

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara

Hugo Seiiti Bomura

Levantamento Bibliográfico Sobre o método SODIS de Desinfecção Solar da Água

Araraquara – SP
2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara

Hugo Seiiti Bomura

Levantamento Bibliográfico Sobre o método SODIS de Desinfecção Solar da Água

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Farmácia-Bioquímica da Faculdade de
Ciências Farmacêuticas de Araraquara da
Universidade Estadual Paulista para a
obtenção do grau de Farmacêutico-
Bioquímico.

Orientadora: Profa. Dra. Mara Cristina Pinto

Araraquara-SP
2011

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 5 |
| 2. METODOLOGIAS PARA A DESINFECÇÃO DA ÁGUA | 7 |
| 3. MÉTODO SODIS | 8 |
| 4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO MÉTODO SODIS | 12 |
| 4.1 VANTAGENS..... | 12 |
| 4.2 DESVANTAGENS | 12 |
| 5. GARRAFA PET | 13 |
| 5.1. DURABILIDADE DA GARRAFA..... | 13 |
| 5.2. TOXICIDADE DA GARRAFA PET | 13 |
| 6. MECANISMOS DA DESINFECÇÃO SOLAR | 14 |
| 7. OTIMIZAÇÃO DO MÉTODO | 18 |
| 7.1 SOCO-DIS | 18 |
| 7.2. TiO_2 (DIÓXIDO DE TITÂNIO) | 19 |
| 8. ORGANISMOS SENSÍVEIS AO MÉTODO | 21 |
| 9. ESTUDOS DE CAMPO | 22 |
| 10. IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO | 24 |
| 11. IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO SODIS EM COMUNIDADES BRASILEIRAS ... | 29 |
| 12. CONCLUSÃO | 30 |
| 13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 31 |

RESUMO

Frente ao desafio de prover água de melhor qualidade para o uso humano a um custo acessível e de simples execução, muitos métodos tem sido desenvolvidos e estudados.

Uma metodologia que tem se destacado atualmente, é o método SODIS, sigla em inglês que significa, desinfecção da água por meio da luz solar. Essa metodologia tem como princípio a inativação de uma variada gama de microrganismos patogênicos a partir da ação dos raios solares.

Essa metodologia consiste em submeter garrafas de água a um banho de luz solar por algumas horas. Para a realização do método SODIS pode-se utilizar garrafas PET (politereftalato de etileno), sendo que sua execução é simples e rápida além de possuir mínimos riscos envolvidos.

A fim de comprovar a eficácia desse método, muitos estudos tem investigado os mecanismos e fatores importantes envolvidos no processo de inativação.

Da compreensão desses mecanismos e fatores críticos, preconizou-se ações que visam garantir e maximizar a eficiência do método em variadas situações e condições climáticas sem que o método se torne complexo ou oneroso.

O método SODIS se mostrou eficaz na inativação de várias espécies de fungos, vírus, bactérias e até protozoários. Estudos de campo revelaram a sua eficácia prática, ocasionando uma diminuição expressiva nas ocorrências referentes a quadros de diarreia e diarreia severa nas populações estudadas.

Palavras chave: Inativação de microrganismos; praticidade; auto-sustentabilidade

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1- Folheto Explicativo do Método | 11 |
|---|----|

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Espécies de Bactérias Sensíveis ao Método SODIS | 21 |
| Tabela 2 - Espécies de Fungos Sensíveis ao Método SODIS | 21 |
| Tabela 3 - Espécies de Vírus Sensíveis ao Método SODIS | 22 |
| Tabela 4 - Espécies de Protozoários Sensíveis ao Método SODIS..... | 22 |
| Tabela 5 - Intervenções Usadas para a Difusão e Promoção..... | 28 |

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, mesmo com os grandes e significativos progressos tecnológicos em todas as áreas do conhecimento, uma grande parcela da população é acometida por episódios de diarreia. Os dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) relatam que a diarreia é a segunda causa de morte entre crianças abaixo dos cinco anos causando a morte de 1,5 milhão de crianças nessa faixa etária (UNICEF/WHO, 2009).

As causas da diarreia são multifatoriais. A diarreia pode ser causada por irritação desencadeada por algum determinado nutriente ingerido, situações de estresse, por microrganismos tais como vírus, bactérias e protozoários ou por macroparasitas como os helmintos. Em uma revisão sobre as causas de episódios de diarreia em escolares nos últimos 10 anos, foi mostrado por Lee et al. (2010) que 51% foi causada por espécies de bactérias, 40% foram de origem viral, 7% pelo protozoário *Cryptosporidium* sp e 2% por múltiplos organismos; destes, 12% foram causados por transmissão hídrica.

A água possui um papel importante na veiculação de microrganismos, seja pelo seu consumo direto ou por meio do seu consumo indireto, quando utilizada na lavagem de frutas, verduras ou utensílios domésticos (Ministério Saúde, 2006). Dentre os microrganismos veiculados pela água destacam-se as bactérias: *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* patogênica, *Salmonella* sp, *Shigella* sp, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *Pseudomonas aeruginosae* e *Aeromonas spp.*, os vírus, Adenovírus, Enterovírus, Hepatite A, Vírus de Norwalk e Rotavírus e os protozoários: *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum* (Ministério Saúde, 2006).

Mesmo o Brasil que é uma grande economia e um dos maiores países do mundo em tamanho e população, ainda possui grandes desafios em questões básicas de saneamento.

No Brasil, cerca de 99,4% dos municípios possuem rede de abastecimento de água. Desse percentual, 87,2% possui a distribuição de água totalmente tratada, 6,2% parcialmente tratada e 6,6% dos municípios possuem uma rede de distribuição de água não tratada (IBGE, 2008).

Há uma certa distorção nesses números uma vez que esses dados não expressam, efetivamente, que 99,4% da população têm acesso à uma rede de abastecimento. Para que um município seja considerado possuidor de uma rede de distribuição, basta que haja uma rede pública para pelo menos um distrito do município (IBGE, 2008). Contudo, apenas 55,2% dos municípios possuem um sistema de coleta de esgoto (IBGE, 2008). Esses dados revelam que, no Brasil, ainda há muitas pessoas sem acesso a serviços básicos e que as práticas de tratamento doméstico da água podem ser uma forma de minimizar esse impacto.

Devido ao cenário carente em que essas populações estão inseridas e ao baixo investimento em infra estrutura efetuada por parte dos governos locais, para se enfrentar o problema do tratamento da água são necessárias medidas práticas, de baixo custo e grande simplicidade para que sejam conduzidas pelas próprias pessoas que irão consumir essa água.

