

I-077 - ESTUDO DO DESEMPENHO OPERACIONAL DA ETAPA DE OSMOSE INVERSA DA UNIDADE DE DESMINERALIZAÇÃO DA REFINARIA LANDULPHO ALVES DA PETROBRAS

Pedro Henrique Neri de Menezes⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestrando em Engenharia Industrial pela UFBA.

Thais Matos Resende⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Salvador (UNIFACS). Ex-estagiária da Petrobras.

Dyego Martins Costa⁽³⁾

Acadêmico de Engenharia Química do Instituto Federal da Bahia (IFBA). Estagiário da Petrobras.

Albérico Ricardo Passos da Motta⁽⁴⁾

Engenheiro Civil e Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestre em Engenharia Ambiental pela *University of Newcastle*. Doutor em Engenharia Industrial pela UFBA. Engenheiro de Meio Ambiente da Petrobras.

Wesley Freitas Dantas⁽⁵⁾

Engenheiro Químico pela UFBA. Engenheiro de processamento da Petrobras.

Endereço⁽¹⁾: Rua Edelweiss, 9. Edifício Beta – Rio Vermelho - Salvador – BA. CEP: 41940-270. Brasil - Tel: (71) 32405081 - e-mail: pedro_henrique_neri@hotmail.com.

RESUMO

A produção de água desmineralizada da Refinaria de Landulpho Alves (RLAM) é realizada em duas unidades, U 84-A e U 84-B. Ambas são alimentadas com água filtrada produzida por uma estação de tratamento de água convencional, a Unidade 52-A. O processo é realizado em duas etapas, pré-tratamento e desmineralização propriamente dita. A primeira consiste em três sistemas de filtração que operam em série (filtros de areia, filtros de carvão e filtros de cartucho) e que tem o objetivo de proteger a segunda etapa do processo: a desmineralização propriamente dita. Essa etapa, que será alvo deste trabalho, é realizada através do processo de Osmose Inversa (OI). A OI é composta por dois estágios, cada um com dois passos. O objetivo desse trabalho é apresentar o estudo do desempenho operacional do processo de OI da U 84-A da RLAM. Para a avaliação do processo de OI foram analisados dados de vazão e de qualidade da água produzida. Os resultados desta avaliação mostraram vários aspectos relevantes. Sobre a sílica, observou-se que no mês de fevereiro de 2015 o teor de sílica foi de 1,0 mg/L no primeiro passo e 0,5 mg/L no segundo passo, o recomendado é de 0,1mg/L. Em relação à condutividade, verificou-se que esse parâmetro esteve dentro das especificações requeridas (10 μ S) em todo o período analisado. Relacionado às vazões pode-se verificar que as vazões de operação esteve abaixo das de projeto. Sobre a remoção de sílica conclui-se que, apesar do primeiro passo apresentar um comportamento irregular, houve o enquadramento desse parâmetro em todo o período analisado, à exceção do mês de fevereiro de 2015. Pode-se atribuir esse enquadramento ao 2º passo da OI. Sobre a remoção de condutividade, pode-se concluir que, para todo o período analisado, apesar do permeado do primeiro passo ter alcançado valores altos e crescentes, houve a especificação do parâmetro no valor requerido. Esse enquadramento também é atribuído ao 2º passo. Dessa maneira, pode-se dizer que, para sílica e condutividade, o tratamento com as membranas de OI ocorre de forma adequada. Em relação às vazões analisadas, conclui-se que, as taxas de recuperação, para o primeiro e segundo passos, apresentam valores próximos ao projetado. Sobre a limpeza química conclui-se que deve ser analisada de forma mais minuciosa a fim de que se identifique a causa da diminuição da periodicidade desse processo.

PALAVRAS-CHAVE: Desmineralização, Pré-tratamento, Osmose Inversa.

INTRODUÇÃO

A unidade de produção de água desmineralizada da Refinaria Landulpho Alves (RLAM), da Petrobras, é composta por duas Unidades, a U 84-A e a U 84-B. Ambas são alimentadas com água filtrada produzida pela por uma estação de tratamento de água convencional que fica localizada na própria refinaria, a Unidade 52-A (U 52-A). O processo de produção de água desmineralizada é realizado em duas etapas, pré-tratamento e

desmineralização propriamente dita. A primeira etapa consiste em três sistemas de filtração que operam em série (filtros de areia, filtros de carvão e filtros de cartucho). Essa etapa tem o objetivo de proteger a segunda etapa do processo: a desmineralização propriamente dita. Essa última é feita através do processo de Osmose Inversa (OI).

