



## **Tratamento de Efluentes de uma Indústria Petroquímica com Osmose Inversa**

Iona Souza Lemmert<sup>1</sup>, Júlia Striving<sup>2</sup>, Alexandre Giacobbo<sup>3</sup>, Shaiane Pozzebon<sup>4</sup>,  
Marco Antônio Siqueira Rodrigues<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Feevale (ionasouza@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Feevale (juliastriving@yahoo.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul (alexandre\_giacobbo@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Universidade Feevale (shaiane.pozzebon@hotmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Feevale (marcoantonio.marco@gmail.com)

### **Resumo**

Cada vez mais o crescimento industrial vem sendo acompanhado com a geração de efluentes. Por outro lado, os tratamentos convencionais de efluente não produzem um efluente tratado com possibilidade de reuso. Por isso, uma das alternativas que vem sendo utilizada é a Osmose Inversa (OI). O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação da OI no tratamento de efluentes de uma indústria petroquímica, visando o reuso em torres de resfriamento, avaliando características físico-químicas do permeado. Foi utilizado um equipamento piloto de OI com membrana de poliamida enrolada em espiral (BW30-4040), com área útil de membrana de 7,5 m<sup>2</sup>, da marca DOW-Filmtec. O efluente foi tratado por OI com e vazão de circulação da alimentação de 600 L.h<sup>-1</sup>, medindo-se a vazão do permeado a cada 15 minutos. Com o tratamento por OI obteve-se taxas de remoção superiores a 98% para cloreto, sulfato, condutividade, DQO e dureza. A partir destes resultados, pode-se concluir que a OI é uma alternativa para tratamento de efluentes, visando o reuso de água.

Palavras-chave: Osmose Inversa, Reuso, Efluente Petroquímico.

Área temática: Ambiental

### **Effluents treatment of a Petrochemical Industry with Reverse Osmosis**

#### **Abstract**

The industrial growth has been accompanied by the increase of the waste generation. Moreover, conventional effluent treatment does not produce treated effluent with possibility of reuse. Therefore one of the alternatives that have been used is the Reverse Osmosis (RO). The objective of this study was to evaluate the application of RO in the treatment of petrochemical effluents for reuse in cooling towers, evaluating the physical and chemical characteristics of the permeate. It was used a RO pilot plant with a polyamide membrane spiral wound (BW30-4040), with an effective membrane area of 7.5 m<sup>2</sup>, supplied by DOW-Filmtec. The effluent was treated by RO at pressure of 5 bar and feed circulation flow rate of 600 L h<sup>-1</sup>, measuring the permeate flux every 15 minutes. By means of the RO treatment, removal rates above 98% for chloride, sulfate, conductivity, COD and hardness were obtained. From these results, it can be concluded that RO is an alternative for effluents treatment aiming the water reuse.

Keywords: Reverse Osmosis, Reuse, Petrochemical Effluent.

Thematic area: Environmental



## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento industrial é de fato muito importante para o desenvolvimento do país, entretanto, este crescimento vem acompanhado de uma elevada captação de água e a consequente geração de efluentes. Porém, para a maioria das indústrias, o pensamento quanto ao tratamento de efluentes líquidos é de “fim de tubo”, ou seja, espera-se o resíduo ser gerado para tratá-lo. Entretanto, os tratamentos convencionais (físico químico e biológico) utilizados pelas indústrias, possuem baixa eficiência na remoção de alguns parâmetros como cloretos, sulfatos e dureza, reduzindo desta forma, a possibilidade de reuso na própria indústria. Uma das alternativas, que vem sendo investigada é a aplicação de Processos Separação por Membranas (PSM), como a Osmose Inversa (OI).

O fenômeno natural de osmose ocorre quando duas soluções com diferentes concentrações, uma diluída e outra concentrada, são separadas por uma membrana semipermeável, sendo permeável ao solvente e praticamente impermeável ao soluto. O solvente percorre pela membrana do lado menos concentrado para o mais concentrado até que ocorra o equilíbrio entre as pressões osmóticas das soluções. (GARUD et al., 2011).

