

Eixo Temático ET-01-024 - Gestão Ambiental

ANÁLISE DE TÉCNICAS DE PASTEURIZAÇÃO E DESCONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR LUZ SOLAR: POTENCIAL APLICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIROIvanhoé Soares Bezerra¹, Débora Hypólito Lins Damázio², Vinicius Novo da Silva²¹Professor da Faculdade Internacional da Paraíba. João Pessoa-PB.²Aluno do Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade Internacional da Paraíba. João Pessoa-PB.**RESUMO**

Os problemas relacionados a questão hídrica no Nordeste brasileiro não são novas, principalmente em regiões semiáridas parte da população ainda está sujeita as adversidades relacionadas a quantidade e qualidade da água para consumo, fazendo-se necessário o desenvolvimento de medidas e técnicas que possam vir a mitigar tais problemas. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo a análise dos métodos de pasteurização da água por luz solar (SOPAS), e desinfecção solar de água com uso de concentrador de calhas parabólicas, como técnicas com potencial de aplicação em comunidades do semiárido brasileiro. Para seu desenvolvimento, considerou-se como foco do estudo o semiárido brasileiro, e foi feita uma revisão bibliográfica a respeito da questão hídrica no semiárido, bem como sobre a aplicação das técnicas de desinfecção e pasteurização da água com luz solar. Por meio da análise da aplicação e discussão das técnicas, foi possível avaliar que ambas se apresentam muito eficientes no tocante a inativação de microrganismos como *Escherichia coli*, bem como na alteração de parâmetros como pH e turbidez. Desta forma, considerando a necessidade de melhorias na qualidade da água disponível para consumo no semiárido brasileiro, e observação de fatores como eficiência na descontaminação da água, bem como praticidade com seu desenvolvimento, pode-se constatar que tais técnicas apresentam um grande potencial para a melhoria da qualidade de vida da população do semiárido brasileiro.

Palavras chave: Desinfecção da água; *Escherichia coli*; SOPAS; Calhas parabólicas.**INTRODUÇÃO**

A problemática das secas do Nordeste vem sendo discutida desde os tempos do Brasil Colonial, onde em seus primeiros relatos, os portugueses, trataram das migrações das regiões secas para regiões não afetadas por este fenômeno (NETO, 2016).

Segunda Agência Nacional de Águas (2010), a sustentabilidade e a segurança hídrica são condicionantes para o desenvolvimento econômico e social de um país. Entretanto, enfrentar os sérios problemas de acesso à água, que atingem mais severamente as populações dos pequenos municípios e das periferias dos grandes centros, é fundamental para o avanço e o crescimento de uma região.

Na época presente, cresce a preocupação com as mudanças climáticas em todo o mundo. Como divulga a ONU, a previsão de aumento da temperatura para o fim desse século XXI, é de 4 °C a 5 °C, com maior pluviosidade concentrada em áreas, como Amazônica, Centro-Sul e Centro-Oeste. Na região Nordeste a previsão é um aumento de 4 °C, com redução de chuvas de até 30%, destacadamente nas zonas áridas (CABRAL, 2016).

O semiárido brasileiro, em quase toda sua totalidade, tem como fonte principal de abastecimento hídrico os reservatórios superficiais que, segundo Medeiros et al. (2014), são responsáveis por atender 63,99% das sedes municipais que dispõem de serviço de fornecimento de água por meio de redes de distribuição.

No caso do semiárido paraibano, 124 municípios são atendidos por fontes superficiais de abastecimento, 24 por sistemas subterrâneos e 12 municípios são atendidos por sistemas de abastecimento misto (superficial e subterrâneo) (MEDEIROS et al., 2014).

Sendo assim, de acordo com Rodrigues (2011) grande parte da população carente e das zonas rurais, geralmente não dispõem de recursos necessários à implantação sistemas de tratamento de água adequados. Por meio disto, torna-se necessário o desenvolvimento de meios alternativos e baratos de melhoramento da qualidade dos recursos hídricos e da saúde da população. Não apenas de fácil instalação, mas também sistemas cuja operação e manutenção possam ser gerenciadas e sustentadas com recursos locais.

