

3º

LUGAR

CATEGORIA  
ENSINO MÉDIO



Breno de Mello Dal Bianco, 16 anos

Associação Franciscana de Ensino Senhor Bom Jesus  
Curitiba - PR

## DESSALINIZAÇÃO A PARTIR DE DESTILADOR SOLAR

### RESUMO

A água salobra é pouco utilizada pelo homem devido ao excesso de sais em sua composição. Todavia, as maiores reservas de água no mundo são os mares e oceanos e estes são salobros. Isso mostra a importância da dessalinação para a obtenção de água potável, especialmente em regiões secas que não possuem outras fontes desse recurso. O processo é, contudo, caro e pouco explorado. Daí surge a necessidade de se investirem em tecnologias que possibilitem um aproveitamento melhor deste recurso.

Este projeto se baseia num método de dessalinação sem custos, e que utiliza uma fonte de energia renovável. Ao acoplar um fogão solar a um circuito de refrigeração com um condensador, obtemos um destilador solar que pode ser utilizado tanto em larga escala como para suprir uma família pequena. Devido a ter sido construído com materiais simples e fáceis de adquirir, meu protótipo pode ser reproduzido sem muito esforço ou custos.

Palavras-chave: Dessalinizador solar. Renovável. Destilador.

### 1. INTRODUÇÃO

A escassez de água limpa é um problema enfrentado por uma boa parte da população brasileira. Cerca de 40 milhões de pessoas têm abastecimento descontinuado e irregular, além de muitas vezes receber água de má qualidade em suas casas. Já 11 milhões de brasileiros não têm acesso nenhum à água potável (REBOUÇAS, 2003).

No Brasil, muitas vezes persiste o pensamento de que para vencermos a escassez de água devemos fazer obras de grande porte, muitas vezes caras e complexas, como por exemplo a transposição do rio São Francisco. Essas obras, custeadas pelo poder público, raramente resolvem o problema. É sabido que quando o investimento e método de retirada são custeados pelo indivíduo, este tende a fazer um uso mais proveitoso da água, evitando desperdícios (REBOUÇAS, 2003). Desta forma, soluções de menor escala dimensionadas e aplicadas no âmbito individual ou familiar se mostram mais eficientes.

A destilação solar é um processo mais barato, quando comparado com outros processos de destilação. Isso se deve especialmente ao fato de ser utilizada uma fonte de energia renovável e gratuita, o Sol. Sua versatilidade permite que esta forma de energia seja usada não apenas para geração de eletricidade, mas também para aquecimento de água, desidratação e secagem de alimentos, cozimento, entre outros. (RAMOS, 2011)

Este projeto visa a obtenção de água potável através de um destilador solar construído com materiais simples e fáceis de adquirir. O uso de energia solar permite a diminuição dos custos do processo, além de ser uma energia limpa e renovável. O emprego materiais presentes no dia a dia e a reutilização de sucata faz com que este protótipo possa ser reproduzido sem maiores dificuldades por qualquer pessoa e com baixo custo.

### 2. METODOLOGIA

Para facilitar a construção, o projeto foi dividido em duas partes: o fogão e o condensador. Ambos foram reunidos em uma estrutura única posteriormente.



Figura 1 - Fogão solar

Figura 2 - Circuito de refrigeração

O fogão foi construído a partir de antenas parabólicas usadas e retalhos de espelhos, o que barateou os custos. Esse método para a fabricação dos refletores a partir de antenas foi desenvolvido por Ricardo Eugênio Barbosa Ramos Filho para sua dissertação de mestrado.

As parábolas foram recobertas por quadrados de 28 mm de lado, cortados com uma ferramenta de ponta de carboneto de tungstênio a partir de retalhos de espelhos obtidos em vidraçarias. Devido ao tamanho dos quadrados, retalhos de qualquer tamanho podem ser usados na produção dos refletores. Isso permite o uso de pedaços de espelhos que seriam normalmente descartados em vidraçarias, reutilizando esses materiais e mantendo o custo próximo a zero.

Para aderir os espelhos à antena foi usada fita dupla face para colagem de vidros. Em cada refletor foram colados aproximadamente 430 quadrados de espelhos, totalizando um consumo de aproximadamente de 12 metros de fita e 0,34 m<sup>2</sup> de espelhos.



