

**Artigo Original**

Recebido em 23/02/2010, aceito em 23/08/2010

**Estudo da potencialidade de reuso da água descartada em sistema de purificação de água usada em tratamentos por hemodiálise**

*Study of the reuse potentiality of the discarded water in water purification system to hemodialysis treatments*

**Herlane Costa Calheiros\***  
**Guilherme Gomes da Silva**

Grupo de Pesquisa em Saneamento - GES / UNIFEI  
Av. BPS, 1303, Pinheirinho,  
37500-903 Itajubá, MG – Brasil  
E-mail: h2c@unifei.edu.br

\*Autor para correspondência

**Resumo**

A qualidade da água utilizada em tratamentos por hemodiálise é fundamental para a redução dos riscos à saúde dos pacientes que necessitam deste recurso terapêutico. Uma vez que várias fontes podem contaminar os mananciais de abastecimento, a água usada em aparelhos de hemodiálise deve ser purificada e submetida a um controle da qualidade rigoroso, desde o ponto da sua entrada nas clínicas de hemodiálise até o seu uso. Durante o processo de purificação, cerca de 40% dessa água é descartada. Visando o uso racional dos recursos hídricos, estudou-se a potencialidade do uso das águas descartadas durante a purificação das águas usadas em tratamentos por hemodiálise. Para isso foram determinadas as vazões descartadas e as amostras de água de descarte foram analisadas no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de Itajubá (LabSan/UNIFEI) com relação aos seguintes parâmetros: alcalinidade, condutividade, dureza, pH, sólidos totais, sólidos voláteis totais e turbidez. Com a realização deste estudo, verificou-se que em média 6.250 litros por dia de água são descartados na Clínica de Nefrologia e Hipertensão de Itajubá e que, ao invés de serem descartadas, estas águas podem ser usadas para diversas finalidades como, por exemplo, em lavanderia e limpezas em geral, dentre outros usos.

**Palavras-chave:** Água de descarte, Hemodiálise, Concentrado de osmose reversa, Conservação de água, Rejeito do tratamento de água.

**Abstract**

*The quality of the water used in treatments for hemodialysis is crucial for the reduction of risks on patients who need this therapeutic approach. As several sources can contaminate the water supply, the water used in hemodialysis devices must be purified and submitted to a rigorous control of quality, from the point of its entrance at hemodialysis clinics until its use. During the purification process, approximately 40% of this water is discarded. Aiming the rational use of the water resources, the potentiality of the use of discarded waters was studied during the purification process used in hemodialysis facilities. For this, the discarded outflows were measured and the discarded water samples were analyzed in the Sanitation Laboratory of the Federal University of Itajubá (LabSan/UNIFEI) with regard to the following parameters: alkalinity, conductivity, hardness, pH, total solids, total volatile solids and turbidity. In this study, it was verified that 6,250 liters per day on average of water are discarded at the Nephrology and Hypertension Clinical of Itajubá and that, instead of being discarded, these waters could be used for several purposes as, for example, in laundry and general cleaning, among others.*

**Keywords:** Discarded water, Hemodialysis, Concentrated of osmosis reverse, Water conservation, Wastewater treatment.

## Extended Abstract

### Introduction

Water scarcity has led to the ceaseless search of complementary water resources, which raises its cost, in addition to causing associated legal and political-institutional problems. This search tends to become even more important due to the development of more strict laws. In view of this reality, the concept of replacement sources, shows itself as an alternative potential to meet less restrictive demands, releasing higher quality waters for nobler uses, such as household water supply. In Dialysis Centers there is the discard of wastewater from the water treatment system which is used in hemodialysis devices. In Brazil, according to census carried out by the Brazilian Society of Nephrology (SBN, 2008), a total of 684 renal units are active in Brazil and reverse osmosis is the type of water treatment in 93.7% of these units; in 5.6% is osmosis, and in 0.7%, deionization. According to Mickley (2006), in a reverse osmosis system, depending on the water quality, from 25 to 40% of the effluent water is discarded with 3 to 4 times the initial salinity. This article reports the study of wastewater reuse potentiality of the water treatment system of a Nephrology and Hypertension Clinic in Itajubá, MG, Brazil.