Segundo Shenvi et al. (2015), a denominação “osmose inversa” é o fenômeno que ocorre ao contrário do fenômeno natural de osmose. Na OI aplica-se uma pressão maior que a pressão osmótica na solução concentrada, e assim, o solvente passa através da membrana da solução mais concentrada para a mais diluída.

A OI já é aplicada em diversos setores como, por exemplo, na indústria química, têxtil, petroquímica, eletroquímica, de alimentos, de papel e na indústria de curtume. (Jacob et al., 2010; Dolar et al., 2011; Korzenowski et al., 2011).

Segundo pesquisas realizadas por Zhang et al. (2012) apontaram que a tecnologia de OI é bastante vantajosa na recuperação de água residuárias que possuam espécies químicas dissolvidas. As membranas de OI, permeiam praticamente apenas água, de modo que todas as impurezas presentes na água de alimentação são retidas na membrana. A OI é muito eficiente para remover contaminantes inorgânicos e produzir uma água com boa qualidade, devido ao tamanho de poro das membranas ser  $< 0,001 \mu\text{m}$ . (MIERZWA, 2002).

Por sistemas integrados de membranas, Wang et al. (2006), utilizaram a Ultrafiltração (UF) e Microfiltração (MF) como um sistema de alimentação para OI, com o intuito de tratar a água para torres de resfriamento. Neste trabalho, a remoção de cálcio, magnésio e sulfato foram de 99,5, 99,4 e 99,5%, respectivamente.

Schoeman e Steyn (2002) estudaram a OI para a desnitrificação e dessalinização da água do mar, a fim de tornar a água da África do Sul, potável. Com os experimentos, eles obtiveram resultados de redução de nitrato de  $42,5 \text{ mg.L}^{-1}$  na alimentação para  $0,9 \text{ mg.L}^{-1}$  no permeado. Foram reduzidos também os valores de sólidos dissolvidos totais que era de  $1292 \text{ mg.L}^{-1}$  para  $24 \text{ mg.L}^{-1}$ . Por fim, concluíram que a OI é excelente para este fim.

Belkacem et al. (2006) realizaram o tratamento de águas subterrâneas pela técnica de OI. Este estudo obteve redução de 44% de bactérias presentes no sistema, além de nitrato que obteve remoção de, aproximadamente, 88%.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi e investigar a aplicação da OI no tratamento de um efluente terciário de uma indústria petroquímica com a finalidade de se obter uma água com boa qualidade para reuso em torres de resfriamento.



## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

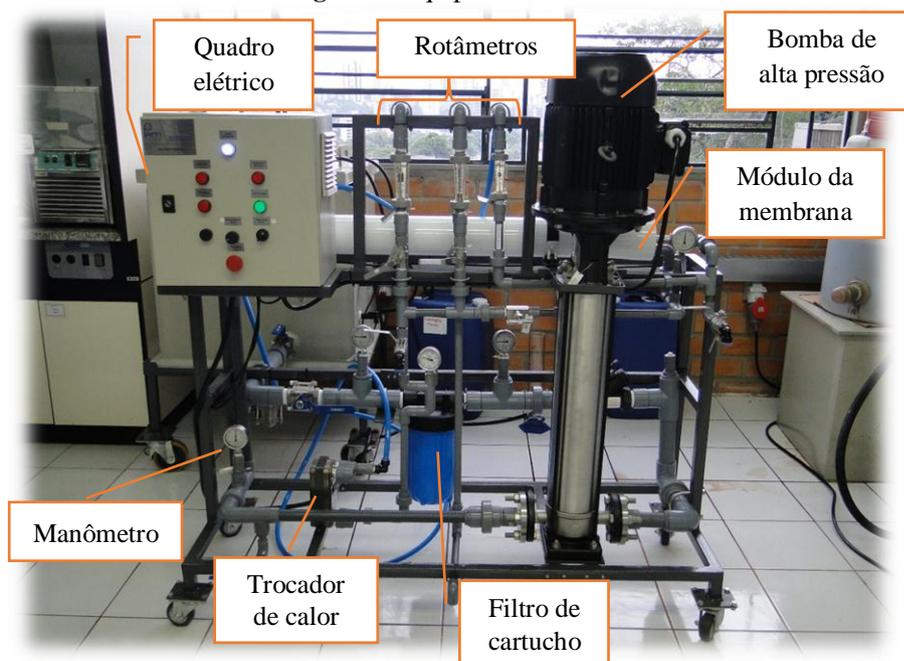
### 2.1. Efluente

Para a realização dos ensaios, foram coletados cerca de 10 m<sup>3</sup> de efluente de uma indústria petroquímica. Esse efluente foi coletado após o tratamento terciário, ficou decantando por 24 horas e, posteriormente, foi submetido a um pré-tratamento com filtro de areia e carvão ativado.

### 2.2. Planta piloto de OI

Foi utilizado o equipamento piloto de OI fabricado pela PAM-Membranas Seletivas, com capacidade produtiva de 250 L.h<sup>-1</sup>. Neste equipamento, foi utilizada uma membrana de poliamida, enrolada em espiral, com área útil de membrana de 7,5 m<sup>2</sup>, modelo BW30-4040, marca DOW-Filmtec. O equipamento é composto por um quadro elétrico, manômetro, termômetro, bomba de alta pressão, filtro de cartucho, trocador de calor e um módulo de membrana, como apresentado na Figura 1.

Figura 1: Equipamento de OI.



### 2.3. Caracterização da membrana

A membrana foi compactada através da circulação de água pressurizada a 15 bar, pelo período de 180 minutos. A compactação foi realizada a fim de evitar os efeitos da pressão sobre a estrutura da membrana em experimento posteriores.

Após a compactação, foi medida a permeabilidade hidráulica da membrana. A permeabilidade hidráulica consiste no coeficiente angular da inclinação da reta do fluxo à água pura versus a pressão aplicada. O fluxo de permeação à água foi medido nas pressões de 3, 5, 7, 10 e 15 bar, após 20 minutos de estabilização em cada pressão.

### 2.4. Tratamento do efluente petroquímico com OI

O efluente petroquímico após pré-tratamento com filtros de areia e carvão foi submetido ao tratamento por OI, na pressão de 5 bar e vazão de alimentação de 600 L.h<sup>-1</sup>. Mediu-se a

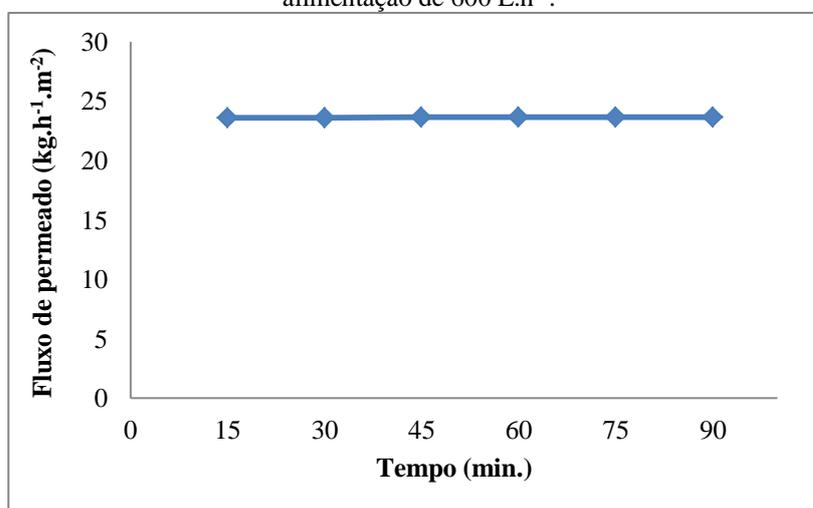


vazão do permeado a cada 15 minutos, pelo período de 90 minutos. Estes ensaios foram realizados em triplicata, tratando em cerca de 10 m<sup>3</sup> de efluente em cada ensaio. Alimentação e permeado foram caracterizados quanto aos parâmetros: cloreto, sulfato, condutividade, DQO, dureza, pH, sólidos suspensos totais e ferro. As análises foram realizadas na Central Analítica da Universidade Feevale seguindo a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (ALPHA, 2005).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 mostra a média dos fluxos de permeado dos três experimentos realizados com a OI na pressão de 5 bar e vazão da alimentação de 600 L.h<sup>-1</sup>.