A etapa de pré-tratamento tem a finalidade de garantir a qualidade mínima necessária para alimentar o processo de OI, diminuindo, assim, a ocorrência de problemas operacionais como *fouling* e *scaling*, além de degradação do material que compõe a membrana de OI. A segunda etapa, composta pela OI, tem a função de desmineralizar a água.

O processo de OI (*figura 1* e *figura 2*) é realizado através de membranas poliméricas semipermeáveis e está dividido em duas etapas, denominadas de passos. Cada passo é constituído, por sua vez, em dois estágios. Os estágios são constituídos por quatro trens de membranas, que operam em paralelo. O fluxo ao longo do processo ocorre da seguinte forma:

- Primeiro passo:
 - Primeiro estágio: abastecido com a água proveniente da etapa de pré-tratamento. O permeado é encaminhado para o TQ-2, onde, juntamente com o permeado do segundo estágio, fica armazenado para servir como reservatório de alimentação do segundo passo. O concentrado segue para o segundo estágio;
 - Segundo estágio: abastecido com o concentrado do primeiro estágio. O permeado é enviado para o TQ-2, enquanto que o concentrado retorna para o reservatório de água filtrada da U 52-A (TQ-1 da figura) com objetivo de ser diluído e reutilizado.

- Segundo passo:
 - Primeiro estágio: abastecido com os permeados do primeiro passo, tanto do primeiro quanto do segundo estágio, através do TQ-2. O permeado é encaminhado para o TQ-3, onde, juntamente com o permeado do segundo estágio desse passo, fica armazenado para servir como água desmineralizada. O concentrado segue para o segundo estágio desse passo;
 - Segundo estágio: abastecido com concentrado do primeiro estágio do segundo passo. O permeado é enviado para o TQ-3, enquanto que o concentrado retorna para a alimentação de todo o processo de OI.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a operação do processo de OI da U 84-A, da RLAM, buscando propor ações para minimizar ou eliminar as não-conformidades operacionais identificadas, visando a melhoria da eficiência do processo. Essa avaliação foi verificada através das seguintes medidas:

- Avaliação das vazões de alimentação, permeado e rejeito da unidade;
- Avaliação dos parâmetros críticos de monitoramento do permeado que, no caso, foram sílica e condutividade.

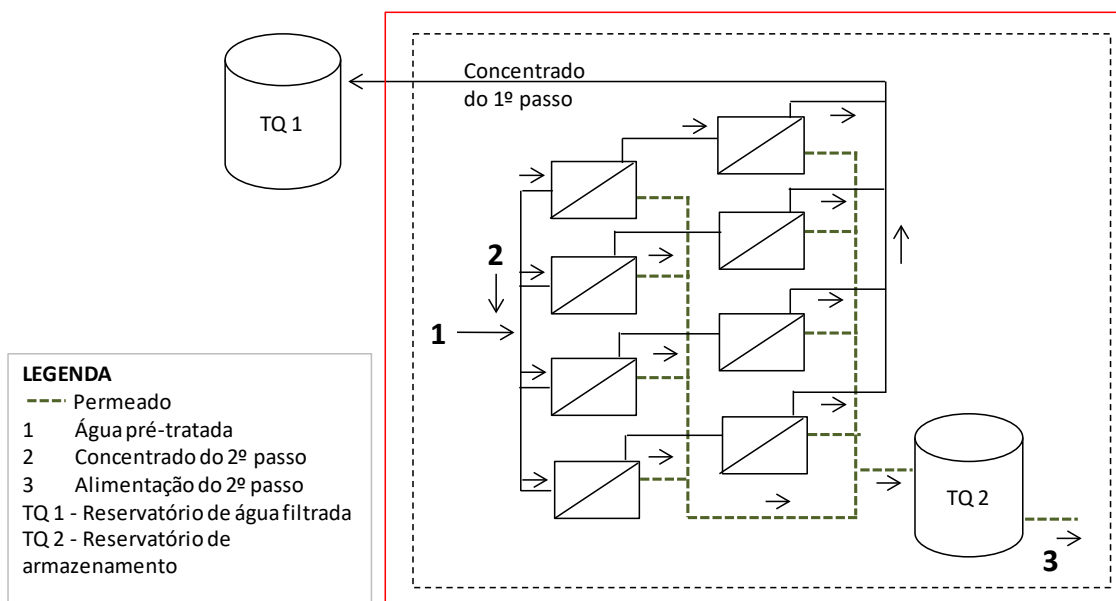


Figura 1: Croquis da etapa de OI da U 84-A – Primeiro Passo.

