

TRATAMENTO ALTERNATIVO DA ÁGUA UTILIZANDO EXTRATO DE SEMENTE DE *MORINGA OLEIFERA* E RADIAÇÃO SOLAR*

L.A. Amaral, O.D. Rossi Junior, L.S. Soares e Barros, C.S. Lorenzon, A.P. Nunes

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, km 5, CEP 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. E-mail: lamaral@fcav.unesp.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do uso do extrato de *Moringa oleifera* e da radiação solar na clarificação e desinfecção da água com diferentes níveis de turbidez. O experimento foi dividido em duas etapas: (a) tratamento por exposição ao sol de amostras de água com diferentes níveis de turbidez e (b) utilização das sementes de *M. oleifera* para floculação e sedimentação clarificando a água e desinfecção da água clarificada por radiação solar. Nos dois protocolos foram realizados: colimetria, segundo substrato cromogênico; DBO, por medição manométrica; turbidez, por meio de turbidímetro. Os resultados comprovaram a eficiência da radiação solar na desinfecção da água com baixo e alto nível de turbidez, sendo que, para *Escherichia coli*, as maiores reduções ocorreram nas amostras com turbidez 30-40 UNT e após 12h de exposição. A adição do extrato de *M. oleifera*, nas amostras de baixa e alta turbidez, proporcionou elevadas reduções da turbidez em relação ao nível de turbidez inicial e potencializou a ação da luz solar na desinfecção da água. Propõe-se a adição de extratos de sementes de *M. oleifera* e radiação solar para maximizar a eliminação de *E. coli* das amostras de água turvas e assim minimizar o risco de transmissão hídrica de agentes patogênicos de origem intestinal.

PALAVRAS-CHAVE: *Moringa oleifera*, radiação solar, água, *Escherichia coli*, turbidez.

ABSTRACT

ALTERNATIVE TREATMENT OF WATER WITH *MORINGA OLEIFERA* SEED EXTRACT AND SOLAR RADIATION. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of *Moringa oleifera* extract and solar radiation in the clarification and disinfection of water with different turbidity levels. The experiment had two stages: (a) treatment of water samples with different turbidity levels by exposure to solar radiation and (b) use of *M. oleifera* seeds for flocculation and sedimentation for water cleansing and disinfection of cleansed water by solar radiation. Colimetry, following chromogenic substrate; BDO by manometer; and turbidity by turbidity meter were deployed in the two protocols. The results show the effectiveness of solar radiation in low and high turbid water disinfection. In the case of *Escherichia coli*, the greatest decrease occurred in 30–40 UNT turbidity after a 12-h exposure. In low and high turbidity samples the addition of *M. oleifera* extract resulted in a great decrease of turbidity when compared to initial turbidity and empowered the effect of solar radiation in water disinfection. The addition of *M. oleifera* seed extract and solar radiation are recommended to maximize the elimination of *E. coli* from turbid water samples and consequently minimize the risk of water-transmitted pathogenic agents originating from the intestines.

KEY WORDS: *Moringa oleifera*, solar radiation, water, *Escherichia coli*, turbidity.

INTRODUÇÃO

Em regiões com pouco suprimento de água é comum a utilização de açudes como fonte de água de abastecimento humano e de animais. Essas fontes de água são susceptíveis à contaminação, colocando em

risco a saúde da população consumidora da água (WEGELIN, 1994).

Vários estudos demonstram a não existência de toxicidade para humanos e animais e a presença de propriedades coagulantes e bactericidas nas sementes da moringa, árvore essa nativa da Ásia (JAHN,

*Financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Processo: 01/12012-6.

1988). Outro aspecto positivo no uso das sementes de *Moringa oleifera* é que o pH e o gosto da água não se modificam, o que torna a mesma palatável.

