REUSO DA ÁGUA DO REJEITO DE UM TRATAMENTO DE OSMOSE REVERSA DE UMA UNIDADE DE HEMODIÁLISE HOSPITALAR: ESTUDO DE CASO

Patrícia Bezerra da Silva
Tecnóloga em Saúde, Mestre em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação, com ênfase em Tecnologia Ambiental, atua há mais de 10 anos no segmento hospitalar. Trabalhou oito anos auxiliando na gestão do Departamento de Engenharia Hospitalar do Hospital Unimed Sorocaba e há dois anos é responsável pela Coordenação Socioambiental da Cooperativa Unimed Sorocaba. patricia@unimedsoroaba.com.br

Elisabeth Pelosi Teixeira
Doutora em Ciências Biológicas (Microbiologia) pela USP. Mestre em Ciências Biológicas (Imunologia) pela UNICAMP. Graduada em Ciências Farmacêuticas pela UNESP-Araraquara-SP. Experiência profissional acadêmica de 18 anos no curso de graduação em Tecnologia em Saúde (Projetos, Manutenção e Operação de Aparelhos Médico-Hospitalares – depois chamado Tecnologia em Sistemas Biomédicos) na Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC-SO) e de 10 anos no Programa de Mestrado Profissional do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), na área de Tecnologias Ambientais, Segurança do Trabalho, Saúde Ocupacional e Ambiental. elisabeth.pelosi@gmail.com.

RESUMO

A água é um recurso natural finito e essencial à vida, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies, como elemento representativo de valores sociais e culturais, além de importante fator de produção no desenvolvimento de diversas atividades econômicas. A água utilizada para tratamento hemodialítico exerce uma função primordial, uma vez que 95% de toda solução que faz limpeza do sangue é constituída de água. De acordo com os especialistas, dentre os tratamentos disponíveis no mercado, a Osmose Reversa é o mais eficaz para atingir o grau de pureza necessário para ser utilizado no tratamento de hemodiálise. Além da água tratada, a osmose produz uma água residuária altamente salina, também chamada de rejeito, salmoura ou concentrado. Este trabalho demonstra a metodologia aplicada para a reutilização de água de rejeito da Osmose Reversa do tratamento de água para hemodiálise, o qual proporcionou o reúso de 42,6 m^3 dos 198 m^3 rejeitados mensalmente.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso de Água, Hemodiálise.

REÚSO DA ÁGUA DO REJEITO DE UM TRATAMENTO DE OSMOSE REVERSA DE UMA UNIDADE DE HEMODIÁLISE HOSPITALAR: ESTUDO DE CASO

Water is a finite natural resource essential to life, whether as a biochemical component of living beings as a way of life of some species, as representative elements of social and cultural values, besides being an important production factor in the development of various

economic activities. Water used for hemodialysis treatment plays a major role, since 95% of all solution that cleans the blood consists of water. According to experts, among the treatments available, reverse osmosis is the most effective way to achieve the purity required for use in hemodialysis treatment. In addition to treated water, osmosis produces a highly saline wastewater, also known as tailings, or concentrated brine. This study demonstrates the methodology for the reuse of waste water from reverse osmosis water treatment for hemodialysis, which provided the reuse of 42.6 m3 198 m3 monthly rejected

PALAVRAS-CHAVE: Water Reuse, Hemodialysis

REÚSO DA ÁGUA DO REJEITO DE UM TRATAMENTO DE OSMOSE REVERSA DE UMA UNIDADE DE HEMODIÁLISE HOSPITALAR: ESTUDO DE CASO

1 - INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural finito e essencial à vida, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies, como elemento representativo de valores sociais e culturais, além de importante fator de produção no desenvolvimento de diversas atividades econômicas. Considerando que os recursos hídricos acessíveis ao consumo humano direto constituem uma fração mínima do capital hidrológico, observa-se ainda a cada dia que a água, em escala mundial, é um recurso cada vez mais escasso, seja pelo crescimento da população e de atividades econômicas, seja pela redução da oferta. Em consequência disto, o preço teórico da água tende a elevar-se, tendo em vista que a demanda está aumentando e a oferta diminuindo [1].

O reúso de água para fins não potáveis foi impulsionado em todo o mundo nas últimas décadas [2]. Trata-se do aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original [2].

