

# Destilador solar convencional para efluente agroindustrial

## Conventional solar distiller for wastewater agroindustrial

• **Data de entrada:**  
02/06/2016

• **Data de aprovação:**  
18/07/2017

Eduardo Borges Lied\* / Adriel Barbosa de Vasconcelos / Ana Paula Trevisan / Jacqueline Ferandin Honório / Camilo Freddy Mendoza Morejon / Cláudio Vinicius Arcego / Elias Lira dos Santos Junior

DOI: 10.4322/dae.2018.014

### Resumo

A energia solar já exerceu no passado papel de importância significativa para a humanidade, sendo essa uma fonte de energia provedora de diversos benefícios ambientais, principalmente por estar disponível em abundância. O presente estudo foi concebido por meio da construção de um destilador solar em escala piloto. O objetivo do trabalho buscou avaliar a viabilidade técnica da utilização de um destilador solar convencional no tratamento do efluente de uma agroindústria de abate de animais. Os estudos foram desenvolvidos no período de setembro a outubro do ano de 2015 na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira (UTFPR-MD). Os resultados obtidos atingiram uma produção diária em torno de 0,8 L/m<sup>2</sup>.dia. Nas análises físico-químicas foi possível obter eficiências de redução da DQO acima de 20% e da turbidez acima de 80%.

**Palavras-chave:** Destilador solar. Irradiância. Rendimento.

### Abstract

Solar energy has already exercised in the past role of significant importance for humanity, this is a source of energy provider of various environmental benefits, mainly because it is available in abundance. The present study was conceived through the construction of a solar distiller on a pilot scale. The objective of this study was to evaluate the technical feasibility of the use of a solar distiller in conventional treatment of effluent of an agro of slaughter of animals. The studies were developed in the period from September to October of the year of 2015 in the Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira (UTFPR-MD). The results obtained have reached a daily production around 0.8 L/m<sup>2</sup>.day. The physical and chemical analyzes it was possible to gain efficiencies for reducing COD above 20% and the turbidity above 80%.

**Keywords:** Solar distiller. Irradiance. Yield.

**Eduardo Borges Lied** – Mestre e Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (PEQ-Unioeste). Professor adjunto do Departamento de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira (UTFPR-MD).

**Adriel Barbosa de Vasconcelos** – Engenheiro Ambiental (UTFPR-MD).

**Ana Paula Trevisan** – Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Doutoranda em Engenharia Agrícola (PGEAGRI-Unioeste)

**Jacqueline Ferandin Honório** – Doutora em Engenharia Química pela UEM.

**Camilo Freddy Mendoza Morejon** – Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Janeiro (COPPE-UFRJ). Professor associado do Departamento de Engenharia Química (PEQ-Unioeste).

**Cláudio Vinicius Arcego** – Mestre em Engenharia Química (PEQ-Unioeste).

**Elias Lira dos Santos Junior** – Mestre em Ciências de Engenharia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Doutorando em Engenharia Química (PEQ-Unioeste). Professor adjunto do Departamento de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira (UTFPR-MD).

\***Endereço para correspondência:** Rua Osvaldo Cruz, 1092, ap. 301, bairro Neva. CEP 85802-160. Cascavel-PR. Telefone (45) 984-028-181. E-mail: lied.eduardo@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Bezerra (1990), a energia solar é uma fonte não poluidora e pode ser utilizada de forma concentrada ou não. A energia solar ao nível do mar pode variar entre 0,5 kW/m<sup>2</sup> e 1,0 kW/m<sup>2</sup> dependendo das condições atmosféricas do lugar considerado. De acordo com o mesmo autor, para aplicações práticas se adota o valor de 0,7 kW/m<sup>2</sup>, sendo que a incidência na superfície da Terra é na forma eletromagnética distribuída da seguinte maneira: 3% de ultravioleta, 42% de luz visível e 55% de infravermelho.

Segundo Soares (2004), para a evaporação de 1,0 kg de água em uma temperatura de 30°C é necessário aproximadamente 2,4x10<sup>6</sup> J. Supondo que a radiação solar diária média disponível seja 5000 kcal/m<sup>2</sup> por dia, e considerando que para destilação da água são necessários 600 kcal/kg, um destilador com superfície de 1,0 m<sup>2</sup> poderia fornecer, desconsiderando as perdas de energia, cerca de 8 litros de água destilada por dia.