O objetivo desse trabalho é fazer uma revisão bibliográfica sobre um dos métodos indicados pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2011) para a desinfecção da água, o método SODIS sigla em inglês para (Solar Water Disinfection), abordando desde a sua concepção científica e ações efetivas no

processo de desinfecção da água até a sua adequação e aplicabilidade à realidade de comunidades que já o aplicaram.

2. METODOLOGIAS PARA A DESINFECÇÃO DA ÁGUA

As metodologias indicadas pela OMS para o tratamento da água são (WHO, 2011):

- **Tratamento químico**
 - Cloração da água
- **Filtração**
 - Filtração em cerâmica porosa
 - Filtração por membrana
 - Filtração através de tecidos
- **Filtração média granular**
 - Carvão ativado, cinzas de carvão e madeira
- **Desinfecção utilizando lâmpadas UV**
- **Processos Térmicos**
 - Fervura da água
- **Sedimentação**
- **Desinfecção Solar**
 - SODIS (Solar Water Disinfection)

Em locais onde não há nenhum tipo de tratamento de água, duas medidas são recomendadas para que a população aumente a potabilidade da água: a fervura ou a adição de cloro. No entanto, essas duas práticas possuem relevantes pontos

negativos. A fervura da água requer o uso de combustível, que em determinadas regiões é um produto que possui um custo que afeta a situação econômica da família. Outra desvantagem da fervura é o tempo destinado à realização dessa atividade, além de uma possível queda na qualidade de ar do estabelecimento no caso de se utilizar lenha como combustível (McGuigan et al., 1999).

A cloração da água depende da provisão das pastilhas ou hipoclorito de sódio por parte do governo ou entidades que visam auxiliar essas comunidades, além de que, a correta execução dessa prática é importante para evitar que a água, ao invés de se tornar potável, se torne tóxica. (Wegelin et al., 1994)

3. MÉTODO SODIS

Uma metodologia desenvolvida para sanar as necessidades de populações carentes é o método de desinfecção solar da água, conhecido pela sigla SODIS (sigla em inglês que significa tratamento da água por exposição ao sol). Esse método consiste na utilização de garrafas PET (politereftalato de etileno) reutilizadas que são expostas à radiação solar por um determinado espaço de tempo inativando agentes nocivos presentes na água.

O método SODIS, foi apresentado inicialmente por Acra et al. (1980). Sua equipe fez experimentos com água e soluções reidratantes que foram expostas à luz solar em recipientes transparentes. Com esses experimentos, foi demonstrado que a luz solar pode inativar agentes nocivos à saúde e possivelmente poderia ser utilizado com esse propósito. Desde então, muitos estudos têm sido feitos a fim de, cientificamente, comprovar sua eficácia e encontrar formas de torná-lo mais efetivo e difundido entre a sociedade .

Dentre os estudos que lançaram as bases para os demais destacam-se as pesquisas sobre o tempo requerido para a inativação de microrganismos dependendo das condições climáticas (Wegelin et al., 1994), a influência dos principais fatores, radiação e temperatura (McGuigan et al., 1998) e a influência do oxigênio nas reações que ocasionam a inativação (Reed, 1997).

Embora a metodologia SODIS já tenha sua eficácia reconhecida e seja disseminada pela OMS (WHO, 2011) e a UNICEF, ela ainda é uma tecnologia recente e, portanto, não muito difundida. Por esse motivo, existem organizações que se dedicam à disseminação dessa técnica, fomentando discussões, disponibilizando materiais educacionais, vídeos e artigos que trazem respaldo científico.

O instituto EAWAG (Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology) é uma das entidades que tomou a iniciativa de advogar em prol da metodologia SODIS tanto na pesquisa científica quanto na elaboração de materiais didáticos e divulgação do método. Os materiais didáticos incluem manuais de treinamento, pôsteres e panfletos informativos. A divulgação do método é feita principalmente por meio da internet, intermediada por ONG's que vão até as comunidades e campanhas publicitárias promovidas pelos governos locais ou pela mídia (Sodis, 2011). O projeto SODIS é uma iniciativa que visa disseminar a metodologia nas regiões mais carentes do mundo promovendo a melhora na qualidade de vida dessas regiões.

Atualmente, existem projetos SODIS distribuídos em 24 países da África, Ásia e América Latina (SODIS, 2011). Enquanto a EAWAG promove a pesquisa, elaboração de materiais didáticos e facilita a disseminação pela mídia em massa, as entidades e grupos agem no campo, fazendo a interface com o público. Essas organizações recebem treinamentos e materiais da EAWAG e agem de forma

cooperativa para elaborar uma metodologia de treinamento e disseminação do método eficaz ao público segundo seu perfil e condições ambientais. Essas organizações podem ser ONG's, organizações das Nações Unidas ou mesmo o governo das regiões (SODIS, 2011).

Na América Latina uma fundação sem fins lucrativos "Fundação SODIS" foi iniciada em 2001. Com sua sede em Cochabamba, Bolívia tem os seguintes países integrantes: Equador, Guatemala, Honduras, Nicarágua e Peru. Abaixo, segue um folheto explicativo do método em Português disponível na página da Fundação Sodis (SODIS, 2011).

Procedimento para a exposição

1 Lave bem a garrafa ao usa-la pela primeira vez



2



Encha 3/4 da garrafa com água

3 Balance a garrafa por 20 segundos



4



Agora encha totalmente a garrafa e tampe

5

Colocar as garrafas em folhas de zinco onduladas



6



ou coloca-la no telhado...

7



Expor ao sol a garrafa pela manha ate o final da tarde por pelo menos 6 horas

8

A geua agora esta pronta para consumo



Figura 1- Folheto Explicativo do Método

4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO MÉTODO SODIS

Como qualquer metodologia existem pontos positivos e negativos ressaltados por diferentes avaliadores.

4.1 VANTAGENS

- É um processo que não requer constante monitorando e preparações complexas. (Wegelin et al., 1994).
- Baixo Custo de implantação e manutenção
 - necessita apenas de garrafas PET limpas e não opacas, sua eficiência pode ser aumentada como uso de uma superfície refletora, principalmente em dias nublados (Kehoe et al., 2001)
 - Segundo Meinhofer et al. (2009), o custo médio da implementação do SODIS em 13 países, somou US\$0,75 por pessoa treinada, o custo inclui o gasto das garrafas e o material educacional
- Requer o mínimo de treinamento ou equipamento especializado (McGuigan et al., 2011).

