

O GRAFENO NA DESSALINIZAÇÃO D'ÁGUA E O IMPACTO NAS REGIÕES COM CRISE HÍDRICA.

GRAPHENE IN WATER DESALINATION AND IMPACT IN REGIONS WITH WATER CRISIS

Alexandre Godinho Bertoncello - UNOESTE

bertoncelloag@hotmail.com

Eric Vinicius Modaeli

ericmodaeli3@gmail.com

Victor Dos Santos Batista

victorsantos_batista@hotmail.com

Resumo

A escassez d'água vem crescendo gradativamente com o passar dos anos e, esse aumento deixa o país com um sinal de alerta para as gerações futuras. O foco atual está em reduzir o consumo, porém, um dos meios de solução é a dessalinização, oferecendo outras fontes que permitam o consumo de forma universal da água. Essa pesquisa buscou identificar a viabilidade das membranas de Grafeno, para a dessalinização da água. Para tal utilizou-se de pesquisa exploratória quantitativa, com o propósito de verificar a eficácia dos processos existentes e, a viabilidade econômica dos processos encontrados observando sua eficiência. Com a atual tecnologia, os impactos ambientais e o ambiente econômico, Ceteris Paribus, é possível afirmar que para o Brasil seria importante investir em um sistema de segurança hídrica e dessalinizadores um valor aproximado de R\$ 27,5 bilhões, o que diminuiria os riscos hídricos e econômicos em função da escassez. O desenvolvimento da tecnologia em grafeno pode alcançar o custo de 0,30 de dólares a cada 1000 galões, criando uma oportunidade real de desenvolvimento para regiões do semiárido brasileiro.

Palavras-chaves: Água Potável; Viabilidade Econômica; Desenvolvimento Sustentável.

Abstract.

The water scarcity has been growing gradually over the years and this increase leaves the country with a warning sign for future generations. The current focus is on reducing consumption, however, one way of solution is the desalination, offering other sources that allow universal water consumption. This research sought to identify the viability of Graphene membranes, for water desalination. For this purpose, a quantitative exploratory research was used, with the purpose of verifying the effectiveness of the existing processes and the economic viability of the processes found, observing their efficiency. With the current technology, the environmental impacts and the economic environment, *Ceteris Paribus*, it is possible to affirm that for Brazil it would be important to invest in a water security system and desalinators an amount of approximately R\$ 27.5 billion, which would reduce the water hazards and economics risks due to scarcity. The development of technology in graphene can reach a cost of US \$0.30 per 1000 gallons, creating a real development opportunity for regions in the Brazilian semiarid region.

Keywords: Drinking Water; Economic Viability; Sustainable Development.

1. Introdução

Atualmente, a água se torna um recurso natural mais importante para o planeta terra, seres humanos, seres vivos, produtores, indústrias de energia e entre milhares de empresa, a água se torna essencial para o consumo.

O Brasil tem risco de escassez para os próximos anos. Segundo a ONU os principais aspectos são; o despejo do esgoto; escoamento agrícola; e águas residuais, usadas em indústrias, isso resultou na perda da qualidade da água em todo o planeta. Países pobres, já apresentam ameaças para a saúde humana e os ecossistemas, os índices de escassez irão aumentar. (ONU, 2017).

No Brasil, estima-se que pelo menos metade do abastecimento d'água potável seja fornecido por recursos hídricos subterrâneos. Porém, para que as águas subterrâneas

possam alcançar e garantir o acesso das comunidades rurais, e principalmente o Nordeste, deve superar a salinidade das águas daquela região.

De acordo com SBPC (CARVALHO; MONTENEGRO, 2000) os nordestinos cada vez mais buscam fontes de água por conta das adversidades da região, no entanto 51% (788.358 Km²) da área do nordeste está sobre rochas cristalinas, que devido ao tempo levou a salinização das águas subterrâneas, tornando imprópria para o consumo.

O Brasil em 2004, contaria com mais de 3.000 dessalinizadores na região semiárida nordestina, e por meio do programa Água Doce, do governo federal, serão implantadas novas unidades, e aquelas que necessitam de manutenção serão retornadas ao funcionamento. (ASSOCIAÇÃO DOS GEÓGRAFOS BRASILEIROS, 2004).