A água utilizada para tratamento hemodialítico exerce uma função primordial neste procedimento, uma vez que 95% de toda solução que faz a limpeza do sangue é constituída de água. De acordo com os especialistas, entre os tratamentos disponíveis no mercado, a Osmose Reversa é o mais eficaz para atingir o grau de pureza necessário para ser utilizado no tratamento de hemodiálise.

Soares [3] ressalta que a osmose reversa, além da água tratada, produz uma água residuária altamente salina, também chamada de rejeito, salmoura ou concentrado, portanto, deve-se almejar a melhor escolha para sua destinação, especialmente porque quase sempre os cursos d'água e o solo são os principais meios para sua disposição.

Além disso, trata-se de uma água microbiologicamente potável, o que a torna possível de reutilização para usos menos exigentes, proporcionando também uma economia de recursos naturais e combate ao desperdício.

Este estudo demonstra a metodologia aplicada para a reutilização da água de rejeito do tratamento de água para hemodiálise por Osmose Reversa em descargas de vasos

sanitários, pertencente a um serviço de diálise que funciona dentro de um hospital de médio porte do interior do estado de São Paulo.

2 - METODOLOGIA

2.1 - Caracterização da Área

Trata-se um serviço de hemodiálise hospitalar, constituído de 15 pontos para terapia hemodialítica, 2 salas de reuso de capilares, consultório e sala de treinamento de Diálise Peritoneal. O serviço atende em média 50 pacientes em 2 turnos. O fluxograma básico do processo é apresentado na Figura 1.

A infraestrutura hidráulica desenvolvida desde a construção da unidade em 2007 propiciou o direcionamento do reúso da água para as bacias sanitárias da própria hemodiálise e das seguintes unidades: *Day Clinic* e Emergência. Tais unidades são constituídas de duas redes hidráulicas que abastecem os vasos sanitários: a de água potável e a de água de reuso, as quais são totalmente independentes.

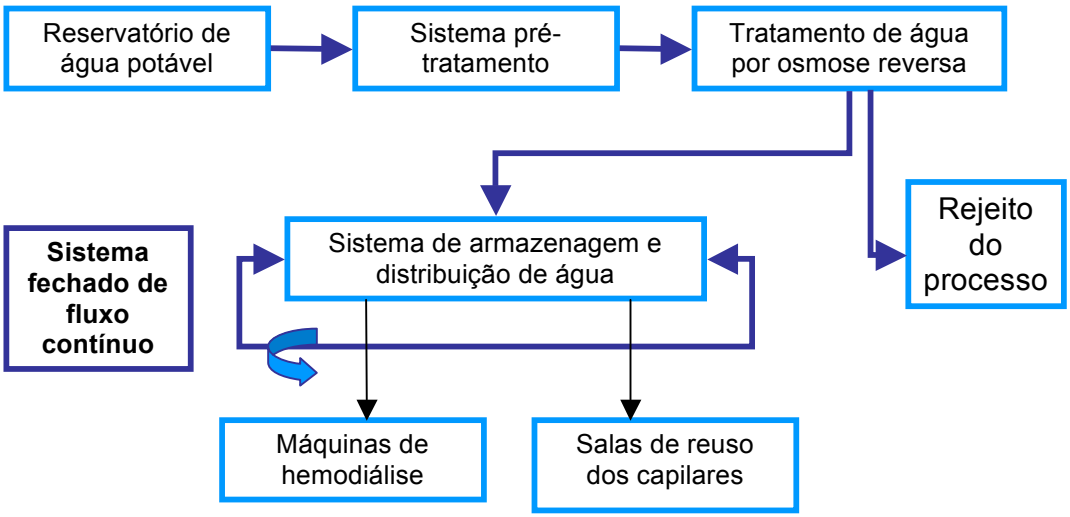

Figura 1 - Fluxograma básico do processo

2.2 - Caracterização do sistema de tratamento de água para hemodiálise

De acordo com o manual do fabricante [4], o sistema de tratamento é composto por um sistema de filtração (filtro multi-meios e filtro KDF), abrandador e unidade automática de osmose reversa.

2.2.1 - Unidade Automática de Osmose Reversa

Esta unidade é constituída por dois equipamentos em série com três membranas cada um. É um sistema chamado de duplo passo, ou seja, a água pré-tratada passa por um equipamento de osmose reversa (denominado de primeiro passo) constituído de três membranas e o permeado (água tratada) deste passo, segue para mais um equipamento de osmose reversa, também constituído de três membranas.

