

I-290 - AVALIAÇÃO DA DESINFECÇÃO DE ÁGUA DE POÇO FREÁTICO EMPREGANDO O MÉTODO SODIS (SOLAR WATER DISINFECTION)

Andressa Filipaki

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO, PR).

Carlos Magno de Sousa Vidal

Biólogo pela UFSCar. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Professor do Departamento de Engenharia Ambiental da UNICENTRO.

Jeanette Beber de Souza

Engenheira Civil pela UFOP. Mestre e Doutora em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Professora do Departamento de Engenharia Ambiental da UNICENTRO.

Grasiele Soares Cavallini⁽¹⁾

Química pela UEPG. Mestranda em Química Aplicada pela UEPG. Técnica do Laboratório de Saneamento Ambiental e Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Ambiental da UNICENTRO.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO - PR 153, km 7, Riozinho - Irati, PR - CEP: 84500-000 - Brasil - Tel: (42) 3421-3210 - e-mail: cacavidal@yahoo.com.br

RESUMO

Os poços freáticos representam fontes alternativas simples e de baixo custo para captação de água para consumo. Recomenda-se, todavia, que se proceda a desinfecção das águas provenientes dos mesmos como forma de prevenção de doenças de veiculação hídrica em seus consumidores. Entretanto, na maioria dos casos este procedimento não é realizado. Neste contexto, o uso de métodos alternativos e de baixo custo de desinfecção da água tem sido atualmente bastante utilizados. No presente trabalho verificou-se a eficiência do método SODIS (*Solar Water Disinfection*) na desinfecção de águas de poço freático analisando-se a inativação dos microrganismos indicadores *Escherichia coli* e coliformes totais. A água do poço foi introduzida em garrafas PET (Poly-Ethylene Terephthalate) que foram expostas ao sol dentro do concentrador de raios solares e diretamente sobre o solo nos tempos de exposição de 2, 4, 6, 8 e 10 horas. Verificou-se que em 6 horas de exposição ocorreu inativação total de *E. coli* tanto dentro quanto fora do concentrador solar. Em tempos de exposição superiores a 6 horas não foram obtidos significativos incrementos na inativação dos indicadores. O uso do concentrador solar permitiu reduzir o tempo de exposição de 6 para 4 horas.

PALAVRAS-CHAVE: SODIS; desinfecção de água, métodos alternativos de desinfecção.

INTRODUÇÃO

Dentre as doenças relacionadas com a água a via de transmissão feco-oral é a principal forma causadora de doenças na população, principalmente devido à má qualidade da água consumida, sobretudo em populações que não recebem água tratada (DANIEL, 2001; SOUZA, 2006).

De acordo com o Censo do IBGE (2000), 2% dos municípios brasileiros não possuem abastecimento de água por rede pública. E, ainda de acordo com o censo, dentre os municípios sem rede distribuidora foram identificados como principais métodos alternativos de abastecimento o uso de fontes, poços particulares, caminhões pipas e ainda, a utilização direta de cursos d'água com qualidade duvidosa.

No Brasil, o uso de poços para obtenção de água na área rural é uma forma bastante comum, por se tratar de uma alternativa simples e relativamente barata, e ainda, quando bem planejados diminuem as chances de contaminação da água (SOUZA, 2005). Todavia, geralmente esses poços não são bem protegidos, nem monitorados e estão próximos a fossas ou algum outro tipo de contaminação, sendo, portanto, veículos de doenças na área rural (AMARAL *et al.* 2003).

A simples desinfecção da água juntamente com práticas de higiene reduz consideravelmente a ocorrência de doenças infecciosas junto à população. A cloração é um dos métodos mais empregados na desinfecção da água, mas em determinadas regiões pode ser uma alternativa mais onerosa, de difícil aplicação e de baixa aceitação

pela população devido à alteração de odor e sabor na água (SOUZA, 2006; SANTAMARIA *et al*, 2007). Por isso, atualmente estudam-se métodos de desinfecção alternativos ao cloro, que sejam de simples aplicação e de igual eficiência.

