

MELHORIA DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL: um estudo sobre o processo de dessalinização em uma unidade marítima de petróleo

Leandro Campos Rodrigues (UNIS/MG) leandrocrodriguez@gmail.com

Roger Antônio Rodrigues (UNIS/MG) roger.rodrigues@unis.edu.br

Resumo:

Este trabalho objetiva demonstrar e propor melhorias na utilização do processo de dessalinização por osmose reversa para tratamento de água em uma plataforma de petróleo. Localizada em alto mar, a cento e seis quilômetros da costa terrestre e sua principal função é o bombeamento do petróleo. Devido à inviabilidade de levar água doce através de tubulações e aos altos custos de transporte marítimo são utilizados equipamentos que fazem a dessalinização da água salgada. O processo de dessalinização gera água para uso dos residentes, abastecendo pias, torneiras e utilizada para lavar a área industrial. Com o passar do tempo vários problemas estão ocorrendo devido à alta concentração de sólidos totalmente dissolvidos que o sistema não é capaz de reter. Tubulações do sistema de água potável apresentam corrosão por *pitting* e furam, o *boiler* para aquecimento da água para banho apresenta corrosão nos poços das resistências, permitindo a falha das resistências e comprometimento do rendimento. Desta forma, justifica-se o estudo na importância de melhoria da qualidade da água produzida, com baixo custo para alteração do processo e proporcionando ganhos significativos na qualidade da água produzida. Um estudo foi realizado propondo uma solução que reduz o teor de sólidos totalmente dissolvidos na água.

Palavras-chave: Água, Dessalinização, Melhoria, Qualidade.

IMPROVEMENT OF QUALITY IN POTABLE WATER PRODUCTION: A study on the desalination process in a marine oil unit

Abstract

This work aims to demonstrate and propose improvements in the use of the reverse osmosis desalination process for treatment of water in an oil platform. Located on the high seas, one hundred and six kilometers the land coast and its main function is the pumping of oil. Due to the infeasibility of carrying fresh water through pipes and to the high costs of maritime transport, equipment is used that make desalination of salt water. The desalination process generates water for the residents' use, supplying sinks, taps and used to wash the industrial area. Over time several problems are occurring due to the high concentration of fully dissolved solids that the system is not able to retain. Piping of the fresh water system presents corrosion by pitting and drilling, the boiler for heating the water for bath presents corrosion in the wells of the resistances, allowing the failure of the resistances and compromise of the yield. Therefore, it is justified the study on the importance of improving water quality produced, with low cost to change the process and providing significant gains in the quality of the water produced. A study was carried out proposing a solution that reduces the solids content totally dissolved in the water.

Keywords: Water, Desalination, Improvement, Quality.

1 Introdução

Em plataformas de petróleo localizadas a quilômetros de distância da costa é inviável levar água doce por tubulações e o custo do transporte marítimo dessa água é elevado. Com isso é necessário o uso de dessalinizadoras de água do mar, capazes de atender a demanda das plataformas. Estes equipamentos tem apresentado um produto final com uma alta concentração de sólidos totalmente dissolvidos (TDS), o que vem acarretando perdas no sistema de água dessalinizada.

A escolha deste tema motivou-se pela importância do setor petrolífero, fatores ambientais e a oportunidade de melhoria do processo interno. Através deste estudo foi realizada uma análise para melhoria no processo produtivo de água dessalinizada. Os objetivos específicos do trabalho foram: analisar o sistema em operação e estabelecer uma alteração de baixo custo que possibilite a redução de sólidos totalmente dissolvidos na água produzida.

Muitos metais sofrem corrosão por pites em soluções com alta concentração de cloretos, entre eles estão incluídos os aços inoxidáveis, ferro, níquel, cobre, magnésio, zircônio, estanho, cádmio, alumínio e suas ligas, etc. Alguns metais são resistentes ao pite induzido por cloretos, tais como o titânio, cromo e tântalo, porém não são imunes a ele (ISAACS et al., 1990). Com isso pretendeu-se responder a questão: como baixar o teor de sólidos totalmente dissolvidos com os recursos disponíveis?

