

ASCES/UNITA - CENTRO UNIVERSITÁRIO TABOSA DE ALMEIDA

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

RENAN DA SILVA ROCHA

**REATOR EM ESCALA DE BANCADA PARA DESSALINIZAÇÃO POR
PROCESSO ADSORTIVO COM SEMENTE DE UMBU**

CARUARU-PE

2017

RENAN DA SILVA ROCHA

**REATOR EM ESCALA DE BANCADA PARA DESSALINIZAÇÃO POR
PROCESSO ADSORTIVO COM SEMENTE DE UMBU**

Projeto de pesquisa apresentado ao núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso (NTCC) do Centro Universitário Tabosa de Almeida - ASCES-UNITA como requisito parcial para conclusão do curso de Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Prof. DSc. Luiza Feitosa Cordeiro de Souza.

CARUARU - PE

2017

RENAN DA SILVA ROCHA

**REATOR EM ESCALA DE BANCADA PARA DESSALINIZAÇÃO POR
PROCESSO ADSORTIVO COM SEMENTE DE UMBU**

Aprovado em: ___/___/___

Nota: ____

Prof. DSc. Angela Maria Coelho de Andrade
Primeiro Examinador

Prof. DSc. Deivid Sousa Figueirôa
Segundo Examinador

Prof. . DSc. Luiza Feitosa Cordeiro de Souza – ASCES-UNITA
Orientadora

CARUARU

2017

Dedico a meus pais, Roberto da Silva Rocha e Maria do Rosário da Silva Rocha, por não medirem esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida, e capacidade de acreditar e investir em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço este trabalho primeiramente a Deus, por me dar a força e não me deixar desanimar durante essa trajetória acadêmica.

Aos meus pais Roberto da Silva Rocha e Maria do Rosário da Silva Rocha por toda batalha para conseguir garantir minha faculdade, por todo incentivo e ajuda em todos os momentos desta etapa.

A minha irmã Roberta da Silva Rocha pelo incentivo e preocupação.

A minha família em geral por todo apoio e incentivo, educação e pelos princípios que me passaram me tornando a pessoa que sou hoje.

A minha orientadora, Luiza Feitosa Cordeiro de Souza, por toda atenção e empenho dedicado à elaboração deste trabalho, pelo apoio e confiança, muito obrigado.

A meus amigos de curso e vida, Caio Cesário, Pedro Henrique, Igor Chaves e Patrick Pierre, a eterna galera do mal, que sempre estiveram juntos nos piores e nos melhores momentos sempre vencendo as batalhas impostas.

A minha eterna equipe, Barbára Regina, Luana Karoline, Maria Edjane, Mayara Torres e Júnior Vilar, por tudo que passamos e superamos durante essa jornada acadêmica, a vocês só tenho a agradecer por tudo, pois sem a ajuda e presença de vocês eu não teria chegado aonde cheguei.

A todo corpo docente do curso de Engenharia Ambiental, por todo conhecimento transmitido, carinho e atenção.

A Emanuele Diogenes por toda ajuda e atenção na elaboração deste trabalho durante o processo de execução e análise de dados.

“Nem tudo nessa vida é fácil, mas com certeza nada é impossível. Ser forte não é ter a força de um leão, mas sim a paciência e humildade de um pássaro, que mesmo na gaiola não perde a esperança de voar.”

Jaílson Galegão

RESUMO

Por muitos anos, o mundo vem sofrendo com a escassez de água potável, para resolver esse problema foram criados vários sistemas capazes de remover a salinidade da água, ajudando principalmente pessoas que vivem em regiões com falta de água potável, muitas dessas pessoas consomem a água com as propriedades naturais delas, muitas vezes com um alto teor de salinidade. O problema desses sistemas dessalinizadores é o custo muito alto para adquirir e realizar as devidas manutenções. Pensando nisso, esse trabalho teve como objetivo testar a semente de umbu como adsorvente para a remoção da salinidade. Foi verificada a capacidade da semente de remoção do sal através de um teste de sorção. Foram utilizados dois tipos de reatores, um com o material adsorvente imobilizado e fluxo descendente (RI) e o outro disperso com o fluxo ascendente (RII). A eficiência dos reatores foi medida através da condutividade e convertida em salinidade de acordo com a literatura, foi analisado pH, turbidez e cor das amostras afluentes e efluentes aos reatores. As sementes conseguiram alcançar o objetivo de remover certa quantidade de salinidade da água, e o reator I foi mais eficiente que o reator II, uma vez que o reator I conseguiu remover uma porcentagem de 10% da salinidade inicial, enquanto o reator II teve uma remoção de apenas 4% da salinidade inicial. Uma explicação para essa diferença na eficiência dos reatores é que no reator I a água tinha mais contato e resistência com a semente, e no reator II a semente ficava dispersa no sistema diminuindo assim seu contato e resistência com a semente. Com esse trabalho foi possível verificar que a semente pode ser utilizada como um material adsorvente de sais, mas para melhores resultados os reatores devem ser adaptados, como por exemplo, a diminuição de tempo de detenção hidráulica e imobilização das sementes.

Palavras Chaves: Salinidade, Semente de umbu, Dessalinizador, Qualidade da água.

ABSTRACT

For many years, the world has been suffering from the shortage of drinking water, to solve this problem have been created several systems able to remove salinity from the water, mainly helping people living in regions lacking drinking water, many of these people consume water With their natural properties, often with a high salinity content. The problem with these desalination systems is the very high cost of acquiring and carrying out the necessary maintenance. With this in mind, this work had as objective to test the seed of umbu as adsorbent for the removal of the salinity. The capacity of the salt removal seed was checked by a sorption test. Two types of reactors were used, one with immobilized adsorbent material and downflow (RI) and the other with upflow (RII). The efficiency of the reactors was measured through conductivity and converted to salinity according to the literature. The pH, turbidity and color of the effluent and effluent samples were analyzed. The seeds were able to reach the goal of removing a certain amount of salinity from the water, and reactor I was more efficient than reactor II, since reactor I was able to remove a percentage of 10% of initial salinity, while reactor II had a Removal of only 4% of the initial salinity. An explanation for this difference in reactor efficiency is that in reactor I the water had more contact and resistance with the seed, and in reactor II the seed remained dispersed in the system thus decreasing its contact and resistance with the seed. With this work it was possible to verify that the seed can be used as a salt adsorbent material, but for better results the reactors must be adapted, such as the reduction of hydraulic holding time and immobilization of the seeds.

Key words: Salinity, Ember seed, Desalinator, Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A distribuição da água no nosso Planeta.....	4
Figura 2. Classificação dos terrenos encontrados na região Nordeste do Brasil.....	5
Figura 3. Umbu, frutos.	10
Figura 4. Raiz do umbuzeiro.	11
Figura 5. A) Semente natural; B) Semente no processo de trituração; C) Semente pulverizada. .	12
Figura 6. Lavagem da semente.	13
Figura 7. Desenho esquemático do teste de sorção.	14
Figura 8. Recipientes plásticos com capacidade 1,5 L usados na confecção do reator I. A) recipientes empilhados; B) recipiente individual; C) tampa com perfuração.	15
Figura 9. Materiais para a confecção dos cartuchos.	15
Figura 10. Preenchendo a vela adaptada com material adsorvente (SEMENTE DE UMBU).....	16
Figura 11. Reator II feito a partir de cano PVC de 100 mm.	16
Figura 12. Materiais utilizados na confecção do Reator II. (a) Cap PVC de 100 mm com adaptação para um cano de 25 de mm por onde a água entra no sistema; (b) Peças usadas para vedação da entrada de água e sustentação do material adsorvente; (c) Interior do reator já com o material adsorvente e o suporte de sustentação. (d) reator II pronto para operação.....	17
Figura 13. Condutivímetro CD-4301 Lutron.....	18
Figura 14. pHmetro QUIMIS.	19
Figura 15. Espectrofotômetro SP 22 BIOSPECTRO.....	20
Figura 16. Turbidímetro DLM-2000 DEL LAB.	20
Figura 17. Peneiras que conseguiram reter as sementes trituradas.	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Padrão qualidade da água potável para consumo humano	6
Tabela 2. Caracterização da água do poço artesiano	22
Tabela 3. Teste de extração do sal.....	24
Tabela 4. Teste de sorção do sal.	24
Tabela 5. Caracterização das análises de água reator I.....	29
Tabela 6. Caracterização das análises de água reator II	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Análise granulométrica da semente triturada.	23
Gráfico 2. Salinidade removida pela semente no reator I.....	26
Gráfico 3. Salinidade removida pela semente no reator II.	27
Gráfico 4. Comparação de remoção de salinidade Reator I x Reator II.	28
Gráfico 5. Eficiência reator I x reator II.	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	3
2.1 OBJETIVO GERAL:.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	3
3 REVISÃO DA LITERATURA:	4
3.1 DISPONIBILIDADE E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO PLANETA	4
3.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO NORDESTE BRASILEIRO.....	5
3.3 PADRÃO DE POTABILIDADE	6
3.3.1 Definição E Composição Da Água Salgada E Salobra	7
3.4 DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA SALGADA E SALOBRA	7
3.4.1 Dessalinização Por Troca Iônica	8
3.4.2 Dessalinização Por Destilação.....	8
3.4.3 Dessalinização Por Congelamento	8
3.4.4 Dessalinização Por Osmose Reversa.....	9
3.4.5 Dessalinização Por Adsorção	9
3.5.1 Características Do Material Adsorvente Investigado Para Uso Como Dessalinizador De Água Salobra Ou Salina	10
3.5.2 Umbu	10
4 MATERIAL E MÉTODO	11
4.1 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DO POÇO.....	11