Estudo sobre monitoramento de coagulação e redução bacteriana com as sementes de moringa nas águas turvas do Rio Nilo no Sudão, notificaram uma redução de 80 a 95% nos índices de turbidez e de 1 a 4 log (90 a 99,9%) nos parâmetros bacterianos, com os microrganismos ficando concentrados no sedimento e que nas 24h subseqüentes ocorreu aumento no número de microrganismos no sobrenadante para *Salmonella typhimurium* e *Shigella sonoy* e em alguns casos para *Escherichia coli* (MADSEN *et al.*, 1987).

Pesquisa do efeito inibitório do extrato de semente de *Moringa oleifera* sobre microrganismos, usando discos impregnados com o extrato, pelo método de difusão, verificou que o mesmo foi ativo na inibição de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* (CACERES *et al.*, 1991).

Em estudo sobre a eficiência de 7 espécies de plantas na redução do número de microrganismos da água bruta de rio, com pH de 6 a 8, foi verificado que a semente de *M. oleifera* foi a segunda a apresentar melhor eficiência (KUMAR & GOPAL, 1999).

Segundo NDABIGENGESERE & NARASIAH (1998) a utilização do extrato de *M. oleifera* leva a um incremento no teor de matéria orgânica na água tratada o que aumenta a demanda de cloro e pode levar a formação de trihalometanos durante a desinfecção por esse agente químico. Isso desabonaria a utilização desse desinfetante em água tratada com extrato da planta.

A eliminação da turbidez pela sedimentação através das sementes de moringa tem efeito positivo no processo de desinfecção da água pela energia solar, pois em águas com turbidez elevada (maior que 200 UNT), menos que 1% da incidência de radiação ultravioleta penetra mais que 2 cm da superfície, o que diminui muito sua ação germicida. A esse respeito, foi verificada a inativação da *E. coli* em amostras de água com baixa turbidez após 7h de exposição solar da água (JOYCE *et al.*, 1996). Para que a desinfecção pela luz solar seja eficiente, a água a ser desinfetada deve apresentar turbidez < 30 UNT, acima desse valor, a sedimentação deve ser realizada podendo ser utilizada o extrato de sementes de *M. oleifera* (WEGELIN, 1994).

Trabalhos realizados na Índia e na África do Sul avaliando a eficiência da energia solar na inativação de bactérias de origem fecal evidenciaram que a agitação vigorosa do frasco de água, incorporando oxigênio, aumenta a capacidade de desinfecção com inativação completa desses microrganismos, entre 3 e 6h de exposição da água ao sol (REED *et al.*, 2000).

Pesquisa realizada com 349 crianças da Comunidade Maasai na África evidenciou que o consumo de água tratada pela exposição ao sol reduziu de maneira significativa o risco do aparecimento de diarreias

nas que consumiram água exposta ao sol quando comparados com as que consumiram a água sem a exposição (CONROY *et al.*, 1999).

Baseado no exposto e nas poucas informações sobre este tema, realizou-se o presente trabalho com os objetivos de: avaliar a eficiência da radiação solar na desinfecção da água com diferentes níveis de turbidez; avaliar o uso do extrato de sementes de *M. oleifera* e radiação solar no tratamento da água com diferentes níveis de turbidez; e fornecer subsídios para o uso desses tratamentos em comunidades que utilizam açudes, cacimbas, lagoas, riachos ou rios como fonte de água para uso doméstico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no laboratório e em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Brasil.

Tratamento por exposição ao sol de amostras de água com diferentes níveis de turbidez

Foram utilizadas águas de açude com baixo (30-40 UNT) e elevado (200-250 UNT) teores de turbidez (DIAZ *et al.*, 1999). As amostras da água com os diferentes níveis de turbidez foram então expostas ao sol e colhidas após 2, 5 e 12h de exposição. Para a exposição solar, as amostras foram acondicionadas em garrafas tipo PET (Polietileno Teraftalato), com capacidade de 2.000 mL transparentes e colocadas em posição horizontal no solo a fim de sofrerem ação dos raios do sol. Foram utilizadas 30 garrafas, sendo 15 mantidas ao abrigo da luz (controles), 5 que foram analisadas após 2h de exposição, 5 após 5h de exposição e 5 após 12h de exposição. Para isso foram preenchidas as 30 garrafas e sorteadas entre elas as que foram utilizadas como controles de cada tempo de exposição e as que sofreram os três tempos de exposição. Ao se analisar cada amostra, foi também analisada um controle. Foram realizadas análises microbiológicas e determinação da temperatura das amostras da água.

