



AValiação DA QUALIDADE DO TRATAMENTO DE ÁGUA POR OSMOSE REVERSA EM CLÍNICA DE HEMODIÁLISE E SEUS INTERFERENTES

Naruna Santiago Zanette¹

Débora De Pellegrin Campos²

Carolina Resmini Melo Marques³

Marcos Bianchini⁴

Resumo: A água é um recurso fundamental para os hospitais e clínicas que prestam o serviço de hemodiálise, visto que seu tratamento é uma das etapas mais rigorosas pois a presença mínima de qualquer contaminante, seja orgânico ou inorgânico, pode provocar graves danos aos pacientes atendidos. Seu tratamento necessita de um processo de purificação efetivo, a fim de atender rigorosamente, aos padrões normatizados pela Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 11, de 13 de março de 2014. O risco iminente à saúde do paciente hemodialítico é minimizado quando se utiliza a água em conformidade aos critérios determinados nos procedimentos de diálise. A técnica de purificação da água determinada para o uso em clínicas de hemodiálise é a osmose reversa, este método garante uma purificação segura, eliminando cerca de 95 a 99 % das substâncias indesejáveis. Os ensaios realizados apontaram que a amostra não apresentou conformidade com o estabelecido pela resolução vigente devido a presença de concentrações superiores aos valores máximos permitidos dos analitos: alumínio, berílio e tálio, assim como não foi possível também quantificar com precisão as concentrações dos componentes: arsênio, berílio, chumbo, mercúrio, prata e tálio em virtude dos limites de detecção e quantificação serem superiores ao valor máximo regulamentado. Pode-se concluir que apesar da técnica de osmose reversa ser considerada pela literatura o método mais seguro e efetivo de purificação da água para atender aos requisitos estabelecidos, o desempenho das membranas da osmose reversa precisa ser constantemente monitorado, pois uma eventual ruptura ou redução da sua capacidade de remoção de contaminantes microbiológicos, químicos, endotoxinas, dentre outros, pode causar graves danos aos pacientes atendidos.

Palavras-chave: Água. Osmose Reversa. Hemodiálise. RDC nº 11. Saúde.

1 INTRODUÇÃO

A Doença Renal Crônica (DRC) é uma enfermidade caracterizada pela perda da função dos rins e vem se destacando como um importante problema de

¹ Graduanda em Engenharia Química, 2022. E-mail: naruna.ztt@gmail.com

² Professora do Centro Universitário UniSATC. E-mail: debora.campos@satc.edu.br

³ Professora do Centro Universitário UniSATC. E-mail: carolina.melo@satc.edu.br

⁴ Engenheiro Químico. E-mail: marcos@bianchiniengenharia.com.br



saúde pública em razão da sua prevalência e pelo aumento da sua incidência na população mundial (BUGNO et al., 2017). Em sua fase mais avançada, chamada também de fase terminal de insuficiência renal crônica, os rins já não conseguem realizar suas funções para promover a homeostase e por esse motivo, os pacientes iniciam um tratamento medicamentoso e em algum momento, são submetidos a tratamentos dialíticos (RIBEIRO; JORGE, QUEIROZ, 2020).

De acordo com Smeltzer et al. (2017), a diálise renal é uma terapia de substituição renal e além do transplante renal pode estar compreendida em dois aspectos: diálise peritoneal ou hemodiálise. A hemodiálise é um procedimento de filtração de resíduos extra corporais do sangue realizado pela máquina dialisadora, assim substituindo as funções renais (ROCHA; BARATA, BRAZ, 2019).

A água é um recurso fundamental para os hospitais e clínicas que possuem unidades de hemodiálise e o seu tratamento é uma das etapas mais rigorosas, visto que sua qualidade interfere em todas as etapas do tratamento. A presença mínima de qualquer contaminante, seja orgânico ou inorgânico, pode provocar graves danos aos pacientes atendidos nas clínicas e causar insegurança aos profissionais que atuam nestes setores (FARIA, 2018).

O acidente que ocorreu no Instituto de Doenças Renais (IDR) em Caruaru, Pernambuco, em fevereiro de 1996 transformou a história e prática nas clínicas de hemodiálise. A contaminação com microcistina (uma toxina de cianobactérias) na água utilizada para hemodiálise ocasionou a morte de 65 pacientes. Logo após este episódio foram desenvolvidas as normas técnicas e resoluções para o serviço de diálise e estabelecido o grau de pureza da água bem como o processo de tratamento obrigatório a fim de evitar novos acidentes.

A técnica de purificação da água mais aplicada para o uso em clínicas de hemodiálise é a osmose reversa, que consiste no deslocamento de uma solução diluída em direção a outra mais concentrada por meio de uma membrana semipermeável. Segundo Faria (2018), este método garante uma purificação segura, eliminando cerca de 95 a 99 % das substâncias indesejáveis como partículas orgânicas, inorgânicas, microrganismos, dentre outras.

O risco iminente à saúde do paciente hemodialítico oferecido pela utilização da água potável nos procedimentos em diálise é minimizado pela adequação aos critérios determinados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) denominada como RDC nº 11, que estabelece os requisitos de boas práticas e



funcionamento para o serviço de diálise. Na legislação a água deve atender rígidos padrões de qualidade e possuir um elevado grau de pureza, sendo obrigatório o uso de técnicas de osmose reversa para satisfazer os padrões mínimos de qualidade exigidos.

Neste contexto, o objetivo do estudo consiste em avaliar a eficiência do processo de tratamento de osmose reversa em uma clínica de hemodiálise da região de Criciúma por meio de análises físico-químicas, verificando a conformidade da água tratada de acordo com a resolução vigente. Assim como determinar se há a presença de interferentes e a causa dos mesmos por meio dos resultados obtidos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir será apresentada a fundamentação teórica sobre a qualidade da água do processo de tratamento de osmose reversa e a importância da água pura para o tratamento hemodialítico.

2.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A água é um recurso essencial à sobrevivência de todos os seres vivos. Quando é destinada ao consumo humano, essa deve ser tratada, limpa e estar livre de qualquer contaminação, seja esta de origem microbiológica, química, física ou radioativa (MICHELAN et al., 2019).

De acordo com Schleicher (2013), a água encontrada na natureza pode conter diversos contaminantes, sendo de origem natural ou antrópica, tornando-se imprópria para o consumo e uso humano sob a perspectiva de segurança sanitária. A fim de tornar a água adequada para o consumo, existem muitas técnicas e métodos de tratamento que podem ser utilizados.

O processo de tratamento de água mais empregado no Brasil é a tecnologia de ciclo completo, também conhecida como convencional, sendo constituída pelas etapas: correção de pH, coagulação, floculação, decantação ou flotação, filtração rápida e desinfecção. Contudo, pesquisas e estudos realizados já apontam a limitação destes sistemas em remover de forma efetiva alguns contaminantes emergentes (SCHLEICHER, 2013).