4.2 DESVANTAGENS

- Alteração no sabor e odor percebido por usuários que abandonaram o método (Tamas et al., 2010).
- Durabilidade da garrafa limitada (Wegelin et al., 2001)

- A água tratada precisa ser consumida em menos de 24 horas pois há a possibilidade de bactérias se multiplicarem novamente (Gelover et al., 2006)

5. GARRAFA PET

A garrafa PET (politereftalato de etileno) é a opção escolhida para ser o reator do método, na maioria dos casos, devido ao seu custo acessível, praticidade e efetividade. Contudo, é necessário se atentar à algumas características críticas.

5.1. DURABILIDADE DA GARRAFA

Foi verificado que há perda da capacidade de transmitância da radiação solar após um mês de uso das garrafas PET quando se utiliza o método SODIS. A diminuição da transmitância faz com que haja uma queda na eficácia do método, pois haverá menos radiação atuando no processo de inativação de microrganismos (Wegelin et al.,2001)..

Essa decréscimo gradual ocorre devido à formação de foto-produtos provenientes da reação ocasionada pela radiação solar. Esses foto-produtos se depositam na face externa da garrafa tornando-a mais opaca (Wegelin et al.,2001).

No estudo de campo realizado por Rose et al. (2006) foi relatado pelos usuários do método que as garrafas quebravam, ficavam opacas ou riscadas em 2 meses.

5.2.TOXICIDADE DA GARRAFA PET

O uso das garrafas PET como reatores para o método SODIS trouxe consigo a dúvida sobre os riscos envolvidos no seu uso.

O estudo de Schmid et al. (2008) determinou a quantidade de 2 compostos cancerígenos adipato de di-(2-etilhexila) (DEHA) e ftalato de di-(2-etilhexila) (DEHP) em amostras de água submetidas ao método SODIS. Esse estudo teve como objetivo evidenciar se há ou não uma expressiva diferença desses dois plastificantes em amostras tratadas pelo SODIS e amostras que foram simplesmente armazenadas em situações casuais.

As concentrações encontradas nas amostras submetidas ao método SODIS não diferem significativamente das amostras armazenadas em situações cotidianas. A máxima concentração encontrada nas amostras foram de 0,046 µg/L, para o DEHA e 0,71 µg/L para o DEHP e estão bem abaixo do máximo permitido pela OMS, representando um risco carcinogênico de 2.8×10^{-7} para o DEHP, que obteve a maior concentração (Schmid et al., 2008).

Devido à esses resultados, o estudo conclui que as garrafas PET não apresentam uma ameaça à saúde das pessoas que utilizarem a água tratada por esse método, mesmo que o façam por um longo período da vida.

6. MECANISMOS DA DESINFECÇÃO SOLAR

O processo do método SODIS, embora simples, requer atenção em determinadas variáveis para que tenha sua efetividade alcançada. O mecanismo de ação do método SODIS ocorre devido à inativação térmica (ocasionada pelo estresse térmico), a inativação óptica (ocasionada pelo ação da radiação UV e do espectro da luz visível) e a interação entre elas.

Os fatores críticos, de acordo com diferentes autores, são:

- Turbidez da água.
- Concentração de oxigênio dissolvido.
- Superfície que fica sob a garrafa durante a aplicação do método.
- Tempo de exposição

Atualmente, ainda há uma grande discussão sobre qual é o procedimento mais adequado para que o método seja eficaz.

Joyce et al. (1996) demonstraram que, mesmo amostras turvas (200 UNT – unidade nefelométrica de turbidez), se submetidas ao método por cerca de 7 horas e alcançando temperaturas superiores a 55°C também são capazes de inativar a *E. coli* devido ao estresse térmico.

Embora seja possível que o método SODIS encontre sucesso dentro dessas condições, é aconselhado que se diminua a turbidez da água que será tratada, por algum método simples (filtração ou decantação). Esse procedimento é aconselhável pois, quanto mais turbida é a água, mais exigente se tornam as condições para inativar os microrganismos, além de favorecer o recrescimento dos mesmos (Kehoe et al., 2001).

Foi demonstrado que a concentração de oxigênio dissolvido na água influencia positivamente a eficiência do método. Por esse fato, foi preconizado que se agite a garrafa a fim de aumentar a concentração de oxigênio dissolvido na amostra (Reed, 1997).

Em uma posterior revisão bibliográfica, Reed (2004) sugere que, através da análise dos resultados de seu estudo em 1997 e de outros pesquisadores, o provável mecanismo que leva a inativação de microrganismos é a produção de ERO (espécies reativas de oxigênio) devido à foto-oxidação ocasionada pelos raios

solares. Essas moléculas altamente reativas, possuem um importante papel na inativação dos microrganismos (Gelover et al. 2006)

McGuigan et al. (1998) estabeleceu que os efeitos ópticos inativantes são ocasionados graças à radiação UVA (320-400 nm) e da luz visível.

Tanto a radiação quanto a temperatura possuem um importante papel na inativação de microrganismos feita pelo método SODIS, mas é a sinergia entre elas que torna esse método eficiente apenas utilizando a luz do sol.

A sinergia entre a inativação óptica e a inativação térmica, só ocorre quando a temperatura da amostra ultrapassa 45°C. A partir dessa temperatura, a taxa de inativação é superior à esperada para a inativação óptica ou térmica caso sejam feitas isoladamente. (McGuigan et al., 1998).

Entretanto, entre a radiação e a temperatura, o fator que mais contribui para a inativação é a radiação (Kehoe et al., 2001). Em seu estudo, as amostras em que a turbidez da água era maior, alcançavam uma maior temperatura, mas requeriam mais tempo para que houvesse a inativação da *E. coli*, por diminuição do poder de penetração da radiação UV. Em contraste, as amostras que não era turvas e que foram expostas à radiação solar sobre superfícies refletoras, obtiveram uma taxa de inativação mais rápida. O estudo aconselha que as garrafas sejam expostas ao sol pelo máximo de tempo que for possível, sendo que o ideal é de, pelo menos, 8 horas.

A superfície sob as garrafas durante o banho de Sol tem um importante papel na eficácia da inativação. Dependendo da sua característica, que pode ser: absorptiva (fundo escuro), refletora (fundo espelhado) ou neutra (nem absorptiva nem refletora) a superfície pode intensificar a ação da radiação ou do calor (Mani et al., 2006),.

O estudo de Mani et al. (2006), teve como finalidade mensurar a influência desses diferentes tipos de superfícies na eficiência de inativação pelo método SODIS.