Conforme o Relatório “Um Banho de Sol”, do Instituto Vitae Civilis (RODRIGUES e MATAJS, 2004), o Brasil tem um grande potencial solar, pois em grande parte do território nacional há mais de 2.200 horas de insolação com um potencial equivalente a 15 trilhões de MWh, sendo uma grande alternativa energética já que esse número representa 50 mil vezes o consumo nacional de energia elétrica.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006), a região oeste do Paraná possui uma radiação solar global média anual que varia de 4,55 a 4,90 kWh/m<sup>2</sup>, sendo que a radiação solar global média sazonal de setembro a novembro varia de 5,60 a 5,95 kWh/m<sup>2</sup>.

Os destiladores são uma forma eficiente de separação, principalmente entre água e os efluentes sólidos existente nela. A evaporação natural consiste no aquecimento da água pelos raios solares, gerando vapores d'água que devem ser conden-

sados para gerar um produto final líquido (SOARES, 2004).

Em função das limitações de custo e área, a aplicação dos destiladores solares, na sua maioria, possui caráter experimental. Entretanto, estima-se que existam cerca de 100 destiladores solares espalhados por cerca de 25 países, com capacidade instalada próxima aos 20m<sup>3</sup>/dia, não estando incluídos nesses números pequenos destiladores (MALUF, 2005).

Para Maluf (2005), no Brasil os destiladores solares são quase inexistentes, sendo que na década de 1980 o Centro Tecnológico da Universidade Federal da Paraíba e o governo do Estado da Paraíba firmaram um acordo para a construção de um destilador solar com uma área de 504 m<sup>2</sup> e capacidade média de 2.520 litros por dia no município de Olivedos-PB.

Na mesma década, a Universidade Católica do Paraná (PUC) instalou um destilador solar na Vila de Tibicanga, no município de Guaraquecaba-PR para realização de estudos sobre a salinidade da água destilada. Esse destilador também funcionava como um coletor de água de chuva, produzindo em média de 5 L/m<sup>2</sup>.dia, resultando em uma provisão de 12 L/hab.dia. O referido sistema foi em uma área total de 160 m<sup>2</sup>, dividido em 16 módulos de destilação (GARCIAS, 1985; MALUF, 2005).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Construção do destilador

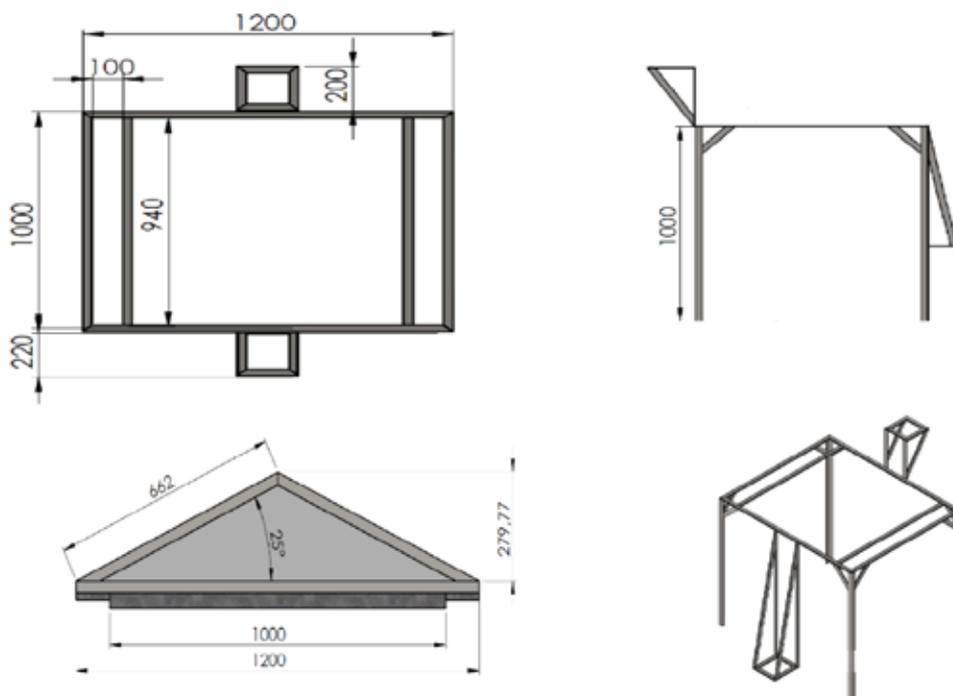
A construção do destilador solar em escala piloto foi inspirado no modelo de Bezerra (2004). Neste, o destilador solar é constituído de um prisma triangular reto com ângulos de 25° com uma das faces voltadas para baixo, na qual está acoplada uma bandeja e duas calhas para alimentação e recolhimento da água produto, conforme especificações dispostas na Tabela 1.

