

**FACULDADE DOCTUM  
LAYLA DE SALES TOMAZ**

**TRATAMENTO E REUSO DA ÁGUA PROVENIENTE DE TANQUES DE  
SISTEMAS DE HEMODIÁLISE**

Juiz de Fora  
2018

**LAYLA DE SALES TOMAZ**

**TRATAMENTO E REUSO DA ÁGUA PROVENIENTE DE TANQUES DE  
SISTEMAS DE HEMODIÁLISE**

Monografia de Conclusão de Curso,  
apresentada ao curso de Engenharia Civil  
da Faculdade Doctum de Juiz de Fora,  
como requisito parcial à obtenção do título  
de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> MSc Lia Soares  
Salermo.

Juiz de Fora

2018

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF**

Tomaz, Layla de Sales

Tratamento e reuso da água proveniente de tanques de sistemas de hemodiálise / Layla de Sales Tomaz – 2018.

48 folhas.

Monografia (Curso de Engenharia Civil) –  
Faculdade Doctum Juiz de Fora.

1. Tratamento. 2. Hemodiálise.

I. Título. II Faculdade Doctum de Juiz de Fora

**LAYLA DE SALES TOMAZ**

**TRATAMENTO E REUSO DA ÁGUA PROVENIENTE DE TANQUES DE  
SISTEMAS DE HEMODIÁLISE**

Monografia de Conclusão de Curso,  
submetida à Faculdade Doctum de Juiz de  
Fora, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil e  
aprovada pela seguinte banca  
examinadora.

---

Prof<sup>a</sup>. MSc. Lia Soares Salermo

Orientadora e Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof<sup>o</sup>. MSc. Leandro Mota

Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof<sup>o</sup>. MSc. Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva

Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Examinada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelos dons da vida e pela sabedoria, e por sempre estar presente comigo, iluminando o meu caminho, a minha casa, a minha vida profissional e principalmente por me dar saúde e força para concluir mais uma jornada da minha vida acadêmica.

Aos meus pais, Ronaldo e Terezinha, que me ajudaram imensamente durante todo esse tempo e não mediram esforços para fazer com que eu me graduasse e a minha irmã Mariana, por sempre me apoiar e entender que a engenharia seria parte de um grande sonho e que a distância e as ausências fariam parte de tudo isso.

Por fim, agradeço imensamente aos meus professores que durante todas as aulas puderam me passar os seus conhecimentos e ensinamentos sobre a profissão e minha orientadora Lia Salermo que sempre me ajudou e se dispôs a me orientar da melhor maneira para que esse trabalho fosse apresentado.

Obrigada a todos, vocês fazem parte dessa minha conquista.

## RESUMO

TOMAZ, Layla de Sales. Tratamento e reuso da água proveniente de tanques de sistemas de hemodiálise. 48 f. Monografia de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2018.

É possível observar, nos dias atuais, uma série de fatores que podem prejudicar o meio ambiente; dentre eles, o mais notório é o desperdício de água. Recentemente, várias medidas foram adotadas para que se pudesse conservar a água, minimizando assim o consumo, além de proteger os recursos hídricos. Dessa maneira, pode-se observar o interesse das pessoas em rever práticas de controle e uso dos recursos naturais. Pensando em utilizar este insumo de maneira sustentável e racional, o estudo apresentado por este trabalho traz a possibilidade do reuso de água do tanque do pré-tratamento de água para as máquinas de hemodiálise, com o intuito de promover a economia de recursos financeiros e naturais dos centros de diálise. O trabalho foi introduzido através de referências bibliográficas citando as fontes de água, o processo de hemodiálise, as etapas do tratamento de água nos tanques de pré-tratamento para as máquinas de hemodiálise e uma alternativa de se reutilizar a água descartada pelo tanque para o próprio sistema de hemodiálise. Assim, o trabalho tem como justificativa o fato de promover a sustentabilidade de forma a conscientizar a população, além de poder ser útil para auxiliar na gestão de hospitais.

**Palavras-chave:** Água. Hemodiálise. Reuso. Sustentabilidade. Tratamento.

## **ABSTRACT**

TOMAZ, Layla de Sales. Treatment and reuse of water from tanks of hemodialysis systems. 48f. Monography (Graduation in Civil Engineering). Faculty Doctum, Juiz de Fora, 2018.

It is possible to observe, in the present day, a series of factors that can harm the environment; among them, the most notorious is the waste of water. Recently, several measures were adopted to conserve water, thus minimizing consumption, as well as protecting water resources. In this way, one can observe the people's interest in reviewing practices of control and use of natural resources. Considering the use of this input in a sustainable and rational way, the study presented by this work brings the possibility of reuse of water from the pre-treatment water tank to the hemodialysis machines, with the aim of promoting the saving of financial and natural resources of the dialysis centers. The work was introduced through bibliographical references citing water sources, the hemodialysis process, the steps of treating water in the pretreatment tanks for the hemodialysis machines and an alternative to reuse the water discarded by the tank for the own hemodialysis system. Thus, the work has as justification the fact of promoting sustainability in order to raise awareness among the population, besides being useful to assist in the management of hospitals.

**KEYWORDS:** Water. Hemodialysis. Reuse. Sustainability. Treatment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - PROCESSO DE HEMOLIÁLISE .....	16
Figura 2 - DIALISADORES DE FIBRA OCA E DE PLACAS .....	17
Figura 3 - SISTEMA DO DIALISADOR .....	17
Figura 4 - BACTÉRIA GRAM-NEGATIVA .....	20
Figura 5 - MÁQUINA DE HEMODIÁLISE DO TIPO TANQUE .....	25
Figura 6 - MÁQUINA DE HEMODIÁLISE E SEUS PARÂMETROS.....	26
Figura 7 - DEIONIZADOR .....	28
Figura 8 - OSMOSE REVERSA .....	29
Figura 9 - CICLO PERCORRIDO PELA ÁGUA ANTES DE CHEGAR AO ORGANISMO DOS PACIENTES.....	31
Figura 10 - CICLO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TANQUE DE HEMODIÁLISE - ATUAL .....	38
Figura 11 - CICLO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TANQUE DE HEMODIÁLISE COM O SEGUNDO TANQUE.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - RELAÇÃO ENTRE OS SINAIS E SINTOMAS E OS POSSÍVEIS CONTAMINANTES NA ÁGUA .....	19
Tabela 2 - VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS DE CONTAMINANTES QUÍMICOS NA ÁGUA PARA HEMODIÁLISE .....	22
Tabela 3 - MELHORIAS E VANTAGENS DO REUSO DA ÁGUA.....	33
Tabela 4 - RISCOS À SAÚDE ASSOCIADOS AO TIPO DE REUSO .....	35
Tabela 5 - CLASSES DE ÁGUA DE REUSO E PADRÃO DE QUALIDADE .....	36
Tabela 6 - SISTEMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TANQUE DE HEMODIÁLISE - ATUAL .....	39
Tabela 7 - SISTEMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TANQUE DE HEMODIÁLISE COM DOIS SISTEMAS DE TANQUE.....	42
Tabela 8 - COMPARATIVO ECONÔMICO DA QUANTIDADE DE ÁGUA DO TANQUE ATUAL E A QUANTIDADE DE ÁGUA COM DOIS SISTEMAS DE ÁGUA .....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CPHD	Concentrados Polieletrólíticos para uso em Hemodiálise
IDR	Instituto de Doenças Renais
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SBN	Sociedade Brasileira de Nefrologia

# SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
1.1.	OBJETIVOS.....	12
1.1.1.	Objetivo geral.....	12
1.1.2.	Objetivos específicos.....	12
1.2.	Metodologia.....	13
2.	A ÁGUA SOB O CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE.....	14
3.	HEMODIÁLISE.....	15
3.1.	DIALISADOR.....	16
3.2.	QUALIDADE DA ÁGUA.....	17
3.3.	CONTAMINANTES.....	18
3.3.1.	Tipos de Contaminantes.....	20
3.3.2.	Controle de Contaminação.....	23
4.	AS MÁQUINAS DE HEMODIÁLISE.....	25
5.	TRATAMENTO DA ÁGUA DO TANQUE DE HEMODIÁLISE.....	27
5.1.	PRÉ-TRATAMENTO.....	27
5.2.	O TRATAMENTO.....	27
5.2.1.	Deionizadores.....	28
5.2.2.	Osiose reversa.....	29
5.3.	ETAPAS DO TRATAMENTO.....	30
6.	REUSO DA ÁGUA DE HEMODIÁLISE.....	32
6.1.	BENEFÍCIOS DO REUSO.....	33
6.2.	RISCOS RELACIONADOS AO REUSO.....	34
6.3.	REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA.....	35
7.	REUSO DA ÁGUA NO TANQUE DO HOSPITAL PARA O SISTEMA DE HEMODIÁLISE.....	38
7.1.	DESCRIÇÃO DO SISTEMA ATUAL DE HEMODIÁLISE.....	38

7.2. REUSO DA ÁGUA DO TANQUE.....	40
7.3. ECONOMIA DE ÁGUA .....	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46

## 1. INTRODUÇÃO

A população mundial vem desperdiçando um grande volume de água e por mais que este seja um recurso permanente no planeta, sua utilização de forma inadequada pode ocasionar sua escassez. Em razão de a água ser um recurso natural limitado e necessário à vida, conteúdos como a conservação e a preservação dos recursos hídricos têm sido o foco de estudos de pesquisadores de todas as regiões do mundo, que buscam alternativas para o seu uso racional, tratando ou reutilizando esse bem.

Sendo assim, é necessário o uso racional da água e a sua preservação, incluindo mecanismos fundamentais, como políticas efetivas para os recursos hídricos e práticas de reutilização. Diversos equipamentos utilizam este recurso como base para o seu funcionamento.

A presente pesquisa baseia-se na avaliação da possibilidade de reutilização das águas dos tanques dos equipamentos de hemodiálise, haja vista o grande potencial de coleta de água de qualidade em relação às características físicas, químicas e bacteriológicas e de quantidade elevada, proveniente do referido equipamento.