### Material and Methods

In Hemodialysis Center, the quality of treated water is directly related to the equipment efficiency, seasonal variations and the nature of water to be treated. The water treatment system of the Nephrology and Hypertension Clinic located in Itajubá, Brazil, is a membrane separation system composed of ultrafiltration filter, softener, activated carbon filter, deionizer, and reverse osmosis device. The water for the water treatment system comes from a 10,000 liters reservoir, which is supplied with drinking water produced at the Water Treatment Plant of the city of Itajubá operated by the Sanitation Company of Minas Gerais - COPASA. The outflow of discarded water was determined using the volumetric method. The parameters: alkalinity, conductivity, hardness, pH, total solids, total volatile solids and turbidity were analyzed at the Sanitation Laboratory of the Federal University of Itajubá (LabSan/UNIFEI). The methodologies of analytical determination

of each parameter are found in Standard Methods of Examination of Water and Wastewater, APHA (1998).

### Results and Discussion

At the Nephrology and Hypertension Clinic of Itajubá, in a single hemodialysis session, approximately 120 liters of ultrapure water is spent per patient. In order to produce one liter of ultrapure water, approximately 625 mL of wastewater is generated, which is discarded. This means that approximately 40% of the water used in hemodialysis treatment is discarded. Wastewater outflow is an average of 6,250 liters per day. Comparing the results obtained with the limits of the water quality required for laundries, the wastewater can be used for that, provided the residual chlorine is kept (greater than  $0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) capable of controlling the number of coliforms in the water. Although, according to Telles and Costa (2007), lack of chlorine in these waters does not interfere with laundry processes, as, during laundering, the products used substitute it. It was verified that this water can also be used in routine activities of the Nephrology and Hypertension Clinic and Santa Casa de Misericórdia of Itajubá such as, for example: washing of corridors and sidewalks, cleaning of rooms, garden irrigations and other similar activities provided that they keep the recommended residual chlorine. It is noticed that the wastewater could also be used in low pressure and medium pressure boilers and steam generation systems, after a complementary treatment and analysis of ammoniac nitrogen and silica levels.

### Conclusions

From the survey, it can be concluded that approximately  $150 \text{ m}^3$  of water is discarded on average monthly and it can be used to less valuable activities. Therefore, it is recommended that this wastewater not to be discarded but used in the cleaning activities of the Nephrology and Hypertension Clinic floors of Itajubá as well as in the laundry room, adjacent building to the treatment plant. So as to ensure that there are no significant changes in the quality of reuse water, it is recommended its systematic monitoring and chlorine application in order to obtain residual concentration of at least  $0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  and, if necessary, further processing.

## Introdução

A escassez de água tem levado à busca incessante de recursos hídricos complementares, o que eleva o seu custo, além de acarretar evidentes problemas legais e político-institucionais associados. Essa busca tende a se tornar cada vez mais importante face ao desenvolvimento de legislações mais severas.

Diante dessa realidade, o conceito de substituição de fontes se mostra como uma alternativa potencial para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu a política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que pode ser traduzida por uma única citação: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior” (United Nations, 1958).

As águas de qualidade inferior, tais como águas residuárias, águas pluviais e águas salobras devem, sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas para usos menos restritivos.

A qualidade da água e o objeto específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e, também, os custos de capital, operação e manutenção associados. Segundo Hespanhol (1997), as possibilidades e formas potenciais de reúso dependem de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

De maneira geral, o reúso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não. A Organização Mundial da Saúde (citado por Mancuso e Santos, 2003) classifica reúso como:

- *Reúso indireto*: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída;
- *Reúso direto*: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- *Reciclagem interna*: é o reúso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Essa mesma publicação diferencia o reúso intencional do não intencional, estabelecendo que, quando o reúso indireto decorre de descargas planejadas a

montante, ou de recargas planejadas no aquífero subterrâneo, ele é designado reúso indireto intencional.

