



## XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

### AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA PRODUÇÃO DE DESTILADO UTILIZANDO ÁGUAS CINZAS NO CURIMATAÚ ORIENTAL PARAIBANO ATRAVÉS DA DESTILAÇÃO SOLAR

*Bruno Menezes da Cunha Gomes<sup>1\*</sup> & Laércio Leal dos Santos<sup>2</sup> & Yuri Tomaz Neves<sup>3</sup> & Cinthia Maria de Abreu Claudino<sup>4</sup> & Thiago de Sá Sena<sup>5</sup> & Maria Ingridy Lacerda Diniz<sup>6</sup>*

**Resumo** - Atualmente observa-se uma redução na pluviosidade, especialmente no semiárido, prejudicando a oferta de água. Logo, verifica-se a necessidade de ações para redução da crise hídrica, como a utilização de fontes alternativas. Dentre essas fontes, as águas cinzas apresentam o maior potencial de exploração em residências. Entretanto, a maioria do reuso não se enquadra como potável. Para melhorar a qualidade dessa água, considerando a realidade de certas localidades, faz-se necessário à utilização de sistemas simples. Assim, o trabalho tem como objetivo verificar a eficácia de um sistema que utiliza o processo da destilação solar no tratamento de águas cinzas. Para aplicação da técnica foi desenvolvido um destilador com tampa de vidro em formato pirâmide, base de inox e sistema de abastecimento do tipo bebedouro. O estudo foi desenvolvido diariamente, por 10 horas, durante 31 dias e o efluente utilizado foi gerado em máquina de lavar. Obteve-se uma produção média diária de 136 mL, geralmente, diretamente proporcional a variáveis como temperatura e radiação solar. Também se verificou que a produção pode ser maximizada, pois as canaletas e a tampa não possuem inclinação adequada.

**Palavras-Chave:** Tratamento de Água. Águas Cinzas. Destilação Solar.

### QUANTITATIVE EVALUATION OF THE PRODUCTION OF DISTILLED USING GRAY WATERS IN THE ORIENTAL CURIMATÚ OF PARAIBA STATE THROUGH SOLAR DISTILLATION

**Abstract** - Currently there is a rainfall reduction, especially in semi-arid region, which affects badly the water supply. Therefore, actions to reduce the water crisis are needed, such as the use of alternative sources. Among these sources, gray water has the greatest potential for exploitation in houses. However, most of its reuse is not potable. To improve this water quality, considering the reality of certain localities, it is necessary to use simple systems. Thus, this article has as objective the verification of the effectiveness of a system that uses solar distillation process to treat gray water.

(1\*) Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, brunocunhaeng@gmail.com

(2) Prof. Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, laercioeng@hotmail.com

(3) Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, yuutomaz@gmail.com

(4) Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, cinthiamariaac@gmail.com

(5) Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, tg.777@hotmail.com

(6) Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, ingridy\_m12@hotmail.com



**XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**  
**Florianópolis- SC**

For the application of the technique, a distiller was developed with glass lid in pyramidal shape, a base of stainless steel and a water system such as watering system. The tests were performed daily for 10 hours during 31 days. The effluent used was generated in washing machine. With a daily production average of 136 mL, which was usually proportional to variables such as temperature and solar radiation. It has also been found that production can be maximized, because the channels and the glass lid are not properly inclined.

**Keywords:** Water Treatment. Gray Waters. Solar Distillation.

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial à vida e ao desenvolvimento econômico-social das nações. Trata-se de um recurso natural renovável que pode tornar-se escasso com o crescimento das populações, das indústrias e da agricultura (TUCCI, 2009). De acordo com a ANA (2016) desde o segundo semestre de 2012, observa-se uma gradativa e intensa redução nas taxas pluviométricas em algumas regiões do país, que tem prejudicado a oferta de água para o abastecimento público, especialmente no semiárido brasileiro e nas regiões metropolitanas mais populosas e com maior demanda hídrica.

No semiárido de um total de 452 reservatórios analisados, dos quais se tem informações disponíveis, 58% já entraram em colapso ou se encontram em estado crítico. Os dados ainda apontam que a região semiárida cearense (36%), paraibana (29%), pernambucana (19%) e potiguar (14%) são as mais afetadas pelo fenômeno. Apenas 14% dos reservatórios do Semiárido têm seu volume acima de 50%. Da capacidade total de acumulação de água nos reservatórios, apenas 22% encontram-se disponíveis (INSA, 2016).