O equipamento estudado está localizado em uma unidade marítima de bombeio de petróleo, situada a cento e seis quilômetros da costa terrestre e que está em operação há nove anos. Foi realizada uma pesquisa exploratória para coleta dos dados, possuindo uma abordagem qualitativa. Quanto à finalidade caracteriza-se como avaliação formativa, onde foi aperfeiçoado um sistema. Os procedimentos técnicos utilizados no projeto foram embasados em uma pesquisa ação, pois houve uma ação por parte das pessoas implicadas no problema sob observação.

Uma análise do processo foi efetuada, verificando que a forma de operação dos equipamentos está dentro dos requisitos de projeto. Então foi proposta uma modificação do processo, a fim de que os consumidores tenham uma baixa concentração de cloretos, tendo como premissa não agregar custos elevados na modificação.

2 O processo de dessalinização de água

A osmose consiste em um fenômeno natural de caráter físico-químico, quando duas soluções, possuindo diferentes concentrações, conforme figura 1 (DOW LATIN AMERICA, 1990), são separadas em um mesmo recipiente por uma membrana semipermeável, possibilita a passagem das moléculas do solvente e retém os corpos dissolvidos, ocorrendo espontaneamente a passagem da solução de menor concentração no sentido da solução menos diluída, até que se estabeleça um equilíbrio (KOBAYAMA, et al 2005).

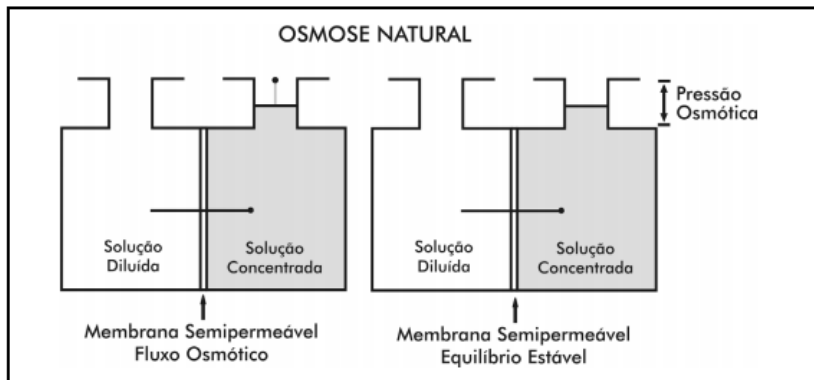


Figura 1 - Osmose Natural

O fluxo ocorre devido à solução menos diluída encontrar-se em um estado de maior energia. Neste ponto de equilíbrio, a coluna de solução menos concentrada estará, relativamente, abaixo da coluna do lado da solução mais diluída. A esta diferença de altura entre as colunas das soluções dá-se o nome de pressão osmótica.

2.1 Osmose inversa

A osmose inversa é um processo induzido, obtido por intermédio da aplicação mecânica de uma pressão superior à pressão osmótica, do lado da solução mais concentrada, fazendo com que ocorra um fluxo no sentido da solução de menor concentração salina, figura 2 (DOW LATIN AMERICA, 1990). Este princípio físico é utilizado na concepção de operação dos dessalinizadores, nos quais são utilizadas membranas sintéticas.

O processo de RO (*Reverse Osmosis*) é amplamente utilizado para a dessalinização de águas marinhas e salobras para a produção de água potável. O processo de separação RO desempenha um papel útil na limpeza de vários resíduos de efluentes industriais, recuperação de produtos valiosos da drenagem ácida de minas, recuperação de águas residuais municipais, produção de água ultrapura para caldeiras e indústrias farmacêuticas (MALLEVIALLE, et al 1996).

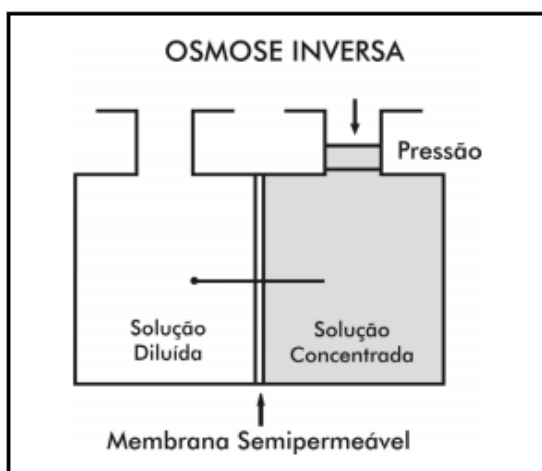


Figura 2 - Osmose Inversa

Coforme Zahid (1993), na figura 3 observa-se o fluxo do fluido dentro do processo de dessalinização por osmose inversa. O sistema possui a alimentação da água salgada captada do mar, em seguida passa por uma bomba que pressuriza o fluido nas membranas. Temos