4.2 PREPARAÇÃO DO MATERIAL ADSORVENTE PARA REALIZAÇÃO DE TESTES DE SORÇÃO DE SAL	11
4.3 TESTE DE EXTRAÇÃO DO SAL CARACTERÍSTICO DO MATERIAL ADSORVENTE	13
4.4 TESTE DE SORÇÃO DE SAL DO MATERIAL ADSORVENTE USANDO ÁGUA DO POÇO	14
4.5 CONFECÇÃO E FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS	14
4.5.1 Reator I	14
4.5.2 Reator II.....	16
4.6 OPERAÇÃO E MONITORAMENTO	17
4.7 ANÁLISE DE DADOS	18
4.7.1 Salinidade:	18
4.7.2 pH	19
4.7.3 Cor Aparente	20
4.7.4 Turbidez.....	20
4.8 CÁLCULO PARA PORCENTAGEM DA EFICIÊNCIA DE SORÇÃO DE SAL NO MATERIAL ADSORVENTE.....	21
5 RESULTADOS	22
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DO POÇO ARTESIANO	22
5.2 TESTES DE BANCADA PARA EXTRAÇÃO E SORÇÃO DO SAL CONTIDO NO MATERIAL ADSORVENTE.....	22
5.2.1 Análise Granulométrica Das Sementes	22
5.3 AVALIAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DOS REATORES NA REMOÇÃO DO SAL PELA SEMENTE.....	25
5.3.1 Resultados Dos Testes De Dessalinação Da Água Do Poço Artesiano Com Os Reatores De Bancada	25
5.3.2 Comparação Da Eficiência De Remoção Do Sal Do Reator I E Reator II.....	27
5.3.3 Característica Da Água Após Passar Pelos Reatores	29
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A maior parte do planeta Terra é coberto por água, com um volume aproximado de 1,4 bilhão de km³ cobrindo cerca de 71% da superfície da Terra. Apesar disto, muitas regiões do planeta não têm acesso a água com as características de potabilidade necessárias para atender as necessidades humanas (GRASSI, 2001). O Brasil é considerado um país rico em termos hidrológicos, detendo aproximadamente 12% da água doce que compõem a superfície da terra. No entanto, esse volume de água doce é mal distribuído. A região Nordeste brasileira, por conta das características, possui a menor parcela de água doce disponível em todo o país. Isto se deve principalmente a presença do escudo cristalino que é uma característica geoambiental e ocupa cerca de 70% de toda área do Semiárido nordestino, dificultando o acúmulo de água no subsolo e tornando as águas existentes em salinas ou salobras (SUASSUNA, 1994).

Para tratar essa água salobra ou salina foi desenvolvido nos últimos anos sistemas de dessalinização, que ao decorrer do tempo vem sendo modificado para atender as necessidades das pessoas mais carentes. Estes sistemas são relevantes para a promoção da redução de sais na água tornando-a própria para consumo humano sem causar danos à saúde. Atualmente são utilizadas as técnicas de osmose reversa, destilação e congelamento. Porém os materiais utilizados nesses processos possuem uma certa especificidade e, portanto, possuem um elevado custo de aquisição e manutenção. Um exemplo são as membranas semipermeáveis utilizadas na osmose reversa responsáveis pela remoção do sal. Essa membrana possui poros bastante pequenos e só permite a passagem de água de um meio mais diluído para o mais concentrado, devido a isto são caras. Para que o fluxo ocorra em sentido inverso, separando a água limpa dos sais, é preciso a aplicação de pressão elevada, consumindo assim energia elétrica e encarecendo o custo de funcionamento.

Novas técnicas vêm sendo estudadas para diminuir o custo do projeto e otimizar o funcionamento deste tipo de processo. A utilização de materiais biológicos adsorptivos é uma opção alternativa aos processos citados acima, devido ao seu baixo custo de aquisição. Estes materiais adsorvem em sua superfície os sais responsáveis pela salinidade, tornando a água doce. Dentre estes materiais adsorventes podemos citar sementes de frutos, bucha vegetal e amêndoas. São encontrados abundantemente na natureza e geralmente são considerados resíduos sem finalidade específica, sendo descartados.

Menezes (2009), avaliou a função adsorptiva de vários destes materiais e verificou a viabilidade deles na dessalinização. Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de viabilizar o uso da semente de umbu como material biológico adsorptivo em um sistema de dessalinização caseiro em escala de bancada, visando atender as famílias de regiões mais necessitadas do estado de Pernambuco, tendo em vista que o umbu é uma fruta típica da região do semiárido pernambucano.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL:

Desenvolver um sistema de dessalinização domiciliar utilizando semente de umbu.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

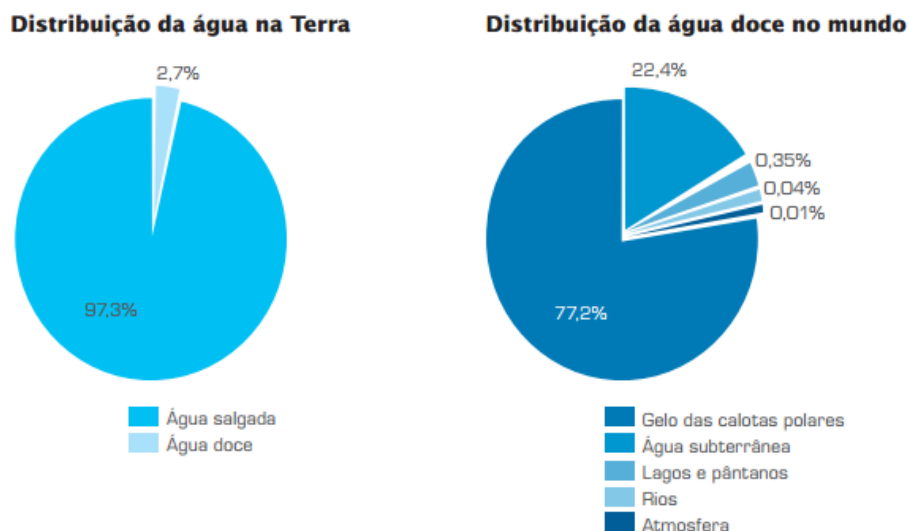
- Testar formas de contato entre a água salina e o material adsorvente bem como as formas de separação do material adsorvente e a água potável.
- Determinar a eficiência de remoção da salinidade do sistema.
- Determinar o tempo de saturação do sistema.

3 REVISÃO DA LITERATURA:

3.1 DISPONIBILIDADE E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO PLANETA

Grassi (2001), descreve a água como sendo primordial para a vida do modo em que a conhecemos. A partir dela nasceu a vida, que não se sustenta sem a mesma. No planeta é encontrada água doce, salina e diversas variações intermediárias entre elas. Para a vida humana, a água doce é mais importante e apenas 2,7% de toda a água existente no planeta é água doce. Dessa pequena parcela, apenas 0,4% são de águas existentes em rios, lagos e pântanos. Sendo assim, somente 0,4% são águas superficiais, de fácil acesso pelo ser humano. Por isso, são de grande importância a preservação e uso racional da quantidade e qualidade dos recursos hídricos encontrados no planeta (CHERNICHARO et al., 2007). Na Figura 1 pode-se observar gráficos com a distribuição da água doce e salgada em todo o planeta, bem como a distribuição da água doce nos diversos corpos hídricos.

Figura 1. A distribuição da água no nosso Planeta.