2.3 - Estudo prévio do consumo de água da unidade de tratamento e dimensionamento do volume de água rejeitado.

Foi instalado um hidrômetro na entrada do sistema de tratamento de água e o volume de água consumido foi medido continuamente. Os dados de percentual de água rejeitado na osmose reversa foram baseados em informações do manual do fabricante.

2.4 - Análise físico-química e bacteriológica da água do rejeito do tratamento por osmose reversa.

Foi contratado um laboratório externo localizado na mesma cidade do hospital, para realizar a coleta e análise da água do rejeito do primeiro passo do tratamento por osmose reversa.

- A amostra foi coletada em dois recipientes de 1 L e devidamente identificada pelo técnico de coleta do próprio laboratório e, em seguida, transportada rapidamente ao laboratório em maleta térmica com gelo artificial. A mesma foi submetida à análise dos seguintes parâmetros:
    - Químicos: alumínio, antimônio, arsênio, bário, berílio, cádmio, cálcio, chumbo, cobre, cromo, fluoreto, magnésio, mercúrio, nitrato, potássio, prata, selênio, sódio, sulfato, tálio e zinco;
    - Físico: condutividade
    - Microbiológicos: coliforme fecal e bactérias heterotróficas.

2.5 - Dimensionamento da quantidade de água necessária para atender ao sistema hidráulico de descargas das bacias sanitárias.

Foi realizado um levantamento da quantidade de bacias sanitárias nas unidades onde esta água seria utilizada a fim de verificar se o volume de água produzido seria suficiente para atender todo o sistema. Foi considerada a seguinte equação (1) para calcular o volume de água consumido:

(Quantidade de água consumida por bacia sanitária x Número de bacias) x quantidade de descargas/dia. *(1)*

2.6 – Aquisição, levantamento de custo e instalação do sistema de reutilização.

Foi necessário o dimensionamento e aquisição dos equipamentos que comporiam o sistema de reutilização, seguindo os critérios do projeto que contempla: tubulação para recalque e recipiente para armazenamento de água, bomba hidráulica, bóia e pressostato. Além disso, a localização para montagem do sistema influenciou na definição dos materiais a serem utilizados.

O dimensionamento baseou-se no volume de água rejeitada e na distância do ponto de rejeito até o local de armazenamento da água. O material para a montagem do sistema foi solicitado ao departamento de compras da instituição, o qual, de acordo com normas internas, realizou a cotação com três fornecedores antes de efetivar a compra.

A instalação do sistema também foi realizada por técnicos hidráulicos, elétricos e de construção civil que compõem o quadro do Departamento de Engenharia Hospitalar do hospital.

2.7 – Revisão dos pontos do sistema para *start-up*

Antes de dar início ao sistema de reúso, foram revisados todos os pontos do processo, a fim de verificar se o mesmo encontrava-se completo e seguro.

A revisão foi realizada através do desligamento temporário da água de abastecimento potável que atendia o prédio onde estão localizadas as bacias sanitárias contempladas neste escopo.

Após desligamento e constatação da falta de água no prédio, foi ligado o sistema de reúso e verificado se a água voltou a abastecer os reservatórios das caixas de descarga das bacias sanitárias. Em seguida foram verificados todos os demais pontos de consumo de água (torneiras e bebedouros), onde não deveria existir água.

3- RESULTADOS

A partir da medição através de um hidrômetro instalado na entrada do tratamento de água da hemodiálise, durante um período de seis meses, foi verificado o consumo mensal de água em metros cúbicos, conforme apresentado na Figura 2.

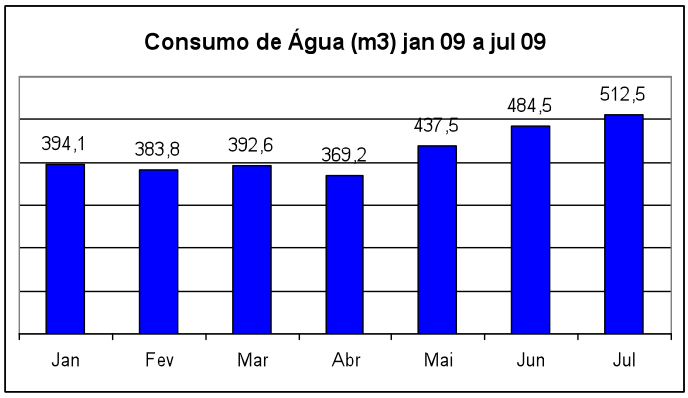

Figura 2 – Consumo de água (m^3) no processo de tratamento da água para uso em hemodiálise.