**Tabela 1** – Características físicas e especificações técnicas do destilador.

Características	Descrição
Dimensões	1000 x 1000 x 30 mm
<b>Materiais</b>	
Base do destilador	Chapa galvanizada nº 28 (espessura de 0,43 mm)
Estrutura suporte	Aço comercial
Faces superiores	Vidro comum (espessura de 3 mm)

A base do destilador escolhida foi de material galvanizado (Figura 1) por ser um material relativamente barato quando comparado com a fibra de vidro.

**Figura 1** – Projeto do destilador solar construído (desenho no ambiente do software SolidWorks)



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A base, levemente inclinada, foi pintada com tinta metálica fosco na cor preta (Figura 2), com o objetivo de aumentar a eficiência energética do sistema. A altura do volume de líquido foi definida

arbitrariamente em 15 mm, partindo das extremidades da base. Assim, o protótipo foi dimensionado com capacidade para 25 L e lâmina que varia de 15 a 25 mm.

**Figura 2** – Montagem do destilador.

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

O destilador foi instalado nas dependências da UTFPR-MD (latitude 25° 17' 40" S e longitude 54° 05' 30" W) no período de 12 de setembro a 23 de outubro de 2015, coincidindo com o fim do inverno e o início da primavera no hemisfério sul.

Após instalação, foram realizadas 6 corridas em batelada com duração de uma semana cada. Os volumes de efluente tratado para cada corrida estão definidos na Tabela 2.

**Tabela 2** – Volume de efluente utilizado no destilador.

Semanas	Dias da Semana	Volume (L)
1°	12/09 a 18/09	18
2°	19/09 a 25/09	18
3°	26/09 a 02/10	15
4°	03/10 a 09/10	15
5°	10/10 a 16/10	15
6°	17/10 a 23/10	15

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A captação do volume destilado se deu por meio de conexões e mangueiras até um reservatório sem contato com o ambiente externo (Figura 3).

**Figura 3** – Entrada e saída do destilador.

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Os vitrais do destilador foram posicionados na orientação norte-sul com uma das faces voltadas ao nascente e a outra ao poente, de modo a melhor aproveitar a incidência dos raios solares, pois nesta posição foi observado menor formação de sombras na superfície interna do destilador.

## 2.2 Efluente utilizado

As amostras foram fornecidas por uma agroindústria do ramo de abate de suínos da cidade de

Medianeira-PR. A coleta das amostras seguiu os procedimentos descritos pela NBR 9898/1987. As coletas foram realizadas na lagoa de decantação a cada duas semanas, sendo acondicionadas em bombonas plásticas e transportadas em temperatura ambiente até o laboratório de efluentes da UTFPR-MD. Para garantir a preservação das amostras, o efluente foi acidificado com ácido sulfúrico até pH 2 e posteriormente refrigerado a 4°C até o seu uso no destilador. A caracterização do efluente foi feita sobre uma amostra de 500 mL. Após as primeiras 24h do processo de destilação, foram coletadas amostras de 500 mL para a realização das análises da saída do destilador. Os parâmetros monitorados estão descritos na Tabela 3.

**Tabela 3** – Parâmetros Físico-Químicos Monitorados na Entrada e na Saída do Destilador.

Parâmetro	Método	Unidade
Rendimento	Volumétrico <sup>1</sup>	L.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>
DQO	Colorimétrico <sup>2</sup>	mg.L <sup>-1</sup>
Turbidez	Nefelométrico <sup>3</sup>	NTU

<sup>1</sup> Volume evaporado no período de operação.

<sup>2</sup> Procedimentos segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 5220D* (APHA, 2012), utilizando o equipamento espectrofotômetro (Modelo Hach DR28000).

<sup>3</sup> Análises segundo procedimentos do Manual de Operação da Hach (1998) do microprocessador portátil Turbidímetro (Modelo 2100P).

Os parâmetros analisados estão descritos na Tabela 4 e foram levantados diariamente durante o período de operação do destilador solar.

**Tabela 4** – Parâmetros Físico-Químicos Analisados.

Parâmetro	Método	Unidade
Irradiância	Solarimétrico <sup>1</sup>	W.m <sup>-2</sup>
Temperatura Ambiente	Termométrico <sup>2</sup>	°C

<sup>1</sup> Célula fotovoltaica.

<sup>2</sup> Veículo de climatologia online *AccuWeather.com* (2015).