Esse protocolo foi repetido por seis vezes a fim de se obter 30 amostras de cada tempo com seus respectivos controles.

Utilização das sementes de moringa (*Moringa oleifera*) para floculação e sedimentação da água e desinfecção da água clarificada por radiação solar

O processo de sedimentação consistiu em misturar o extrato de 2 e 5 sementes nas amostras de água

com turbidez 30-40 UNT e 200-250 UNT, respectivamente por um minuto, com uma velocidade rápida, e, em seguida, por cinco minutos a uma velocidade lenta. Antes da aplicação do extrato da semente de moringa, a amostra com baixa turbidez foi misturada lentamente por 50 segundos para melhorar a eficiência da coagulação (MUYIBI & OKUOFU, 1995).

Finalizando, as amostras foram deixadas em repouso por 24h, tempo este necessário para a efetivação da sedimentação para obtenção de turbidez menor ou igual a cinco UNT (Unidades Nefelométrica de Turbidez).

Após a sedimentação foram colhidas amostras do sobrenadante para análises de turbidez, DBO e microbiológicas.

As amostras de água clarificadas foram expostas à radiação solar por 2, 5 e 12h e analisadas para verificar a ação da radiação solar sobre o microrganismo pesquisado.

Pesquisa de *Escherichia coli* (APHA, 1992)

As amostras 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 até 10^{-5} .

Para a determinação da *E. coli*, pelo substrato cromogênico-fluorogênico-hidrolizável, (APHA, 1992), as amostras de água ou suas diluições (100 mL) foram misturadas ao meio de cultura (Colilert) e, após homogeneização, transferidas para a cartelas Quanti-tray e seladas em seladora específica. Em seguida, as cartelas foram incubadas a 35° C por 24h.

O número de *E. coli* foi determinado pelo número de células que apresentaram fluorescência, após incidirem-se raios ultravioletas sobre a cartela, com a subsequente consulta de tabela específica.

Os valores dos números mais prováveis de *E. coli* são expressos nas tabelas como médias geométricas com o objetivo de minimizar a interferência de valores extremos.

Os resultados foram comparados pelo teste T de Tukey para amostras pareadas (STEEL & TORRIE, 1960).

Determinações físico-químicas (APHA, 1992)

Os teores de turbidez foram obtidos através da utilização de turbidímetro HACH modelo 2100 A. Os resultados foram expressos em UNT.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi determinada conforme o método da medição manométrica do manual do Aparelho Aqualytic modelo AL 320. As deflexões no fluido manométrico, dentro dos frascos de amostra hermeticamente fechados, foram associadas às concentrações de DBO (mg.L^{-1}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se, na Tabela 1, que a exposição à radiação solar da água com turbidez entre 30-40 UNT foi suficiente para diminuir muito o risco representado pela água à saúde do consumidor já a partir de 2h de exposição, uma vez que apresentou redução média de 92% nos números de *E. coli*.

Observa-se na Tabela 1 que 12h de exposição à radiação solar das águas com os dois níveis de turbidez foi o tempo em que houve maior redução do número de *E. coli* sugerindo que nesse período de tempo diminuí os riscos da água veicular microrganismos. Considera-se água potável aquela com ausência de *E. coli* ou coliformes fecais por 100 mL da amostra (BRASIL, 2004); com a redução desses microrganismos verificada após 12h de exposição à luz solar de 99,99%, depreende-se que uma água, com a turbidez entre 30 e 40 UNT, com até $9,9 \times 10^3$ UFC/100 mL, altamente poluída por matéria fecal, se exposta a essa condição estaria dentro dos padrões de potabilidade quanto a esse microrganismos, pois teria um número $< 1,0$ UFC/100 mL da amostra. Seguindo o mesmo raciocínio anterior, a exposição ao sol da água com elevada turbidez seria suficiente para colocar de acordo com o padrão para *E. coli*, ausência em 100 mL da amostra, água com contaminação equivalente a $< 5,0 \times 10^2$ UFC/100 mL.

