
ESTUDO PROSPECTIVO RELATIVO A MEMBRANAS DE OSMOSE INVERSA PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL A PARTIR DE AGUA DO MAR

Alexandra Nobre; Ana Maria Tavares da Mata; Ricardo Manuel Salgado

Programa de Mestrado em Tecnologia Ambiental, Escola Superior de Tecnologia de Setúbal do Instituto Politécnico de Setúbal, Rua Vale de Chaves, Campus do IPS, Estefanilha, 2910-761 Setúbal, Portugal. (ana.mata@estsetubal.ips.pt)

RESUMO

A escassez de água potável em várias regiões do mundo levou à necessidade da sua obtenção através da dessalinização da água do mar. Um dos processos mais utilizados para a dessalinização é a osmose inversa. Foi realizado um levantamento das patentes nesta área e a sua interpretação com vista à avaliação da situação presente e perspectivas de futuro. Verificou-se que a maioria das patentes é oriunda de países asiáticos em especial do Japão. Parece evidente que esta tecnologia está bem consolidada pelo número regular de patentes depositadas ao longo dos anos, e que as inovações referem-se essencialmente a melhorias no pré-tratamento, e propostas de sistemas híbridos que incluem tratamentos mais convencionais antes da entrada da água nas membranas de osmose inversa. O desafio da dessalinização a um custo acessível mantém-se e são necessários progressos para que também as populações carenciadas possam ter acesso a este tipo de água potável.

Palavras chave: osmose inversa; dessalinização; água potável; patentes

ABSTRACT

The drinking water scarcity in several regions of the world led to necessity of producing it from sea water by desalination processes. Reverse osmosis is one of the processes commonly used for desalination. In this study a survey of patents on this area was made in order to evaluate the actual situation and future perspectives. It was verified that most of the patents are from Asian countries, especially from Japan. The survey indicates that the technology is well consolidated, having a regular number of new patents each year. Innovations seem to be on pre-treatment improvements, and hybrid solutions with conventional treatments before the reverse osmosis membranes. The challenge of having desalination at an affordable cost continues, in order that underserved populations can also have access to this drinking water.

Key words: reverse osmosis, desalination, drinking water, patents

Área tecnológica: Tratamento de efluentes e áreas impactadas e água

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 97% da água existente no planeta Terra encontra-se nos mares e oceanos, cerca de 2% nas calotes polares restando apenas cerca de 1% correspondente à água doce que poderá ser utilizada para consumo humano. Assim sendo, sempre se procuraram tecnologias eficazes e viáveis para o tratamento da água salgada ou salobra que permitissem a sua utilização final como água para consumo humano.

Actualmente cerca de 1 bilhão de pessoas não tem acesso a água potável de qualidade e cerca de 2.3 bilhões, o que corresponde a 41% da população mundial, vive em regiões em que há escassez de água (SERVICE, 2006).

De acordo com Seckler et al. (1998) existem cinco categorias em que os países podem ser agrupados relativamente à escassez da água, sendo os países mais afetados os da zona do Médio Oriente e Norte de África, esta zona compreende 8% da população mundial.

Relativamente, à Europa a necessidade de dessalinização tem expressão essencialmente nas ilhas da zona do mediterrâneo (Espanha e Itália) que têm grande impacto do turismo com consequentes necessidades acrescidas de água para consumo humano.

Em Portugal nas ilhas da Madeira e ilhas dos Açores, a dessalinização é utilizada como forma de obtenção de água para consumo humano, e em 1979 surgiu a primeira central de dessalinização instalada na ilha de Porto Santo (LARANJEIRA, 2010).

Esta escassez cria constrangimentos na produção de comida, na saúde das populações e na qualidade ambiental.

A dessalinização é uma das poucas opções para alguns destes países, e actualmente existem vários processos para obter água potável a partir de água do mar, tais como a osmose inversa, a eletrodialise, a destilação, a troca iónica e a nanofiltração. Dentre estes, os processos mais utilizados têm sido os processos térmicos de destilação e a osmose inversa.

A definição de água potável ou água para consumo humano varia de país para país conforme as normas e legislação de cada um.

No que toca à dessalinização esta consiste na remoção do sal presente na água e, por exemplo, a Organização Mundial de Saúde indica que o teor máximo em íão cloreto numa água de consumo não deve ultrapassar os 250mg/L Cl⁻ (WHO, 1970).

