



## Qualidade da água utilizada em serviços de hemodiálise antes e após passar por sistema de tratamento em Santarém, Oeste do Pará, Amazônia

### Quality of the water used in hemodialysis services before and after going through a treatment system in Santarém, Western Pará, Amazonia

Valeria de Sousa BENTES<sup>1</sup> , Marina Smidt Celere MESCHÉDE<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA, Brasil.

#### RESUMO

A água utilizada em serviços de hemodiálise passa por um sistema de tratamento a fim de garantir que os parâmetros microbiológicos e físico-químicos estejam adequados e proporcionem segurança ao paciente. Este trabalho avaliou a qualidade da água antes e após esta passar por sistema de tratamento em dois serviços (A e B) de hemodiálise em Santarém. Foram coletadas amostras de água em três pontos: Ponto 1 (P1) após saída do poço, Ponto 2 (P2) na saída do tratamento e Ponto 3 (P3) na máquina de hemodiálise. Testes microbiológicos e físico-químicos foram realizados e os resultados mostraram que não houve crescimento de coliformes totais e *Escherichia coli* nas amostras. No serviço A, houve contaminação por bactérias heterotróficas em 87% das amostras, destas, 27% ocorreram no P3. O pH mostrou-se menor que 6,0 no P1 nos dois serviços, normalizando os seus valores no P3. No serviço A, concentrações superiores ao recomendado de alumínio e nitrato foram verificadas em 100% das amostras coletadas no P1, os valores foram normalizados na saída do tratamento (P2). A pesquisa demonstrou que, para os parâmetros estudados, a qualidade da água, após passar por sistema de tratamento, é satisfatória, com exceção das bactérias heterotróficas no serviço A.

**Palavras-chave.** Diálise Renal, Unidades Hospitalares de Hemodiálise, Amostras de Água.

#### ABSTRACT

The water used in hemodialysis services goes through a treatment system in order to ensure that the microbiological and physicochemical parameters are adequate and provide safety to the patient. This work evaluated the quality of water before and after it went through a treatment system in two hemodialysis services (A and B) in Santarém. Water samples were collected at three points: Point 1 (P1) after leaving the well, Point 2 (P2) leaving the treatment and Point 3 (P3) on the hemodialysis machine. Microbiological and physical-chemical tests were performed and the results showed no growth of total coliforms and *Escherichia coli* in the samples. In service A, there was contamination by heterotrophic bacteria in 87% of the samples, 27% of which occurred in P3. The pH was less than 6.0 in P1 in both services, normalizing its values in P3. Service A, concentrations higher than the recommended amount of aluminum and nitrate were verified in 100% of the samples collected in P1, the values were normalized at the end of the treatment (P2). The research demonstrated that, for the studied parameters, the water quality, after going through a treatment system, is satisfactory, with the exception of heterotrophic bacteria in service A.

**Keywords.** Renal Dialysis, Hemodialysis Units, Hospital, Water Samples.

\*Autor de correspondência/Corresponding author: [marina.meschede@ufopa.edu.br](mailto:marina.meschede@ufopa.edu.br)

Recebido/Received: 14.10.2020 - Aceito/Accepted: 31.05.2021

## INTRODUÇÃO

A necessidade de um controle rigoroso da água nos serviços de hemodiálise tornou-se algo de extrema importância para garantir uma melhor qualidade de vida aos pacientes submetidos a esse tratamento. A contaminação da água utilizada nos processos de hemodiálise pode acarretar implicações para a saúde humana como dores ósseas, picos hipertensivos, episódios hipotensivos, náuseas, vômitos entre outros<sup>1</sup>.

Os portadores de Doença Renal Crônica (DRC) são os que mais frequentemente necessitam de procedimentos dialíticos, como a hemodiálise. A DRC é considerada como um problema relevante de Saúde Pública e de alta prevalência mundial<sup>2</sup>. Os portadores de DRC, submetidos à hemodiálise, são particularmente vulneráveis à presença de contaminantes na água, uma vez que são expostos a cerca de 120 litros de dialisato através da via hematogênica por fistulas ou cateteres a cada sessão<sup>3</sup>.

