

**Construção de um Destilador Solar como Alternativa de Desenvolvimento de Aulas
Práticas no Ensino de Química**

**Construction of a Solar Distiller as an Alternative for the Development of Practical
Classes in Teaching Chemistry**

**Construcción de un Destilador Solar como Alternativa de Desarrollo de Clases Prácticas
en la Enseñanza de Química**

Recebido: 12/04/2019 | Revisado: 19/04/2019 | Aceito: 06/05/2019 | Publicado: 16/05/2019

Virna Pereira de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7943-827X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Fortaleza, Brasil

E-mail: vi.pereira.araujo@gmail.com

Ana Karine Portela Vasconcelos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1087-5006>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Fortaleza, Brasil

E-mail: karine_portela@hotmail.com

Resumo

A disciplina de química ainda é considerada como de difícil compreensão pelos estudantes da Educação Básica e isso se dá pelo fato de acreditarem que essa ciência é incompreensível, abstrata e fora do seu cotidiano e assim inutilizável. Entretanto, essa disciplina mostra-se como uma ciência necessária para a formação dos estudantes. Uma vez que essa ciência estuda a matéria, suas transformações e fenômenos da natureza, e está presente no cotidiano, possui também um papel imprescindível no desenvolvimento científico e tecnológico e na sociedade atual. Este trabalho teve como objetivo a construção de um destilador solar como alternativa para desenvolver aulas práticas no laboratório de química; avaliar a eficiência do destilador solar e a qualidade da água destilada e propor temas geradores para vários assuntos científicos nas aulas do ensino médio. A metodologia consistiu-se em construir o destilador, avaliar o seu funcionamento durante 7 dias, com coletas diárias de amostras de água destilada. A partir dessas amostras foram feitos os testes de pH, condutividade e presença dos íons cloreto, carbonato, cálcio e ferro (II) e (III) para analisar a qualidade da água proveniente do destilador, e da água de abastecimento (água da torneira) para fins de comparação. O destilador solar construído com materiais alternativos de baixo custo, apresentou um

rendimento médio 58,7% de água destilada por dia, sendo o seu uso viável para laboratórios de pequenas escolas que não possuem um equipamento padrão de laboratórios que necessita usar água destilada para preparar soluções e outras atividades para aulas práticas. Os testes químicos qualitativos para a presença de íons (cloretos, carbonatos e cálcio) desse trabalho foram negativos, mas seriam necessários mais testes para podermos certificar a sua utilização para a investigação quantitativa no âmbito da pesquisa. Testes físico-químicos como o pH e condutividade foram significativamente melhores que a água da torneira e da água de condensação residual de condicionadores de ar, não há ainda certeza de pureza adequada para uso em trabalhos de pesquisa. O destilador se mostrou muito favorável para sua utilização em aulas práticas de química, sendo possível abordar diversos assuntos do livro didático.

Palavras-chave: Água Destilada; Destilador Solar; Ensino de Química; Experimentação.

Abstract

The discipline of chemistry is still considered difficult to understand by the students of Basic Education and this is due to the fact that they believe that this science is incomprehensible, abstract and out of their daily life and so unusable. However, this discipline is shown as a necessary science for the formation of students. Since this science studies the matter, its transformations and phenomena of nature, and is present in everyday life, it also has an indispensable role in scientific and technological development and in today's society. The objective of This work was to construct a solar distiller as an alternative to develop practical classes in the chemistry laboratory; Evaluate the efficiency of the solar distiller and the quality of distilled water and propose generating themes for various scientific subjects in high school classes. The methodology consisted of constructing the distiller, evaluating its operation for 7 days, with daily sampling of distilled water samples. From these samples, the pH, conductivity and presence of the ions chloride, carbonate, calcium and iron (II) and (III) were tested to analyze the quality of the water from the distiller, and the water supply (tap water) for comparison purposes. The Solar Distiller built with alternative materials of low cost, presented an average yield 58.7% of distilled water per day, being its viable use for laboratories of small schools that do not have a standard equipment of laboratories that Need to use distilled water to prepare solutions and other activities for practical classes. The qualitative chemical tests for the presence of ions (chlorides, carbonates and calcium) of this work were negative, but more tests would be needed to be able to certify their use for quantitative research in the scope of the research. Physicochemical Tests such as pH and conductivity were significantly better than tap water and residual condensation water from air

conditioners, there is still certainty of purity suitable for use in research works. The Distiller proved very favorable for its use in practical classes of chemistry, being possible to address several subjects of the textbook.

Keywords: Distilled Water; Solar Distiller; Chemistry Teaching; Experimentation.

Resumen

La disciplina de química todavía es considerada como de difícil comprensión por los estudiantes de la Educación Básica y eso se da por el hecho de creer que esa ciencia es incomprensible, abstracta y fuera de su cotidiano y así inutilizable. Sin embargo, esta disciplina se muestra como una ciencia necesaria para la formación de los estudiantes. Ya que esta ciencia estudia la materia, sus transformaciones y fenómenos de la naturaleza, y está presente en la vida cotidiana, también tiene un papel indispensable en el desarrollo científico y tecnológico y en la sociedad actual. El objetivo de este trabajo era construir un destilador solar como una alternativa para desarrollar clases prácticas en el laboratorio de química; Evaluar la eficiencia del destilador solar y la calidad del agua destilada y proponer temas de generación para diversos temas científicos en las clases de bachillerato. La metodología consistió en la construcción del destilador, evaluando su funcionamiento durante 7 días, con muestreo diario de muestras de agua destilada. A partir de estas muestras, el pH, la conductividad y la presencia de los iones cloruro, carbonato, calcio y hierro (II) y (III) se probaron para analizar la calidad del agua del destilador, y el suministro de agua (agua del grifo) con fines de comparación. El solar distiller construido con materiales alternativos de bajo costo, presentó un rendimiento promedio de 58,7% de agua destilada por día, siendo su uso viable para laboratorios de pequeñas escuelas que no tienen un equipo estándar de laboratorios que Necesidad de utilizar agua destilada para preparar soluciones y otras actividades para clases prácticas. Las pruebas químicas cualitativas para la presencia de iones (cloruros, carbonatos y calcio) de este trabajo fueron negativas, pero se necesitarían más pruebas para poder certificar su uso para la investigación cuantitativa en el ámbito de la investigación. Las pruebas fisicoquímicas como el pH y la conductividad fueron significativamente mejores que el agua del grifo y el agua de condensación residual de los acondicionadores de aire, todavía hay certeza de pureza adecuada para su uso en trabajos de investigación. El destilador demostró ser muy favorable para su uso en clases prácticas de química, siendo posible abordar varios temas del libro de texto.