Esta pesquisa de patentes sobre a evolução da utilização de membranas de osmose inversa para a produção de água potável a partir da água do mar, identificando assim quais os principais países detentores da tecnologia de interesse, bem como, inferir perspectivas para o futuro.

DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA

Atualmente, as duas tecnologias de dessalinização mais utilizadas são a destilação e a osmose inversa. A destilação é um tratamento térmico que separa o sal da água por evaporação e condensação. Para este processo é necessário gastar uma quantidade apreciável de energia que pode ser até 2 a 3 vezes superior ao custo do processo de dessalinização por osmose inversa (MILLER, 2003). No entanto, no Médio Oriente este processo térmico é ainda largamente utilizado devido ao

baixo custo do petróleo na região e a possibilidade de combinar este processo com a geração de energia (co-geração de vapor e energia) (FRITZMANN et al., 2007).

A osmose propriamente dita caracteriza-se pelo equilíbrio que se gera espontaneamente através de uma membrana semipermeável, em que há um movimento da água contendo menor salinidade que passa a membrana para o lado contendo a solução de maior salinidade (diluindo-a, portanto), o processo ocorre até as concentrações salinas serem iguais dos dois lados. Se imaginarmos os dois lados da membrana com compartimentos simétricos, quando este equilíbrio é atingido o nível da solução será mais alto num dos lados da membrana, naquela para onde a água se deslocou (a inicialmente mais concentrada), a esta diferença chama-se pressão osmótica.

Uma membrana de osmose inversa é operada aplicando uma pressão que exceda a da pressão osmótica e o efeito reverso ocorre, ou seja, a água passa na membrana ao contrário na direcção na osmose, obtendo-se a retenção dos sais na superfície afluente da membrana. A passagem de alguns sais pela membrana ocorre, e esta passagem aumenta com a concentração dos sais e temperatura (GREENLEE et al., 2009).

As membranas de osmose inversa são baseadas nas propriedades de semi-permeabilidade de certos polímeros. Estes enquanto são muito permeáveis à água têm uma baixa permeabilidade para as substâncias dissolvidas. Aplicando uma diferença de pressão na membrana a água aí contida é obrigada a permear através da membrana, para compensar a pressão osmótica e estar acima dela é necessária uma pressão bastante elevada.

Na dessalinização da água do mar a pressão é cerca de 55 a 68 bar, as pressões necessárias para tratar águas salobras são menores devido à menor pressão osmótica causada pela menor salinidade do afluente à membrana (FRITZMANN et al., 2007). Esta é a razão pela qual é também muito mais económico produzir água de consumo a partir de água salobra do que a partir de água do mar. De acordo com Matsuura (2000) existe um grande potencial para reduzir o custo da dessalinização por osmose inversa combinando este processo com outros processos mais convencionais, ou seja, utilizando sistemas híbridos.

Em áreas isoladas e pouco populadas estão-se a iniciar estudos piloto de produção em que se utilizam energias renováveis para alimentar as instalações de dessalinização por osmose inversa (SETIAWAN et al., 2009).

METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado foi o da definição de palavras-chave relacionadas com o tema em pesquisa e posteriormente, a análise dos documentos encontrados.

Essa pesquisa foi realizada nas seguintes bases de dados de patentes:

- INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial de Portugal
- EPO – European Patent Office
- USPTO – United States Patent and Trademark Office

Após o levantamento inicial que conduziu a um número muito elevado de depósitos de patentes foi feito um refinamento da pesquisa e por último foram lidas cada uma das patentes de interesse. Aqui

verificou-se que a barreira linguística é deveras grande, impossibilitando a real percepção do conteúdo das patentes da zona asiática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se as várias combinações de palavras-chave utilizadas e os números de resultados obtidos por base de dados pesquisada.

Tabela 1: Número de patentes disponíveis por combinação de palavras-chave, em cada uma das bases de dados pesquisada.

Palavras-chave	INPI (Portugal)	EPO	USPTO
membrana* água	6	0	0
membrane* water	-	44599	166156
membrane* water treatment	-	8358	2
membrane water treatment	-	7874	3980
membrane wastewater treatment	-	1084	1235
semipermeable membrane water treatment	-	199/186	235
membrane sea water desalination	--	209	2
membrane sea water filtration	-	54	0
reverse osmosis membrane sea water	-	280	3
reverse osmosis membrane treating sea water	-	34	0

Fonte: Autoria própria, 2012.