The diagram illustrates a membrane separation process. A 'Feed' stream enters a pump (represented by a triangle with a circle inside). The pressure at the pump inlet is labeled P_f . The output of the pump enters a rectangular 'Membrane' unit, which is divided diagonally. From the membrane unit, three streams exit: a 'Recycle' stream at the top that loops back to the pump inlet, a 'Permeate' stream at the bottom, and a 'Reject' stream on the right. The pressure at the reject outlet is labeled P_r , and the pressure at the permeate outlet is labeled P_p .

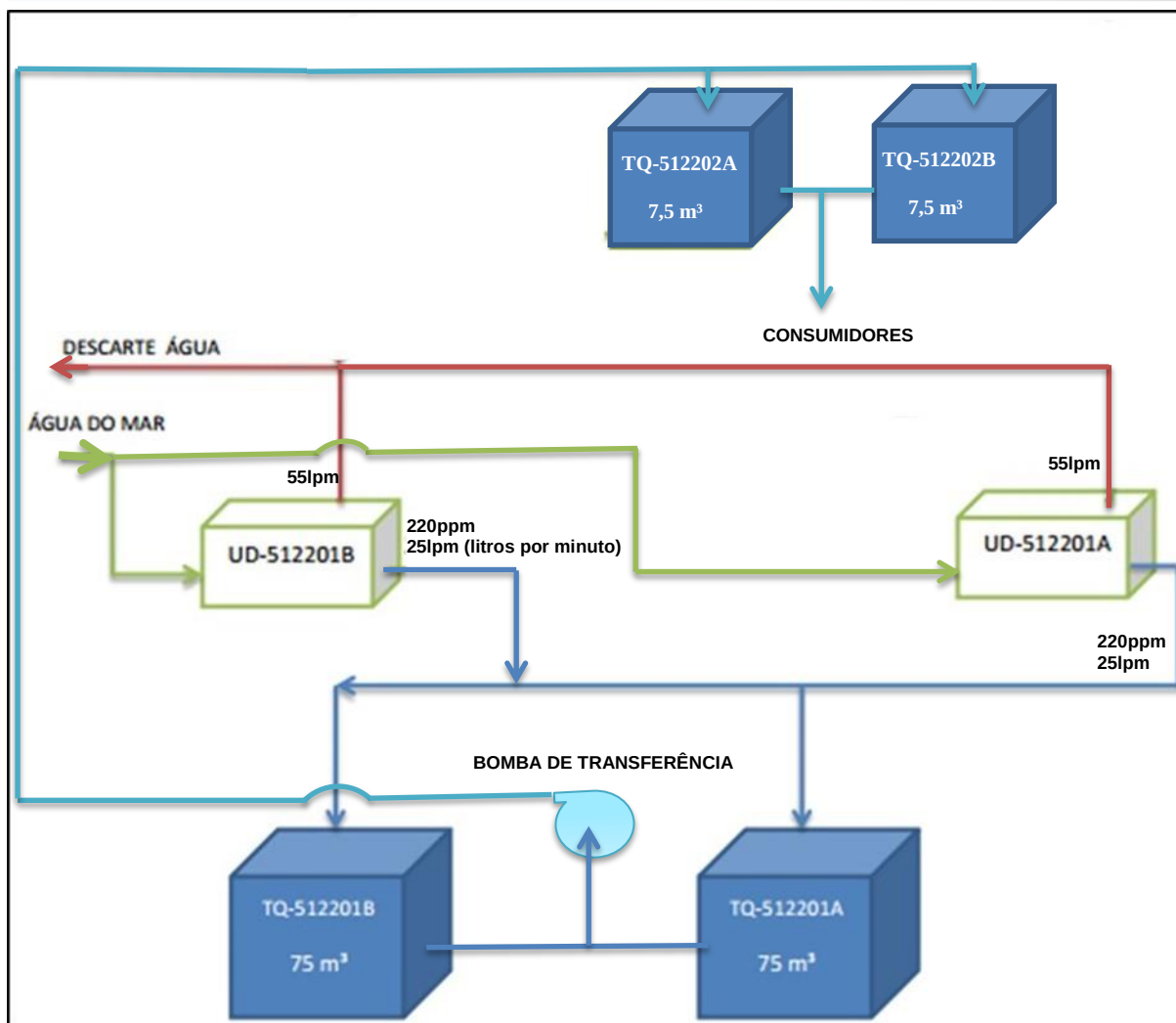


Figura 4 – Fluxograma do processo

Com capacidade de produção de 35m³/dia e filtragem de 99% dos sólidos totalmente dissolvidos, é um sistema completo de dessalinização por osmose inversa que consta de quatro etapas de tratamento da água do mar por um processo de filtragem. A água do mar é enviada à conexão de entrada, a pressão da água do mar é aumentada pela bomba de reforço, passando então pelo filtro de granulação, filtro de saco e a primeira e a segunda etapa do filtro de cartucho. Depois de filtrada, a água do mar crua passa pela bomba de alta pressão de osmose inversa de onde é despejada nos permeabilizadores de primeira filtragem. Nos permeabilizadores a água do mar crua separa-se formando uma corrente de água potável e outra de concentrado. A corrente de concentrado é usada em retorno para lavar a granulação filtrante.

Se a água alimentada contém 35.000 partes do total de sólidos por um milhão de partes de água, ou simplesmente partes por milhão (ppm), o produto final com uma filtragem de 1% contém 350ppm. Tomando-se qualquer valor da filtragem de sólidos totalmente dissolvidos, se houver uma mudança na água alimentada, a filtragem de sólidos totalmente dissolvidos ou a "qualidade" do produto final também mudará. A quantidade de sólidos totalmente dissolvidos é medida na água por meio de um medidor de condutividade. Trata-se um medidor manual, calibrado em TDS. Por meio deste medidor, notou-se ao longo das observações em um período de seis meses uma variação do produto entre 250ppm a 400ppm de TDS. Valor estes variando em função da alimentação de água fornecida ao equipamento.