O termo reciclagem é definido como o reúso interno da água para o uso original, antes de sua descarga em um sistema de tratamento ou outro ponto qualquer de disposição. Por outro lado, o termo reúso é utilizado para designar descargas de efluentes que são subsequentemente utilizados por outros usuários, diferentes do original. O reúso planejado direto da água pode ser classificado como reciclagem desde que os efluentes tratados sejam utilizados pela mesma entidade que os produziu, num circuito fechado.

No Brasil há carência de normas e diretrizes que definam plenamente os conceitos, parâmetros e restrições ao reúso das águas residuárias. Sobre reúso de água existe: (i) a Resolução nº 54 (CNRH, 2006) que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, todavia não define padrões de qualidade, e (ii) a norma NBR 13969 (ABNT, 1997) que, em relação ao reúso local, afirma “no caso do esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem dos pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens, etc.” A mesma norma traz a classificação apresentada na Tabela 1 para o reúso de águas.

Em centros de diálise há o descarte de águas residuárias oriundas de sistema de tratamento das águas que são usadas em aparelhos de hemodiálise. O presente estudo teve como objetivo principal avaliar se essas águas descartadas podem ser reusadas para fins menos nobres no próprio centro de diálise.

Segundo o censo realizado pela Sociedade Brasileira de Nefrologia (SBN, 2008), estima-se que mais de 87 mil pessoas no Brasil passam por tratamento dialítico e que mais de 77 mil destes pacientes (89,4%) passam por hemodiálise. Estima-se que o número de pacientes novos cresce em média 9,4% ao ano, como mostram as Figuras 1 e 2.

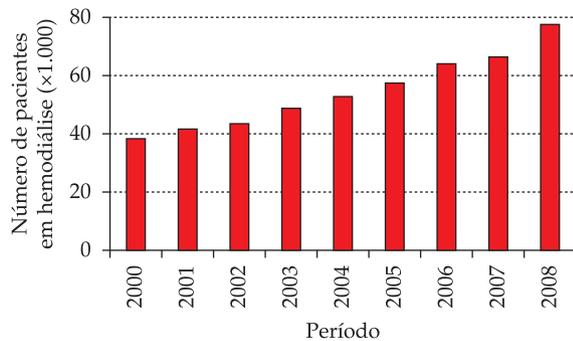
Resultados do censo de 2008 revelaram também que o total de unidades renais ativas no Brasil é de 684 e o tipo de tratamento dado à água em 93,7% destas unidades é a osmose reversa, em 5,6% é osmose, e deionização em 0,7%.

Deionização é o processo de purificação da água que utiliza principalmente resinas sintéticas para a troca seletiva de íons hidrogênio (H<sup>+</sup>) ou hidroxila

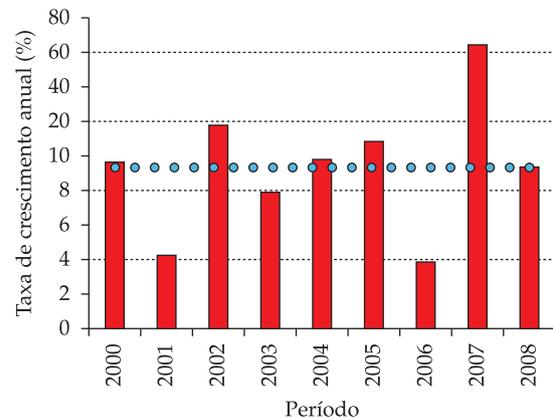
**Tabela 1.** Classes de água de reúso pela norma NBR 13969:1997 e padrão de qualidade (ABNT, 1997). **Table 1.** Classes of water reuse by NBR 13969:1997 standard and quality standards (ABNT, 1997).

