

USO DE GARRAFAS PET E ENERGIA SOLAR NA DESINFECÇÃO DE ÁGUAS EM COMUNIDADES RURAIS

Marcelo Jacomini Moreira¹; José Euclides Stipp Paterniani²

RESUMO

A energia solar além de ser uma fonte natural disponível é perfeitamente aplicável em regiões menos favorecidas em infra-estrutura e recursos financeiros, uma vez que não há necessidade da dosagem de produtos químicos e o não há custo já que se pode reutilizar materiais comerciais descartados. O presente trabalho utilizou garrafas PET reutilizadas, transparentes, com a metade pintada de preto, sendo consideradas como variáveis: tempos de exposição de 1, 2, 4, e 6 horas e o uso de um concentrador dos raios solares. Os parâmetros de controle do aflente foram turbidez, cor aparente, temperatura, coliformes totais e E.Coli e do efluente: temperatura, coliformes totais e E.Coli; para a avaliação do reativação bacteriana a água foi armazenada em moringas de mesa por 24 horas, simulando uma situação comum nas residências rurais brasileiras. Os resultados permitiram concluir que o uso do concentrador solar permite reduzir o tempo de exposição ao sol de 6 horas para 4 horas, sem prejuízo da eficiência do SODIS e o utilizando o concentrador solar com tempo de exposição de 6 horas tem-se o processo de pasteurização solar (SOPAS), com a água atingindo a temperatura de 70°C e não havendo recrescimento de bactérias. Também se observou que a presença de nuvens reduz a incidência de radiação solar, bem como a eficiência do SODIS, mesmo com a temperatura da água mais elevada durante a desinfecção, apesar deste fator não apresentar uma influência estatisticamente significativa.

Palavras-chave: Desinfecção, SODIS, Saneamento Rural

UTILIZATION OF PET BOTTLES AND SOLAR ENERGY IN DISINFECTION OF WATER FOR SMALL COMMUNITIES

ABSTRACT

Besides being an available natural source, the solar energy is very applicable in places where there are bad recourses and low money resouces, because there aren't either the need of chemical products neither a huge cost (commercial materials can be re-used). To make this job we used re-used half painted black PET bottles with the variables: exposed to heat times: 1, 2, 4 e 6 hours and we used also a concentrator of rays of sunshine. The affluent control parameters were: turbidity, aparent color, temperature, total coliforms and *E. coli*. The effluent parameters were just the last three: temperature, total coliforms and *E.coli*. To asses the bacteria reactivation the water was kept in bottles for 24 hours, pretending a situation that is very commom in brazilian rural houses. We conclude that the use of the concentrator of rays of sunshine can reduce the exposition to heat from 6 to 4 hours, without prejudice the SODIS efficiencie and using the concentrator of rays of sunshine for 6 hours we can obtain the process of solar pasteurization (SOPAS), with a 70°C water temperature and stoping the re-growth of bacteria. We also observed that when there are clouds in the sky the incidention of solar radiation and the SODIS efficiencie decrease, even if the water temperature is higher during the disinfection, although this factor doesn't mean a significative influence statisticlly.

Key-words: Disinfection, SODIS, Rural Environmental

¹ Mestre em Saneamento e Ambiente FEC/Unicamp, Doutorando em Saneamento e Ambiental FEC/Unicamp

² Doutor em Hidráulica e Saneamento EESC/USP, Professor do Departamento de Saneamento e Ambiente da FEC/UNICAMP

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais são cada vez mais constantes as discussões entre organizações, instituições acadêmicas e científicas e autoridades governamentais sobre a escassez eminente dos recursos hídricos em nosso planeta. O Brasil, apesar de sua condição aparentemente confortável comparada a outros países, principalmente do oriente médio, não pode ficar alheio a essa questão uma vez que os recursos hídricos no Brasil não estão distribuídos de forma homogênea, e já são muitas as regiões brasileiras que sentem os problemas de falta de água e convivem com freqüentes conflitos por essa razão.