Se durante três minutos o teor de sólidos totalmente dissolvidos exceder o limite preestabelecido de 500ppm, a água produto é automaticamente desviada para a drenagem e acende-se a luz de alarme. Se o pH da água produto da primeira filtragem estiver baixo demais, acende-se uma luz intermitente no painel.

A quantidade de água purificada que o sistema tira da água do mar alimentada denomina-se recuperação ou conversão e normalmente menciona-se em percentagens. Logicamente, não é possível passar toda água do mar pelas membranas, senão não ficaria água suficiente para lavar o resíduo de sais e minerais. As recuperações normais durante a dessalinização da água do mar variam de 20 a 35%. Tomando-se uma proporção de 20%, para cada 100 galões de água do mar alimentada no sistema de osmose inversa, obtêm-se uma recuperação de 20 galões de água purificada, sobrando 80 galões de concentrado. O mesmo acontece em galões por minuto, metros cúbicos por hora, etc. A recuperação deste sistema de osmose inversa para água do mar já vem ajustada da fábrica e não pode ser modificada.

O sistema de controle foi engenhado para operação contínua e não precisa da atenção de rotina do técnico encarregado. As válvulas que controlam a retrolavagem do filtro entram no ciclo automático ao receber o sinal do controlador. Se houver alguma falha, as bombas se desligarão automaticamente acendendo uma luz de alarme no painel. Uma única falha já é suficiente para desligar o sistema. Se houver uma queda na pressão de sucção da bomba de alta pressão, a mesma desliga automaticamente. A queda de pressão pode ser causada quando o técnico deixa de trocar os sacos de malha ou cartuchos dos filtros quando for necessário, ou quando há uma perda de pressão da água do mar.

5 Proposta de melhoria

A proposta consiste em tratar a água do mar em dois estágios, conforme figura 5, onde o primeiro envia a água potável para um tanque intermediário e a água com concentração mais alta retorna para o mar. A água do tanque é bombeada para ser processada novamente no segundo estágio (2º equipamento) e finalmente é estocada, contudo, o descarte da água com concentração maior no segundo estágio retorna para o tanque intermediário garantindo um volume de água seguro.