Verifica-se como era de esperar que na pesquisa no INPI, em Portugal, aparecem apenas 6 patentes registradas, o que é previsível dada a pequena dimensão do país.

Por outro lado, observa-se que o total de patentes existentes nas bases de dados EPO e USPTO é elevada quando a pesquisa é feita relativamente a membranas e água, sendo bastante superior na base de dados do escritório de patentes da EUA, cerca de 166 000 contra cerca de 44 500.

No entanto, quando o termo de pesquisa passa para membranas associadas ao tratamento de água a situação inverte-se, sendo o escritório de patentes europeu que contém depositado o maior número de patentes, mas relativamente a patentes relacionadas com membranas utilizadas para tratamento de águas residuais os valores são semelhantes nos dois escritórios.

No entanto onde se revela uma diferença significativa é nas patentes relacionadas com a utilização de membranas para dessalinização da água do mar, ou utilização de osmose inversa para a água do mar (osmose reversa e inversa são termos equivalentes) o cenário é de que o escritório de patentes europeu detém cerca de duas centenas de patentes e o escritório americano menos de uma dezena.

Este resultado não é totalmente real, mas sim fruto do diferente funcionamento dos motores de busca dos dois escritórios, pois no americano aparecem dois termos independentes para a busca, obtendo-se resultados completamente diferentes se a busca contiver muitas palavras passe e estas forem divididas pelos dois campos ou colocados todas no primeiro campo.

Por exemplo, a busca na USPTO em dois campos com as palavras chave *membrane desalination + sea water* dá um resultado de 23 patentes, se a busca for *membrane sea water + desalination* dá um resultado de 16 patentes, em vez das 2 obtidas (tabela 1) com a busca só num só campo para *membrane sea water desalination*. Apesar disso ainda fica muito longe das cerca das 200 obtidas na EPO. No entanto, por uma questão de uniformização, os resultados aqui apresentados resultam dos termos de busca exactos colocados apenas num campo de busca em ambos os escritórios.

Com a obtenção de 34 patentes (EPO) na plataforma europeia relativamente ao assunto mais específico em análise, a utilização de membranas de osmose inversa para tratar água do mar passou-se à fase de analisar todos esses documentos com o propósito de confirmar a sua relevância para o tema em questão.

Após a leitura do resumo de cada um desses 34 documentos apenas 17 estavam, efectivamente, relacionados com a produção de água potável a partir da água do mar utilizando membranas de osmose inversa. Refinada a pesquisa analisou-se o número de patentes finais por país de origem, ano de publicação e classificação internacional (CIP) relativamente a este grupo de 17 patentes.

Na Figura 1 observa-se que o Japão detém mais de metade das patentes e somando toda a contribuição asiática esta perfaz 14 do total das 17 patentes analisadas, sendo os Estados Unidos e Europa detentores das restantes 3.

Estes resultados parecem indicar uma maior actividade de desenvolvimento na zona asiática no que se refere a esta tecnologia.

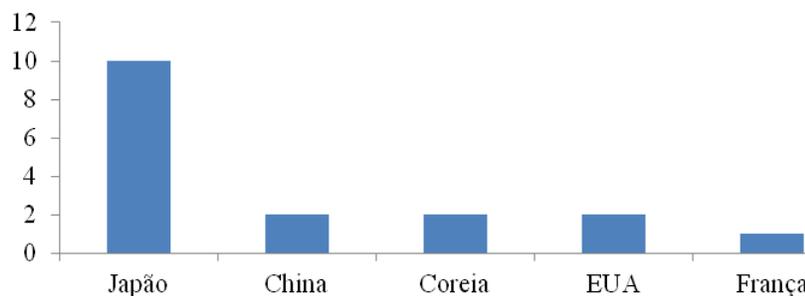


Figura 1: Número de patentes por país de origem, relativo ao grupo de 17 patentes escolhidas como relevantes da pesquisa na EPO com as palavras *reverse osmosis*, *membrane treating*, *sea water*. Fonte: Autoria própria, 2012.

Na Figura 2 pode-se observar o número de patentes por ano de registro e verifica-se que há uma constância, ou seja, desde o ano 2000 que há todos os anos cerca de 2 patentes registradas.

Isto parece indicar uma tecnologia já bem implementada no terreno em que vão aparecendo melhorias ao longo do tempo, mas por outro lado a sua constância e não diminuição, parece também indicar que ainda não começou a ser substituída por outra tecnologia.