Apesar da meta ser interessante, o programa terminou em 2012 com 1200 dessalinizadores instalados, mas segundo o Ministério de Desenvolvimento Regional em 2019, tínhamos 651 sistemas instalados beneficiando 250 mil pessoas na região semiárida do Nordeste. No Brasil estima-se que 43 milhões de brasileiros foram prejudicados por secas e estiagens, aproximando cerca de 90% deles da região nordeste. Temos no semiárido do Nordeste brasileiro aproximadamente 22 milhões habitantes, e 58% deles sofrem com a escassez hídrica. (ANA, 2018)

Esta pesquisa avaliou o impacto financeiro que o uso de dessalinizadores eficientes podem trazer, para uma região. Comparou a viabilidade econômica dos processos existentes com a dessalinização feita com membranas de grafeno. Desta forma, analisou-se o retorno socioeconômico da dessalinização e os custos operacionais deste feito.

2) FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em 2015, autoridades de 193 países membros da ONU se reuniram para tomarem medidas que possam fortalecer a paz universal. Foi feita a adequação de um documento “Transformando o nosso mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável” (A/70/L.1), na montagem deste plano foi criado 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), com um único propósito erradicar a pobreza e oferecer vida digna para o mundo.

Entre os 17 objetivos, o ODS 6 abrange um fator de extrema importância para a existência humana “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos” (ONU Brasil, 2015).

No Brasil a contaminação das águas ocorre por; resíduos de aterros sanitários; tanques de reservas da lixiviação do solo; uso de fertilizantes na irrigação; esgotos não tratados; mineração; criação intensiva de gado e suínos (TUNDISI, 2005)

Estas atividades podem contaminar os aquíferos e ou lençóis freáticos com o passar dos anos, dependendo da frequência, quantidade e duração. O transporte de grandes quantidades de patógenos, entre eles; bactérias; vírus; protozoários; ou organismos multicelulares. Podem causar doenças gastrointestinais, repetindo o mesmo fenômeno quando estes agentes entram em contato com a pele ou na inalação do ar.

Apesar de inúmeras visões e afirmações acima, esta pesquisa considerou que este status quo está ou estará cristalizado. E apesar do Brasil ter grande quantidade de água doce, ela encontra-se na Amazônia onde temos menos necessidades, afinal, a densidade demográfica e a quantidade de pessoas na região norte do país a menor. Assim, focou-se na necessidade de utilizar os aquíferos como fonte de água potável para o Nordeste, apesar de terem um elevado grau de salinidade.

Atualmente existem três tipos de dessalinização, entre os mais usados são; osmose reversa; destilação multiestágios; e destilação térmica. As principais formas usadas no Brasil é a osmose reversa e destilação térmica.

Sabe-se que:

“No processo de osmose o solvente flui, através de uma membrana semipermeável, de uma solução de baixa concentração para uma mais concentrada, até que a elevação da pressão estática (“pressão osmótica”) no lado do concentrado impede o fluxo. A osmose reversa inverte o processo e a direção de fluxo d’água, aplicando, sobre a solução mais concentrada, uma pressão maior que a pressão osmótica. Desta maneira, água de baixa concentração salina é retirada de uma solução salina” (FRISCHKORN; NETO, 2009, pag. 61,)

Segundo Khawaji (2008) a destilação solar recria um sistema como o ciclo natural da água, onde em tanques que se assemelham a grandes estufas, a água do mar é

aquecida pelos raios solares até atingir o estado gasoso, após esse processo o vapor d'água, que nessa etapa já é água doce, se condensa na parte interna superior da estrutura, escorrendo lateralmente em tanques de coleta.

Outra forma de obter água potável, é o grafeno, ele foi descoberto em 2004 por pesquisadores da universidade de Manchester, trabalho que em 2010 lhes rendeu o prêmio Nobel de física para André Geim, Konstantin Novoselov. O Grafeno é uma estrutura única, com propriedades superiores a vários materiais já conhecidos, como alta condutividade elétrica e térmica, boa transparência e resistência mecânicas, flexibilidade inerente e uma área superficial específica enorme. (VIEIRA SEGUNDO; VILAR, 2017).