Classe das águas de reúso	Aplicações	Padrões de qualidade
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário	Turbidez < 5 µT Coliformes Termotolerantes < 200 NMP/100 mL Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L pH entre 6 e 8 Cloro residual entre 0,5 e 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafarizes	Turbidez < 5 µT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 mL Cloro residual superior a 0,5 mg/L
Classe 3	Descargas em vasos sanitários	Turbidez < 10 µT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 mL
Classe 4	Irrigação de pomares, cereais, forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual	Coliformes Termotolerantes < 5.000 NMP/100 mL* Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L

\*Segundo Hespanhol (1990), a Organização Mundial da Saúde em 1989 estabeleceu, nas diretrizes para o uso de esgotos na agricultura e aqüicultura, o Número Máximo de 1.000 coliformes fecais/100 mL (média geométrica durante o período de irrigação), para irrigação irrestrita de culturas ingeridas cruas, campos esportivos e parques públicos. Entretanto, para gramados com os quais o público tenha contato direto deve ser adotado o Número Máximo de 200 coliformes fecais/100 mL. Além disso, para os nematóides intestinais deve ser < 1 ovo de helminto/L.



**Figura 1.** Número total de pacientes de hemodiálise no Brasil de 2000 a 2008. Adaptado de SBN (2006; 2007; 2008). **Figure 1.** Total number of hemodialysis patients in Brazil from 2000 to 2008. Adapted from SBN (2006; 2007; 2008).



**Figura 2.** Taxa de crescimento anual do número de pacientes de hemodiálise no Brasil de 2000 a 2008. Adaptado de SBN (2006; 2007; 2008). **Figure 2.** Annual growth in the number of hemodialysis patients in Brazil from 2000 to 2008. Adapted from SBN (2006; 2007; 2008).

(OH<sup>-</sup>) por impurezas ionizadas na água. Um sistema de deionização é geralmente composto por: filtro de areia, colunas com resinas de troca iônica, filtro de carvão ativado e filtro de membrana de microfiltração.

Osmose reversa é o processo de separação de impurezas pelo qual a água a ser tratada é submetida à pressão superior à pressão osmótica, possibilitando a sua passagem através de uma membrana semipermeável e a produção de água de elevada pureza química e microbiológica. Um sistema de tratamento de água incluindo osmose reversa é geralmente composto por: filtro de areia, abrandador, filtro de carvão ativado,

filtro de membrana de microfiltração e filtro de membrana de osmose reversa.

A Figura 3 apresenta a evolução da adoção da osmose reversa como principal tipo de tratamento de água utilizado em centros de diálise no Brasil.

De acordo com Mickley (2006), em um sistema de osmose reversa de 25 a 40% da água afluente ao sistema é descartada, dependendo da sua qualidade, com 3 a 4 vezes a salinidade inicial. Segundo Leme e Silva (2003) cerca de 120 litros de água tratada são usados em cada sessão de hemodiálise por paciente, que necessita em média de 10 a 12 sessões mensais. Assim,

pode-se estimar que para cada paciente tratado em sessões de hemodiálise são produzidos em média 500 litros de água de descarte por mês.

Este artigo relata o estudo da potencialidade de reúso da água de descarte do sistema de tratamento de água de uma Clínica de Nefrologia e Hipertensão em Itajubá, MG, considerando principalmente parâmetros físico-químicos e vazão.

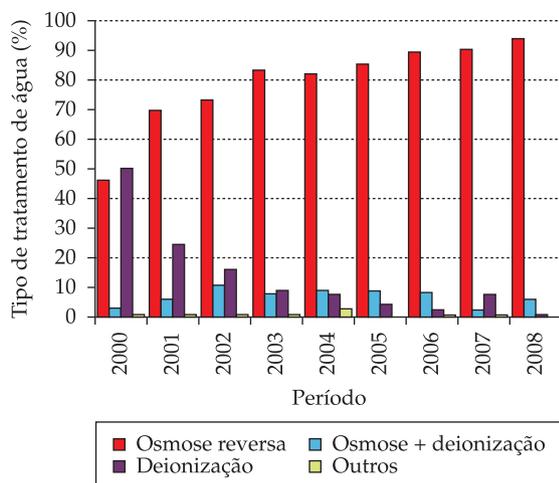
Existe carência de estudos publicados sobre reúso desse tipo de água de descarte, pois a preocupação com a água descartada nas clínicas de hemodiálise é um assunto recente. No entanto, espera-se que o presente estudo sirva de ponto de partida para novas pesquisas e motive o uso racional das águas dentro de clínicas de hemodiálise.