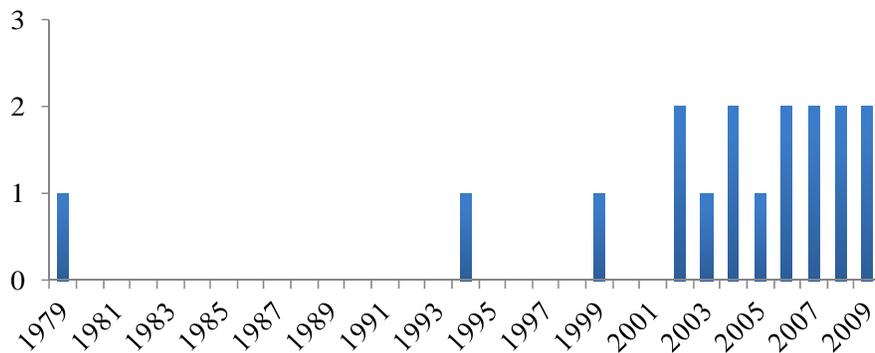


Figura 2: Número de patentes por ano* (*) relativo ao grupo de 17 patentes escolhidas como relevantes da pesquisa na EPO com as palavras *reverse osmosis membrane treating sea water*. Fonte: Autoria própria, 2012.

Relativamente à distribuição das patentes por código de classificação verifica-se que a maioria, mais de metade estão classificadas com o código B01D61 (*Processes of separation using semi-permeable membranes, e.g. dialysis, osmosis, ultrafiltration; Apparatus, accessories or auxiliary operations specially adapted therefor*), e as restantes nos códigos de classificação C02F1, A23L2 e B01D65 (Figura 3).

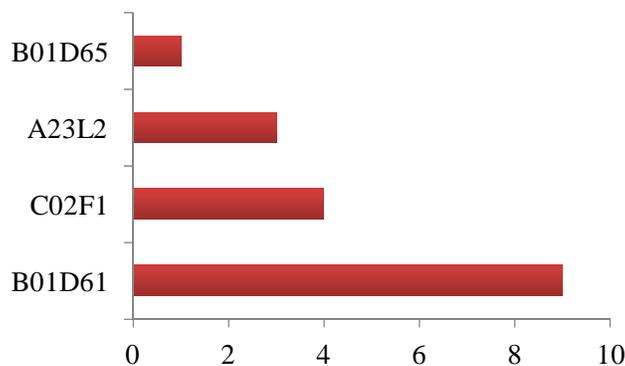


Figura 3: Número de patentes por classificação internacional (CIP)* (*) relativo ao grupo de 17 patentes escolhidas como relevantes da pesquisa na EPO com as palavras *reverse osmosis membrane treating sea water*. Fonte: Autoria própria, 2012.

De seguida apresenta-se uma lista relativa às 17 patentes analisadas, em que das patentes oriundas dos países Asiáticos (Japão, China e Coreia), apenas se indica o título de cada uma (secção a)) devido à impossibilidade de aceder ao conteúdo das patentes (barreira linguística) e das restantes apresenta-se um pequeno resumo (secção b)).

a) Patentes de origem Asiática:

- Method of treating salt water (Japão, 2009)
- Unit for the desalination of sea water or brackish water (China, 2008)
- Reverse osmosis membrane module equipped with nozzle covered with film (Japão, 2008)
- The manufacture method of the drinking water from deep sea water (Coreia, 2007)
- A manufacturing method and device for the production of mixed beverage with high hardness and mineral by using deep sea water or ground sea water (Coreia, 2006)
- High-concentration mineral liquid manufacturing method and manufacturing apparatus (Japão, 2006)
- Treating method and apparatus for seawater desalting (China, 2005)
- Sea water desalination apparatus (Japão, 2004)
- Sea water desalting apparatus by reverse osmosis (Japão, 2004)
- Method and apparatus for producing fresh water (Japão, 2003)
- Method for producing soft drinking water utilizing deep sea water (Japão, 2002)
- Concentrated mineral liquid for drinking use and drinking water (Japão, 2002)
- Reverse osmosis membrane separation apparatus (Japão, 1999)
- Water treatment apparatus (Japão, 1994)

b) Patentes de origem Europeia e E.U.A.