Os resultados desse estudo estão em conformidade com o estudo de Kehoe et al. (2001) que apontam a superfície refletora (espelhada) como opção mais eficiente ao método se comparada com a superfície absorviva (escura), principalmente em condições climáticas não-ideais. A superfície espelhada intensifica a ação da radiação pois retorna os raios solares incididos e a superfície escura favorece a ação do calor elevando a temperatura.

A superfície neutra obteve uma eficiência inferior à ambas as outras, justamente por não intensificar a ação de nenhum dos fatores determinantes, (Mani et al., 2006).

O método SODIS é uma metodologia que depende da natureza e de condições climáticas para que tenha seu efeito alcançado, por isso, saber qual a melhor forma de se proceder dependendo das condições climáticas é fundamental (Oates et al. 2003).

O estudo de Oates et al. (2003) demonstrou que em variadas condições climáticas, a exposição de dois dias seguidos se mostrou efetiva em 100% das condições sendo que a exposição de apenas um dia se mostrou efetiva em somente 52% dos casos. Esse estudo indicou que é possível alcançar a inativação completa em um dia sob condições adequadas, no entanto, para se garantir a completa inativação dos microrganismos o mais aconselhável é que se utilize dois dias.

O pH também possui um importante papel na eficiência de inativação, sendo que, segundo Amin et al. (2009), quanto mais ácido o pH do meio, mais eficiente

será a taxa de inativação. Essa característica se deve, provavelmente, ao estresse ocasionado pelo baixo pH que causa nas células dos patógenos um alto gasto energético para manter a homeostase, especialmente no que diz respeito ao sistema de membranas. Esse desgaste energético faz com que a célula perca a habilidade de manter-se íntegra (Foegeding et al., 1996).

Quanto menos intermitente for a exposição ao Sol, maior será a eficiência da inativação promovida pelo método (Ubomba-Saswa et al., 2009)

7. OTIMIZAÇÃO DO MÉTODO

Embasados nos princípios do método SODIS, foram desenvolvidos novas propostas para o aumento da eficácia do método. Esses melhoramentos têm como objetivo, maximizar a utilização de recursos de uma forma simplificada e financeiramente acessível. Esse equilíbrio entre custo acessível e simplicidade de aplicação é fundamental para o sucesso da disseminação do método.

7.1 SOCO-DIS

Um sistema mais completo e de fácil confecção que tem como objetivo maximizar a concentração da radiação solar que atinge o sistema é o método SOCO-DIS (Solar Colector Disinfection) (Amin et al., 2009). O método SOCO-DIS, consiste numa modificação de um coletor solar (Gelover et al., 2006). O sistema é constituído por cinco peças de madeira, quatro delas formam um ângulo de 30° com a peça que fica na posição horizontal no centro do sistema, sendo que todas são revestidas com papel alumínio. Esse posicionamento permite que mais raios solares

sejam captados e direcionados para a garrafa PET aumentando a intensidade da radiação UVA e da luz visível.

No estudo, foi verificado que no método SOCO-DIS a temperatura é superior em cerca de 2 a 4°C em comparação com o método SODIS convencional em superfície reflexiva. O método SOCO-DIS demonstrou um aumento de cerca de 20% a 30% na eficiência de desinfecção de *Escherichia coli* e coliformes totais se comparado com o método SODIS convencional.

7.2. TiO₂ (DIÓXIDO DE TITÂNIO)

Para melhorar a eficácia do método SODIS muitos estudos estão sendo realizados sobre o uso de fotocatalizadores. Esses fotocatalizadores, adicionados à água que será submetida ao método SODIS, atuam como catalizadores no processo de inativação óptica causada pela radiação UVA e luz visível e produzindo as espécies reativas do metabolismo do oxigênio ou espécies reativas de oxigênio (ERO). As espécies reativas de oxigênio são moléculas quimicamente reativas oriundas do oxigênio, tais como, o radical superóxido (O⁻), radical hidroxila (OH) e o peróxido de hidrogênio (H₂O₂).

Dentre os diversos fotocatalizadores conhecidos e estudados, os que chamam mais a atenção e que são o foco dos principais estudos são os semicondutores, especialmente o TiO₂(dióxido de titânio). O TiO₂ possui um custo acessível e sua aplicação é simples o que lhe confere grandes vantagens e atrativos para que seja utilizado como fotocatalizador do método SODIS (Cassano et al., 2000).

No estudo de Salih (2002), foi constatado que o efeito positivo do TiO_2 depende da sua concentração na amostra. A solução da amostra de água com o TiO_2 suspenso é opaca, por isso, existe um limite nessa relação concentração – eficiência porque a partir de uma certa concentração, a amostra se torna tão opaca que diminui progressivamente a taxa de inativação devido à menor penetração da radiação.

Foi constatado que a forma de TiO_2 utilizada mais eficiente, é o uso do TiO_2 suspenso, e não a sua forma imobilizada (o semicondutor fica imobilizado em uma película que recobre um cilindro). A forma imobilizada apresenta uma taxa de inativação mais lenta pois somente células que estão em contato com as moléculas de TiO_2 são afetadas (Saito et al.,1992) no entanto, o uso de uma suspensão de TiO_2 possui um determinante ponto negativo que é a sua posterior purificação, a qual deve ser feita por filtração ou centrifugação. Tais métodos de purificação tornam o método mais oneroso e complexo.

Embora menos eficiente que a forma suspensa a forma imobilizada de TiO_2 possui vantagens práticas, sua ação catalizadora foi demonstrada no estudo de Gelover et al. (2006), em que foi necessário apenas quinze minutos para inativar coliformes fecais, sendo que ao usar somente o método SODIS foi necessário cerca de uma hora.

Essa metodologia não requer a necessidade da etapa de separação do TiO_2 da água, pois o semicondutor permanece imobilizado em um filme na superfície de um cilindro de vidro colocado dentro da PET. Além dessa característica, o cilindro pode ser reutilizado novamente, inúmeras vezes. Na inativação do método SODIS associado com o TiO_2 não houve recrescimento de coliformes durante 7 dias, sendo que no método usual do SODIS, notou-se o crescimento após 24 horas.

Embora demonstre grandes vantagens, o uso de TiO₂ ainda requer muitos estudos para que seja posto em prática a fim de se obter água potável para consumo humano. São necessários estudos mais aprofundados sobre o comportamento dos microrganismos e possíveis formações de compostos químicos devido à utilização desse semicondutor (Gelover et al., 2006).