Não somente equipamentos de hemodiálise precisam usar água ultrapura, mas também alguns processos em indústrias finas como, por exemplo, a indústria automotiva (na pintura de veículos) e a farmacêutica usam água de elevada qualidade. Portanto, vários setores produtivos podem ser beneficiados com os resultados desta pesquisa.

### Material e Métodos

Em um Centro de Hemodiálise a qualidade da água tratada está relacionada diretamente com a eficiência dos equipamentos, as variações sazonais e a natureza da água a ser tratada.

O sistema de tratamento de água existente na Clínica de Nefrologia e Hipertensão localizada em Itajubá, no sul do Estado de Minas Gerais, no Brasil,



**Figura 3.** Tipos de tratamento de água empregados em unidades renais de 2000 a 2008 (SBN, 2006; 2007; 2008).  
**Figure 3.** Types of water treatment used in renal units from 2000 to 2008 (SBN, 2006; 2007; 2008).

é um sistema de separação por membrana composto por filtro de ultrafiltração, abrandador, filtro de carvão ativado, deionizador, aparelho de osmose reversa, como mostrado na Figura 4. A Tabela 2 traz a função de cada um dos componentes do sistema de purificação de água.

A água afluente ao sistema de tratamento de água provém de uma caixa d'água de 10.000 litros, que é abastecida com água potável produzida na estação de tratamento de água da cidade, operada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA.

Para se estudar a potencialidade do reúso, algumas características quantitativas e qualitativas das águas de descarte do sistema de tratamento foram investigadas.

A vazão foi determinada utilizando o método volumétrico em quatro dias distintos.

Quatro amostras das águas de descarte (Figura 5) foram analisadas no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de Itajubá (LabSan/UNIFEI) com relação aos seguintes parâmetros: alcalinidade, condutividade, dureza, potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais (ST), sólidos voláteis totais (SVT) e turbidez. As metodologias de determinação analítica de cada parâmetro são encontradas em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, APHA (1998) e são reproduzidas na Tabela 3.

Na Tabela 4 são apresentados alguns parâmetros de qualidade de uma amostra da água de descarte, determinados por Amorim (2007), a saber: demanda



**Figura 4.** Sistema de tratamento de água da Clínica de Nefrologia e Hipertensão de Itajubá.  
**Figure 4.** Water treatment system of Nephrology and Hypertension Clinic of Itajubá.

**Tabela 2.** Finalidade dos componentes do sistema de purificação de água da Clínica de Nefrologia e Hipertensão de Itajubá. **Table 2.** Purpose of water purification system components of Nephrology and Hypertension Clinic of Itajubá.

Componente	Finalidade
Filtro multimeio	Remove principalmente sólidos em suspensão
Abrandador	Remove principalmente cálcio e magnésio, reduzindo assim a dureza da água. Tem ainda a função de diminuir os teores de íons de carga positiva como alumínio e ferro e proteger as membranas do sistema de osmose reversa
Filtro de carvão ativado	Remove principalmente cloro e derivados
Deionizador	Remove praticamente todos os íons presentes na água
Aparelho de osmose reversa (tamanho dos poros de 0,0001 a 0,001 $\mu\text{m}$ )	Remove compostos orgânicos, colóides, sais dissolvidos, vírus, bactérias e microrganismos pirogênicos presentes na água
Filtro de ultrafiltração (tamanho dos poros de 0,01 a 0,1 $\mu\text{m}$ )	Remove microrganismos pirogênicos, material particulado, material coloidal e material orgânico dissolvido de alto peso molecular

química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), sólidos dissolvidos totais (SDT), turbidez, cloreto, fosfato, ferro, sódio, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*.