Palabras clave: Agua Destilada; Destilador Solar; Enseñanza de la Química; Experimentación.

1. Introdução

A disciplina de Química ainda é considerada como de difícil compreensão pelos estudantes da Educação Básica e isso se dá pelo fato de acreditarem que essa ciência é incompreensível, abstrata e fora do seu cotidiano e assim inutilizável (Chassot, 2004). Entretanto essa disciplina mostra-se como uma ciência necessária para a formação dos estudantes. Uma vez que essa ciência estuda a matéria, suas transformações e fenômenos da natureza e está presente no cotidiano, possuindo também um papel indispensável no desenvolvimento científico e tecnológico e na sociedade atual (Brown, Lemay & Bursten, 2005).

De acordo com Chassot (1993) os conhecimentos químicos, quando bem compreendidos e empregados, promovem a interação entre os cidadãos e seu ambiente de vivência. Em razão disso, esta ciência configura-se como instrumento primordial para que o educando possa compreender o mundo, tornar-se um ser crítico e possuir o poder de intervir em sua realidade com o intuito de contribuir para uma sociedade melhor.

O desinteresse dos alunos pela Química se deve pela falta de aulas com mais experimentos demonstrativos que possam relacionar a teoria presente nos livros com o seu cotidiano (Carvalho, Batista & Ribeiro, 2007). Por outro lado, muitos dos professores, afirmam que esta dificuldade está relacionada com a falta de laboratório ou equipamentos que permitam a realização de mais aulas práticas (Queiroz, 2004).

Essa falta de materiais que não possibilita ao professor melhorar suas aulas e torná-las mais atrativas faz com que alguns se acomodem e continuem com o método tradicional ou busquem novas metodologias, procurando materiais necessários para realização de aulas práticas. O uso de utensílios confeccionados com materiais alternativos e de baixo custo se apresenta, na maioria das vezes, como uma estratégia viável a ser trabalhada pelos professores para tornarem as aulas práticas possíveis.

De acordo com o que foi discorrido levantou-se as seguintes indagações: é possível a construção de algum equipamento usando materiais alternativos? E um destilador? Até que ponto o uso desse equipamento construído de forma artesanal pode contribuir para o processo de ensino-aprendizagem dos alunos?

A construção de um destilador que funcione a energia solar é uma forma eficaz de se produzir água destilada com a economia de energia elétrica e a diminuição do desperdício de água como ocorre na maioria dos destiladores de laboratórios. Assim como desenvolver

equipamentos que utilizem a energia solar em regiões áridas e semiáridas é vantajoso, pois o Brasil é um país que está localizado, em sua maior parte, na região intertropical e possui um grande potencial para uso da energia solar durante o decorrer do ano (Tiba & Fraidenraich, 2000).

Tendo em vista os desafios apresentados anteriormente, este artigo tem como objetivo apresentar um meio alternativo para desenvolver aulas práticas no laboratório de química do ensino médio, a partir da construção de um destilador solar, bem como como avaliar a eficiência do destilador construído e o padrão de qualidade da água destilada proveniente dele, propondo temas geradores para diversos assuntos científicos e seu uso em aulas práticas de Química do ensino médio.

2. A experimentação baseada na contextualização

A importância de se trabalhar em sala de aula atividades diversificadas com o intuito de melhorar o processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Química está descrito nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (Brasil, 2002). A experimentação é uma dessas atividades que se baseia na motivação dos discentes, despertando o interesse e superando as dificuldades de compreender conceitos químicos, nos quais muitas vezes esses conceitos são apenas decorados de acordo com a fala do professor, se baseando apenas em uma educação bancária. Segundo Maldaner (2003), o objetivo de utilizar a experimentação deve ser o de:

“...aproximar os objetos concretos das descrições teóricas criadas, produzindo idealizações e, com isso, originando sempre mais conhecimento sobre esses objetos e, dialeticamente, produzindo melhor matéria prima, melhores meios de produção teórica, novas relações produtivas e novos contextos sociais e legais da atividade produtiva intelectual.” (Maldaner, 2003, p.105).

Sabendo da sua devida importância na experimentação, Gil-Pérez *et al.* (1999) afirmam que é preciso ter alguns cuidados no momento de fazer aulas práticas com uso de roteiros parecidos com uma “receita”, determinando o que os alunos devem seguir um passo a passo. Dessa forma o estudante fica incapacitado de raciocinar e questionar o que está sendo feito, retirando assim o benefício da aula experimental, pois o aluno continua a observar e reproduzir.

A escassez de aulas práticas tem como um dos fatores que contribuem com isso, a falta de laboratórios de ciências nas escolas. Cerca de apenas 10,6% das escolas, públicas ou privadas, possuem laboratório de ciências (Ribeiro, 2013). Com o objetivo de superar este

problema, torna-se viável a utilização de materiais do cotidiano e do meio de convívio dos estudantes participantes na prática experimental.