Para com a microrregião do Curimataú Oriental Paraibano, a seca chegou a seu ponto mais extremo, onde o açude Canafístula II que abastece diversos municípios, dentre eles o município de Araruna – PB, chegou a secar, estando atualmente com 18,5% de sua capacidade total (AESAs, 2017). Dessa forma, verifica-se a necessidade de algumas ações, como a utilização de fontes alternativas de água, integrar a gestão da demanda com a gestão da oferta de água, de modo que os problemas atrelados à crise hídrica possam ser reduzidos.

De acordo com Friedler e Hadari (2006), dentre as fontes alternativas de água, as águas cinza apresentam o maior potencial de exploração em edificações residenciais (unifamiliares ou multifamiliares), constituindo cerca de 50% a 80% das águas residuais domésticas. No entanto, a quase totalidade de seu reuso nos dias de hoje, se enquadra como não potável, em virtude dos riscos que podem trazer a saúde da população. Os riscos tanto podem ser devido a produtos químicos oriundos da presença de compostos orgânicos, compostos radioativos e de metais, como podem ser devido a presença de organismos patogênicos que oferece riscos superiores aos supracitados (GREGORY *et al*, 1996).

Para melhorar a qualidade da água, adequando-a para usos mais nobres, faz-se necessário recorrer à utilização de sistemas de tratamento alternativos. Nesse cenário, surge a técnica de tratamento de água através da destilação solar, que é uma opção de baixo custo e que não necessita



## XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

de alta tecnologia para implantação, principalmente se tratando de regiões que possuem uma considerável incidência de radiação solar. Assim sendo, o presente artigo tem como objetivo verificar a eficácia de um sistema de tratamento de água que utiliza o processo da destilação solar no tratamento de águas cinzas do município de Araruna - PB.

### 2. ÁGUAS CINZAS

Águas cinzas são os efluentes domésticos provenientes de lavatórios, chuveiros, banheiras, máquinas de lavar roupa, máquinas de lavar louça e pia de cozinha, excluindo os sanitários (JEFFERSON *et. al.*, 2004).

Nolde (1999) e Christova-Boal *et al.* (1996) não consideram como água cinza o efluente provenientes de cozinhas, por considerá-lo altamente poluído, putrescível e com inúmeros compostos indesejáveis, como por exemplo, óleos e gorduras. Santos *et al.* (2002) também ressaltam que a água de pia de cozinha deveria ser desconsiderada nessa categoria, por apresentar óleos, gorduras e graxas que são difíceis de retirar em processo de filtração e também por conter microrganismos.

As quantidades de águas cinzas produzidas estão relacionadas com o consumo de água que ocorre na residência, que por sua vez, pode variar de acordo com a região, com os costumes e com o clima do lugar analisado (SANTOS, 2002). Dados já publicados sobre a parametrização do consumo de água nas edificações mostram uma hierarquia baseada na magnitude do consumo, no intuito de identificar prioridades das ações de economia de água, conforme o Quadro 1:

Quadro 1. Parametrização do consumo da água em edificações domiciliares (Adaptada).

Aparelho	Consumo de Água (%)	
	American Water Works Association	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
Bacia Sanitária	26,1	5,0
Chuveiro	17,8	55,0
Banheira	1,8	-
Lavatório e pia de cozinha	15,4	26,0
Lavadora de pratos	1,4	-
Lavadora de roupas	22,7	11,0
Perdas físicas	12,7	-
Outros	2,1	3,0

Fonte: Santos (2002).

Gonçalves (2006) afirma que os estudos de caracterização do consumo de água potável em residências brasileiras mostram uma estimativa de economia de água variando entre 15 a 30%, caso se implemente o aproveitamento de fontes alternativas. Além disso, ele afirma que em média 40% do total de água consumida em uma residência são destinados aos usos não potáveis.

## XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

### 3. DESTILAÇÃO SOLAR

De acordo com Samee *et al.* (2007), Abu-Arabi e Zurigat (2005), Bezerra (1998) citados por Costa (2008), o funcionamento de um destilador solar inicia-se a partir do momento que a radiação solar atravessa a tampa transparente, aquecendo a água e o tanque com uma temperatura maior que a da tampa. Nessa etapa, um gradiente da temperatura é gerado, aumentando a pressão no interior do recipiente e provocando a evaporação do líquido que perde o calor para a tampa pela evaporação, pela convecção, pela radiação e pela condução à base e às paredes do destilador solar. A água vaporizada, em contato com a tampa é condensada. A fina camada de condensado aderida à tampa flui por gravidade até a canaleta, que conduz a água-produto para um recipiente específico. A Figura 1 ilustra de maneira esquemática o funcionamento da técnica:

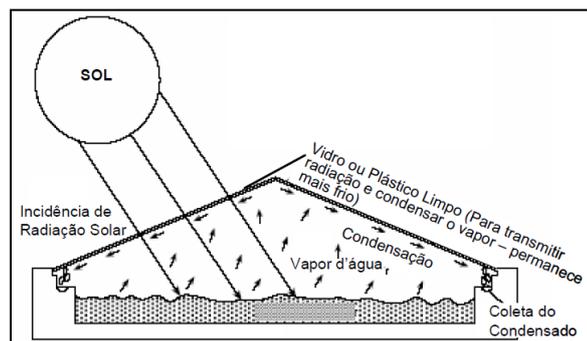


Figura 1. Esquema do funcionamento do destilador.

Fonte: Buross (1980).

Garcias (1985) afirma que a destilação solar é o processo mais indicado para utilização em locais de difícil operação e manutenção. É uma técnica de baixo custo, fácil montagem e requer como operação apenas limpezas periódicas. No que diz respeito à manutenção, o sistema requer serviços simples de substituição da tampa, quando se utiliza vidro, que seja eventualmente quebrada, e a desobstrução das canaletas e condutos.

Segundo Vaz de Pina (2004) citado por Costa (2008), relatos entre as décadas de 1930 e 1950, mostram que áreas com abundância de águas impuras, como o nordeste brasileiro e o norte de Minas Gerais, são os melhores locais para o uso do destilador solar simples. De acordo com Samee *et al.* (2007), Abu-Arabi e Zurigat (2005), Bezerra (1998) citados por Costa (2008), o sistema apresenta algumas perdas, ocasionadas por:

- Convecção e radiação, tanto da água como do tanque, que estão quentes, como também da tampa, que tem uma temperatura mais baixa;
- Uma fina camada de impurezas, com menor poder de evaporação, que se forma no fundo do tanque;
- Presença da borda da canaleta que gera uma sombra no líquido.



## **XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**

**Florianópolis- SC**

### **4. METODOLOGIA**

O estudo foi desenvolvido no Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), que está localizado no município de Araruna - PB. O município possui uma área de 241,302 km<sup>2</sup>, com uma população estimada para o ano de 2017 de 20.418 habitantes (IBGE, 2017). O seu regime climático é quente, com chuvas de inverno, sendo a sua precipitação média anual da ordem de 850 mm (BDCLIMA, 2017).

Para a aplicação da técnica foi desenvolvido um sistema constituído por: uma base de aço inox com dimensões (30x30x10)cm pintada com esmalte sintético na cor preta; uma tampa de vidro comum com formato de pirâmide e inclinação de 45°; canaletas de alumínio; duas garrafas PET, que funcionam como reservatórios, uma para água destilada e a outra para a água não tratada; entre o reservatório com a água a ser tratada e a base do destilador, foi inserida uma mangueira de ar comprimido; entre a base do destilador e o reservatório de água tratada, foram inseridas mangueiras flexíveis cristais transparentes; nas vedações entre o tanque e a tampa, bem como nas vedações das conexões e de outras partes necessárias, foi utilizada borracha de silicone acético. O vidro, a canaleta de alumínio, as garrafas PET e a mangueira de ar comprimido, utilizados, foram materiais que seriam descartados.

Após a todo o processo de montagem, instalou-se as suas partes de maneira que o funcionamento se desse por gravidade. Quanto a lâmina de d'água, decidiu-se seguir a recomendação de Soares (2004) em se utilizar 10mm. De acordo com Suneja e Tiwari (1999) citados por Soares (2004), quanto maior a profundidade da lâmina d'água no interior da base do destilador, menor a transferência de calor na água condensada, ou seja, menor a produção de água. No que diz respeito ao reservatório com a água antes do tratamento, optou-se por montar um sistema bebedouro, tendo em vista sua praticidade e facilidade de operação. A Figura 2 apresenta o protótipo montado e instalado:



Figura 2. Protótipo montado e instalado.  
Fonte: Autores (2016).

**XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**  
**Florianópolis- SC**

A água utilizada no sistema foi o efluente gerado na máquina de lavar. O sistema funcionou durante todo o mês de janeiro do ano de 2016 - 10:00h em cada dia - iniciando às 7:00h e encerrando às 17:00h. Para quantificar a produção do destilado utilizou-se um Becker de 500mL.