**Figura 2:** Média dos fluxos obtidos no tratamento com a OI nos experimentos com pressão de 5 bar e vazão da alimentação de 600 L.h<sup>-1</sup>.



De acordo com a Figura 2, pode-se analisar que o fluxo de permeado apresentou um comportamento constante ao longo dos 90 minutos de experimento.

Os resultados das análises físico-químicas encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1:** Resultados físico químicos.

PARÂMETROS	Alimentação	Permeado 5 bar	Remoção (%)	Parâmetros para reuso
Cloretos (mg.L <sup>-1</sup> )	88,33	1,48	98,32	44
Sulfato (mg.L <sup>-1</sup> )	365	0,13	99,96	44
Condutividade (µS.cm <sup>-1</sup> )	1167	10,62	99,10	165
DQO (mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	33,28	n.d.	100	3,5
Dureza (mg.L <sup>-1</sup> )	151	n.d.	100	30
pH	7,49	6,43	-	7 a 8
Sólidos Suspensos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	27,43	n.d.	100	0



---

Ferro (mg.L <sup>-1</sup> )	0,512	0,08	84,38	0,1
-----------------------------	-------	------	-------	-----

---

Na pressão de 5 bar, observa-se taxa de remoção acima de 98% para quase todos parâmetros com exceção de ferro, entretanto este parâmetro encontra-se dentro dos limites estabelecidos para reuso industrial. Sulfato, condutividade, dureza e DQO obtiveram remoção superior a 99%, ferro obteve menor remoção (84,38%), atingindo o valor de 0,08 mg.L<sup>-1</sup>. A recuperação de permeado para a pressão de 5 bar e a vazão de circulação da alimentação de 600 L.h<sup>-1</sup>, foi em torno de 21% e o gasto energético de 474 Watts. Wang et al. (2006) encontraram valores para remoção de sulfato de 99,5%, enquanto que a redução para este parâmetro no presente trabalho foi mais efetiva, tendo remoção de 99,96%.

Os resultados obtidos tiveram remoções, na sua maioria, superiores a 99%, enquadrando praticamente todos os parâmetros dentro da qualidade de água para reuso, com exceção do pH, que deverá passar por um ajuste antes da água industrial ser reutilizada. Os demais parâmetros estão nos níveis aceitáveis para águas de reuso comumente utilizadas em sistemas de resfriamento da indústria petroquímica.

#### 4. CONCLUSÕES

Nas condições analisadas, conclui-se que a OI é eficiente para o tratamento de efluente petroquímico quando o objetivo é reutilizá-lo em sistemas de resfriamento, pois foram obtidas remoções superiores a 98% para a maioria dos parâmetros analisados. Além disso, ainda serão feitos mais experimentos com diferentes pressões e vazões de circulação da alimentação para otimizar esta tecnologia.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências de fomento (FINEP, CAPES, CNPq, SCIT/RS e FAPERGS) pelo apoio financeiro.

#### 6. REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 21<sup>th</sup> Edition. Washington, 2005.

CARVALHO, R. B. de, BORGES, C. P., NOBREGA, R. **Formação de Membranas Planas Celulósicas por Espalhamento Duplo para os Processos de Nanofiltração e Osmose Inversa**. Programa de engenharia Química, COPPE, UFRJ, Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 11, nº 2, p. 65-75, 2001.

DOLAR D, Košutić K, Vučić B. RO/NF treatment of wastewater from fertilizer factory-removal of fluoride and phosphate. **Desalination**, v. 265, p. 237- 241, 2011.

