

OTIMIZAÇÃO DA OPERAÇÃO DA PLANTA DE OSMOSE REVERSA DA TERNIUM BRASIL

Emerson Lamartine Ferreira¹

Resumo

Após a escassez hídrica de 2014, a Agência Nacional de Águas (ANA), objetivando preservar os estoques de água dos reservatórios da bacia do Paraíba do Sul, autorizou, em março de 2015, uma redução de 190 para 110 m³/h na vazão do Canal de São Francisco. A mudança ocasionou o agravamento dos efeitos de intrusão da cunha salina da Baía de Sepetiba no dito canal, elevando os valores de condutividade, que impactou nas operações do complexo siderúrgico da Ternium, pois a água do mar passou a entrar nos sistemas de captação de água bruta. Com o objetivo de contornar o problema, a empresa decidiu implantar uma planta de osmose reversa, a fim de adequar a condutividade da água industrial aos parâmetros das especificações técnicas da planta de água desmineralizada. O presente trabalho descreve a otimização da dita planta à produção de água desmineralizada, que decorreu ainda na redução do número de regenerações das resinas de troca iônica, do consumo de produtos químicos, bem como no reuso do rejeito salino gerado no processo de osmose (Projeto Reuso).

Palavras-chave: Condutividade; Osmose; Água Desmineralizada; Sustentabilidade.

TERNIUM BRASIL REVERSE OSMOSIS PLANT OPTIMIZATION

Abstract

After the water scarcity of 2014, the National Water Agency of Brazil (ANA), aiming to preserve the water stocks of reservoirs of the Paraíba do Sul basin, authorized, in March 2015, a reduction of 190 to 110 m³/h in the flow of the São Francisco Canal. The change caused the aggravation of the effects of intrusion of the salt wedge of Sepetiba Bay in the said channel, increasing the conductivity values, which impacted the operations of the steel complex of Ternium, because the seawater came to enter in the raw water harvesting systems. With the objective of circumventing the problem, the company decided to implement a reverse osmosis plant in order to adapt the industrial water conductivity to the parameters of the technical specifications of the demineralized water plant. The present work describes the optimization of the said plant to the production of demineralized water, which also resulted in the reduction of the number of regenerations of the ion exchange resins, the consumption of chemical products, as well as the reuse of the saline reject generated in the process of Osmosis (Reuse Project).

Keywords: Conductivity; Osmosis; Demineralized water; Sustainability.

¹ *Mestre em Engenharia Mecânica em conversão de Energia, Químico Industrial, Energia & Utilidades, Ternium Brasil, Santa Cruz, RJ - Brasil.*

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia do projeto da planta de osmose reversa e do projeto de reuso do rejeito salino da Ternium Brasil. O estudo técnico visou investigar e caracterizar as causas raízes que impactam na operação da Osmose Reversa, de maneira a reduzir a taxa de substituição dos filtros de cartucho e a frequência de limpeza química das membranas, otimizando, assim, a operação da planta de água desmineralizada.

1.1 Sistema de Osmose Reversa

A osmose é um processo físico-químico que consiste no movimento da água entre meios com concentrações diferentes de solutos separados por uma membrana semipermeável. A água movimenta-se sempre de um meio hipotônico (menos concentrado em soluto) para um meio hipertônico (mais concentrado em soluto), com o objetivo de se atingir a mesma concentração em ambos os meios, tornando-os isotônicos, através de uma membrana semipermeável, ou seja, uma membrana cujos poros permitem a passagem de moléculas de água, mas que impedem a passagem de outras moléculas¹.

No processo da osmose reversa (OR) há a inversão do sentido natural de fluxo, através da utilização de uma bomba de alta pressão, com uma aplicação de uma pressão maior do que a pressão osmótica. A membrana da OR retém os solutos, sais dissolvidos e contaminantes, permitindo apenas a passagem da água². Atualmente, o processo da osmose reversa é a tecnologia predominante utilizada no processo de dessalinização da água³.