2.1.1 Água no tratamento de hemodiálise

A relação água e saúde é historicamente conhecida: na Grécia Antiga, Hipócrates, em sua obra intitulada “Água, ar e lugares”, desenhava o primeiro esforço sistemático para apresentar as relações de causa e efeito entre o meio físico e a doença (FORTES, BARROCAS, KLIGERMAN, 2019).

De acordo com Maglio Neto e D’Avila (2021), no início do tratamento de hemodiálise crônica, em 1950, não havia preocupação com a água que era utilizada no processo, sendo assim, utilizava-se água potável sem nenhum tratamento prévio. Naquela época, não existia nem mesmo critérios rígidos de potabilidade, os equipamentos para melhora da água dependiam muito da qualidade da água de cada local onde as hemodíalises eram realizadas e consistiam, inicialmente, de forma empírica, de filtros de sedimentação, carvão e abrandadores.

A hemodiálise é um procedimento amplamente empregado no tratamento de deficiência renal, tanto na forma crônica quanto aguda, para normalizar o balanço eletrolítico e remover substâncias tóxicas do organismo por meio de solução de diálise composta principalmente por água (ALMODOVAR, 2018). Este tratamento exige que o paciente se dirija a uma unidade de saúde, geralmente três vezes por semana, para realizar sessões de, em média, quatro horas (RODRIGUES; SILVA, 2019).

As evidências disponíveis na literatura permitem correlacionar os contaminantes da água de hemodiálise com efeitos adversos do procedimento aos pacientes. Considerando a importância no âmbito da saúde pública, o monitoramento regular da qualidade da água e a eficácia dos sistemas de tratamento permitem a tomada de medidas preventivas que podem reduzir danos aos pacientes (BENTES, MESCHÉDE, 2021).

A água utilizada no tratamento de hemodiálise necessita de um processo de purificação efetivo, a fim de atender os critérios estabelecidos. O conhecimento da qualidade microbiológica da água de hemodiálise é importante para o desenvolvimento de programas de monitoramento mais rigorosos visando a prevenção de riscos aos pacientes de hemodiálise (KUPPER, 2019).

De acordo com Ribeiro, Sanches-Pagliaruss e Ribeiro (2016), as análises físico-químicas são instrumentos importantes para o monitoramento da água utilizada para diálise e essas devem ser realizadas periodicamente, com o objetivo de avaliar



o desempenho das membranas de osmose reversa responsáveis pelo tratamento da água de diálise.

Segundo Scavazini e Pinheiro (2020), no tratamento de hemodiálise, usa-se uma grande quantidade de água, que deve ser idealmente pura, isenta de qualquer agente contaminante, isto é, deve receber tratamento excepcional e ser constantemente monitorada. A maior preocupação em relação a qualidade da água utilizada durante o processo refere-se aos seus parâmetros microbiológicos, físico-químicos e a presença de endotoxinas.

2.1.2 Padrões de qualidade para a água de hemodiálise

No Brasil, a legislação que estipula os padrões de qualidade da água para hemodiálise é a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº11. Os padrões de características físicas e organolépticas adotados estão presentes na Tab. 1.

Os padrões adotados nacionalmente seguem preceitos semelhantes às normatizações internacionais, dentre as quais, destacam-se:

- Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI), que estabelece os padrões e recomendações práticas para água de hemodiálise (COULLIETTE; ARDUIN, 2013).
- European Pharmacopoeia, através da European Best Practice Guidelines e da European Renal Best Practice, publicada em 2002, que estabeleceu padrões de qualidade da água, semelhantes aos adotados pela AAMI no mesmo ano e revisados em 2004.
- International Organization for Standardization a ISO 11663:2009 e ISO 23500:2011, com os padrões de qualidade para água de hemodiálise (GLORIEUX et al., 2012).



Tabela 1: Padrão de qualidade estabelecido da água de hemodiálise

Componentes	Valor máximo permitido
Alumínio	0,01 mg/L
Antimônio	0,006 mg/L
Arsênio	0,005 mg/L
Bário	0,1 mg/L
Berílio	0,0004 mg/L
Cádmio	0,001 mg/L
Cálcio	2 mg/L
Chumbo	0,005mg/L
Cloro total	0,1 mg/L
Cobre	0,1 mg/L
Cromo	0,014 mg/L
Fluoreto	0,2 mg/L
Magnésio	4 mg/L
Mercurio	0,0002 mg/L
Nitrato (N)	2 mg/L
Potássio	8 mg/L
Prata	0,005mg/L
Selênio	0,09 mg/L
Sódio	70 mg/L
Sulfato	100 mg/L
Tálio	0,002 mg/L
Zinco	0,1 mg/L

Fonte: Adaptado do Quadro II Anexo à RDC nº 11 (2022).

Os metais pesados são elementos quimicamente reativos os quais podem ocasionar processos de bioacumulação e toxicidade ao organismo, visto que este torna-se incapaz de eliminar tais substâncias (FERRON et al., 2020).

A definição de metais pesados está relacionada aos elementos metálicos cuja densidade é superior a 5 g/cm^3 , sendo estes capazes de corroborar na formação de sulfuretos. Dentre os mais conhecidos, destacam-se: o chumbo, cromo, prata, níquel, ferro, arsênio, cobalto, cádmio e zinco (SOUZA et al., 2018).

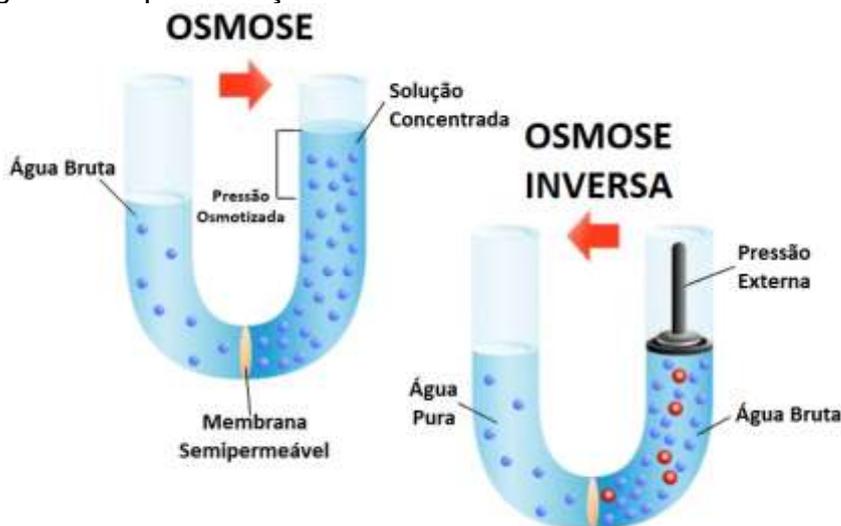
Ainda que em pequenas concentrações, tais substâncias podem influenciar de forma irreversível na fisiologia e bioquímica da célula. Além disso, alguns metais pesados já são classificados como cancerígenos humanos, onde a exposição exacerbada eleva a incidência de uma inflamação crônica, o que por sua vez, passa a desenvolver um estresse oxidativo (acúmulo de radicais livres), sendo este, importante fator para desencadear o desenvolvimento tumoral no processo de carcinogênese (KOEDRITH; SEO, 2011; ZAMUDIO; HA, 2011).