Tendo vista todos esses fatores, fazem-se necessário estudos que busquem novas tecnologias para contribuir significativamente com a forma de tratamento de águas presentes no semiárido brasileiro.

Rodrigues (2011) destaca que técnicas baseadas no sistema de pasteurização da água por luz solar (SOPAS), vem sendo muito difundidos, o autor afirma que:

Os aquecedores solares são uma alternativa excelente para prover a água quente desejada, e têm muito a contribuir para a mitigação dos impactos sócio ambientais do setor elétrico brasileiro. A tecnologia apresenta amplas vantagens ambientais, econômicas e sociais por ser um sistema bastante simples e que não requer insumos além de evitar a construção de hidrelétricas e o consumo de combustíveis fósseis. Através da implantação do aquecedor solar, consegue-se obter o aquecimento da água em condições favoráveis até 90°C. Dessa forma, o equipamento de aquecedor solar, promove a pasteurização da mesma, tornando-a potável para consumo humano e favorecendo as comunidades menos favorecidas e as propriedades rurais na melhoria da qualidade de vida através da promoção ao saneamento.

Rodrigues (2011) ainda destaca que este método representa uma alternativa viável que poderá trazer significativa contribuição para a promoção da melhoria da qualidade de vida de populações carentes, levando-se em conta que o emprego do uso convencional de tratamento da água implica em grandes investimentos.

Considerando o exposto acima, e tendo em vista que o Brasil é um dos países com maior incidência de radiação solar e sendo esta energia inesgotável, limpa e gratuita, faz-se necessário o incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias alternativas para a potabilização da água, principalmente em regiões onde o acesso a água potável é mais restrito, como o caso do semiárido brasileiro.

OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo a análise dos métodos de pasteurização da água por luz solar (SOPAS), e desinfecção solar de água com uso de concentrador de calhas parabólicas, como técnicas com potencial de aplicação em comunidades do semiárido brasileiro.

METODOLOGIA

Este estudo teve como foco o semiárido brasileiro, considerando a necessidade de uma reflexão da capacidade e necessidade de implementação de uma forma alternativa no descontaminação e desinfecção da água.

Para seu desenvolvimento foi realizada uma revisão bibliográfica em artigos científicos, monografias, teses e demais materiais de cunho técnico científico, afim de subsidiar seu desenvolvimento. Nesta revisão foram considerados materiais que tratassem dos recursos hídricos na região semiárida, bem como da aplicação das técnicas de pasteurização e desinfecção da água por luz solar.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Método Pasteurização de água com luz solar (SOPAS)

O método de pasteurização com luz solar consiste em uma técnica que possibilita a inativação dos microrganismos presentes na água para abastecimento humano com o aumento da temperatura para valores entre 60 °C e 70 °C, não ultrapassando 100 °C. Os organismos termossensíveis não resistem a essa temperatura e não havendo chance do recrescimento bacteriano após o processo (RODRIGUES, 2011). Solsona e Mendes (2002) propõem como tempo ótimo para o processo de pasteurização solar 30 minutos para uma exposição a 65 °C e 15 minutos para uma exposição a 75 °C.

Descontaminação biológica por pasteurização solar

Silva et al. (2016) desenvolveram um sistema em batelada para descontaminação biológica de água para fins de consumo humano baseado no processo de pasteurização associado ao fornecimento de energia térmica por meio de coletores solares, com finalidade de ser utilizado nas regiões semiáridas do Brasil, visando atender áreas onde se tem dificuldade para implantação de sistema de abastecimento, ou para substituição de sistema de tratamento por radiação ultravioleta que depende de energia elétrica. O Sistema apresentou um custo de U\$\$ 384,00, que pode ser barateado em função de uma construção em escala comercial, sendo o mesmo desenvolvido no município de Recife em Pernambuco.

O sistema consiste em um reservatório para água não tratada, um coletor solar (instalado a 23° de inclinação), um trocador de calor, um reservatório de água tratada um tubo de ventilação e componentes hidráulicos, além de um módulo fotovoltaico (Figura 1).

