

UMA NOVA ABORDAGEM NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA USO DOMÉSTICO: PROCESSO DE DESINFECÇÃO SOLAR (SODIS) COM FOTOCATÁLISE

Patrícia do Nascimento Vieira (*), Tanise Nascimento Oliveira, Paulo Roberto da Silva Júnior, Ingrid Daiane Resende, Andréa Rodrigues Marques.

* Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), patricianvieira1@gmail.com

RESUMO

Este estudo baseia-se na desinfecção da água através da radiação solar, com a adição de fotocatalíticos (H_2O_2 e $FeCl_3$). Como os tratamentos convencionais para a água são mais caros e requerem tecnologia mais avançada, o processo de desinfecção solar é uma boa proposta, principalmente para uso em áreas menos desenvolvidas. A água analisada foi coletada em um curso d'água no parque municipal Américo Renné Giannetti, situado em Belo Horizonte, e para a sua caracterização foram feitas medições de pH, turbidez, condutividade e coliformes fecais. Para a desinfecção solar foram utilizados dois concentradores solares parabólicos. O experimento foi realizado no campus I do CEFET-MG. Analisou-se quatro amostras de água, sendo estas: água (sem Coliformes Fecais), água contaminada sem adição de fotocatalíticos, e água contendo $Fe(III)$ e H_2O_2 . A medição dos parâmetros foi feita em um intervalo de uma em uma hora, considerando um período de observação de 10:30 às 15:30. Foi obtido que mesmo com o uso de concentradores, as temperaturas não ultrapassaram os $50^\circ C$ necessários para a desinfecção, apesar disso, a água contaminada contendo H_2O_2 inativou os Coliformes já na segunda hora de solarização.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento de água, alternativa tecnológica, SODIS, fotocatálise, inativação microbiana.

INTRODUÇÃO

Em suas atividades cotidianas como na agricultura, processos industriais e para o próprio consumo, o homem sempre dependeu da disponibilidade de recursos hídricos. No entanto tem-se utilizado não só esse recurso, mas todo o ambiente de forma a leva-los a degradação (CESA e DUARTE, 2010), por isso a água tem se tornado cada vez mais escassa. Segundo CESA e DUARTE (2010) outro problema associado à água é a transmissão de doenças de veiculação hídrica. Dessa forma a demanda por alternativas de tratamento de água se torna cada vez maior com o objetivo de melhorar a sua qualidade e permitir maior acessibilidade para a população. Faz-se necessárias técnicas de tratamento como a utilização do cloro, hipoclorito de sódio, cálcio, ozônio, dióxido de cloro, permanganato de potássio, entre outros. Por vezes essas metodologias são inviáveis, pois além de serem mais caras principalmente para as comunidades menos favorecidas, requerem maior investimento tecnológico. Logo, os países subdesenvolvidos e desenvolvidos buscam a implementação de projetos que visam à minimização de custos através de outras opções como a desinfecção solar (AMIN e HAN, 2011).

O SODIS (*Solar Disinfection*) utiliza dois componentes da luz solar sendo eles radiação infravermelha e radiação ultravioleta. O primeiro aumenta a temperatura da água proporcionando efeito de pasteurização, já que os micro-organismos são sensíveis a uma faixa de temperatura (ARBAGE et al., 2013). O segundo atua atingindo os ácidos nucleicos dos micro-organismos causando perda de função biológica e de capacidade de reprodução, tendo, portanto, efeito germicida (SPUHLER et al., 2010). Além das condições climáticas – temperatura radiação (UV) e baixa nebulosidade, o processo de desinfecção solar depende de outros fatores como posição geográfica, pH, turbidez e matéria orgânica da água (MARTÍN-DOMÍNGUEZ et al., 2005).

O pH ideal é de 5 (AMIN e HAN, 2011). Já o valor máximo permitido para a turbidez é 30 UTN, visto que elevada turbidez apresentará uma grande quantidade de materiais suspensos no interior da garrafa, os quais poderão impedir a penetração da luz solar. O alto nível da demanda bioquímica de oxigênio também pode prejudicar o processo do SODIS, pois com a presença elevada de matéria orgânica na água, os organismos a utilizam como forma de proteção, o que impede a inativação (QUELUZ, 2013).