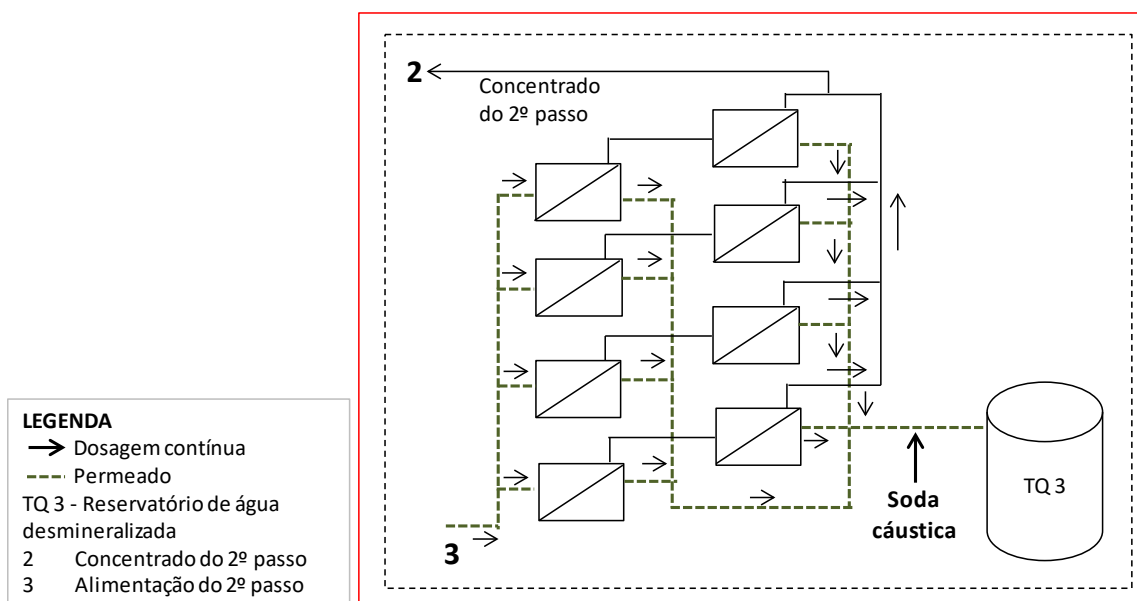


Figura 2: Croquis da etapa de OI da U 84-A – Segundo Passo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do trabalho, foram realizadas visitas periódicas à U 84-A e avaliação de documentação técnica existente. As visitas foram acompanhadas pelos seus operadores de processo e tiveram diversos objetivos, como:

- Entendimento do processo operacional;
- Levantamento de dados operacionais;
- Levantamento de documentação técnica de projeto, como plantas, memoriais descritivos, folhas de dados, fluxogramas de engenharia e fluxogramas de processos e manuais de operação;
- Identificação de possíveis problemas operacionais.

Entre os dados operacionais estão os ligados a qualidade da água. O processo de OI da U 84-A possui um plano de monitoramento de controle da qualidade da água em cada um dos seus passos. As análises são realizadas duas vezes por dia e os seus resultados são arquivados em uma tabela no aplicativo *Microsoft Office Excel*. É importante destacar que neste estudo analisaram-se as médias mensais dos valores diários registrados. Com citado previamente, os parâmetros críticos de monitoramento do permeado foram sílica e condutividade. Foram utilizados os dados desse monitoramento fornecidos no período de janeiro de 2015 até julho de 2016.

Além disso, foram utilizados dados de vazão. As vazões de água da unidade U 84-A são monitoradas por medidores eletromagnéticos e, a partir daí, transmitidas para uma sala de controle, onde são armazenados e gerenciados pelo *software* PI *ProcessBook* utilizado pela indústria. Os dados de vazão utilizados neste trabalho foram o do período de dezembro de 2015 até dezembro de 2016.