As folhas de Grafeno podem ser empilhadas com uma estrutura de camadas, com essa separação entre as folhas, podem ser feita uma forma de controle usando o confinamento físico, resultando na permeação limitada de cátions abundantes na água do mar, em experimentos observa-se que, acontece um grande impacto se a desidratação está limitando a permeação desses dois íons. A evolução desta tecnologia, trouxe numeras mudanças, essenciais para a resolução de problemas futuros, principalmente em relação ao processo de membranas (DIX, 2017), onde o processo acontece nas concentrações altas de sal, conseguindo a formulação para o consumo humano.

É relevante observar que o Grafeno é um derivado do grafite e no Brasil encontramos grande quantidade deste elemento na natureza (MATOS, 2015). Desta forma, o desenvolvimento de métodos eficientes utilizando o Grafeno pode gerar uma vantagem competitiva para o país (PORTER, 1989), e concomitantemente melhorar as condições de vida da população que sofre ou sofrerá com a escassez de água potável e ou dessalinizada.

A criação de sistemas descentralizados de dessalinização, pode produzir inúmeras empresas de instalação e manutenção, onde a população seria a maior beneficiada, com emprego e aumento da qualidade de vida. Simultaneamente pode haver aumento da atividade econômica e assim outras empresas e o governo passariam a ter ganhos relativos deste fenômeno.

A gestão descentralizada e participativa, é capaz de reduzir e, até mesmo, eliminar eventuais situações de descontentamento por parte da sociedade, dado que tais

decisões foram tomadas, respeitando-se o direito de cada segmento social influenciar o próprio processo de tomada de decisões (CARRERA-FERNANDEZ; GARRIDO, 2000).

Desta forma, pode-se considerar que não há um possível dilema dos benefícios da dessalinização feita pelo Grafeno, visto que os benefícios são evidentes, os desafios são o desenvolvimento da tecnologia; os custos de implantação e o retorno financeiro dos investimentos. Afinal o cenário social é ideal para esta transformação.

Temos no Brasil na região do semiárido do Nordeste temos o Rio São Francisco que tem vazão mínima de 2.060 m³/s que graças as reservas de água subterrânea não secam mesmo com uma ausência de chuvas de 7 a 8 meses sem chuva. (FUNDAJ, 2019).

Segundo o Clima Sertão, a média de precipitação na região do sertão é de 1.791mm, sendo março o mês de menor índice pluviométrico (117mm), e setembro como o mês com maior precipitação (205mm), as médias de temperatura de janeiro, mês mais quente é de 22,4°C, e de junho, mês mais frio, 13,5°C.

Por outro lado, em 2013 a extração de grafite, matéria prima para o grafeno, foi de 91,908 toneladas, correspondendo a 65 mil toneladas de grafeno, sendo o terceiro país com maior exploração do minério, as principais reservas se encontram em Minas Gerais, Ceará, Bahia (MACKENZIE, 2016).

Portanto, quando se unem todos os aspectos e características elencadas, pode-se considerar que há um ambiente embrionário de desenvolvimento; demanda represada pela necessidade d'água, tecnologia disruptiva desenvolvida, matéria prima em abundância, e assim, na presente data, faz-se necessário a análise de custos de implantação da dessalinização utilizando o grafeno como ferramenta.

3) PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Utilizou-se o método de pesquisa exploratório, podendo ser classificada, com objetivos que permite um amplo conhecimento sobre dessalinização no Brasil, como possível substituto de outros meios, como a osmose reversa, destilação de multiestágios, dessalinização térmica com a finalidade de avaliar a viabilidade econômica e eficiente, no cenário brasileiro, usando as membranas de Grafeno para a dessalinização.

O método mais difundido é a osmose reversa, porém apresenta alguns problemas recorrentes. Os problemas vão desde a incrustação de resíduos que podem estar na água, óxidos de metais compostos de cálcio, resíduos orgânicos e biológicos.

A pesquisa exploratória foi elaborada, com uma revisão de literatura de trabalhos publicados sobre o tema em 2 universidades, ambas com campus específicos para o uso do Grafeno; Universidade de Manchester e Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Na segunda parte fez-se pesquisas no Portal Periódicos da CAPES (CAPES/MEC, 2017), no Google Acadêmico e ScienceDirect.com, para localizar artigos com as palavras chave “Água potável”, “Viabilidade Econômica” e “Desenvolvimento Sustentável”, os resultados foram selecionados por ordem de relevância, artigos com mais de 10 anos de publicação foram eliminados. E desta forma, a base teórica deste trabalho é composta por 12 artigos, 15 pesquisa em sites e 1 livro, usados para verificar os métodos de implantação da proposta.

