

## VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE PURIFICAÇÃO DE ÁGUA COM O USO DA RADIAÇÃO SOLAR<sup>1</sup>

### *THE FEASIBILITY OF A WATER PURIFICATION SYSTEM BY SOLAR RADIATION*

**Lucas Anthoni Scapin<sup>2</sup>, André Gonçalves Panziera<sup>2</sup>, Ewerthon Cezar Schiavo Bernardi<sup>2</sup>,  
Galileo Adeli Buriol<sup>3</sup> e Alexandre Swarowky<sup>4</sup>**

#### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi testar um sistema para tratar a água utilizando a energia solar, comparando a sua eficiência com os padrões do Ministério da Saúde e do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Foi confeccionada uma estrutura em forma piramidal, com 25° de inclinação, utilizando materiais de fácil aquisição e de baixo custo como: madeira, vidro, tinta preta e tubos de policloreto de vinil. As amostras de água foram coletadas no arroio Esperança e na estação de tratamento de efluentes de Santa Maria, RS. Os parâmetros analisados foram coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, turbidez, cor aparente e sólidos dissolvidos totais. Os coliformes termotolerantes foram totalmente eliminados após o tratamento. A remoção média da cor aparente e turbidez foi de 97,93%, resultando em um ótimo tratamento para ambas as amostras de água. A demanda bioquímica de oxigênio diminuiu mais de dez vezes, obtendo-se um valor médio de 3,34 mg/L.

**Palavras-chave:** tratamento, energia solar, qualidade da água.

#### **ABSTRACT**

*The objective of this study is to test a system to treat water that uses solar energy by comparing its efficiency against the standards of the Health Department, and the National Council for the Environment. A pyramid-shaped structure was built, with a 25° inclination, using cheap and easily available material as wood, glass, black ink and vinyl polychloride tubes. The water samples were collected in the Esperança stream and in the water treatment plants in Santa Maria, RS. The parameters analyzed were thermotolerants coliforms, biochemical oxygen demand, turbidity, apparent color and total dissolved solids. The thermotolerants coliforms were totally eliminated after treatment. The average removal of color and turbidity was 97.93%, resulting in a great treatment for both water samples. The biochemical demand of oxygen decreased more than tenfold, resulting in an average value of 3.34 mg/L.*

**Keywords:** treatment, solar energy, water quality.

---

<sup>1</sup>Trabalho de Iniciação Científica.

<sup>2</sup>Acadêmicos do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário Franciscano. E-mail: andrepanziera@hotmail.com; bernardi.ecs@hotmail.com; lucas.scapin@hotmail.com

<sup>3</sup>Orientador - Centro Universitário Franciscano.

<sup>4</sup>Coorientador - Centro Universitário Franciscano.

## INTRODUÇÃO

A falta de recursos naturais tem sido tema de destaque em diversas vias de comunicação do mundo. Quando se trata do recurso água, este problema torna-se ainda maior, uma vez que é um elemento essencial para a vida. No território brasileiro, a discrepância da oferta de água é bastante expressiva: na metade Norte se concentram 81% dos recursos hídricos em 45% da extensão do país, enquanto que, no restante do país têm-se somente 20% (ANA, 2010). Atrelado a esse aspecto, a efetividade do tratamento da água para abastecimento não é uniforme no país, devido à distinção econômica, geográfica e social. Em função disso, muitas pessoas consomem água com deficiência de qualidade, a qual apresenta uma tendência a ser nociva à saúde.

Dentre os métodos de tratamento da água em grande escala, tem-se a floculação por aditivos químicos junto ao adensamento por gravidade, comumente utilizado em Estações de Tratamento de Efluentes (ETE), e o escoamento superficial. Tais tratamentos são eficientes para purificar a água. O problema destes tratamentos encontra-se na necessidade de grandes áreas com boas condições de relevo, biota e clima, assim como elevado amparo financeiro. Dessa forma, se faz necessário recorrer a alternativas que melhorem a qualidade da água, de baixo custo e que possam ser aplicadas dentro das diversas condições naturais do território brasileiro (SPERLING, 2005).