2.2 TRATAMENTO DE OSMOSE REVERSA

A definição da técnica de purificação da água é diretamente influenciada pela finalidade do seu uso, assim como por sua concentração de sais, taxas de vazão, a capacidade do processo, local de implementação, dentre outros fatores (CNPq, 2014).

Dentre os métodos existentes para dessalinização da água, destaca-se a osmose reversa em razão da sua capacidade de remover partículas extremamente pequenas. Por meio de um processo que consiste no uso de uma pressão externa superior a pressão osmótica, pressionando a água a atravessar uma membrana semipermeável, deslocando-se de uma solução de alta concentração de sal para uma mais baixa ou sem nenhum teor deste composto (CAETANO; NETO, 2018). Conforme a representação presente na Fig. 1.

Figura 1: Representação do funcionamento da técnica de osmose



Fonte: Adaptado de Pereira e Quirino (2020).

De acordo com Pereira e Quirino (2020), este processo também é conhecido como a hiperfiltração e seu uso mais comum está na purificação da água, a fim de melhorar as propriedades do líquido. Ele permite a remoção de partículas tão pequenas quanto íons de uma solução. É capaz de reter substâncias com até 0,1 nanômetro, bem como rejeitar sais, partículas, e outros constituintes que têm um peso molecular de aproximadamente 150-250 daltons.



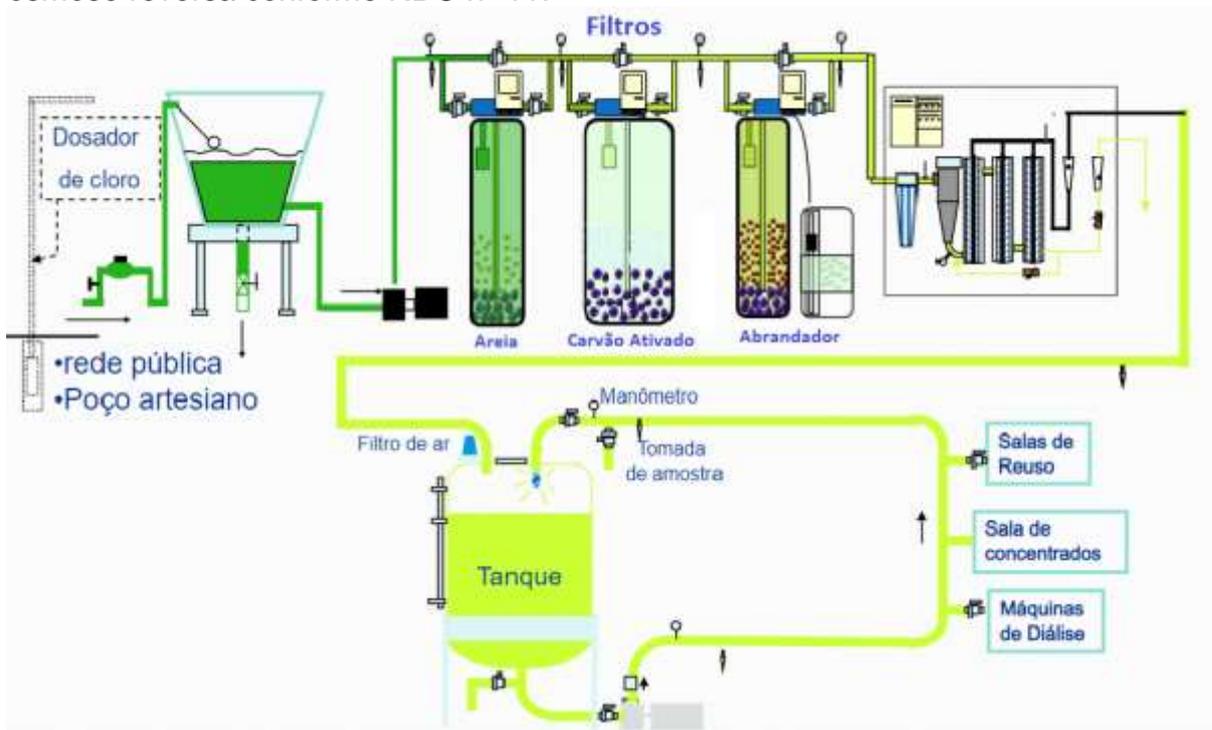
A água é utilizada como insumo principal do processo de hemodiálise e precisa obedecer aos parâmetros contidos na RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) nº 11/2014 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), que estabelece os limites máximos permitidos para contaminação microbiológica e inorgânicos na água (ANVISA, 2014).

De acordo com Ferreira *et al* (2020), os equipamentos de osmose reversa consomem grandes quantidades de água e necessitam de pré-tratamento, a fim de evitar a rotura da membrana, deterioração progressiva e colonização bacteriana, podendo permitir a passagem de grandes contaminantes químicos e microbiológicos. Por este motivo a Estação de Tratamento (ETA), é composta de sistemas pré-tratamento e tratamento, sendo o pré-tratamento constituído de filtros com os seguintes elementos filtrantes: areia, resina catiônica (abrandador), carvão ativado e o propileno, enquanto o tratamento resume-se a osmose reversa (ANVISA, 2014).

Os abrandadores são equipamentos que possuem a função de remover o cálcio, magnésio e outros cátions polivalentes, através de resinas que adicionam sódio e absorvem o cálcio e magnésio. Se a concentração desses elementos na água a ser tratada for elevada, a quantidade de sódio a ser liberada pode também ser elevada, representando risco de hipernatremia. Os filtros com elemento filtrante de carvão ativado têm como função absorver cloretos, cloraminas e substâncias orgânicas. Por serem porosos, possuem alta afinidade por matéria orgânica, o que facilita a contaminação e a proliferação bacteriana quando não são mantidos adequadamente (FERREIRA *et al*, 2020).

É importante citar que a ordem dos pré-filtros dispostos na ETA pode variar de acordo com o fabricante contratado, entretanto, segundo a resolução vigente a disposição correta pode ser vista na Fig.2.

Figura 2: Sistema de pré-tratamento da água antes da passagem pela membrana de osmose reversa conforme RDC nº 11.



Fonte: Adaptado de Mendes (2016).

Segundo Farrugia (2013), a implementação do sistema de osmose reversa exige atenção especial para dois principais pontos: o pré-tratamento e a composição da água. É imprescindível que a água de alimentação seja pré-tratada antes da sua passagem através do sistema.

O pré-tratamento se destina a reduzir as partículas e contaminantes que prejudicam a membrana ou danificam a bomba de alta pressão, instalada logo antes da membrana (FRISCHKORN, 2016).