Apesar de que a concentração da água de descarte do segundo estágio não tenha concentração acima do alarme de 500ppm, com ciclos sucessivos a concentração dentro do tanque vai aumentar. Isso poderá ser verificado com a monitoração da concentração da água produzida no segundo estágio. Por isso a renovação da água do tanque será necessária para manter a qualidade da água. Isso será possível com a implementação de um controle por alarme de valor máximo de concentração no produto de segundo estágio, operando uma válvula automática (XV) que direciona o descarte de segundo estágio para o mar. A partir desse momento o tanque intermediário perderá volume de água, pois a relação de entrada e saída ficará desequilibrada e um controle de nível do tanque atuará uma válvula de entrada de água já tratada que descerá por gravidade do tanque de estocagem. Assim a água no tanque intermediário terá uma concentração menor, impactando diretamente na qualidade final no segundo estágio. Quando a concentração da água do produto de segundo estágio sair do valor de alarme, a válvula de descarte vai direcionar a água novamente para o tanque, iniciando um novo ciclo. A válvula de entrada de água por gravidade do tanque fechará quando atuar o nível alto. Esse modelo de operação permitirá produzir água com baixa concentração de sólidos dissolvidos sem perder a capacidade de estocagem, contudo, a capacidade de produção cai pela metade. Como a produção de uma dessalinizadora atende a demanda diária, essa configuração pode ser usada diariamente. De acordo com os valores observados durante

a operação, tendo 99% de filtragem, o TDS atualmente entre 250ppm e 400ppm caíra para 2,5 a 4ppm.

Em casos de necessidade de maior volume de produção, a configuração atual poderá ser adotada com algumas manobras operacionais, trabalhando assim com dois equipamentos tratando água do mar. Essa flexibilidade permite escolher entre melhor qualidade e menos produção ou maior produção e menor qualidade.