Entre as alternativas existentes para a desinfecção de água está o método SODIS “Solar Water Disinfection”. Uma técnica utilizada há vários anos e que atualmente está sendo usada em países em desenvolvimento para a desinfecção de água (DANIEL, 2001; SODIS, 2002; BOTTO, 2006). O SODIS consiste na exposição da água, armazenada em garrafas plásticas, ao sol, no qual através de um efeito sinérgico da ação dos raios ultravioleta UV-A (comprimento de onda de 320 a 400 nm) e do aumento da temperatura, ocorre à inativação dos microrganismos patogênicos (SODIS, 2002).

O SODIS é um método de desinfecção barato, de fácil aplicação, não depende de agentes químicos, é eficaz e, portanto, apropriado para comunidades carentes sem acesso a água de boa qualidade (SODIS, 2002). É ideal para tratar pequenas quantidades de água em escala doméstica, além de utilizar a energia solar que é um recurso natural renovável (BETER, 2006; BOTTO, 2005; SANTAMARIA *et al*, 2007; SODIS, 2002). Ainda, é possível aumentar a eficiência do método SODIS colocando as garrafas sobre superfícies refletoras, ou através da utilização de um concentrador solar que auxilie no aumento da temperatura do sistema (SODIS, 2002).

Como desvantagem, o referido método não apresenta bons resultados para águas com turbidez maior que 30 uT. O sistema SODIS necessita de luz solar, portanto, em períodos chuvosos e de céu encoberto pode diminuir muito o seu desempenho (SODIS, 2002). E ainda, pode ocorrer a recontaminação da água devido ao mau manuseio das garrafas (SANTAMARIA *et al*, 2007; SODIS, 2002).

Aliado a isto, alguns autores citam a possibilidade de recrescimento de coliformes e algumas bactérias depois de encerrada a irradiação devido ao método não apresentar um efeito residual (SANTAMARIA *et al*, 2007; PATERNIANI & SILVA, 2005; SODIS, 2002).

Contudo, a utilização do SODIS na desinfecção de águas de poços no interior do país se mostra uma boa alternativa (PATERNIANI & SILVA, 2005). Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do sistema SODIS para desinfecção de água de poço freático.

METODOLOGIA

A coleta das amostras foi realizada em um poço freático simples de uma propriedade rural, localizada no bairro Riozinho, no município de Irati, PR. O poço é escavado e possui 16 m de profundidade, funciona com auxílio de uma bomba submersa, e não possui impermeabilização lateral. As amostras coletadas foram colocadas diretamente em garrafas PET (Poly-Ethylene Terephthalate) incolores de 2 L, previamente lavadas e desinfetadas em reator de radiação UV por 5 minutos.

A qualidade da água bruta foi verificada por parâmetros físicos, químicos e biológicos, a saber: turbidez, cor, pH, temperatura e os exames microbiológicos de *Escherichia coli* (*E. coli*) e coliformes totais (CT).

As garrafas contendo água do poço foram expostas ao sol dentro de um concentrador solar, montado conforme proposto por SODIS (2003), e fora do concentrador diretamente sobre o solo. O concentrador solar apresenta capacidade para três garrafas e foi confeccionado em madeira, com base de 55x55cm, e com quatro paredes planas (35x35cm) revestidas com papel alumínio, apoiadas em oito triângulos de 5,8 x 15 x 17,5 cm e 2 cm de largura, conforme apresentado na Figura 01.