### 1.1. OBJETIVOS

#### 1.1.1. Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo geral apresentar a viabilidade técnica de coleta, tratamento e reutilização da água oriunda do Sistema de Hemodiálise.

#### 1.1.2. Objetivos específicos

a- Descrever o funcionamento do equipamento de hemodiálise e a finalidade da água utilizada no processo.

b- Apresentar informações sobre a qualidade da água utilizada no equipamento de hemodiálise, tanto a água que inicia o processo quanto a água descartada pelo aparelho.

c- Analisar a viabilidade do reaproveitamento da água do processo de tratamento de hemodiálise.

d- Realizar uma proposição de reuso da água oriunda do processo do tanque do tratamento da água para o sistema de hemodiálise em hospital da cidade de Juiz de Fora.

## 1.2. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica com o enfoque de descrever o tratamento e a reutilização da água utilizada no processo do equipamento de hemodiálise.

Para a complementação da pesquisa, foi realizado um levantamento de campo em um determinado hospital de Juiz de Fora a fim de verificar e analisar o processo e os equipamentos de hemodiálise utilizados. Finalmente, foi indicada uma proposição para se elaborar um sistema de coleta, tratamento e reuso de água proveniente desse sistema.

## 2. A ÁGUA SOB O CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE

A água é um dos recursos naturais mais significativos para a humanidade, portanto é notório o interesse das pessoas em rever práticas de controle de uso e consumo desse bem. Em razão disso, surgiu uma preocupação mundial em relação à água, como recurso esgotável e de uso limitado e universal, que pode tornar-se cada vez mais escassa e inadequada para o consumo humano, comprometendo a continuidade da vida humana no planeta (World Water Assessment Programme, 2012 apud Lopes 2017).

O Brasil é classificado como um dos países mais ricos em água e, embora possua uma posição privilegiada em termos de disponibilidade de recursos hídricos, ainda enfrenta problemas relacionados com a distribuição desigual desses recursos (ANA 2017). Dessa forma, o uso descontrolado da água vem sendo o foco de preocupação para os agentes do meio ambiente.

Conforme Carvalho (2014), apesar de o Brasil ser o primeiro país em disponibilidade hídrica em rios do mundo, a poluição e o uso inadequado comprometem esse recurso em várias regiões. Fatores como o aumento da demanda por água somado ao crescimento acentuado das cidades e o uso irracional associado ao desperdício desenfreado, além da degradação dos corpos hídricos, conduzem a um quadro preocupante em relação à manutenção do abastecimento público (SOUZA, 2012 apud Lopes, 2017).

Desta forma, o uso de fontes alternativas e de estratégia de uso racional de água é uma forma de amenizar os problemas de disponibilidade de água e de demanda. Dentre essas alternativas pode-se citar o aproveitamento de água pluvial, o reuso de águas cinzas e a instalação de componentes que ajudam na economia de água (ABNT NBR 15527:2007).

Assim, tendo em vista a possibilidade de coleta, tratamento e reutilização da água oriunda de atividades hospitalares, equipamentos como máquinas de lavar roupa, máquinas de hemodiálise e autoclaves são os que mais necessitam de água. Destacamos a possibilidade de reutilização da água dos tanques para aparelhos de hemodiálise, pois o volume e a qualidade da água tratada no tanque antes de passar pelo sistema de hemodiálise são superiores àquela que é introduzida no tanque.

### 3. HEMODIÁLISE

Conforme a Sociedade Brasileira de Nefrologia (SBN) (2018), a hemodiálise é um procedimento em que uma máquina limpa e filtra o sangue, isto é, faz a parte do trabalho que o rim doente não pode realizar. Ainda segundo a SBN, o procedimento tem como objetivo liberar os resíduos prejudiciais à saúde do corpo, como a quantidade de sal e de líquidos. O processo tem também a função de controlar a pressão arterial e ajudar o corpo a manter o equilíbrio de substâncias essenciais, como o sódio, potássio, ureia e creatina.

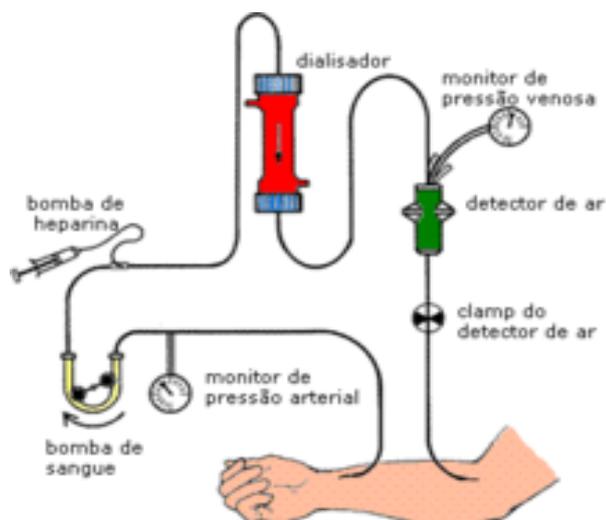
O referido autor informa que a hemodiálise funciona com a máquina recebendo o sangue do paciente por um acesso vascular, que pode ser um catéter (tubo) ou uma fístula arteriovenosa, que depois é impulsionado por uma bomba até o filtro de diálise (dialisador).

O dialisato é uma solução que envolve a água e solutos (sódio (Na), potássio (K), bicarbonato, cálcio (Ca), magnésio (Mg), acetato e glicose) que se conglutinam com o sangue durante o processo de diálise (VASCONCELOS, 2012). Assim, a água utilizada em hemodiálise pode ser derivada de Endotoxinas, que podem causar algumas reações colaterais, como febre, mal-estar, náuseas, etc.

A água utilizada de dialisadores pode ser a fonte de contaminação por Endotoxinas, que grudam nas paredes internas das brás capilares, por onde circula o sangue. Porém, mesmo com o uso de substâncias bactericidas na solução, a Endotoxina pode permanecer ligada à diálise e ser liberada no decorrer da sessão posterior para o sangue (SOBEN, 2018).

Desta forma, o controle adequado da água e a manutenção periódica para a utilização desses equipamentos faz com que o risco bacteriológico para o paciente seja menor.

Figura 1 - PROCESSO DE HEMOLIÁLISE



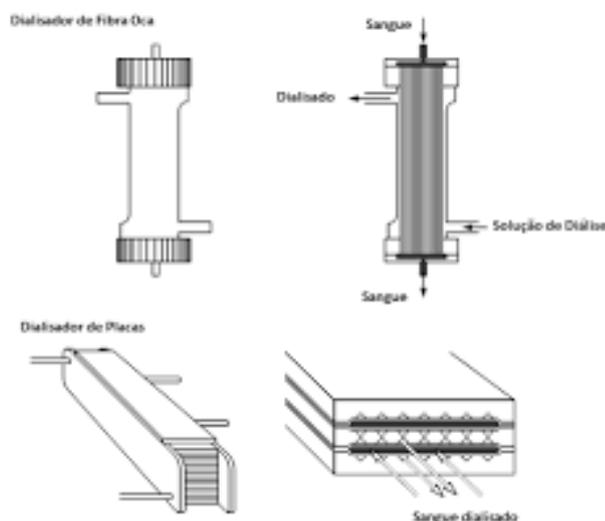
FONTE: Sociedade Brasileira de Nefrologia.

### 3.1. DIALISADOR

Segundo Vasconcelos (2012), o dialisador é o local onde acontecem as trocas por difusão e ultrafiltração do plasma. Atualmente, existem dois modelos básicos de dialisadores, que são as placas paralelas e as capilares de fibras ocas. O filtro do dialisador é formado por duas repartições, uma por onde passa o fluxo de sangue e a outra por onde o dialisato percorre. Esses compartimentos são divididos por uma membrana semipermeável, e o curso do sangue e o dialisato são opostos, permitindo potencializar a diferença de aglomerado dos solutos em todo o filtro. As membranas são constituídas por diferentes substâncias, como a celulose, celulose modificada (celulose acrescida de acetato) e substâncias sintéticas (polissulfina, etc). Além disso, existem diferentes tipos de filtros, cada um com características próprias.

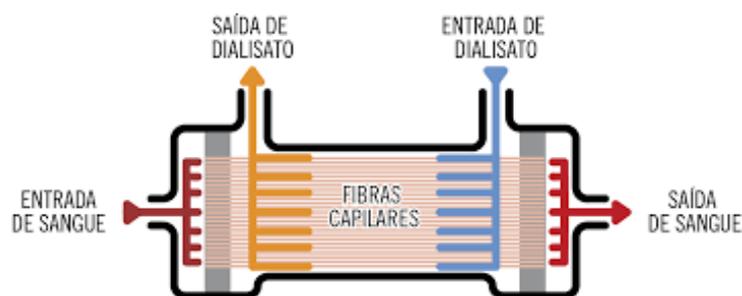
Na figura (2) podem ser observados os dois tipos principais de dialisadores presentes na máquina de hemodiálise, já na figura (3) pode ser visualizado o processo que o sangue e o dialisato fazem de acordo com o dialisador presente na máquina de hemodiálise.

Figura 2 - DIALISADORES DE FIBRA OCA E DE PLACAS



FONTE: Imagem Google, 2018.

Figura 3 - SISTEMA DO DIALISADOR



FONTE: Imagem Google, 2018.

### 3.2. QUALIDADE DA ÁGUA

A água, ao ser tratada para as sessões de hemodiálise, deve ser colocada para dissolver soluções com alta concentração de sais. Solução denominada de concentrados polieletrólíticos em hemodiálise (CPHD), que após ser dissolvida pela máquina de hemodiálise compõe a solução dialisato (RAMIREZ, 2009).

A quantidade de solução usada em cada sessão de hemodiálise é de 120 litros por paciente, esse volume pode alternar entre 18.000 a 36.000 litros por ano (SILVA *et al*, 1996).