Para análise dos dados de qualidade de água e dos dados operacionais de vazão do processo de OI, foram construídos gráficos onde os mesmos foram comparados com outros valores, como se segue:

- Dados de vazão (vazão obtidos através do PI): comparados com os valores de projeto da unidade;
- Dados de qualidade de água (obtidos através das análises): comparados com os valores-limites recomendados pelo fabricante das membranas, citados na tabela 1. Além disso, esses valores foram comparados com os recomendados pela literatura e por fabricantes.

RESULTADOS

Os parâmetros utilizados pela etapa de desmineralização da U 84-A estudada, para análise da qualidade da água desmineralizada, foram sílica (*figura 3*) e condutividade (*figura 4*). A razão do uso desses parâmetros é que eles, historicamente, estão diretamente associados às não-conformidades identificadas no processo de produção de água desmineralizada para alimentação de água de caldeira. Para a sílica, o teor máximo admissível é de 0,1 mg/L, enquanto que para a condutividade, o teor máximo é de, 10 μ S.

As *figuras 5 e 6* possibilitam avaliar o comportamento do processo de OI para vazões de operação. A partir dos dados de vazão de alimentação e de vazão de permeado foram calculadas as taxas de recuperação de permeado, tanto do primeiro quanto do segundo passo para aprofundamento da discussão.

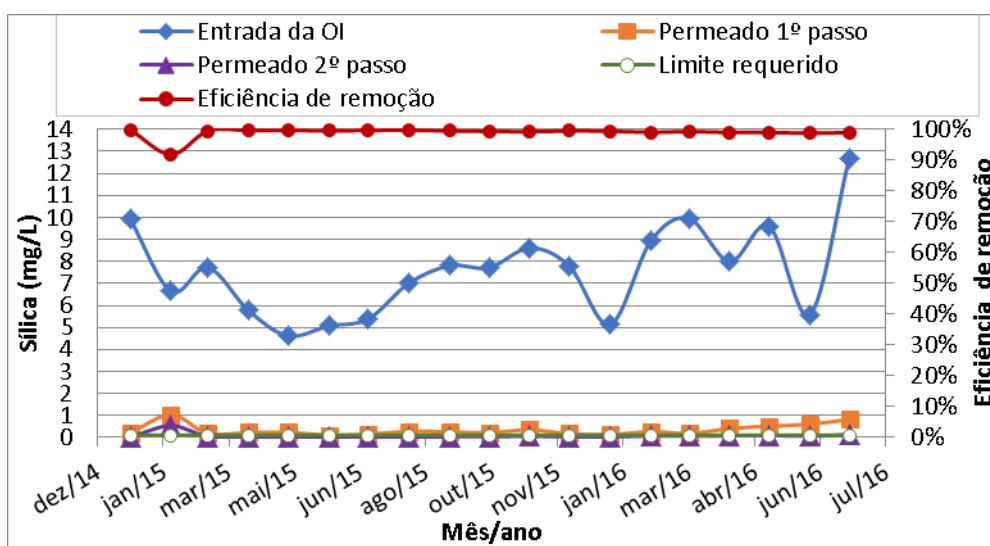


Figura 3: Análise de sílica do permeado produzido na U 84-A.

Conforme apresentado na *figura 3*, pode-se observar que, durante os meses de março de 2015 a março de 2016, os teores de sílica apresentaram pouca variação, para o primeiro passo, estando dentro do intervalo de 0,1 a 0,3 mg/L. Entretanto, em determinadas situações pontuais, os valores de sílica não atenderam ao valor requerido de 0,1 mg/L. Uma dessas situações ocorreu no mês de fevereiro de 2015, quando o teor desse

parâmetro foi elevado, atingindo, aproximadamente, no primeiro passo, 1,0 mg/L e no segundo passo, 0,5 mg/L.

Além de fevereiro de 2015, foi observado um comportamento atípico nos meses de março a julho de 2016. Nesse período, os valores de sílica se mantiveram crescendo, chegando a atingir o valor de 0,8 mg/L no último mês. Apesar disso, diferentemente do que aconteceu em fevereiro de 2015, o permeado do segundo passo atingiu a especificação requerida de teores de sílica para todo o período analisado.