Como o processo depende da energia solar, o SODIS tem maior eficiência em regiões com incidência solar concentrada, ou seja, áreas posicionadas $35^\circ N$ e $35^\circ S$ (HINDIYEH et al., 2010). Para potencializar a desinfecção solar, utilizam-se alguns recursos como o uso de concentradores solares, garrafas parcialmente pintadas de preto (NAVNTOFT et al., 2008) e a adição de fotocatalíticos (SPUHLER et al., 2010). Nos últimos anos alguns estudos vêm sendo realizados,

considerando o fotocatalítico associado ao sistema SODIS. Na tentativa de promover a aceleração do processo de desinfecção solar em condições ambientais menos favoráveis, a utilização de fotocatalíticos como o Fe(III) e H₂O₂, são propostas de inativação de micro-organismos, já que desencadeiam reações que danificam as estruturas celulares destes (SPUHLER et al., 2010).

O uso da energia solar para desinfecção de águas foi proposto para utilização, por exemplo, nas áreas rurais de países em desenvolvimento como o Brasil. Possibilita a desinfecção de águas captadas em poços ou mananciais superficiais, cujas características físicas e químicas são adequadas ao consumo humano, mas sanitariamente duvidosas, uma vez que apenas a avaliação do aspecto dessas, não permite conclusão sobre a contaminação da amostra de água coletada (PATERNIANI e SILVA, 2005). Devido ao seu baixo custo e facilidade de ser operado torna-se interessante inclui-lo em um projeto de gerenciamento das questões de saneamento rural. Baseando-se na hipótese de limitações na operação do sistema, este estudo propôs comparar a eficiência de desinfecção microbiológica sem e com adição de fotocatalíticos (Fe(III) e H₂O₂) num sistema SODIS operando em condições climáticas desfavoráveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

A instalação do projeto piloto para a análise da eficiência da desinfecção solar foi montada no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus I em Belo Horizonte (19° 55' Sul 43°59' Oeste). Os parâmetros foram avaliados considerando um intervalo de tempo de exposição das garrafas ao sol em intervalos de uma hora durante cinco horas entre 10h e 30min às 15h e 30min. Em intervalos de quinze minutos foram medidas a intensidade de radiação solar através do Quantômetro LI-COR (LI-250 A). Para a determinação de presença ou ausência de coliformes totais foi utilizada a técnica de cultura do COLItest. Utilizaram-se dois concentradores solares duplo-parabólicos revestidos com alumínio com capacidade para duas garrafas PET de 2L pintadas parcialmente de preto (Fig. 1A).

Para o estudo, foram coletadas amostras de água em garrafas estéreis num curso d'água localizado no Parque Municipal Américo Renné Giannetti em Belo Horizonte (Fig. 1B). A amostra de água foi caracterizada através das medições dos parâmetros: pH, turbidez, condutividade e coliformes totais.

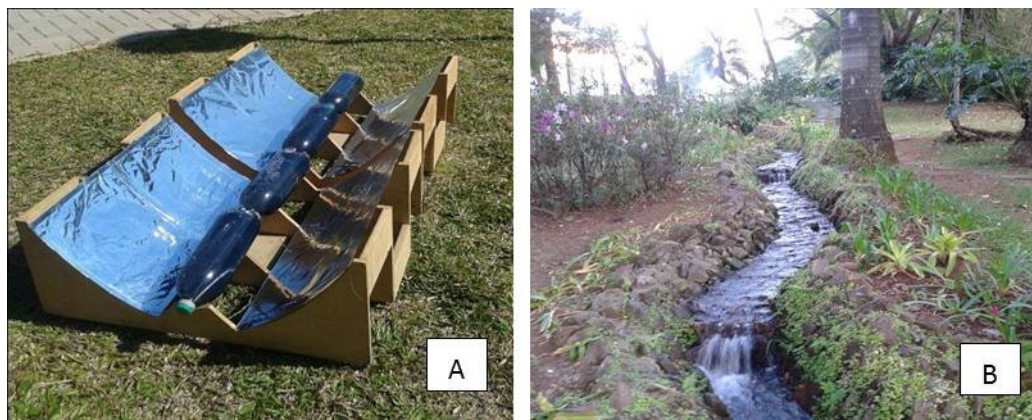


Figura 1: Concentrador solar parabólico (A). Curso d'água localizado no Parque Municipal Américo Renné Giannetti- BH, do qual foram coletadas as amostras do estudo (B). Fonte: autor do trabalho.