Uma alternativa que tem se mostrado eficaz, também, em solucionar este problema para realizar os experimentos, tem sido a realização da experimentação alternativa para o Ensino de Ciências com foco na área de Química (Lucas, Chiarello, Silva & Barcellos, 2013). Com o uso de materiais de baixo custo e acessíveis é possível promover a aprendizagem a partir da construção de aparelhagem de laboratório, podendo ser comprovado com os seguintes trabalhos, Sartori, Batista, Santos e Fatibello-Filho (2009), Lorenzo *et al.* (2010) e Nascimento, Rezende e Izarias (2013).

3. Destilação Solar

A destilação por energia solar é uma tecnologia muito simples. Tiwari, Singh e Tripathi (2003) afirma que esta técnica reproduz o ciclo hidrológico, que é a geração de vapor na atmosfera acima dos líquidos, que com a ação dos ventos ocorre o transporte, o resfriamento do ar, ocasionando, por fim, uma mistura de vapor, condensação e precipitação.

Na história, a primeira obra sobre destilação solar documentada foi por árabes alquimistas no século XVI (Mouchot, 1869 como citado em Tiwari *et al.*, 2003). Foi construído pelo engenheiro chileno Charles Wilson o primeiro destilador solar moderno e de grande porte no ano de 1872 em Las Salinas (Chile), com cerca de 5.000 m² de superfície e tinha uma produção em torno de 21.500 litros de água por dia. Após isso, começaram a construir destiladores de grande porte, até os pesquisadores identificarem que os gastos com destilação em grande escala seriam mais custosos em comparação com os de pequeno porte.

Segundo Maluf (2005) normalmente é provável que sejam construídos destiladores de pequeno porte, uma vez que as unidades podem ser adicionadas ou subtraídas, e a manutenção e limpeza podem ser feitas com equipamentos mais simples. Outra vantagem é que os destiladores menores produzem mais água por área, apesar de terem menor capacitância térmica. Desde então, a maior parte dos destiladores desenvolvidos e estudados tem sido baseados nesses conceitos, geometria, materiais utilizados, procedimentos de construção, e operação que foram empregados (Duffie & Beckman, 1991).

De acordo com Mota e Andrade (1986) a destilação solar não elimina somente os sais presentes na água, mas também metais pesados, bactérias e micróbios, por conta da exposição à radiação ultravioleta (UV) e altas temperaturas.

Nandwani (2006) afirma que a quantidade de água produzida pelo destilador solar vai depender do tipo de superfície, se é de plástico ou de vidro, da quantidade de água na bandeja, incidência de radiação solar, temperatura e umidade e velocidade do vento, entre outros. O vidro é considerado um material melhor para o uso a longo prazo, e de plástico, como o polietileno, é melhor para um curto prazo, mas possui a vantagem de ser um material mais barato ao comparar com o vidro e ainda é mais fácil de se manusear e trabalhar (Qiblawey & Banat, 2008).

4. Fatores climáticos envolvidos na Destilação Solar

Existem variáveis climáticas que particularizam cada região, sendo possível diferenciar as que possuem um poder de afetar um desempenho térmico, que são: oscilação diária e anual da temperatura e umidade relativa, grau de nebulosidade do céu, quantidade de radiação solar incidente e sentido dos ventos, umidade atmosférica, nebulosidade, precipitação e índices pluviométricos.

As variáveis climáticas desses valores são diferentes para os distintos locais da Terra, isto por que alguns fatores como distribuição de terras, circulação atmosférica, mares, relevo do solo, e revestimento do solo, latitude e altitude influenciam de forma diferente em cada local.

4.1 Radiação solar

De acordo com Frota e Schiffer (2001, p.53) “A radiação solar é uma energia eletromagnética, de onda curta, que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera”. A quantidade de incidência de radiação pode modificar de acordo com a época do ano e a latitude, visto que o Sol se movimenta no decorrer do ano ao redor da Terra, variando a inclinação dos raios em função da hora e da época do ano.

4.2 Umidade atmosférica

A umidade atmosférica se dá através da evaporação das águas e da transpiração das plantas. Existem dois tipos de umidade, a absoluta que é o peso do vapor de água comprimido em uma unidade de volume de ar, dado por grama por metro cubico (g/m^3) e a relativa que em determinada temperatura é a relação da umidade absoluta com a capacidade máxima do ar de reter vapor d'água. Ou seja, a umidade relativa é uma parte percentual da umidade absoluta de saturação (Frota & Schiffer, 2001).

4.3 Precipitação atmosférica

A precipitação é proveniente, normalmente de massas de ar úmido que são esfriadas rapidamente ao entrar em contato com massas de ar mais frias, provocando a condensação do vapor de água, em forma de chuva (Zolet, 2005).

4.4 Nebulosidade

A quantidade de nuvens e suas espessuras irão determinar porcentagem de radiação solar que atingirá o solo. A nebulosidade pode impedir a incidência de grande parte da radiação solar direta, principalmente se for suficientemente espessa e ocupar a maior parte do céu. Assim como pode bloquear parte da dissipação de calor na atmosfera que está desprendido do solo à noite (Codato, Oliveira, Soares, Escobedo & Gomes, 2008).

5. Processos envolvidos na Destilação Solar

De acordo com Fuentes e Roth (1997) e Souza (2010), para compreender como ocorre a destilação é preciso conhecer as mais importantes formas de transferência de calor que são: radiação, convecção e condução; bem como também evaporação e condensação.