Na grande maioria das regiões onde a água é escassa, esta possui ainda qualidade imprópria para muitos tipos de usos, devido ao lançamento de efluentes de esgotos sanitários e industriais “in natura” nos mananciais, o que se faz necessário à adequação da água para o uso a que se destina, através de técnicas apropriadas de tratamento.

Nessas situações o emprego de tecnologias simples e de baixo custo traria a possibilidade de viabilizar o reuso de efluentes e minimizar os impactos sobre os recursos hídricos do ponto de vista qualitativo e quantitativo.

O uso da energia solar para desinfecção de águas (SODIS) vem sendo proposta para utilização por exemplo nas áreas rurais de países em desenvolvimento, possibilitando a desinfecção de águas captadas em poços ou mananciais superficiais cujas características físicas e químicas são adequadas ao consumo humano, mas biologicamente não.

Assim, o presente projeto de pesquisa visa à realização de investigações experimentais mais detalhadas sobre a desinfecção com energia solar (SODIS) de águas residuais com tratamento terciário por leitos cultivados e o recrescimento de bactérias nessas águas.

O uso do efluente dos leitos cultivados deve-se, apenas, a alta concentração de coliformes totais e *E.Coli*, assim podemos avaliar se a desinfecção solar (SODIS) em condição crítica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Características do Local de Realização do Experimento

A instalação piloto para a investigação experimental, foi montada no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP localizado no município de Campinas (Latitude 22^o 49'05" Sul).

As avaliações do sistema SODIS foram realizadas variando os parâmetros: tempo de exposição das garrafas ao sol 1, 2, 4 e 6 horas, cobrindo assim os pontos do intervalos de tempo entre 40 minutos e 6 horas recomendados pelas literatura para inativação completa de coliformes, conforme cita Sommer *et al* (1997) e Wegelin *et al* (1994); condições climáticas: escolheu-se dias com céu totalmente aberto e dias com o céu parcialmente encoberto por nuvens; e utilização de um concentrador solar semelhante ao proposto pelo o IMTA – Instituto Mexicano de Tecnologia da Água (HERRERA, 2003) construído madeiras e recoberto com folhas de papel alumínio, para aumentar a eficiência do SODIS

2.2. Materiais Utilizados

Reutilizou-se vasilhames PET descartados após o consumo de refrigerantes, sendo escolhidas as incolores, com a metade voltada para baixo, lixada e pintada com tinta esmalte na cor preto fosco.

O concentrador solar proposto pelo IMTA possui capacidade para apenas três garrafas, então, para garantir que os quatro tempos de exposição adotados estivessem sob as mesmas condições foi construído um concentrador solar com as mesmas características geométricas alterando apenas as medidas da base e de duas aletas para que fossem utilizadas quatro garrafas ao invés de três.

2.3. Condução do Experimento

O afluente utilizado foi efluente doméstico com tratamento terciário realizado por leitos cultivados onde havia uma concentração elevada de bactérias do grupo coliformes, sendo analisadas cor, turbidez e temperatura; verificando-se que o mesmo reuniu as condições adequadas para o uso do SODIS.

Para a avaliação do recrescimento bacteriano, uma vez que o SODIS não possui efeito residual, a água desinfetada foi transferida para moringas de mesa, cerâmicas, com volume de 1 litro e armazenado por 24 horas em condições naturais, simulando as condições de armazenamento doméstico e então analisadas as concentrações de coliformes totais e *E.Coli*.

O recrescimento bacteriano foi avaliado pela razão entre o número de indivíduos vivos 24 horas após a desinfecção e no momento da retirada das garrafas do sol.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Dados do Afluente e das Condições Experimentais

O afluente apresentou características adequadas à utilização do processo de desinfecção solar, tendo turbidez média de 5,52NTU, cor aparente média de 125,67 [Pt-Co] e concentrações de coliformes totais e *E.Coli* da ordem 10^5 e 10^4 NMP (100ml)⁻¹, respectivamente.

