

I-339 - PERFORMANCE DE UM SISTEMA PILOTO DE ULTRAFILTRAÇÃO PARA PRÉ-TRATAMENTO DE OSMOSE REVERSA PARA ÁGUA SALOBRA – LITORAL DO PARANÁ

Ronald Gervasoni⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Tuiuti do Paraná. Mestre pelo Programa Internacional de Mestrado Profissional Meio Ambiente Urbano e Industrial da UFPR/SENAI/Universitat Stuttgart. Engenheiro da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Karina Kriguel

Tecnóloga em Processos Ambientais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre pelo Programa Internacional de Mestrado Profissional Meio Ambiente Urbano e Industrial da UFPR/SENAI/Universitat Stuttgart. Técnica Química Industrial da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Mariana Espíndola de Souza

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Paraná. Mestre pelo Programa Internacional de Mestrado Profissional Meio Ambiente Urbano e Industrial da UFPR/SENAI/Universitat Stuttgart. Engenheiro da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Endereço⁽¹⁾: Rua Engenheiro Antonio Batista Ribas, 151 - Tarumã - Curitiba - PR - CEP: 82800-130 - Brasil - Tel: +55 (41) 3777-7262 - e-mail: ronaldg@sanepar.com.br

RESUMO

O desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias para o tratamento de águas e de efluentes é um assunto recorrente na comunidade acadêmica e industrial. Uma das tecnologias utilizadas para esses tratamentos são as membranas de micro e ultrafiltração cuja finalidade é a remoção de sólidos suspensos, cor e matéria orgânica. As membranas por ultrafiltração também podem ser empregadas para o pré-tratamento de água de alimentação de osmose reversa com o intuito de evitar as incrustações do sistema. Assim, o presente trabalho propõe avaliar o processo de separação por membranas, mais especificamente avaliar o processo de ultrafiltração (UF) para o pré-tratamento de água salobra para a alimentação de osmose reversa, visando à redução de sólidos suspensos e matéria orgânica. Para atendimento deste objetivo foi utilizada como água de alimentação da ultrafiltração uma mistura de água doce do manancial e água do mar. Essa água salobra apresentou teor de sólidos totais dissolvidos de 1000 mg/L e estava dentro dos parâmetros preconizados pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde para fornecimento de água potável. O experimento foi conduzido em uma estação de tratamento de água, em um município litorâneo da região sul do Brasil. Com base nos resultados obtidos, o estudo evidenciou que o sistema de UF como alternativa para a remoção de sólidos em suspensão, cor e matéria orgânica natural, apresentou remoção superior a 99% para o parâmetro turbidez e o permeado da ultrafiltração atendeu integralmente aos parâmetros estipulados pelo fabricante para a alimentação de um sistema de osmose reversa para o tratamento de água salobra.

PALAVRAS-CHAVE: Osmose reversa, Ultrafiltração, Água salobra, Turbidez da água, Tratamento de água.

INTRODUÇÃO

Em muitas regiões, principalmente por consequência das mudanças climáticas e do aumento populacional, a escassez da água tem contribuído para o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento da água. Diversos estudos estão divergindo para técnicas de remoção dos sais dissolvidos em águas salobras, seja em poços profundos ou em áreas costeiras.

Nos últimos anos, os processos de separação por membranas incluindo a utilização de tecnologias de dessalinização de água do mar e de água salobra em conjunto com o reuso planejado para aplicações diretas e indiretas de água potável e de água não potável (por exemplo, irrigação), tem aumentado rapidamente em todo o mundo (WHO, 2007). O uso destas técnicas representa um avanço quando comparado com as tecnologias tradicionais de tratamento, geralmente aplicadas a água doce de boa qualidade. Quando comparados os custos

de produção, esses são mais elevados que os dos sistemas de tratamentos convencionais, a partir de fontes de água doce. Essas técnicas avançadas de tratamentos de água estão sendo aplicadas em áreas onde a necessidade também é maior e principalmente em função quali-quantitativa do manancial.

O desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias para o tratamento de águas e de efluentes são assuntos recorrentes na comunidade acadêmica. Uma das formas de tratamento utiliza processos de separação, isto é, barreiras físicas capazes de tratar e purificar as águas e efluentes. Os processos de filtração e decantação são, por exemplo, processos físicos de tratamento. Com o passar dos anos foram desenvolvidas membranas para o tratamento de água e de efluentes.