Estudos vem sendo desenvolvidos com o intuito de maximizar e otimizar a irradiância solar para esse fim. Gómes-Couso et al. (2009) obtiveram remoção eficaz de *Cryptosporidiumparvum* sob intensidade de irradiância solar maior que  $600\text{W/m}^2$ , em águas com grau de turbidez de 5, 100 e 300UNT. Oates et al. (2003) utilizaram o método SODIS (*Solar Disinfection*), visando inativação de *Escherichia Coli* e confirmaram a eficiência de 70,0% de desinfecção dessa bactéria na água, após, respectivamente, 5, 6 e 4-6 horas de irradiância solar. Liu et al. (2012) concluíram que 99,9% das bactérias analisadas tornaram-se inertes e 80,0%, morreram quando submetidas, na água, a irradiância solar em membranas de nanofibras de  $\text{Ag/TiO}_2$ , por 30 minutos. Gelover et al. (2006) compararam a desinfecção da água com o método SODIS e o uso de  $\text{TiO}_2$ , obtendo com esse último, em 15 minutos de exposição e com irradiância solar de  $1000\text{ W/m}^2$ , a inibição total de bactérias do grupo coliformes.

Embora existam várias alternativas de tratamento com a utilização da energia solar, muitas não são conhecidas no território brasileiro. Além disso, é necessário que sejam de baixo custo para o saneamento das águas do país, pois, assim, existe a possibilidade de que os sistemas sejam viabilizados para a população com disponibilidade mínima de renda. Além desse aspecto, ressalta-se que a radiação solar é uma energia perene, que não gera resíduo, com possibilidade de utilizar superfícies marginais, coberturas e telhados (BASSO et al., 2010; VIEIRA; SANTOS, 2012).

No presente trabalho, o objetivo foi testar um sistema para purificar a água utilizando a energia solar, comparando a sua eficiência com indicadores de qualidade frente aos padrões de potabilidade.

de da portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde e do artigo 4º da Resolução número 357 de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2012).

## MATERIAL E MÉTODOS

### PROTÓTIPO

Construiu-se o protótipo representado na figura 1. Foram utilizados materiais de fácil aquisição e de baixo custo, como madeira, vidro, tubos de policloreto de vinil e lona pintada de cor preta. A configuração da estrutura teve seus fundamentos adaptados do estudo realizado por Soares (2004). A base da estrutura da pirâmide foi pintada de preto para absorver o máximo possível da irradiância solar incidente. As dimensões foram de 1m<sup>2</sup> de base, e os vidros foram instalados de modo a formar um ângulo de 25° com o eixo horizontal. A radiação solar serviu como fonte de energia para o processo de tratamento do efluente. A água, aquecida pela energia solar, passou ao estado de vapor e, ao entrar em contato com a parte interna do vidro da cobertura, condensou-se e escoou para um sistema de captação, no qual foram coletadas as amostras para análises laboratoriais.

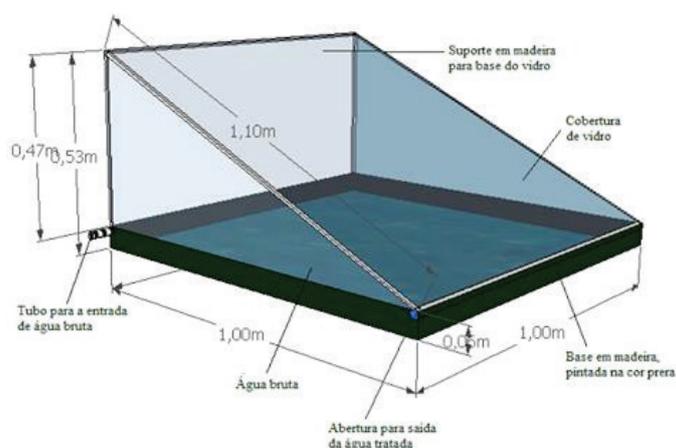


Figura 1 - Estrutura para destilação da água com base na radiação solar incidente.