4) VIABILIDADE ECONÔMICA (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

Analisados os formatos de controles governamentais existentes no país, os problemas de escassez hídricas, seja em águas superficiais e águas subterrâneas, fica evidente que é necessário monitorar de perto, principalmente quanto a vazão dos rios, assim é possível ter um relatório concreto sobre a quantidade disponível e a qualidade d'água existente. O monitoramento hidrológico nos oferece esses números, onde disponibilizam uma análise concreta das águas do território nacional (CONJUNTURA BRASIL, 2019)

Em 2018, cerca de 2.048 m³/s, d'água foram retirados no país, o uso está designado em 49,8% para a irrigação, 24,4% para o abastecimento humano, a indústria consome 9,6%, os três maiores destinos representam cerca de 83,8% do consumo da água. Porém, o uso com animais representa 8%, as termelétricas consomem 3,8%, e 1,7% com outras atividades rurais e 1,6% na mineração (CONJUNTURA, 2019).

Este cenário de demanda d'água demonstra uma tendência de aumento, subiu cerca de 80% do nas últimas décadas. A previsão é que em 2030, haja um aumento de retirada de 24%, estes números são puxados pelo desenvolvimento econômico e o aumento da população no país. (CONJUNTURA, 2019).

Em 2018, estimou-se que grande parte da população brasileira sofre com riscos hídricos, um milhão de brasileiros sofrem com esse problema pelo fato da grande quantidade de cheias e inundações, 43 milhões de brasileiros sofrem com secas e estiagens. Tal fato gera um grande sinal de alerta ao governo brasileiro, levando em pauta que diversas ações precisam ser tomadas ao decorrer dos anos, ficando a responsabilidade a Agência Nacional de Águas (ANA, 2018).

No mesmo ano, observou-se um fato de extrema preocupação no país, além da escassez, existem cidades com problemas hídricos, um fato agravante para o aumento da escassez, em 2018 cerca de R\$ 27,5 bilhões, foi designado para investimentos até 2035, busca-se estar com uma estabilidade de riscos hídricos no país nesta data (CONJUNTURA, 2019).

Os problemas relativos à escassez no semiárido do Nordeste, não é só voltado a ordem da natureza, mais também de políticas não oficiais, voltados principalmente a oportunidades de ganho de renda. Já as políticas oficiais são aquelas que tem um único significado o “combate seca”, dando assistência aos mais pobres, com doações, distribuições de viveres e carros-pipas (CONSEA, 2019)

Ainda com uma visão estratégica de longo prazo, o estudo foca principalmente na dessalinização da água salgada com a criação de membranas de Grafeno, onde se transformaria em diversos benefícios para o país, principalmente para saúde humana e o poder público.

Afinal, esta mudança pode ser fundamental para a política fiscal e monetária das regiões com problemas hídricos, oferecendo lucros, para as empresas a serem criadas, arrecadações em tributos para governos locais e, subsídios para o desenvolvimento, pois com a criação do sistema vai impulsionar o nascimento de empresas que trabalhem com a manutenção e melhorias para as comunidades.

A filtração e dessalinização d'água utilizando o Grafeno nanoporoso demonstra ser promissor, esse método pode ser utilizado, apenas com uma membrana viável para a realização da osmose reversa, mas sendo mais eficiente das membranas existentes no mercado.

As membranas de osmose reversa tradicional têm baixa permeabilidade de água, já o grafeno tem um poder de produção para o processo de dessalinização muito melhor, ele pode ser modificado através da criação de nanoporos, neste processo pode facilitar

o fluxo d'água em canais bem estruturados dos poros, tornando o fluxo d'água mais rápido.

O Grafeno tem diversas vantagens sobre membranas que são utilizadas para fins de dessalinização. A grande vantagem neste sistema é a espessura do átomo, onde ela pode ser negligenciada contrariando sua espessura insignificante, o Grafeno tem alta resistência mecânica esses atributos levam a baixa pressão, sendo de extrema importância para o transporte da água (AGHIGH et al. 2015).

O salto civilizatório deste método é levar água potável em regiões que sofrem com escassez, apesar de reconhecer no Brasil um país que tem enormes volume d'água, sabe-se que é mal distribuída em qualidade e proporção de densidade da população, assim observa-se benefícios com o uso da água na movimentação da economia, lucratividade para o governo e melhoria do bem-estar social.