Em decorrência de escassez hídrica regional, foi desenvolvida alternativa para o tratamento de águas salgadas e salobras com o uso de diferença de pressão para forçar a água a passar do meio com maior concentração para o meio com menor concentração, isto é, a utilização do princípio da osmose de modo inverso ou reverso. Este processo de separação por membranas (PSM) foi desenvolvido após a segunda guerra mundial para reduzir a escassez hídrica existente na região da Califórnia, Estados Unidos. A Universidade da Califórnia juntamente com outras universidades, centros de pesquisa e o Ministério do Interior – Escritório de Água Salina – desenvolveram um equipamento de dessalinização da água do mar, e o primeiro foi construído em 1954, denominado de “conversor para o princípio da osmose”.

Para que o processo de separação ocorra se faz necessário o fornecimento de energia ao sistema e esta energia provém da pressão hidráulica artificial imposta ao sistema. Dessa maneira os íons e os sais ficam retidos na membrana semipermeável e a água passa. O material retido na membrana denomina-se concentrado e o material que atravessa a membrana, permeado. Com o desenvolvimento de membranas semipermeáveis para a aplicação em osmose reversa, foi necessário atender aos requisitos mínimos de qualidade da água de alimentação deste equipamento, assim, surgiram às membranas de micro e ultrafiltração (UF). Essas podem ser confeccionadas em material polimérico, cerâmico ou metálico e o tipo a ser adotado irá depender da utilização da mesma, temperatura de operação, pressão de operação e características do fluido a ser tratado.

As membranas de micro e ultrafiltração são utilizadas largamente em sistemas de tratamento de águas e de efluentes industriais e domésticos. A denominação microfiltração e ultrafiltração se deve a classificação do tamanho do poro médio das membranas. As membranas de ultrafiltração são mais utilizadas em tratamento de água, tendo em vista que removem zooplâncton, algas, turbidez, vírus, bactérias, micro-organismos, bactérias, coloides e macro-moléculas, incluindo o *Cryptosporidium sp.*. A principal vantagem da utilização desta tecnologia é a confiabilidade no processo de tratamento de água, no que tange aos parâmetros microbiológicos e físicos.

Os sistemas de membranas por ultrafiltração são usualmente empregados para o pré-tratamento de água de alimentação de osmose reversa com o intuito de evitar as incrustações, pois possui microporos que variam de 0,005 a 0,05 μ m. Sendo assim, a ultrafiltração é utilizada para remoção de material em suspensão, colóides, moléculas orgânicas de massa molecular elevada e para retenção de vírus, bactérias, cistos de protozoários e oocistos (METCALF & EDDY, 2015).

A fim de atender aos parâmetros mínimos exigidos para a água de alimentação da osmose reversa, são utilizados sistemas de pré-tratamento, que podem ser de membranas. Essas podem ser de micro ou ultrafiltração e possuem o objetivo de remover os materiais em suspensão, coloides, reter vírus e bactérias presentes na água de alimentação, evitando a colmatação precoce da membrana de osmose reversa.

OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um sistema de ultrafiltração para o pré-tratamento de água salobra para a alimentação de osmose reversa, visando a redução de sólidos suspensos e matéria orgânica. Para tanto foi utilizada como água de alimentação da ultrafiltração uma mistura de água do manancial doce com água do mar, para fornecimento de água potável. O experimento foi conduzido em uma estação de tratamento de água, em um município litorâneo da região sul do Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município em que o sistema piloto foi instalado para avaliação está situado na planície litorânea do sul do Brasil, possui 20.920 habitantes (IBGE, censo, 2010) e área de 199,847 km². O sistema de tratamento e abastecimento de água deste município possui capacidade para tratar até 650 L.s⁻¹ e opera de forma integrada ao sistema de abastecimento do município vizinho, que possui 29.428 habitantes (IBGE, censo, 2010), em especial para sanar a demanda de água em épocas de alta temporada.

A estação de tratamento de água do município avaliado é composta por:

- Pré-oxidação com dióxido de cloro (devido ao elevado teor de ácidos fulvicos e húmicos);
- Dosagem de coagulante;
- Câmara de coagulação;
- Câmara de floculação;
- Decantação;
- Filtração e
- Dosagem de cloro residual.

O equipamento piloto de ultrafiltração possui capacidade para o tratamento de até 2,40 m³.h⁻¹. É composto por um pré-filtro, uma membrana tubular de ultrafiltração com 20 nm de poro efetivo, hidrofílica da marca Pentair modelo Aquaflex® e um tanque de armazenamento de 1000 L. para o funcionamento do sistema há uma bomba para alimentação, uma bomba para retrolavagem do sistema e outra para a recirculação durante a limpeza química (ou hidráulica). O sistema conta ainda com cinco bombas dosadoras para a adição de produtos químicos e dosagem de cloro residual.