8. ORGANISMOS SENSÍVEIS AO MÉTODO

Embora o método seja de fácil execução e tenha um baixo custo ele é eficaz na inativação de um amplo espectro de espécies entero-patogênicas.

Abaixo são relacionadas espécies de vírus, bactérias, protozoários e fungos que mostraram-se sensíveis ao método:

Tabela 1 - Espécies de Bactérias Sensíveis ao Método SODIS

| Espécies de Bactérias | Referências |
|--------------------------------|-----------------------|
| <i>Streptococcus faecalis</i> | Wegelin et al. (1994) |
| Coliformes fecais | Reed (1996) |
| <i>Escherichia coli</i> | Kehoe et al. (2001) |
| <i>Shiguella dysenterice</i> | Kehoe et al. (2004) |
| <i>Salmonela typhimurium</i> | Berney et al. (2006) |
| <i>Vibrio cholerae</i> | Berney et al. (2006) |
| <i>Campylobacter jejuni</i> | Boyle et al. (2008) |
| <i>Yersinia enterocolitica</i> | Boyle et al. (2008) |
| <i>Shiguella flexneri</i> | Berney et al. (2006) |

Tabela 2 - Espécies de Fungos Sensíveis ao Método SODIS

| Espécies de Fungos | Referências |
|---------------------------|----------------------|
| <i>Candida albicans</i> | Lonnen et al. (2005) |
| <i>Fusarium solani</i> | Lonnen et al. (2005) |

Tabela 3 - Espécies de Vírus Sensíveis ao Método SODIS

| Espécies de Vírus | Referências |
|--------------------------|---------------------------|
| Coliphage F2 | Wegelin et al. (1994) |
| Rotavirus | Wegelin et al. (1994) |
| Poliovírus | Heaselgrave et al. (2006) |

Tabela 4 - Espécies de Protozoários Sensíveis ao Método SODIS

| Espécies de protozoários | Referências |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Cryptosporidium parvum</i> | McGuigan et al. (2006) |
| <i>Giardia lamblia</i> | McGuigan et al. (2006) |
| <i>Giardia muris</i> | McGuigan et al. (2006) |
| <i>Acanthamoeba polyphaga</i> | Heaselgrave et al. (2006) |
| <i>Entamoeba histolytica/dispar</i> | Mtapuri-Zinyowera et al. (2009) |
| <i>Giardia duodenalis</i> | Mtapuri-Zinyowera et al. (2009) |
| <i>Acanthamoeba castellanii</i> | Heaselgrave e Kilvington (2011) |
| <i>Naegleria fowleri</i> | Heaselgrave e Kilvington (2011) |
| <i>Entamoeba invadens</i> | Heaselgrave e Kilvington (2011) |

9. ESTUDOS DE CAMPO

Muitos estudos tem como foco a melhoria da eficiência do método pela compreensão dos fatores físicos, químicos e biológicos envolvidos no método SODIS.

No entanto, estudos de campo, realizados em uma comunidade que utilizou o método e teve a real eficácia do SODIS avaliada, ou seja, a queda no número de pessoas que sofreram um episódio de diarreia, ainda são poucos.

Esses estudos são muito importantes pois, além de gerarem dados referentes à eficácia do método na prática, lidam com o fator humano e gera informações valiosas sobre a recepção da comunidade e como lidar com elas.

O método SODIS se mostrou eficaz em uma pesquisa de campo feita no Kenya, por Conroy et al. (1996). Esse estudo foi realizado com 206 crianças entre

cinco a quinze anos e teve a duração de doze semanas sendo que eram visitados, pela equipe que realizava o estudo, a cada duas semanas para o recolhimento de dados.

Nesse estudo as crianças que utilizaram o SODIS tiveram 10% menos incidência de diarreia e uma redução de 24% na incidência de quadros severos de diarreia.

Esse mesmo grupo de pesquisadores realizou outro estudo na mesma região que durou um ano e contou com a participação de 349 crianças com idade inferior a 6 anos. Houve uma redução de 9,3% de redução no risco absoluto de ter diarreia. (Conroy et al., 1999)

Outro resultado interessante foi que durante um surto de cólera, apenas três crianças (2%) de um grupo de 155 que possuíam idade inferior a seis anos e que utilizaram o método SODIS tiveram cólera, contra 20 crianças (14%) de 144 do controle (Conroy., 2001).

Em um outro estudo de campo realizado no sul da Índia, (Rose et al., 2006), o método também demonstrou ter uma resposta positiva. No estudo, as crianças que utilizaram água tratada pelo método tiveram uma incidência de diarreia de 1,7 por criança/ano. Crianças que utilizaram água não tratada tiveram uma incidência de cerca de 2,7 por criança/ano. O método SODIS foi capaz de reduzir o risco da incidência de diarreia em cerca de 40% e diminuir casos severos de diarreia (necessidade de reidratação intravenosa) em 50% .

Durante entrevistas feitas com as mães dessas crianças, foi levantado que muitas delas não tomavam somente água tratada através do método SODIS e, mesmo dentro desse cenário, o método foi capaz de diminuir a incidência de casos

de diarreias. Um fato importante é que as mães, após utilizarem o método aderiram ao método e acreditam na sua eficácia (Rose et al., 2006).

Esse estudo foi acompanhado semanalmente e não quinzenalmente como o estudo realizado no Kenya por Conroy et al. (1996). O autor sugere que esse acompanhamento mais frequente e próximo pode ter contribuído positivamente nos resultados obtidos.

Os estudos citados não só levantaram dados confiáveis do impacto positivo do método nas comunidades como também obtiveram sucesso em mudar e sustentar a mudança de hábito da população.

10. IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO

O método SODIS, embora apresente uma porção de vantagens que sugerem, em teoria, ser o método mais adequado para vários países emergentes, ainda possui um ritmo de crescimento lento em alguns projetos ao redor do mundo (Moser et al. 2005).

Embora seja uma tecnologia acessível e eficiente, o método SODIS precisa de uma abordagem adequada ao público, para que seja implementada com sucesso e que possa, essencialmente, cumprir o seu objetivo.

Por meio de uma revisão bibliográfica de publicações sobre a experiência de campo do método SODIS, Meierhofer et al. (2009) levantaram seis fatores básicos que são críticos na implantação e sustentabilidade do método SODIS nas comunidades.