Fonte: Chernicharo et al., (2007)

Segundo Vieira et al., (2006), por conta do ciclo natural da água, que compreende os processos de evaporação, precipitação, infiltração e escoamento, confia que a quantidade da mesma é infinita. Contudo, a qualidade da água é um fator tão importante quanto à quantidade. A água precisa ser potável para ser consumida e normalmente as formas de utilização alteram as características químicas e organolépticas.

3.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO NORDESTE BRASILEIRO

O sinal da escassez caracteriza-se pelo fato de 80% das descargas dos rios acontecerem nos setores ocupados por 5% da população, enquanto os 20% restantes devem abastecer 95% do contingente (REBOUÇAS, 1997).

Na região nordeste poderiam ser extraídos do subsolo, sem risco de extinção dos olhos d'água, cerca de 19,5 bilhões de m³ de água por ano (SOARES et al., 2005). Porém as rochas cristalinas no subsolo estão presentes na maior parte do semiárido brasileiro, impondo características salinas e salobras às águas subterrâneas, sendo assim imprópria para o consumo humano, necessitando de um tratamento prévio (FEITOSA et al., 2004). A Figura 2 mostra a classificação dos terrenos dos estados do nordeste com relação aos terrenos cristalinos e sedimentares.

Figura 2. Classificação dos terrenos encontrados na região Nordeste do Brasil.



Fonte: Carvalho (2000).

3.3 PADRÃO DE POTABILIDADE

A definição de água potável conforme o artigo 5º, inciso II, do Portaria nº 2914, é a seguinte: “água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde”

O padrão de potabilidade é o conjunto de valores permitidos como parâmetro de qualidade da água para consumo humano, como é possível observar na Tabela 1 conforme a portaria 2914, de 12/12/2011. Art. 17. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na Tabela1.

Tabela 1. Padrão qualidade da água potável para consumo humano

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente ⁽²⁾	uH	15
1,2 diclorobenzeno	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	mg/L	0,03
Dureza total	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor ⁽³⁾	intensidade	6
Gosto ⁽³⁾	intensidade	6
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez ⁽⁴⁾	UT	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).

(3) Intensidade máxima de percepção para qualquer característica de gosto e odor com exceção do cloro livre, nesse caso por ser uma característica desejável em água tratada.

(4) Unidade de turbidez

3.3.1 Definição e Composição da Água Salgada e Salobra

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357 de 2005, que determina os padrões de qualidade das águas do território nacional, considera que a classificação das águas doces, salobras e salinas é essencial à defesa de seus níveis de qualidade, trazendo em suas definições os limites de salinidade de cada classe:

- Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5%.
- Águas salobras: águas com salinidade entre 0,5% e 30%.
- Águas salinas: água com salinidade igual ou superior a 30%.

Há uma grande importância em classificar as águas por seus limites de salinidade uma vez que sua ingestão pode acarretar diversos riscos à saúde humana. A água salina possui altos níveis de cloreto de sódio, essa concentração é muito maior de que a concentração de sais em nosso sangue. Com isso, ao consumirmos água salina, nosso corpo começa a perder água por osmose, para que ocorra a excreção do sal consumido causando desidratação e fazendo com que a sede aumente. Outro problema decorrente da ingestão da água do mar é a existência de alguns sais que podem irritar o intestino e causar diarreia. Este processo também é perigoso porque a perda de água pelas fezes pode também levar à desidratação (PATRÍCIA, 2012).

3.4 DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA SALGADA E SALOBRA

O desenvolvimento de novos processos e tecnologias de dessalinização das águas com alto conteúdo salino para obter água doce, se deu a partir da presente problemática da escassez de água superficial doce no mundo e a água subterrânea e ou superficial disponível apresenta elevada concentração de sais (TSIOURTIS, 2011). Esse procedimento geralmente exige alto investimento e muitos recursos tecnológicos complexos para a geração em larga escala (PESSOA, 2000).

Com o desenvolvimento urbano, industrial em áreas de zonas áridas e semiáridas e em áreas remotas, a água potável não é encontrada facilmente ou é difícil de se extrair e transportar, com isso, o processo de dessalinização da água salgada e salobra teve grandes avanços para

suprir a necessidade dessas áreas. Um dos pontos para o grande crescimento do mercado de água dessalinizada é o limitado abastecimento de água, melhoria do estilo de vida, crescimento da população, e principalmente as mudanças climáticas como a consequência da intervenção humana na natureza. Com as novas descobertas de materiais de fácil acesso, que podem ser utilizados na dessalinização o custo da mesma esta caindo (TSIOURTIS, 2011).

Os principais processos de dessalinização usados atualmente serão mostrados nos subitens a seguir:

3.4.1 Dessalinização Por Troca Iônica

É uma técnica química de grande seletividade que permite remover certos sais de uma solução. Baseia-se na propriedade de certos minerais, chamados zeólita, e de algumas resinas sintéticas de removerem da água os íons de sais dissolvidos, substituindo-os por outros (CRAVO E CARDOSO, 1999; BUROS, 1990).

Sendo assim, são adotados os chamados trocadores catiônicos e os trocadores aniônicos, que substituem simultaneamente os cátions dos sais por íons hidrônio, H_3O^+ , e os ânions dos sais por íons hidróxido, OH^- (CRAVO E CARDOSO, 1999; BUROS, 1990).

3.4.2 Dessalinização Por Destilação

Os procedimentos térmicos para dessalinização de água são compostos por métodos e técnicas que se utilizam do princípio da destilação, isto é, quando uma solução salina é fervida, durante a mudança de fase da água, os sais, dissolvidos, por possuírem elevado ponto de fusão e ebulição, permanecem na solução à medida que a água evapora. Na sequência do processo, o vapor é condensado em uma superfície fria, gerando água doce (CRAVO E CARDOSO, 1999; BUROS, 1990).

3.4.3 Dessalinização Por Congelamento

Quando a água do mar congela, os cristais produzidos são compostos de água pura, pois o

sal se desagrega da água espontaneamente, mantendo-se depositado entre os cristais de gelo. A observação desse acontecimento levou técnicos de vários países a desenvolver o método de obtenção de água doce por congelamento. Nesse caso, o processo faz a retirada do calor da água do mar em vez de fornecê-lo (CRAVO E CARDOSO, 1999; BUROS, 1990).

3.4.4 Dessalinização Por Osmose Reversa

Quando uma solução dissolvida é posta em contato com uma solução concentrada, acontece a circulação dos íons em direção à solução dissolvida e a circulação de água pura em direção à solução mais concentrada. Este processo se dá o nome de difusão. A osmose acontece quando a difusão se processa por meio de uma membrana semi-permeável, que deixa passar a água mas não os solutos, ocasionando a saída da água pura em direção à água concentrada. A pressão necessária a ser aplicada para impedir a osmose, é chamada pressão osmótica a qual, é quantificada como a diferença de nível entre as duas soluções após se atingir o balanceamento. Como neste caso a água pura estaria se movimentando em sentido contrário ao sentido natural da osmose dá-se, a este processo, o nome de osmose reversa ou osmose inversa (JUAN, 2000).

3.4.5 Dessalinização Por Adsorção

Segundo Masel (1996), a adsorção se trata de um fenômeno físico-químico em que um componente em uma fase gasosa ou líquida é transferido para a superfície de uma determinada fase sólida. São chamados de adsorvatos os componentes que se juntam à superfície e adsorvente a fase sólida que tem a capacidade de reter o adsorvato. A reação inversa da adsorção, isto é, a ressolubilização do composto é chamada de dessorção.

Para Borba (2006), como o adsorvato se concentra na superfície do adsorvente, para ter uma maior eficiência é preciso que a superfície do mesmo seja maior. Por conta disso, em geral os adsorventes são sólidos com partículas porosas.

3.5 DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA SALGADA E SALOBRA COM MATERIAL ADSORVENTE POR ADSORÇÃO

Por as comunidades de a região Nordeste serem carentes, principalmente as comunidades do Semiárido e de seus arredores, uma solução simples e eficiente para as mesmas que sofrem com a falta de água potável é a dessalinização de água salina e salobra utilizando materiais adsorventes, a partir de dispositivos caseiros, que utilizam sementes de fácil acesso na região, que provavelmente reduzem a salinidade da água, sendo utilizadas em pequenas quantidades, atendendo as necessidades de uma família (DRUMOND, 2000).

3.5.1 Características do Material Adsorvente Investigado para uso como Dessalinizador de Água Salobra ou Salina

3.5.2 Umbu

É possível encontrar a árvore do umbu (*Spondias tuberosa* Chev. Cam) em toda a região do sertão dos estados de Pernambuco, Sergipe, Bahia, o sul do Piauí e do Norte de Minas Gerais. E é uma árvore frutífera nativa do semiárido nordestino de grande potencial para cultivo (MENEZES, 2009).