### LOCAL DE ESTUDO

O protótipo foi instalado junto ao prédio do laboratório da Engenharia Ambiental e Sanitária, conjunto II do Centro Universitário Franciscano, em Santa Maria - RS. O clima do município, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, sem estação seca e com verões quentes. Na tabela 1 estão representados os valores médios mensais de irradiância solar global média.

**Tabela 1** - Irradiância solar global média mensal ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ) para Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul.

Mês	$\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$	Mês	$\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$
Jan	21,7	Jul	9,8
Fev	20,8	Ago	11,7
Mar	17,4	Set	14,5
Abr	13,7	Out	19,0
Mai	11,3	Nov	21,9
Jun	9,2	Dez	23,0

Fonte: Wrege et al. (2012).

## AMOSTRAS DE ÁGUA

Foram coletadas amostras de água de dois locais: no Arroio Esperança, microbacia do Arroio Cadena, que flui por entre o centro urbano de Santa Maria, cujas coordenadas geográficas do ponto de coleta são  $29^{\circ} 40' 47,41''\text{S}$  e  $53^{\circ}48'50,50''\text{W}$  e a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do município de Santa Maria, sendo o ponto de coleta nas coordenadas geográficas  $29^{\circ}43'32,51''\text{S}$  e  $53^{\circ}49'03,59''\text{W}$ . A escolha dos locais baseou-se, no primeiro caso, em função de que, em locais distintos da bacia hidrográfica, às margens do arroio, ocorrem ocupações irregulares com lançamento de efluentes diretamente no seu leito. No segundo caso, utilizaram-se amostras de água da ETE, em função de que geralmente se encontra com deterioração elevada.

O ponto de coleta das amostras nos locais foi em torno de 1 m da margem e de 20 cm da superfície da água. Para a coleta fez-se o uso de um amostrador para água, por meio do qual foram retirados aproximadamente 5L de água. Antes da coleta, todos os recipientes coletores passaram por processos de assepsia, por meio do uso de álcool 70,0%. Todas as amostras foram rotuladas e identificadas.

## O PROCESSO DE PURIFICAÇÃO

Para efeito de análise foram consideradas águas Pré e Pós-tratamento. Para a análise anterior a passagem pelo filtro (Pré), foi extraída da amostra de 5L uma subamostra de 1L. Após, os 4L restantes foram passados pelo sistema filtrante, em que coletou-se um volume novo de 1L da água filtrada (Pós). O tempo de exposição à radiação solar das amostras de água foi de 6 horas, período comumente utilizado para esse tipo de tratamento (AMIN; HAN, 2009; DAVIES et al. 2009).

As determinações foram realizadas com duração de 6 horas, das 13h às 18h, nos dias 7, 8 e 9 de dezembro de 2011 e 23, 24 e 25 de abril de 2012, respectivamente com as amostras de água coletadas no arroio Esperança e na ETE. Os valores diários de irradiância solar global, ocorridos nesses dias foram obtidos na estação meteorológica do 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a aproximadamente 10km do local do experimento.

Sendo assim, foram realizadas um total de doze análises laboratoriais de todos os parâmetros, seis para cada água, três antes (Pré) e três depois (Pós) do processo de filtragem de cada amostra. Foram avaliados os parâmetros de coliformes termotolerantes (CT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD) e cor aparente. As metodologias utilizadas para as análises foram as propostas por Alexander (1982) para os CT e Macêdo (2003) para o restante.

Os parâmetros Pré e Pós-desinfecção foram comparados com critérios fundamentados na legislação. Utilizou-se, para tanto, a Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que trata dos processos de controle e vigilância da qualidade hídrica para consumo humano, bem como seu padrão de potabilidade. Esta legislação foi utilizada para o enquadramento dos CT, STD, turbidez e cor aparente. Para o enquadramento da DBO foi utilizado o artigo 4º da Resolução 357 de 2005 do CONAMA (CONAMA, 2012).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **IRRADIÂNCIA SOLAR GLOBAL NOS DIAS DA REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS**

Os valores de irradiância solar global nos dias 7, 8 e 9 de dezembro de 2011, em Santa Maria, foram respectivamente, 26,4; 30,1 e 24,8MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> e nos dias 23, 24 e 25 de abril, 17,2; 14,2 e 14,0MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>. Esses valores foram superiores àqueles das médias dos meses correspondentes, tabela 1. Isto ocorreu em função da ausência ou pouca nebulosidade nesses dias. Assim, durante os dois períodos experimentais, as condições para a evaporação da água no interior do protótipo em relação às médias foram excepcionais. Isto, no caso do funcionamento do sistema ao longo do ano, deve-se levar em conta.