Os dados da irradiância solar foram coletados por meio do software LoggerNet ligado diretamente a uma célula fotovoltaica (Figura 4) composta por células de Silício Policristalino instalada na UTFPR-MD a cerca de 80 metros do local de operação do destilador.

**Figura 4** – Célula fotovoltaica instalada na UTFPR-MD.

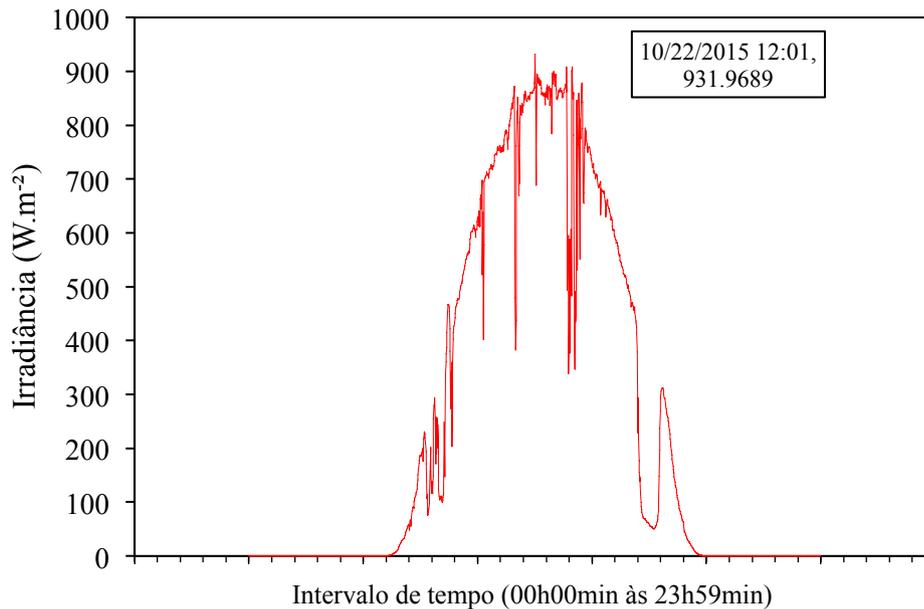


Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

As temperaturas médias semanais foram calculadas por média simples das temperaturas máximas diárias, disponíveis online no site *AccuWeather.com*.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores da irradiância média foram obtidos por meio do perfil levantado pelo software LoggerNet (Figura 5). A distribuição foi obtida pelo monitoramento, com intervalos de 1 minuto, durante o período de 24 horas.

**Figura 5** - Variação temporal dos valores de irradiância do dia 22 de Outubro de 2015.

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A variação dos valores de irradiância ( $W.m^{-2}$ ) da Figura 5 evidenciam que os picos de incidência solar ocorrem na metade do dia, sendo que os valores desse período do dia oscilam em média em torno de uma faixa de 800 a 900  $W.m^{-2}$ , com um pico máximo de 931,9689  $W.m^{-2}$  às 12h01min. A irradiância média foi calculada por meio da Equação 1:

$$\bar{I} = \frac{\sum_{k=0}^n I_k}{n} \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo,

$n$  = Total de irradiâncias avaliadas (1440);

$\bar{I}$  = Irradiância média;

$I_k$  = Irradiância instantânea.

Os valores obtidos estão listados na tabela 5.

**Tabela 5** – Valores médios de irradiância.

Semana	Irradiância média ( $W.m^{-2}$ )
1ª	833,86
2ª	712,64
3ª	341,32
4ª	678,37
5ª	621,61
6ª	874,01

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A operação do destilador para efeito da determinação do rendimento médio diário se deu nos meses de setembro e outubro de 2015. Entretanto, é importante ressaltar a necessidade de conhecer o comportamento do equipamento durante todos os meses do ano, de forma a abranger os meses ótimos de operação (estação quente) e os meses de menor irradiância solar (estação fria).

Como resultado geral, a média da produção de água tratada pelo destilador foi de 0,8  $L/m^2$ .dia conforme dados da Tabela 6.