As condições experimentais, referentes ao clima, foram determinadas pela ocorrência de nuvens no céu. E estão mostradas nas FIGURAS 1 a 4.

Os dados experimentais dos dias com o céu sem nuvens apresentam menor variabilidade de intensidade de radiação solar, confirmando as informações encontradas na literatura técnica, que justifica tal variabilidade pela interceptação momentânea dos raios solares pelas nuvens, sendo mais intensa entre 10:00 e 14:00

No caso exposição ao sol por apenas 4 horas o horário com melhores condições de utilização do SODIS é entre 10:00 e 14:00, pois neste período tem-se tanto a temperatura como a radiação solar em simultaneamente em quantidade adequadas para a alta eficiência do SODIS.

3.2. Influência do Concentrador Solar na Eficiência do SODIS

A eficiência do SODIS, segundo revisão bibliográfica, está diretamente relacionada com a temperatura da água e com presença de radiação solar, sendo recomendado o mínimo de 50°C e tempo de exposição de 6 horas; com o uso do concentrador solar a taxa de aquecimento da água é aumentada como mostra a FIGURA 5

Nota-se que concentrador atua mais significativamente como aumento da temperatura, tendo esta um comportamento logarítmico com alto coeficiente de correlação, $R^2 = 0,9534$ utilizando o concentrador solar e $R^2 = 0,9701$ no processo de desinfecção tradicional.

A eficiência de inativação de coliformes totais nas garrafas que não utilizaram o concentrador solar atingiu a média de 99,56% com tempo de exposição de 6 horas; enquanto as eficiências para garrafas com o concentrador solar foram em média 99,89% e 99,98% com 4 horas e 6 horas de exposição respectivamente.

Observou-se também que as garrafas cujas temperaturas alcançaram 50°C e tempo de exposição de 6 horas, sem o concentrador solar, tiveram 100% de eficiência, confirmando os

dados de pré-requisitos encontrados na literatura. Já, naquelas que utilizaram o concentrador solar a eficiência foi de 100% com 4 horas de exposição quando alcançou-se a temperatura de 70°C.

A inativação de *E.Coli* foi em média 98,46% nas garrafas que não utilizaram o concentrador solar com tempo de exposição de 6 horas; enquanto a eficiência do sistema com o concentrador foi 100% com apenas 4 horas de exposição.

O desenvolvimento de desinfecção ao longo do tempo de exposição em função da do uso do concentrador solar é mostrado na FIGURA 6, sendo observado que a eficiência é elevada para tempos de exposição maiores que 4 horas.

3.3. Influência das Condições Climáticas na Eficiência do SODIS

O aquecimento da água e a inativação bacteriana tiveram influência da condição climática presente durante o tempo de exposição ao sol., sendo a temperatura da água durante o processo (FIGURA 7) foi superior nos dias sem nuvens,

A inativação média de bactérias do grupo coliformes totais teve os valores médios, para o tempo de exposição de 4 horas foi 3,29% maior no processo realizado com céu aberto e para o tempo de exposição de 6 horas a diferença na eficiência diminuiu, chegando a eficiência de 99,992% nos dias com céu aberto e 99,6% nos dias com nuvens, diferença de apenas 0,392%.

De modo análogo a diferença de eficiência de inativação de *E.Coli* foi 100% nos dias com céu aberto e 98% nos dias com nuvens, tanto para 4 horas como 6 horas de exposição ao sol

A FIGURA 8 representa o desenvolvimento da desinfecção ao longo do tempo de exposição em função das condições climáticas

3.4. Recrescimento Bacteriano

O recrescimento bacteriano tem um papel importante devido à manutenção da potabilidade da água e como o SODIS não possui efeito residual a água deve ser consumida em um tempo breve.pois as amostras dos ensaios com tempo de exposição de 1 e 2 horas apresentaram, 24 horas após o fim do SODIS, valores concentração de coliformes totais e *E.Coli* tanto superiores como inferiores àqueles apresentados no momento final do SODIS, indicando que pode ocorrer um recrescimento significativo de microrganismos após o processo SODIS, se o tempo de exposição e a temperatura não forem adequadas.