1. Disponibilidade de garrafas

- a. É necessário elaborar um sistema que garanta o suprimento de garrafas disponíveis para que a comunidade possam utilizar o método.
2. Um evento explicativo não alcança uma mudança de hábito/comportamento
 - a. Para que haja uma verdadeira mudança no hábito das pessoas que se utilizam do método é necessário que haja um programa extensivo e contínuo. Eventos pontuais não asseguram o sucesso da implementação de um novo comportamento mesmo que o método seja simples e eficaz.
3. Promotores motivados tem um importante papel
 - a. É essencial que as pessoas envolvidas na divulgação (divulgadores e usuários) do método estejam envolvidos com a causa e sejam pessoas que tenham influência na comunidade além de dominar bem o assunto (Meierhofer et al., 2009).
 - b. A possibilidade de se discutir sobre o SODIS num ambiente amigável e que todas as dúvidas sejam sanadas aumentam a taxa de adesão Moser et al., (2005)
 - c. O estudo de Moser et al. (2005), evidenciou diferenças na aceitação do método das famílias visitadas de acordo com o promotor que os visitou. Esse dado revela a importância da habilidade do promotor em saber expressar as informações superando as relutâncias dos futuros usuários e motivando-os à adquirir hábitos saudáveis. Portanto, é necessário uma grande dedicação em selecionar, treinar e supervisionar esses promotores, para que se aumente as chances de sucesso na implementação do método em uma comunidade (Heri et al., 2008).

4. A educação influencia a vontade de mudar um comportamento
 - a. Dependendo do grau de escolaridade do público, mais requintado e sofisticado precisa ser o programa e as explicações. No entanto, depois de convencido e tido as dúvidas sanadas, esse público se torna muito engajado a aplicação e propagação do método (Meierhofer et al., 2009).
5. A pressão social influencia o comportamento
 - a. Comunidades em que o programa SODIS está visualmente presente no dia a dia e que é claro a participação dos moradores (comunidades onde há um grande número de garrafas nos telhados recebendo o banho de Sol), inclusive os líderes, possuem uma maior taxa de adesão (Meierhofer et al., 2009).
6. A integração do SODIS com instituições governamentais
 - a. A associação com instituições governamentais contribuem para que haja uma ampla e contínua disseminação do método. Escolas e postos de saúde são estabelecimentos mantidos pelo poder público presentes em várias comunidades que garantem abrangência e regularidade do projeto (Meierhofer et al., 2009).
 - b. Contudo, projetos SODIS não devem se limitar somente a esses estabelecimentos; a parceria com o governo, precisa ter um âmbito mais central. Uma integração com órgãos do governo como secretarias de educação e o setor de abastecimento de água, garantem que o projeto perdure na sociedade independente de términos de mandatos de governantes da região. O apoio do governo

com campanhas de saúde e educacionais aumentam a credibilidade do método (Meierhofer et al., 2009).

- c. Para que se obtenha sucesso na institucionalização do SODIS é necessário tempo e a integração com ONG, entidades governamentais locais como universidades e postos de saúde. Essa integração gerará resultados positivos que promoverão a eficácia do método e que poderá ser visto com mais credibilidade pelos órgãos públicos (Meierhofer et al., 2009).

Compilando os conhecimentos obtidos pela experiência na divulgação do método ao redor do globo, a EAWAG/SANDEC desenvolveu um material de treinamento para o SODIS. Essa metodologia contempla os seis fatores críticos levantados e sua abordagem objetiva aumentar as chances de sucesso na implementação do SODIS numa comunidade. Meierhofer et al (2009) sintetizaram essa metodologia de difusão e promoção do método na seguinte tabela adaptada para o português:

Tabela 5 - Intervenções Usadas para a Difusão e Promoção

| | |
|-----------------------------------|---|
| Informações para campanhas | Usar a mídia regional para promover a campanha (TV, Radio, Jornais) |
| | Exibições públicas e demonstrações em frente à postos de saúde, que atestem a eficácia do método na inativação de microrganismos enteropatogênicos. |
| | Entretenimento utilizando o SODIS como letras de músicas, teatros. |
| | Elaborar competições |
| Apoio | Envolver e convencer a opinião dos líderes da comunidade |
| | Explicitar evidências do impacto positivo do projeto à autoridades locais |
| | Criação de uma rede de grupos estratégicos e envolvidos na educação e saúde das comunidades (ONG´s, instituições de saúde, educacionais, universidades e o setor de abastecimento de água e saneamento básico) |
| | Estabelecer mecanismos que facilitem a troca de informação, como reuniões, workshops, grupos de e-mails. |
| | Fazer os testes de eficiência do método publicamente |
| Treinamento dos usuários | Treinamento e promoção do SODIS e sobre a higiene básica através de divulgadores e promotores do método (pessoal de ONG´s, agentes de saúde) |
| | Usar materiais de treinamentos adequados ao público (calendário, cartaz, panfletos) |
| | Ministrar treinamentos durante reuniões da comunidade (reuniões de jovens, reunião de mães) |
| | Visitas regulares aos domicílios |
| | Promoção através de escolas |

O estudo de Heri et al. (2008), realizado na Bolívia, salienta a importância de se utilizar os diversos meios de comunicação e estratégias, sejam eles por meio de divulgação em massa (televisão, rádio) ou por contato direto, de pessoa para pessoa. Através dessa abordagem, se utiliza os pontos fortes de ambos.

Esse mesmo estudo, obteve resultados que indicam que, quanto mais vezes uma pessoa tem contato com algum dos meios de divulgação, maior é a probabilidade dessa pessoa adotar o método.

11. IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO SODIS EM COMUNIDADES BRASILEIRAS

Em amplas regiões do Brasil, existem diversas comunidades que enfrentam dificuldades por não terem a sua disposição um sistema de saneamento básico adequado. Em geral, essas comunidades estão envoltas em um contexto de pobreza e necessidades. A região nordeste do Brasil é um exemplo. Os dois estudos citados a seguir, foram feitos nessa região e visam avaliar a implantação do método em solo brasileiro.

Um estudo feito no Ceará (Botto, 2005), evidenciou que iniciativas que visam a propagação de métodos para tratamento de água e higiene tem um impacto positivo na comunidade. Esse estudo constatou que o método SODIS tem maior aceitabilidade em comunidades interioranas do que em comunidades urbanas, provavelmente devido ao menor convívio comum e integrado nas regiões urbanas e conseqüentemente, uma vida social mais individualizada.

O estudo feito na Paraíba por Beter (2006) trouxe destaque a um fator muito importante numa pesquisa que envolve questionários e relacionamentos humanos. O fator mencionado é a discrepância das informações obtidas nos questionários e os fatos que realmente correspondem com a realidade. Muitos questionários levavam a acreditar que o método estava amplamente difundido, mas na observação do dia a dia, notou-se que o percentual de família executando o método era consideravelmente inferior.