Tenso assim como obstáculo apenas o custo de implantação, o conselho de recursos naturais dos Estados Unidos, relatou que em 2011 o custo de água obtida por meios tradicionais seria entre US\$ 0,90 e US\$ 2,50 para 1.000 galões, sendo que o custo para produzir água potável em mesma quantidade por meio da dessalinização fica entre US\$2,50 e US\$8,00, dificultando sua difusão em larga escala. Já com o estudo das novas tecnologias em grafeno, chegou-se à conclusão de que a dessalinização por meio do grafeno poderia reduzir os custos estimados em 99%. (SCHILLING, 2013).

5) CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi constatado que o uso do grafeno na dessalinização da água, pode ser usado para substituir os atuais métodos, visto que hoje a eficiência energética se mostra muito superior e concomitantemente os custos inferiores, desta forma, a nova tecnologia que ainda será aperfeiçoada, pode ter projeções ainda melhores.

Um investimento econômico em longo prazo, com o uso de membranas de grafeno pode ser fundamental, pois diferente da osmose reversa, permanece com suas propriedades mesmo depois de muito tempo de uso.

Experimentos assim podem demonstrar que as projeções já apontadas, são concretas e podem oferecer para as regiões que sofrem problemas de escassez a possibilidade de novos horizontes, inovando no processo de dessalinização e trazendo avanço econômico para as regiões afetadas.

Este grupo de pesquisa pretende prototipar dessalinizadores com o uso de grafeno para ter evidências empíricas que a técnica que vai influenciar diretamente alguns fatores sociais, vindo a aumentar a oferta empregos e aumentando o nível tecnológico da região, na área econômica será capaz de sanar um problema que a muito tempo afeta regiões inteiras, impossibilitando a atividade econômica.

Portanto, podemos concluir que o grafeno é um material relativamente novo, porém, ainda assim, observou-se grandes avanços alcançados e o estudo do material em diversas áreas, demonstra o promissor uso do minério.

E pesquisas futuras, terão o papel de refinar cada vez mais seus usos e aplicabilidades no mercado em auxílio das pessoas e como oportunidade de negócio para movimentar grandes mercados, acredita-se que em escala industrial, o custo médio para um gramo de Grafeno esteja em 100 dólares, e comprovada sua vida útil e eficiência na dessalinização o custo de captação d'água no Brasil possa estar abaixo de 0,30 de dólares 1000 galões d'água potável.

REFERÊNCIAS

Água no século XXI: enfrentando a escassez (TUNDISI, José G, p. 1 a 105).

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA), **Águas no Brasil**, 2019. Disponível em <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil>. Acesso em 26/03/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DAS AGUAS (ANA), **Reservatório do Rio São Francisco passam a liberar mais água**, 2018. Disponível em <https://www.ana.gov.br/noticias/reservatorios-do-rio-sao-francisco-passam-a-liberar-mais-agua-a-partir-desta-semana-1>. Acesso em 26/03/2020.

AGHIGH, A., ALIZADEH, V., WONG, H.Y., ISLAM, Md. S., AMIN, N., ZAMAN, M. **Recent advances in utilization of graphene for filtration and desalination of water: A review**, 2015.

Associação dos Geógrafos Brasileiros. **Embrapa utiliza rejeito de dessalinizadores para criar peixes e caprinos**. <http://geocities.yahoo.com.br/agbcg/dessali.htm>. 10 Jul. 2004.

CAMPOS, R. T. **Avaliação benefício-custo de sistemas de dessalinização de água em comunidades rurais cearenses**. Rio de Janeiro, vol. 45, N°04, p. 963-984.

CARVALHO, P. C. M.; MONTENEGRO, F. F. D. **Experiências adquiridas na implementação da primeira instalação de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos do Brasil**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3. 2000, Campinas.

CLIMA SERTÃO, **Temperatura, Tempo e dados climatológicos Sertão**, 2012 a 2019. Disponível em <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-grande-do-sul/sertao-313247/>. Acesso em 15/04/2020.

CONJUNTURA BRASIL, **Segurança Hídrica**, 2019. Disponível em <http://conjuntura.ana.gov.br/crisehidrica>. Acesso em 26/03/2020.