A menor eficiência da ação da luz solar sobre a *E. coli* nas amostras de água com turbidez entre 200-250 UNT está relacionada ao fato que em águas com turbidez elevada (maior que 200 UNT) menos de 1% da incidência de radiação ultravioleta penetra mais que 2 cm da superfície, o que diminui muito sua ação germicida (JOYCE *et al.*, 1996).

Tabela 1 - Médias geométricas dos números mais prováveis de *E. coli* nas amostras de água com turbidez 30-40 UNT e 200-250 UNT expostas ao sol por 2, 5 e 12h e nos controles (C) e a porcentagem de redução (%) desses microrganismos em decorrência da ação da radiação solar.

Turbidez	C	2h	%	C	5h	%	C	12h	%
30-40 UNT	$1,4 \times 10^5$	$1,1 \times 10^4$	92,0	$2,6 \times 10^4$	$0,5 \times 10$	99,98	$1,8 \times 10^4$	$0,02 \times 10$	99,99
200-250 UNT	$4,5 \times 10^3$	$2,9 \times 10^3$	35,4	$4,6 \times 10^3$	$1,2 \times 10^2$	99,72	$4,3 \times 10^3$	$0,7 \times 10$	99,80

Tabela 2 - Valores médios da redução da turbidez em relação à turbidez inicial das águas com 30-40 UNT e 200-250 UNT após decantação com e sem adição de extrato de semente de *M. oleifera*

Turbidez inicial (UNT)	Controle água "in natura" Precipitação natural	% redução em relação à turbidez inicial	Água com moringa	% redução em relação à turbidez inicial
39,9	15,4	61,5	3,7	90,8
241	45,5	81,2	4,6	98,1

Tabela 3 - Médias geométricas dos NMP de *E. coli* e da DBO nas amostras de água com turbidez entre 30-40 UNT e 200-250 UNT, e no sedimento, antes e após a adição do extrato de moringa (*M. oleifera*) e decantação de 24h.

Turbidez (UNT)	Água "in natura"		Água com extrato de moringa		Sedimento da água com extrato de moringa	
	<i>E. coli</i>	DBO	<i>E. coli</i>	DBO	<i>E. coli</i>	DBO
30-40	9,1 x 10	11,0	6,6 x 10 ²	26,6	1,3 x 10 ⁴	271
200-250	2,2 x 10 ²	15,5	9,5 x 10 ²	72,0	3,5 x 10 ⁵	295

Este fato está de acordo com os dados do presente estudo, onde o fator germicida principal foi a radiação ultravioleta, uma vez que as temperaturas máximas obtida foram 41,2 e 38,8° C nas amostras de água com 30-40 e 200-250 UNT, respectivamente, portanto dentro da temperatura de incubação da *E. coli*, o que com certeza não afetaria o número desse microrganismo.

Entende-se, portanto, que o tratamento pela exposição à radiação solar, quando a água apresenta elevada turbidez, apesar de ser eficiente sob a óptica do aspecto sanitário, ou seja, diminuição dos números de *E. coli*, ainda, no presente estudo verificou-se a presença deste microrganismo após 12h de exposição. Assim, tratamentos que possam reduzir a turbidez da água para < 30 UNT, antes da exposição ao sol, é ferramenta importante para que a desinfecção pela radiação solar seja eficiente (WEGELIN, 1994). Para águas com turbidez acima desse valor, a sedimentação deve ser realizada podendo ser utilizado o extrato de sementes de *M. oleifera*.