Como a hemodiálise é uma terapia na qual o maior insumo é a água, a maior preocupação com a qualidade refere-se aos parâmetros físico-químicos e os

microbiológicos, pois quando não são tratadas, armazenadas e distribuídas de forma adequada poderão ser transferidos aos pacientes (RAMIREZ, 2009).

De acordo com o disposto na Portaria nº 2.914 de dezembro de 2011, que estabelece sobre a metodologia de potabilidade e de domínio e prudência da qualidade da água para consumo humano, a água que alimenta os serviços de diálise é resultante da rede pública e deve seguir seu critério de potabilidade (BRASIL, 2011).

Em conformidade com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o abastecimento de água seguro é quando não apresenta risco à saúde. Pois, na maioria dos problemas relacionados à saúde, a água é consequência de propagação microbológica, contudo a existência de contaminantes biológicos e químicos tem papel fundamental para a utilização da água nas diálises (VASCONCELOS, 2012).

De modo a ser o elemento mais gasto no sistema de hemodiálise, a água ganha atenção redobrada pelos órgãos de vigilância sanitária (ANVISA), pois sua pureza é requisito para a garantia da saúde dos pacientes.

A água potável utilizada na diálise deve ser severamente monitorada de forma a manter os critérios de proteção e qualidade, desta forma é necessário fazer o tratamento adequado antes de ser usada como base para a solução da hemodiálise. Para isso, é imprescindível que os padrões normativos da Resolução da Diretoria Colegiada – RDC. Nº 154, de 15 de junho de 2004 sejam seguidos (BRASIL, 2004).

Como na hemodiálise o maior bem utilizado é a água, o controle da qualidade da mesma deve ser constante, pois a presença de contaminantes indica que o sistema de tratamento da água não foi eficiente para a remoção desses contaminantes.

### 3.3. CONTAMINANTES

Os contaminantes, no geral, são substâncias as quais não pertencem ao ambiente e que podem causar problemas relacionados à estética. Esses contaminantes podem estar presentes também em água e em muitos casos geram complicações de riscos à saúde. E quando o assunto é contaminação de água através da hemodiálise, pensa-se na primeira ocorrência, o evento que ficou conhecido como “Síndrome da água dura” definido através do aparecimento de náuseas, vômitos, fraqueza muscular e hipertensão arterial nos pacientes. Esse quadro estava associado à quantidade significativa de cálcio e magnésio na água não tratada (RAMIREZ, 2009).

Em 1980, ocorreu outro acidente envolvendo a água, esse foi por excesso de flúor (Fluoretação da água para prevenção da cárie dentária) que provocou complicações graves em oito pacientes na cidade de Maryland (GANZI, 1987 apud RAMIREZ, 2009). Oito anos depois, foram constatados quarenta e quatro casos de contaminação na hemodiálise devido a retirada inadequada de cloro da água destinada à diálise (EATON *at al*, 1974 apud RAMIREZ, 2009).

No Brasil, em 1996, na cidade de Caruaru (PE), sessenta e cinco pacientes morreram vítimas de hepatite tóxica (intoxicação). Segundo os jornais do país, a morte foi provocada por uma toxina chamada microcistina, liberada por bactérias que estavam presentes na água usada nas sessões.

Na tabela (1) é possível observar a relação entre os possíveis contaminantes da água na diálise e os sinais e sintomas causados por essa infecção.

*Tabela 1 - RELAÇÃO ENTRE OS SINAIS E SINTOMAS E OS POSSÍVEIS CONTAMINANTES NA ÁGUA*

<b>Sinais e sintomas</b>	<b>Possíveis contaminantes</b>
Anemia	Alumínio, cloraminas, cobre, zinco
Doença óssea	Alumínio, flúor
Hemólise	Cloraminas, cobre, nitratos
Hipertensão	Cálcio, sódio
Hipotensão	Bactérias, endotoxinas, nitratos
Acidose metabólica	pH baixo, sulfatos
Fraqueza muscular	Cálcio, magnésio
Náuseas, vômitos	Bactérias, cálcio, cobre, endotoxinas, pH baixo, magnésio, nitratos, sulfatos, zinco
Deterioração neurológica e encefalopatia	Alumínio

FONTE: RAMIREZ, 2009

### 3.3.1. Tipos de Contaminantes

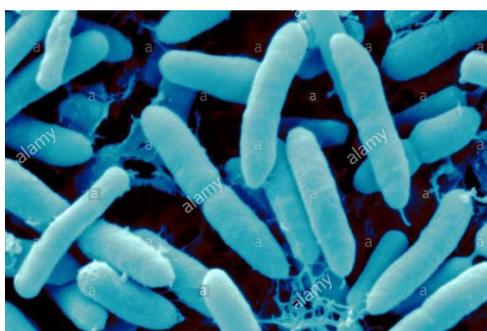
Os contaminantes, no geral, podem ser divididos em contaminantes físicos, químicos e microbiológicos, e dentre esses, os que mais ocorrem no sistema para a hemodiálise são os contaminantes microbiológicos; os contaminantes através de endotoxinas bacterianas, os contaminantes químicos e os contaminantes através de microcistina.

- Contaminantes microbiológicos

Ao vincular os patógenos propagados pela água, diagnósticos revelam uma ligação direta entre a quantidade de reações pirogênicas nos sistemas de hemodiálise e o nível de bactérias encontradas na água e nas soluções de diálise (VASCONCELOS, 2012).

Em água de hemodiálise, aproximadamente 90% das bactérias detectadas são as gram-negativas do gênero *Pseudomonas* (TADDEO, 2000). Tendo em vista que a água ao ser tratada por deionização ou destilação ou osmose reversa, podem desenvolver uma quantidade significativa de bactérias, sendo capaz de causar incidentes por bacteremias e endotoxemias em hemodiálise (VASCONCELOS, 2012).

*Figura 4 - BACTÉRIA GRAM-NEGATIVA*



*FONTE: Imagem Google, 2018.*

- Endotoxinas bacterianas

A endotoxina bacteriana é uma categoria de substâncias chamadas de pirógenos. Nos resultados de diálise, as bactérias, após a morte, soltam este complexo (endotoxinas) infectando a água (VASCONCELOS, 2012). Entretanto, a existência de glicose e bicarbonatos podem gerar um alto crescimento dessas bactérias, produzindo, assim, altos níveis de endotoxinas (SANTOS *et al*, 2000 apud VASCONCELOS, 2012).

A bactéria em contato com o paciente pode causar inúmeras fisiologias, como febre, calafrios, mialgias, náuseas e cefaleias, porém, a longo prazo podem causar caquexia e amiloidose.

Portanto, é fundamental o acompanhamento regular da água quanto ao nível microbiológico, com o propósito de entender as classes patogênicas que possam estar presentes entre a família bacteriana e determinar estratégias que possam controlar a contaminação do sistema que atua sobre este grupo de bactérias (BUGNO *et al*, 2007 apud VASCONCELOS, 2012).

- Contaminantes químicos

De acordo com Silva *et al* (1996), na água para hemodiálise podem ser encontrados três grupos de poluentes minerais. São eles os constituintes normais do concentrado de hemodiálise, os constituintes tóxicos para a água potável e os constituintes tóxicos na hemodiálise.

O constituinte normal da solução de hemodiálise é definido por uma classe de elementos fundamentais na composição final do dialisato. Já os constituintes tóxicos para água são os componentes químicos que apresentam toxicidade e são regulamentados em normas pelo Ministério da Saúde. E por último, os constituintes tóxicos na hemodiálise são a classe de substâncias citadas na legislação para água potável (SILVA *et al*, 1996).

Segundo Ramirez (2009), os elementos químicos que compõem a solução final de diálise são o sódio, o cloreto, o cálcio, o magnésio e o potássio. Esses compostos estão presentes com concentrações elevadas, podendo ser aceitos com concentração considerável na água usada para o tratamento de hemodiálise.

Na tabela (2), pode-se verificar os valores máximos sugeridos para a solução final de diálise. Na mesma tabela, pode-se observar também os valores para os

elementos químicos que apresentam toxicidade, porém, esse grupo equivale a um décimo do apresentado como máximo para a água. Os elementos que apresentam toxicidade são o arsênio, bário, cádmio, chumbo, cromo, mercúrio, prata e selênio.

*Tabela 2 - VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS DE CONTAMINANTES QUÍMICOS NA ÁGUA PARA HEMODIÁLISE*

<b>Componentes</b>	<b>V.M.P</b>	<b>Frequência</b>
Alumínio	0,01 mg/L	Semestral
Cloramina	0,1 mg/L	Semestral
Cobre	0,1 mg/L	Semestral
Fluoreto	0,2 mg/L	Semestral
Sódio	70 mg/L	Semestral
Cálcio	2 mg/L	Semestral
Magnésio	4 mg/L	Semestral
Potássio	8 mg/L	Semestral
Bário	0,1 mg/L	Semestral
Zinco	0,1 mg/L	Semestral
Sulfato	100 mg/L	Semestral
Arsênico	0,005 mg/L	Semestral
Chumbo	0,005 mg/L	Semestral
Prata	0,005 mg/L	Semestral
Cádmio	0,001 mg/L	Semestral
Cromo	0,014 mg/L	Semestral
Selênio	0,09 mg/L	Semestral
Mercúrio	0,0002 mg/L	Semestral
Berílio	0,0004 mg/L	Semestral
Tálio	0,002 mg/L	Semestral
Antimônio	0,006 mg/L	Semestral

*FONTE: Resolução RDC ANVISA nº 154 de 15/06/2004.*

A tabela anterior também apresenta outros elementos que contêm toxicidade documentada para pacientes portadores de doença renal e que necessitam da hemodiálise, como alumínio, cloro, cobre, fluoreto, nitrato sulfato e zinco. Para esse grupo, os valores foram definidos com os menores índices de toxicidade.

Por isso, de acordo com a RDC - ANVISA nº 154 de 15 de junho de 2004, a condutividade da água para diálise não deve ultrapassar de 10  $\mu$ Siemens/cm e deve ser acompanhada constantemente.