A produto obtido do processo de osmose reversa é denominado de permeado, que constitui uma água ultrapura, e o rejeito de processo é denominado rejeito salino, que constitui uma água concentrada em sais indesejáveis.



Figura 1. Representação gráfica de uma membrana de Osmose Reversa.

1.2 Planta de Osmose Reversa da Ternium Brasil

A capacidade instalada da planta de osmose reversa da Ternium Brasil é de 260 m³/h de água permeada, onde o processo, ao final, retorna 75% de rendimento

de recuperação no produto água ultrapura, e 25% de rejeito salino. Portanto o sistema é alimentado com uma vazão de 350 m³/h de água industrial e gera cerca de 80 m³/h de rejeito salino.

A planta de osmose reversa foi projetada para operar com uma condutividade de água industrial de até 2.000 uS/cm², isto é, com carga de elevada salinidade. A planta apresenta a seguinte configuração:

- 4 Filtros Multimídia;
- 4 skids de Osmose Reversa;
- 1 skid de Dosagem de produtos químicos;
- 1 skid Limpeza Química.



Figura 2. Planta de Osmose Reversa da Ternium Brasil.

Tabela 1. Especificações da planta.

Planta de Osmose Reversa	
Água Industrial Alimentação (IDW)	350 m ³ /h
Capacidade de Produção	260 m ³ /h
4 Filtros Multimídia	(3 unid x 100 m ³ /h) + (1unid x 50 m ³ /h)
Skid Osmose Reversa	
3 Skid 100 m ³ /h	75 m ³ /h de permeado + 25 m ³ /h rejeito
1 Skid 50 m ³ /h	38 m ³ /h de permeado + 12 m ³ /h rejeito
Número de Estágios da Osmose Reversa	2
Condutividade do permeado	< 20 uS/cm ²

2. DESENVOLVIMENTO

A planta da osmose reversa oferece uma água de melhor qualidade para a produção de água desmineralizada, garantindo maior estabilidade operacional. Por isso, é de suma importância ter um sistema de pré-tratamento eficiente e realizar o acompanhamento do seu desempenho operacional. A obstrução dos filtros de cartucho de 5 µm, a alta frequência de limpezas químicas e o rompimento de 4

membranas de OR foram os eventos que impulsionaram a realização deste estudo técnico para identificar a causa raiz desses problemas. Esses eventos influenciam diretamente na disponibilidade dos equipamentos e no aumento dos custos operacionais da planta.

De acordo com o manual do fabricante, estão previstas paradas para substituição dos filtros de cartucho de 5 µm (estimativa uma substituição a cada 15 dias) e para limpeza química das membranas (estimativa de uma limpeza por mês), de modo a manter o bom funcionamento do sistema a um tratamento eficaz da carga salinizada.

Atualmente, a frequência de limpezas químicas estão definidas em intervalos periódicos de a cada 3 dias de operação, e a substituição dos filtros de cartucho é realizada a cada 4 dias de operação.

Tabela 2. Acompanhamento da Substituição dos filtros da OR.

Acompanhamento da Substituição dos Filtros de Cartucho da OSMOSE REVERSA																			
SKID'S	ANO: 2018																		
SKID 10	11/jun	18/jul	25/jul	30/jul	02/ago	07/ago	09/ago	14/ago	16/ago	17/ago	21/ago	30/ago	01/set	02/set	13/set	15/set	09/out		
SKID 20	11/jun	02/jul	18/jul	25/jul	02/ago	14/ago	26/ago	11/set	14/set	11/out	16/out								
SKID 30	11/jun	02/jul	10/jul	12/jul	19/jul	25/jul	30/jul	07/ago	21/ago	30/ago	04/set	06/set	13/set	09/out	16/out				
SKID 40	11/jun	29/jun	10/jul	19/jul	25/jul	24/ago	11/set	11/out											
CIP	19/jul	25/jul	16/ago	27/ago	04/set	13/set	30/out												

Tabela 3. Acompanhamento das limpezas químicas.