Verifica-se, na Tabela 2, que a utilização do extrato de semente de moringa potencializou a decantação dos materiais em suspensão, fato esse que pode ser visualizado comparando-se a água tratada com a deposição natural da água sem extrato da semente (controle). O efeito foi mais evidenciado nas amostras com turbidez 200-250 UNT. Quando se analisa a água com elevada turbidez a diferença é bem maior, evidenciando maior efeito do extrato da semente na eliminação da turbidez da água.

Os valores apresentados na Tabela 2 estão próximos aos obtidos em estudos que monitoraram a coagulação e redução bacteriana, com as sementes de moringa nas águas turvas do Rio Nilo no Sudão, com redução de 80 a 95% nos índices de turbidez (MADSEN *et al.*, 1987). O uso de floculantes na água com posterior decantação é um mecanismo que diminui a turbidez

da água. A diminuição na turbidez traz benefícios de ordem estética para água e também minimização do risco da presença de microrganismos e da proteção dos mesmos a ação de desinfetantes físicos e químicos. A presença de materiais em suspensão é a causa da turbidez nas águas, sendo importante devido ao seu valor estético (causa má impressão, levando a associação com fontes poluidoras e impróprias para o consumo), filtrativo (a filtração é mais difícil nas águas decantadas, onde a turbidez é alta, elevando os custos) e desinfetante (sua eficácia está relacionada com a ausência de turbidez, pois as partículas presentes em águas turvas são protetoras dos microrganismos alvos) (PIVELI, 1998).

Os dados inseridos na Tabela 3 mostram que a adição do extrato de *M. oleifera* na água eleva de maneira relevante a quantidade de matéria orgânica biodegradável da mesma, evidenciada pela elevação da DBO na água que pode atuar como substrato para multiplicação dos microrganismos presentes.

Na Tabela 3 verifica-se que os achados apresentados estão de acordo com a afirmação de NDABIGENGESERE & NARASIAH, (1998), sobre o aumento considerável da matéria orgânica e nutrientes na água tratada com extrato de semente de *M. oleifera* estimulando a multiplicação de *E. coli* e da microbiota saprófita. A esse respeito estudos sobre coagulação e redução bacteriana, utilizando o extrato de sementes de moringa, nas águas turvas do Rio Nilo no Sudão, verificaram que os microrganismos ficaram concentrados no sedimento e nas 24h subsequentes ocorreu aumento no número de microrganismos no sobrenadante para *S. typhimurium* e *S. sonnei* e em alguns casos de *E. coli* (MADSEN *et al.*, 1987). Esse fato reforça a necessidade da complementação do tratamento pelo extrato de semente de moringa como a radiação solar.

Tabela 4 - Médias geométricas dos NMP de *E. coli* nas amostras de água, com turbidez 30-40 UNT e 200-250 UNT, adicionadas de extrato de sementes de moringa (*M. oleifera*), deixadas à sombra e expostas ao sol por 2h, 5h e 12h.

Amostras Turbidez (UNT)	Médias geométricas do NMP de <i>E. coli</i>						
	Água + moringa	Água + moringa 2h na sombra	Água + moringa 2h no sol	Água + moringa 5h na sombra	Água + moringa 5h no sol	Água + moringa 12h na sombra	Água + moringa 12h no sol
30-40	6,6 x 10 ²	6,3 x 10 ²	1,7 x 10 ²	5,4 x 10 ²	3,9 x 10	1,2 x 10 ³	0,0
200-250	9,5 x 10 ²	2,6 x 10 ³	4,9 x 10 ³	4,8 x 10 ³	3,8 x 10	3,6 x 10 ⁴	0,0

Tabela 5 - Médias geométricas e porcentagens de redução dos NMP de *E. coli* nas amostras de água, com turbidez 30-40 UNT e 200-250 UNT, adicionadas de extrato de semente de moringa (*M. oleifera*), expostas ao sol por 2h, 5h e 12h.