- Microcistinas

As cianobactérias têm a função de soltar toxinas potentes e letais (RAMIREZ, 2009). Entre as toxinas foram reconhecidas a microcistina-LR, que é a hepatotóxica, e a anatoxina-a, que são as neurotoxinas (VASCONCELOS, 2012).

No Instituto de Doenças Renais (IDR), em Caruaru (PE), o acidente transformou a história e a prática clínica da hemodiálise. Segundo Coelho (1998), a ausência e a distribuição irregular de água na cidade levaram ao uso de água trazida por caminhão pipa, que, por não ser tratada de forma adequada para o uso em diálise, foi contaminada por toxina de cianobactérias. Como resultado, a maioria dos pacientes apresentou toxemia e veio a óbito.

Após esse episódio, a Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004 (ANVISA), começou a exigir dos órgãos responsáveis pelo tratamento e distribuição da água o controle de cianobactérias na água para hemodiálise, com o intuito de deter tais bactérias e suas grave consequências.

Portanto, diante da constatação da existência de diferentes tipos de contaminantes na água de abastecimento, acredita-se que a manutenção de forma rigorosa do sistema de tratamento de água nas clínicas de hemodiálise seja a medida mais eficaz para a minimização do problema de contaminação dos pacientes renais crônicos.

### 3.3.2. Controle de Contaminação

A garantia do padrão de qualidade da água interfere diretamente na estratégia para o controle da contaminação do sistema de hemodiálise e, perante o ponto de vista sanitário, a imprudência relativa aos riscos de contaminação, assim como as práticas inadequadas no manuseio da água, poderão transmitir aos pacientes vários contaminantes químicos, bacteriológicos e tóxicos, levando ao aparecimento de efeitos colaterais (SILVA *et al*, 1996).

Para que se tenha uma desinfecção eficaz, é necessário incluir a desinfecção dos componentes como um todo, ou seja, toda a rotina de desinfecção nos tanques, tubulações e máquinas devem ser realizadas (SILVA *et al*, 1996).

**“Esterilidade:** A água para diálise não precisa ser completamente estéril, porque a membrana do dialisador é normalmente uma barreira efetiva contra bactérias e endotoxinas. No entanto, as contagens bacterianas na água devem ser mantidas abaixo de 200 colônias/ml, através de desinfecções periódicas do sistema de tratamento da água com desinfetantes apropriados e com o uso de filtros bacteriológicos em alguns casos (STONE, 1983).”

## 4. AS MÁQUINAS DE HEMODIÁLISE

As máquinas de hemodiálise mais antigas possuem um tanque, onde o operador prepara toda a solução que será usada durante a sessão de diálise. Como um paciente adulto consome 120 litros de solução por sessão, uma máquina simples possui um tanque com a mesma capacidade. Entretanto, uma máquina dupla, que pode atender a dois pacientes, dispõe de um tanque de 240 litros (BNDES 2000).

*Figura 5 - MÁQUINA DE HEMODIÁLISE DO TIPO TANQUE*



*FONTE: BNDES, 2000.*

No tanque, são misturados água e os eletrólitos que compõem a solução tratada. Conforme Hoefler (2010), a fórmula para a solução na diálise deve conter o agente tamponante, que visa à administração do equilíbrio ácido-base, além de eletrólitos, glicose e ácido orgânico.

Ainda segundo o autor, atualmente são empregadas duas soluções concentradas, uma alcalina e outra ácida, para que se evitem as precipitações causadas pelo bicarbonato. Além desse fato, o agente tamponante usado nas soluções é o bicarbonato de sódio a 8,4%, já a solução ácida contém glicose, eletrólise e pequena quantidade de ácido orgânico (acético, láctico ou cítrico). No decorrer da sessão de hemodiálise as duas soluções são aspiradas e misturadas com água tratada com pH entre 6,8 e 7,3 e sem o risco de precipitação dos sais.

Anos após a fabricação das primeiras máquinas, foram lançadas as máquinas de proporção, que não possuem tanques, tendo duas entradas para eletrólitos, às quais são ligados dois galões de substâncias químicas e uma entrada para a água. A solução é preparada pela máquina dinamicamente durante a sessão, uma vez que a

programação inicial é feita pelo operador. Além da máquina, uma sessão de hemodiálise requer diversos materiais de consumo, como água, eletrólitos, dialisador, linhas de dutos arterial e venosa, agudas (fistula) e isolador de pressão (BNDES, 2000).

Ainda segundo o BNDES (2000), os equipamentos possuem vários sensores que tornam o procedimento seguro e eficaz. Os principais dispositivos presentes nas máquinas de diálise são o monitor de pressão, a temperatura, a condutividade do dialisato, o volume de ultrafiltração, o detector de ar, entre outros.

Figura 6 - MÁQUINA DE HEMODIÁLISE E SEUS PARÂMETROS



Parâmetros principais para a máquina de hemodiálise	
Modelo	YJ-D2000
Potência de entrada	1500w
Ambiente de trabalho	10°C ~ 30°C (a humidade relativa de não mais que 70%).
Pressão de entrada de água	0,15 MPa ~ 0,6 MPa
Temperatura de entrada de água	10°C a 30°C
Tamanho da máquina	380*400*1380mm (L*W*H)
Tamanho do pacote	680*550*1650mm
Peso Líquido / Peso Bruto	88kg / 93kg

Dialisato	
Temperatura do dialisato	34,0°C ~ 39,0°C
Fluxo de dialisato	300 ~ 800 ml/min
Concentração de dialisato	12,1 mS/cm ~ 16,0 mS/cm ±0,1 mS/cm
Faixa de fluxo de taxa de UF	0 ml/h ~ 4000 ml/h
Relação de resolução	1 ml
Precisão	± 30 ml/h

FONTE: Adaptado, Henan Forever Medical

## 5. TRATAMENTO DA ÁGUA DO TANQUE DE HEMODIÁLISE

O processo de tratamento de água possui filtros primários que são os abrandadores, os filtros de carvão ativado, os deionizadores e a osmose reversa. Sua eficácia depende da capacidade das máquinas, das variações sazonais e também da natureza e origem do fluído a ser tratado, (RAMIREZ, 2009).

Com o avanço da tecnologia, permite-se que tenha água sem contaminantes, entretanto esse avanço não garante resultados eficazes sem que se estabeleçam desinfecções, manutenções e controle periódico em relação à qualidade da água (PORTORIERO *et al* 2005).

### 5.1. PRÉ-TRATAMENTO

Antes de chegar no organismo de um paciente, é preciso que a água passe por um tratamento que consiste em filtração, abrandamento e absorção de substâncias através do carvão ativado que permite a retirada de bactérias e de substâncias produzidas por algas (microcistinas) (RAMIREZ, 2009).

Os filtros mecânicos têm a função de remover os resíduos presentes na água através de um filtro de cartucho de porosidade ou um filtro de sedimentação (quartzo) que retira as impurezas e os sedimentos na água de entrada.

Já os abrandadores têm o objetivo de remover os íons de cálcio e magnésio, além de outros cátions como o ferro e o manganês, através da técnica de troca com o sódio presente na resina.

Além do mais, o filtro de carvão ativado funciona no processo de tratamento de água como absorvedor de cloretos, cloraminas e substâncias orgânicas.

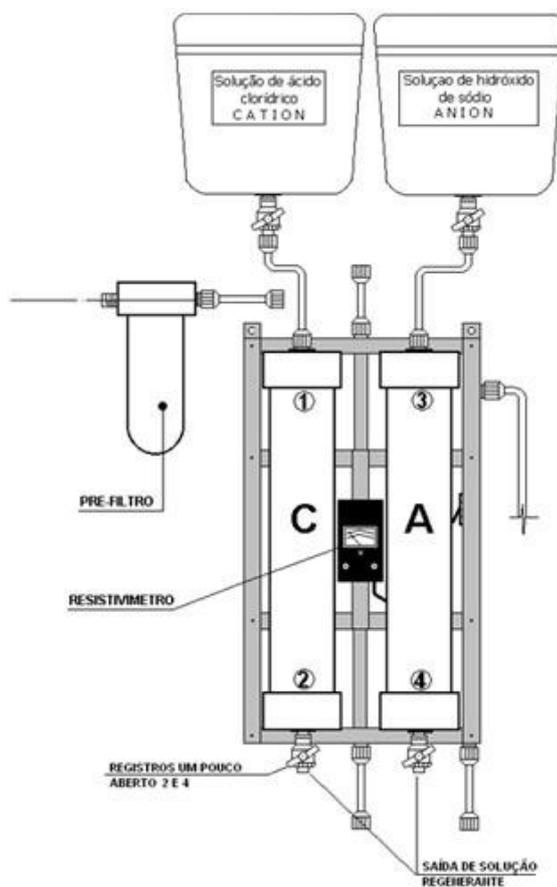
### 5.2. O TRATAMENTO

Segundo Thomé *et al* (2005), a água usada no Brasil para fins de hemodiálise é purificada por dois métodos, o deionizadores e a osmose reversa.

### 5.2.1. Deionizadores

Os deionizadores são formados por resinas capazes de eliminar todos os minerais e acúmulos orgânicos presentes na água, com o objetivo de produzir água deionizada de pureza iônica superior à da água bidestilada. São constituídos por resinas catiônicas e aniônicas que têm a função de firmar ânions para liberar os íons hidroxila. Os deionizadores podem manifestar contaminação bacteriana, já que as resinas aniônicas recolhem as matérias orgânicas que favorecem a proliferação de bactérias, evitando assim a estagnação da água, além de regenerações frequentes e cloração (SILVA *et al*, 1996).

Figura 7 - DEIONIZADOR



FONTE: [www.deionizador.com.br](http://www.deionizador.com.br), 2018.