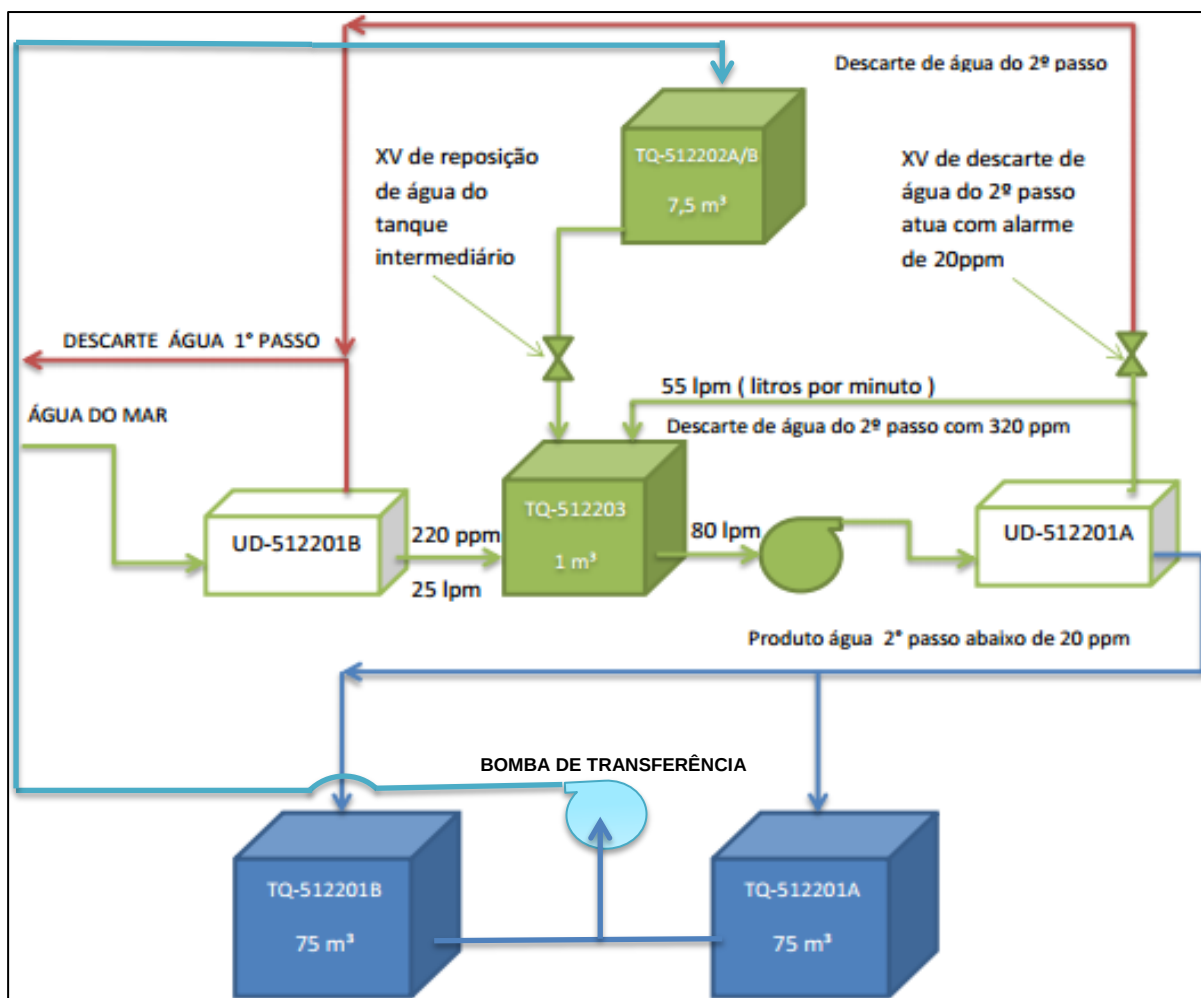


Figura 5 – Esquema de funcionamento do processo

5.1 Ciclo de operação com dois estágios

A UD-512201B recebe água do mar e envia para o tanque TQ-512203 água com 250ppm com vazão de 25 litros por minuto. Uma bomba envia a água do tanque para a entrada da UD-512201A com vazão de no mínimo 80 litros por minuto e pressão de no mínimo 3,0 kgf/cm². A UD-512201A recebe água do tanque intermediário, envia o produto para os tanques de água doce TQ-512201A/B com até 20ppm e vazão de 25 litros por minuto, o descarte retorna para o tanque TQ-512203 com vazão de 55 litros por minuto. O tanque TQ-512203 mantém o nível pelo equilíbrio de vazões de entrada e saída, com 25 lpm recebidos da UD-512201B, 55 lpm recebidos do descarte da UD-512201A e 80lpm retirados pela bomba para sucção da UD-512201A.

5.2 Ciclo de renovação da água do tanque TQ-512203

Quando a UD-512201A apresentar alarme por produto acima de 20ppm a válvula de descarte, figura 6, abrirá enviando água para o mar com vazão de 55 litros por minuto.

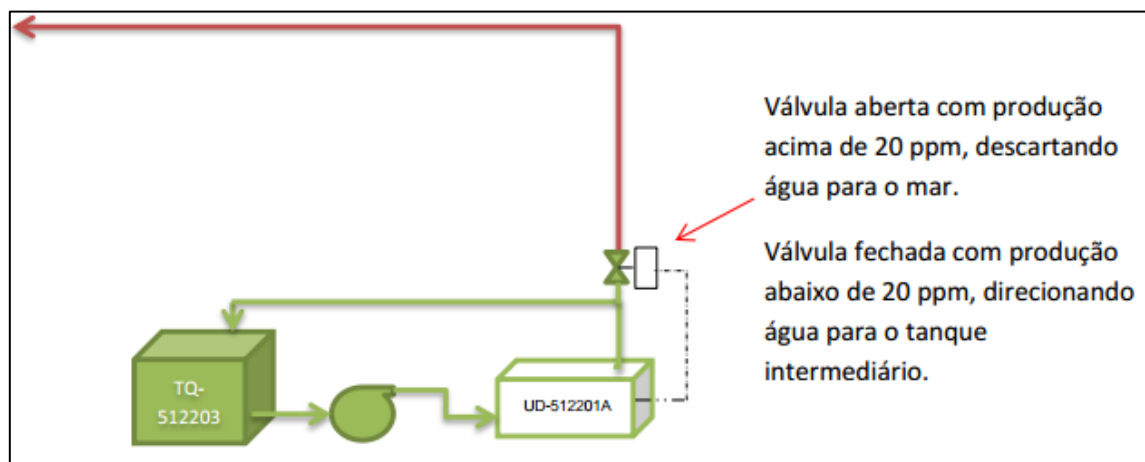


Figura 6 - Descarte da UD segundo estágio

Para gerar o alarme utilizaremos a saída de 3 do monitor de TDS, que está disponível para ser utilizada, conforme figura 7. Programando a atuação do alarme para valores acima de 20ppm o mesmo comutará os contatos dos bornes 7, 8 e 9. Sendo utilizado o contato normal fechado.