Amostras Turbidez (UNT)	Médias geométricas do NMP de <i>E. coli</i>						
	Água + moringa	Água + moringa 2h no sol	% Redução	Água + moringa 5h no sol	% Redução	Água + moringa 12h no sol	% Redução
30-40	6,6 x 10 ²	1,7 x 10 ²	74,3	3,9 x 10	94,1	0,0	100
200-250	9,5 x 10 ²	4,9 x 10 ³	*	3,8 x 10	96,0	0,0	100

*Não houve redução

O aumento no número de *E. coli* relacionado com o aumento de nutrientes na água pela adição do extrato de *M. oleifera*, pode estar relacionado com a afirmação de BYAPPANAHALLI & FUJIOKA (1998) que relataram que a *E. coli* pode multiplicar, aumentando seu número em 2 logs quando nutrientes são adicionados ao solo. Esses autores verificaram ainda, que a *E. coli* aumenta seu número em 2 logs quando uma quantidade mínima de água residuária é adicionada em solo esterilizado. Ressalta-se ainda a afirmação de REASONER *et al.* (1996) de que amostras ambientais de *Escherichia coli* são capazes de se multiplicar em água com nutrientes, como observado no presente estudo cuja contaminação da água se deu por fezes bovinas.

E. coli, *Klebsiella sp.* e *Enterobacter cloacae* podem se multiplicar em água de rio com 3,2 mg/L de Carbono Orgânico Dissolvido e em água tratada com concentrações de 0,4 e 0,8 mg/L (JORET *et al.*, 1991) o que pode justificar a multiplicação da *E. coli* na água tratada com extrato de semente de *M. oleifera* verificada no presente estudo, pois segundo NDABIGENGESERE & NARASIAH (1998) ocorre um aumento nos nutrientes e no carbono orgânico dissolvido na água quando se realiza o tratamento com extrato das sementes da referida planta.

Em diversos trabalhos se aborda o efeito bactericida do extrato da semente de *M. oleifera*, o que não foi verificado no presente estudo. Pesquisa realizada na Índia verificou alta resistência da *E. coli* frente ao extrato de diferentes plantas inclusive de *M. oleifera* (RAJENDRHAN *et al.*, 1998). DAYRITI *et al.* (1990) estudando a atividade bactericida de dois componentes do extrato de semente de *M. oleifera*: 4-(Alpha-L-rhamnosyloxy) benzyl isothiocyanate e o 4-(Alpha-L-

rhamnosyloxy) phenylacetone verificaram que os mesmos não foram efetivos contra *E. coli*.

As Tabelas 4 e 5 evidenciam que a exposição à radiação solar das águas com turbidez 30-40 UNT e 200-250 UNT, clarificadas pela adição de extrato de sementes de *Moringa oleifera*, promoveu uma diminuição relevante durante a exposição, culminando com a ausência de *E. coli*/100 mL nas amostras após 12 horas de exposição ($p < 0,05$), sendo assim consideradas potáveis quanto a este importante indicador de poluição fecal.

As Tabelas 4 e 5 mostram que a utilização simultânea dos dois tipos de tratamento, adição de extrato de semente de moringa e exposição à radiação solar juntos, maximizaram a eliminação de *E. coli* das amostras após 12 horas de exposição ($p < 0,01$), uma vez que a exposição das amostras sem clarificação pelo extrato de semente de *M. oleifera* à radiação solar (Tabela 1) não promoveu a inativação de 100% da *E. coli*, e com certeza minimiza o risco de veiculação hídrica de agentes patogênicos de origem intestinal, em especial enterobactérias.

Ressalta-se que a luz solar nas amostras de água, expostas em garrafas PET incolores, pode ser uma ferramenta na melhora da qualidade microbiológica da água de consumo humano em regiões com restrições na quantidade e qualidade de água, pois reduz 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).

Tabela 6 - Revitalização da *E. coli* nas amostras de água expostas ao sol por 2h, 5h e 12h e controles.