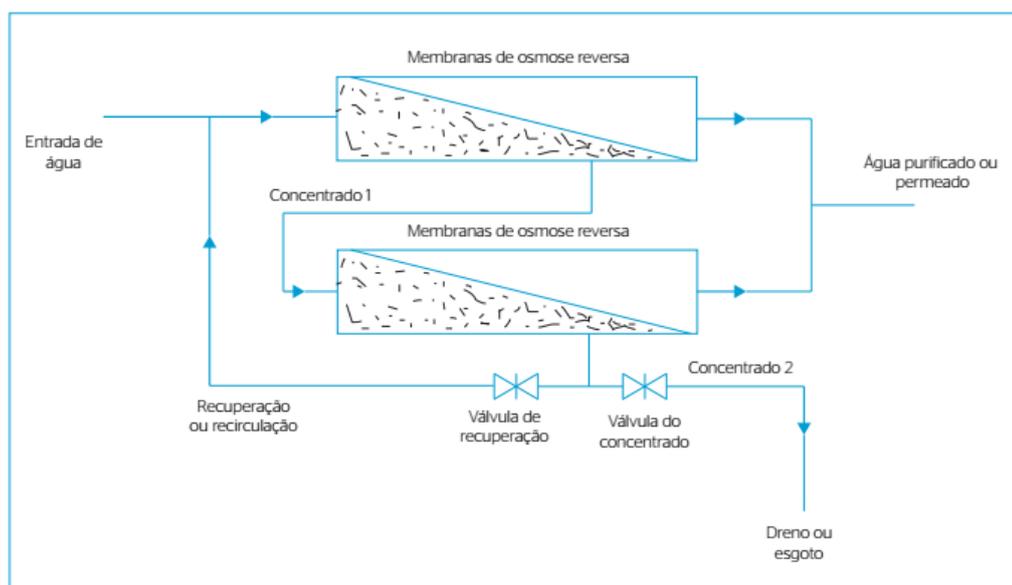
### 5.2.2. Osmose reversa

Segundo Ramirez (2009), a osmose reversa é o processo no qual a água pura pode ser removida de uma solução salina, por meio de uma membrana semipermeável, de forma que a solução esteja a uma pressão superior à pressão osmótica relacionada à concentração salina e com isso inverter a condição da osmose.

Atualmente, existem dois tipos de membrana fundamentais para a utilização do processo de osmose reversa, que oferecem vantagens sobre as demais por produzir uma qualidade de água melhor e ser mais resistente quanto aos processos de desinfecção química, são o acetato de celulose e as poliamidas aromáticas.

Ainda segundo Silva *et al* (1996), a água coletada por meio do método de osmose reversa é extremamente pura em vista da parte físico-química e bacteriológica, pois retém entre 95 a 99% dos contaminantes químicos e pirogênicos. Diante disso, como etapa anterior ao uso em soluções, a água sofre uma ação da luz ultravioleta com esterilização

Figura 8 - OSMOSE REVERSA



FONTE: Scielo

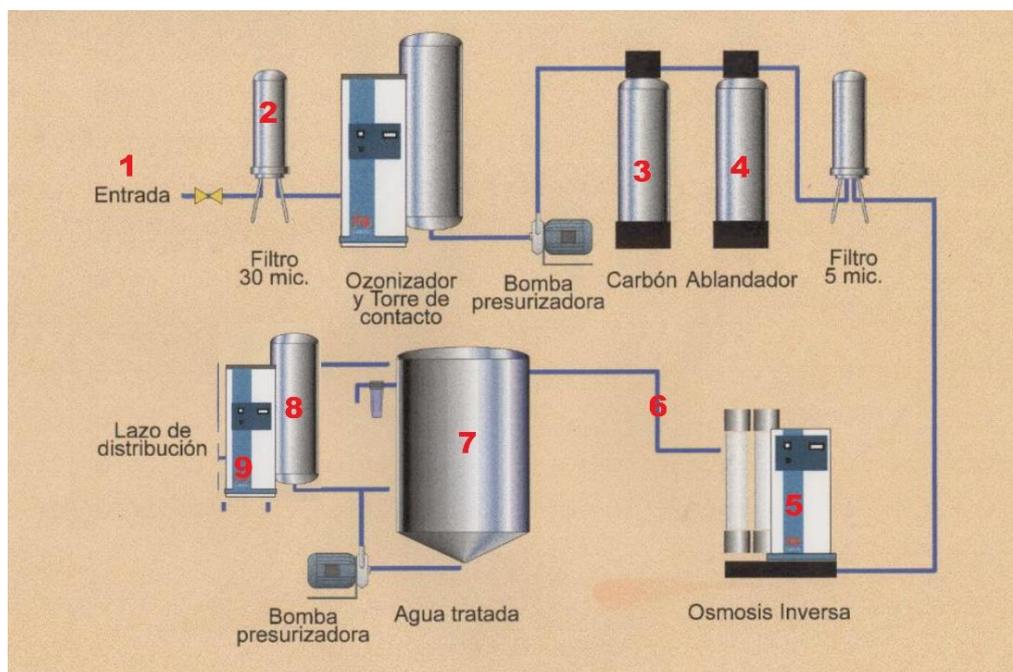
### 5.3. ETAPAS DO TRATAMENTO

Para que a água seja usada nos centros de hemodiálise, é necessário que se faça o tratamento da mesma, assim, na figura 9, podem-se visualizar as etapas necessárias para que se tenha um tratamento adequado da água. Desta forma, a entrada da água ocorre em 1 e passa pela bomba cloradora (2), nesse tanque injeta-se cloro na água a fim de eliminar qualquer tipo de microrganismo que possa contaminar o líquido. Após esse processo, o líquido vai para outro tanque, chamado de coluna de carvão ativado (3), que funciona como um filtro que coíbe o cloro e remove os organismos em suspensão (barro, areia ou materiais sólidos), depois da filtragem, a água em processo de tratamento vai para a bomba de fresina aniônica e catiônica (4), que tem a função de realizar uma retrolavagem com balmora, com o objetivo de eliminar os nitratos e o cálcio, além de lavar a parte interna do sistema. Essas quatro etapas servem para proteger a osmose reversa.

Na quinta etapa, o líquido passa pela máquina de osmose reversa (5), nela a membrana age como filtro com a função de baixar a condutividade da água. No permeado (6), é o líquido que passa pelo centro do filtro e está pronto para ser usado na diálise. Depois, a solução vai para o tanque de água tratada (7), esse tanque é hermeticamente fechado com capacidade de armazenagem de mil litros.

Após todos esses processos de tratamento, a água pode ir para a lâmpada ultravioleta (8), com a função de esterilizar a água, ou para o ozonizador (9), método de esterilização da água através de um gás injetável.

Figura 9 - CICLO PERCORRIDO PELA ÁGUA ANTES DE CHEGAR AO ORGANISMO DOS PACIENTES



FONTE: Cardionefroclinica, 2018.

Portanto, após todas as etapas acima citadas do processo de tratamento da água para a hemodiálise, é possível constatar que a água que chega nas máquinas para o tratamento de diálise é totalmente limpa e sem riscos de contaminantes, mas para isso é necessário fazer sempre a manutenção adequada desses tanques para que não ocorram riscos à saúde.

## 6. REUSO DA ÁGUA DE HEMODIÁLISE

A Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), relata que o reuso da água é baseado nas práticas de racionalização e de preservação dos recursos hídricos.

Medidas como essa reduzem a descarga de poluentes em pontos receptores, o que conserva os recursos hídricos para o abastecimento público, além de outros usos em relação à água (BRASIL, 1999).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) determina que:

- Reuso indireto: ocorre quando a água já é usada, uma ou mais vezes no ambiente doméstico ou industrial e depois é descartada nas águas superficiais ou subterrâneas e usadas de forma diluída.
- Reuso direto: ocorre devido ao uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades. Como para a irrigação, uso industrial, recarga do aquífero e água potável.
- Reciclagem interna: é quando o reuso da água acontece na própria instalação industrial e têm como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Para Brega Fº e Mancuso (2007), os termos abaixo têm os seguintes significados:

- Reuso da água: é o aproveitamento da água usado uma ou mais vezes em algumas atividades humana, com o objetivo de suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original.
- Reciclagem da água: é o reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original.

Para que se torne água de reuso, a água deve passar por algum sistema de tratamento. Dessa forma, a água deve seguir normas e padrões de qualidade, tendo um destino de utilização, que atenda as normas da NBR 13969/1997. Essas técnicas de reuso de água englobam desde a simples recirculação de água de enxague de máquinas de lavar roupas até a aplicação de sistemas mais refinados como o

processo de osmose reversa que visam alternativas que poderiam compor a demanda da água (TELLES; COSTA, 2010).

Assim, qualquer que seja a forma de reuso, é essencial observar os princípios básicos que devem orientar essa prática, que são a preservação da saúde dos usuários, a preservação do meio ambiente, o atendimento consistente às exigências de qualidade e à proteção dos materiais e equipamentos utilizados nos processos de reuso (HESPANHOL, 2002).

### 6.1. BENEFÍCIOS DO REUSO

Acredita-se que com a implantação, a operação e o planejamento adequado do reuso da água podem possibilitar uma série de melhorias ambientais e de condições da saúde. Acrescenta também que a reutilização de águas, de uma forma geral, proporciona além das melhorias, várias vantagens (LOPES, 2017).

Na tabela (3), pode-se analisar as melhorias e vantagens referentes ao reuso da água.

*Tabela 3 - MELHORIAS E VANTAGENS DO REUSO DA ÁGUA*

<b>Melhorias</b>	<b>Vantagens</b>	
Minimização da descarga de esgoto nos corpos hídricos;	Propicia o uso sustentável dos recursos hídricos;	Possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica;
Preservação dos recursos subterrâneos;	Minimiza a poluição hídrica nos mananciais;	Provoca aumento da produtividade agrícola;
Preservação do solo, com acúmulo de húmus e aumento da resistência à erosão;	Estimula o uso racional de águas de boa qualidade;	Gera aumento da produção de alimentos;
Aumento da produção de alimentos (irrigação agrícola), elevando os níveis de saúde, qualidade de vida e de condições sociais.	Permite evitar a tendência de erosão do solo e controlar processos de desertificação, por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes;	Permite maximizar a infraestrutura de abastecimentos de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla de água aduzida.