## Resultados

Para se produzir um litro de água ultrapura, gera-se aproximadamente 625 mL de água residuária que é descartada. Isso significa que aproximadamente 40% da água usada no tratamento por hemodiálise é descartada. A vazão da água de descarte produzida é em média 6.250 litros por dia.

A Tabela 5 apresenta os resultados da qualidade da água de descarte em relação aos seguintes parâme-

tros: alcalinidade, condutividade, dureza, pH, sólidos totais (ST), sólidos voláteis totais (SVT) e turbidez.

## Discussão

Comparando os resultados obtidos e os apresentados por Amorim (2007), Tabelas 4 e 5, com os limites da qualidade de água requerida para lavanderias em todas as fases da lavagem de roupas (pré-lavagem, lavagem, enxágue) apresentados na Tabela 6, nota-se que:

- Com relação aos parâmetros alcalinidade, condutividade, sólidos, turbidez, sódio e manganês, as águas de descarte apresentam características dentro dos limites aceitáveis para o seu uso em lavanderias.
- Para o uso da água de descarte na fase de enxágue, deve-se fazer o monitoramento frequente da dureza e do pH, pois apresentam valores no limite superior ao recomendado. Como na etapa de enxágue não se aplicam sabões, não há preocupação com o consumo excessivo deste produto nesta fase da lavagem. Para não danificar excessivamente a roupa, as temperaturas mais elevadas ocorrem na fase de lavagem; nas outras fases e enxágues a temperatura da água é mais baixa. No entanto, as fases de enxágue não devem favorecer a precipitação de material inorgânico e muito menos depósito de material orgânico.
- É necessário realizar um número maior de análises do teor de ferro para confirmar se o teor presente na água de reúso persiste em ser maior do que o valor recomendado, justificando a sua remoção.
- Coliformes totais estavam presentes na amostra analisada. A determinação quantitativa de coliformes é importante para definir a dosagem de cloro necessária à desinfecção. A princípio, a água hoje descartada pode ser usada na lavagem de roupas desde que mantenha um residual de



**Figura 5.** Ponto de coleta das amostras das águas de descarte do sistema de tratamento de água da Clínica de Nefrologia e Hipertensão de Itajubá, indicado pela seta. **Figure 5.** Collection point of samples of the wastewater of water treatment system of Nephrology and Hypertension Clinic of Itajubá, indicated by arrow.

**Tabela 3.** Métodos analíticos dos parâmetros analisados e apresentados na Tabela 5. **Table 3.** Analytical methods of the parameters analyzed and showed in Table 5.

Parâmetro	Método analítico (número do método*)
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Método da titulação potenciométrica com ácido sulfúrico (2320)
Condutividade elétrica a 25 °C (mS-cm)	Método eletrométrico (2510-B)
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Método titulométrico com EDTA (2340-C)
Potencial hidrogeniônico - pH	Método potenciométrico (4500-H <sup>+</sup> )
Sólidos totais (mg/L)	Método gravimétrico (2540-B)
Sólidos voláteis totais (mg/L)	Método gravimétrico (2540-E)
Turbidez (UNT)	Método nefelométrico (2130)