Em cada garrafa PET do sistema SODIS, foram adicionadas água e seguido os seguintes tratamentos: Amostra 1- Água; Amostra 2- Água com adição de FeCl₃ (0,1 mg/L); Amostra 3- Água com adição de H₂O₂ (0,06 mg/L); Amostra 4- Água potável (garrafa PET com termômetro para monitoramento da temperatura da água). Durante a solarização, a cada 1h amostras de água (100 ml) foram transferidas para frascos contendo meio de cultura do COLItest. Os frascos foram agitados e incubados à 30°C por 48 horas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1) Caracterização climática do dia da solarização e da amostra de água coletada

O experimento foi realizado em um dia de inverno em que nas primeiras horas (até 12h) o céu estava totalmente aberto e, posteriormente, parcialmente nublado (Fig.2). A temperatura máxima do ambiente foi 28°C.

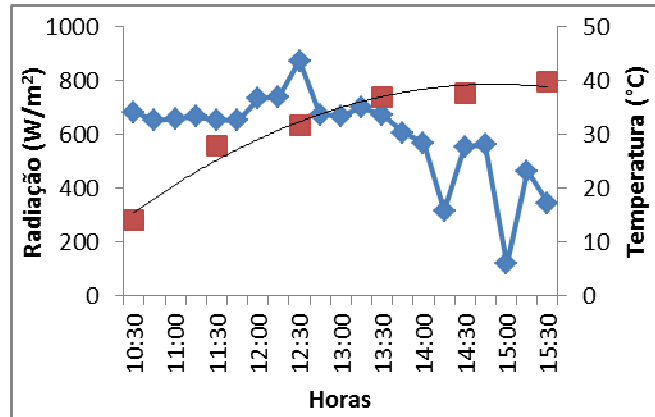


Figura 2: Radiação solar (azul) e temperatura da água (vermelho) durante a solarização. Fonte: autor do trabalho.

As amostras de água coletadas estavam contaminadas por coliformes fecais segundo o COLItest (Tab.1).

Tabela 1: Caracterização da água coletada no Parque Municipal Américo Renné Giannetti antes do SODIS. Fonte: Autor do trabalho.

Parâmetros	Amostra
Turbidez (UTN)	1,0
pH	5,0
Condutividade (S/cm)	697
Coliforme total (UFC/ml)	>1,0

A temperatura ideal para se alcançar a desinfecção com a utilização do concentrador solar é em torno de 50°C e a radiação é de pelo menos 500 W/m² (MARTÍN-DOMÍNGUEZ et al., 2005). No entanto, a temperatura máxima atingida durante todo o tempo de exposição foi de 41°C (Fig. 2). A utilização do concentrador solar não foi totalmente eficaz no alcance da temperatura ideal e isso se deve ao fato de que em dias nublados essa capacidade ficar comprometida (NAVNTOFT et al., 2008).

2) Análises microbiológicas durante a desinfecção solar

Observou-se que apenas para a amostra em que houve adição de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) ocorreu inativação dos micro-organismos (Tab. 2). A água com H₂O₂ foi desinfetada logo na segunda hora de exposição ao sol. Para os outros tipos de amostra não foram obtidos os mesmos resultados.

Tabela 2: Presença de coliformes fecais na água (+) e ausência (-) durante a desinfecção solar. Fonte: autor do trabalho.

Tempo (h)	H ₂ O	H ₂ O+FeCl ₃	H ₂ O+H ₂ O ₂
1	+	+	+
2	+	+	-

3	+	+	-
4	+	+	-
5	+	+	-

As bactérias são sensíveis à radiação, que impede a replicação do DNA e altera algumas de suas proteínas. Entretanto, segundo resultados de experimentos já realizados, sabe-se que a inativação bacteriana ocorre a temperaturas acima de 45°C (SCIACCA et al., 2010). Neste experimento não se registrou temperaturas superiores a 45°C como recomendado pela literatura não havendo desinfecção.