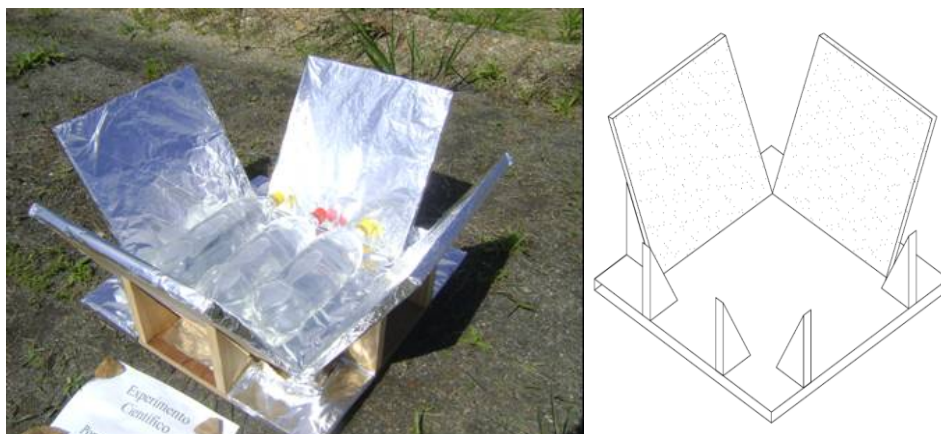


Figura 01- Foto e Representação esquemática do concentrador solar utilizado na pesquisa.

Na presente pesquisa, três garrafas foram colocadas dentro do concentrador e três garrafas diretamente sobre o solo. A cada hora foi medida a temperatura da água dentro de cada garrafa. Os experimentos foram realizados para os tempos de exposição de 6, 8 e 10 horas (experimento 1) e posteriormente para tempos de 2, 4 e 6 horas (experimento 2).

No final de cada ensaio foram coletadas as amostras de água para determinação de *E. coli* e coliformes totais. Os resultados da determinação de *E. coli* e CT foram comparados com a densidade inicial destes indicadores presentes na água do poço.

Para a determinação microbiológica foi utilizada a técnica de membrana filtrante, que consiste na filtração de um volume conhecido (100 mL) de amostra através de uma membrana estéril com porosidade de 0,45 μm , em kitassato provido de aparato de filtração a vácuo, com o emprego do meio de cultura seletivo e diferencial *Chromocult Coliform Agar* (Merck), conforme indicado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

As membranas em contato com o meio de cultura foram transferidas para uma incubadora a 35° C (+/- 0,5° C), durante um período de 24 h. No término desse período foi realizada a contagem das colônias, determinando-se a quantidade de coliformes totais e *Escherichia coli*, tanto para a água bruta como para as amostras de água após a desinfecção com SODIS nos diferentes tempos de exposição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta da amostra de água do poço, a mesma foi caracterizada e apresentou os seguintes valores médios: pH de 4,7; temperatura média de 19,7°C; turbidez de 3,2 uT; e cor de 24,5 uC.

O experimento foi realizado em duas etapas, onde o experimento 1 ocorreu sob os tempos de exposição de 6, 8 e 10 horas. E o experimento 2 com tempos de exposição de 2, 4 e 6 horas.

Durante a obtenção dos dados do experimento 1 pode-se observar a alta eficiência de inativação de *E. coli* e CT, para os tempos de exposição empregados. Desse modo, decidiu-se diminuir os tempos de exposição nos ensaios subsequentes, o que pode tornar o processo vantajoso, caso sejam obtidas boas inativações dos microrganismos empregados.

Na Tabela 01 são apresentadas as concentrações dos indicadores *E. coli* e CT iniciais presentes na água de poço (N_0) e após os diferentes ensaios de desinfecção (N).

Tabela 01 – Concentrações de *E. coli* e coliformes totais na água de poço e após os diferentes tempos de exposição ao sol através do método SODIS.