\* Encontrado no *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

**Tabela 4.** Qualidade da água de descarte (Amorim, 2007). **Table 4.** Quality of wastewater (Amorim, 2007).

Parâmetro	Valor	Método analítico (número do método*)
SDT (mg/L)	181	Método gravimétrico (2540-D)
Turbidez (UNT)	0,1	Método nefelométrico (2130)
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	48	Método do refluxo do dicromato de potássio (5220-D)
DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	38	Determinação do consumo de oxigênio dissolvido após 5 dias de incubação a 20 °C (5210)
OD (mg O <sub>2</sub> /L)	6,2	Método do eletrodo (eletrométrico) (4500-O G)
Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L)	12	Método titulométrico com nitrato mercúrio (4500-Cl B)
Fosfato (mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /L)	0,01	Método colorimétrico (4500-P C)
Ferro total (mg Fe/L)	0,14	Método fenantrolina (3500-Fe B)
Sódio (mg Na/L)	22,5	Método fotométrico (3500-Na)
Manganês total (mg Mn/L)**	não detectado	Método do persulfato (3500-Mn B)
Coliformes totais (P/A)	presente	Método pela técnica de presença/ausência (9221-B)
Coliformes termotolerantes (P/A)	ausente	Método pela técnica de presença/ausência (9221-E)
Escherichia coli (P/A)	ausente	Método pela técnica de presença/ausência (9221-F)

\*Encontrado no *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). \*\*Limite inferior de detecção do método: 0,005 mg Mn/L.

**Tabela 5.** Qualidade da água de descarte do sistema de purificação de água. **Table 5.** Quality of rejected water of water purification system.

Parâmetro	Valor médio	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	51,13	2,42	4,73
Condutividade (mS-cm)	14,43	1,15	7,97
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	40,82	1,56	3,82
pH	7,6	0,1	1,32
ST (mg/L)	210	2	0,95
SVT (mg/L)	130	1	0,77
Turbidez (UNT)	0,32	0,12	37,50

cloro capaz de controlar o número de coliformes na água. Embora, segundo Telles e Costa (2007), a falta de cloro dessas águas não interfere nos processos da lavanderia, pois durante a lavagem são utilizados produtos que o substituem.

Comparando os resultados apresentados nas Tabelas 4 e 5 com os padrões de reúso da Tabela 1, verifica-se que esta água também pode ser usada em atividades rotineiras da Clínica de Nefrologia e Hipertensão de Itajubá como, por exemplo: lavagem de corredores e calçadas, limpezas de salas, regas de jardim e outras atividades similares, desde que mantido um residual de cloro por segurança.

De acordo com os padrões de qualidade de água para a geração de vapor em caldeiras recomendados por Crook (1996 *apud* Mierzwa e Hespanhol, 2005) e apresentados na Tabela 7, observa-se que para os parâmetros determinados analiticamente, a princípio a qualidade da água de descarte encontra-se dentro dos limites aceitos para ser usada em caldeiras de baixa pressão, exceto com relação aos valores de DQO e OD e se, além destes parâmetros, houver a correção do pH e da dureza, a água poderá ser usada em caldeiras de média pressão. No entanto, vale ressaltar que para a água de descarte ser usada de forma segura para a geração de vapor, outros parâmetros devem ser anali-

**Tabela 6.** Requisitos de qualidade para água de uso em lavanderias (FIRJAN, 2007). **Table 6.** Quality requirements for water used in laundries (FIRJAN, 2007).

Parâmetro	Pré-lavagem	Lavagem	Enxágue
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	250	250	150
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	85	85	50
pH	7,5 a 8,5	7,5 a 8,5	6,5 a 7,5
SDT (mg/L)	500	500	100
Turbidez (UNT)	5	5	5
Ferro total (mg/L)	0,1	0,1	0,06
Sódio (mg/L)	200	200	50
Manganês total (mg/L)	0,05	0,05	0,05
Coliformes totais (NMP/100 mL)	ausente	ausente	ausente
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	ausente	ausente	ausente

**Tabela 7.** Requisitos de qualidade para água de uso em caldeiras (Crook, 1996 apud Mierzwa e Hespanhol, 2005). **Table 7.** Quality requirements for water used in boilers (Crook, 1996 apud Mierzwa e Hespanhol, 2005).