A composição da água é essencial por considerar que o processo de dessalinização envolve a concentração de sais e possivelmente essa concentração pode atingir um nível alto de saturação com subsequente precipitação. Se isso ocorrer (ou seja, a precipitação de sais na membrana) pode haver a incrustação da mesma, com necessidade de limpeza química (FARRUGIA, 2013).

Após exposição por um período prolongado, as membranas são sujeitas a incrustação por material suspenso ou solúvel presente na água de alimentação. Dentre os exemplos mais comuns de incrustações, destaca-se: carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, óxidos de metais, sílica, e depósitos orgânicos ou biológicos. A eliminação de incrustações pode ser efetuada por lavagem rápida, retrolavagem ou

por limpezas com produtos químicos e, preventivamente, pela mudança das condições de operação (PEREIRA; QUIRINO, 2020).

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A seguir serão apresentados a relação de materiais e reagentes utilizados para a aplicação do procedimento experimental e as etapas executadas das análises conforme representado no fluxograma apresentado na Fig.3.

Figura 3: Fluxograma do processo de coleta e análise adotados para execução do procedimento experimental.



Fonte: Da autora (2022).

De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada nº 11/2014 o procedimento deve seguir os critérios estabelecidos pela norma técnica descrita no Standard Methods (BIRD; EATON; RICE, 2017).

A relação de materiais e reagentes utilizados para a execução dos procedimentos propostos estão dispostos na Tab. 2.



Tabela 2: Materiais e Reagentes

Materiais	Reagentes
Espectrofotômetro de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente	Ácido nítrico (HNO ₃)
Frasco de polietileno de 250 mL com ácido nítrico	Água deionizada
Gaze	Solução de Hipoclorito de sódio 0,65%;
pHmetro	
Pissete	
Termômetro	

Fonte: Da autora (2022).

3.1 AMOSTRAGEM

A fim de assegurar e evitar erros de análises, é imprescindível que a amostragem seja realizada da melhor forma possível, sendo assim, as seguintes etapas foram adotadas ao longo do procedimento de amostragem na clínica de nefrologia estudada.

- Abriu-se a torneira e deixou-se escoar a água pelo tempo de 2 a 3 minutos para que o líquido parado na tubulação não seja analisado e sim o que está sendo distribuído no momento;
- Realizou-se a desinfecção da torneira (interna e externa) com gaze estéril embebida de solução de Hipoclorito de sódio 0,65%;
- Abriu-se novamente a torneira por aproximadamente 1 ou 2 minutos, a fim de remover o hipoclorito residual;
- Removeu-se a tampa do frasco de polietileno com 2 mL ácido nítrico 65%, com todos os cuidados de assepsia, tomando precauções para evitar a contaminação da amostra;
- Segurou-se o frasco próximo da base verticalmente;
- Efetuou-se o enchimento do frasco com a amostra até o menisco, isto é, até a demarcação do volume de 250 mL, mantendo um espaço vazio de aproximadamente 2,5 a 5,0 cm do topo;
- Mediu-se o pH com pHmetro AK95 da Akso e as temperaturas da amostra e ambiente com termômetro da Incoterm;
- Fechou-se o frasco imediatamente após a coleta;
- Rotulou-se o frasco com sua respectiva identificação;
- Preencheu-se a ficha de coleta com os dados lidos nos equipamentos de medição;



- Após a coleta, acondicionou-se os frascos em caixa de isopor contendo gelo para que permanecesse conservada na temperatura desejada (-0°C a 6°C) e enviou-as ao laboratório.

É importante ressaltar que esse procedimento de amostragem também foi adotado para a água bruta, isto é, a água originada na entrada da estação de tratamento afim de avaliar a eficiência do tratamento prestado. Essa amostragem foi realizada no mesmo dia, com as mesmas condições de operação, condições climáticas e técnico responsável.

3.2 DETERMINAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES NA ÁGUA

Após a execução do procedimento de amostragem, a amostra foi conservada em caixa de isopor com gelo reciclável e enviada por meio de transportadora para a sede do laboratório Acquaplant, localizado em Joinville – SC, onde após o recebimento realizou-se a análise crítica da mesma, isto é, determinou-se se a amostra estava apta para realização das análises desejadas e verificou-se as suas condições, tais como: temperatura, volume, frascaria, conservação adequada, pH, as informações de coleta, dentre outros fatores.

Logo, a amostra foi encaminhada ao setor de análise denominado como ICP (Plasma por Acoplamento Indutivo) do laboratório Acquaplant, onde está localizado o espectrofotômetro de emissão óptica ICP-OES 700 Series da marca Agilent. O princípio básico da análise por ICP-OES norteia-se em identificar e quantificar os elementos químicos através da medição da emissão da radiação eletromagnética de átomos e íons gerada a partir da ionização do gás argônio formando um plasma livre da interferência de suas matrizes (TAVARES, 2013).

As principais vantagens da técnica de plasma indutivamente acoplado de acordo com Tavares (2013) são: a elevada temperatura da tocha (até 10000 K) capaz de promover a transição eletrônica da maioria dos elementos químicos, baixo limite de detecção de elementos traço com alta sensibilidade, elevada densidade eletrônica (10^{14} a 10^{15} $\text{e}^{-}\text{cm}^{-3}$), formação de elevada população de átomos livres, ausência de eletrodos, possibilidade de se fazer 16 determinações multielementares simultâneas em um curto tempo, comprimento de onda entre 120 – 900 nm, frequência 27,12 a 40 MHz, potência 1 - 2 KW e uso de gases não explosivos.



Em virtude das inúmeras vantagens da utilização na metodologia por ICP-OES, essa foi a técnica de análise adotada para o estudo, uma vez que o equipamento consegue ler todos os parâmetros requisitados pela resolução e é rápido na liberação de resultados.

No equipamento a amostra foi inserida em um sistema de introdução para amostra, logo após ser seca, atomizada e excitada no plasma para que ocorresse a ionização e excitação dos íons.

Determinou-se e quantificou-se todos os componentes presentes na Tab. 1, que compreendem os parâmetros regulamentados pela resolução estudada.

Os resultados da quantificação das espécies analisadas foram expressos na unidade de medida de “mg/L”, que é a unidade padrão da legislação pertinente, a fim de facilitar a comparação dos resultados obtidos com os permitidos pela resolução para verificar a conformidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tab. 3 apresenta os resultados obtidos da análise físico-química realizada no ponto após a osmose da clínica de hemodiálise estudada na região de Criciúma – SC.