### **COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

Os coliformes termotolerantes apresentaram-se acima do preconizado pela legislação. Enquanto o Ministério da Saúde prevê a ausência de coliformes em 100mL na saída do tratamento, o valor médio na água coletada no arroio Esperança e a ETE foram de 215333,33 e 2433,33 NMP/100mL, respectivamente. Isso permite deduzir que, provavelmente, a água estava em contato direto com diversas bactérias patogênicas.

Após a passagem da água das amostras pelo sistema, a remoção dos coliformes foi total, tanto para as amostras coletadas no arroio Esperança como na ETE. Assim, a água tratada foi enquadrada no padrão de potabilidade fixado pela portaria 2914/2011. Estes resultados são semelhantes àqueles obtidos por Marques et al. (2013) em experimento realizado em condições climáticas semelhantes a desse trabalho: 6 horas de exposição à irradiação de 685,6 W/m<sup>2</sup>, o que removeu 99% de coliformes

termotolerantes. Diante do exposto, torna-se possível confirmar a eficiência da radiação solar e do sistema proposto, na inibição praticamente completa da bactéria do grupo dos coliformes. O diferencial do presente trabalho está no fato de que a estrutura utilizada para a inibição dos coliformes é de simples formato e de baixo custo, em virtude dos materiais utilizados. Isto pode ser um indicativo de que, utilizando materiais de fácil aquisição e custo, é possível inibir este tipo de bactéria, disponibilizando ao consumidor água de qualidade potável.

## DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

O valor médio obtido de DBO para as amostras coletadas no arroio Esperança foi de 118,58mg/L, cerca de 11 vezes maior que o preconizado para águas de classe 3 pela resolução 357/2005 (CONAMA, 2012). Para as amostras coletadas na ETE o resultado foi menor, perfazendo 19,02mg/L, que classifica a água em classe 4. Esses resultados pré-teste refletem um intenso metabolismo microbiano nas águas analisadas, possivelmente oriundo da grande quantidade de matéria orgânica presente nesses ambientes. Altos valores de DBO fazem com que o manancial demore muito tempo para depurar os compostos orgânicos. A velocidade desse processo depende do nível de ação hidrodinâmica que o corpo hídrico possui. Logo, em ambientes lânticos, os resultados obtidos podem acarretar na desoxigenação completa da água, o que a torna passiva de um tratamento muito intenso para ser novamente utilizada.

O processo de destilação das amostras dos dois corpos hídricos promoveu uma diminuição considerável da DBO. Nas amostras de água coletadas no arroio Esperança e na ETE, os valores após o tratamento foram, respectivamente, de 3,12 e 3,57mg/L. Dessa forma, o sistema proposto foi eficiente no processo de destilação da água, pois enquadrou as amostras de água dentro dos limites da classe 2, que permite valores de DBO de até 5mg/L. Malato et al. (2009) observaram que a eficiência do processo de destilação depende diretamente da temperatura e da variação do OD presente na água. Kehoe et al. (2001) e Sciacca et al. (2011) concluíram que a circulação do efluente pelas transformações dos estados da matéria foi a principal responsável para o incremento do oxigênio dissolvido nas amostras de seus estudos. Essa recirculação pode ter ocorrido em função da estrutura do protótipo utilizado. A água evaporada entrou em contato com a aeração atmosférica do interior do sistema, aumentando seu teor de radicais de oxigênio e, depois de condensada pelo contato com o vidro, apresentou maior concentração. Assim, em virtude da mudança de estado físico da água pela temperatura, a diferenciação dos teores de oxigênio dissolvido, pode ter sido o responsável pela redução expressiva da demanda por parte dos microrganismos. Ainda, a elevação de energia dentro do sistema pode ter provocado a morte de organismos mais sensíveis.