De acordo com o manual do fabricante (4), a taxa de recuperação do 1º passo é de 60% e a do segundo passo é de 77%. Baseado nisto, foi calculado o consumo de água rejeitada/mês no primeiro passo, escolhido inicialmente para ser o ponto de captação da água a ser reutilizada. Foi constatado que de toda a água que entrava na osmose, 40% era rejeitada, sendo os dados obtidos apresentados na Figura 3.

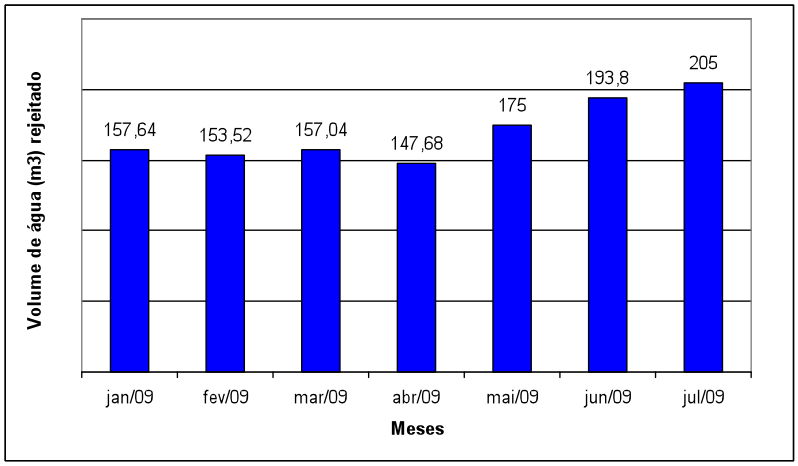

Figura 3 – Volume de água (m^3) rejeitada no primeiro passo do processo de tratamento por Osmose Reversa.

Os resultados das análises químicas da amostra de água rejeitada no primeiro passo no tratamento por osmose reversa são apresentados na Tabela 1. Os resultados foram comparados aos parâmetros estabelecidos pela Portaria 518, de 25 de março de 2004 e pela ANVISA RDC 154, de 15 de junho de 2004, que estabelecem os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e o regulamento técnico para o funcionamento dos Serviços de Diálise, respectivamente [6;7].

Tabela 1: Análise química da água do rejeito do primeiro passo do tratamento por osmose reversa

PARÂMETROS	UNIDADES	L.M.P. RDC 154/04	L.M.P. PORTARIA 518/04	RESULTADO
Alumínio	mg Al/L	0,01	0,2	0,085
Antimônio	mg Sb/l	0,006	0,005	Nd
Arsênio	mg As/l	0,005	0,01	Nd
Bário	mg Ba/l	0,1	0,7	Nd
Berílio	mg Be/l	0,0004	*	Nd
Cádmio	mg Cd/l	0,001	0,005	Nd
Cálcio	mg Ca/l	2	*	Nd
Chumbo	mg Pb/l	0,005	0,01	nd
Cobre	mg Cu/l	0,1	2	0,168
Cromo	mg Cr/l	0,014	0,05	Nd
Fluoreto	mg F/l	0,2	1,5	2,45
Magnésio	mg Mg/l	4		0,044
Mercúrio	mg Hg/l	0,0002	0,001	Nd
Nitrato	mg N/l	2	10	0,27

Potássio	mg K/l	8	*	0,27
Prata	mg Ag/l	0,005	*	Nd
Selênio	mg Se/l	0,09	0,01	Nd
Sódio	mg Na/l	70	200	88
Sulfato	mg So4/l	100	250	9
Tálio	mg Tl/l	0,002	*	Nd
Zinco	mg Zn/l	0,1	5	1,98

Os resultados da análise bacteriológica da amostra de água rejeitada no primeiro passo no tratamento por osmose reversa são apresentados na Tabela 2. Os resultados também foram comparados aos parâmetros estabelecidos pela Portaria 518/2004 e pela ANVISA RDC 154/2004.