Acompanhamento das Limpezas Química																			
SKID'S	DATAS DAS LIMPEZAS ANO: 2018																		
SKID 10	14/jun	14/ago	28/ago	05/set	08/set	13/set	09/out	21/out	31/out										15/dez
SKID 20	22/jun	09/jul	27/jul	09/ago	17/ago	24/ago	30/ago	07/set	12/set	13/set	16/set	11/out	16/out	24/out	30/out				17/dez
SKID 30	18/jun	03/ago	18/ago	26/ago	01/set	09/set	11/set	15/set	10/out	15/out	20/out	23/out	02/nov						19/dez
SKID 40	14/jun	25/jul	26/jul	07/ago	15/ago	06/set	14/set												16/dez

De acordo com especificação técnica do fornecedor, os filtros multimídia têm por objetivo remover ferro, manganês, sólidos em suspensão e reduzir o Índice de Densidade de Silte (SDI) da água, através da utilização de um meio filtrante específico para esta finalidade, após a filtração a água seguirá para o sistema de Osmose Reversa.

2.1 Análise

Desenvolveram-se diversos métodos com o objetivo de identificar a causa raiz da obstrução dos filtros de cartucho e o número excessivo de limpeza química realizadas nas membranas da OR.

Utilizou-se como amostra/corpo de prova os filtros de cartucho “usados” e as soluções de lavagem ácida das membranas. Os filtros de cartucho de 5 µm localizam-se na entrada das membranas da Osmose Reversa e são substituídos quando o diferencial de pressão entre a entrada e a saída dos filtros atinge 1,0 bar.

Realizou-se extração com ácido clorídrico (HCl) nos filtros de cartucho com acúmulo de material particulado que foram coletadas na planta de Osmose Reversa. Após a extração, efetuou-se a filtração e posterior análise por absorção atômica.

Para a solução de lavagem ácida das membranas realizou-se a filtração em papel filtro e os resíduos foram atacados por ácido clorídrico, sendo realizado o mesmo procedimento de análise absorção atômica.

Estas análises tiveram como objetivo identificar o material retido nos filtros de cartuchos e os resultados obtidos podem ser verificados na Tabela 4:

Tabela 4. Resultados das análises dos materiais retidos.

Parâmetros Químicos	Unidade	Filtros de Cartucho	Solução da lavagem ácida das membranas
Cálcio	mg/L	201,1	160,9
Magnésio	mg/L	104,1	81,4
Ferro	mg/L	495,0	170,0
Sílica	mg/L	312,0	67,0

Foi realizada, também, a análise de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) para caracterização dos depósitos encontrados no interior das membranas rompidas.

As análises das incrustações e dos depósitos auxiliaram na identificação da provável causa raiz dos danos. A Figura 3 apresenta a caracterização via análise espectroscópica da amostra da membrana.