Experimento 1								
Densidade inicial de microrganismos presentes na água do poço (N0)								
<i>E. coli</i>					CT			
56x10 ² UFC/100 mL					147x10 ² UFC/100 mL			
Tempo de exposição (h)	Com concentrador solar				Sem concentrador solar			
	<i>E. coli</i>		CT		<i>E. coli</i>		CT	
	UFC/100 mL	log N/N0	UFC/100 mL	log N/N0	UFC/100 mL	log N/N0	UFC/100 mL	log N/N0
6	<1	-3,75	3,0x10 ¹	-2,69	<1	-3,75	3,0x10 ¹	-2,69
8	<1	-3,75	1,0x10 ²	-2,17	<1	-3,75	1,0x10 ²	-2,17
10	<1	-3,75	4,0x10 ¹	-2,57	<1	-3,75	1,0x10 ²	-2,17
Experimento 2								
Densidade inicial de microrganismos presentes na água do poço (N0)								
<i>E. coli</i>					CT			
23x10 ² UFC/100 mL					106x10 ² UFC/100 mL			
Tempo de exposição (h)	Com concentrador solar				Sem concentrador solar			
	<i>E. coli</i>		CT		<i>E. coli</i>		CT	
	UFC/100 mL	log N/N0	UFC/100 mL	log N/N0	UFC/100 mL	log N/N0	UFC/100 mL	log N/N0
2	4,0x10 ²	-0,76	8,0x10 ²	-1,12	7,0x10 ²	-0,52	1,8x10 ³	-0,77
4	<1	-3,36	4,0x10 ¹	-2,42	3,0x10 ²	-0,88	3,0x10 ²	-1,55
6	<1	-3,36	3,0x10 ¹	-2,55	<1	-3,36	1,0x10 ²	-2,03

UFC = Unidade formadora de colônia.

A cada hora foi medida a temperatura da água dentro das garrafas, dentro e fora do concentrador. A média das temperaturas para os dois experimentos estão relacionadas nas Figuras 04 e 05 abaixo:

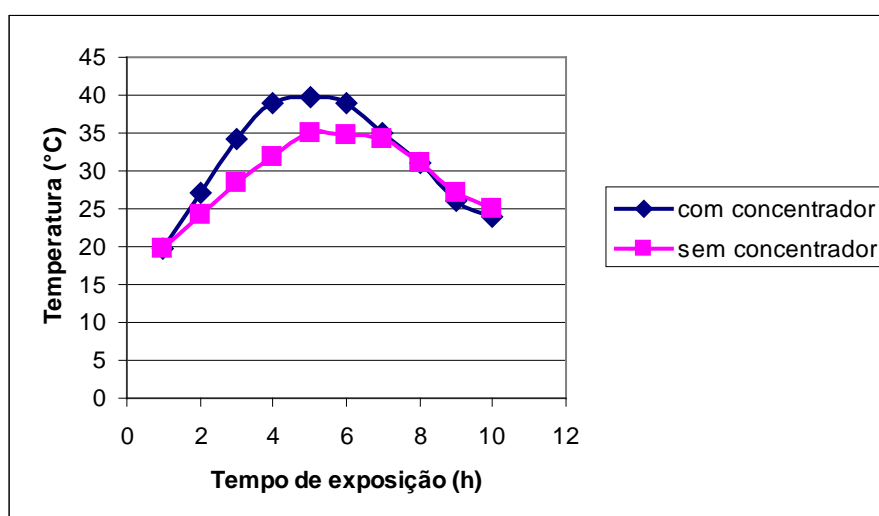


Figura 04 – Aumento da temperatura da água em função do tempo de exposição para o experimento 1.