Tabela 2: Análise bacteriológica da água do rejeito do primeiro passo do tratamento por osmose reversa

PARÂMETROS	UNIDADES	L.M.P. RDC 154/04	L.M.P. PORTARIA 518/04	RESULTADOS
Coliforme Total	UFC/ml	Ausência em 100 ml	Ausência em 100 ml	Ausência
Bactérias heterotróficas	UFC/ml	200 UFC/ml	500 UFC/ml	10 UFC/ml

Legenda: L.M.P.– Limite Máximo Permitido

A condutividade da água do rejeito do primeiro passo apresentou-se em 350us e a RDC 154/2004 estipula um limite máximo de condutividade de 10us a uma temperatura de 25º. A Portaria 518/2004 não apresenta valores máximos permitidos para este parâmetro.

De acordo com a fórmula apresentada no item 2.5 da metodologia, foi calculado o consumo de água nas bacias sanitárias nas unidades pertencentes ao escopo do projeto de reutilização da água do rejeito do tratamento de água para hemodiálise, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Consumo estimado de água nas bacias sanitárias dos ambientes de interesse deste projeto de reuso de água

DEPARTAMENTO	BACIAS SANITÁRIAS (UNIDADES)	CONSUMO ESTIMADO/DIA (L)	CONSUMO ESTIMADO/MÊS (L)
Hemodiálise	5	300	6300
Day Clinic	4	360	7560
Emergência	8	960	28800
	Total	1620	42660

As análises químicas e bacteriológicas reforçaram o objetivo inicial de utilizar a água do rejeito nos vasos sanitários tendo em vista a concentração de fluoreto (2,45 mg/L)

que excede os limites permitidos pela Portaria 518/2004 para determinação da potabilidade da água.

O sistema de reuso é composto por uma (01) caixa d'água de PVC de 500 L, tubulação de PVC de 54 mm, bomba hidráulica para recalque da água para o sistema de reuso de $6m^3/h$ e pressostato, conforme ilustrado nas Figuras 3 e 4.

Figura 3: Caixa d'água de 500L para armazenamento do rejeito do primeiro passo da osmose reversa.

Figura 4: Caixa d'água, sistema de tubulação em PVC e bomba hidráulica do sistema de reúso de água.

O fluxograma apresentado na Figura 4 demonstra a estruturação do sistema de reúso da água rejeitada pelo tratamento por osmose reversa.

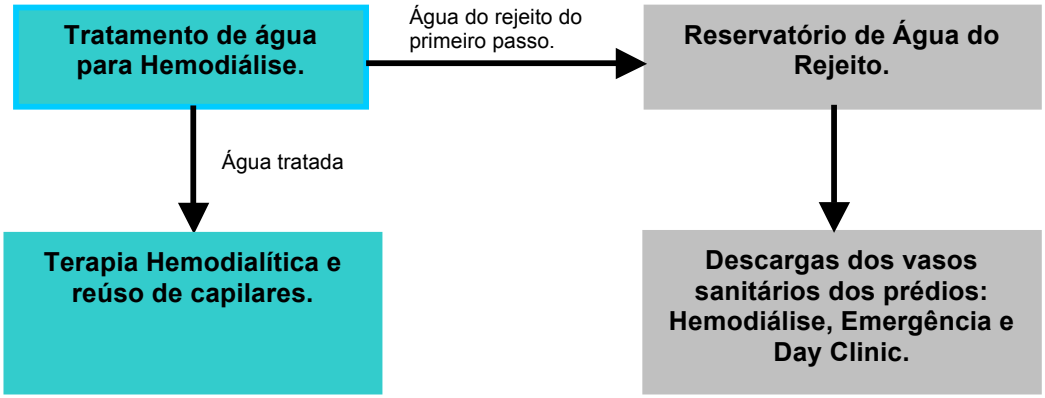

Figura 4 – Fluxograma do sistema de reúso da água do rejeito da osmose reversa.

Para montagem do sistema de reúso houve um investimento inicial de R$ 5.000,00. Neste valor não estão inclusos os gastos com a rede de distribuição de água que abastece a água da caixa de reúso até as caixas de descargas, as quais não fazem parte do escopo deste projeto.

Antes da inauguração, todo o sistema de reúso foi revisado ponto a ponto, para verificar se todos os aspectos de qualidade técnica e segurança estavam atendidos. Foi

observada, nesta verificação, a necessidade de utilização de um produto para conferir cor à água, de forma a diferenciá-la daquela originária do sistema público de abastecimento de água fornecida ao Hospital pelo SAAE e pelo poço artesiano do próprio hospital.