Neste processo após transferência de calor da bandeja para a água, ela passa do líquido para o vapor, ou seja, a água evapora, e o vapor é condensado na superfície do destilador. Sendo assim esta relação é como um ciclo, no qual energia do vapor condensado é utilizada para a evaporação no momento seguinte do ciclo. (Formoso, 2010) Outro autor também apresenta a seguinte relação existente:

“A bandeja recebe radiação solar que passa através da tampa de vidro. A bandeja transfere o calor absorvido à água através de convecção. Ela eleva a temperatura da água e de outros materiais voláteis que ao estarem no mesmo intervalo de temperatura, evaporam e condensam na superfície interior da tampa de condensação inclinada. A água condensada forma uma película fina de água na superfície da tampa de vidro e escorre para baixo na calha. Calhas guiam o condensado de água para um tubo de plástico ligado a sua saída. Desta maneira, a água salina é purificada e recolhida como água destilada em um frasco” (Tiwari como citado em Dias, 2012 p. 6).

Segundo Hamed e Abdalla (1993), existem dois tipos de radiação que são emitidos pelo sol na superfície da terra: a que é recebida diretamente do sol, chamada de radiação direta, e a radiação difusa, que foi dissipada por nuvens e poeira e atinge o solo vindo de todas as direções. De acordo com a nebulosidade a proporção de incidência da radiação direta para a difusa possui uma variação, na qual pode alcançar 100% em dias mais nublados. Pode-se notar a importância de se acompanhar as condições meteorológicas.

Tiwari como citado em Dias (2012) afirma que em destiladores solares há transferência de calor em uma massa fluida, naturalmente conhecida como convecção, mas em destilador é chamado de convecção natural ou livre, visto que acontece devido à diferença entre a temperatura da bandeja e água que está nela. Fuentes e Roth (1997) afirma que para destiladores solares esta troca de calor no seu processo não é útil. No entanto, Taamneh e Taamneh (2012) em sua pesquisa conseguiu melhorar a taxa de evaporação em 25% utilizando um destilador solar em formato de pirâmide com convecção artificial com auxílio de um ventilador inserido na cúpula, e comparou com um destilador de convecção natural.

Naim e Kawi (2003) no seu trabalho focou na condução, no qual colocou algumas rasps de alumínio na bandeja de água a ser destilada com intuito de aumentar a condução de calor e apresentou uma melhor produção de água destilada. Neste mesmo trabalho ainda foi afirmado que as rasps de alumínio retêm o calor durante o dia e o liberaram a noite, proporcionando um melhor desempenho do destilador. Frota e Schiffer (2001, p. 34) definem condução como “troca de calor entre dois corpos que se tocam ou mesmo partes do corpo que estejam a temperaturas diferentes”.

6. Parâmetros de análise da qualidade da água destilada

No processo de destilação é necessário analisar a qualidade da água destilada, e existem vários métodos para se conhecer a sua qualidade. Para este trabalho será preciso conhecer os parâmetros que foram analisados, descritos a seguir.

6.1 Parâmetros físico-químicos analisados da água destilada

Para esse trabalho foram analisados alguns parâmetros físico-químicos na água destilada e na água de abastecimento. Esses parâmetros analisados permitem caracterizar as amostras e monitorar a operação do destilador.

6.2 pH - Potencial Hidrogeniônico

Este parâmetro permite saber a quantidade de íons H^+ presentes na água. Por definição, pH é o logaritmo decimal inverso da concentração hidrogeniônica. Para pH igual a 7, nas condições padrão de 25 °C, 1 atm, refere-se à neutralidade. Já para água ácida os valores são inferiores a 7, e água básica, superiores.

6.3 Condutividade

A condutividade da água está relacionada com a sua capacidade de conduzir corrente elétrica. Para considerar uma água como pura ela deve ser uma má condutora de corrente elétrica, mas deve-se levar em consideração a sua fraca ionização (Perles, 2008). Essa condutividade está relacionada com a quantidade de sólidos dissolvidos na água, devido aos sais. Quanto maior a salinidade da água maior será o valor de condutividade.

De acordo com as normas estabelecidas por *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI) as análises da resistividade e condutividade das amostras de água devem ser realizadas diariamente. Pois são uteis para determinar a quantidade de substâncias iônicas, pois indiretamente estão verificando a quantidade de sólidos totais dissolvidos (Brasil, 2005, Lopes, 2003).

7. Construção do destilador

Para obtenção de um destilador solar que possua eficiência é preciso ter parâmetros como baixo vazamento de vapor: alta intensidade da radiação solar, velocidade e direção o vento, local da instalação, diferença de temperatura entre a água de alimentação e a superfície de condensação, entre outros (Alves como citado em Faria *et al.*, 2015).

A construção do destilador solar se deu com a utilização dos seguintes materiais e equipamentos: para sua cobertura foi utilizado um garrafão com capacidade de 20 litros como apresentado na Figura 1a. Como reservatório de água destilada foi utilizado a garrafa pet mostrado na Figura 1b. Para a base de aquecimento da água foi utilizado uma bandeja de Inox já utilizada como mostra a Figura 1c, que favorece um aquecimento interno mais eficaz, possui resistência à corrosão, é econômico e é 100% reciclável. Dispondo das seguintes medidas, 30cm de comprimento, 25cm de largura e 5cm de altura.