## TURBIDEZ E COR APARENTE

O valor médio de turbidez e cor aparente das amostras de água antes do tratamento, foram de 3,47UNT e 14,87uH/L para as amostras de água coletadas no arroio Esperança e de 89,42UNT e 176,47uH/L para aquelas coletadas na ETE. A Portaria 2914/2011 prevê, para a turbidez e cor aparente, 5UNT e 15uH/L, respectivamente, para o padrão organoléptico de potabilidade. Assim, apenas a água das amostras coletadas na ETE estava fora do preconizado. O grau de turbidez hídrico é um importante indicador de qualidade, pois pode estar relacionado a bactérias e leveduras presentes na solução aquosa que, ao estarem suspensas, desenvolvem-se e turvam a água aceleradamente (SPERLING, 2005).

A elevada discrepância entre os valores, no pré-tratamento, das amostras de água, coletadas na ETE e no arroio Esperança, pode estar associada às condições locais. Isso porque, por onde drena o arroio Esperança, as concentrações de turbidez e de cor aparente estão, quase em sua totalidade, atribuídas aos despejos domésticos. Na ETE, isto advém de inúmeros pontos do município em maior escala, o que pode explicar os elevados níveis destes parâmetros.

Após o processo de purificação, a água conteve excelente clarificação. Para a água das amostras coletadas no arroio Esperança o resultado obtido de turbidez foi de 0,38UNT e de 1,33uH/L para cor aparente e para as coletadas na ETE, de 0,65UNT para turbidez e de 3,5uH/L para cor aparente. Assim, os dois parâmetros foram enquadrados dentro do permitido pelos padrões da Portaria 2914 de 2011. Com estes resultados, constata-se a alta capacidade que o sistema possui para limpar a água, assim como, possivelmente, desinfetar a mesma. Essa efetividade pode ser associada também ao processo de evaporação, pois ao passar para o estado de vapor, a água se desprende de outras partículas que poderiam diferir sua transparência. As moléculas de água, então, ao entrar em contato com o vidro, condensam, e escoam pela angulação proposta até os canais de coleta.

## SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

Os resultados obtidos previamente ao tratamento das amostras de água para os SDT foram de 213,40mg/L para aquelas coletadas no arroio Esperança, e 278,89mg/L e na ETE. De acordo com a Portaria 2914/2011, o máximo permitido para este indicador é de 250mg/L. Assim, somente os SDT da água das amostras coletadas na ETE apresentava-se acima do fixado pela legislação. Embora esse parâmetro encontrava-se próximo do limite, existe a possibilidade de que os sólidos presentes possam ser, em maioria, partículas de nitrato, fosfato, cloreto e cálcio, os quais podem ser danosos ao ambiente natural e à saúde humana (SPERLING, 2005; WEBER-SCANNELL; DUFFY, 2007).

Após a passagem da água pelo sistema, ocorreu uma redução considerável dos SDT nas amostras coletadas nos dois corpos hídricos. Para as amostras de água coletadas no arroio Esperança o

valor obtido foi de 131,91mg/L e na ETE, de 155,41mg/L. Dessa forma, as amostras de água enquadraram-se no proposto pela Portaria do Ministério da Saúde. Isso é um indicativo de que o sistema proporcionou uma elevada absorção da radiação pela água, o que elevou a oxigenação hídrica, beneficiando a catálise de outros elementos.

Malato et al. (2009) citam que nesta dimensão de partícula, a separação líquida da fração sólida pode ser mais influenciada pelo efeito interfacial dos agregados, que pela dimensão das partículas primárias. Essa afirmação pode ser aplicável para explicar o nível de remoção dos SDT. Em virtude da reduzida concentração deste elemento nas amostras, permaneceram dissolvidas apenas partículas muito pequenas e com pouca massa. Consequentemente, a ação gravitacional não foi suficiente para sedimentar todos os sólidos, de modo que alguns permaneceram adsorvidos à água coleta após o tratamento.