Figura 3 - Colagem dos espelhos

Após a conclusão da colagem dos espelhos, as antenas foram unidas pela sua própria haste de suporte de modo a sobrepor seus focos, maximizando assim a eficácia do fogão. Foi utilizada uma escada e arames para dar suporte à panela onde será fervida a água à ser destilada. A escolha de uma panela de pressão se deve à sua vedação permitir conduzir o vapor até o condensador com uma perda muito baixa, o que contribui para a eficiência do protótipo.

Para o condensador, foi feito um sistema hidráulico composto de um radiador automotivo comprado em ferro velho e um condensador de Friedrich (serpentina), comumente encontrado em lojas de vidrarias para laboratório. O condensador foi ligado ao radiador de modo a contribuir com a convecção do líquido refrigerante interno. O líquido que resfria o vapor que entra no condensador segue aquecido

para o radiador onde é resfriado e volta para o condensador, completando assim o circuito fechado de refrigeração.

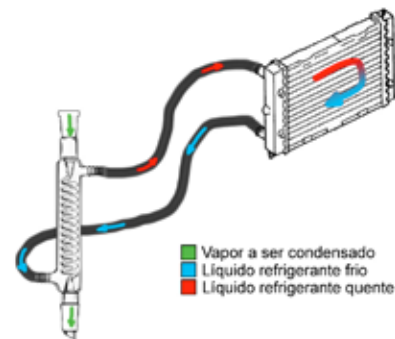


Figura 4 - Esquema do condensador

Todo o sistema de refrigeração foi fixado em torno de uma cadeira, a fim de gerar um desnível entre o radiador e o condensador que facilitasse a convecção.

A ligação entre a caldeira e o condensador foi feita por meio de uma mangueira comum de gás.

Testes preliminares foram realizados com a panela em alumínio natural. Esta não se mostrou eficiente, refletindo muita luz solar. O fundo da panela foi então pintado com tinta spray fosca da cor preta.



Figura 5 - Pintura da panela

A pintura maximizou a absorção da luz solar e sua conversão em calor, uma vez que o preto possui uma refletância inferior a 5%. Esse alto grau de absorção da radiação solar garante um ganho maior de calor (CASTRO et al. 2003).

Experimentos com os componentes isolados mostraram que as antenas conseguiam levar a água à ebulição e que o sistema de refrigeração condensava a maior parte da água fervida em um fogão à gás.

Todavia, no primeiro teste que buscava a destilação completa (ebulição e condensação) o protótipo falhou. A posição da caldeira e do condensador fez com que a água condensasse na mangueira de gás que liga os dois itens e voltasse para a panela. O refluxo da água e dificuldades no transporte, ajuste do foco e compensação do movimento aparente do Sol na montagem que utilizava a escada e a cadeira levaram à construção de uma estrutura de suporte para as partes do protótipo.



Figura 6 - Montagem do primeiro teste

A estrutura foi feita por uma serralheria. No formato de tronco de pirâmide e construída em metal, ela possui suporte para o radiador e o condensador, além de um descanso para um recipiente coletor de água destilada. Os refletores são presos a um eixo giratório, para compensar o movimento aparente do Sol. A caldeira tem um suporte de altura variável, a fim de ajustar a posição e tamanho do foco.

A estrutura trouxe várias melhorias. O transporte foi facilitado, uma vez que as múltiplas peças se tornaram um objeto único. O ajuste do foco e da posição da caldeira se deu com mais precisão e o ajuste pela posição do Sol no céu é feito com mais facilidade, devido à altura regulável da panela e ao eixo giratório das elipses, respectivamente. As mangueiras foram dimensionadas corretamente, evitando dobras ou comprimento excessivo. Esses fatores permitiram a realização de novo ensaios buscando à destilação da água marinha.



Figura 7 - Estrutura completa

Esses ensaios trouxeram resultados positivos, e a construção do protótipo foi finalizada. Pequenos aperfeiçoamentos ainda serão realizados, mas de fim estético (pintura, limpeza, etc).

Para a construção do protótipo foi investida uma quantia aproximada de R\$ 660,00, distribuída nos seguintes itens:

- Antenas parabólicas: R\$ 50,00
- Espelhos: R\$ 40,00
- Fita adesiva dupla face: R\$ 80,00
- Cortador de vidro: R\$ 40,00
- Tinta spray: R\$ 20,00
- Mangueiras: R\$ 20,00
- Radiador: R\$ 50,00
- Condensador: R\$ 60,00
- Serviço de metalurgia: R\$ 300,00

### 3. DISCUSSÕES E RESULTADOS

Foram realizados sucessivos experimentos durante a construção e projeto do protótipo. De caráter empírico, esses testes direcionaram o estudo, apontando falhas e possíveis melhorias para cada estágio do destilador. Os passos e decisões da metodologia foram tomados a partir dos resultados à seguir.