Figura 3. Umbu, frutos.



Fonte: <http://www.cerratinga.org.br>

O umbuzeiro é considerado a “árvore sagrada do sertão”, que é útil as famílias de pequenos produtores das áreas rurais da região através da exploração extrativa de seus frutos. Originário das regiões com menos incidência de chuvas do nordeste (MEDEIROS, 2004). A grande resistência do umbuzeiro contra a seca ocorre devido aos seus xilopódios (raízes em

forma de batatas), que tem grande capacidade de armazenamento da água e substâncias nutritivas que são essenciais para a sua sobrevivência durante o período de seca. O fruto do umbuzeiro tem as seguintes características: Média de peso: 15g, 22% de pele, 68% de polpa e 10% de semente (MATA et al, 2005).

Figura 4. Raiz do umbuzeiro.



Raiz em
forma de
batata

Fonte: <http://elielgoi.blogspot.com.br/2012/06/vegetacao-da-caatinga.html>.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram testadas duas formas de promover o contato da semente de umbu com a água salobra, promover uma remoção eficiente da semente e a água tratada, avaliar a eficiência deste sistema na remoção da salinidade e verificar o tempo de saturação do mesmo.

4.1 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DO POÇO

A água foi coletada em um poço artesiano de 8 metros de profundidade na cidade de Jaqueira-PE, e suas características analisadas foram condutividade, pH, turbidez, cor e salinidade que foi obtida a partir da condutividade..

4.2 PREPARAÇÃO DO MATERIAL ADSORVENTE PARA REALIZAÇÃO DE TESTES DE SORÇÃO DE SAL

Primeiramente as sementes foram lavadas em água destilada e secas em temperatura ambiente por aproximadamente 24 horas antes de serem moídas. Em seguida, realizou-se a trituração das sementes. Esta etapa é demorada e trabalhosa, pois as sementes são duras e não são

quebradiças. As sementes precisaram permanecer em estufa a 60°C por mais 48 horas, ou até atingirem massa constante. No procedimento de trituração foi utilizado um alicate para partir as sementes em pequenos pedaços e despejar esses pedaços em um liquidificador para obter partes ainda menores. Uma análise granulométrica das sementes pulverizadas foi realizada em um conjunto de peneiras com diâmetros variando de 9,50 a 0,25 mm/ μm .

A Figura 5 mostra a semente de umbu natural, ela após o processo de trituração e depois de pulverizada.

Figura 5. A) Semente natural; B) Semente no processo de trituração; C) Semente pulverizada.



Fonte: Próprio autor.

4.3 TESTE DE EXTRAÇÃO DO SAL CARACTERÍSTICO DO MATERIAL ADSORVENTE

Após o material adsorvente ser moído e seco a temperatura ambiente, parte dele foi pesado e transferido para um béquer onde foi adicionada água destilada sempre na proporção de 1g de semente para 100 mL de água destilada. Em seguida foi realizada vigorosa agitação com bastão de vidro e filtração a vácuo.

Depois da filtração, determinou-se a salinidade a partir da medição da condutividade na solução filtrada. Posteriormente, o material adsorvente submetido ao processo de extração de sal foi seco em temperatura ambiente e submetido a testes de sorção de sal. Como descrito no próximo tópico.

A Figura 6 mostra o processo de lavagem da semente com o processo de aquecimento que foi utilizado no teste final para ver se a extração do sal teria mais eficiência.

Figura 6. Lavagem da semente.

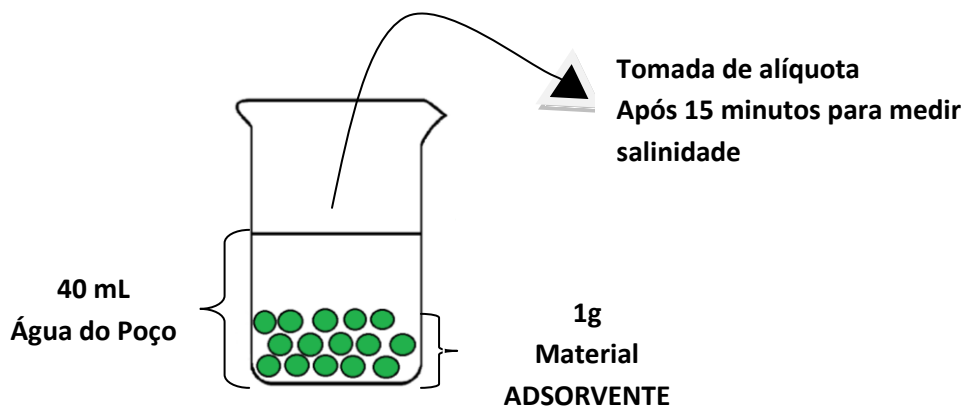


Fonte: Próprio autor.

4.4 TESTE DE SORÇÃO DE SAL DO MATERIAL ADSORVENTE USANDO ÁGUA DO POÇO

As sementes foram lavadas e secas, 1g das sementes pré-tratadas foram colocadas em um béquer de 500 mL e 40 mL de uma amostra de água de poço salina foi adicionada a este béquer. Para realizar os testes de sorção foi estipulado um tempo de 15 minutos da água do poço em contato com o material adsorvente. O processo foi iniciado com vigorosa agitação usando bastão de vidro. Após o contato da água do poço com o material adsorvente fazia-se leitura com o condutivímetro para determinar a salinidade remanescente na água.

Figura 7. Desenho esquemático do teste de sorção.



Fonte: Próprio autor.

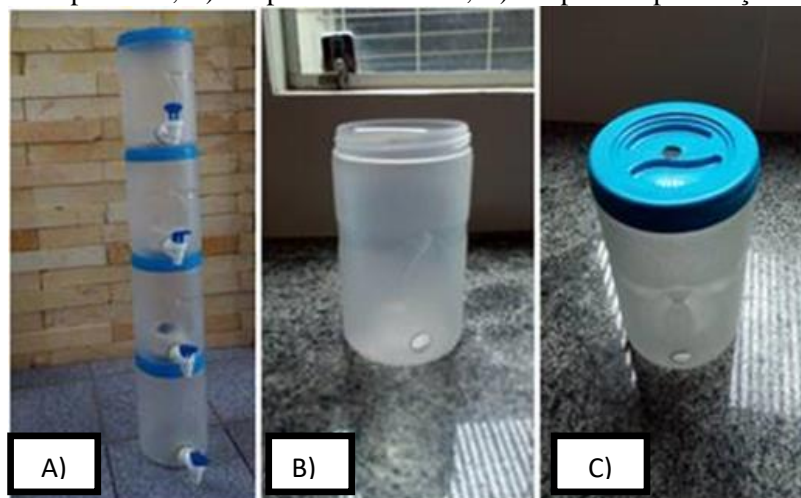
4.5 CONFECÇÃO E FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS

Dois sistemas foram montados para avaliar a extração do sal pela semente, Reator I e II. Eles serão descritos abaixo nos subtópicos seguintes respectivamente.

4.5.1 Reator I

No reator I foram utilizados 4 recipientes plásticos com tampa, e capacidade de 1,5 L cada um. Eles foram empilhados e conectados através de perfurações nas tampas (Figura 8). Torneiras foram acopladas na base de cada recipiente.

Figura 8. Recipientes plásticos com capacidade 1,5 L usados na confecção do reator I. A) recipientes empilhados; B) recipiente individual; C) tampa com perfuração.



Fonte: Próprio autor.

No Reator I, a semente pulverizada foi imobilizada em cartuchos de PVC. Os cartuchos foram confeccionados utilizando a base de velas de filtro, onde foi removido o elemento filtrante e o mesmo foi substituído por um Cap PVC de 50 mm. Foram feitos vários furos para permitir a passagem da água. Na Figura 9 pode se observar os materiais utilizados e o cartucho pronto. Os cartuchos foram preenchidos com 16,58 g de sementes como mostrado na Figura 10.

Figura 9. Materiais para a confecção dos cartuchos.



Fonte: Próprio autor.

Os cartuchos foram preenchidos com 16,58 g de sementes como mostrado na Figura 10.

Figura 10. Preenchendo a vela adaptada com material adsorvente (SEMENTE DE UMBU).



Fonte: Próprio autor.

4.5.2 Reator II

No reator II, a semente foi disposta de forma livre, sem imobilização. Para isso o reator foi confeccionado com maior altura que diâmetro, desta forma promoveu-se o contato com a semente de forma mais concentrada e teve espaço para que as menores partículas decantassem antes de atingir a tubulação de saída. Foi utilizado um cano PVC de 100 mm com tamanho de 60 cm como carcaça e para vedação foram utilizados dois caps de PVC de 100 mm com borracha de vedação e uma torneira para coleta de amostra, Figura 11.