Os dados referentes à radiação solar e temperatura ambiente, foram obtidos por meio da estação hidroclimatológica (Figura 3) que está situada no Campus VIII da UEPB, onde com os dados fornecidos foi calculada uma média para o período de exposição, visto que o equipamento, no período em estudo, estava configurado para obter dados de trinta em trinta minutos.

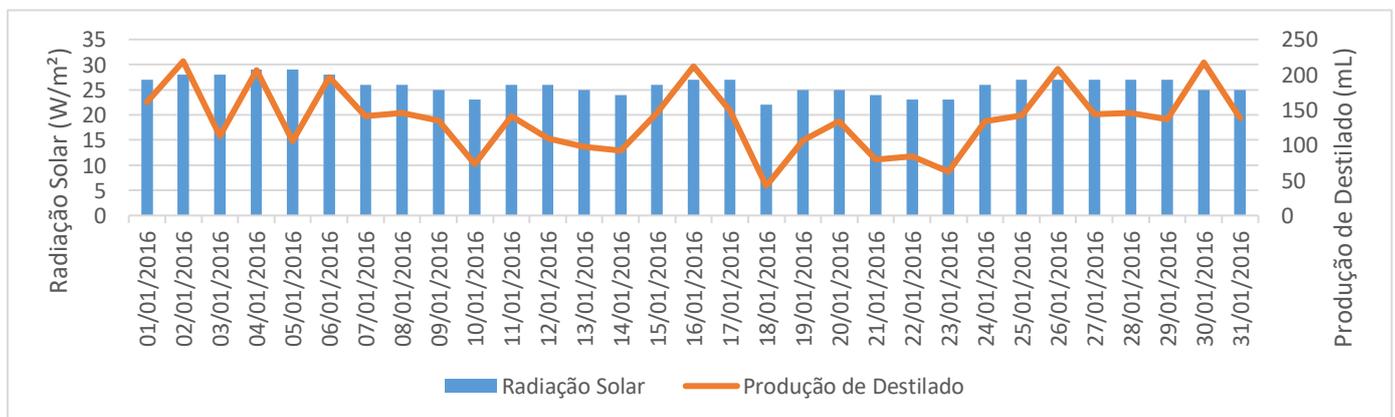


Figura 3. Estação Hidroclimatológica instalada no Campus VIII da UEPB.  
 Fonte: Autores (2016).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizar todo o procedimento, foi possível obter uma produção total de 4.216mL e uma produção média de 136mL/dia. Os Gráficos 1 e 2 ilustram a variação da produção de destilado com a radiação solar e a temperatura ambiente, respectivamente:

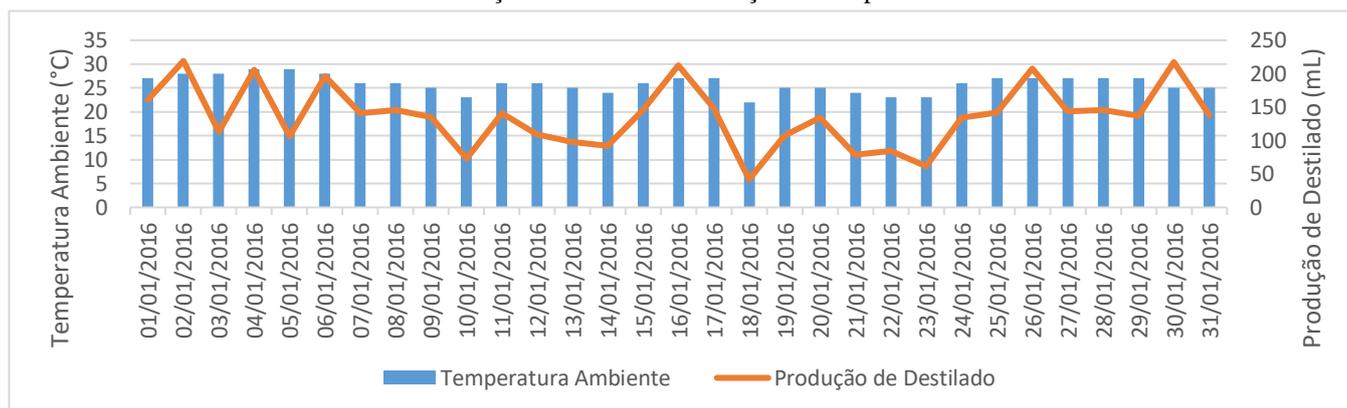
Gráfico 1. Produção de destilado em função da radiação solar.