Durante a colagem dos espelhos nas antenas foram feitos testes dos espelhos parabólicos em que os refletores carbonizaram uma placa de MDF. Porém, eles eram incapazes de ferver a água na caldeira. A causa disso era o acabamento em alumínio do fundo da panela. O alumínio refletia muita luz solar, diminuindo drasticamente sua eficiência. Esta descoberta acusou a necessidade de se pintar o fundo da panela de preto fosco.

Para atestar a funcionalidade do sistema de refrigeração, foram realizados dois ensaios de destilação de água marinha. Uma vez que a água já havia sido fervida utilizando os refletores e devido à uma sequência de dias nublados foi utilizado um fogão à gás para induzir a ebulição da água do mar.

Em ambos os testes foram colocados 200 ml de água na panela de pressão. Em aproximadamente 10 minutos a água entrou em ebulição, e ao final de 40 minutos toda a água havia sido evaporada. Ao medir a quantidade de água destilada foi constatado um volume médio de 185 ml, equivalente a um rendimento superior a

90%, o que confirmava a funcionalidade do circuito condensador.

Notou-se que a água destilada, apesar de não possuir sais, estava um pouco turva e com flavor de plástico proveniente da mangueira de gás utilizada para conectar a válvula da panela à entrada do condensador.



Figura 8 - Resultado da primeira destilação

Após esses dois testes foi feito um experimento para atestar a funcionalidade do protótipo na realização do processo completo. Foram colocados novamente 200 ml de água marinha e a estrutura improvisada com a escada e a cadeira foi montada. A água entrou em ebulição como esperado, mas o processo não foi completado. O vapor, ao sair caldeira, se condensava na mangueira de gás e o líquido ou voltava para a panela, ou ficava retido em vales e dobras na própria mangueira, impedindo que o vapor chegasse ao condensador e ao recipiente coletor.

Esse experimento mostrou a necessidade de uma estrutura para posicionar a caldeira no foco dos refletores com precisão. Com a estrutura pronta dois novos ensaios foram realizados.

### 3.1. ENSAIO DE DESTILAÇÃO

O primeiro ensaio foi realizado em 2 de Novembro de 2013, na cidade de Santo Antônio da Platina. O dia estava parcialmente nublado, e notava-se uma névoa constante no céu, mesmo quando não aparentava haver nuvens.

Às 12:40 do horário de Verão (11:40 do horário solar) foram colocados 250 ml de água da torneira na caldeira. Passada uma hora foi verificado que restavam 90 ml

de água na panela, e foram coletados 145 ml de água destilada.



Figura 9 - Durante o primeiro ensaio

O rendimento se manteve acima dos 90% observados anteriormente, já que 145 ml dos 160 ml que evaporaram foram condensados. A qualidade da água melhorou, pois apesar de ainda existir um flavor de plástico ela estava mais cristalina.



Figura 10 - Resultado do ensaio de destilação

### 3.2. ENSAIO DE DESSALINIZAÇÃO

Para o segundo ensaio foi utilizada água marinha coletada no município de Pontal do Paraná. Realizado novamente em Santo Antônio da Platina, esse experimento foi conduzido no dia 03 de novembro de 2013. Havia mais nuvens neste dia, o que reduziu a velocidade do destilador.

Com o horário de verão ainda vigente, a destilação foi iniciada às 12:30 com 250 ml de água salina e durou 2 horas. Às 13:30 foi feita uma leitura parcial e haviam condensados pouco menos de 100 ml e às 14:30 o total destilado foi de 125 ml. Restaram 100 ml na caldeira e um pouco de sal como corpo de fundo.



Figura 11 - Volume de água dessalinizada

O flavor de plástico da água coletada diminuiu e a salinidade da água marinha subiu drasticamente, deixando-a turva. O rendimento deste ensaio foi um pouco inferior, ficando um pouco acima de 80%.



Figura 12 - Água salina (esq) e água potável (dir)

Foram gravados vídeos dos testes e disponibilizados na Internet, seus links estão nos anexos.