Segundo o manual técnico de operação e manutenção da unidade de tratamento avançado por osmose reversa, a água bruta de alimentação deve possuir condutividade inferior a 2000 $\mu\text{s.cm}^{-1}$, sólidos totais dissolvidos menor que 1600 mg.L⁻¹ e turbidez inferior a 0,5 NTU (PERMUTION, 2016). Esta restrição ocorre pelas características do conjunto de bombas e membrana. Essa opera em baixa pressão (Vottron modelo LP21-4040) e é composta por cadeias aromáticas de poliamida, sendo indicada para a utilização em dessalinização de água salina e salobra.

A água salobra utilizada no presente trabalho para alimentação do sistema de ultrafiltração consiste da preparação de mistura entre água doce e água do mar. A água preparada deverá possuir condutividade inferior a 2000 $\mu\text{s.cm}^{-1}$, características solicitadas pelo fabricante para alimentação de água na osmose reversa.

A Figura 1 apresenta o fluxograma da estação piloto de ultrafiltração para o tratamento da água salobra, com vazão de entrada de 1,5 m³.h⁻¹. Esse sistema é composto pelas etapas de pré-tratamento com o coagulante Cloreto de Polialumínio (PAC) a 12%, pré-filtração e ultrafiltração por membranas.

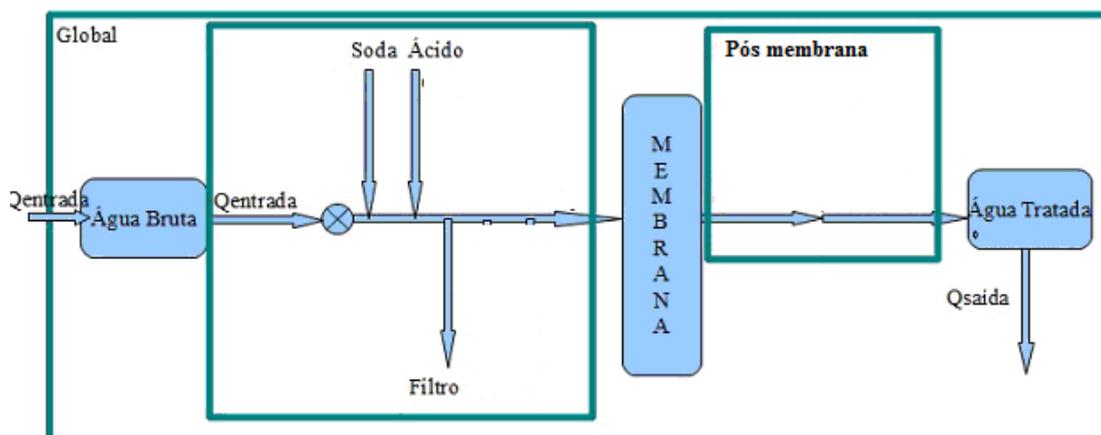


Figura 1 – Fluxograma da estação piloto de ultrafiltração para tratamento de água.

Para a avaliação do desempenho do sistema piloto de ultrafiltração para o pré-tratamento da osmose reversa foi realizado, durante dois meses, 165 medições de turbidez online (Georg Fischer, Signet 4150) da água de entrada da UF/ETA e saída da ultrafiltração. Com o intuito de comparar com o tratamento convencional, também foram realizadas as mesmas quantidades de análises de turbidez, por meio de um turbidímetro portátil (Hach, modelo 2100 P), da água de saída da ETA. Para a determinação de cor foi utilizado um analisador de cor tristímulo (Digimed, modelo AI-COR2).