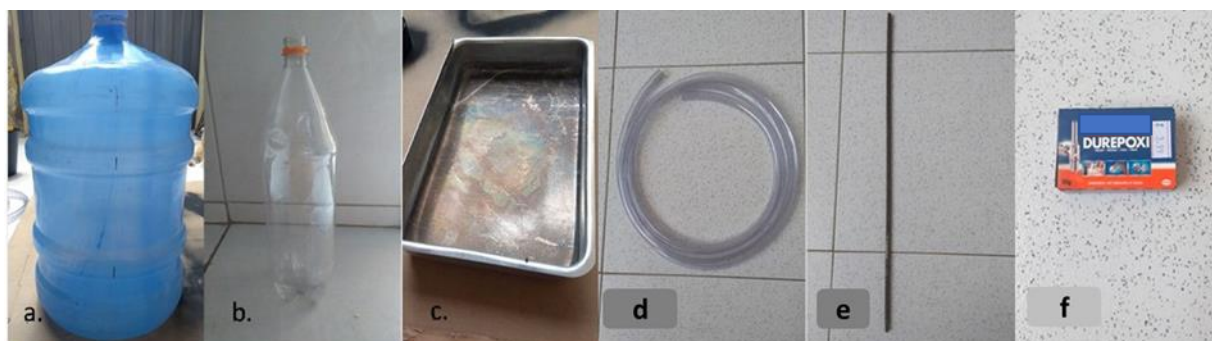


Figura 1. Materiais necessários para produção do destilador solar.

Fonte: Autores (2019)

O reservatório de água a ser destilada precisa ser reabastecido e para isso utilizou-se uma mangueira, apresentada na Figura 1d com 2 cm de diâmetro e 1 m. Para manter o reservatório na altura certa sem atrapalhar a condensação do vapor de água nas paredes do garrafão, utilizou-se uma barra ferro de 60 cm, como mostra a Figura 1e, que foi dividido em dois pedaços iguais, ou seja, 30 cm cada.

Com o intuito de evitar o vazamento de água e ajudar a diminuir a perda de calor para o meio externo, o sistema foi vedado com cola epoxi, mostrado na Figura 1f, que é um material altamente eficiente em sua função, por ter uma rápida secagem, ser fácil de modelar e total vedação.

Para dar uma sustentação e estabilidade ao destilador foi utilizado um cano PVC (Polyvinyl chloride) 25 mm de diâmetro e comprimento de 94 cortado em 4 pedaços iguais como mostra a Figura 2.



Figura 2. Suporte feito com cano PVC

Fonte: Autores (2019)

Para colocar a bandeja de alumínio dentro do garrafão foi preciso fazer um corte vertical de 30 cm e de 4 cm na horizontal como apresentado na Figura 3a, com intuito de facilitar a entrada da mesma. A fim de não deixar ela totalmente solta dentro do garrafão foi necessário colocar os suportes de ferro para servirem como apoio. Foram feitos dois furos a 8 cm abaixo da entrada da bandeja e 18 cm de distância entres os dois, assim como mostra a Figura 3b, para o encaixe das barras de ferro, logo após suas extremidades sendo vedadas com cola epóxi para evitar a perda de calor.

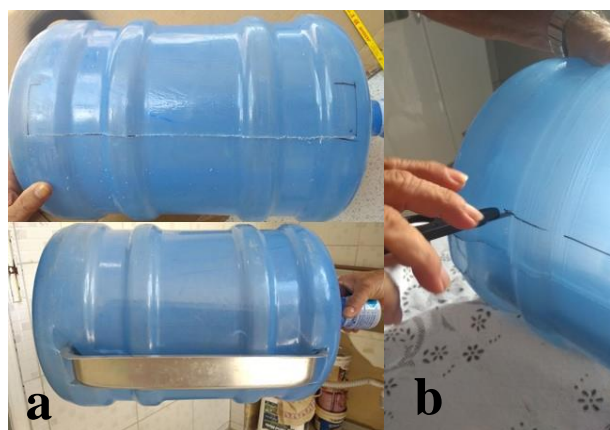


Figura 3. Corte e encaixe da bandeja e furo para o seu suporte

Fonte: Autores (2019)

Como forma de abastecimento foi utilizado a mangueira que é encaixada na abertura na tampa do garrafão que pode ser colocada no momento do fornecimento de água, assim como mostra a Figura 4a após o término é retirada a mangueira e é colocado uma tampa de acordo com a Figura 4b.

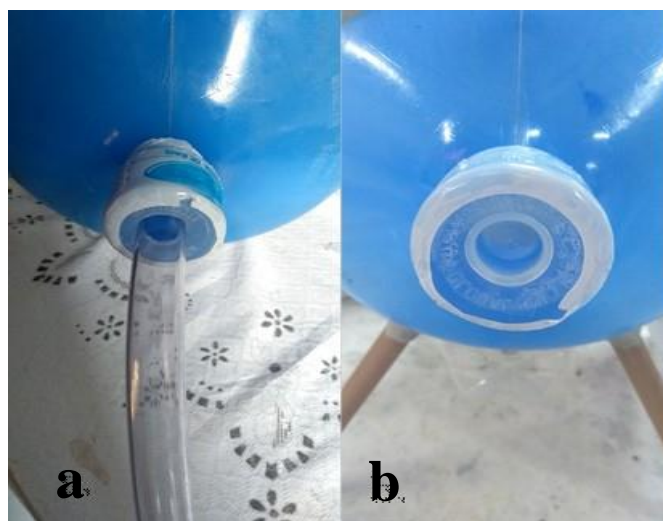


Figura 4. Local de abastecimento de água no destilador

Fonte: Autores (2019)

Foi necessário fazer uma abertura abaixo da bandeja para que a água condensada caísse no reservatório, esta foi feita em formato de um retângulo com medidas de 18 cm e 6 cm, como mostra a Figura 5a. Na garrafa pet também foi feita nessas mesmas medidas, mas para um encaixe mais eficaz ela foi cortada de acordo com as elevações do garrafão, assim como mostra a Figura 5b. Posteriormente foi colado com cola quente e depois de unidos toda

a borda foi vedada com cola epóxi para não ter entrada de água chuva e também impedir vazamento de água destilada.