GARUD, R.M., KORE, S.V., KULKARNI, G.S. A short review on Process and Application os Reverse Osmosis. **Universal Journal of Environmental Research and Technology** , vol. 1, pág. 233-238, 2011.



HENTHORNE, Lisa; BOYSEN, Buddy. State-of-the-art of reverse osmosis desalination pretreatment. **Desalination**, v. 356, p. 129-139, 2015.

JACOB M, GUIGUI C, CABASSUD C, DARRAS H, LAVISON G, MOULIN L. Performances of RO and NF processes for wastewater reuse: Tertiary treatment after a conventional activated sludge or a membrane bioreactor. **Desalination**, v. 250, p. 833-839, 2010.

KOO, C.H.; MOHAMMAD, A.W.; SUJÁ, F.; Recycling of oleochemical wastewater for boiler feed water using reverse osmoses membranes - A case study. **Desalination**, v. 271, p. 178-186, 2011.

KORZENOWSKI C, MINHALMA M, BERNARDES A M, FERREIRA J Z, de PINHO M N. Nanofiltration for the treatment of coke plant ammoniacal wastewaters. **Separation and Purification Technology**, v. 76, p. 303-307, 2011.

LUDWIG, H. Energy consumption of reverse osmosis seawater desalination – possibilities for its optimisation in design and operation of SWRO plants. **Desalination and water Treatment**, pag. 13-25, January, 2010

MMA- Ministério do Meio Ambiente . **Consumo Sustentável: Manual de Educação**. Brasília, 2005. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>> Acessado em 01 de maio de 2014.

MIERZWA, José Carlos. HESPANHOL, Ivanildo. **Água na indústria: uso racional e reuso**. Oficina do texto. São Paulo, 2005

MIERZWA, J.C. **O Uso Racional e o Reuso como Ferramentas para o Gerenciamento de Águas e Efluentes na Indústria. Estudo de Caso da Kodak Brasileira**. 2002. 399f. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Hidráulica e Sanitária da Universidade de São Paulo, 2002.

ROTHBARTH, Arno. **As tecnologias para tratamento de água**. Ano X, edição nº 50, 2011. Disponível em: <[http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Biblioteca\\_Detalhe.aspx?codigo=1249](http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Biblioteca_Detalhe.aspx?codigo=1249)> Acessado em: 12 março de 2014.

SHENVI, Seema S.; ISLOOR, Arun M.; ISMAIL, A.f.. A review on RO membrane technology: Developments and challenges. **Desalination**, v. xxx p. xxx-xxx, 2015.

SCHOEMAN, J.J.; J. J.; STEYN, A. Nitrate removal with reverse osmosis in a rural area in South Africa. **Desalination** 155 (2003) 15-26.

STREIT, K. F. **Estudo da aplicação de processos de separação com membranas no tratamento de efluentes de curtume: Nanofiltração e Eletrodialise**. 2011. 182f. (Tese em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) - PPGEM/UFRGS, Porto Alegre, 2011.

WAGNER, J. **Membrane Filtration Handbook Practical Tips and Hints**. 2ed. Osmonics, 2001.



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

WALBERT, Allan. **ONU aponta carência e má distribuição de água para uso**. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/meio-ambiente/2013/03/onu-aponta-carencia-e-ma-distribuicao-de-agua-para-uso>>. Acessado em 29 de abril de 2014.

WANG, Zhi; FAN, Zhifeng; XIE, Lixin; WANG, Schichang. Study of integrated membrane systems for the treatment of wastewater from cooling towers. **Desalination**, v.191, 117-124, 2006.

WANG, H., ZHOU, H. Understand the basics of Membrane Filtration. **American Institute of Chemical Engineers**, april, 2013.

ZHANG, Yang et al. RO concentrate minimization by electrodialysis: Techno-economic analysis and environmental concerns. **Journal of Environmental Management**, v. 107, p. 28-36, 2012.