FONTE: LOPES, 2017.

Malinowski (2006) comprova que são muitos os benefícios derivados das ações de reuso, sendo esses diretos ou indiretos. Desta forma, pode-se afirmar que a vantagem de reutilizar a água está em relação à preservação da água potável para fins de necessidade humana, garantindo a qualidade da água para esta e futuras gerações.

## 6.2. RISCOS RELACIONADOS AO REUSO

Numa eventualidade, caso a implantação do reuso ocorra de forma negligente e irresponsável, tem-se como resultado uma série de riscos à saúde dos usuários e também ao meio ambiente. Para que o uso da água de reuso ocorra de forma adequada, é necessário que siga alguns princípios básicos; o primeiro é quanto à preservação da saúde pública, o segundo é em relação à preservação do meio ambiente e às exigências de qualidade e o terceiro está relacionado à proteção dos materiais e equipamentos usados nos processos de reuso (HESPANHOL, 2002).

O referido autor informa que organismos patogênicos e compostos orgânicos existentes na maioria dos efluentes possíveis para o reuso são rotulados como riscos à saúde, o que torna o reuso inviável. Para Rodrigues (2005), os riscos à saúde pública estão associados às finalidades do reuso, que pode vir a contaminar o ser humano com a água recuperada. Esses riscos derivam da presença de substâncias químicas tóxicas e de micro-organismos que, quando encontrados em quantidades elevadas, são prejudiciais à saúde.

Na tabela (4), estão listados os tipos de reuso relativos aos riscos predominantes à saúde.

Tabela 4 - RISCOS À SAÚDE ASSOCIADOS AO TIPO DE REUSO

<b>Tipos de Reuso</b>	<b>Riscos à saúde</b>
<b>Agrícola</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminação de consumidores de alimentos contaminados com organismos patogênicos e/ou substâncias químicas tóxicas;</li> <li>- Contaminação direta dos trabalhadores;</li> <li>- Contaminação do público por aerossóis;</li> <li>- Contaminação de consumidores de animais que se alimentam de pastagens irrigadas ou que sejam criados em lagoas contaminadas.</li> </ul>
<b>Industrial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conexão cruzada entre sistema de água potável e de reuso;</li> <li>- Contaminação de produtos comestíveis, caso seja usada como água de processo;</li> <li>- Contaminação direta dos trabalhadores.</li> </ul>
<b>Recreacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Doenças de veiculação hídrica, infecção nos olhos, ouvidos, nariz;</li> <li>- Ingestão de contaminantes químicos ou irritação de olhos e mucosas, devido aos efluentes industriais;</li> <li>- Contaminação direta dos trabalhadores.</li> </ul>
<b>Recarga de aquíferos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminação de aquíferos utilizados como fonte de água potável;</li> <li>- Contaminação direta dos trabalhadores.</li> </ul>
<b>Reuso urbano não potável</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reuso;</li> <li>- Contato com a água recuperada utilizada na irrigação de parques, jardins e lavagens de ruas;</li> <li>- Contaminação direta dos trabalhadores.</li> </ul>
<b>Reuso potável</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingestão de contaminantes biológicos e químicos;</li> <li>- Contaminação direta dos trabalhadores.</li> </ul>

FONTES: LOPES, 2017.

Em vista da ação do reuso para fins potáveis, essa ação só deverá ocorrer caso tenha a garantia total do tratamento prévio da água a ser utilizada, essa por sua vez, precisará atender a todas as exigências da vigilância sanitária e do público consumidor. Desta forma, é importante que exista conscientização para a necessidade do reuso para os fins não potáveis e potáveis.

### 6.3. REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA

De acordo com Hespanhol (2008), para a implementação do reuso da água no Brasil é preciso regulamentar, orientar e promover a prática. Para isso, é necessário

incluir normas, padrões de qualidade, código de práticas e atribuições institucionais para as diversas formas de reuso.

Segundo Lopes (2017), o reuso da água é proposto como medida para diminuir os problemas relacionados com a escassez hídrica, fazendo com que o impacto ambiental diminua.

Ao tratar de reuso da água rejeitada pelo sistema de tratamento de água por osmose reversa em clínicas de hemodiálise, Faria, *et al*, (2016), revelaram que tanto pelo ângulo físico-químico quanto microbiológico, as respostas das amostras de água de rejeito após o tratamento de osmose reversa foram adequadas de acordo com a classificação da água nos processos de reuso.

Na tabela 5 é possível observar os pré-requisitos estabelecidos pela NBR 13969/1997, de acordo com a classe de reuso, suas aplicações e padrões de qualidade.

Tabela 5 - CLASSES DE ÁGUA DE REUSO E PADRÃO DE QUALIDADE

Classes das águas de reuso	Aplicações	Padrões de qualidade
<b>Classe 1</b>	Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário.	Turbidez < 5 µT Coliformes Termotolerantes < 200 NMP/100mL Sólidos Dissolvidos Totais < 200mg/L pH entre 6 e 8 Cloro residual entre 0,5 e 1,5 mg/L
<b>Classe 2</b>	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez < 5 µT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100mL Cloro residual superior 0,5 mg/L
<b>Classe 3</b>	Descargas em vasos sanitários.	Turbidez < 10 µT Coliformes Termotolerantes < 500NMP/100 mL
<b>Classe 4</b>	Irrigação de pomares, cereais, forragens pastagens 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

FONTE: NBR 13969/1997 - ABNT, 1997.

Segundo Faria (2016), a falta de padrões nacionais característicos para o reuso de água impede que o uso do rejeito gerado pelo tratamento de água em sistemas de hemodiálise ocorra, já que existe uma interrupção entre a NBR 13.969/1997 e o MS que prevê o reuso de certos efluentes de esgoto e o padrão de potabilidade. Para o autor, o reuso da água rejeitada pelo sistema de hemodiálise era restrito para o uso comum, como na lavagem de calçadas, limpeza do chão e na descarga de vasos sanitários.

Em outros estudos referentes à reutilização da água do sistema de osmose reversa, Lopes (2017), afirma que 31% da água consumida no sistema de tratamento era rejeitada, sendo que esse volume desprezado atendia aos parâmetros de exigências da NBR 13.969/1997. Calheiros e Silva (2010) concluíram também que a água descartada pelo sistema atendia aos padrões de qualidade estabelecidos pela norma e que a qualidade e quantidade eram suficientes para serem usadas em várias finalidades.

Diante dos estudos apresentados, é possível constatar a importância de aproveitar a água após o tratamento por osmose reversa, já que ela apresenta particularidades para o reuso e, desta forma, não deve ser descartada, pois o seu aproveitamento promove proteção ao meio ambiente.

## 7. REUSO DA ÁGUA NO TANQUE DO HOSPITAL PARA O SISTEMA DE HEMODIÁLISE.

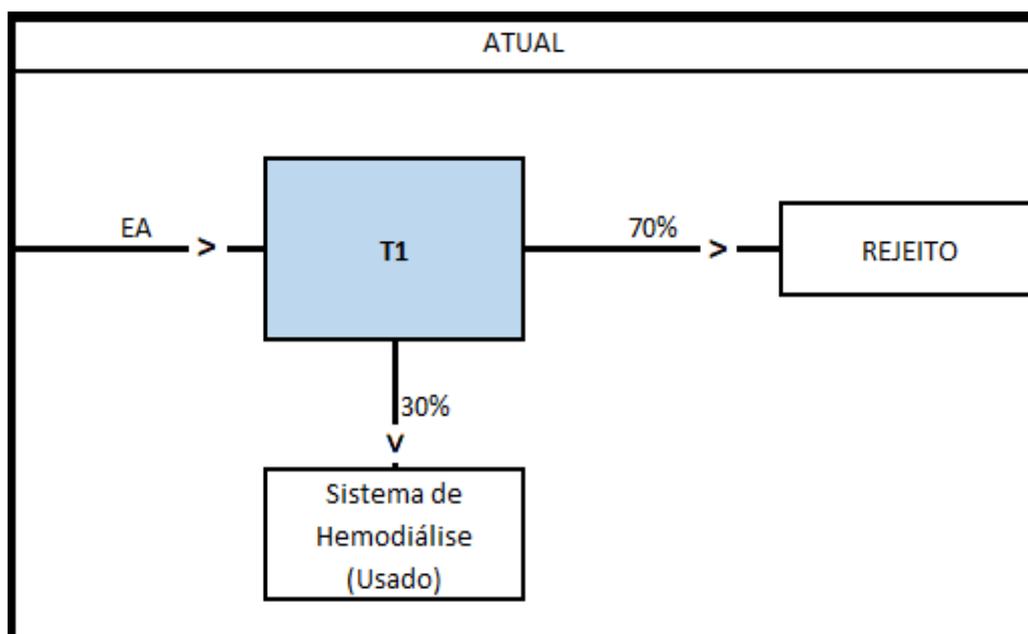
### 7.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA ATUAL DE HEMODIÁLISE

De acordo com Wesley Lima (2018), técnico de equipamentos hospitalares de um hospital em Juiz de Fora, a quantidade de água introduzida no tanque para o tratamento da água usada nas máquinas de hemodiálise equivale a 1.500 L/h proveniente da rede urbana de água potável. Esse volume de água é utilizado, após tratamento, nos sistemas das máquinas de hemodiálise.

Ainda segundo o técnico, após a etapa da osmose reversa, cerca de 30% dessa água (450L/h) vai para o tanque de ozonizador (última etapa do tratamento da água antes de seguir para o sistema de hemodiálise) e, por sua vez, é usada para o tratamento renal. Os outros 70% de água (1.050 L/h) são rejeitados pelo sistema de tanques e segue para a rede de esgoto do município.

A figura (10) apresenta o ciclo da água com a entrada e saída de água no tanque 1.