A turbidez, medida em NTU, refere-se às partículas suspensas na água, ou seja, pode ser causada pela presença de areia, argila, matéria orgânica, plâncton, dentre outros. Sendo assim, a turbidez é a medida de espalhamento de um feixe de luz ao atravessar certa quantidade de água, portanto, quanto maior o espalhamento, maior será a turbidez da água. A determinação de cor é geralmente um indicador de presença de metais, tais como ferro (Fe) e manganês (Mn), matéria orgânica de origem vegetal, plâncton, dentre outras substâncias dissolvidas na água. No caso da absorção em UV-254, têm-se utilizado para monitorar a matéria orgânica natural em água (DI BERNARDO & PAZ, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2, a seguir demonstra os resultados de turbidez para a entrada da UF/ETA, saída da ETA e saída da UF. Nela foi possível verificar que na entrada da UF/ETA, a turbidez apresentou a maior parte dos resultados entre 5 a 10 NTU, parte deles próximos a 30 NTU. Estes valores de resultados elevados podem ser resultantes de períodos chuvosos, onde a água bruta apresenta maior quantidade de matéria orgânica, areia, entre outros. Cabe ressaltar que a captação de água neste sistema apresenta-se de forma rotineiramente com turbidez baixa e cor elevada em função da matéria orgânica dissolvida, fato que pode ser inferido à influência da Serra da Prata na bacia hidrográfica de captação deste manancial (WWF, 2006).

Para os resultados da saída da ETA, foi verificado que os mesmos variaram de 0,2 a 0,4 NTU e apenas dois resultados acima de 0,5 NTU, valor este preconizado como valor máximo permitido (VMP) pela Portaria 2914/11 para padrão de potabilidade. A comparação com a ETA foi só a título de se ter uma referência, pois não se trata da mesma água de alimentação. Já para a saída da ultrafiltração, todos os resultados estavam dentro do VMP e estes variaram de 0,006 a 0,150 NTU, demonstrando que o tratamento de água por meio de membrana de ultrafiltração foi eficaz como tratamento da água e como pré-tratamento para a osmose reversa, isto é, aumento a confiabilidade no processo de tratamento independente da variação de qualidade da água do manancial.

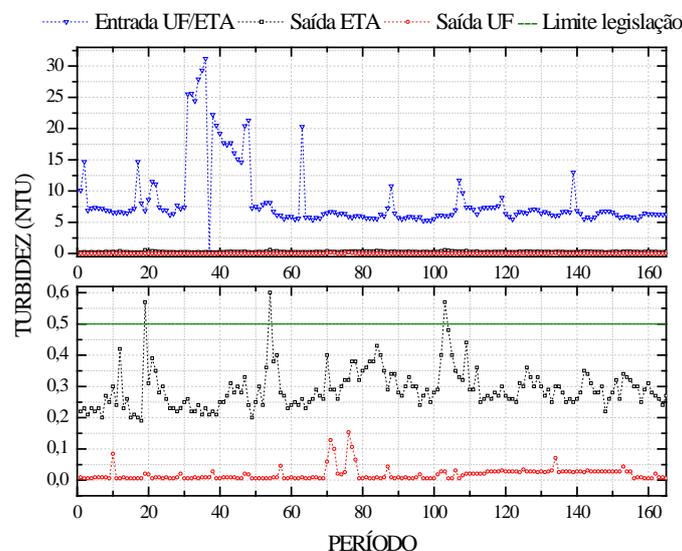


Figura 2 – Resultados de turbidez da entrada da UF/ETA, saída da ETA e saída da ultrafiltração.

A Figura 2 apresenta os dados de turbidez na alimentação e na saída do sistema, demonstrando a estabilidade do sistema após o tratamento por ultrafiltração. Houve uma remoção média global de aproximadamente 99,7% em relação à turbidez, sempre apresentando valores bem acima dos 95% de remoção dos sólidos suspensos.

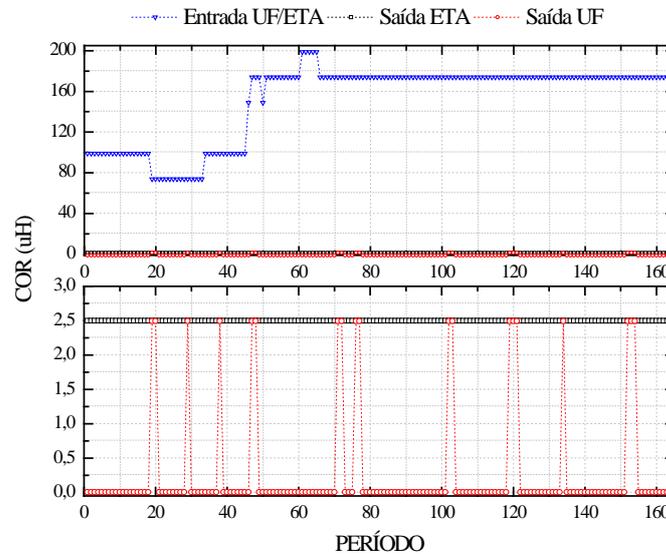


Figura 3 – Resultados de cor da entrada da UF/ETA, saída da ETA e saída da ultrafiltração.