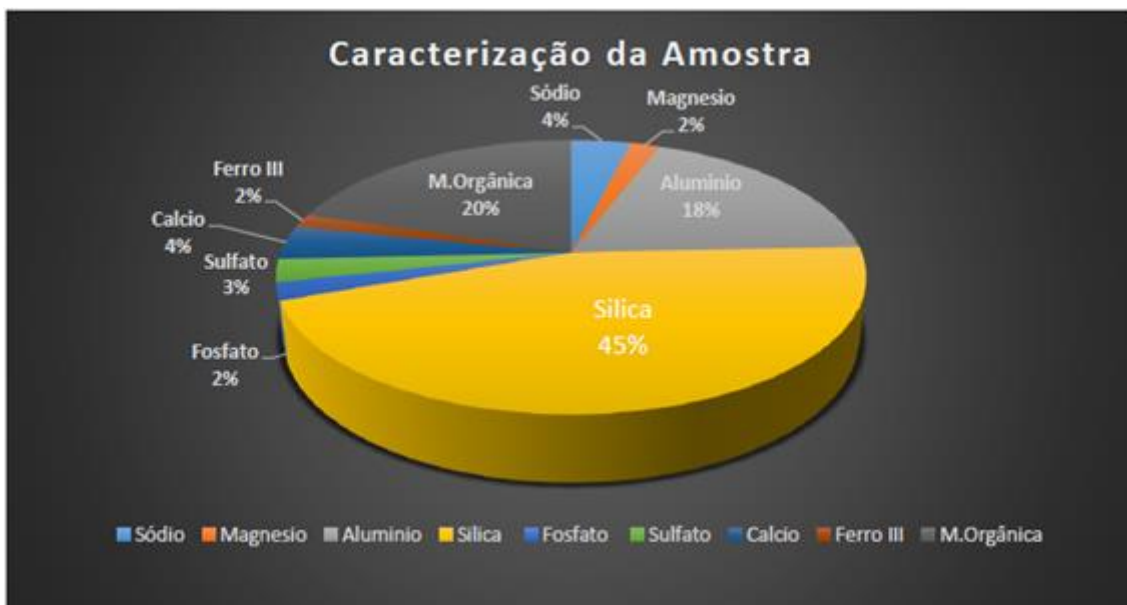


Figura 3. Caracterização da amostra via espectroscopia.

As amostras coletadas no interior das membranas apresentaram composição, em sua maior parte, de compostos ou elementos inorgânicos, estando majoritariamente a sílica, o alumínio e o cálcio. A presença destes depósitos na membrana, contribuíram para que houvesse o cisalhamento durante a operação.

A figura 4A revela a evidência de danos nas membranas em nível microscópico, evidenciando o material depositado sobre as mesmas. Na figura 4B, verifica-se a impregnação com depósitos podem promover a ruptura da camada de poliamida por cisalhamento, ocasionando perda de função da membrana.

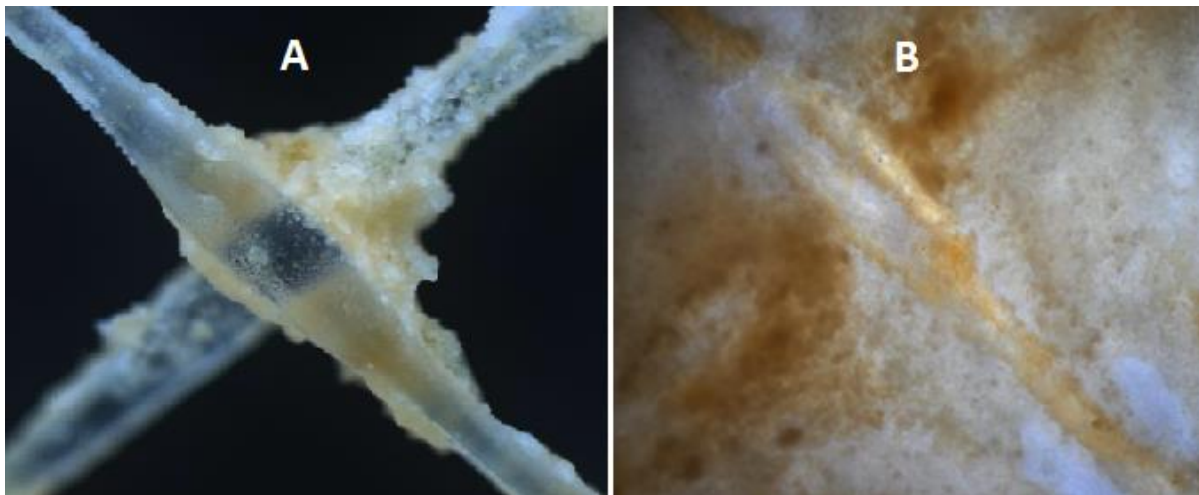


Figura 4. Caracterização da amostra via microscopia.

2.2 Benefícios da utilização da Osmose Reversa

A operação da osmose reversa além de fornecer uma água de melhor qualidade permite uma redução de 35% no consumo de produtos químicos, devido a redução do número de regenerações das resinas de troca iônica. O volume de produção de água desmineralizada, entre um ciclo de regeneração quando se utilizava água filtrada, era de 2.500 m³. Com a utilização do permeado, aumentou-se o volume de água desmineralizada produzida entre os ciclos de regeneração para 4.500 m³. Houve um aumento da performance da planta de água desmineralizada de 80%. Impactando diretamente na redução do custo operacional. Além disto, há uma estimativa do aumento da vida-útil das resinas de troca-iônica de 5 anos para 8 anos.