Figura 5. Marcações e cortes para escoamento da água

Fonte: Autores (2019)

Para se retirar a água armazenada na garrafa pet foi necessário uma abertura na parte de baixo e acoplar uma mangueira de apenas 3 cm com ajuda de cola epoxi, como mostra a Figura 6 e foi utilizado uma tampa de balão volumétrico para facilitar a coleta da água e diminuir o desperdício.



Figura 6. Local para coleta da água destilada

Fonte: Autores (2019)

Na Figura 7 temos o destilador finalizado, no qual o local indicado pela seta preta é onde ocorre o abastecimento de água e o local indicado com a seta de cor amarela é a coleta de água destilada proveniente do equipamento.



Figura 7. Destilador pronto para funcionamento

Fonte: Autores (2019)

8. Resultados e discussão

O destilador solar construído foi testado no período de 7 dias. Na Tabela 1 encontram-se as descrições das quantidades de água abastecida e coletada ao final de um período médio de 24 horas. Realizando o cálculo da porcentagem do montante de água coletada com relação a água abastecida foi possível obter o valor médio de rendimento do destilador, um valor aproximado de 58,7%.

Tabela 1:

Dados referente a quantidade de água abastecida e coletada do destilador solar

	Água abastecida (mL)	Água coletada (mL)
Dia 1	500	136
Dia 2	250	148
Dia 3	250	153
Dia 4	200	103
Dia 5	500	350
Dia 6	200	115
Dia 7	350	315
Total	2250	1320

Fonte: Autores (2019)

8.1 pH e condutividade

Conforme os resultados apresentados na Tabela 2, o pH da água destilada obteve valores mais baixos, com média de 5,58 quando comparados com o da água de abastecimento (água da torneira do IFCE), segundo mostra a Tabela 3, com resultado de 7,90. E também um valor menor que o da água de condensação proveniente dos condicionadores de ar do IFCE. Esta diferença já era esperada, pois geralmente o pH da água destilada é ácido, pois a mesma entra em contato com o ar atmosférico no momento da destilação, dissolvendo o dióxido de carbono (CO₂), deixando o pH menor que 7,0.

Tabela 2:
Valores de pH e condutividade das amostras

Amostra	pH	Condutividade (µS/cm)
1	7,02	35,89
2	7,06	49,03
3	6,99	29,69
4	4,51	32,16
5	4,33	34,51
6	5,05	35,43
7	4,44	42,91
Média	5,58	37,09

Fonte: Autores (2019)

Para os valores de condutividade elétrica que estão expressos em micro-siemens por centímetro (µS/cm) na Tabela 2 foram inferiores a água da torneira do IFCE e da água de condensação apresentados na Tabela 3. Essa queda é ocasionada pela diminuição na quantidade de sais na água.

Tabela 3:
Valores de pH e condutividade das amostras de comparação

Água	pH	Condutividade (µS/cm)
Torneira do IF	7,90	375,40
Condensação	7,30	56,81

Fonte: Autores (2019)

8.2 Presença de íons cloretos (Cl⁻)

Através do método para determinar qualitativamente íons Cloretos descrito por Vogel (1981), no qual já foi discorrido na seção de Materiais e Métodos. A Figura 7 mostra que o tubo A deu positivo para presença de cloreto na água proveniente da torneira do IFCE e negativo para a água do destilador solar, pois a coloração esbranquiçada identifica formação

do precipitado cloreto de prata (AgCl), também podendo ser brometo de prata (AgBr) e iodeto de prata (AgI). Por ser um teste apenas qualitativa não é possível saber se possui os três, ou qual a sua quantidade.

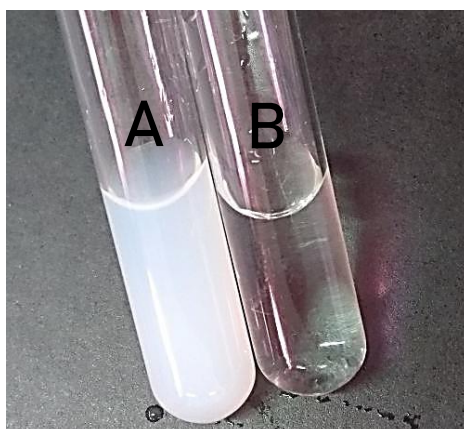


Figura 8. Resultado para presença de íons cloretos onde A (amostra água da torneira) e B (amostra água do destilador solar)

Fonte: Autores (2019)

8.3 Presença de íons carbonatos (CO_3^{2-})

O resultado para detectar presença de carbonato está apresentado na Figura 8, onde é possível perceber a diferença de cor do tubo A (amostra de água da torneira do IFCE) e o tubo B (amostra de água coletada do destilador solar). A pigmentação no tubo A presume que há presença de íons carbonatos na água da torneira e que depois do processo de destilação solar estes íons ficaram imperceptíveis pela análise qualitativa.

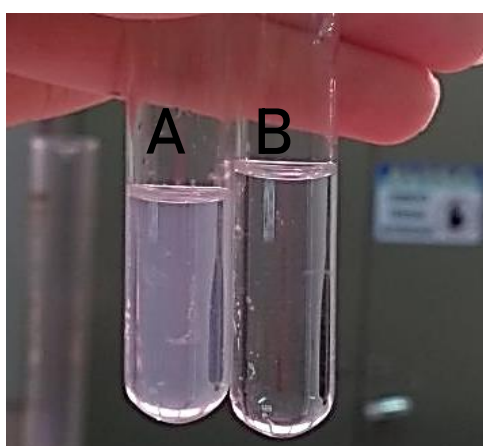


Figura 9. Resultado da identificação de carbonatos onde A (amostra da água da torneira) e B (amostra d destilador solar)

Fonte: Autores (2019)

8.4 Presença de íons cálcio (Ca^{2+})

Como resultado qualitativo para verificar qualitativamente se contém íons Cálcio (Ca^{2+}), a Figura 9 identifica a presença do precipitado branco de Oxalato de Cálcio ($\text{Ca}(\text{COO})_2$), destacado pela marcação vermelha na figura do tubo A (água antes do processo de destilação). Sendo este resultado negativo para o tubo B (amostra de água após a destilação solar). É importante ressaltar que o que aparece no fundo do tubo de ensaio B é reflexo da luz, destacado com uma seta vermelha.