Figura 10 - CICLO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TANQUE DE HEMODIÁLISE - ATUAL



FONTE: DO AUTOR, 2018.

Na tabela (6), são apresentadas a quantidade de água que chega no tanque (EA T1 – entrada de água no tanque 1), a quantidade de água usada no tratamento (Uso L/h) e, além disso, a quantidade de água que vira rejeito (Rejeito L/h). A tabela também apresenta o total diário e mensal de água recebida, descartada e efetivamente utilizada no sistema de hemodiálise.

*Tabela 6 - SISTEMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TANQUE DE HEMODIÁLISE - ATUAL*

<b>ATUAL (L/h)</b>			
Hora	EA T1 (L/h)	Rejeito (L/h)	Uso (L/h)
1h	1500	1050	450
2h	1500	1050	450
3h	1500	1050	450
4h	1500	1050	450
5h	1500	1050	450
6h	1500	1050	450
7h	1500	1050	450
8h	1500	1050	450
9h	1500	1050	450
10h	1500	1050	450
11h	1500	1050	450
12h	1500	1050	450
13h	1500	1050	450
14h	1500	1050	450
15h	1500	1050	450
16h	1500	1050	450
17h	1500	1050	450
18h	1500	1050	450
19h	1500	1050	450
20h	1500	1050	450
21h	1500	1050	450
22h	1500	1050	450
23h	1500	1050	450
24h	1500	1050	450
Total/dia (L/dia)	36000	25200	10800
Total/mês (L/mês)	864000	604800	259200

FONTE: DO AUTOR, 2018

Desta forma, de acordo com a planilha de simulador de conta fornecida pela CESAMA (2018), o valor de entrada de água diária (água + esgoto) referente a 36,00m<sup>3</sup>/dia é de R\$ 249,99/dia (duzentos e quarenta e nove reais e noventa e nove centavos por dia), já para a entrada de água mensal (água + esgoto), referente a 864,00m<sup>3</sup>/mês é de R\$ 7.417,74/mês (sete mil quatrocentos e dezessete reais e setenta e quatro centavos por mês). Ainda segundo a planilha, o desperdício de água diário (água + esgoto), referente a 25,20m<sup>3</sup>/dia, é de R\$ 163,66/dia (cento e sessenta e três reais e sessenta e seis centavos por dia), e o desperdício de água mensal (água + esgoto), referente a 604,80m<sup>3</sup>/mês, é de R\$ 5.143,26/mês (cinco mil cento e quarenta e três reais e vinte e seis centavos por mês). Os valores calculados possuem o ano de 2018 como referência.

Assim, é notório perceber que dos R\$ 7.417,74/mês (sete mil quatrocentos e dezessete reais e setenta e quatro centavos por mês) gastos pelo hospital com água e esgoto no centro de hemodiálise, R\$ 5.143,26/mês (cinco mil cento e quarenta e três reais e vinte e seis centavos por mês) correspondem a desperdício de água que vai para a rede de esgoto, ou seja, o hospital gasta em média R\$ 2.274,48/mês (dois mil duzentos e setenta e quatro reais e quarenta e oito centos por mês) com água e esgoto que realmente é usado no centro de hemodiálise.

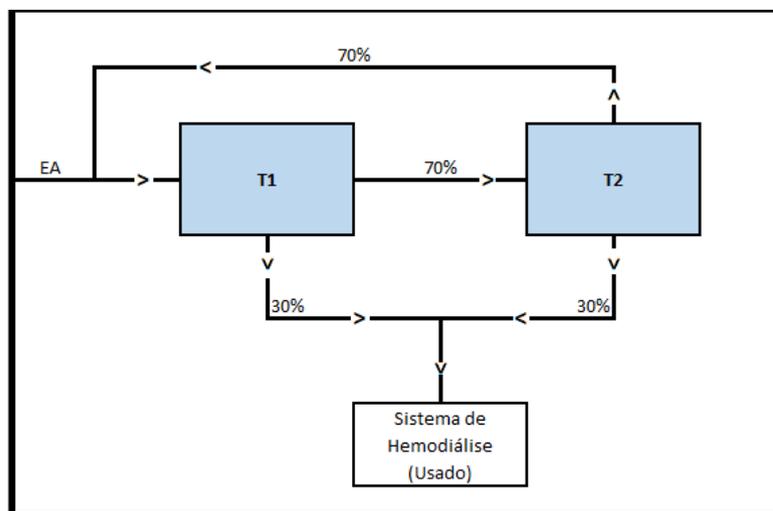
## 7.2. REUSO DA ÁGUA DO TANQUE

Logo após a análise da tabela anterior, percebe-se que os 70% de água (1.050 L/h) rejeitados pelo sistema de tanques após o processo de osmose reversa é água limpa, pois de acordo com as etapas do processo de tratamento de água nos tanques para hemodiálise essa água já passou pela bomba cloradora, pela coluna de carvão, pela bomba de resina aniônica e catiônica e pela osmose reversa. Como a água já passou por essas etapas antes de ser rejeitada, segundo Faria (2016) ela é considerada como água limpa e pode ser usada para algumas finalidades, como lavagem de calçadas, descargas de vasos sanitários e até mesmo para o próprio tanque de hemodiálise.

Visando uma economia sustentável e financeira para o hospital, a equipe técnica do hospital sugeriu a implantação de um segundo sistema de tanques de tratamento de água para as máquinas de hemodiálise, o qual coletará a água rejeitada do processo de osmose reversa.

A figura (11), apresenta o sistema com a implantação de um segundo sistema de tanques, introduzindo um novo ciclo da água.

Figura 11 - CICLO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TANQUE DE HEMODIÁLISE COM O SEGUNDO TANQUE



FONTE: DO AUTOR, 2018.

Objetivando a proposta da equipe técnica do hospital, a tabela (7), simula a quantidade de água que o hospital utilizará caso o segundo sistema de tanques seja introduzido no setor. Nessa tabela, é possível analisar que na primeira hora (1h) a água entra no tanque 1, após as etapas de tratamento, 30% dessa água (450 L/h) segue para o sistema de máquinas de hemodiálise, os outros 70% da água (1.050 L/h) seguem para o tanque 2, que passa mais uma vez pelos processos de tratamento de água. Assim, 30% da água tratada (315 L/h) do segundo tanque segue para o sistema de máquinas de hemodiálise junto com os outros 30% de água do primeiro tanque (450 L/h). Desta forma, a água total a ser utilizada nas máquinas de hemodiálise passa a ser de (765 L/h), ou seja, 70% a mais de água comparado ao sistema atual.

Já com relação aos 70% (735 L/h) de água descartada pelo segundo sistema de tanques, essa volta para a tubulação do tanque 1, assim, na segunda hora (2h) em diante de processo, a entrada de água da rede urbana passa a ser de 765 L/h, ou seja, como é necessário 1.500 L/h de água para o tratamento da água a ser usada pelas máquinas de hemodiálise, serão necessários apenas 765 L/h da rede urbana, já que a quantidade restante (735 L/h), será a água que foi descartada pelo segundo tanque do sistema e que voltará para o tanque 1.

Tabela 7 - SISTEMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TANQUE DE HEMODIÁLISE COM DOIS SISTEMAS DE TANQUE.

REUSO (L/h)							
Hora	EA T1 (L/h) Rede Urbana	Capacidade T1 (L/h)	Usado (L/h)	EA T2 (L/h) 70% T1	Complementar EA T1 (L/h)	Usado (L/h)	Uso total (L/h)
1h	1500	1500	450	1050	735	315	765
2h	765	1500	450	1050	735	315	765
3h	765	1500	450	1050	735	315	765
4h	765	1500	450	1050	735	315	765
5h	765	1500	450	1050	735	315	765
6h	765	1500	450	1050	735	315	765
7h	765	1500	450	1050	735	315	765
8h	765	1500	450	1050	735	315	765
9h	765	1500	450	1050	735	315	765
10h	765	1500	450	1050	735	315	765
11h	765	1500	450	1050	735	315	765
12h	765	1500	450	1050	735	315	765
13h	765	1500	450	1050	735	315	765
14h	765	1500	450	1050	735	315	765
15h	765	1500	450	1050	735	315	765
16h	765	1500	450	1050	735	315	765
17h	765	1500	450	1050	735	315	765
18h	765	1500	450	1050	735	315	765
19h	765	1500	450	1050	735	315	765
20h	765	1500	450	1050	735	315	765
21h	765	1500	450	1050	735	315	765
22h	765	1500	450	1050	735	315	765
23h	765	1500	450	1050	735	315	765
24h	765	1500	450	1050	735	315	765
Total/dia (L/dia)	19095	36000	10800	25200	17640	7560	18360
Total/mês (L/mês)	458280	864000	259200	604800	423360	181440	440640

FONTE: DO AUTOR, 2018.

Na tabela 7, é possível observar o total diário e mensal de entrada de água potável e a quantidade de água usada no sistema. Assim, através dessa simulação constata-se que a quantidade da entrada de água da rede urbana do município passa a ser menor que a do tanque atual e a quantidade de água usada nas máquinas de hemodiálise é 70% maior que a atual utilizada no hospital.

De acordo com a planilha de simulador de conta fornecida pela CESAMA (2018), o valor de entrada de água diária (água + esgoto) referente a 19,09m<sup>3</sup>/dia é de R\$ 119,70/dia (cento e dezenove reais e setenta centavos por dia), já para a entrada de água mensal (água + esgoto), referente a 458,28m<sup>3</sup>/mês é de R\$ 3.866,05/mês (três mil oitocentos e sessenta e seis reais e cinco centavos por mês). Ambos os valores possuem o ano de 2018 como referência.

### 7.3. ECONOMIA DE ÁGUA

Após a análise e comparação da quantidade de água necessária para o sistema com apenas um processo de tratamento e a quantidade de água necessária para o sistema com dois processos de tratamento, foi possível constatar que houve uma redução na quantidade de água vinda da rede urbana, como também a redução do volume de água desperdiçado, avaliou-se a quantidade de água que foi economizada no processo de tratamento e foi apresentada a melhoria do processo de água utilizada no sistema de hemodiálise.