Turbidez (UNT)	Água + moringa 2 h de sol	Água + moringa 2 h de sol- 72h após	Água + moringa 5 h de sol	Água + moringa 5 h de sol- 72h após	Água + moringa 12 h de sol	Água + moringa 12 h de sol- 72h após
30-40	1,7 x 10 ²	4,6 x 10 ²	3,9 x 10	1,3 x 10	0,0	0,0
200-250	4,9 x 10 ³	5,8 x 10 ³	3,8 x 10	6,8 x 10	0,0	0,0

A ação positiva da radiação solar como desinfetante da água foi verificada por CONROY *et al.* (1999) em estudos realizado com 349 crianças da comunidade Maasai na África ressaltando que o consumo de água tratada pela exposição ao sol reduziu de maneira significativa o risco do aparecimento de diarreias naquelas que consumiram água tratada quando comparados com aquelas que consumiram a água sem exposição ao sol. PINFOLD (1990) em trabalho realizado nas Filipinas, examinando a relação entre indicadores bacterianos da qualidade da água e diarreias em crianças verificou que crianças, consumidoras de água altamente poluída (> 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.

Na Tabela 6 verifica-se que não houve revitalização da *E. coli* nas amostras de água expostas a radiação solar após 12h de exposição à radiação solar o que evidencia a eficácia do tratamento de águas turvas pela floculação e sedimentação com extrato de sementes de *M. oleifera* e exposição à radiação solar, simultaneamente.

Acredita-se que os resultados obtidos evidenciam que soluções muitas vezes simples e a baixo custo pode vir a prevenir enfermidades de origem hídrica, responsáveis por muitas mortes, em especial de crianças, nos países em desenvolvimento. Em nosso país, nas regiões semi-áridas, é comum a utilização de açudes como fonte de água para abastecimento humano e de animais. Esse fato favorece a contaminação desses mananciais com excretas de animais colocando em risco a saúde da população consumidora da água. A maioria dos países em desenvolvimento está em regiões de alta insolação, entre as latitudes 35°N e 35°S, o que favorece a utilização da energia solar para diversos propósitos, inclusive a desinfecção da água (WEGELIN, 1994).

No Brasil, no que se refere à qualidade da água consumida no meio urbano, verificam-se esforços das autoridades em adotar medidas que visem fornecer à população uma água de boa qualidade, enquanto no meio rural essas ações praticamente inexistem. Esse fato é relevante porque essas populações estão expostas ao risco de enfermidades veiculadas pela água ao utilizá-la em condições inadequadas para o consumo. Destaca-se que, em termos de saúde, deixar para

o próprio consumidor controlar a qualidade da água que irá consumir é uma postura incorreta sendo necessária uma ação conjunta de diferentes profissionais, para que esse tipo de população se previna contra doenças de veiculação hídrica (AMARAL, 2001). Depreende-se, portanto, que um trabalho intensivo deve ser realizado para efetuar a vigilância da qualidade da água utilizada no meio rural e programar ações que visem esclarecimento da população consumidora.

CONCLUSÕES

- O extrato de sementes de *M. oleifera* sem a exposição à radiação solar não se mostrou eficaz na redução dos números de *E. coli*.
- A eficácia da desinfecção da radiação solar foi menor nas amostras de água com 200-250 UNT em comparação com a água com 30-40 UNT.
- A redução máxima nos números de *E. coli* foi obtida, nas águas com turbidez 30-40 UNT e 200-250 UNT, com a utilização do extrato de sementes de *M. oleifera* e exposição por 12h ao sol, simultaneamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, L.A. *A água como fator de risco para saúde humana e saúde animal em propriedades leiteiras situadas na região nordeste do Estado de São Paulo*. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. APHA. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 18.ed. Washington DC: APHA Publication Office, 1992.
- BAUDISOVA, D. Evaluation of *Escherichia coli* as the main indicator of faecal pollution. *Water Science and Technology*, v.35, n.11, p.333-338, 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano.