**Tabela 6** - Resultados da produção média diária da água tratada pelo destilador.

Semana	Volume Total de Água Bruta (L)	Volume Total de Água Tratada (L)	Média de Água por Dia (L.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Porcentagem de Tratamento (%)
1 <sup>a</sup>	18	6,00	0,86	33,33
2 <sup>a</sup>	18	6,50	0,93	36,11
3 <sup>a</sup>	15	6,00	0,86	40,00
4 <sup>a</sup>	15	6,50	0,93	43,33
5 <sup>a</sup>	15	5,65	0,81	37,67
6 <sup>a</sup>	15	6,00	0,86	40,00

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

O destilador apresentou rendimentos inferiores aos encontrados na literatura para sistemas similares. Bezerra (2004), ao aplicar o destilador solar simples no tratamento de águas de produção de petróleo, conseguiu um rendimento mínimo de 2,50 L/m<sup>2</sup>.dia e o máximo de 7,5 L/m<sup>2</sup>.dia (Tabela 7). Também Soares (2004), ao estudar o tratamento de água unifamiliar por meio da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada, obteve uma produção média mensal de 3,1 a 3,7 L/m<sup>2</sup>.dia.

Os resultados da Tabela 6 indicam que a eficiência atingiu um valor máximo de 43%, resultados que convergem com os apontamentos de Fuentes e Roth (1997), que ao estudar a aplicação de

destiladores na dessalinização de água marinha concluíram que um destilador solar de bandeja simples raramente tem um rendimento superior a 60%. Entretanto, o rendimento obtido poderia ser maior se houvesse um isolamento térmico na bandeja, pois segundo Costa (2008), sem um isolamento adequado, as perdas de calor aumentam e ocasionam a diminuição da eficiência energética em cerca de 14%.

Alguns resultados da literatura estão resumidos na Tabela 7, que apresenta conteúdos relacionados à natureza do estudo (aplicação da destilação solar), ao rendimento (produção volumétrica de destilado) e aos principais resultados dos respectivos autores indicados.

**Tabela 7** - Resultados obtidos de eficiência de remoção para diferentes condições e natureza de estudo para destilação solar.

Referência	Natureza do estudo	Rendimento (Produção de destilado)	Parâmetros físico-químicos analisados
Bezerra (2014)	Tratamento da água de produção de petróleo para geração de vapor	2,50 L/m <sup>2</sup> .d (mínimo) 7,50 L/m <sup>2</sup> .d (máximo)	Remoção de sais > 98% e Remoção de TOC <sup>1</sup> > 90%
Sá (2008)	Tratamento de lixiviado de aterro sanitário	7,1 L/m <sup>2</sup> .d	Remoção de aproximadamente 100% de Turbidez, Sólidos Totais e Cor
Cruz (2008)	Dessalinização da água do mar para abastecimento humano	4,7 L/m <sup>2</sup> .d	Eficiência de 78% na produção de destilado
Costa (2008)	Tratamento de resíduos líquidos de laboratório químico	4,8 L/m <sup>2</sup> .d	Redução de Cr, Fe, Cu e Zn > 99% Redução de O&G <sup>2</sup> > 90% Redução de TKN <sup>3</sup> > 98%
Presente estudo	Tratamento de efluente líquido de agroindústria	0,8 L/m <sup>2</sup> .dia	Redução de DQO > 45% Redução de Turbidez > 87%

1 COT: Carbono orgânico total.

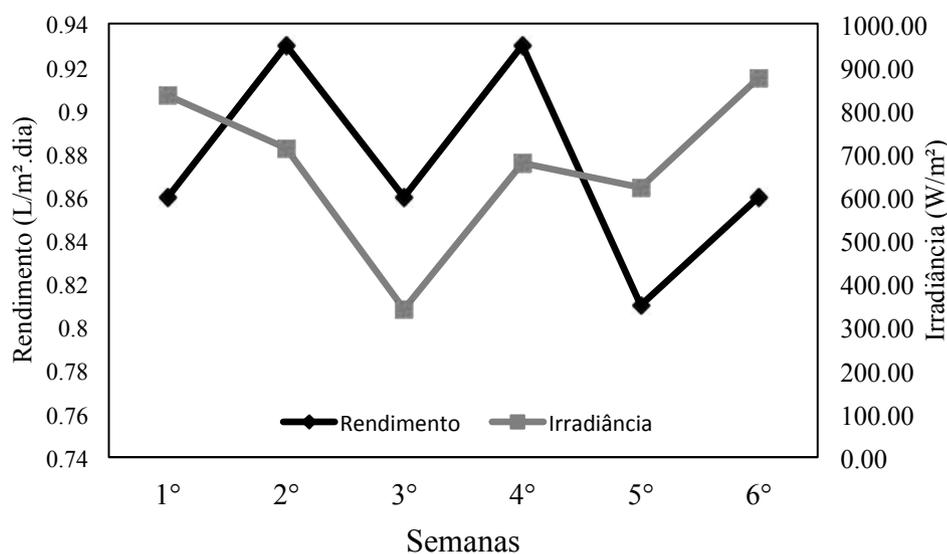
2 O&G: Óleos e Graxas.