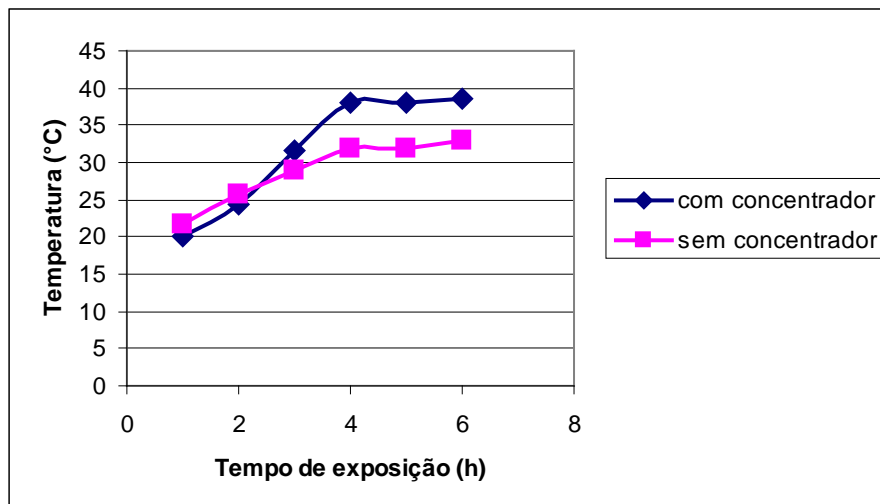


Figura 05 – Aumento da temperatura da água em função do tempo de exposição para o experimento 2.

Verifica-se que para o experimento 1 obteve-se total inativação de *E. coli* nos três tempos de exposição estudados. O mesmo não ocorreu para CT que usualmente é mais resistente a desinfecção. Ainda, a inativação se deu de forma muito semelhante, com ou sem o concentrador, embora tenham sido evidentes as maiores temperaturas obtidas de forma geral com o uso do concentrador solar. Pois, o uso do concentrador solar acelera o processo de inativação de microrganismos por aumentar e potencializar a intensidade de radiação solar, já que o método SODIS inativa através de um efeito sinérgico do efeito da temperatura e ação da radiação solar.

Os resultados da determinação de *E. coli* e coliformes totais foram comparados com a densidade destes indicadores presentes inicialmente na água do poço. As Figuras 06 e 07 mostram os gráficos de inativação log N/N_0 de *E. coli* e coliformes totais alcançados pelo método SODIS em função dos tempos de exposição adotados.

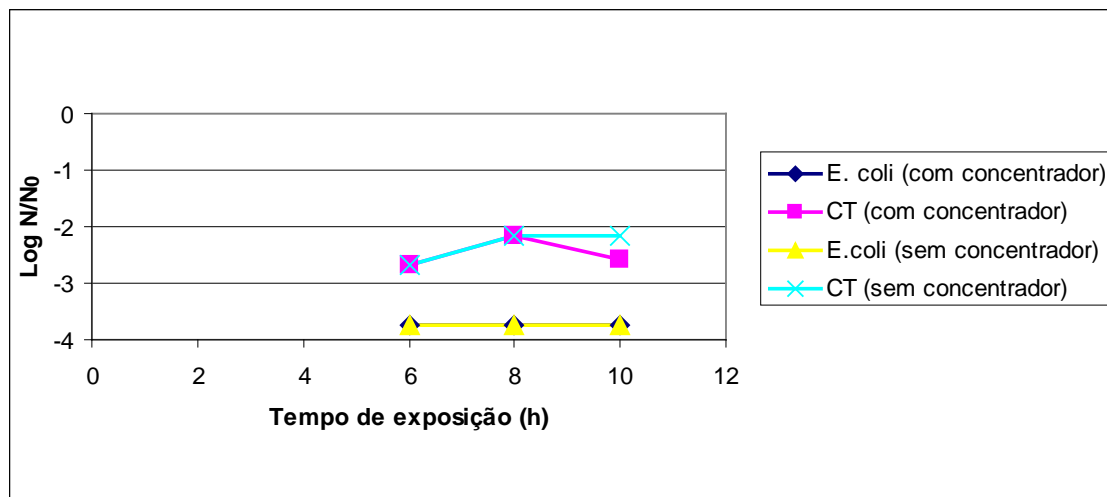


Figura 06 – Inativação de *E. coli* e CT dentro e fora do concentrador, para o experimento 1.