CONJUNTURA BRASIL, **Usos da água**, 2019. Disponível em <http://conjuntura.ana.gov.br/usoagua>. Acesso em 26/03/2020.

CONSELHO NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL (CONSEA), **Segurança Alimentar e Nutricional**, 2019. Disponível em <http://www4.planalto.gov.br/consea/comunicacao/artigos/2014/caracterizacao-do-semiarido-brasileiro-1>. Acesso em 26/03/2020.

DIX, James. **Understanding the Mechanismo of Permeatin through Graphene-Based Membranes Using Molecular Dynamics Simulations**. School of Chemical Engineering and Analytical Sciences, Manchester, 2017.

FRISCHKORN, H.; NETO, J.. L. R. **Osmose reversa: limpeza química em membranas de dessalinizadores do Ceará**. Rev. Tecnol, Fortaleza, v.30, n.1, p. 61-76, jun. 2009.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO. **Potencialidades dos aquíferos do nordeste do Brasil, artigo de Aldo da Cunha Rebouças**, 2019. Disponível em <https://www.fundaj.gov.br/index.php/educacao-contextualizada/10159-potencialidades-dos-aquiferos-do-nordeste-do-brasil-artigo-de-aldo-da-cunha-reboucas>. Acesso em 26/03/2020.

GAIO, S. S. M. **Produção de Água potável por dessalinização: Tecnologias, mercado e análise de viabilidade econômica.** Universidade de Lisboa, 2016.

JARDIM, C. H. **A “Crise Hídrica” no Sudeste do Brasil: Aspectos Climáticos e Repercussões Ambientais.** Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.

KHAWAJI, A.D.; KUTUBKHANAH, I.K.; WIE, J.M. **Advances in sea water desalination technologies.** *Dessalination*, 221, 47-69, 2008.

MACKENZIE, Perspectivas do Grafeno. Comunicação - Marketing Mackenzie, 2016. Disponível em <https://www.mackenzie.br/noticias/artigo/n/a/i/perspectivas-do-grafeno/>. Acesso em 15/04/2020

MATOS, C. F. **Materiais nanocompositos multifuncionais formados por latices poliméricos e grafeno ou óxido de grafeno: síntese, caracterização e propriedades.** Universidade Federal do Paraná, 2015

NEVES, A. L. R.; ALVES, M. P. ; LACERDA, C. F; GHEYI, H. R. **Aspectos Socioambientais e Qualidade da Água de dessalinizadores nas Comunidades Rurais de Pentecostes-CE.** Fortaleza, 05 de nov. de 2016.

ONU Brasil, **Objetivo 6, Água Potável e Saneamento.** Nações Unidas Brasil, 2015. Disponível em <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>. Acesso em 18/03/2020.

ONU, **Relatório das Nações Unidas, sobre desenvolvimento dos recursos hídricos.** Nações Unidas Brasil, 2017. Disponível em <https://nacoesunidas.org/acao/agua/>. Acesso em: 18 nov. 2019.

PLATAFORMA AGENDA 2030. **A agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável,** 2015. Disponível em <http://www.agenda2030.org.br/sobre/>. Acesso em 18/03/2020.

PESQUISA FAPESP. **Para tirar o sal da água, 2015** Ed. 279. Disponível em <https://revistapesquisa.fapesp.br/2019/05/10/para-tirar-o-sal-da-agua/>. Acesso em 02/05/2020.

SCHILLING, D. R. **Dessalinização da água usando 99% menos energia com pefroreno**. Industry tap into news, 2013. Disponível em <http://www.industrytap.com/water-desalination-using-99-less-energy-with-pefrorene/2745>. Acesso em 26/04/2020.

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL. **Pesquisa e Desenvolvimento: Universidade na produção de Grafeno, 2020**. Disponível em <https://www.ucs.br/site/noticias/universidade-investe-na-producao-de-grafeno/>. Acesso em 05/05/2020.

VIEIRA S. J. E. D.; VILAR, E.O. **Grafeno: Uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas energéticos**. Universidade Federal de Campina Grande, 2017.

ZARBIN, A. J.G; OLIVEIRA. M. M. **Nanoestruturas de Carbono (Notubos, Grafeno)**. Curitiba. Ed. Quim. Nova, Vol. 36, No. 10, 1533-1539, 2013.