Parâmetro	Caldeira de baixa pressão (< 10 bar)	Caldeira de média pressão (10 a 50 bar)	Caldeira de alta pressão (> 50 bar)
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	350	100	40
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	350	1,0	0,07
pH	7,0 a 10,0	8,2 a 10,0	8,2 a 9,0
SDT (mg/L)	700	500	200
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	5,0	5,0	1,0
OD (mg O <sub>2</sub> /L)	2,5	0,007	0,007
Ferro total (mg Fe/L)	1,0	0,3	0,05
Manganês total (mg Mn/L)	0,3	0,1	0,01

sados, como nitrogênio amoniacal, sílica, entre outros, para se definir o tipo de tecnologia de tratamento a ser implantada.

### Conclusão

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de reúso das águas de descarte de sistema de purificação de água em um centro de diálise, pela determinação analítica de parâmetros físico-químicos e vazão. A partir dos resultados, pode-se concluir que se descarta por mês cerca de 150 m<sup>3</sup> em média de água com qualidade suficiente para ser usada para diversas finalidades. Portanto, recomenda-se que essa água residuária não seja descartada, mas seja usada nas atividades de limpeza de piso da Clínica de Nefrologia e Hipertensão, bem como na lavanderia localizada no prédio anexo ao sistema de tratamento.

Para garantir que não haja mudanças significativas na qualidade da água de reúso, recomenda-se o seu monitoramento sistemático, a aplicação de cloro de modo a obter concentração residual de pelo menos 0,5 mg/L e, caso seja necessário, a implantação de tra-

tamento complementar de tal modo que não inviabilize financeiramente o reúso das águas.

### Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969.** Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- AMORIM, G. B. **Conservação de água em hospitais.** Itajubá, MG: Universidade Federal de Itajubá, 2007. Trabalho de diploma apresentado à Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods of the examination of water and wastewater.** 20. ed. Washington: APHA, 1998.
- CNRH – CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** CNRH/MMA, Brasília, DF, 09 mar. 2006.
- FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO. **Manual de conservação e reúso da água na indústria.** Rio de Janeiro: SISTEMA FIRJAN, 2007.

- HESPANHOL, I. Esgotos como recurso hídrico. Parte I: dimensões políticas, institucionais, legais, econômico-financeiras e sócio-culturais. **Revista do Instituto de Engenharia**, v. 55, n. 523, p. 45-58, 1997.
- \_\_\_\_\_. Guidelines and integrated measures for public health protection in agricultural reuse systems. **Journal of Water Supply: Research and Technology - Aqua**, v. 39, n. 4, p. 237-249, 1990.
- LEME, I. L.; SILVA, V. G. **Recomendações para garantia da qualidade da água tratada para uso em unidades de hemodiálise**. São Paulo: Associação Brasileira de Centros de Diálise e Transplantes, 2003. 38 p.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003. 576 p.
- MICKLEY, M. C. **Membrane concentrate disposal: practices and regulations**. (Desalination and Water Purification Research and Development Program Report, 123). Denver: US Department of the Interior, 2006. 312 p.
- MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria – uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 143 p.
- SBN – SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA. **Censo da SBN – Janeiro/2006**. São Paulo: SBN, 2006. 3 p. Disponível em: <<http://198.106.86.84/Censo/2006/GraficosComparativos.ppt>>. Acesso em: 23 ago. 2010.
- \_\_\_\_\_. **Censo da SBN – Janeiro/2007**. São Paulo: SBN, 2007. 8p. Disponível em: <[http://198.106.86.84/Censo/2007/SBN\\_Censo\\_Dialise\\_2007.doc](http://198.106.86.84/Censo/2007/SBN_Censo_Dialise_2007.doc)>. Acesso em: 23 ago. 2010.
- \_\_\_\_\_. **Censo de diálise SBN 2008**. São Paulo: SBN, 2008. 40 p. Disponível em: <<http://198.106.86.84/Censo/2008/censoSBN2008.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2010.
- TELLES, D. D. A.; COSTA, R. H. P. G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Editora Blucher, 2007. 311 p.
- UNITED NATIONS. **Water for Industrial Use Economic and Social Council**. New York: United Nations, 1958. Report E/3058STECA/50.