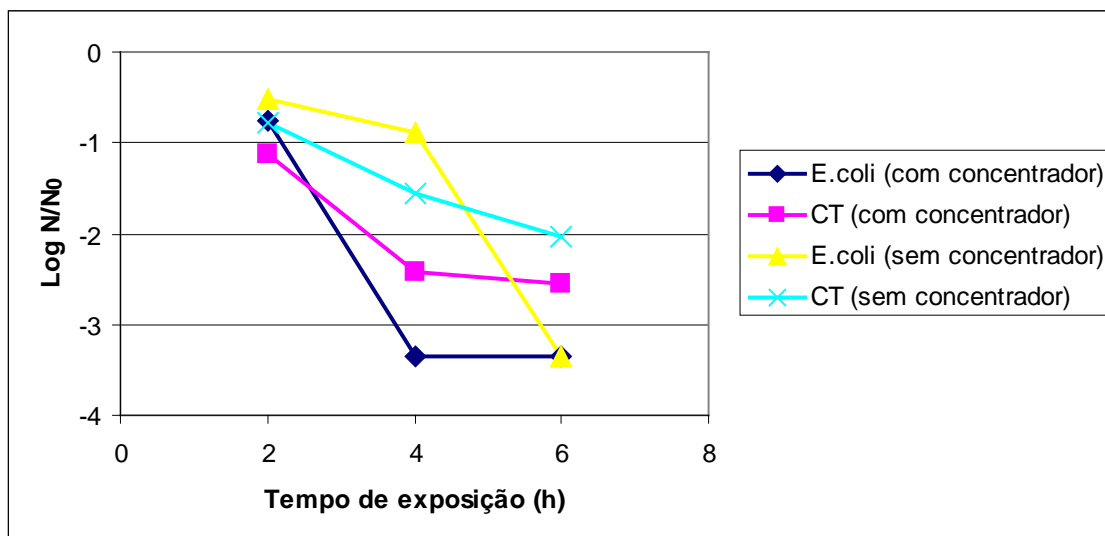


Figura 07 – Inativação de *E. coli* e CT dentro e fora do concentrador para o experimento 2.

Verifica-se na Tabela 1 que após 4 horas de exposição ocorre a total inativação de *E. coli* nas garrafas dentro do concentrador solar.

Os resultados obtidos não mostraram 100% de eficiência para inativação de coliformes totais em nenhum dos experimentos, somente para *E. coli*, a partir de 6 horas de exposição para os dois sistemas analisados (dentro e fora do concentrador). Verifica-se na Figura 6 que após 6 horas de exposição das garrafas dentro do concentrador verificou-se uma diminuição de 2 log de coliformes totais (99,8%). As eficiências de inativação para os dois experimentos podem ser observadas na Tabela 02. Santamaría (2007) verificou ausência de coliformes termotolerantes e *E. coli* para águas de poços, em garrafas expostas sobre o solo com 5 horas de exposição a uma temperatura de 44 a 45,5°C.

Tabela 02 – Eficiências na inativação de *E. Coli* e CT para os experimentos 1 e 2.

Eficiência de inativação (%)				
Experimento 1				
Tempo de exposição (h)	Com concentrador		Sem concentrador	
	<i>E.coli</i>	CT	<i>E. coli</i>	CT
6	100	99,8	100	99,8
8	100	99,3	100	99,3
10	100	99,7	100	99,3
Experimento 2				
Tempo de exposição (h)	Com concentrador		Sem concentrador	
	<i>E.coli</i>	CT	<i>E. coli</i>	CT
2	82,6	92,5	69,6	83,0
4	100	99,6	87,0	97,2
6	100	99,7	100	99,1

Portanto, verificou-se que com 6 horas de exposição é possível conseguir excelente inativação de *E. coli*. Porém, o método não alcançou inativação total de coliformes totais, não atendendo a Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de 25 de março de 2004, que recomenda a ausência de coliformes totais e *E. coli* em 100 mL em

águas após desinfecção. Todavia, nesta mesma portaria quando se trata de água de poços freáticos é tolerável a presença de CT.