A água utilizada para preparo do dialisato pelos serviços de hemodiálise deve apresentar qualidade adequada com base nos padrões de potabilidade estabelecidos pela Diretoria da Resolução Colegiada (RDC) nº11 de 2014<sup>4</sup> do Ministério da Saúde que dispõe sobre os requisitos de boas práticas de funcionamento para os serviços de diálise. Para ter padrões aceitáveis, a água necessita passar por um processo de tratamento eficaz com o controle da matéria em suspensão e carga microbiológica, o qual se dá por meio da cloração<sup>4</sup>.

De maneira geral, a água utilizada deve passar por três etapas básicas de tratamento: o pré-tratamento, a purificação primária e a distribuição<sup>5</sup>. No pré-tratamento, utiliza-se uma filtração inicial da água em relação às partículas consideradas mais grosseiras, por meio de filtros com camadas de diferentes tamanhos. Ainda nessa etapa, alguns serviços podem utilizar abrandadores para a remoção, principalmente, de íons que se encontram em excesso na água<sup>5</sup>. No processo de purificação primária, emprega-se a técnica da osmose reversa que deverá remover mais de 95% dos contaminantes iônicos, retirando-se quase todos os minerais da água e constituindo uma barreira importante contra bactérias, endotoxinas, metais e outros compostos químicos<sup>6</sup>. Na etapa de distribuição da água tratada, todos os componentes que entram em contato com a água e com o dialisato devem ser constituídos de materiais inertes, como plástico, para evitar nova contaminação. O sistema de distribuição tende a ser configurado como uma alça e sua desinfecção precisa ser realizada regularmente para evitar contaminação microbiológica. Após passar por todas essas etapas, a água chega ao aparelho de hemodiálise, onde deverão ser adicionadas soluções de tamponamento como sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, citrato, bicarbonato e glicose. Nessa fase, o pH da solução deve estar entre 7,1 e 7,3<sup>5</sup>.

Apesar de medidas de tratamento serem empregadas na água de hemodiálise, encontram-se, na literatura, relatos de contaminação microbiológica e química<sup>1,3,7</sup>. Entre os contaminantes microbiológicos, recomenda-se que a água apresente ausência de coliformes totais e que obedeça às concentrações adequadas de bactérias heterotróficas<sup>4</sup>. A contaminação microbiológica decorre, muitas vezes, da utilização de água contaminada em sua fonte de captação, de erros no preparo, da distribuição do dialisato ou de falhas na manutenção e desinfecção das máquinas de hemodiálise<sup>8</sup>. Consideram-se como contaminantes químicos perigosos, entre outros, o alumínio, o cloro e o nitrato por estarem associados à anemia, hipotensão, náuseas e vômitos<sup>6</sup>.

A pureza do fluido de diálise é altamente dependente da qualidade da água utilizada no pré-tratamento. Embora os processos de tratamento da água estejam bastante avançados nos serviços de hemodiálise, sabe-se que a utilização de águas com padrões de potabilidade inadequados na entrada do tratamento pode trazer maiores intercorrências clínicas ao paciente, bem como danificar a membrana capilar das membranas dialisadoras<sup>9</sup>.

No estado do Pará, especialmente na região de Santarém, a água captada e distribuída vem sendo considerada como uma das piores do País em termos de acesso aos sistemas considerados satisfatórios de distribuição de água<sup>10</sup>. A exploração imediatista e sem planejamento da água subterrânea em poços artesianos particulares e pouco profundos são fatores agravantes. Santarém é uma cidade na Amazônia que já apresenta alguns dos efeitos negativos da rápida urbanização, como a existência de graves problemas de saneamento que podem afetar a qualidade da água. De acordo com o *ranking* de Saneamento publicado pelo Instituto

Trata Brasil<sup>10</sup>, em 2020, a partir de uma análise dos 100 maiores municípios brasileiros, Santarém ficou entre os dez piores municípios com sistemas de saneamento e oferta hídrica considerados satisfatórios oferecidos à população.