2.3 Projeto Reuso do Rejeito Salino

A Ternium, tendo como premissa de sua operação a preservação e equilíbrio do meio ambiente buscou alternativas para promover a reutilização do rejeito salino. O rejeito salino da osmose reversa é injetado na linha de água industrial sendo então utilizado na umectação das pilhas de matérias-primas de carvão e no apagamento de coque. Todo rejeito salino gerado, cerca de 75 m³/h médios são reutilizados. Serão 54.000 m³ por mês que retornarão ao sistema, que deixarão de ser captados. Através deste projeto de reuso a área contribuirá para aumentar a eficiência hídrica da usina siderúrgica e a Ternium estará de acordo com as normas ambientais. A Figura 5 revela o esquema da planta do projeto de reuso.

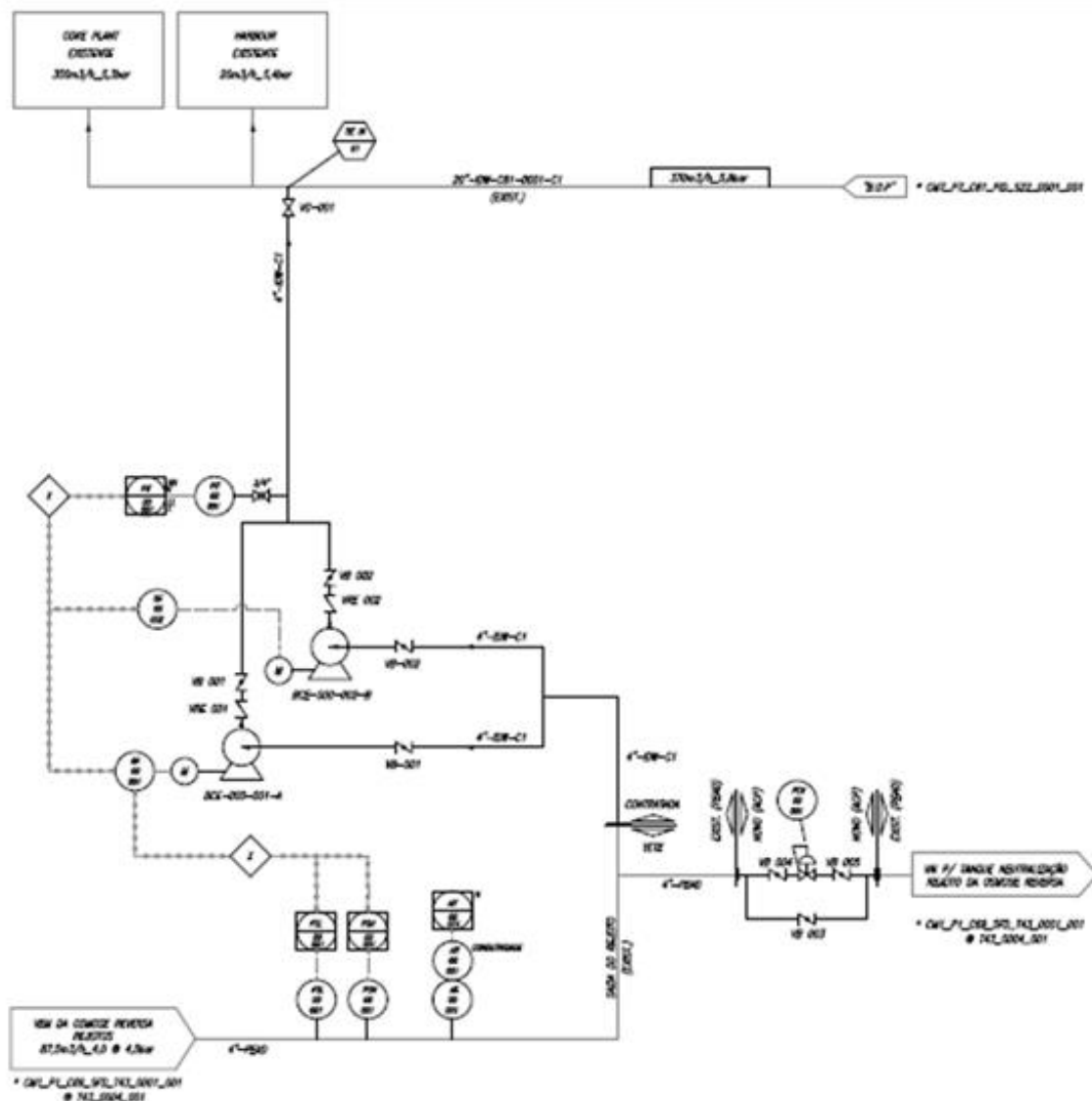


Figura 5. Planta do Projeto Reuso.

2.4 Características do rejeito Salino da Osmose Reversa

A Tabela 5 demonstra que as concentrações e parâmetros químicos do rejeito salino não são tão discrepantes como esperado, podendo, portanto, o rejeito salino ser reutilizado sem tratamento prévio, ainda mais quando se considera que este volume ainda será diluído no montante total de água industrial da usina.

Tabela 5. Resultados dos parâmetros químicos.

Parâmetros Químicos	Unidade	Rejeito Salino	Água Industrial
Condutividade	uS/cm ²	420	220
Sódio	ppb	141	500
Ferro	ppb	12	100
Sílica	ppb	3.500	1.500

3. CONCLUSÃO

Este estudo alcançou o objetivo, que era a identificação da causa originária das rupturas das membranas, identificado pelo entupimento dos filtros de cartucho. Desta forma, conclui-se que os filtros multimídia que contém zeólitos, responsáveis pela remoção de ferro e seus componentes e pela redução do SDI da água industrial de entrada, apresentou baixo rendimento. Notadamente, verificou-se que a presença de ferro nos filtros de cartucho causa o entupimento dos mesmos, o que indica que não está havendo a retenção normal de partículas com diâmetro acima de 5 µm nos filtros multimídia, que impele a novos estudos do sistema de pré-tratamento compreendendo filtros multimídia/zeólitos, de modo e a uma avaliação mais pormenorizada.