- Process for treating water by a nanofiltration or reverse osmosis membrane system permitting high conversion rates due to the elimination of organic matter (França, 2009):

A invenção refere-se a um processo de tratamento de água doce, água do mar, água salobra ou água contendo matéria orgânica oriunda de uma estação de tratamento de água com vista à potabilidade, à reciclagem, à dessalinização dessa água para posterior aplicação industrial. Refere-se portanto a um processo de pré-tratamento

- Process and apparatus for purifying impure water using microfiltration or ultrafiltration in combination with reverse osmosis (EUA, 2007):

Método de purificação de uma água contendo impurezas filtráveis e impurezas dissolvidas, como a água do mar. Compreende as seguintes etapas: unidade de microfiltração ou ultrafiltração para remoção das impurezas filtráveis; unidade de osmose inversa para remoção das impurezas dissolvidas.

- Conversion of sea water by reverse osmosis (EUA, 1979):

Processo para a produção de água doce por osmose inversa a partir de uma alimentação com alto teor de sal, como a água do mar. Baseia-se num sistema de dois estágios, o primeiro de baixa pressão (entre aproximadamente 300 e 550 psi), que produz um produto intermédio que contém um quarto a metade dos sólidos totais dissolvidos iniciais, seguindo para um tratamento também a uma pressão relativamente baixa (300 e 550 psi), com uma membrana semipermeável, para produzir uma água doce que contém de 1000 a 2000 ppm de sólidos totais dissolvidos.

CONCLUSÃO

Com a realização desta pesquisa foi possível verificar que existem cerca de duas dezenas de patentes relativas à potabilização da água do mar através do processo de tratamento de membranas por osmose inversa. A maioria das patentes encontradas é oriunda de países asiáticos, em especial do Japão sendo a contribuição da Europa e Estados Unidos pequena. Da análise possível das patentes encontradas verifica-se que as invenções referem-se essencialmente a melhorias no pré-tratamento e propostas de sistemas híbridos que incluem outros tipos de tratamento antes da entrada da água nas membranas de osmose inversa.

Pela análise do levantamento feito parece evidente que esta tecnologia está por um lado bastante consolidada, mas que por outro não parece ter nenhum competidor isto porque o número de patentes ao longo dos anos é regular e estável, não se verificando uma quebra por exemplo.

A escassez de água a nível mundial é uma realidade com tendência a agravar-se quer pelas maiores necessidades de consumo quer pela intensificação da desertificação de algumas zonas, o que significa que o desafio a nível mundial é grande e todos os progressos no sentido de baixar os custos da dessalinização têm um amplo campo de desenvolvimento. Desde novas tecnologias, à criação de processos híbridos que baixem os custos operacionais e de investimento das estações de dessalinização por osmose inversa, bem como, e talvez seja a área com mais potencial, a associação das energias renováveis a este processo tornando-o após implementação autossustentável.

REFERÊNCIAS

FRITZMANN, C.; LÖWENBERG, J.; WINTGENS, T; MELIN, T. State-of-the-art of reverse osmosis desalination. **Desalination**, v. 216, p. 1–76, 2007.

GREENLEEA, L. F.; LAWLERB, D. F.; FREEMANA, B. D.; MARROTC B.; MOULINC, P. Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges (Review). **Water research**, v. 43, p. 2317-2348, 2009.

LARANJEIRA, C. **Estudo Numerico dos Escoamentos em Canais de Dessalinizacao por Osmose**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia), Universidade de Trás os Montes, 2010.

MATSUURA, T. Progress in membrane science and technology for seawater desalination - a review. **Desalination**, v. 134, n. 1-3, p. 47-54, 2001.

MILLER, J. E. Review of Water Resources and Desalination Technologies. Sandia National Laboratories. Disponível em: <<http://www.prod.sandia.gov/cgi-bin/techlib/access-control.pl/2003/030800.pdf>>. Acessado em: 25 out. 2012.

SECKLER, D.; AMARASINGHE, U.; MOLDEN, D.; DE SILVA, R.; BARKER, R. World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and issues. **International Water Management Institute**, v. 19, 1998.

SERVICE, R. F. **Desalination freshens up. Science**. v. 313, n. 5790, p. 1088–1090, 2006.

SETIAWAN, A. A.; ZHAO, Y.; NAYAR, C. V. Design, economic analysis and environmental considerations of mini-grid hybrid power system with reverse osmosis desalination plant for remote areas, **Renewable Energy**, v. 34, p. 374–383, 2009.

WHO, 1970. **European Standards for Drinking-Water**. World Health Organization, Geneva. Disponível em : <http://whqlibdoc.who.int/publications/European_standards_for_drinking-water.pdf>. Acessado em: 24 out. 2012.