Apenas nas amostras em que a desinfecção foi feita utilizando o concentrador de raios solares, proposto pelo IMTA, independente da condição climática e a temperatura média alcançada foi da ordem de 70°C com 4 horas de exposição, não houve o recrescimento de bactérias do grupo coliformes totais nem *E.Coli*. Nessas condições segundo SOMMER *et al* (1997), tem-se um processo de pasteurização solar (SOPAS) e não de desinfecção solar.

O recrescimento bacteriano depende significativamente da temperatura que a água alcançou durante a desinfecção. A FIGURA 9 mostra o recrescimento bacteriano em função da temperatura da água, onde nota-se que o recrescimento foi inibido totalmente apenas nas amostras cuja temperatura da água no final do período de exposição ao sol esteve em torno de 70°C

4. CONCLUSÕES

1. O uso do concentrador solar proposto pelo IMTA permite reduzir o tempo de exposição ao sol de 6 horas para 4 horas, sem prejuízo da eficiência do SODIS, uma vez que, mesmo com 2 horas de exposição a menos, o SODIS com o concentrador solar inativou 99,89% de coliformes totais e 100% de *E.Coli* para 4 horas de exposição, enquanto o SODIS tradicional teve eficiência de 99,56% de coliformes totais e 96,48% de *E.Coli* para 6 horas de exposição ao sol;

2. A presença de nuvens reduz a incidência de radiação solar, bem como a eficiência do SODIS, mesmo com a temperatura da água mais elevada durante a desinfecção.

3. O SODIS não possui efeito residual, o que favorece o recrescimento bacteriano 24 horas após o término do processo de desinfecção quando a temperatura da água ficou em torno de 50°C;

4. O uso do concentrador solar aqueceu a água até 70°C promovendo uma pasteurização solar (SOPAS) que inativou 100% das bactérias;

5. O uso do concentrador solar evitou o crescimento de bactérias após 24 horas do término do processo para amostras cuja água foi aquecida até 70°C por pelo menos 4 horas.

AGRADECIMENTOS

À FEC/UNICAMP pela participação no programa de pós-graduação e ao CNPQ pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HERRERA, A. G., **Desinfección Solar Del Agua**, IMTA – Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Mexico, 2003

SOMMER, Be et al; Sodis - An Emerging Water Treatment Process, **Journal of Water Suply: Research and Technology - Aqua**, v. 46, n3, p. 127 – 137, 1997

WEGELIN, M., et al, *Solar Water Disinfection: Scope on Process and Analysis of Radiation Experiments*, **Journal of Water Suply: Research and Technology - Aqua**, v. 43, n3, p. 154 – 169, 1994