Figura 11. Reator II feito a partir de cano PVC de 100 mm.



Fonte: Próprio autor.

Um tubo de PVC de 25 mm passou pela tampa que seguiu até o fundo. No fundo, este tubo se conectava com um filtro de liquidificador (FIGURA 12 c). Este tubo permitia que a amostra afluyente (água bruta) entrasse no reator pela parte superior até o fundo. Ao passar pelo filtro na base do reator a amostra passou pelas sementes e seguiu um fluxo ascendente até a saída do reator (perfuração a 40 cm da base).

Figura 12. Materiais utilizados na confecção do Reator II. (a) Cap PVC de 100 mm com adaptação para um cano de 25 de mm por onde a água entra no sistema; (b) Peças usadas para vedação da entrada de água e sustentação do material adsorvente; (c) Interior do reator já com o material adsorvente e o suporte de sustentação. (d) reator II pronto para operação.



Fonte: Próprio autor.

4.6 OPERAÇÃO E MONITORAMENTO

REATOR I

O sistema foi operado com fluxo contínuo descendente, TDH (tempo de detenção hidráulica) de 2,08 horas, vazão 3 L/h. A água bruta que alimentou o sistema foi coletada em um poço artesiano da cidade de Jaqueira-PE. 9 litros de amostra foram coletados e levados para ser tratado no sistema. O reator foi instalado no laboratório de engenharia da ASCES-UNITA.

O monitoramento foi realizado a partir de coletas de amostras do efluente a cada 10 min para analisar a salinidade que foi calculada a partir da condutividade medida com o condutivímetro.

REATOR II

O sistema foi operado com fluxo contínuo ascendente, TDH (tempo de detenção hidráulica) de 1 hora, vazão 15 L/h. 9 litros de amostra foram coletados e levados para ser tratado no sistema. O reator foi instalado no laboratório de engenharia da ASCES-UNITA.

O monitoramento foi realizado a partir de coletas de amostras do efluente a cada 5 min para analisar a salinidade que foi calculada a partir da condutividade medida com o condutivímetro.

4.7 ANÁLISE DE DADOS

4.7.1 Salinidade:

A salinidade foi medida a partir da condutividade da água utilizando o condutivímetro, a condutividade esta relacionada ao teor de sais dissolvidos, que indica a capacidade da água de conduzir corrente elétrica. Quanto maior a quantidade de sais, maior a condutividade (LIBÂNIO, 2005)

Figura 13. Condutivímetro CD-4301 Lutron.



Fonte: Próprio autor.

Williams (1986), para calcular a salinidade a partir da condutividade a unidade de medida deve estar em milisiemens por centímetro (mS/cm).

A condutividade (em mS/cm) deve ser elevada à potência 1,0878.

Multiplica o resultado por 0.4665. Isso vai resultar na salinidade em gramas (de sal) por litro (de solução).

$$S = X^{1,0878} \times 0,4665 \quad (\text{Equação 1})$$

4.7.2 pH

O pH foi medido em um pHmetro da marca QUIMIS, foi determinado a partir de um eletrodo de vidro combinado, Figura 14.

Figura 14. pHmetro QUIMIS.



Fonte: Próprio autor.

4.7.3 Cor Aparente

A cor foi medida em um Espectrofotômetro SP 22 da marca BIOSPECTRO, Figura 15.

Figura 15. Espectrofotômetro SP 22 BIOSPECTRO.



Fonte: Próprio autor.

Este equipamento possui sensores que medem a luz, onde a mesma é medida em diferentes intervalos de comprimentos de onda, assim garantindo uma boa precisão.

4.7.4 Turbidez

A turbidez foi medida com um turbidímetro DLM - 2000 B da marca DEL LAB, Figura 16.

Figura 16. Turbidímetro DLM-2000 DEL LAB.



Fonte: Próprio autor.

Este equipamento é composto por um nefelômetro, que mede a intensidade da luz espalhada, e quanto maior essa intensidade, maior será a turbidez.

4.8 CÁLCULO PARA PORCENTAGEM DA EFICIÊNCIA DE SORÇÃO DE SAL NO MATERIAL ADSORVENTE

A eficiência de sorção do sal no material adsorvente foi calculada com a seguinte equação:

$$\%Sorção = \left(\frac{[Na]_{inicial} - [Na]_{final}}{[Na]_{inicial}} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

[Na] inicial = concentração inicial de sal contido na amostra antes de passar pelo reator.

[Na] final = concentração de sal na amostra após passar pelo reator

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DO POÇO ARTESIANO

A água coletada passou pelas seguintes análises: turbidez, cor aparente, e pH. O parâmetro salinidade foi calculado utilizando o resultado da condutividade. Estes resultados podem ser observados na Tabela 2, onde foram comparados com a portaria 2914.

Tabela 2. Caracterização da água do poço artesiano

	pH	Turbidez (NTU)	Cor (ABS)	Salinidade
Água bruta	5,65	0,50	0,077	308 ± 3,68 mg/L
Parâmetros de qualidade	6,0 a 9,5	5	15 uH	200 mg/L

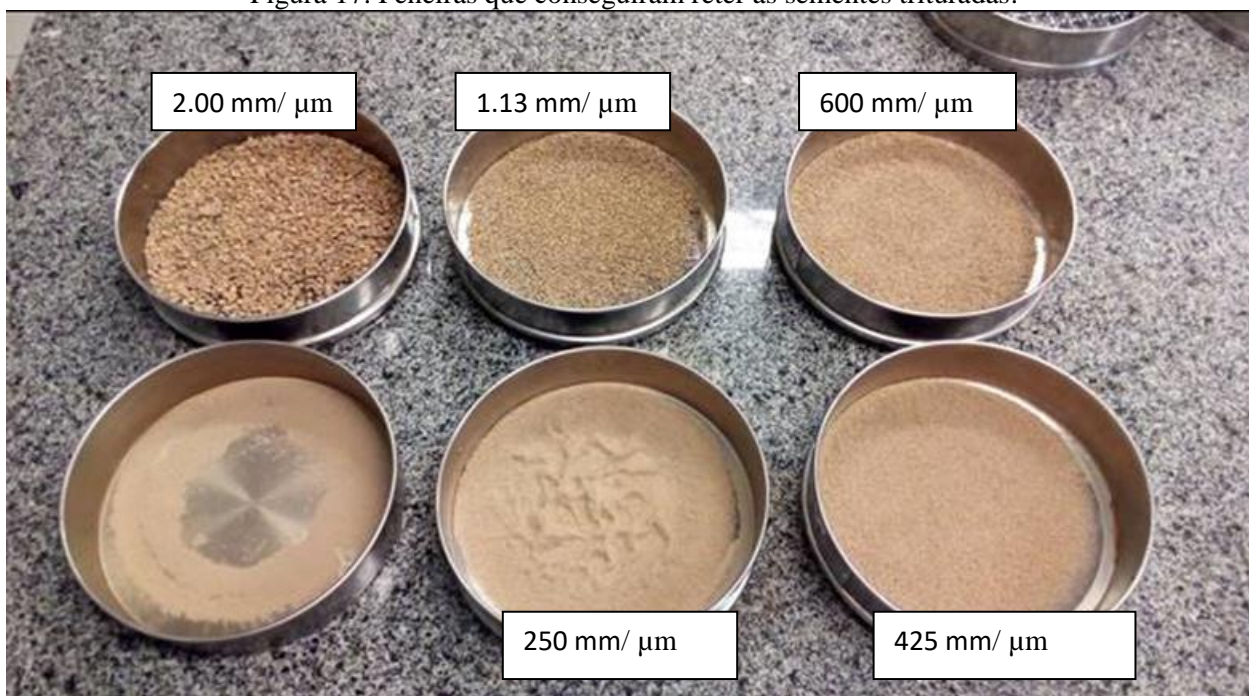
Os valores obtidos a partir das análises foram comparados com o padrão de qualidade de água potável, conforme a portaria 2914, de 12/12/2011. Art. 17. A turbidez e a cor foram 0,50 NTU e 0,077 ABS, respectivamente. Estes valores se encontram dentro dos padrões aceitáveis que é de no máximo 5 UT e 15 uH, respectivamente. O resultado de salinidade foi acima do valor máximo permitido (200 mg/L), com um valor médio de 308 ± 3,68 mg/L. O pH da amostra obteve um valor de 5,65, abaixo do valor recomendado mas não tem capacidade de prejudicar a saúde humana. Apesar de a água apresentar uma salinidade de 308 ± 3,68 mg/L, acima do valor permitido pela portaria 2914, ela é considerada doce segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357 de 2005, que define como água doce: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5%. Esta amostra apresentou uma salinidade de 0,3%.