Tabela 3: Resultados das análises físico-químicas pós-osmose

Componente	Resultado (mg/L)	RDC nº 11
Alumínio	0,0458	Máx. 0,01 mg/L
Antimônio	<0,0050	Máx. 0,006 mg/L
Arsênio	< 0,0080	Máx. 0,005mg/L
Bário	< 0,0010	Máx. 0,1 mg/L
Berílio	< 0,0020	Máx. 0,0004 mg/L
Cádmio	< 0,0010	Máx. 0,001 mg/L
Cálcio	0,3352	Máx. 2,0 mg/L
Chumbo	< 0,0100	Máx. 0,005 mg/L
Cobre	< 0,0050	Máx. 0,1 mg/L
Cromo	< 0,0050	Máx. 0,014 mg/L
Fluoreto	0,072	Máx. 0,2 mg/L
Magnésio	0,0511	Máx. 4,0 mg/L
Mercurio	< 0,00020	Máx. 0,0002 mg/L
Nitrato (N)	0,036	Máx. 2,0 mg/L
Potássio	< 0,2000	Máx. 8,0 mg/L
Prata	< 0,0050	Máx. 0,005 mg/L
Selênio	< 0,0070	Máx. 0,09 mg/L
Sódio	0,3551	Máx. 70,0 mg/L
Sulfato	<0,50	Máx. 100,0 mg/L
Tálio	< 0,2000	Máx. 0,002 mg/L
Zinco	0,0580	Máx. 0,1 mg/L

Fonte: Da autora (2022).



A água, após a passagem por todas as etapas do tratamento, necessita estar em condições extremamente específicas para entrar em contato com as tubulações da máquina de hemodiálise.

Os ensaios realizados referente a qualidade físico-química da água apontaram que a amostra não apresenta conformidade com o estabelecido pela resolução vigente devido a presença de concentrações superiores aos valores máximos permitidos dos analitos: alumínio, berílio e tálio, evidenciando que é necessário atenção ao estado e funcionalidade da ETA. É importante considerar os mecanismos tóxicos relacionados aos metais, tanto de forma individual, quanto quando combinado com outros metais, cuja combinação desencadeia efeitos que ainda são subestimados (MOSCHEM; GONÇALVES, 2020).

Segundo Koedrith e Seo (2011), os metais ainda que em pequenas concentrações, podem influenciar de forma irreversível na fisiologia e bioquímica da célula. Além disso, alguns metais pesados já são classificados como cancerígenos humanos, onde a exposição exacerbada eleva a incidência de uma inflamação crônica, o que por sua vez, passa a desenvolver um estresse oxidativo (acúmulo de radicais livres), sendo este, importante fator para desencadear o desenvolvimento tumoral no processo de carcinogênese. De acordo com Bentes e Meschede (2021), consideram-se como contaminantes químicos perigosos: o alumínio, o cloro e o nitrato por estarem associados à anemia, hipotensão, náuseas e vômitos.

Em contrapartida, os analitos: magnésio, nitrato, potássio, selênio, sódio e sulfato mostraram concentrações bem inferiores ao estabelecido. O que é um bom indicativo pois como afirma Baird e Cann (2011), as concentrações elevadas de nitrato, nitrito e amônia estão vinculados à incidência de doenças tais como: câncer de estômago, bexiga, mama, síndrome do bebê azul, dentre outras.

Observa-se também que o equipamento utilizado para os ensaios, apesar de possuir um limite de detecção (LD) e quantificação (LQ) baixos quando comparado com outras técnicas, não pode quantificar com precisão as concentrações dos componentes: arsênio, berílio, chumbo, mercúrio, prata e tálio devido ao LD e LQ serem superiores ao valor máximo regulamentado, ou seja, não foi possível determinar com precisão e exatidão a concentração real destes analitos presente na amostra. Como por exemplo, no caso do arsênio em que o resultado obtido foi que a concentração seria inferior a 0,008 mg/L, mas o valor máximo regulamentado é de



0,005 mg/L, sendo assim, a presença desse analito pode variar de 0,001 a 0,007 mg/L impossibilitando a afirmação de conformidade da amostra.

Gonçalves *et al* (2017), citam que a exposição crônica ao arsênio através da água potável está associada a câncer, distúrbios gastrointestinais, doenças cardiovasculares, anormalidades neurológicas e doenças no fígado e rins.

De acordo com Kupper (2019), o conhecimento da qualidade microbiológica da água de hemodiálise é importante para o desenvolvimento de programas de monitoramento mais rigorosos visando a prevenção de riscos. O uso da água não adequada, isto é, fora dos padrões exigidos, pode provocar muitos efeitos adversos ao paciente em hemodiálise. Esses efeitos, muitas vezes letais, podem ocorrer de forma aguda, levando alterações clínicas ainda durante a sessão de hemodiálise, ou de forma crônica, manifestando-se após um período de acúmulo de substâncias transferidas da água para o organismo do paciente (MAGLIO NETO, D'AVILA, 2021).

4.1 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO

De acordo com Ramirez (2011), o desempenho das membranas da osmose reversa precisa ser monitorado, pois uma eventual ruptura ou redução da sua capacidade de remoção de contaminantes microbiológicos, químicos, endotoxinas e materiais proteicos de alto peso molecular, por dano químico ou por colonização bacteriana, podem causar várias respostas fisiológicas agudas e complicações em longo prazo nos pacientes. Sendo assim, a fim de avaliar a eficiência das membranas de osmose reversa na purificação da água, realizou-se também a análise da qualidade da água no parâmetro alumínio na entrada da estação de tratamento.

O sulfato de alumínio é o coagulante inorgânico mais vastamente utilizado para o tratamento de água de abastecimento e, ainda que seja barato, eficiente e contar com alta disponibilidade, ele tem característica acumulativa. Com o passar do tempo a quantidade de alumínio acumulada, nos lençóis subterrâneos e até nas águas de superfície, já poderão representar risco por si só (FIORENTINI, 2005). Por este motivo, é importante verificar a concentração desse analito na entrada da ETA.

O resultado obtido da concentração presente na amostra foi comparado com o estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888, que dispõe sobre os procedimentos



de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade conforme representado pela Tab. 4.

Tabela 4: Análise físico-química na entrada da ETA

Componente	Resultado (mg/L)	Portaria GM/MS N°888
Alumínio	0,1372	Máx. 0,2 mg/L

Fonte: Da autora (2022).

O resultado obtido do ensaio de alumínio na água bruta, isto é, a água precedente ao tratamento de osmose reversa, comprova que a amostra está de acordo com o estabelecido pela portaria vigente, visto que apresentou concentração inferior ao valor máximo estipulado. A partir deste resultado, pode-se calcular o rendimento da membrana de osmose reversa por meio da Eq. 1.

$$\eta = \frac{(C_{inicial} - C_{final})}{C_{inicial}} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

η = rendimento também conhecido como eficiência (%);

$C_{inicial}$ = Concentração inicial de alumínio (mg/L);

C_{final} = Concentração final de alumínio (mg/L).

A eficiência obtida após a aplicação da Eq. 1 foi de 66,61%, este valor encontra-se muito abaixo do estimado pela literatura. Segundo Farias (2018), o método de osmose reversa garante uma purificação segura, eliminando cerca de 95 a 99 % das substâncias indesejáveis. A redução da eficiência da membrana pode ser causada por vários fatores, dentre eles, destaca-se a incrustação por material suspenso. De acordo com Pereira e Quirino (2020) a eliminação de incrustações pode ser efetuada por diversos métodos, tais como: lavagem rápida, retrolavagem ou por limpezas com produtos químicos, assim como pela mudança das condições de operação.