Na tabela (8), apresenta-se a quantidade diária e mensal da entrada de água e a quantidade de rejeitos que foram economizados. Além disso, a tabela também apresenta a quantidade a mais de água que seria usada para as máquinas de hemodiálise, caso a central de hemodiálise dispusesse de dois sistemas de tanques de tratamento.

*Tabela 8 - COMPARATIVO ECONÔMICO DA QUANTIDADE DE ÁGUA DO TANQUE ATUAL E A QUANTIDADE DE ÁGUA COM DOIS SISTEMAS DE ÁGUA*

<b>ECONOMIA (ATUAL - REUSO)</b>			
	Entrada de Água	Reuso	Usado máquina
Total de litros/dia	16.905	7.560	7.560
Total de litros/mês	405.720	181.440	181.440

FONTE: DO AUTOR, 2018.

Assim, ao comparar o custo financeiro mensal de água e esgoto utilizada no sistema atual, de R\$ 7.417,74/mês (sete mil quatrocentos e dezessete reais e setenta e quatro centavos por mês), com o custo financeiro mensal de água e esgoto utilizada no sistema proposto, de R\$ 3.866,05/mês (três mil oitocentos e sessenta e seis reais e cinco centavos por mês), o valor financeiro economizado com água e esgoto passa a ser de R\$ 3.551,69/mês (três mil quinhentos e cinquenta e um reais e sessenta e nove centavos por mês). Desta forma, no período de um ano esse valor pode chegar a R\$ 42.620,28/ano (quarenta e dois mil e seiscentos e vinte reais e vinte e oito centavos). Esses valores possuem o ano de 2018 como referência.

Sendo assim, foi possível verificar que a alternativa sugerida pelo departamento técnico do hospital é viável, porém é necessário que o hospital faça adaptações no setor onde é feito o tratamento da água para que haja espaço para a implantação do segundo tanque onde será armazenada a água que é descartada pelo tanque de osmose reversa.

Além disso, através da sugestão do hospital, foi possível concluir que o custo financeiro de gastos de água e esgoto passou a ser menor, o que possibilita investir em outros setores do hospital.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto que há um crescente interesse por novos mecanismos para reuso da água, o desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise da importância de se reutilizar a água descartada pelos tanques de tratamento de água nos próprios sistemas de hemodiálise.

Durante a pesquisa, foi possível apresentar o funcionamento dos equipamentos de hemodiálise, bem como as etapas dos tanques do tratamento da água para as máquinas de hemodiálise, além de mostrar a finalidade da água usada no processo. Também permitiu apresentar informações sobre a qualidade da água utilizada no equipamento de hemodiálise.

Dada a importância do assunto, foi possível avaliar a reutilização da água tratada, a qual é descartada pelo sistema de tanques, para o próprio centro de hemodiálise. Através de uma proposição de reuso da água oriunda do processo de tanque do tratamento da água do sistema de hemodiálise de um hospital da cidade de Juiz de Fora, puderam-se verificar os aspectos de qualidade da água de descarte do processo, como também foi constatado que essa água já é tratada e pode ser usada para diversos fins. Nesse sentido, foi possível analisar também a economia de água e como consequência, a economia financeira para o hospital.

Dessa forma, estudos sobre o reuso da água dos setores hospitalares devem permanecer em alta, tendo em vista que se trata de um assunto muito pertinente nos dias atuais, pois vai ao encontro da necessidade mundial de economia do maior recurso natural do planeta além de representar uma boa fonte de economia e sustentabilidade para o hospital e também estimular o aparecimento de novas tecnologias que são cada vez mais utilizadas para ajudar neste propósito.

Para pesquisas futuras, será feita a análise prática do reuso da água, além de, verificar quanto o hospital irá gastar com os equipamentos necessários para a implantação do segundo tanque.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527 - Requisitos, de 24 de setembro de 2007.** Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-água-da-chuva.pdf>>. Acesso em: 30 de abril de 2018.

ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <[http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura\\_completo.27432e70.pdf](http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura_completo.27432e70.pdf)> Acesso em: 25 set. 2018

BNDES - **Equipamentos de Hemodiálise**, Brasil. 2000 Biblioteca Digital do BNDES. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3068/2/BS%2012%20Equipamentos%20para%20Hemodiálise\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3068/2/BS%2012%20Equipamentos%20para%20Hemodiálise_P.pdf)> Acesso em 30/06/2018 as 11:20

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução – RDC nº 11, de 13 de março de 2014.** Dispõe sobre os Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Diálise e do outras providencias Disponível em: <https://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/legislacao/item/rdc-154-de-15-de-junho-de-2004> Acesso em: 01 de maio de 2018.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução – RDC nº 154, de 15 de junho de 2004.** Estabelece o Regulamento técnico para funcionamento dos Serviços de Diálise. Disponível em: 01 de maio de 2018.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Resolução nº54, de 28 de novembro de 2005.** Estabelece critérios gerais para reuso de água potável. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília: Senado Federal, 2005.

\_\_\_\_\_. MS. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004.** Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília-DF. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/>>. Acesso em: 27 de set. 2018.

\_\_\_\_\_. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.** Dispoe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano. Brasília: SVS, 2011.

- BRASIL. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA). **Medidas de racionalização do uso da água para grandes consumidores**. Brasília, 1999.
- BREGA Filho, Darci. MANCUSO, Pedro Caetano S. Conceito de reuso de água. In: In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos. (Eds.). **Reuso de água**. Barueri, SP: Manole, 2007.
- CALHEIROS, H. C; SILVA, G. G. Estudo da potencialidade do reuso da água descartada em sistema de purificação de água usada em tratamentos de hemodiálise. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, dez. 2010.
- CARVALHO, Nathália Leal – **Reutilização de águas residuárias**, RS. 2014. Monografia (Centro de Ciências Naturais e Exatas), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS. 2014.
- CESAMA. **Planilha de simulador de conta**, nov. 2018. Disponível em <<http://www.cesama.com.br/?pagina=tarifas>> Acesso em: 03 nov. 2018.
- COELHO, S. N. A água de Caruaru. *Revista Virtual de Medicina*, jul.1998. Disponível em < <http://medonline.com.br>> Acesso em: 27 set. 2018.
- FARIA, P. G. S. *et al.*, **Reaproveitamento do concentrado gerado por sistema de tratamento de água por osmose reversa em uma clínica de hemodiálise**, 2016
- FRESENIUS MEDICAL CARE – **Máquinas de Hemodiálise**, Brasil. 2018. Disponível em: <[www.fmc-ag.com.br/no-mundo-e-no-brasil](http://www.fmc-ag.com.br/no-mundo-e-no-brasil)> Acesso em : 29/06/2018 as 14:32.
- HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil**. Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. *Revista brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*, Porto Alegre, dez. 2002.
- \_\_\_\_\_. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos**. Estudos Avançados, São Paulo, dez. 2008.
- LOPES, Cristianne Maia - **Estudo da Viabilidade do Reuso da Água Rejeitada Pelo Sistema de Osmose Reversa em um Serviço de Hemodiálise**, RN. 2017. Dissertação (Mestrado em Gestão de Processos Institucionais), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN. 2017.
- MALINOWSKI, A. **Aplicação de metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento do reuso de água no meio urbano**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, 2006.

NEFRO CLÍNICA. Disponível em: <<http://www.cardionefroclinica.com.br/?p=1953>> acesso em: 29 set. 2018.

PONTORIERO, G., POZZONI, P., TENTORI, F., SCARAVILLI, P., LOCATELLI, F. **Manutenzione e monitoraggio dell' impianto di trattamento dell' acqua di dialisi.** Giornale italiano di Nefrologia, 2010.

RAMIREZ, SONIA SILVA. **Água pra hemodiálise no estado do Rio de Janeiro:** Uma avaliação dos dados gerados pelo programa de monitoramento da qualidade nos anos de 2006-2007. Rio de Janeiro, 2009.

RODRIGUES, R. S. **As Dimensões Legais e Institucionais de Reuso de Água no Brasil:** Proposta de Regulamentação do Reuso no Brasil, 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SILVA, A. N. M., MARTINS, C. T. B., FERRABOLI, R., JORGETTI, V., ROMÃO Jr, J. E. **Revisão/Atualização em Diálise: Água para hemodiálise.** Jornal Brasileiro de Nefrologia, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 180-188, 1996.

SOBEN. Disponível em: <<https://soben.org.br/agua-para-hemodialise/#>> Acesso em: 25 set. 2018

SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA – **Definição de Hemodiálise,** São Paulo. 2018. Disponível em: <<https://sbn.org.br/publico/tratamentos/hemodialise/>> Acesso em: 29 Jun. 2018 as 10:00.

STONE, J.C. **VAN Dialysis and the treatment of Renal Insufficiency.** Grune & Stratton. Michigan University: 1983. Disponível em: <<http://www.bibliomed.com.br/bibliomed/bmbooks/nefrolog/livro1/cap/cap03.htm>>. Acesso em: 29 set. 2018

TADEOO, L. F. **Diálise e Hemodiálise.** In: FERNÁNDEZ, A. et al. Infecção Hospitalar e suas Interfaces na área da saúde. São Paulo: Ed Atheneu, 2000.

TELLES, D. D; COSTA, R.H. **Reuso de Água:** conceitos e práticas. São Paulo, 2010  
THOMÉ, F. S., SENGER, M., GARCEZ, C., GARCEZ, J., CHEMELLO, C., MANFRO, R. C. **Dialysis water treated by reverse osmosis decreases the levels of C-reactive protein in uremic patients.** *Braslian Journal of Medical and Biological Research*, 2005.

VACONCELOS, P. D. S., **Monitoramento da água de diálise: um estudo de caso em uma clínica do município de recife.** Recife, 2012. (Monografia) Pós-Graduação em Especialização em Gestão de Sistemas e Serviços de Saúde.