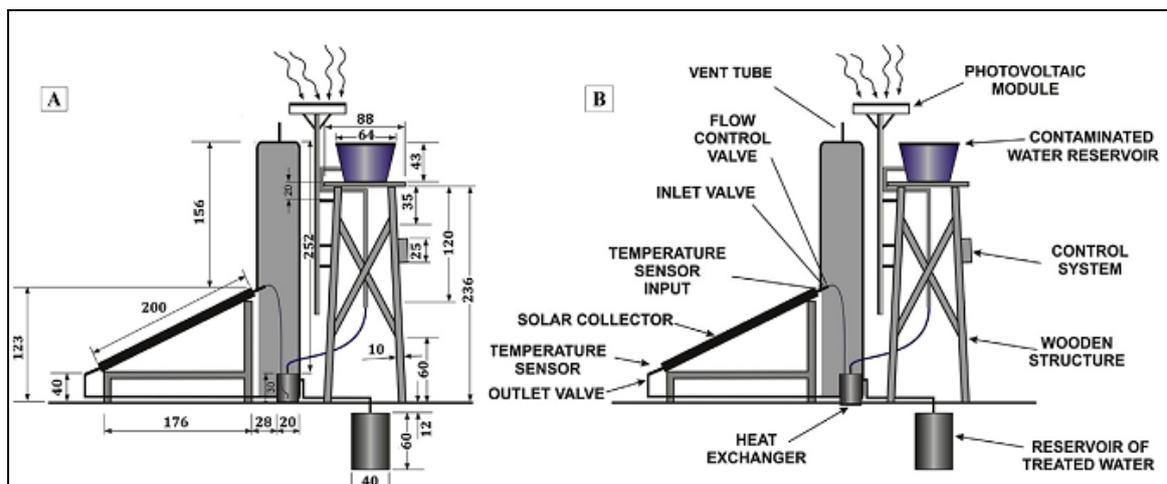


Figura 1. Sistema de tratamento por pasteurização solar: (a) Dimensões (b) esquema do protótipo. Fonte: Silva et al. (2016).

A água aflui do tanque de água não tratada para o tanque de água tratada por meio da gravidade, passando pelas bobinas do trocador de calor atingindo o coletor solar onde tem sua temperatura elevada, posteriormente a água passa novamente pelo trocador de calor, que remove parte da temperatura, sendo a mesma utilizada para incrementar a eficiência do tratamento da próxima batelada de água. (Figura 2)

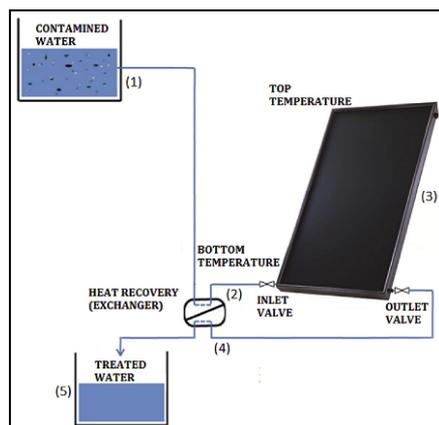


Figura 2. Funcionamento do sistema de tratamento por pasteurização solar. Fonte: Silva et al. (2017).

O sistema de pasteurização solar foi avaliado, em termos de eficiência para a inativação da E.Coli e Coliforme Totais, para cinco faixas de temperatura e cinco tempos de permanência conforme se pode observar na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das análises bacteriológicas, antes e depois do tratamento por pasteurização térmica.

Condições Experimentais		Parâmetros Microbiológicos (NMP/ 100 ml)			
Temperatura (°C)	T. de permanência (s)	Coliformes totais		Escherichia Coli	
		Antes	Depois	Antes	Depois
55	3600	14.000	< 3	250	< 3
60	2700	14.000	< 3	90	< 3
65	1800	14.000	< 3	40	< 3
75	900	14.000	< 3	40	< 3
80	15	14.000	< 3	40	< 3

Fonte: Silva et al. (2017).