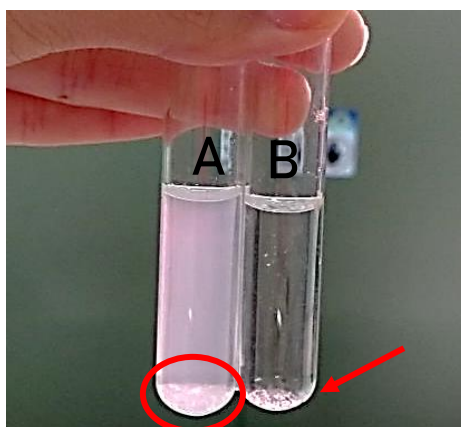


Figura 10. Identificação qualitativa de íons cálcio onde A (amostra da água da torneira) e B (amostra d destilador solar)

Fonte: Autores (2019)

8.5 Presença de Ferro (II) e (III)

Em meio aquoso o ferro pode aparecer de duas formas, iônica ou complexada, como íon di ou trivalente. Existirá na sua forma iônica (Fe^{2+}) isso se a água tiver livre de oxigênio ou em pH ácido. Oxigênio atmosférico oxidará facilmente os íons ferrosos (Fe^{2+}) em íons férricos (Fe^{3+}), e estes por sua vez, podem formar ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) hidróxidos de ferro (III) insolúveis (APHA, 1998; FRESSENIUS, *et. al.* 1988 e VOGEL, 1981).

De acordo com a Figura 20 é possível perceber a coloração vermelha no tubo A correspondente a água da torneira, sendo possível afirmar a presença de íons ferrosos e férricos, pois ao formar o complexo ($\text{Fe}(\text{SCN})_3$) indicará existência do Fe^{3+} e conseqüentemente terá o Fe^{2+} . Já no tubo B esse teste apresentou caráter negativo para presença de íons ferro (II) e (III) na água destilada.

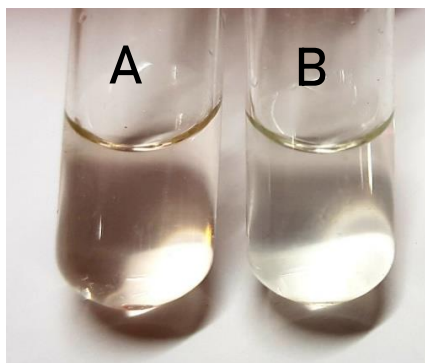


Figura 11. Presença de íons ferro (II) e (III) onde A (amostra da água da torneira) e B (amostra d destilador solar)

Fonte: Autores (2019)

9. Considerações finais

O destilador solar construído com materiais alternativos de baixo custo, apresentou um rendimento médio de 58,7% de água destilada por dia, sendo o seu uso viável para laboratórios de pequenas escolas que não possuem um equipamento padrão de laboratórios que necessita usar água destilada para preparar soluções e outras atividades para aulas práticas.

Ainda que os testes qualitativos para a presença de íons (cloretos, carbonatos, cálcio e ferro) tenham sido negativos, não podemos certificar a sua utilização para certos tipos de análises, já que não foram feitos testes quantitativos. Os testes de pH e condutividade se apresentaram melhores que os da água da torneira e a de condensação, mas não mostrou ainda ser 100% pura, já que a média de condutividade para as amostras de água destilada foi de 37,09 $\mu\text{S}/\text{cm}$ quando este valor deveria ser bem menor para a água destilada (0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

O seu uso se mostrou viável em escolas que não possuem laboratório ou que tenha um, mas não possua os equipamentos necessários, podendo servir como uma proposta e incentivo para o professor buscar novas alternativas para realização de aulas práticas no ensino de Química, mesmo não possuindo os equipamentos de um laboratório. Funciona também para a realização de aulas práticas, sobre diversos conceitos, como por exemplo: para explicar a diferença entre temperatura e calor, estados físicos da matéria, ciclo natural da água, substâncias e misturas e separação de misturas. Promovendo assim a experimentação e contextualização do conteúdo presente no livro didático de Química.

Referências

Brasil. (2002). Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. Brasília: MEC.

Brasil. (2005). Ministério da Saúde. *Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)*. Dispõe sobre regulamentação técnica para funcionamento de laboratórios clínicos. Resolução da Diretoria Colegiada, RDC p. 302.

Brown, T., Lemay, H. E. & Bursten, B. E. (2005). *Química: a ciência central*. 9 ed. Prentice-Hall.

Carvalho, H. W. P., Batista, A. P. L. & Ribeiro, C. M. (2007). Ensino e Aprendizado de Química na Perspectiva Dinâmico-interativa. *Experiências em ensino de ciências*, 36-47.

Chassot, A.I. (1993). *Catalisando transformações na educação*. Ijuí: Unijuí, 174 p.

Chassot, A. I. (2004). *Para que(m) é útil o ensino?*. 2 ed. Cnoas: Ed. ULBRA.

Codato, G., Oliveira, A. P., Soares, J., Escobedo, J. F., Gomes, E. N. & Pai, A. D. (2008). Global and diffuse solar irradiances in urban and rural areas in Southeast Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v.93, 57-73.