4.2 REANÁLISE

Após o envio dos laudos em não conformidade com a resolução vigente e a avaliação da eficiência do sistema de osmose reversa para a clínica de nefrologia



estudada, foi recomendado a mesma a limpeza das membranas. Após a limpeza realizou-se novamente a coleta nos pontos: após a osmose e na entrada da estação de tratamento, assim como análise da qualidade físico-química apenas no analito alumínio que apresentou não conformidade comprovada e é um analito que deve ser constantemente monitorado na água recebida na instituição devido ao uso de sulfato de alumínio no tratamento da água distribuída na região estudada, as concentrações obtidas encontram-se dispostas nas Tab. 5 e Tab. 6.

Tabela 5: Reanálise físico-química pós osmose

Componente	Resultado (mg/L)	RDC nº 11
Alumínio	< 0,010	Máx. 0,01 mg/L

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 6: Reanálise físico-química entrada da ETA

Componente	Resultado (mg/L)	Portaria GM/MS N°888
Alumínio	0,200	Máx. 0,2 mg/L

Fonte: Da autora (2022).

Pode-se observar que após a limpeza das membranas, ambas as amostras apresentaram concentrações inferiores ao valor máximo permitido, isto é, estão de acordo com o estabelecido pela resolução e portaria vigente respectivamente, sendo assim, não apresentam riscos a saúde dos pacientes atendidos pela clínica. A qualidade da água para hemodiálise deve ser constantemente avaliada e as metodologias de análise atualizadas e revisadas por parte dos laboratórios responsáveis, tendo em vista que a presença de contaminantes ou a não conformidade em quaisquer dos parâmetros especificados pela legislação vigente acarreta riscos para a vida do paciente, muitas vezes irreparáveis (FERREIRA *et al*, 2020).

Conforme cita Geraldés (2010), a presença de alumínio na água de hemodiálise também já foi, incontáveis vezes, descrita como problemática, visto que existem casos de mortes de pacientes em hemodiálise pelo excesso de alumínio na água potável e pela falha do equipamento de tratamento de água para removê-lo na literatura.

A partir dos valores obtidos na reanálise, pode-se calcular novamente o rendimento da membrana de osmose reversa utilizando a Eq. 1, o valor obtido foi de 95 %, atendendo aos valores estimados pela literatura.



Com o intuito de aprimorar a eficiência do sistema de tratamento da ETA estudada e evitar riscos a saúde dos pacientes em casos de acúmulo de sais nas membranas, sugere-se a adição do método de radiação ultravioleta. De acordo com Oliveira (2018), esta técnica apesar de antiga, pode ser utilizada no tratamento de água nas indústrias farmacêutica, cervejeira, dentre outras. É um meio alternativo que pode ajudar a eliminar ou reduzir as impurezas da água remanescentes após o uso das membranas.

5 CONCLUSÃO

Após o estudo pode-se comprovar que a água é um recurso fundamental para os hospitais e clínicas que prestam o serviço de hemodiálise, visto que seu tratamento é uma das etapas mais rigorosas pois a presença mínima de qualquer contaminante, seja orgânico ou inorgânico, pode provocar graves danos aos pacientes atendidos.

Por este motivo a qualidade da água para hemodiálise deve ser constantemente avaliada e as metodologias de análise atualizadas e revisadas por parte dos laboratórios responsáveis, tendo em vista que a presença de contaminantes ou a não conformidade em quaisquer dos parâmetros especificados pela resolução vigente acarreta riscos para a vida do paciente, muitas vezes letais e irreparáveis.

Apesar da técnica de osmose reversa ser considerada pela literatura o método mais seguro e efetivo de purificação da água para atender aos requisitos estabelecidos, o desempenho das membranas da osmose reversa precisa ser constantemente monitorado, pois uma eventual ruptura ou redução da sua capacidade de remoção de contaminantes microbiológicos, químicos, endotoxinas, dentre outros, por dano químico ou por colonização bacteriana, podem causar várias respostas fisiológicas agudas e complicações em longo prazo nos pacientes. Por este motivo, a fim de aprimorar a eficiência do sistema de tratamento da ETA na clínica de nefrologia estudada e evitar riscos à saúde dos pacientes em casos de acúmulo de sais nas membranas, sugere-se a adição do método de radiação ultravioleta, pois este método é um meio alternativo que pode ajudar a eliminar ou reduzir as impurezas da água remanescentes após o uso das membranas.

Como sugestão para trabalhos e pesquisas futuras recomenda-se realizar a determinação dos analitos: arsênio, berílio, chumbo, mercúrio, prata e tálio em um



equipamento com limite de detecção e quantificação inferiores aos valores máximos estabelecidos pela RDC nº11 a fim de afirmar com precisão e exatidão as concentrações reais e assim indicar a conformidade da amostra. Assim como, mais estudos sobre a importância do monitoramento periódico das estações de tratamento presente nas instituições de saúde e a atuação de profissionais da área da química neste segmento.

REFERÊNCIAS

ALMODOVAR, Adriana Aparecida Buzzo; BUZZO, Márcia Liane; SILVA, Fernando Pontes de Lima e; HILINSKI, Ellen Gameiro; BUGNO, Adriana. Efetividade do programa de monitoramento da qualidade da água tratada para diálise no estado de São Paulo. **Brazilian Journal Of Nephrology**, [S.L.], v. 40, n. 4, p. 344-350, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-8239-jbn-2018-0026> Disponível em: https://www.bjnephrology.org/wp-content/uploads/articles_xml/2175-8239-jbn-2018-0026/2175-8239-jbn-2018-0026-pt.pdf. Acesso em: 16. maio. 2022.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BENTES, Valeria de Sousa; MESCHEDE, Marina Smidt Celere. Qualidade da água utilizada em serviços de hemodiálise antes e após passar por sistema de tratamento em Santarém, Oeste do Pará, Amazônia. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 80, p. 1-13, 31 maio 2021.

BIRD, Rodger B.; EATON, Andrew D.; RICE, Eugene W. **Standard Methods: for the examination of water and wastewater**. 23. ed. Washington: American Public Health Association, 2017. 1545 p. Disponível em: <<http://dl.mozh.org/upload/StandardMethods23RD.pdf>>. Acesso em: 17. maio. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 11, de 13 de março de 2014**. Dispõe sobre os Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Diálise e dá outras providências. 2014. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0011_13_03_2014.pdf>. Acesso em: 16. mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2021. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html>. Acesso em: 13. out. 2022.



BUGNO, Adriana; ALMODOVAR, Adriana Aparecida Buzzo; SILVA, Fernando Pontes de Lima e; HILINSKI, Ellen Gameiro; BUZZO, Márcia Liane. Qualificação do transporte de amostras para o monitoramento da qualidade de água tratada para uso em diálise. **Revista do Instituto Adolf Lutz**. São Paulo, 2017; v. 77. Disponível em: <<https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2018/ses-38190/ses-38190-7107.pdf>>. Acesso em: 16. maio. 2022.