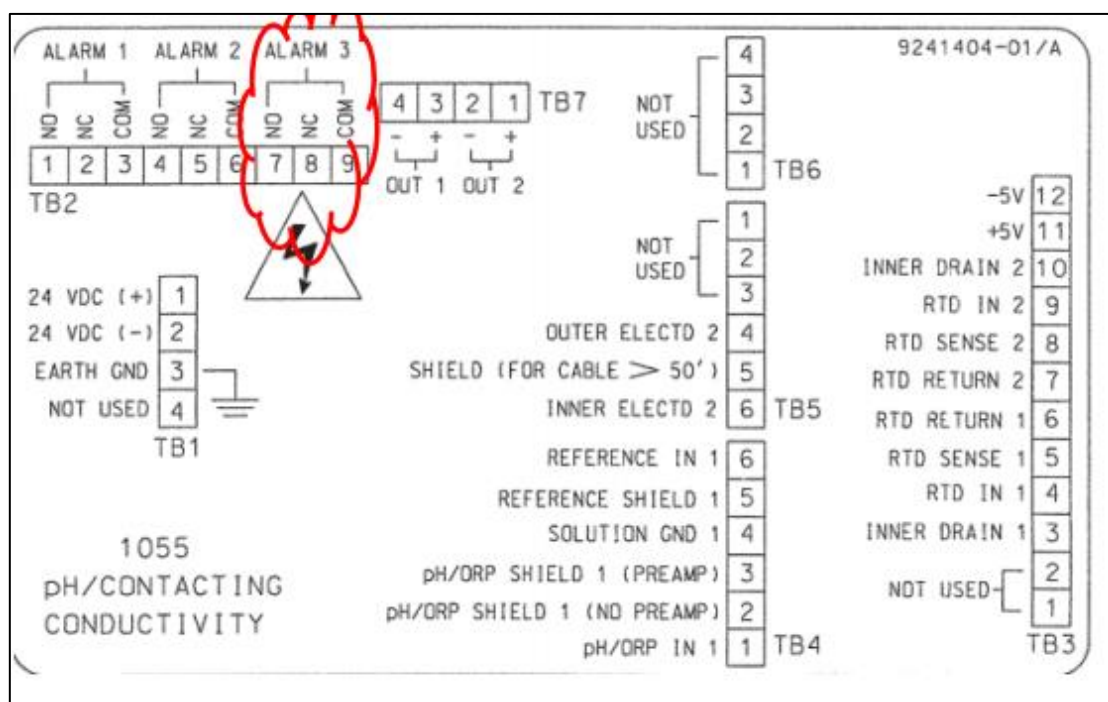


Figura 7 - Monitor de TDS

O nível do tanque TQ-512203 vai diminuir até que o nível baixo atue através da chave boia, conforme figura 8, a válvula de entrada de água por gravidade abrirá para renovar a água do tanque.

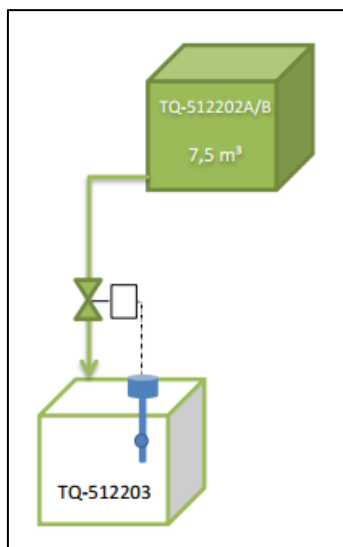


Figura 8 - Chave boia TQ-512203

Quando o alarme da UD-512201A deixar de atuar significa que a água do produto está abaixo de 20ppm, então a válvula de descarte redireciona a água para o tanque TQ-512203. Quando atuar nível alto no Tanque TQ-512203 a válvula de entrada de água por gravidade fecha.

5.3 Recursos necessários para realização de teste funcional

- a) Válvula CPVC 2" pneumática para linha de descarte UD-512201A;
- b) Válvula esfera 2" - 150psi Extremidade soldável PVC-sede FPM;
- c) Válvula CPVC 1 ½" pneumática para entrada do TQ-512203;
- d) Válvula esfera 1 ½" - 150psi PVC-sede FPM;
- e) Chave boia magnética para controle de nível do TQ-512203;
- f) Válvula solenóide 24Vcc;
- g) Transmissor de pressão;
- h) Moto bomba para fornecer água do TQ-512203 para a UD-512201A (Skid da bomba M-B-512203 Disponível a bordo);
- i) Mangueiras para interligação hidráulica. Com exceção do trecho da bomba para a UD-512201A todas as mangueiras necessárias estão a bordo;
- j) TQ-512203 – é preciso operacionalizar o tanque, realizando abertura, inspeção, limpeza e instalação dos instrumentos para monitoração do nível pela sala de controle.