Foi escolhida para esta diferenciação a utilização de uma pastilha bactericida que confere cor azul à água.

Tendo sido atendidos todos os requisitos técnicos e de segurança, o sistema foi inaugurado em agosto de 2009 e permanece em uso até esta data. A Figura 5 demonstra o aspecto da descarga colorida em um vaso sanitário.

Figura 5: Descarga colorida do vaso sanitário pela utilização de pastilha bactericida.

4 - DISCUSSÃO

No que se refere ao estudo para reutilização da água do rejeito da osmose reversa do primeiro passo, foi possível constatar que 40% da água consumida no sistema de tratamento é rejeitada, o que significa que até a implantação do sistema de reúso, aproximadamente 198 m^3 de água eram desprezadas no esgoto mensalmente.

Foi verificado através de análise química e bacteriológica que esta água atende a maioria dos parâmetros da Portaria 518/04, com exceção da concentração de fluoreto (2,45 mg/L), que estava acima do LMP (Limite Máximo Permitido) pela referida Portaria. A análise demonstrou também que a qualidade da água rejeitada atendia, em boa parte, também a RDC 154/04, sendo esta mais rigorosa nos limites permitidos, visto regulamentar a qualidade da água que entrará em contato direto com o sangue do paciente. Sob este aspecto, o rejeito do tratamento por osmose reversa apontou parâmetros mais elevados de Alumínio, Cobre, Fluoreto e Zinco e condutividade. O fato da água do rejeito da osmose apresentar tal qualidade demonstra a eficiência do processo de pré-tratamento, composto por filtro multi-meios, filtro KDF e abrandador.

Para o reúso da água rejeitada pela osmose reversa foi escolhido o sistema de descarga de vasos sanitários das unidades adjacentes ao setor de hemodiálise. A qualidade da água é compatível com este sistema, que não exige, para sua eficiência, uma água com características mais nobres do que a apresentada pela análise efetuada.

A demanda de água para as descargas dos vasos sanitários gira em torno de 42,6 m^3/mês e a produção de água rejeitada pela osmose reversa, conforme demonstrado na Figura 2, é de 198 m^3/mês. Assim, o processo de tratamento de água para uso em hemodiálise ainda descarta 155,4 m^3 de água por mês no esgoto, mas no futuro, outros projetos deverão ser desenvolvidos visando melhorar seu reúso no ambiente hospitalar.

A pastilha bactericida apresentou-se como uma solução estratégica para colorir a água ao mesmo tempo em que a protege de crescimento microbiano. A água colorida também inibe o consumo para fins potáveis, pelo simples fato de não se apresentar incolor.

O sistema de reutilização construído é exclusivo para as bacias sanitárias e como existem duas tubulações, as paradas eventuais para manutenções corretivas ou preventivas, não interrompem o sistema, permanecendo todas as bacias sanitárias em funcionamento com o circuito original, abastecido com água potável.

Outros estudos conduzidos em unidades de hemodiálise do Brasil [8] apontam usos diversos para a água de rejeito do processo de osmose reversa e devem igualmente ser considerados, visto que seu aproveitamento minimiza o uso de água potável pelo estabelecimento de saúde, diminuindo custos e protegendo o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

1. BERNARDI, C. C. Reúso de água para Irrigação. 2003. 52 f. Monografia (Pós-Graduação em nível *lato senso* em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada). ISEA-FGV/Ecobusiness School. Brasília/Distrito Federal.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Reúso de Água. São Paulo, 1992.

3. MANCUSO, P.; SANTOS, H. (Ed.). Reúso de Água. Barueri, SP: Manole, 2003.

4. SOARES, T; SILVA, I.; DUARTE, S.; SILVA, E.. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. Campina Grande, PB, DEAG/UFCG, 2006. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n3/v10n3a28.pdf, acesso em 29/010/20009.

5. WATER WORKS. Relatório do Sistema de Tratamento de Água, 2009.

6. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º518, de 25 de março de 2004.

7. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução (RDC) nº. 154, de 15 de junho de 2004.

8. CALHEIROS, Herlane Costa, SILVA, Guilherme Gomes. Estudo da potencialidade do reúso da água descartada em sistema de purificação de água usada em tratamentos de hemodiálise. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica. v.26, n.3, p. 209-217, Dez 2010.