Considerando-se que os serviços de hemodiálise de Santarém dispõem apenas da coleta de água a partir de poços subterrâneos pouco profundos, este estudo objetivou avaliar as características microbiológicas e físico-químicas da água antes e após passar por sistema de tratamento nos dois únicos serviços de hemodiálise existentes em Santarém, Oeste do Pará. Este trabalho configura-se como uma pesquisa inédita e os resultados nela obtidos são positivos no sentido de subsidiar discussões futuras nos municípios, especialmente na formulação de políticas públicas norteadoras de ações de promoção à saúde.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em dois serviços de hemodiálise na cidade de Santarém, Oeste do Pará, Amazônia, Brasil. Ressalta-se que Santarém dispõe apenas de dois serviços de hemodiálise para atender às necessidades da população do Baixo Amazonas ou também denominada de Oeste do Pará. O primeiro serviço denominado neste estudo por “Serviço de hemodiálise A” contava com 11 leitos e o segundo, “Serviços de hemodiálise B”, apresentava 28 leitos em funcionamento durante a realização desta pesquisa. Ambos os serviços estão anexos aos dois maiores hospitais públicos de Santarém e apresentam turnos de funcionamento manhã, tarde e noite. As amostras de água foram coletadas entre a troca do turno da manhã e da tarde, durante o período de fevereiro a março de 2020 (**Figura 1**).

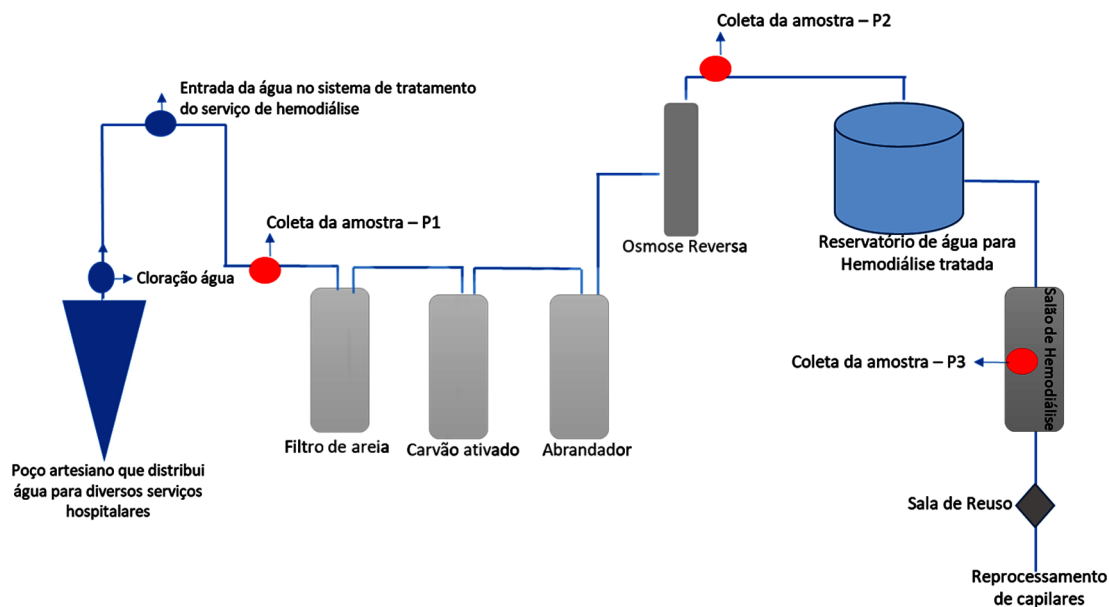


**Figura 1.** Mapa de localização dos serviços de hemodiálise A e B localizados na cidade de Santarém, Oeste do Pará

## Coleta de amostras

Para a coleta e análise das amostras, seguiram-se os procedimentos recomendados pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW)* da *American Public Health Association (APHA)*<sup>11</sup>. O laboratório onde as análises foram realizadas apresenta padrão de certificação da qualidade dos métodos analíticos pelo *INMETRO* seguindo todos os requisitos da *ABNT NBR ISO-IEC 17025* de 2017<sup>12</sup>.