Na água contaminada com adição de cloreto férrico(III) não houve inativação da população bacteriana. Segundo SPUHLER et al. (2010) o efeito do Fe(III) no SODIS foi eficaz no processo de inativação das células dos micro-organismos quando associado ao H₂O₂. Os autores explicaram que a inativação pode ocorrer por três possíveis motivos: 1) porque há geração de radical hidroxila, através de processos oxidativos avançados, o qual é responsável pela degradação de poluentes orgânicos; 2) o peróxido de hidrogênio atua na membrana celular da bactéria, afetando o funcionamento biológico desta; 3) a presença do peróxido ao penetrar na membrana, difunde-se na célula, aumentando as chances de geração de OH⁻ e com isso a posterior destruição da célula.

CONCLUSÃO

A introdução de SODIS para muitas regiões do mundo em desenvolvimento é geralmente recebida com ceticismo inicial considerável de pessoas que podem ter esperado uma solução mais tecnológica para o problema da contaminação da água. Em vez disso, são apresentados com garrafas de plástico que em outras circunstâncias poderiam ter sido descartadas como resíduo e remetido para o lixo. SODIS não é uma solução universal para o problema de acesso a água potável.

Diferente do tratamento tradicional da água realizado pelas ETAs, o SODIS pode melhorar as finanças e qualidade de vida das famílias pobres e rurais principalmente por: (i) reduzir os custos para o combustível usado para ferver a água; (ii) reduzir os custos associados à doença (solução de reidratação oral, medicina, transporte para instalações médicas locais, etc); (iii) melhorar a qualidade da água para beber. A fotocatalise acelera a inativação dos micro-organismos tornando o sistema SODIS mais eficiente. Para o sucesso da técnica em condições climáticas favoráveis ou não, o emprego do peróxido de hidrogênio pode ser uma solução, desde que a população adote a desinfecção solar e aprenda emprega-lo.

AGRADECIMENTO(S)

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica pelo suporte técnico e financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMIN, M. T.; HAN, M. Y. Improvement of solar based rainwater disinfection by using lemon and vinegar as catalysts. *Desalination*, v. 276, n. 1, p. 416-424, 2011.
2. ARBAGE, M. A.; LIMA, D. M. B. de; SOUZA, C. M. N. Avaliação econômica de tecnologias sociais aplicadas à promoção de saúde: abastecimento de água por sistema SODIS em comunidades ribeirinhas da Amazônia. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 7, n. 18, p. 2119-2127, 2013.
3. CESA, M. de V.; DUARTE, G. M. A qualidade do ambiente e as doenças de veiculação hídrica. *Geosul*, v.25, n. 49, p. 63-78, 2010.
4. HINDIYEH, M.; LOBO, M. A. A.; LIMA, D. M. B. de. Investigating the efficiency of solar energy system for drinking water disinfection. *Desalination*, v. 259, p 208–215, 2010.
5. MARTÍN-DOMÍNGUEZ, A., ALARCÓN-HERRERA, M. T., MARTÍN-DOMÍNGUEZ, I.R., GONZÁLEZ-HERRERA, A. Efficiency in the disinfection of water for human consumption in rural communities using solar radiation. *Solar Energy*, v. 78, p. 31-40, 2005.

6. NAVNTOFT, C.; UBOMBA-JASWA, E.; MCGUINGAN, G. K. Effectiveness of solar disinfection using batch reactors with non-imaging aluminium reflectors under real conditions: natural well-water and solar light. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, v.93, p.155-161, 2008.
7. PATERNIANI, J.E.S., SILVA, M.J.N. Desinfecção de efluentes com tratamento terciário utilizando energia solar (SODIS): avaliação do uso do dispositivo para concentração dos raios solares. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, p. 9-13,2005.
8. QUELUZ, J. G. T. *Estudo da eficiência da desinfecção solar de águas residuárias domésticas em reatores de diferentes colorações*. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista – USP, Botucatu.
9. SCIACCA, F.; RENGIFO-HERRERA, J. A.; WÉTHÉ, J. Dramatic enhancement of solar disinfection (SODIS) of wild Salmonella sp. in PET bottles by H₂O₂ addition on natural water of Burkina Faso containing dissolved iron. *Chemosphere*, v. 78, p. 1189-1191, 2010.
10. SPUHLER, D.; RENGIFO-HERRERA, J. A.; PULGARIN, C. The effect of Fe²⁺, Fe³⁺, H₂O₂ and the photo-feton reagent at near natural pH on the solar disinfection (SODIS) at low temperatures of water containing *Escherichia coli*. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 96, p.126-141, 2010.