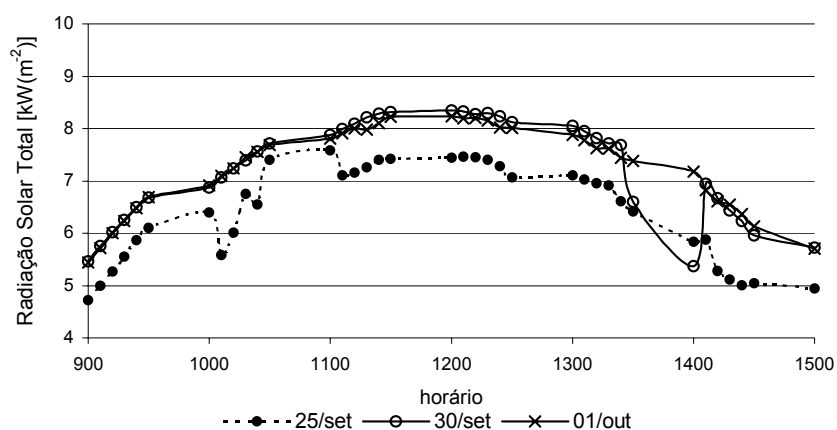


FIGURA 1. Intensidade de Radiação Solar Total Incidente nos dias com céu aberto (dados fornecidos pelo CEPAGRI com base em coleta a cada 10 minutos)

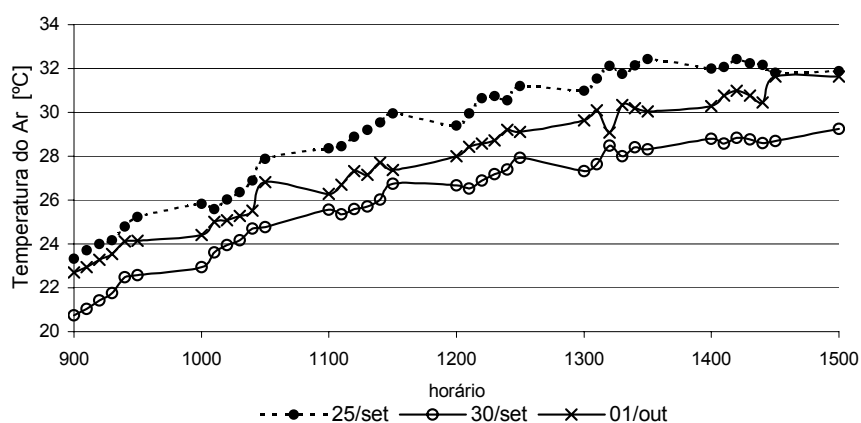


FIGURA 2. Temperatura do Ar nos dias com céu aberto (dados fornecidos pelo CEPAGRI com base em coleta a cada 10 minutos)

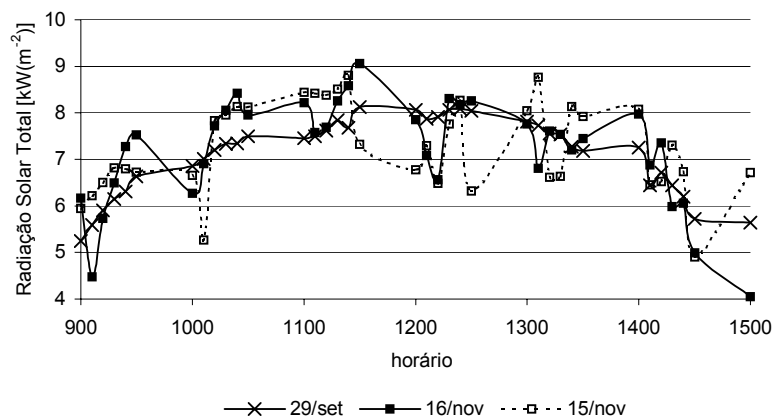


FIGURA 3. Intensidade de Radiação Solar Total Incidente nos dias em que haviam nuvens no céu (dados fornecidos pelo CEPAGRI com base em coleta a cada 10 minutos)