Os dois serviços de hemodiálise apresentam estações próprias de tratamento da água utilizada. A água é captada de forma subterrânea a partir de poços artesianos (em média, de 55 metros) do sistema aquífero Alter do Chão. A água proveniente do aquífero Alter do Chão apresenta algumas características peculiares como  $\text{pH} < 5$  e foi classificada como sódio cloretada mista em estudo pioneiro conduzido por Tancredi<sup>13</sup>. Após captação, a partir de um poço comum a todo o hospital, a água passa por um sistema de cloração, o qual estava temporariamente desativado no hospital do Serviço de hemodiálise A. A partir disso, a água é distribuída para vários setores do hospital, incluindo a hemodiálise. No serviço de hemodiálise, a água é encaminhada para uma sala específica para tratamento. Nessa sala, localizada internamente ao serviço de hemodiálise, a água passa por um filtro de areia, carvão ativado e abrandador. Posteriormente, destina-se à osmose reversa e pode ser estocada em um reservatório com capacidade aproximada de 1.200 litros ou ser distribuída diretamente para o salão de hemodiálise, local onde estão as máquinas e onde se recebe os pacientes. Posteriormente, passa pela sala de reuso para o reprocessamento dos capilares (**Figura 2**).



**Figura 2.** Representação esquemática do sistema de tratamento de água para hemodiálise utilizado nos locais de estudo e respectivos pontos de coleta, Santarém, Oeste do Pará

Em cada serviço de hemodiálise, foram selecionados três pontos de amostragem. No Ponto 1 (P1), as amostras de água foram coletadas na sala do sistema de tratamento, imediatamente no seu ponto de entrada após a captação pelo poço artesiano. No Ponto 2 (P2), as amostras foram coletadas na saída dos tratamentos realizados pelo serviço de hemodiálise, após a passagem da água pelos filtros de areia e carvão ativado, abrandador e osmose reversa. No Ponto 3 (P3), as amostras foram coletadas diretamente na máquina de hemodiálise, após passar pelas alças de distribuição. Ambos os serviços de hemodiálise possuem a mesma estrutura de tratamento da água.



Ao final, foram obtidas 30 amostras, isto é, em cada serviço, foram coletadas 15 amostras distribuídas em 5 semanas durante o período chuvoso da região Amazônica, o qual, de acordo com Meschede et al<sup>14</sup>, é a época de maior suscetibilidade para a contaminação dos mananciais subterrâneos em decorrência da percolação da água pluvial e carreamento de organismos microscópicos e de substâncias químicas para as bacias hídricas do aquífero. Após a coleta, todas as amostras foram acondicionadas em temperatura em faixa de 2°C a 8°C em caixa de isopor com gelo e transportadas para o laboratório de análise.

### **Análises microbiológicas**

Para as análises microbiológicas, as amostras foram coletadas em recipientes estéreis com Tiosulfato de Sódio, providos de tampa. Os procedimentos foram realizados em salas controladas, com controle de temperatura e contaminação ambiente<sup>11</sup>.

Para a detecção de bactérias heterotróficas, utilizou-se a técnica denominada “*Pour Plate*” em réplica através de 1 mL da amostra adicionada em placas de petri com meio de cultura *Plate Count Agar* (PCA)<sup>11</sup>. As análises de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas com o teste de presença e ausência, utilizando-se o substrato cromogênio *Colilert*<sup>®</sup>, considerando presença em amostras que tiveram alteração na sua coloração para amarelo e ausência em amostras com coloração incolor<sup>11</sup>. Subsequentemente, as amostras com presença de coliformes totais, foram expostas à luz UV de onda longa 365 nm para avaliação da presença ou ausência de *E. coli*<sup>11</sup>. Os procedimentos analíticos para bactérias heterotróficas, coliformes totais e *E. coli* seguiram os protocolos preconizados pelo SMWW-APHA<sup>11</sup>.

### **Análises físico-químicas**

As análises físico-químicas foram realizadas a partir da coleta de 500 mL de amostra de água em frascos de plástico polietileno limpos. As coletas de alumínio foram realizadas com frascos previamente lavados com solução de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) a 1% em água deionizada para evitar possíveis contaminações. Não foram adicionados conservantes aos frascos de coleta para os ensaios de determinação de alumínio, uma vez que as amostras foram processadas logo após a coleta.