Conforme se pode observar na Tabela 1, os autores concluíram que o sistema é eficiente na inativação dos microrganismos objeto de estudo, dentro da situação de contorno analisada. Os mesmos ainda avaliaram questões relacionadas a pH e Turbidez, alcançando valores de pH entre 7,75 e 8,82 após o tratamento, sendo considerado em conformidade com a faixa exigida pela Portaria MS/nº 2.914/2011, em relação a Turbidez, os mesmos obtiveram redução quase 50% entre os valores medidos antes e após o tratamento.

Silva et al. (2016) avaliaram ainda a eficiência da produção com e sem o trocador de calor, definindo que a produtividade está diretamente ligada a irradiação acumulada (8,3 MJ/m² quando com o trocador de calor e 12,2 MJ/m² sem o trocador de calor), sendo o sistema capaz de produzir 30 litros de água tratada por dia.

Carrielo et al. (2017) reavaliaram o sistema em função da inclinação do coletor solar, testando a eficiência para oito diferentes inclinações (2°, 4°, 6°, 8°, 10°, 15°, 20° e 25°), de forma a determinar a melhor relação entre a produtividade e a irradiação acumulada. Levando os mesmos a concluir que para a região de estudo os ângulos mais adequados para a maior eficiência são entre 10° e 15°, chegando a produzir 80 litros de água por dia, para uma condição de boa insolação.

Desinfecção solar de água com uso de Concentrador de Calhas Parabólicas (PTC)

A desinfecção solar com utilização de Concentrador de Calhas Parabólicas (PTC) usa como base o conceito de Pasteurização. Bigoni et al. (2014) desenvolveram um modelo de tratamento de água para fins humanos que utilizam o PTC e possibilitam um fluxo contínuo da água. O mesmo é indicado para países em desenvolvimento, principalmente para regiões com alta incidência solar e relativamente afastadas como é o caso de alguns países da América Latina e da África.

A técnica de desinfecção desenvolvida por Bigoni et al. (2014) consiste em um concentrador de calhas parabólicas, que tem como componentes principais três folhas de alumínio de 100 por 200 cm com alta refletância, criando uma superfície com 3 m de comprimento por 1,90 m de largura. Um elemento absorvente, um tubo negro de aço galvanizado, com comprimento de 3 metros e um diâmetro interno de 3,8 cm e capacidade volumétrica de 3,4 litros. A parábola tem seu foco a 40 cm, onde é instalado o tubo galvanizado. O Sistema parabólico é montado sobre uma estrutura livre que permite rotacionar o painel na direção da declinação do sol, ao final existe um tanque para a coleta da água tratada (Figura 3).

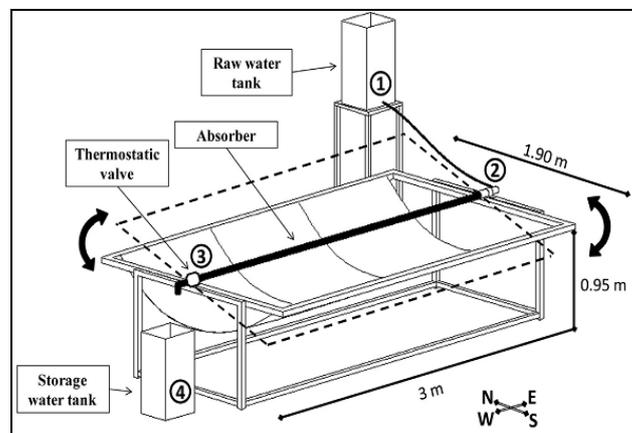


Figura 3. Modelo do sistema de desinfecção solar com uso de PTC. Fonte: Bigoni et al. (2014)

O sistema se configura como um sistema de funcionamento contínuo, onde seu funcionamento se inicia quando o elemento absorvente alcança 87 °C, temperatura é considerada pelos autores como ideal para que ocorra a inativação dos microrganismos patogênicos existentes na água. Uma válvula libera o fluxo de água previamente armazenada, esse processo independe da utilização de baterias ou eletricidade, uma vez que no interior da válvula existe uma cera que se liquefaz a uma temperatura de 87 °C ± 2 °C, liberando assim o fluxo da água. A água se encontra armazenada em um tanque de 80 litros, em uma plataforma a 1,5 m de altura, de forma a garantir mínima pressão hidrostática.