- Portaria nº 518 de 25/03/2004. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 26 mar.2004. Seção 1, p.266, 2004.
- BYAPPANAHALLI, M.M. & FUJIOKA, R.S. Evidence that tropical soil environment can support the growth of *E. coli*. *Water Science and Technology*, v.38, n.12, p.171-174, 1998.
- CACERES, A.; CABRERA, O.; MORALES, O.; MOLLINEDO, P.; MENDIA, P. Pharmacological properties of *Moringa oleifera* 1. Preliminary screening of antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, v.33, n.3, p.231-236, 1991.
- CONROY, R.M.; MEEGAN, M.E.; JOYCE, T.; MCGUICAN, K.; BAMES, J. Solar disinfection of water reduces diarrhoeal disease: an update. *Archives of Disease in Childhood*, v.81, n.4, p.337-338, 1999.
- DAYRIT, F.M.; ALCANTARA, D.; VILLASENOR, I.M. Studies on *Moringa oleifera* seeds: the antibiotic compound and its deactivation in aqueous solution. Part 1. *Philippine Journal of Science*, v.119, n.1, p.23-32, 1990.
- DIAZ, A.; RINCON, N.; ESCORIHUELA, A.; FERNANDEZ, N.; CHACIN, N.; FOSTER, C.F. A preliminary evaluation of turbidity removal by natural coagulants indigenous to Venezuela. *Process Biochemistry*, v.35, n.3/4, p.391-395, 1999.
- JAHN, S.A.A. Using *Moringa* seeds as coagulants in developing countries. *Journal of the American Water Work Association*, v.80, n.6, p.43-50, 1988.
- JORET, J.C.; LEVI, Y.; VOLK, C. Biodegradable dissolved organic carbon (BDOC) content of drinking water and potential regrowth of bacteria. *Water Science and Technology*, v.24, n.2, p.95-101, 1991.
- JOYCE, T.M.; MCGUICAN, K.G.; ELMORE-MEEGAN, M.; CONROY, R.M. Inactivation of fecal bacteria in drinking water by solar heating. *Applied Environmental Microbiology*, v.62, n.2, p.399-402, 1996.
- KUMAR, S. & GOPAL, K. Screening of plant species for inhibition of bacterial population of raw water. *Journal of Environmental Science and Health*, v.34, n.4, p.975-984, 1999.
- MADSEN, M.; SCHLUNDT, J.; OMER, E.F. Effect of water coagulation by seeds of *Moringa oleifera* on bacterial concentrations. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.90, n.3, p.101-109, 1987.
- MUYIBI, A.S. & OKUOFU, C.A.. Coagulation of low turbidity surface waters with *Moringa oleifera* seeds. *International Journal of Environmental Studies*, v.48, n.3/4, p.263-273, 1995.
- NDABIGENGESERE, A. & NARASIAH, K.S. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. *Water Research*, v.32, n.3, p.781-791, 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.
- PIVELI, R.P. *Apostilas da disciplina química ambiental*. São Paulo: FSP-USP, 1998.
- RAJENDRAN, J.; MANI, M.A.; NAVANEETHAKANNAN, K. Antibacterial activity of some selected medicinal plants. *Geobios*, v.25, n.4, p.280-282, 1998.
- REASONER, D.J.; GATEL, D.; BLOCK, J.C.; FASS, S.; DINCHER, M.L. Fate of *E. coli* experimentally injected in a drinking water distribution pilot system. *Water Research*, v.30, n.9, p.2215-2221, 1996.
- REED, R.H.; MANI, S.K.; MEYER, V. Solar photo-oxidative disinfection in drinking water: preliminary field observations. *Letters of Applied Microbiology*, v.30, n.6, p.432-436, 2000.
- STEEL, R.D. & TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw; 1960.
- WEGELIN, M. Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments. *Journal of Water SRT-Acqua*, v.43, n.3, p.154-169, 1994.

Recebido em 5/4/06

Aceito em 10/7/06