Dias, R. S. (2012). *Análise da influência de pedras britadas inseridas na bandeira do potabilizador solar de vidro na produção de água*. p. 52. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

Duffie, J. A. & Beckman, W. A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*. 4 ed. EUA. Wiley-Interscience, 919 p.

Faria, E. V., Alves, I. F. B., Araujo, B. S. A., Bontempo, L. H. S., Lima, M. N. & Oliveira, L. C. C. B. (2015). Desenvolvimento e construção de um destilador solar para dessalinização de água salgada em diferentes concentrações de sais. In: *Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, São Carlos – SP, 2015*. Acesso em 12 de abril, em

<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/desenvolvimento-e-construo-de-um-destilador-solar-para-dessalinizao-de-gua-salgada-em-diferentes-concentraes-de-sais-20813>.

Formoso, S.C. (2010). *Sistema de tratamento de água salobra: alternativa de combate a escassez hídrica no semi-arido sergipano*. Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 119p.

Frota, A. B. & Schiffer, S. R. (2001). *Manual de conforto térmico*, 5ª edição. Nobel, São Paulo, 243 p.

Hamed, O. A., Eisa, E. I. & Abdalla, W. E. (1993). Overview of solar desalination. *Desalination*, v. 93, 563-579.

Lopes, H. J. J. (2003). Garantia e controle da qualidade no laboratório clínico. Acesso em 12 de abril, em [http://www.goldanalisa.com.br/arquivos/%7B8530AFBA-AE96-4413-90EE-9C929C896B39%7D_Garantia_e_Controlo_da_Qualidade_no_Laboratorio_Clinico\[1\].pdf](http://www.goldanalisa.com.br/arquivos/%7B8530AFBA-AE96-4413-90EE-9C929C896B39%7D_Garantia_e_Controlo_da_Qualidade_no_Laboratorio_Clinico[1].pdf).

Lorenzo J. G. F., Santos M. L. B., Neto A. S., Santos A. O., Sá A. M., Vasconcellos E. S., Tavares J. K. G., Lima J. F., Wanderley L. P. M. & Moreira T. S. (2010). Construindo aparelhagens de laboratório com materiais alternativos – PIBID/IFPB. In: *CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO*, 5, Maceió – Al, 2010. Acesso em 12 de abril, em <http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNepi2010/paper/viewFile/1183/698>.

Lucas, M., Chiarello, L. M., Silva, A. R. & Barcellos, I. O. (2013). Indicador Natural como Material Instrucional para o Ensino de Química. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 1, 61-71.

Maldaner, O. A. (2003). *A formação inicial e continuada de professores de Química: Professor Pesquisador*. 2ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí.

Maluf, A. P. Destiladores Solares no Brasil. (2005). *Monografia de especialização em Fontes Alternativas de Energia*. Departamento de Engenharia. Universidade Federal de Lavras – MG.

Mota, S. E. & Andrade, M. A. N. (1986). Uso da destilação solar no tratamento de águas contaminadas com microrganismos. Aplicações às pequenas comunidades. *Revista Tecnologia*, n. 7.

Naim, M. M. & Kawi, M. A. (2003). Non-conventional solar stills Part 2. Nonconventional solar stills with energy storage element. *Desalination*. v. 153(1), 71-80.

Nandwani, S. S. (2006). Uses of solar energy in Costa Rica. *Renew Energy*, v. 31, n. 5, p. 689.

Nascimento, K.A., Rezende, Y.F.G. & Izarias, N.S. (2013). Construção de laboratório alternativo de Química. In: *Congresso Brasileiro de Química*, 53, Rio de Janeiro/RJ, 2013. Acesso em 12 de abril, em <http://www.abq.org.br/cbq/2013/trabalhos/6/3355-16919.html>.

Perles, C. E. (2008). Propriedades Físico-Químicas Relacionadas ao Desenvolvimento de membranas de Nafion para Aplicações em Células a Combustível do tipo PEMFC. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 18, n° 4, 281-288.

Qiblawey, H. M. & Banat, F. (2008). Solar thermal desalination technologies. *Desalination*, v. 220, n. 1-3, 633-644.

Queiroz, S. L. (2004). Do fazer ao compreender ciências: reflexões sobre o aprendizado de alunos de iniciação científica em química. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 10, n. 1.

Ribeiro, M. (2013). Só 11% das escolas brasileiras têm laboratório de Ciências. O Globo, Publicado em 18 de nov. de 2013. Acesso em 12 de abril, em <https://oglobo.globo.com/sociedade/educacao/so-11-das-escolas-brasileiras-tem-laboratorio-de-ciencias-10804574>.

Sartori, E. R., Batista E. F., Dos Santos V. B. & Fatibello-Filho O. (2009). Construção e Aplicação de um Destilador como Alternativa Simples e Criativa para a Compreensão dos Fenômenos Ocorridos no Processo de Destilação. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, 55-57.

Souza, M. A. S. B. (2010). *Estudos da viabilidade da destilação solar para polimento de águas produzidas de petróleo*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 149 p.

Taamneh, Y. & Taamneh, M. M. (2012). Performance of pyramid-shaped solar still: Experimental study. *Desalination*, v. 291, 65-68.

Tiba, C. & Fraidenraich, N. (2000). *Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestres*. Editora Universitária da UFPE, Recife.

Tiwari, G. N., Singh, H. N. & Tripathi, R. (2003). Present Status of Solar Distillation. *Solar Energy*, New Delhi, India, v. 75, 367-373.

Zolet, M. (2005). *Potencial de aproveitamento de água de chuva para uso residencial na região urbana de Curitiba*. p 42. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Ambiental. Pontifícia universidade católica do Paraná, Curitiba.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Virna Pereira de Araújo – 80%

Ana Karine Portela Vasconcelos – 20%