6 Considerações finais

Diante dos fatos percebeu-se que a grande concentração de sólidos totalmente dissolvidos na água interfere na vida útil de tubulações do sistema de água potável e provoca falhas no aquecedor de água que alimenta chuveiros e pias da plataforma. Os aquecedores corroem os poços das resistências provocando a falha. Mesmo substituindo o material destes poços, a falha é apenas retardada, mas não eliminada. Contudo, o objetivo final de redução da

concentração de sólidos totalmente dissolvidos será alcançado após a aprovação e implementação da modificação proposta.

Analisando os dados do equipamento de dessalinização percebeu-se que eles foram projetados para operação contínua, produzindo 70m³/dia e o mesmo não ocorre na plataforma, pois não há consumo suficiente para que os dois equipamentos permaneçam 24 horas por dia em funcionamento. Então a proposta para melhoria irá permitir ganhos operacionais dos equipamentos, podendo mante-los em plena carga de trabalho conforme foram projetados para operar.

A solução encontrada para reduzir significativamente o valor de sólidos totalmente dissolvidos na água e que irá gerar menos custos para a empresa será realizando a otimização de utilização das duas unidades dessalinizadoras. Os recursos necessários para execução das modificações serão simples de geri-los. As principais dificuldades encontradas para a execução dos testes operacionais no campo e para a implementação da mudança é que todo o processo que acarrete em alguma modificação dentro da empresa deverá passar por uma análise específica de gestão de mudança, o que acaba tornando o processo um tanto burocrático. Entretanto, o projeto foi bem aceito pelas lideranças e segue em curso a análise pelo setor de gestão de mudanças.

Sendo assim a proposta apresentada permite a flexibilização dos equipamentos, optando por maior qualidade da água produzida, atendendo a demanda da plataforma com produção contínua de aproximadamente 35m³/dia com os dois equipamentos em plena operação. Ou então quando houver demanda entre 35 a 70m³/dia a configuração atual poderá ser utilizada. Desta forma as falhas provenientes da má qualidade da água serão eliminadas.

Os equipamentos de dessalinização estão operando dentro dos requisitos de projeto. Em função da indisponibilidade de algumas informações, recomenda-se para trabalhos futuros uma análise mais aprofundada das variáveis que são consideradas para a especificação e dimensionamento dos sistemas de dessalinização. Sendo assim, contribuirá para a redução do teor de sólidos totalmente dissolvidos e aperfeiçoará os projetos de dessalinizadoras por osmose inversa.

5 Referências

- CAMPOS, V.F..** Gerenciamento pelas Diretrizes. Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte, 1995.
- DOW LATIN AMERICA.** A Tecnologia de Osmose Reversa. Catálogo. São Paulo, SP, 1990.
- ISAACS, H. S. et al.** *Advances in localized corrosion*. NACE. Houston, Texas, p.393, 1990.
- KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V.** Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 2005.
- KRAJEWSKI, L.** Administração de Produção e Operações. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2009.
- MALLEVIALLE, Joel; ODENDAAL, Peter E.; WIESNER, Mark R.** *Water Treatment: Membrane Processes*. New York, McGraw-Hill, 1996.
- MARTINS, P.** Administração da Produção. 2. Ed. São Paulo, Saraiva, 2006.
- MESQUITA, M.** Competências essenciais para melhoria contínua da produção: estudo de casos em empresas da indústria de autopeças. São Paulo, 2003. Artigo. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v10n1/a03v10n1.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2017.
- SILVA, Leandro Costa da.** Gestão e Melhoria de processos: conceitos, práticas e ferramentas. Rio de Janeiro, Brasport, 2015.
- TAYLOR, F.** Princípios de Administração Científica. 8. Ed. São Paulo, Atlas, 1990.



VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 06 a 08 de dezembro de 2017

ZAHID, Amjad Ph. D. et al. *Reverse Osmosis Technology: Fundamentals and Water Applications*. New York USA (1999).