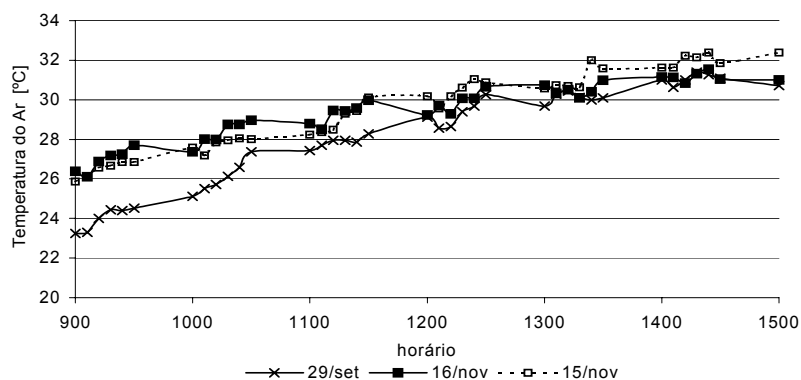


FIGURA 4. Temperatura do Ar nos dias em que haviam Nuvens no Céu (dados fornecidos pelo CEPAGRI com base em coleta a cada 10 minutos)

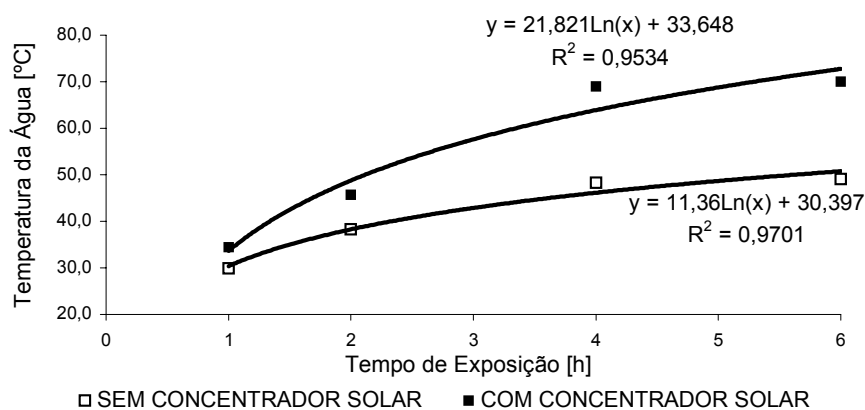


FIGURA 5. Temperatura média da água no processo de desinfecção solar (SODIS)

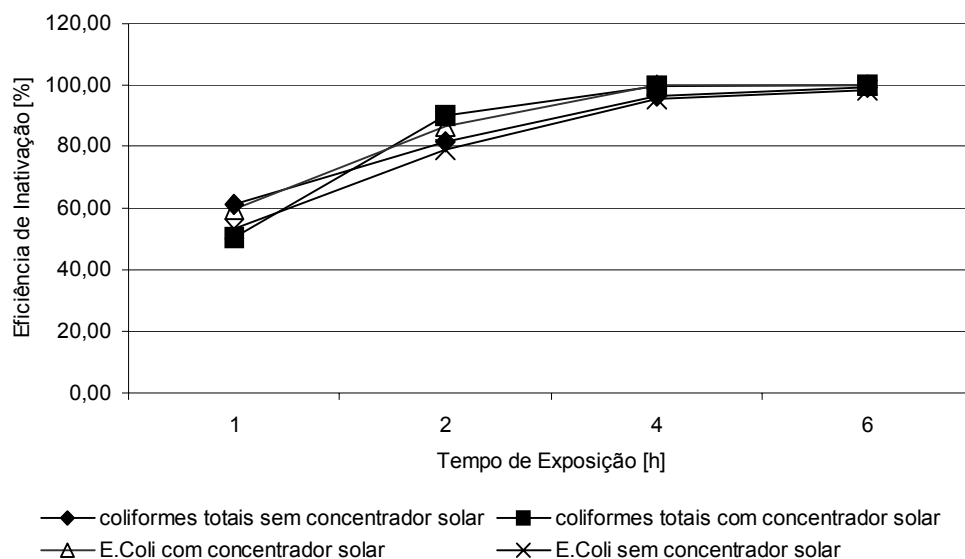


FIGURA 6. Eficiência de Inativação do SODIS em função do uso do concentrador solar