5.2 TESTES DE BANCADA PARA EXTRAÇÃO E SORÇÃO DO SAL CONTIDO NO MATERIAL ADSORVENTE

5.2.1 Análise Granulométrica das Sementes

Para realizar a análise granulométrica, como foi mostrado na metodologia, as sementes foram passadas por diversos tamanhos de malhas, mas somente as peneiras mostradas na Figura 17 foram capazes de reter a semente.

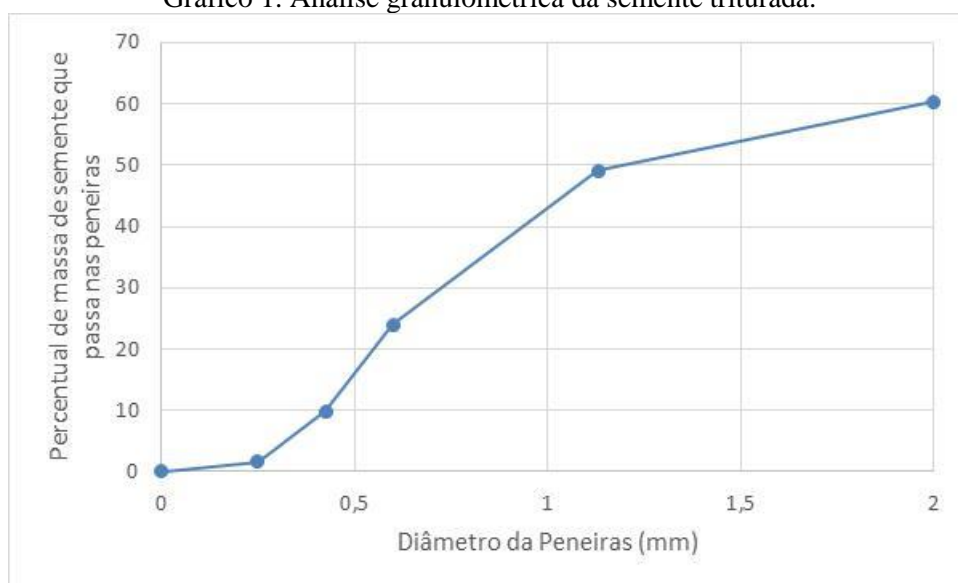
Figura 17. Peneiras que conseguiram reter as sementes trituradas.



Fonte: Próprio autor.

A partir dos valores em gramas obtidos nas peneiras foi gerado o Gráfico 1 e com ele calculado o coeficiente de uniformidade:

Gráfico 1. Análise granulométrica da semente triturada.



Segundo a NBR 6502 a relação entre os diâmetros de grãos D60 e D10, onde D60 é o diâmetro de grão correspondente aos 60% mais finos na curva granulométrica e D10 é o diâmetro

de grão correspondente aos 10% nesta curva. Foi calculado o coeficiente de uniformidade cujo valor foi 5, segundo a NBR 6502 de 1995, coeficientes de uniformidade menor ou igual a 5 são considerados uniformes.

A Tabela 2 mostra os resultados de extração do sal do material adsorvente em teste de bancada seguindo o método descrito na metodologia:

Tabela 3. Teste de extração do sal.

Teste extração do sal	Condutividade (mS/cm)	Salinidade (mg/L)
Água destilada	0,0226	7,55
Após o contato com a semente	58,2	21,15
Quantidade de mg de sal extraído da semente		13,6

O teste de extração mostrou inicialmente a salinidade da água destilada com um valor de 7,55 mg/L, e após o contato com a semente essa salinidade aumentou, chegando a 21,15 mg/L um aumento de 13,6 mg/L que foi exatamente a quantidade de sal em mg que foi extraído da semente.

A Tabela 3 mostra os valores obtidos no teste de sorção do sal, ou seja, a capacidade da semente em reter o sal contido na amostra de água.

Tabela 4. Teste de sorção do sal.

Teste de sorção do sal	Condutividade (mS/cm)	Salinidade (mg)
Amostra de água	0,1925	77,7
Amostra após contato com a semente pronta	0,1616	64,2
Quantidade de mg de sal adsorvido pela semente		13,5

Inicialmente a amostra de água apresentou 77,7 mg/L de sal e logo após o contato com a semente essa salinidade teve uma diminuição de 13,5 mg/L, muito próximo do valor extraído da semente que foi de 13,6 mg/L, chegando a uma salinidade de 64,2 mg/L, obtendo uma eficiência de 17 %.

Com esses dois testes foi possível provar que a semente é composta de sais que podem ser removidos facilmente com uma simples lavagem com água destilada. E também, esta semente foi capaz de remover sal solúvel na água.

No trabalho de Menezes (2009), também foi utilizada a semente de umbu para adsorção de sal obtendo nos testes uma sorção de sais de 16%, enquanto neste trabalho foi obtida uma eficiência de 17 % de sorção. Também foram testados outros tipos de semente, como por exemplo, a semente da bucha vegetal que obteve uma sorção de sais de aproximadamente de 8% bem inferir a capacidade da semente de umbu.

5.3 AVALIAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DOS REATORES NA REMOÇÃO DO SAL PELA SEMENTE

REATOR I

A lavagem das sementes realizada no reator I não seguiu os testes que foram realizados com a proporção de 1 g de semente para 100 mL de água destilada, pois a quantidade de água destilada disponível não era suficiente para manter esta relação, foram utilizados 49,74 g de semente na lavagem. Foi realizado uma relação de 1 g da semente para 8 mL de água. Para compensar a indisponibilidade de água, foi realizado um aquecimento e agitação para acelerar a reação, durante 10 minutos e descanso de 24h. Com esse processo foi possível a remoção de 61,55 mg/L.

REATOR II

O processo de lavagem seguiu o mesmo método do reator I apenas havendo uma diferença na quantidade de semente que foi utilizada 70,09 g, nesta lavagem foi possível extrair uma quantidade de sal de 147 mg/L.

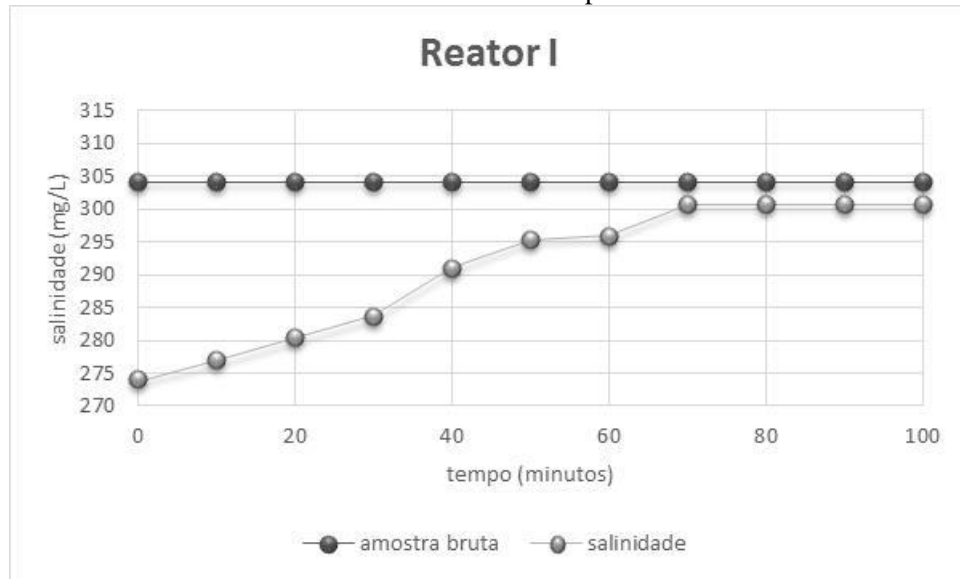
Das sementes do reator I só foi extraído 1 mg de sal por grama de semente e no reator II foi de 2 mg/g.

5.3.1 Resultados dos Testes de Dessalinação da Água do Poço Artesiano Com os Reatores de Bancada

REATOR I

As 3 velas adaptadas foram preenchidas cada uma com 16,58 g do material adsorvente, totalizando 49,74 g. O próximo passo foi passar a água no reator, onde a mesma passava pelas velas, que tinha pequenas perfurações na lateral para a água poder entrar. Elas foram montadas de forma sequencial, isto é, passava de uma vela para outra. No Gráfico 2, pode ser observado os valores de salinidade da água bruta e efluente do reator em diferentes tempos.