Fonte: Autores (2016).

**XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**  
**Florianópolis- SC**

Gráfico 2. Produção de destilado em função da temperatura ambiente.



Fonte: Autores (2016).

Analisando os Gráficos 1 e 2, verifica-se que a produção de água foi, em geral, diretamente proporcional a variáveis como temperatura ambiente e radiação solar. Também foi possível verificar que o sistema apresentou uma boa produção do destilado, quando comparado com os resultados obtidos por Soares (2004). Vale ressaltar que no presente estudo utilizou-se o efluente gerado na máquina de lavar, enquanto que Soares (2004) utilizou a água tratada fornecida pela CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento). Também vale a ressalva que se tratam de locais com características de temperatura e radiação solar diferentes.

Além das constatações supracitadas, verificou-se que a produção pode ser maximizada, pois constatou-se a existência de dois impasses. Um deles é o fato das canaletas não possuírem inclinação, ocasionando a formação de uma lâmina de água e em seguida, a sua reevaporação. Outro fator é a inclinação da tampa, pois, de acordo com Soares (2004), ela deve ser determinada através dos dados de latitude do local onde o equipamento será instalado, acrescido de mais 10°. O município de Araruna - PB possui uma latitude de aproximadamente 6°, logo a inclinação recomendada seria de 16°, em contraste com a inclinação utilizada.

## 6. CONCLUSÕES

Dos dados obtidos faz-se necessário realizar as devidas correções e iniciar as análises físico-químicas e microbiológicas, para que esse sistema de simples montagem, confecção, uso e baixo poder poluidor, possa ser otimizado e aplicado nas residências do município, contribuindo com isso para o desenvolvimento sustentável e melhoria da vida de diversas famílias. Além disso, o sistema se mostrou eficiente para o fim desenvolvido. Espera-se que estruturas como essas e com maiores dimensões possam ser disseminadas em residências no semiárido para o reuso de águas cinzas.



## **XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**

**Florianópolis- SC**

### **REFERÊNCIAS**

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 17 de agosto de 2017.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br>. Acesso em: 15 de outubro de 2016.
- BDCLIMA. Banco de Dados Climáticos do Brasil. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/>. Acesso em: 01 de setembro de 2017.
- BUROS, O. K et al. The USAID Desalination Manual. Produced by CH2M HILL Intenacional for the U.S Agency Development, Washington, D.C, 1980.
- COSTA, Claudio Gastão da. Destilação Solar: aplicação no tratamento de efluentes líquidos de laboratórios. 2008. Dissertação (Mestrado – Instituto de Química) - Universidade de Brasília, Brasília.
- CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. Desalination. V.106, n. 1-3, p. 391-397, 1996.
- FRIEDLER, M. HADARI. “Economic feasibility of on-site grey water reuse in multi-storey buildings”. Desalination, 190 (1-3), pp. 221– 234, 2006.
- GARCIAS, C.M. Potabilização de Água Obtida por Destilação Solar da Água do Mar. 1985. Dissertação (Mestrado - Instituto de Pesquisas Hidráulicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). Uso Racional da Água em Edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 1-28. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico.
- GREGORY, J. D., LUGG, R., SANDERS, B. “Revision of the national reclaimed water guidelines” Desalination. v. 106, n. 1-3, p. 263-268, 1996.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 de agosto de 2017.
- INSA. Instituto Nacional do Semiárido. Disponível em: <http://www.insa.gov.br>. Acesso em: 15 de outubro de 2016.
- JEFFERSON, B.; PALMER, A.; JEFFREY, P.; STUETZ, R.; JUDD, S. Grey water characterization and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse. Water Science and Technology, v. 50, n. 2, p. 157-164, 2004.
- NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi - storey buildings - over ten years experience in Berlin. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.
- SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, 2002.
- SOARES, Clarissa. TRATAMENTO DE ÁGUA UNIFAMILIAR ATRAVÉS DA DESTILAÇÃO SOLAR NATURAL UTILIZANDO ÁGUA SALGADA, SALOBRA E DOCE CONTAMINADA. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- TUCCI, C. E. M., "Hidrologia: Ciência e Aplicação", Editora UFRGS, Porto Alegre - RS, 2009.