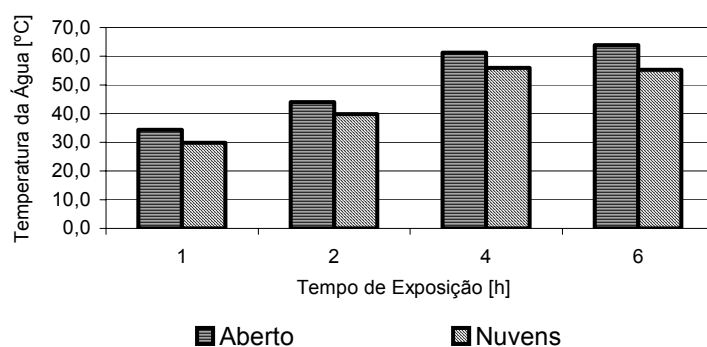


FIGURA 7. Temperatura média da água durante o processo de desinfecção solar

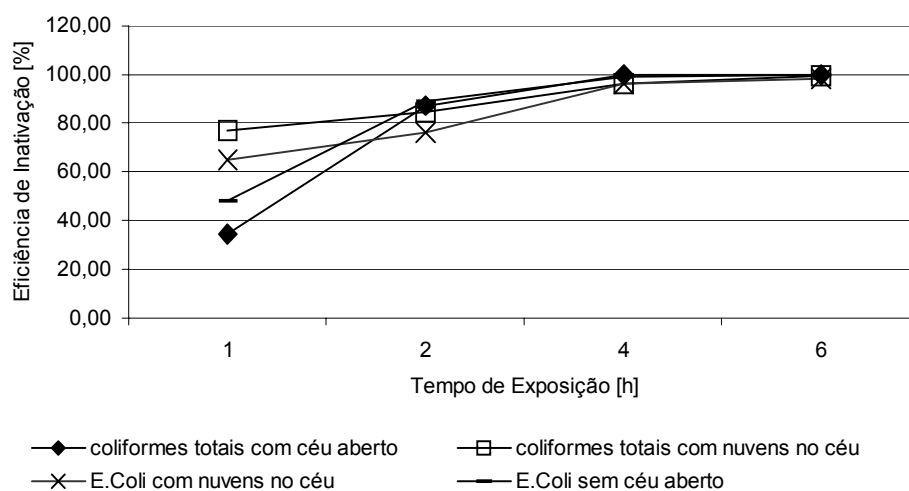


FIGURA 8. Eficiência de Inativação do SODIS em função da condição climática

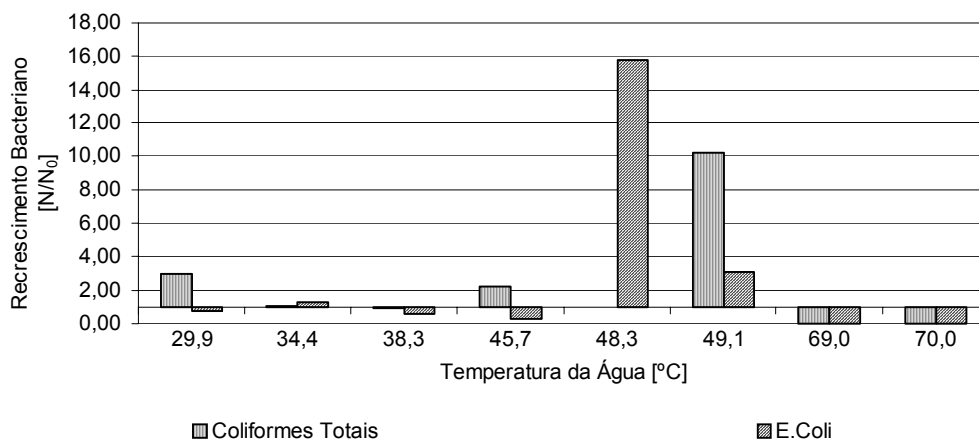


FIGURA 9. Recrescimento de Bactérias em função da Temperatura da Água (valores médios)