Gráfico 2. Salinidade removida pela semente no reator I.

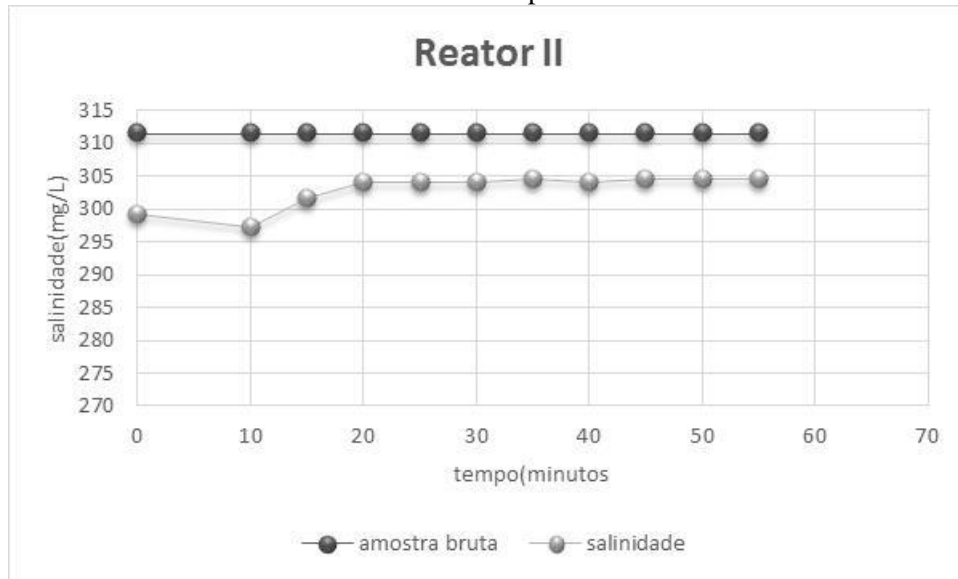


Antes de passar pelo reator I, a água apresentou uma salinidade de 304,2 mg/L. Nos primeiros 100 ml de efluente a salinidade foi de 273,93 mg/L, correspondendo a uma redução de 30,27 mg/L (10% da salinidade inicial). Após 10 minutos foi coletada outra amostra e a mesma apresentou uma salinidade de 276,85 mg/L, ou seja após esse tempo a semente começou a perder sua eficiência, foi dado continuidade as análises de 10 em 10 minutos até chegar a um determinado tempo em que a salinidade obtida foi de 300,77 mg/L, as próximas 3 análises obtiveram a mesma quantidade de sal, com a semente chegando a saturação após 70 minutos em contato com a água.

REATOR II

Neste reator a semente ficou livre e a água permeava a semente por um fluxo ascendente. No Gráfico 3 pode ser visto os valores de salinidade da água bruta e efluente em diferentes tempos.

Gráfico 3. Salinidade removida pela semente no reator II.

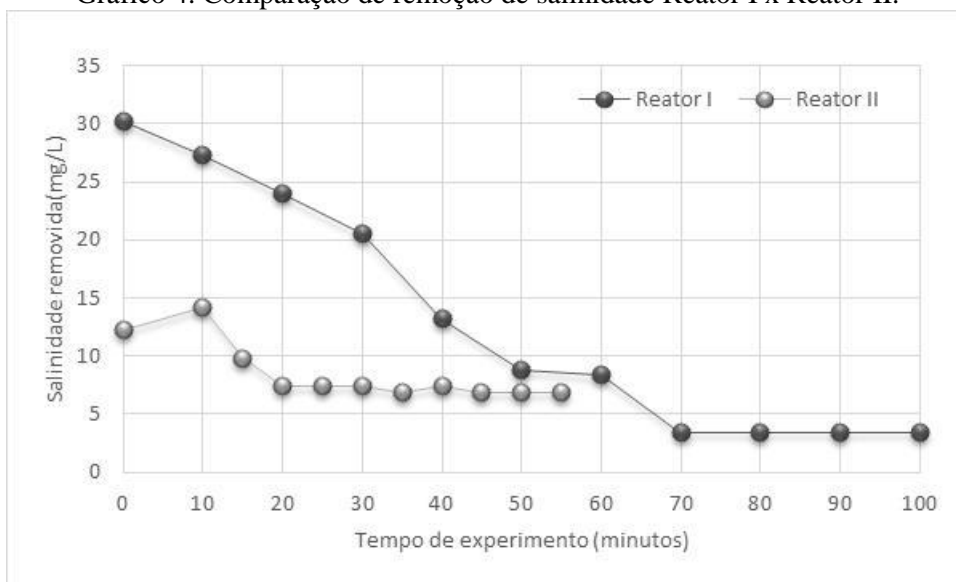


Analisando os dados obtidos no reator II, observou-se que a água apresentou uma salinidade de 311,54 mg/L, quando a água começou a passar pelo reator e sair, a primeira análise foi feita em uma amostra de 100 ml apresentando 299,30 mg/L de sal, uma diminuição de 12,26 mg/L (4% da salinidade inicial). Após 5 minutos a segunda análise foi feita obtendo um valor de 297,34 mg/L mostrando que a semente ainda tinha capacidade de remover sal conseguindo diminuir mais 1,94 mg/L chegando a um total de remoção de 14,2 mg/L. Os resultados das próximas 5 análises variaram entre 304,20 mg/L e 304,69 mg/L de sal, mas quando chegou no tempo de 60 minutos houve uma estabilidade em 304,69 mg/L durante 3 análises consecutivas, com a semente chegando a sua saturação.

5.3.2 Comparação da Eficiência de Remoção do sal Do Reator I e Reator II

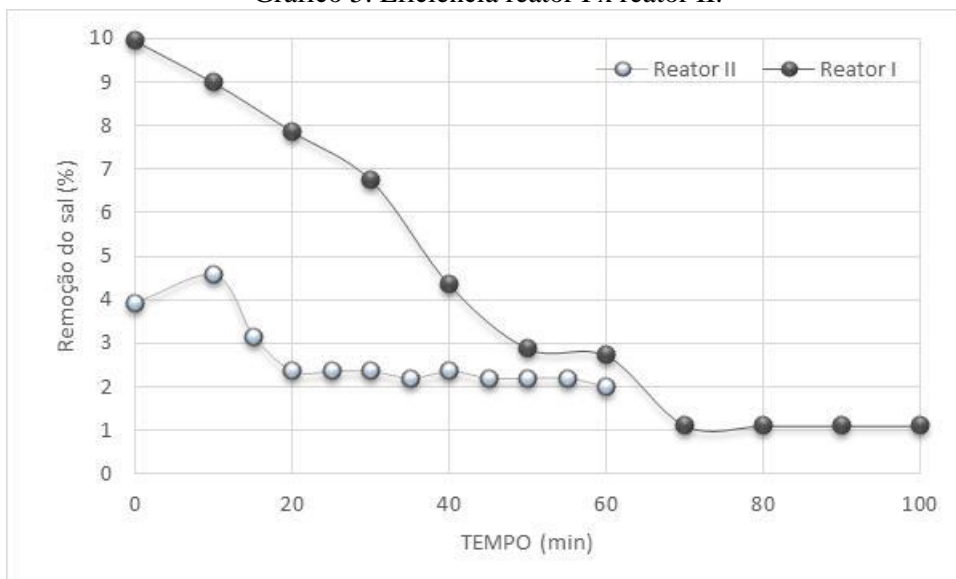
Como visto nos resultados anteriores o reator I se mostrou mais eficiente que o reator II na remoção de salinidade, apesar da lavagem com a semente do reator II ter removido mais sal. No reator I, a semente teve mais tempo de contato com o material adsorvente, pois o fluxo do sistema permitiu que a água passasse por pequenas quantidades de semente sequencialmente. Outro fator a ser considerado é a resistência causada pelo sistema e com isso tendo mais tempo de contato sendo possível maior eficiência. No Gráfico 4 é possível ver a comparação dos dados do reator I e II.

Gráfico 4. Comparação de remoção de salinidade Reator I x Reator II.



O reator II além de não ser mais eficiente que o reator I, não conseguiu manter por um determinado tempo uma remoção significativa. Isto foi devido ao pouco tempo de contato com o material adsorvente. Outro fator que pode ter acontecido é a formação de caminhos preferenciais, isto é caminhos mais fáceis onde a água não entrou em contato com todas as partículas da semente. Por não ter resistência, a semente ficou muito dispersa na água assim não havendo uma forte interação para promover a remoção do sal. No Gráfico 5 mostra a eficiência obtida em ambos reatores.