Ademais, verificou-se que a presença de matéria orgânica indicou a ausência da dosagem de um agente oxidante, como o hipoclorito de sódio, para oxidação das mesmas. E, a presença destes sais depositados no interior da membrana foram identificados como os causadores da ruptura da camada filtrante da membrana por cisalhamento. Assim, entende-se que, com intuito de evitar estes danos futuros, o sistema de limpeza química deverá utilizar produtos químicos mais específicos para remoção destes contaminantes ora identificados.

Mais importante, verificou-se que, com a implantação do projeto da osmose reversa, a planta de produção de água desmineralizada da Termelétrica da Ternium poderá receber água industrial com alta condutividade, sem que ocorra o comprometimento da produção.

Por fim, os ganhos ambientais, a redução dos impactos de degradação ou corrosão nas caldeiras, através do fornecimento de água de melhor qualidade, e a redução dos custos operacionais, denotam que a planta de osmose reversa compensa o investimento e garante a operacionalidade do complexo siderúrgico da Ternium, especialmente durante prováveis eventos futuros de crise hídrica.

REFERÊNCIAS

- 1 Encyclopædia Britannica *on-line*. Disponível em: <<https://www.britannica.com/search?query=osmosis>>. Acesso em: 15/06/2019.
- 2 Warsinger, David M.; Tow, Emily W.; Nayar, Kishor G.; Maswadeh, Laith A.; Lienhard V, John H. (2016). "Energy efficiency of batch and semi-batch (CCRO) reverse osmosis desalination". *Water Research*. 106: 272–282.
- 3 Lauren F. Greenlee, Desmond F. Lawler, Benny D. Freeman, Benoit Marrot, Philippe Moulin (2009) 'Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges', *Water Research*, (43), pp. 2317-2348.