Bigoni et al (2014) testaram seu modelo para dias ensolarados e dias encobertos, na região de Dubendorf na Suíça, tendo determinado que nos dias ensolarados a produção de água foi mais eficiente, alcançado o máximo de 66 litros por dia, no entanto nos dias encobertos por nuvens houve uma queda significativa de produção de água.

Em termos de eficiência de remoção/inativação da *Escherichia Coli*, o mesmo foi avaliado no tratamento de água coletada diretamente do Rio Chriesbach, que apresentou originalmente baixa concentração de E. Coli, o que limitou um pouco a análise da eficiência e para a mesma água com acréscimo artificial da E. Coli, tendo apresentado resultado conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Taxa de remoção da E. Coli com a utilização da Desinfecção Solar com o uso do PTC.

	Data	Taxa anterior ao tratamento	Log da Redução
Água do rio	28/06	7,00 x 10 ²	2,85
	29/06	9,00 x 10 ²	2,95
	30/06	7,00 x 10 ²	2,84
Água do rio + E. Coli	10/07	5,80 x 10 ⁹	9,69
	17/07	9,00 x 10 ⁹	9,90
	18/07	3,60 x 10 ⁹	9,42

Fonte: Adaptado de Bigoni et al (2014)

Os autores definiram que após o tratamento, a taxa de inativação da E. Coli foi bastante elevado, independente da condição atmosférica, sendo a temperatura de 87° C o elemento determinante no processo.

Com isso, observou-se um grande potencial para aplicação das referidas técnicas no semiárido brasileiro, cujas características naturais propiciam sua aplicação de forma eficaz, mitigando desta forma, os problemas relacionados a qualidade da água disponível para consumo da população carente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade da população do semiárido brasileiro de uma água para consumo de qualidade, justifica o desenvolvimento e ampliação de técnicas alternativas para sua obtenção, tendo em vista questões como custo/benefício, dificuldades para o desenvolvimento, eficiência. Dentre outros fatores que devem ser avaliados afim de potencializar os resultados positivos para a população.

A aplicação das técnicas de descontaminação biológica por pasteurização solar e desinfecção solar da água com uso de concentrador solar de calhas parabólicas, mostraram-se muito eficientes, obtendo resultados positivos quanto a inativação de E.Coli, bem como a adequação de parâmetros como pH e turbidez.

Por conseguinte, o desenvolvimento das técnicas supracitadas, surge como uma forma prática e eficiente de melhorar a qualidade da água disponível para consumo no semiárido brasileiro, principalmente para regiões de comunidades rurais.

REFERÊNCIAS

- Araújo Segundo Neto, F. V. **Diferentes formas de abastecimento de água na região semiárida da bacia do Rio Paraíba**. João Pessoa: UFPB/PRODEMA, 2016. (Dissertação de mestrado).
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água panorama nacional**. Brasília: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2010.
- BIGONI, R. et al. Solar water disinfection by a Parabolic Trough Concentrator (PTC): flow-cytometric analysis of bacterial inactivation. **Journal of Cleaner Production**, n. 67: p. 62-71, 2014.
- CABRAL, M. B. **Geoeconomia da Paraíba: Condicionamentos para o desenvolvimento sustentável**. Campina Grande: EDUEPB, 2016.
- CARRIELO, G. et al. Solar water pasteurizer: productivity and treatment efficiency in microbial decontamination. **Renewable Energy**, n. 105, p. 257-269, 2017.
- MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de. **Abastecimento de água. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2009**. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf>>. Acesso em nov. 2017.
- RODRIGUES, D. G. **Desinfecção de água por pasteurização solar (SOPAS) em comunidades rurais**. Campinas: 2011. UNICAMP, 2011. (Dissertação de mestrado).
- SILVA, G. C.; TIBA, C.; CALAZANS, G. M. T. Solar pasteurizer for the microbiological decontamination of water. **Renewable Energy**, n. 87, p. 711-719, 2016.