Gráfico 5. Eficiência reator I x reator II.



A lavagem por não ter seguido a configuração dos testes obtendo um valor de mg de sal removido inferior ao mesmo, o reator I teve uma eficiência de sal por mg de semente de 1 mg, enquanto o reator II obteve 2 mg. O fato da semente não conseguir ser tão eficiente nos dois reatores pode ser devido a configuração dos mesmos que não ocasionou uma forma de contato eficiente.

5.3.3 Característica Da Água Após Passar Pelos Reatores

REATOR I

Como já foi abordado nos resultados anteriores o reator I se mostrou mais eficiente no quesito de remoção do sal. Os outros parâmetros analisados foram pH, turbidez e cor. Os resultados das análises podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5. Caracterização das análises de água reator I

	pH	Turbidez (NTU)	Cor (ABS)
Água bruta	5,65	0,50	0,077
Após passar pelo reator I	5,95	0,95	0,090
Parâmetros de qualidade	6,0 a 9,5	5	15 uH

Como mostrado na Tabela 5, após passar pelo reator a água sofreu um aumento em todos os parâmetros analisados. O pH teve um aumento de 5%. No entanto, se mostrou acima dos valores permitidos pelo Ministério da Saúde para o consumo humano (BRASIL, 2011). Nessas condições não é capaz de oferecer risco a saúde humana. Apesar de ser aceitável do ponto de vista da saúde, as sementes liberaram substâncias alcalinas ou retiveram substâncias ácidas ocasionando no aumento do pH. Este fator deve ser estudado com maior atenção, pois pode estar havendo remoção do cloreto de sódio (principal sal das águas salinas e salobras) e a solubilização de outros sais ou bases.

A turbidez aumentou 90% e a cor 16%, todos esses valores se mantiveram dentro do limite estabelecido pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Esse aumento de 90% na turbidez pode ter acontecido por conta da malha que sustentava as sementes, a mesma pode não ter

conseguido sustentar e houve uma pequena facilidade em algumas partes do reator em as partículas passar, assim elevando a turbidez e conseqüentemente a cor.

REATOR II

O reator II não foi tão eficiente na remoção do sal, como foi possível observar nos resultados anteriores. Foram analisados pH, turbidez e cor, os resultados das análises estão na Tabela 6.

Tabela 6. Caracterização das análises de água reator II

	pH	Turbidez (NTU)	Cor (ABS)
Água bruta	5,65	0,50	0,077
Após passar pelo reator II	6,90	2,26	0,099
Parâmetros de qualidade	6,0 a 9,5	5	15 uH

Analisando a Tabela 6, é possível ver o aumento no pH em 22%, chegando a 6,60, ficando dentro dos padrões aceitáveis. O aumento do pH pode ser explicado por reações semelhantes as citadas anteriormente, no reator II o percentual de aumento do pH foi maior que o reator I devido a maior quantidade de sementes utilizadas. Turbidez apresentou um aumento de 352% e cor aumento de 28%. Uma explicação para este grande aumento de turbidez e cor é que neste reator as sementes ficaram dispersas na água e tiveram dificuldade para decantar, sendo assim quando foram tiradas as amostras, elas vieram com uma quantidade considerável de partículas. Mas esses valores ainda se encontram dentro dos parâmetros de qualidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste estudo possibilitou uma análise da semente de umbu como material adsorvente, apresentando condições para ser um material utilizado na dessalinização de águas salobras, por sua capacidade de extração e sorção de sais. O material além de ter uma boa eficiência é fácil de ser encontrado, principalmente em regiões secas, onde se tem mais dificuldade de encontrar água em condições apropriadas para consumo. Neste trabalho observou-se que:

- Foi possível verificar que as sementes de umbu são capazes de remover sal de amostras aquosas. Neste estudo houve uma remoção de 13 mg/L de sal por grama de semente.
- Ao comparar duas formas de contato da semente com a solução salina, verificou-se que a forma imobilizada é mais eficiente que a dispersa, com 10% e 4% de eficiência respectivamente em relação a salinidade inicial. Na biomassa dispersa ocorreu a saturação mais rápida.
- O sistema do reator I se mostrou mais eficiente que o reator II, devido sua forma de contato com a semente e tempo de detenção hidráulica, uma forma de melhorar o desempenho do reator II seria usar uma maior quantidade de semente e deixar as mesmas mais fixas no sistema, assim havendo uma maior resistência para a água poder passar entre elas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e solos**. Rio de Janeiro, 1995. 18 p.

BARBOSA, E. **Vegetação da Caatinga**. Caatinga Mata Branca. 2012. Disponível em: <<http://elielgoi.blogspot.com.br/2012/06/vegetacao-da-caatinga.html>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011.

BORBA, C.E. **Modelagem da remoção de metais pesados em coluna de adsorção de leito fixo**. Dissertação (mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, 2006.

BUROS, O.K. **The Desalting ABC's, Internotional Desalination Association**, Topsfield, MA, USA, v. 9, n. 4, p. 596-602, 1990.

CARVALHO, P. **Água Potável Via Energia Solar**. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v. 27, n. 158, p. 72-74, 2000.

CHERNICHARO, C.A.L; RUTKOWSKI, E.W; JUNIOR, I.V; CASSINI, S.T.A. **Qualidade da água e padrões de potabilidade: abastecimento de água: guia do profissional em treinamento: nível 2**. Belo Horizonte : ReCESA, 80 p. 2007

CRAVO, J.G.; CARDOSO, H.E.; **Dessalinização de águas: conceitos e aplicações no Brasil**. A Água em Revista, CPRM/Belo Horizonte (MG), v. 7, n. 11, p. 4-20, 1999.

DRUMOND, M.A.KIIL, L. H. P. LIMA, P. S. F. **Estratégias para o uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga. In: Workshop Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do Bioma Caatinga**. Petrolina, 2000. Disponível em: <<http://www.biodiversitas.org.br>>. Acesso em: 17 ago. 2016

FEITOSA, F.A.C.; VIDAL, C. **Estudos Hidrogeológicos de Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro**. Proposta de trabalho - Serviço Geológico do Brasil. CPRM. 2004.

GRASSI, M.T.; **As águas no Planeta Terra**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Maio, p. 31-40, 2001.

JUAN, J.A. M.S. **Desalación de aguas salobres y de mar. Osmose inversa**. Madrid: Mundi-Prensa. 395p. 2000.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005.

MASEL, R.I. **Principles of Adsorption and Reaction on solid Surfaces**. Wiley Series in Chemical Engineering. 1 Ed. 1996

MATA, M.E.R.M.C.; MEDEIROS, S.S.A.; DUARTE, M.E.M. **Microencapsulamento do umbu em pó: estudo do tamanho das partículas por microscopia eletrônica**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v. 7, n.1, p. 59-70, 2005.

MEDEIROS, S.S.A. **Obtenção de pó de umbu (Spondias tuberosa Arr. Câmara) para umbuzada: processamento e caracterização do pó**. 2004. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2004.

MENEZES, J.S. **Desenvolvimento de Dispositivo Caseiro Para Dessalinização de Água Salobra Para Dessedentação Humana**. 2009. 124p. Categoria (Pós-Graduação em Química) – Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 2009.

PATRÍCIA, K. **“Beber água do mar faz mal para a saúde?”**; Diário de Biologia, 2012. Disponível em: <<http://diariodebiologia.com/2012/07/10769/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2016.

PESSOA, L.C.C. **Análise do desempenho e do impacto ambiental de dessalinizadores por osmose reversa instalados no interior do Ceará**. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2000, 159p.

REBOUÇAS, A.C. **"Água na região Nordeste: desperdício e escassez"**. Revista do Instituto Estudos Avançados – USP. v. 11, n. 29, p. 127-154, São Paulo, 1997.

SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. E. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. **Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa**. Campina Grande, v.10, n.3, p.730-737, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n3/v10n3a28.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2016.

SUASSUNA, J. - **A Pequena Irrigação no Nordeste: Algumas Preocupações**, Revista Ciência Hoje, v. 18, n. 104 , outubro de 1994.

TSIOURTIS, N.X. **Desalination and the environment, Desalination**, v.141, p.223-236. 2011.

VIEIRA, A.R.; COSTA, L.; BARRÊTO, S.R. **Cadernos de Educação Ambiental Água para Vida , Água para Todos: Livro das Águas**. Brasília: WWF-Brasil, 2006. 72 p.

WILLIAMS W.D. **Conductivity and salinity of Australian salt lakes**. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, v.37, n.2, p.177 - 182. 1986.