A presença dos coliformes totais podem se dar em águas e solos não contaminados, representando também outros organismos de vida livre e não intestinais. Já a *E. coli* garante uma contaminação exclusivamente fecal. O poço analisado não apresenta vedação correta e, portanto, está muito suscetível a contaminação por escoamentos superficiais. Além disso, para o tratamento dos esgotos gerados na propriedade há apenas uma fossa seca com profundidade da cava de 2 m, que dista aproximadamente 6 m do poço, sendo que o recomendado é uma distância de 20 m. A propriedade ainda possui criação de peixes, bovinos e aves que transitam próximo a região em que está localizado o poço, e que também podem interferir na qualidade microbiológica da água do poço.

O SODIS se mostra uma alternativa eficaz para desinfecção da água em comunidades rurais. Porém, a sua maior dificuldade de aplicação seria com relação à confecção do concentrador solar, porém, existem algumas alternativas ao concentrador, que seria a disposição das garrafas sobre outras superfícies refletoras, como alumínio, telhas ou placas de ferro onduladas (SODIS, 2003).

CONCLUSÃO

O método SODIS inativou 100% de *Escherichia coli* com tempo de exposição de 6 horas tanto dentro quanto fora do concentrador de raios solares. O uso do concentrador solar permitiu reduzir o tempo de exposição de 6 para 4 horas. Durante a aplicação do método, mostrou-se evidente a eficiência da utilização do concentrador solar.

O método foi eficiente na remoção de *E. coli*, porém não removeu 100% dos coliformes totais presente nas amostras. Mesmo assim, o método SODIS, mostrou-se bastante eficaz na desinfecção de águas de poços na área rural.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo auxílio financeiro para participação no evento 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, L. A. et al. **Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais**. Rev. Saúde Pública. vol.37 n°.4. São Paulo. Agosto. 2003
2. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 19º ed., Washington, 1998.
3. BETER, A. S. R. **Implementação do método SODIS (Solar Water Disinfection) em duas comunidades do semi-árido paraibano: aceitabilidade e aspectos sócio-econômicos**. 2006. 153 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
4. BOTTO, M. P. **Avaliação do processo de desinfecção solar (SODIS) e de sua viabilidade social no estado do Ceará**. 2006. 196 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
5. BRASIL, Ministério da Saúde, Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004.
6. BRASIL, Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília. 2006. 212 p.
7. DANIEL, L. A. (Coord.). **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. 1ª ed. Rio de Janeiro: PROSAB/FINEP, ABES, 2001. 139 p.
8. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2000**. Brasil. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 out. 2009.
9. PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. da. **Desinfecção de efluentes com tratamento terciário utilizando energia solar (SODIS): avaliação do uso do dispositivo para concentração de raios solares**. Rev. Engenharia Sanitária e Ambiental. vol.10 n°.1. Rio de Janeiro, RJ. Jan/mar. 2005, p. 9-13.
10. SANTAMARIA, A.; ESTRELA, T. T. A.; SOUTO, R. Q.; DINIZ, C. R.; CEBALLOS, B. S. O. **Uso de luz solar (SODIS e SOPAS) para desinfecção de águas de consumo humano. Aplicação em comunidades rurais**.

In: XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2007, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: ABES, 2007, p. 1-10.

11.SODIS. **Desinfecção solar da água – guia de aplicações**. Suíça. 2002. Disponível em:<>. Acesso em:

12.SODIS. *Concentrador solar IMTA*: Files, http://www.sodis.ch/Files_e-conference/Documents_spanish.htm, março de 2003.

13.SOUZA, J. B. **Avaliação de métodos para desinfecção de água, empregando cloro, ácido peracético, ozônio e o processo de desinfecção combinado ozônio/cloro**. 2006. 190 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

14.SOUZA, J. B. Saneamento rural e qualidade de vida: a importância da qualidade da água de consumo. In: I Seminário Regional do Meio Ambiente. 2005. Guarapuava. **Anais ...** Paraná: UNICENTRO, 2005, p. 11-16.

15. VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol. 1. 3ª Ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005. 452 p.