3 TKN: Nitrogênio Kjeldhal Total.

Os resultados de Bezerra (2014), Sá (2008), Cruz (2008) e Costa (2008) expressos na Tabela 7 mostram que os rendimentos são muito superiores aos valores do presente estudo ( $0,8 \text{ L/m}^2\cdot\text{dia}$ ). Para os parâmetros avaliados pode-se concluir que a destilação solar é eficaz na redução/remoção de contaminantes, pois os valores estão acima de 90% de eficiência, conforme os dados apresentados na Tabela 7.

Quando colocados num mesmo plano de análise – rendimento e irradiância – (Figura 6), pode-se notar uma possível correlação entre ambos, pois o rendimento acompanhou a taxa de irradiância, sendo possível identificar um decréscimo na taxa de rendimento à medida que ocorria um decréscimo da irradiância. Vale ressaltar, no entanto, que a produção de água destilada está relacionada a inúmeros fatores, entre eles os climáticos (ventos, temperatura ambiente e irradiância) e dos aspectos construtivos do destilador.

**Figura 6** – Correlação entre o rendimento e a irradiância.



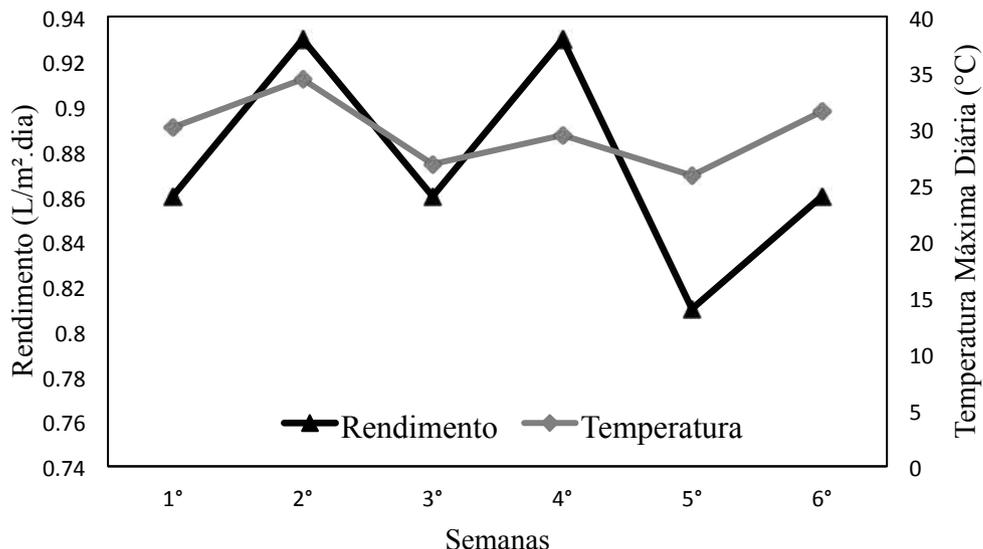
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A Figura 6 consegue ilustrar que os maiores rendimentos ocorrem nas 2ª e 4ª semanas, regiões onde a irradiância apresentou valores aproximados de  $700 \text{ W/m}^2$ , representando um resultado satisfatório, visto que o período ocorreu no final da estação de inverno e início da primavera. A 5ª semana apresentou o menor rendimento de produção de água destilada, entretanto o nível de irradiância permaneceu acima de  $600 \text{ W/m}^2$ , isso

pode ser justificado pelo aparecimento de falhas da vedação de borracha de silicone acético do destilador.

Na Figura 7 é possível identificar uma provável relação do rendimento obtido com a temperatura média semanal e constatar que, assim como na irradiância, o rendimento guarda uma íntima relação com a variação da temperatura.

**Figura 7** – Correlação entre o rendimento e a temperatura



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Durante o experimento, a temperatura média semanal se manteve acima dos 25°C, o que proporcionou uma produção de água destilada acima dos 0,85 L/m².dia com exceção da 5ª semana, cujo rendimento ficou próximo dos 0,80 L/m².dia.

### 3.1 Resultados das Análises de Eficiência no Tratamento

Conforme indicado anteriormente, os parâmetros físico-químicos analisados foram a DQO e a Turbidez. A Figura 8 permite comparar e contrastar visualmente as amostras antes do tratamento e após o processo de destilação.

**Figura 8** - Efluente bruto (à esquerda) e o efluente tratado por destilação solar (à direita).



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Na Tabela 8 estão organizados os valores de concentração da DQO na entrada do destilador e na saída do equipamento em forma de água destilada e a eficiência de redução obtida durante a pesquisa.

