.345-348, 1994.
- AMARAL, L.A.; SOUZA, M.C.I.; BARROS, L.S.S.; ROSSI JÚNIOR, O.D.; NADER FILHO, A. Características microbiológicas e teor de nitratos da água de consumo humano e suíno em propriedades rurais situadas na região nordeste do estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE MICROBIOLOGIA AMBIENTAL, 6., 2000, Recife. *Anais*. Recife, 2000. p.69.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 18.ed. Washington DC: APHA Publication Office, 1992.
- BATES, A.J. Water as consumed and its impact on the consumer – do we understand the variables? *Food and Chemical Toxicology*, v.38, p.29-36, 2000.
- BAUDISOVA, D. Evaluation of *E. coli* as the main indicator of faecal pollution. *Water Science Technology*, v.35, n.11, p.333, 1997.
- BERGEISEN, G.H.; HINDS, M.W.; SKAGGS, J.W. A waterborne outbreak of hepatitis A in Meade County, Kentucky. *American Journal of Public Health*, v.75, n.2, p.161-164, 1985.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.518, de 25 de março de 2004. Norma de qualidade da água de consumo humano. *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 de mar. 2004. Seção 1, p.266.
- CASON, E.; GREIMAN, L.; REYNOLDS, D. Bacterial species isolated from well water in Southern Illinois. *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, v.11, n.11, p.645-649, 1991.
- CONROY, R.M.; MEEGAN, M.E.; JOYCE, T.; MCGUIGAN, K.; BAMES, J. Solar disinfection of water reduces diarrhoeal disease: an update. *Archives of Disease Childrens*, v.81, n.4, p.337-338, 1999.
- CONROY, R.M.; MEEGAN, M.E.; JOYCE, T.; MCGUIGAN, K.; BAMES, J. Solar disinfection of drinking water protects against cholera in children under 6 years of age. *Archives of Disease Childrens*, v.85, p.293-295, 2001.
- DAN, T.B.B.; WYNNE, D.; MANOS, Y. Survival of enteric bacteria and viruses in lake Kinment, Israel. *Water Research*, v.31, p.2755, 1997.
- DENNIS, D.T.; SMITH, R.P.; WELCH, J.J.; CHUTE, C.G.; ANDERSON, B.; HERNDON, J.L.; VON REYN, C.F. Endemic giardiasis in New Hampshire; a case control study of environmental risks. *Journal of Infection Diseases*, v.167, n.6, p.1391-1395, 1993.
- EMBIL, J.A.; PEREIRA, L.H.; WHITE, F.M.; GARNER, J.B.; MANUEL, F.R. Prevalence of *Ascaris lumbricoides* infection in a small Nova Scotian community. *American Journal of Tropical Medicine*, v.33, n.4, p.595-598, 1984.
- GALBRAITH, N.S.; BARRET, N.J.; SATBWEEL-SMITH, R. Water and disease after Croydon. A review of waterborne and water associated disease in UK, 1937-1986. *Journal Institute of Water & Environment Management*, n.1, p.7-21, 1987.
- GRABOW, W. Waterborne diseases: Update on water quality assessment and control. *Water SA*, v.22, n.2, p.193-202, 1996.
- HOFFMAN, F.L.; GARCIA-CRUZ, C.H.; VINTURIN, T.M. Levantamento das características microbiológicas da água proveniente de três poços artesianos da cidade de São José do Rio Preto-SP. *Higiene Alimentar*, v.8, n.34, p.36-38, 1994.
- ISSAC-MARQUEZ, A.P.; LEZAMA-DAVILA, C.M.; KUPECH, R.P.; TAMAY-SEGOVIA, P. Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. *Salud Publica de Mexico*, v.36, n.6, p.655-661, 1994.
- JOYCE, T.M.; MCGUIGAN, K.G.; ELMORE-MEEGAN, M.; CONROY, R.M. Inactivation of fecal bacteria in drinking water by solar heating. *Applied and Environmental Microbiology*, v.62, n.2, p.399-402, 1996.
- KEHOE, M.R.; BARER, L.O. MCGUIGAN, K.G. Batch process solar disinfection is an efficient means of disinfecting drinking water contaminated with *Shigella dysenteriae* type I.S.C. *Letters in Applied Microbiology*, v.38, n.5, p.410, 2004.
- MCGUIGAN, K.G.; JOYCE, T.M.; CONROY, R.M.; GILLESPIE, J.B.; ELMORE-MEEGAN, M. Solar disinfection of drinking water contained in transparent plastic bottles: characterizing the bacterial inactivation process. *Journal of Applied Microbiology*, v.84, p.1138-1148, 1998.
- PINFOLD, J.V. Faecal contamination of water and fingertip-rinses as a method for evaluating the effect of low cost water supply and sanitation activities on faecal-oral disease transmission. II. A hygiene intervention study in rural north-east Thailand. *Epidemiology and Infection*, v.105, p.377-380, 1990.
- PFAMMATTER, R. & WEGELIN, M. *Solar water disinfection: Evaluation of field tests carried out in Cali, Colombia*. Cali: Internal Monitoring Report, 1993.
- REED, R.H.; MANI, S.K.; MEYER, V. Solar photo-oxidative disinfection in drinking water: preliminary field observations. *Letters Applied Microbiology*, v.30, n.6, p.432-436, 2000.
- RIJAL, G.K. & FUJIOKA, R.S. Synergistic effect of solar radiation and solar heating to disinfect drinking water sources. *Water Science and Technology*, v.43, n.12, p.155-162, 2001.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. New York: Mc Graw, 1960. 481p.
- SWOROBUK, J.E.; LAW, C.B.; BISSONETTE, G.K. Assessment of the bacteriological quality of rural groundwater supplies in Northern West Virginia. *Water, Air, and Soil Pollution*, v.36, p.163-170, 1987.
- WEGELIN, M.; CANONICA, S.; MECHSNER, K.; FLEISCHMANN, T.; PESARO, F.; METZLER, A. Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments. *Journal Water SRT-Acqua*, v.43, n.3, p.154-169, 1994.

Recebido em 12/12/05

Aceito em 9/2/06