Outro fator muito importante levantado foi o engajamento e nível de influência dos promotores do método. Na comunidade em que havia multiplicadores influentes e motivados houve uma maior taxa de adesão ao método. Essa mesma comunidade, possuía uma população mais instruída e preocupada com o seu bem estar. A outra comunidade, que possuía multiplicadores pouco articulados e uma condição sócio-econômica inferior, enfrentava uma desunião social e tinha uma população que se comportava de forma a repelir as ações dos pesquisadores.

12. CONCLUSÃO

O método SODIS, mesmo sendo simples, é uma metodologia de eficácia comprovada e adequada à variadas situações e populações.

Sua execução simples, não requer habilidades complexas nem um conhecimento específico. É necessário somente alguns minutos para executá-lo requerendo pouca atenção do executor; essa característica garante a harmonia da prática do método com as demais atividades que a pessoa ou a família precisam fazer diariamente.

Os recursos necessários para realizar ou otimizar o método são de fácil acesso mesmo à comunidades carentes e afastadas o que permite a difusão e implantação desse método em regiões que convivem diariamente com a escassez.

Embora seja uma metodologia dependente diretamente das condições climáticas, é possível tomar algumas medidas para minimizar condições desfavoráveis e garantir a eficácia do método.

O método apresenta vários pontos positivos que contemplam o amplo espectro de necessidades para que seja viável. No entanto, sem um bom programa de implementação o método não será internalizado nos hábitos da população.

Um bom programa de divulgação para ser eficiente, precisa ser extensivo, ter uma abordagem competente, e contar com o apoio de pessoas chaves e promotores engajados, que respeitem as crenças, normas culturais das populações e sejam um exemplo à sociedade. Por meio da presença constante e amigável é que o método poderia ser incluído nos hábitos dessas comunidades impactando positivamente na sua qualidade de vida.

O método SODIS é uma tecnologia acessível e sustentável, capaz de gerar resultados positivos à sociedade e seus indivíduos.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acra, A., Karahagopian, Y., Raffoul, Z., and Dajani, R. Disinfection of oral rehydration solutions by sunlight. *Lancet* ii, 1257–1258, 1980.

Amin, M.T., Han, M.Y. Roof-harvested rainwater for potable purposes: Application of solar collector disinfection (SOCO-DIS). *Water Research* 43, p. 5225-5235, 2009.

Berney M., Weilenmann H.-U., Simonetti A. and Egli T. Efficacy of solar disinfection of *E. coli*, *S. flexneri*, *S. typhimurium* and *V. Cholerae*. *J. Appl. Microbiol.*, 101, p. 828–836, 2006.

Beter, A. S. R. B. Implementação do método SODIS (Solar Water Disinfection) em duas comunidades do semi-árido paraibano: Aceitabilidade e aspectos sócio-econômicos, João Pessoa PB. 2006.

Botto, MP. Estudo da viabilidade técnica e social de tecnologias alternativas de saneamento em comunidades no estado do ceará. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 18 a 23 de setembro de 2005. Campo Grande , MS. 2005.

Boyle, M., Sichel, C., Fernández-Ibáñez, P., Arias-Quiroz, G.B., Iriarte-Puñá, M., Mercado, A., Ubomba-Saswa, E., McGuigan, K.G. Bactericidal Effect of Solar Water Disinfection under Real Sunlight Conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, v 74, p. 2997-3001, 2008.

Cassano, A.E., Alfano, O.M. Reaction engineering of suspended solid heterogeneous photocatalytic reactors. *Catalysis Today* 58 (2–3), p. 167–197, 2000.

Conroy, R. M., Elmore-Meegan, M., Joyce, T., McGuigan, K. G., and Barnes, J. Solar disinfection of drinking water and diarrhoea in Maasai children: A controlled field trial. *Lancet* 348, p. 1695–1697, 1996.

Conroy, R. M., Elmore-Meegan, M., Joyce, T., McGuigan, K., and Barnes, J. Solar disinfection of water reduces diarrhoeal disease: An update. *Arch. Dis. Child.* 81, p. 337–338, 1999.

Conroy, R. M., Meegan, M. E., Joyce, T., McGuigan, K., and Barnes, J. Solar disinfection of drinking water protects against cholera in children under 6 years of age. *Arch. Dis. Child.* 85, p. 293–295, 2001.

Foegeding, E.A., Lanier, T.C., Hultin, H.O. Characteristics of edible muscle tissues. In: Owen R. Fennema (Ed.). *Food Chemistry*. Chapter 15, vol. 3, p. 879–942, 1996.

Gelover, S., Luis, A.G., Reyes, K., Leal, M.T. A practical demonstration of water disinfection using TiO₂ films and sunlight. **Water Res.** 40, p. 3274–3280, 2006.

Heaselgrave W., Patel N., Kehoe S.C., Kilvington S. and McGuigan K.G. Solar disinfection of poliovirus and *Acanthamoeba polyphaga* cysts in water – a laboratory study using simulated sunlight, *Lett. Appl. Microbiol.*, 43(2), p. 125–130, 2006.

Heaselgrave W, Kilvington S. The efficacy of simulated solar disinfection (**SODIS**) against *Ascaris*, *Giardia*, *Acanthamoeba*, *Naegleria*, *Entamoeba* and *Cryptosporidium*. *Acta Trop.* 119 p. 138-43, 2011.

Heri, S., Mosler, H.J. Factors affecting the diffusion of solar water disinfection: a field study in Bolivia. *Health Education & Behavior*, v35(4), p. 541-560, 2008.

Brasil. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa nacional de Saneamento Básico 2008. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1691&id_pagina=1 > acessado em 28 de Setembro de 2011.

Brasil. Ministério da Saúde, Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água, Brasília-DF, 2006.

Joyce, T.M., McGuigan, K.G., Elmore-Meegan, M., Conroy, R.M. Inactivation of fecal bacteria in drinking water by solar heating. *Appl. Environ. Microbiol.* 62, p. 399–402, 1996.

Kehoe, S. C., Joyce, T. M., Ibrahim, P., Gillespie, J. B., Shahar, R. A., and McGuigan, K. G. Effect of agitation, turbidity, aluminium foil reflectors and container volume on the inactivation efficiency of batch-process solar disinfectors. *Wat. Res.* 35, p. 1061–1065, 2001.