**Tabela 8** - Resultados das análises de DQO realizadas na entrada e saída do destilador.

Dias da Semana	Entrada (mg.L <sup>-1</sup> )	Saída (mg.L <sup>-1</sup> )	Eficiência de Redução (%)
1ª	556,00	209,67	62,29
2ª	322,67	233,00	27,79
3ª	198,67	24,67	87,58
4ª	264,67	119,67	54,79
5ª	231,33	172,67	25,36
6ª	142,67	113,00	20,80

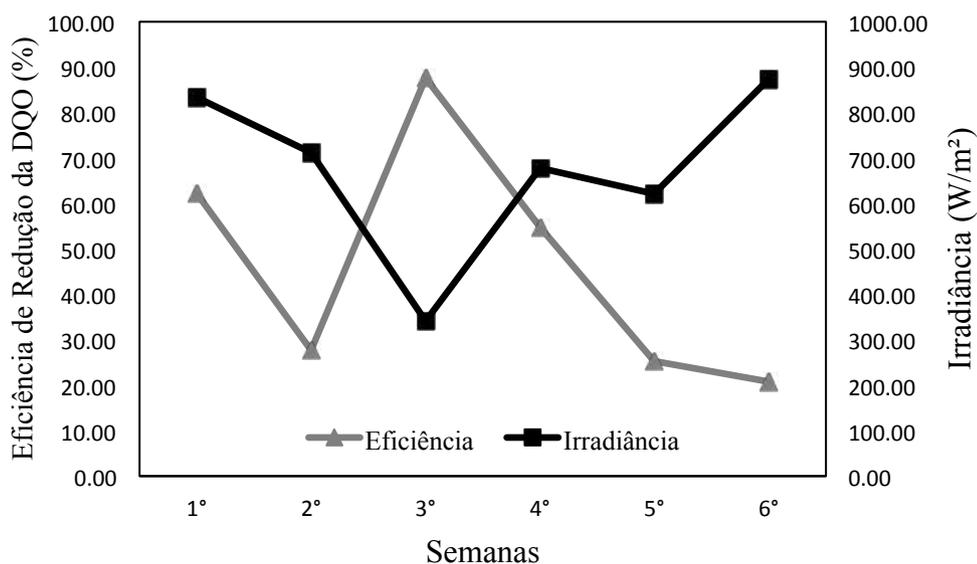
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A DQO média obtida na amostra (lagoa de decantação) da agroindústria apresentou um valor de 286 mg.L<sup>-1</sup> com um desvio padrão de 145,5 mg.L<sup>-1</sup>.

A eficiência de redução variou muito durante o experimento, ficando sempre abaixo dos encontrados na literatura. Sá (2008), ao analisar o tratamento do lixiviado de aterro sanitário usando destilador solar, obteve uma redução acima de 98%.

A variação constante da eficiência de redução pode estar relacionada com a variação constante da concentração de entrada e a falha na vedação do equipamento, o que possibilitou a perda do vapor líquido gerado. Na Figura 9 está esquematizada a influência da irradiância na eficiência de redução da DQO.

**Figura 9** – Correlação da eficiência com a irradiância solar.



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A Figura 9 conclui que na 3ª semana houve o registro da maior eficiência, coincidindo com a menor taxa de irradiância semanal (300 W/m²), quando a eficiência foi superior aos 80% de redução da DQO. Na 6ª semana ocorreu a menor eficiência de redução da DQO, cerca de 20%, coincidindo com a maior taxa de irradiância registrada no desenvolvimento desse trabalho, cerca de 900 W/m². Segundo Barros (2004), a DQO é utilizada para

medir indiretamente o potencial poluidor de um efluente, por isso se faz necessária uma pesquisa mais ampla para determinar se a eficiência de redução de DQO é inversa à irradiância ou se foi apenas uma coincidência pela escala reduzida da pesquisa e por outras condições não investigadas.

Na Tabela 9 estão dispostos os resultados das análises de turbidez realizadas durante o experimento.