### 4. CONCLUSÕES

O protótipo se mostrou eficiente e cumpriu seu objetivo, realizando o processo completo de destilação. Menores quantidades de água se mostraram mais eficientes devido ao fato de longos períodos de aquecimento necessitarem de ajustes constantes da posição das antenas, para compensar o movimento aparente do Sol. Pequenos volumes requerem também tempos de exposição mais curtos, assim são menos penalizados por dias nublados.

O fogão desempenha bem seu papel. Com o auxílio da estrutura o ajuste do foco dos refletores e o alinhamento com o Sol são feitos sem dificuldades. A água na caldeira atinge temperaturas satisfatórias ainda que o céu não esteja totalmente limpo. As antenas tem uma potência alta, requerindo poucos segundos para carbonizar materiais como papel ou MDF.

O circuito de refrigeração é funcional e garantiu rendimentos satisfatórios. O rendimento médio foi superior à 85%. O fluido utilizado é água pura de torneira e todas as peças do circuito são removíveis, podendo ser substituídas caso surja a necessidade.

O destilador em sua totalidade pode ser aprimorado com materiais mais adequados ou feitos sob medida. O emprego de antenas e um radiador maiores permite produções maiores, conforme a necessidade do usuário.

Apesar disso aumentar o custo, ao se pensar em uma aplicação para uma comunidade ou grupo de pessoas esse preço pode ser diluído entre as famílias. Esse projeto é ideal para núcleos familiares e pequenas comunidades por requerer apenas um investimento inicial, uma vez que é um processo sustentável que não requer energia externa além da solar.

A água obtida também deve ser testada, para averiguar sua potabilidade. A mangueira de gás deixou resíduos na água coletada, mas este problema tende a diminuir com o uso. A qualidade da água obtida permite direcionar o projeto para diferentes fins, como irrigação, consumo humano ou limpezas em geral, já que estes requerem diferentes graus de pureza da água.

A aplicação em larga escala é uma oportunidade valiosa pois essa tecnologia ainda é pouco explorada no mundo, e se mostraria especialmente eficiente no semiárido brasileiro. Essa região sofre historicamente com a falta de água potável, e o clima local se mostra muito adequado para uso de tecnologias solares.

No estado da Califórnia, nos Estados Unidos, uma usina de captação de energia solar voltada para geração de energia elétrica está sendo construída. Ela segue o mesmo princípio do destilador no que se refere a usar energia solar para aquecer uma caldeira. A usina deve suprir por volta de 140 mil casas, gerando 377 megawatts de energia (SOLAR TRIBUNE, 2013).

Isto ilustra que o investimento nessa nova área de geração de energia pode colocar o Brasil em uma posição de destaque no mundo, pois essa área encontra-se no início de seu desenvolvimento e possui muito potencial à ser explorado. Com essa tecnologia é possível melhorar a qualidade de vida de muitos brasileiros que necessitam de água potável ou energia elétrica.

Ressalta-se também que são obtidos sais marinhos sólidos como subproduto do processo de dessalinização, e estes possuem valor comercial e diversos empregos na química, culinária e agropecuária, dentre outras áreas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, A. P. A. S.; LABAKI, L. C.; CARAM, R. M.; BASSO, A.; FERNANDES, M. R. Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral. Ambiente Construído (São Paulo. Impresso), v. 3, n. 2, p. 69-76, 2003;

RAMOS, BARBOSA, R. E. Análise de Desempenho de um Fogão Solar Construído a Partir de Sucatas de Antena de TV. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011;

REBOUÇAS, A. C. Águas no Brasil: abundância, desperdício e escassez. Bahia Análise & Dados. Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 341-345, 2003;

SOLAR TRIBUNE <<http://solartribune.com/abengoa-brightsource-to-build-worlds-largest-solar-power-towers-in-california-2013-03-18/>> Acesso em: 20 ago. 2013.

## 6. ANEXOS

Carbonização de placa de MDF: <http://youtu.be/dtHBc5xT0aI>

Ebulição da água: <http://youtu.be/q7oZ3ByH1gM>

Teste da condensação: <http://youtu.be/wPD6XjK8bgs>

Carbonização de Jornal: <http://youtu.be/a6oEFXRiGHw>

Ensaio de destilação: [http://youtu.be/l\\_Ylytm\\_UKg](http://youtu.be/l_Ylytm_UKg)