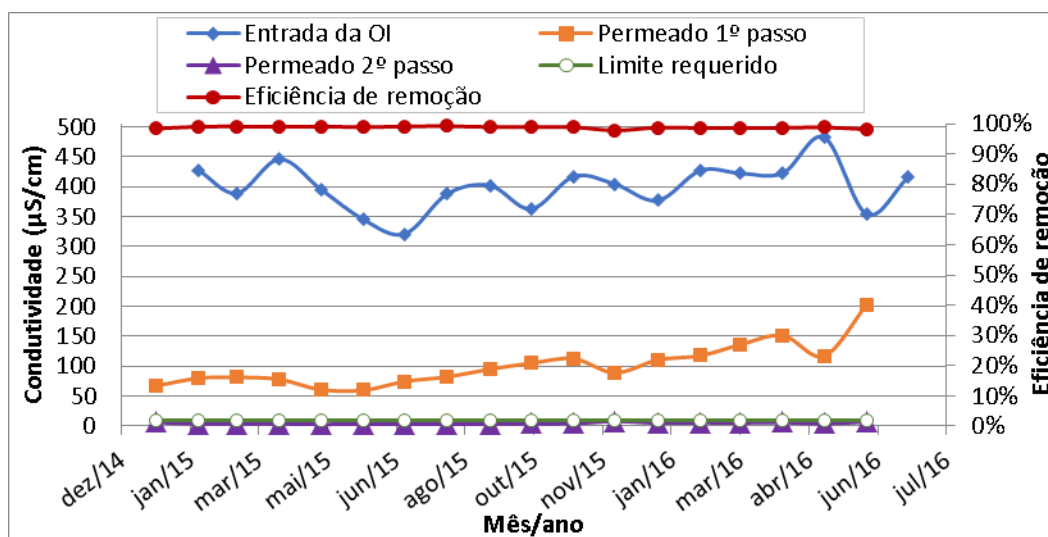


Figura 4: Análise de condutividade do permeado produzido na U 84-A.

Com relação a condutividade, a *figura 4* mostra como ocorreu a remoção desse parâmetro pelo processo de OI. Observa-se que, para todo o período analisado, a condutividade no permeado do primeiro passo, de uma maneira geral, seguiu uma tendência crescente, variando de 67 µS a 202 µS, valores que correspondem ao primeiro e ao último mês do período analisado, respectivamente. Contudo, é importante salientar que o parâmetro condutividade esteve sempre dentro das especificações requeridas (10 µS), durante todo o período analisado.

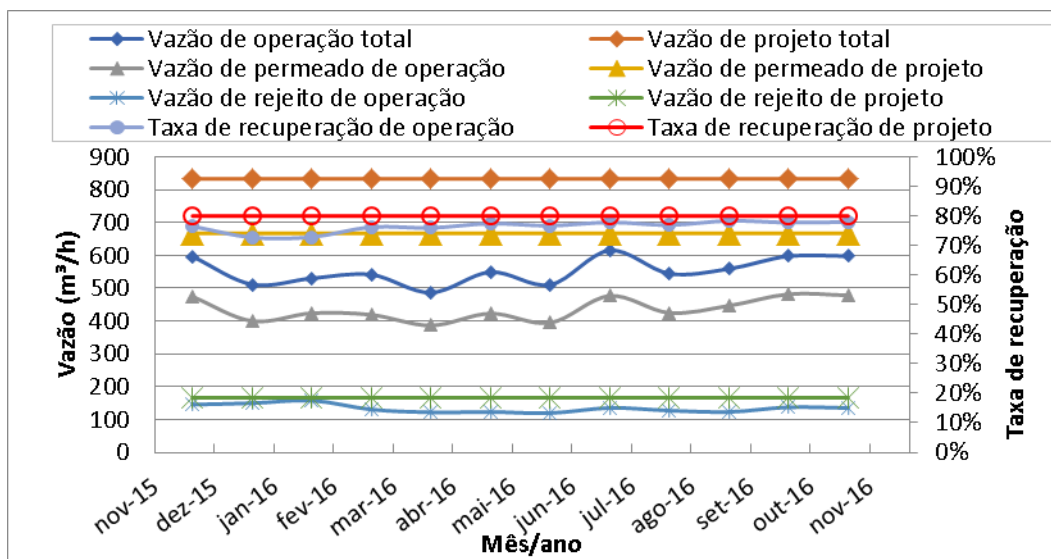


Figura 5: Vazão de operação e projeto do primeiro passo da U 84-A.