**Tabela 9** - Resultados das análises de turbidez realizadas na entrada e saída do destilador.

Dias da Semana	Entrada (NTU)	Saída (NTU)	Eficiência de Redução (%)
1º	37	3	91,89
2º	36	4	88,89
3º	21	6	71,43
4º	47	3	93,62
5º	51	3	94,12
6º	42	5	88,10

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

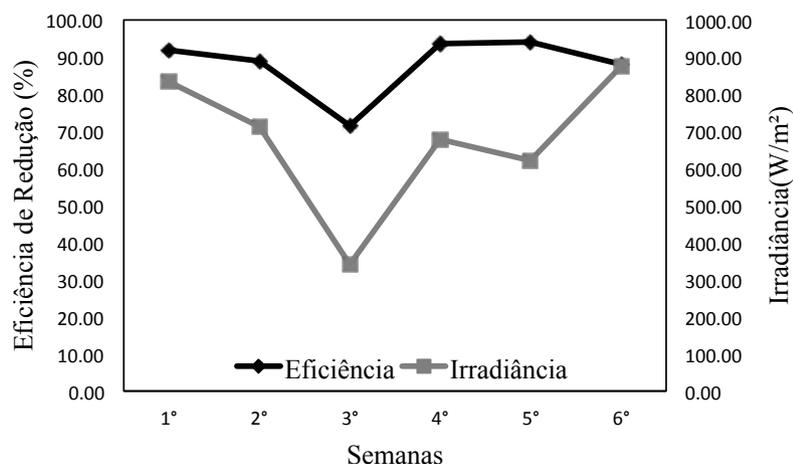
Os resultados apresentados na tabela 9 expressam uma redução significativa da turbidez, uma vez que eficiência de redução ficou perto dos 90%. Isso ocorre porque a água destilada é mais pura e, portanto, livre de material em suspensão, que é a principal causa da turbidez.

Os resultados obtidos nesse experimento convergem para valores semelhantes da literatura. Sá (2008), ao analisar a evaporação natural do

lixiviado do aterro da Muribeca por meio de um destilador solar, obteve uma remoção de cerca de 100% das suas análises para turbidez. Scapin et al. (2013), ao estudar a viabilidade de um sistema de purificação de água com o uso da radiação solar, obteve uma redução próxima a 100%.

A Figura 10 expressa a influência dos valores de irradiância na eficiência de redução de turbidez durante o experimento.

**Figura 10** – Correlação da eficiência com a irradiância.



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Na tarefa de comparar os resultados de eficiência de redução da turbidez com a irradiância é evidente a correlação entre os parâmetros, pois a eficiência acompanhou proporcionalmente os valores de irradiância.

#### 4 CONCLUSÃO

O processo de tratamento utilizado se mostrou viável, devido a sua simplicidade em relação a sua confecção e operação, e por não necessitar de mão de obra especializada. De acordo com os dados de rendimento, verificou-se que o destilador desenvolvido apresentou rendimentos inferiores (0,8 L/m<sup>2</sup>.dia) com os encontrados na literatura.

Com relação à DQO, a eficiência do destilador foi apontada como baixa quando comparada a outros autores. Verificou-se que as eficiências obtidas para a turbidez (média de 87%) convergem para os resultados de sistema similares. Esses resultados apontam para a necessidade de trabalhar com um sistema integrado a fim de otimizar o desempenho do equipamento e atingir os valores exigidos pela legislação local.

#### REFERÊNCIAS

ACCUWEATHER. Disponível em: <<http://www.accuweather.com/pt/br/medianeira/40110/month/40110?monyr=9/01/2015>>. Acesso em 20 out 2015.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater**. 22 ed. Washington: American Public Health Association, 2012.

BEZERRA, A. M. **Aplicações Práticas da Energia Solar**. São Paulo: Nobel, 1990.

BEZERRA, M. A. S. **Desenvolvimento de Um Destilador Solar Para Tratamento de Águas de Produção de Petróleo Com Vistas a Sua Utilização Na Agricultura e Geração de Vapor**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

CRUZ, C. E. M. **Dessalinização da água do mar através da energia solar**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade do Algarve, Portugal.

FUENTES, R., ROTH, P. Teoria de La Destilación Solar em Vacío. **Revista Facultad de Ingeniería**, U. T. A., Chile, vol. 4, 1997.

GARCIAS, C.M. **Potabilização de Água Obtida por Destilação Solar da Água do Mar**. 1985. Dissertação (Mestrado em Pesquisas Hidráulicas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MALUF, A. L. **Destiladores Solares no Brasil**. 2005. Dissertação (Lato Sensu em Fontes Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

RODRIGUES, D. MATAJS, R. **Um Banho de Sol Para o Brasil: o que os aquecedores solares podem fazer pelo meio ambiente e sociedade**. São Lourenço da Serra: Vitae Civilis. 2004.

SÁ, L. F. **Evaporação Natural do Lixiviado do Aterro da Muribeca Através de Um Destilador Solar**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SOARES, C. **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.