CAETANO, Elvio; NETO, Romeu e Silva. Desenvolvimento de protótipo experimental de dessalinizador por osmose reversa para o tratamento em água salobra em áreas rurais. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro: **Associação Brasileira de Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, 2018. p. 372-379. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330373736_Desenvolvimento_de_prototipo_experimental_de_dessalinizador_por_osmose_reversa_para_o_tratamento_em_agua_salobra_em_areas_rurais/fulltext/5c3d4c55299bf12be3c8a363/Desenvolvimento-de-prototipo-experimental-de-dessalinizador-por-osmose-reversa-para-o-tratamento-em-agua-salobra-em-areas-rurais.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq). **Tecnologias para dessalinização da água**. In: Água: desafios da sociedade. Prêmio Jovem Cientista. Caderno do Professor. Capítulo 4, p. 71- 85, 2014. Disponível em: <http://estatico.cnpq.br/portal/premios/2013/pjc/imagens/publicacoes/ganhadores/EnsinoMedio/3Lugar_681_Breno_Mello_Bianco.pdf>. Acesso em: 28. mar. 2022.

COULLIETTE, Angela D.; ARDUINO, Matthew J. Hemodialysis and Water Quality. **Seminars In Dialysis**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 427-438, jul. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/sdi.12113>. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23859187/>>. Acesso em: 16. maio. 2022.

FARIA, Paulo Gil Siqueira de. **Avaliação do reaproveitamento dos efluentes gerados por sistema de tratamento de água para hemodiálise**. 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Pesquisa e Pós Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3387/1/CT_PPGE_C_M_Faria%2c%20Paulo%20Gil%20Siqueira%20de_2018.pdf>. Acesso em: 27. abr. 2022.

FARRUGIA, Beatriz. Membranas de osmose reversa: aplicações e novidades. **Revista TAE**, Brasil, v.3, n.15, out/nov, p. 10-14, 2013. Disponível: <<https://www.revistatae.com.br/Artigo/540/membranas-de-osmose-reversa-aplicacoes-e-novidades-do-mercado#:~:text=Semiperme%C3%A1veis%2C%20as%20membranas%20de%20osmose,compostos%20salinos%20que%20est%C3%A3o%20dissolvidos.>>. Acesso em: 28. mar. 2022.

FERREIRA, Agata; SIQUEIRA, Anderson Luís; TEIXEIRA, Grasiela Sarti; TOMIURA, Tainá Juliana; MORENO, Andréia de Haro. Importância do tratamento da água no setor de terapia renal. **Cuidarte Enfermagem**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 181-187, jun. 2020. Semestral. Disponível em: <<http://www.webfipa.net/facfipa/ner/sumarios/cuidarte/2020v2/p.181-187.pdf>>. Acesso em: 11. nov. 2022.



FERREIRA, Carine; GUANILO, Maria Elena Echevarría; SILVA, Denise Maria Guerreiro Vieira da; GONÇALVES, Natalia; BOELL, Júlia Estela Willrich; MAYER, Barbara Leticia Dudel. Avaliação de esperança e resiliência em pessoas em tratamento hemodialítico. **Revista de Enfermagem da UFSM**, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 702, 13. dez. 2018. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2179769230592>. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reufsm/article/view/30592/pdf>>. Acesso em: 18. maio. 2022.

FERRON, Mariana Maleronka; KUNO, Rúbia; CAMPOS, Anali Espindola Machado de; CASTRO, Francisco José Viana de; GOUVEIA, Nelson. Cadmium, lead and mercury in the blood of workers from recycling sorting facilities in São Paulo, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 36, n. 8, p. 02-13, 27. jan. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00072119>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csp/a/kkNZTxwwBwTThRSjgNjh9Qb/?lang=en>>. Acesso em: 29. abr. 2022.

FIORENTINI, V. **Uso do tanino no processo de tratamento de água como melhoria em sistema de gestão ambiental**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10418/2/UsoSulfatoAlum%c3%adnio.pdf?>>. Acesso em: 02. dez. 2022.

FORTES, Ana Carolina Chaves; BARROCAS, Paulo Rubens Guimarães; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. **Saúde em Debate**, [S.L.], v. 43, n. 3, p. 20-34, dez. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-11042019s302>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sdeb/a/MScwKFMGMHc9j5yv49ZwhHM/?format=pdf&lang=p>>. Acesso em: 25. out. 2022.

FRISCHKORN, Horst. Osmose reversa: limpeza química em membranas de dessalinizadores do Ceará. Fortaleza, Recife: **Revista Tecnologia**, v. 30, n. 1, p. 61-76, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/5277/4127>>. Acesso em: 22. abr. 2022.

GERALDES, Helena. Évora e alumínio têm um passado com 17 anos. **Público**. 6 jan. 2010. Disponível em: <<https://www.publico.pt/2010/01/06/ciencia/noticia/evora-e-aluminio-tem-um-passado-com-17-anos-1416576>>. Acesso em: 13. out. 2022.

GLORIEUX, G.; NEIRYNCK, N.; VEYS, N.; VANHOLDER, R.. Dialysis water and fluid purity: more than endotoxin. **Nephrology Dialysis Transplantation**, [S.L.], v. 27, n. 11, p. 4010-4021, 27 jul. 2012. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfs306>. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22844107/>>. Acesso em: 15. maio. 2022.

GONÇALVES, Mayara Batu; ROEHRS, Rafael.; SOARES, Jefferson de Jesus; RODRIGUES, Daiane Raquel de Freitas; GAYER, Mateus Cristofari; BIANCHINI, Matheus; DENARDIN, Elton Luis Gasparott. Exposição ao arsênio através da água potável: efeitos na sobrevivência e locomoção em *Drosophila melanogaster*. **Anais**



do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 9, n. 2, 3 mar. 2020. Disponível em: <https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/14530/seer_14530.pdf>. Acesso em: 10. nov. 2022.

KOEDRITH, Preeyaporn; SEO, Jovem Rok. Avanços na toxicidade de metais cancerígenos e potenciais marcadores moleculares. **National Library of Medicine: National Center for Biotechnology Information**. 2011. 10.3390/ijms12129576. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22272150/>>. Acesso em: 13. maio. 2022.

KUPPER, Júlia Senne. **Qualidade microbiológica de água tratada para hemodiálise**. 2019. 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Vigilância Laboratorial em Saúde Pública, Formação de Recursos Humanos, Instituto Adolfo Lutz, Sorocaba, 2019. Disponível em: <<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/08/1010358/julia-tcc.pdf>>. Acesso em: 16. maio. 2022.

MAGLIO NETO, Carmine; D'AVILA, Ronaldo. **Tratamento de água para hemodiálise: conceitos e recomendações**. São Paulo: Educ – Editora da Puc-Sp, 2021. 172 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=GQtZEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA16&dq=pureza+da+%C3%A1gua+na+hemodi%C3%A1lise&ots=oM4DUcXh-E&sig=rc6AfeqiUTB7nZKFXfeX6_-8bsl#v=onepage&q=pureza%20da%20%C3%A1gua%20na%20hemodi%C3%A1lise&f=false>. Acesso em: 13. out. 2022.