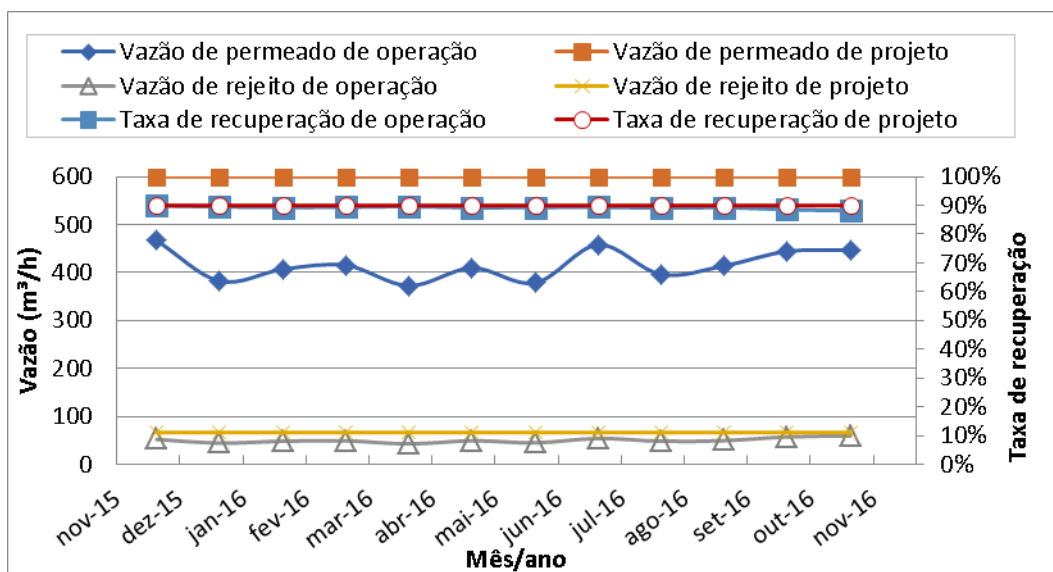


Figura 6: Vazão de operação e projeto do segundo passo da U 84-A.

Analisando as figuras 5 e 6, pode-se verificar que as vazões de operação estão abaixo das de projeto. Esse fato implica em uma alimentação menor de carga ao processo de OI. Contudo, para o primeiro passo, foi encontrada uma taxa de recuperação média (calculada com os valores médios de cada mês do período analisado) de 76%, valor próximo à taxa de recuperação de projeto, que é de 80%. Já para o segundo passo, foi encontrada uma taxa de recuperação média de 89% (calculada da mesma maneira que para o primeiro passo). Este valor encontrado está, portanto, muito próximo ao de projeto, que é 90%. Esse fato representa que, mesmo com a vazão de alimentação reduzida, a unidade produz, proporcionalmente a essa redução, a vazão de permeado.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir sobre a remoção de sílica que, apesar do primeiro passo apresentar um comportamento irregular, houve o enquadramento desse parâmetro em todo o período analisado, à exceção do mês de fevereiro de 2015. Pode-se atribuir esse enquadramento ao 2º passo da etapa de OI.

Sobre a remoção de condutividade, pode-se concluir que, para todo o período analisado, apesar do permeado do primeiro passo ter alcançado valores altos e crescentes, houve a especificação do parâmetro no valor requerido. Esse enquadramento também é atribuído ao 2º passo. Dessa maneira, pode-se dizer que, para sílica e condutividade, o tratamento com as membranas de OI ocorre de forma adequada.

Em relação às vazões analisadas, conclui-se que, apesar da vazão de operação estar abaixo da vazão de projeto, as taxas de recuperação, para o primeiro e segundo passos, apresentam valores próximos ao projetado. Por conseguinte, produz-se uma vazão de permeado proporcional à reduzida vazão de alimentação, se ambas forem comparadas às vazões de permeado e de alimentação de projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAKER, Richard W. Reverse osmosis. In: BAKER, Richard W. Membrane technology and applications. 2. ed. England: Wiley, 2004. p. 191-232.
2. DOW CHEMICAL COMPANY. FILMTEC Reverse Osmose Membranes – Technical Manual. [200-?]. 182 p.
3. HYDRANAUTICS – Membrana de Osmose Reversa LFC3-LD. [200-?]. 1p.