Kehoe, S.C., Joyce, T.M., Ibrahim P., Gillespie J.B., R.A. Shahar and McGuigan K.G. Batch process solar disinfection is an efficient means of disinfecting drinking water contaminated with *Shigella dysenteriae* Type I, *Lett. Appl. Microbiol.*, 38 p.410–414, 2004.

Lee, MB, Greig, JD. A review of gastrointestinal outbreaks in school: effective infection control interventions. *J.Sch. Health.* 80 (12) p. 588-598, 2010 .

Lonnen, J., Kilvington, S., Kehoe, S. C., Al-Touati, F., and McGuigan, K. G. Solar disinfection and solar photocatalytic disinfection of protozoan, fungal and bacterial resistant pathogens in drinking water. *Wat. Res.* 39, p. 877-883, 2005.

Mani, S.K., Kanjur, R., Singh, I.S.B., Reed, R.H. Comparative effectiveness of solar disinfection using small-scale reactors with reflective, absorptive and transmissive rear surfaces. *Water Research* v.40, p. 721-727, 2006.

McGuigan, K. G., Joyce, T. M., and Conroy, R. M. Solar disinfection: Use of sunlight to decontaminate drinking water in developing countries. *J. Med. Microbiol.* 48, p. 785–787, 1999.

McGuigan, K. G., Joyce, T. M., Conroy, R. M., Gillespie, J. B., and Elmore-Meegan, M. Solar disinfection of drinking water contained in transparent plastic bottles: Characterizing the bacterial inactivation process. *J. Appl. Microbiol.* 84, p. 1138–1148, 1998.

McGuigan, K.G., Méndez-Hermida, F., Castro-Hermida, J.A., Ares-Mazás, E., Kehoe, S.C., Boyle, M., Sichel, C., Fernández-Ibáñez, P., Meyer, B.P., Ramalingham, S., Meyer, E.A. Batch solar disinfection inactivates oocysts of *Cryptosporidium parvum* and cysts of *Giardia muris* in drinking water. *Journal of Applied Microbiology* 101, p. 453-563, 2006.

McGuigan K. G., Samaiyar P, du Preez M, Conroy RM.. High Compliance Randomized Controlled Field Trial of Solar Disinfection of Drinking Water and Its Impact on Childhood Diarrhea in Rural Cambodia. *Environ Sci Technol.* Article ASAP. August. 2011.

Meierhofer R., Landolt G. Factors supporting the sustained use of solar water disinfection – Experiences from a global promotion and dissemination. Programme, Desalination 248, p. 144-151, 2009.

Moser, S., Heri, S., and Mosler, H.J. Determinants of the Diffusion of SODIS, A Quantitative Field Study in Bolivia, Summary Report, Eawag, Dübendorf, 2005.

Mtapuri-Zinyowera, S., Midzi, N., Muchaneta-Kubara, C.E., Simbini, T., Mduzuza, T. Impact of solar radiation in disinfecting drinking water contaminated with *Giardia duodenalis* and *Entamoeba histolytica/dispar* at a point-of-use water treatment. Journal of Applied Microbiology 106, p. 847-852, 2009.

Oates, P. M., Shanahan, P., and Polz, M. F. Solar disinfection (SODIS): Simulation of solar radiation for global assessment and application for point-of-use water treatment in Haiti. Wat. Res. 37, p. 47–54, 2003.

Reed, R. H. Sol-air water treatment. In “Proceedings of the Twenty-second Water, Engineering and Development Centre Conference, New Delhi, India,” pp. 259–260. University of Loughborough, Loughborough 1996.

Reed, R. H. Solar inactivation of faecal bacteria in water: The critical role of oxygen. Lett. Appl. Microbiol. 24, 276–280, 1997.

Reed, R.H. The inactivation of microbes by sunlight: solar disinfection as a water treatment process. Advances in Applied Microbiology, v.54, p. 333- 356, 2004.

Rose, A., Roy, S., Abraham, V., Holmgren, G., George, K., Balraj, V., Abraham, S., Muliyl, J., Josephand, A., Kang, G., Solar disinfection of water for diarrhoeal prevention in Southern India, *Arch. Dis. Child*, 91, p.139–141, 2006.

Salih, F. M. Enhancement of solar inactivation of *Escherichia coli* by titanium dioxide photocatalytic oxidation. **J. Appl. Microbiol.** 92, 920–926, (2002).

Saito, T., Iwase, T., Horie, J., and Morioka, T. Mode of photocatalytic bactericidal action of powdered semiconductor TiO₂ on mutans streptococci. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.* 14, 369–379, 1992.

Schmid, P., Kohler, M., Meierhofer, R., Luzi, S., Wegelin, M. Does the reuse of PET bottles during solar water disinfection pose a health risk due to the migration of plasticisers and other chemicals into the water?. *Water Research* 42, p. 5054-5060, 2008.

SODIS, Projects 2011, disponível em: <http://www.sodis.ch/projekte/index_EN> acessado em 28 de Setembro de 2011.

SODIS, Latin America 2011, disponível em: <http://www.sodis.ch/projekte/lateinamerika/index_EN> acessado em 28 de Setembro de 2011.

Tamas, A., Mosler H.J. Why do people stop treating contaminated drinkin water with solar water disinfection (SODIS)?. Health Education & Behaviour, XX(X), p. 1-10, 2010.

Ubomba-Saswa, E., Navntoft, C., Polo-López, I.M., McGuigan K.G. Solar disinfection of drinkin water (SODIS): an investigation of the effect of UV-A dose on inactivation efficiency. Photochem. Photobiol. Sci., 8, p. 587-595, 2009.

UNICEF – The United Nations Childen´s Fund, WHO – World Health Organization. Diarrhoea: Why children are still dying and what can be done, 2009.

Wegelin, M., Canonica, S., Alder, A. C., Marazuela, D., Suter, J. F., Bucheli, T. D., Haefliger, O. P., Zenobi, R., McGuigan, K. G., Kelly, M. T., Inbrahim, P., and Larroque, M. Does sunlight change the material and content of polyethylene terephthalate (PET) bottles? J. Wat. Supply. Res. Technol.–AQUA 50, 125–133, 2001.

Wegelin, M., Canonica, S., Mechsner, K., Fleischmann, T., Pesaro, F., and Metzler, A. Solar water disinfection: Scope of the process and analysis of radiation experiments. J. Wat. Supply. Res. Technol.-AQUA 43, p. 154–169, 1994.

WHO - World Health Organization, Evaluating household water treatments options: Health-based targets and microbiological performance specifications, 2011.