Para o parâmetro cor, conforme observado na Figura 3, a taxa de remoção foi de 96 a 99% demonstrando a elevada eficiência na coagulação com o PAC 12% seguida de filtração na UF.

Os resultados são satisfatórios quando comparado com os resultados publicados em literatura. No trabalho de Lubello e colaboradores o desempenho, em termos de redução de turbidez, para um sistema de ultrafiltração foi de 94,5% (Lubello C. et al., 2003).

Em relação à remoção de cor, Verbych et al (2005), conseguiram uma retenção de cor de 92% para amostras de água salobras contaminadas com Cu^{2+} .

Heng et al., sugeriram instalar um sedimentador antes do sistema de ultrafiltração para maior efetividade na remoção de matéria orgânica natural, a fim de além de aumentar a eficiência de remoção, o sistema de ultrafiltração apresentar melhor recuperação de água, exigindo menos retrolavagens, a remoção média apresentado por eles foi de 44% UV-254 em sistema de coagulação seguido de ultrafiltração.

CONCLUSÃO

Com base nos objetivos propostos e nos resultados obtidos o estudo em questão evidenciou o sistema de UF como alternativa para a remoção de sólidos em suspensão, cor e uma mediana remoção de matéria orgânica natural, apresentando remoção superior a 99% para o parâmetro turbidez. O permeado da ultrafiltração atendeu integralmente aos parâmetros estipulados pelo fabricante para a alimentação de um sistema de osmose reversa para o tratamento de água salobra.

Insta salientar que para melhoria futura do experimento, deve-se incluir no sistema um sedimentador conforme recomendado na literatura, a fim de se aperfeiçoar a produção de água por UF, bem como realizar o balanço de massas e energia do referido sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th ed., Washington, USA, 2012.
2. BARLOW, B.; CLARKE, T. Ouro Azul. São Paulo: Makron Books. 2003. 331 p.
3. BISTERSO, R. Sistemas de osmose reversa para tratamento de água. Revista Hydro, p. 17-31, junho 2010.
4. BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007. 181 p.
5. CARACTERIZAÇÃO DA PRESSÃO ANTRÓPICA NO PARQUE NACIONAL SAINT-HILAIRE/LANGE (LITORAL DO PARANÁ), 2006. http://observatorio.wwf.org.br/site_media/upload/gestao/documentos/Denes_2006.pdf
6. DI BERNANDO, L.; PAZ, L. P. S. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos. LDIBE LTDA, 2008.
7. FREITAS, M. A. V. de; SANTOS, A. H. M. Importância da água e da informação hidrológica. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília, DF: ANEEL/MME/ MMA-SRH/OMM, 1999. p. 13-16.
8. HENG L., WEIJIA G., GUIBAI L. Performance evaluation of water treatment ultrafiltration pilot plants treating algae-rich reservoir water. Desalination 221 (2008) 345–350, 2007.
9. LUBELLO, C., GORI, R., BERNARDINIS, A.M., SIMONELLI, G. Ultrafiltration as tertiary treatment for industrial reuse. Water Science and Technology: Water Supply Vol. 3 No, 161-168. 2003.
10. MATOS, J. F.; MOTA, S.; AVELINO, F. F.; PÁDUA, V. L.; BRAGA, E. A. S.; MALVEIRA, J. Q. Solução oxidante gerada a partir da eletrólise de rejeitos de dessalinizadores de água. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental: ABES, Rio de Janeiro, Vol II, Nº 2, 143 – 152, 2006.
11. METCALF, L.; EDDY, H.P. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. 5º ed. McGraw-Hill, 2015.
12. PERMUTION. Manual técnico de operação e manutenção da unidade de tratamento avançado por osmose reversa. Curitiba, 2016.
13. QURIE, M., J. ABBADI, L., SCRANO, G., MECCA, S. A., BUFO, M. Khamis, KARAMAN, R.. Inland Treatment of the Brine Generated from Reverse Osmosis Advanced Membrane Wastewater Treatment Plant Using Equalization System. 2013. Int. J Mol Sci. 14(7): 13808–13825. Published online.
14. VERBYCH, S.M., BRYK, M. Z. Water treatment by enhanced ultrafiltration. Desalination 198 (2006) 295–302, 2005.
15. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Desalination for Safe Water Supply - Guidance for the Health and Environmental Aspects Applicable to Desalination. Geneva, 2007.