MENDES, Aline da Silva. **Vigilância da qualidade da água de hemodiálise: histórico dos programas e legislações**. 2016. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Microbiologia em Saúde Pública, Instituto Adolfo Lutz, Campinas, 2016. Disponível em: <https://ses.sp.bvs.br/wp-content/uploads/2017/08/PAP_MendesAS_2016.pdf>. Acesso em: 16. nov. 2022.

MICHELAN, Denise Conceição Gois Santos; BATISTA, Isabela Ferreira; BATISTA, Daniela Ferreira; SANTOS, Débora de Gois; MENDONÇA, Luciana Coelho; LIMA, Daniel Moureira Fontes. Desempenho das etapas de tratamento de água da estação de tratamento de água Poxim. **Scientia Cum Industria**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 7-14, 24 jun. 2019. Universidade Caixias do Sul. <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v7iss3p7>. Disponível em: <<http://ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/6315>>. Acesso em: 18. maio. 2022.

MOSCHEM, Jorge da Cruz; GONÇALVES, Paola Rocha. Impacto Toxicológico de Metais Pesados: Uma Análise de Efeitos Bioquímicos e Celulares. **Health And Biosciences**, São Mateus, v. 1, n. 2, p. 88-100, ago. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/healthandbiosciences/article/view/31629/21342>>. Acesso em: 10. nov. 2022.

OLIVEIRA, Gilcilene Souza. **Estudo teórico do uso de radiação ultravioleta para controle de microorganismos em água**. 2018. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Ciências Naturais - Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Codó, 2018. Disponível em: <



<https://rosario.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/2727/1/GilcileneOliveira.pdf>.>
Acesso em: 11. nov. 2022

PEREIRA, Flavia Da Silva; QUIRINO, Jonatas Motta. Dessalinização por osmose reversa. **Revista Tecnológica da Universidade de Santa Úrsula**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 16-32, jun-dez. 2020. Disponível em:<<http://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/view/1453/1068>>. Acesso em: 26. mar. 2022.

RAMIREZ, Sonia Silva. **Avaliação do impacto da qualidade da água em parâmetros laboratoriais indicativos de bem-estar clínico de pacientes submetidos à hemodiálise no estado do Rio de Janeiro**. 2011. 74f. Dissertação (Mestrado em Vigilância Sanitária) – Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, 2011. Disponível em:<<https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/35462/SONIA-RAMIREZ-DISSERTA%C3%87%C3%83O-MESTRADO-2011.pdf?sequence=2&isAllowed=y>>. Acesso em: 24. out. 2022.

RIBEIRO, L.; SANCHES-PAGLIARUSS, M.; RIBEIRO, J.. Reutilização da sobra de água permeada e de rejeito de uma central de tratamento de água por osmose reversa de uma unidade de hemodiálise hospitalar. **Brazilian Journal Of Biosystems Engineering**, [s. l], v. 10, n. 3, p. 259-372, jun. 2016. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/424/295>. Acesso em: 11. nov. 2022.

RIBEIRO, Wanderson Alves; JORGE, Brenda de Oliveira; QUEIROZ, Raíssa de Sena. Repercussões da hemodiálise no paciente com doença renal crônica: uma revisão da literatura. **Pró-Universus**, Vassouras, v. 11, n. 1, p. 88-97, abr. 2020. Jan - Jun. Disponível em: <<http://editora.universidadedevassouras.edu.br/index.php/RPU/article/view/2297>>. Acesso em: 17. maio. 2022.

ROCHA, Maria Adriana Mota; BARATA, Rosinete Souza; BRAZ, Letícia Cardoso. O bem-estar de pacientes renais crônicos durante o tratamento com hemodiálise e diálise peritoneal. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, [S.L.], n. 21, p. 670, 1 abr. 2019. Revista Eletronica Acervo Saude. <http://dx.doi.org/10.25248/reas.e670.2019>. Disponível em: <<https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/670/343>>. Acesso em: 17. maio. 2022.

RODRIGUES, Rodrigo Alexandre da Cunha; SILVA, Érica Quinaglia. Diálise e direito de morrer. **Revista Bioética**, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 394-400, set. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-80422019273322>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bioet/a/xsw8pQnCcgcDDzVhdJBwMm/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 18. maio. 2022.

SCAVAZINI, Claudinéia Brito dos Santos. PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê Américo. Qualidade da água da hemodiálise do Hospital Regional de Ilha Sotepa, SP. Campo Grande, São Paulo: **Multitemas**, v. 25, n. 60, 2020. p. 273-293. Disponível em:<<https://multitemasucdb.emnuvens.com.br/multitemas/article/view/2951/2476>>. Acesso em: 22. abril. 2022.



SCHLEICHER, Arthur Tavares. **Remoção de estrona, estradiol, etinilestradiol e bisfenol-A por meio de nanofiltração aplicada ao tratamento avançado de águas para consumo humano**. Dissertação de mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-153/13, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 107p., 2013. Disponível em:<<https://repositorio.unb.br/handle/10482/15707>>. Acesso em: 20. abril. 2022.

SMELTZER, Suzanne C.; BARE, Brenda G.; HINKLE, Janice L.; CHEEVER, Kerry H. **Tratado de enfermagem Médico - Cirúrgica**: brunner & suddart. 12. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2017. 4046 p. 3 v.

SOUZA, Ana Kely Rufino; MORASSUTI, Claudio Yamamoto; DEUS, Warley Batista de. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta: Biomedica Brasiliensia**, Dourados, v. 9, n. 3, p. 95-106, dez. 2018. Disponível em:<<https://actabiomedica.com.br/index.php/acta/article/view/300/247>>. Acesso em: 20. abr. 2022.

TAVARES, Angélica Tamião. **Determinação multielementar de elementos traços em radiofármacos produzidos na diretoria de radiofarmácia por espectrometria de emissão por plasma**. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em:<http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Angelica%20Tamiao%20Tavares_M.pdf>. Acesso em: 09. nov. 2022.

ZAMUDIO, Ricardo Martinez. HA, Hyo Chol. Epigenética ambiental na exposição a metais. **National Library of Medicine: National Center for Biotechnology Information**. 2011. 10.4161/epi.6.7.16250. Disponível em:<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3230540/>>. Acesso em: 13. maio. 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pois até aqui Ele me sustentou, a minha família e amigos, principalmente aos meus pais Vera Lúcia Santiago Luza, Nereu Zanette e Marcos Luza pois sem eles nada disso seria possível. Aos meus colegas de graduação, por compartilharem a caminhada, as lutas e cada momento ao longo dos últimos 5 anos.

Agradeço também a todos os professores que contribuíram direta e indiretamente para minha formação, crescimento acadêmico e profissional.