## CONCLUSÃO

O sistema proposto é eficiente principalmente no tratamento de coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, turbidez e cor. Para os sólidos dissolvidos totais a remoção foi menos efetiva para a ETE. Mesmo assim, todos os parâmetros analisados enquadraram-se nos padrões de potabilidade da Portaria 2914/2011 do Ministério de Saúde. O principal motivo encontrado para explicar a melhora dos indicadores foi a destilação do efluente pelo sistema proposto, durante as 6 horas expostas.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDER, M. **Most Probable Number Method For Microbial Populations**. A.L. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties. American Society of Agronomy. Madson, Wi, USA. p. 815-820, 1982.

AMIN, M. T.; HAN, M. Y. Roof-harvested rainwater for potable purposes: application of solar collector disinfection (SOCO-DIS). **Water Research**, v. 43, p. 5225-5235, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água: panorama nacional**. Brasília: Engercorps/Cobrape, 2010. 72 p.

BASSO, L. H. et al. Análise de um sistema de aquecimento de água para residências rurais, utilizando energia solar. **Engenharia Agrícola**. v. 30, n. 1, p. 14-21, 2010.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resoluções do Conama: Resoluções publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. Brasília: MMA, 2012, p. 374-400.

DAVIES, C. M. et al. Solar radiation disinfection of drinking water at temperate latitudes: Inactivation rates for an optimized reactor configuration. **Water Research**, v. 43, p. 643-652, 2009.

GELOVER, S. et al. A practical demonstration of water disinfection using TiO<sub>2</sub> films and sunlight. **Water Research**, v. 40, p. 3274-3280, 2006.

GÓMES-COUSO, H. et al. Effect of the radiation intensity, water turbidity and exposure time on the survival of *Cryptosporidium* during simulated solar disinfection of drinking water. **Acta Tropical**, v. 112, p. 43-48, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. 2013. **Consulta Dados da Estação Automática**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 03 set. 2013.

KEHOE, S.C. et al. Effect of agitation, turbidity, aluminium foil reflectors and container volume on the inactivation efficiency of batchprocess solar disinfectors. **Water Research**, v. 35, p. 1061-1065, 2001.

LIU, L. et al. Concurrent filtration and solar photocatalytic disinfection/degradation using high-performance Ag/TiO<sub>2</sub> nanofiber membrane. **Water Research**, v. 46, p. 1101-1112, 2012.

MACÊDO, J. A. B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. Belo Horizonte: CRQ - MG, 2003. 450 p.

MALATO, S. et al. Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends. **Catalysis Today**, v. 147, p.1-59, 2009.

MARQUES, A. R. et al. Efficiency of PET reactors in solar water disinfectionfor use in southeastern Brazil. **Solar Energy**, v. 87, p. 158-167, 2013.

OATES, P. M. Solar disinfection (SODIS): simulation of solar radiation for global assessment and application for point-of-use watertreatment in Haiti. **Water Research**, v. 37, p. 47-54, 2003.

SCIACCA, F. et al. Solar disinfection of wild Salmonella sp. in natural water with a 18 L CPC photoreactor: Detrimental effect of non-sterile storage of treated water. **Solar Energy**, v. 85, p. 1399-1408, 2011.

SOARES, C. **Tratamento de água unifamiliar através da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada**. Agosto, 2004. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Departamento de engenharia sanitária e ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SPERLING, M. von. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

VIEIRA, M.; SANTOS, A. O Meio Ambiente Sustentável e a Energia Solar. **Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Sergipe, v. 1, p. 131-139, 2012.

WEBER-SCANNELL, P. K.; DUFFY, L. K. Effects of Total Dissolved Solids on Aquatic Organisms: A Review of Literature and Recommendation for Salmonid Species. **American Journal of Environmental Sciences**, v. 3, p. 1-6, 2007.

WREGGE, M. S. et al. Radiação solar. In: MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. de. **Atlas climático do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/CEMETRS, 2012, p. 145-165. Disponível em: <<http://bit.ly/1xZmi6y>>. Acesso em: 9 set. 2013.