O potencial hidrogeniônico (pH) foi realizado com o medidor de bancada AKSO<sup>®</sup> pH Pro, calibrado previamente com soluções tampão de pH de 4,0 a 10,0 seguindo as recomendações SMWW - APHA<sup>11</sup>. Os ensaios de turbidez foram realizados utilizando-se o turbidímetro portátil modelo HI 98703/Hanna<sup>®</sup> pelo método nefelométrico<sup>11</sup>. Para as análises de cor, foi utilizado o equipamento Poli Control<sup>®</sup> pelo método espectrofotométrico tristímulus<sup>11</sup>. As leituras para a condutividade elétrica foram realizadas com o equipamento Hanna<sup>®</sup> HI 5522 e mensuradas por meio do eletrodo Hanna<sup>®</sup> HI 5321-01<sup>11</sup>.

Para a determinação quantitativa de alumínio, utilizou-se o fotômetro Hanna<sup>®</sup> HI 83099/COD, que contém lâmpada de tungstênio com filtro de interferência de faixa estreita a 525 nm e leitura de concentrações no intervalo entre 0,00 a 1,00 mg/L. Utilizou-se o sal de triamônio do ácido aurintricarboxílico – *Aluminon*, com a adição de ácido ascórbico para redução de interferentes com metodologia adaptada ao modelo proposto por SMWW - APHA<sup>11</sup> e aplicada por outros trabalhos para análise de água<sup>14,15</sup>.

As mensurações de nitrato foram realizadas com o equipamento Hanna<sup>®</sup> HI 5522, com eletrodo de íon seletivo HI 4113. O equipamento foi calibrado anteriormente aos ensaios na curva de concentração de 1 a 100 mg/L, com o uso de soluções diluídas, preparadas a partir de uma solução padrão certificada e acreditada pelos critérios da ISO/IEC 17034<sup>16</sup>.

Pontua-se que as análises de alumínio e nitrato ocorreram no P1 e no P2 das etapas do sistema de tratamento da água nos serviços de hemodiálise, uma vez que, no P3, sofreram interferências das soluções ácida e básica de tamponamento adicionadas na água. Dessa forma, para esse estudo,

optou-se por avaliar a eficácia da remoção desses contaminantes entre os pontos P1 (água bruta, diretamente do poço) e P2 (após passar pelo sistema de tratamento de hemodiálise, porém sem a adição das soluções de tamponamento).

### Aspectos éticos

O presente estudo obteve a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Estado do Pará (UEPA) sob o parecer de número 3.835.017 em 12 de fevereiro de 2020.

## RESULTADOS

Na **Tabela 1**, estão descritos os resultados dos ensaios microbiológicos. Os coliformes totais e *E. coli* mostraram-se ausentes nas amostras analisadas em conformidade com os padrões estabelecidos pela RDC nº11/2014<sup>4</sup>. O serviço de hemodiálise A apresentou contaminação por bactérias heterotróficas em todas as amostras avaliadas, com exceção de uma análise no P3. Por outro lado, o serviço B de hemodiálise não evidenciou crescimento de bactérias heterotróficas em suas amostras.

**Tabela 1.** Resultados microbiológicos das amostras de água coletada nos serviços de hemodiálise A e B segundo os pontos de coleta 1, 2 e 3 das amostras de água, Santarém, Oeste do Pará

Pontos de coleta	Serviço de hemodiálise A			Serviço de hemodiálise B			
	Coliformes totais	<i>E.coli</i>	Bactérias Heterotróficas UFC/mL	Coliformes totais	<i>E.coli</i>	Bactérias Heterotróficas UFC/mL	
P1	1ª semana	A	A	58	A	A	A
	2ª semana	A	A	51	A	A	A
	3ª semana	A	A	25	A	A	A
	4ª semana	A	A	30	A	A	A
	5ª semana	A	A	11	A	A	A
P2	1ª semana	A	A	100	A	A	A
	2ª semana	A	A	45	A		A
	3ª semana	A	A	21	A	A	A
	4ª semana	A	A	4	A	A	A
	5ª semana	A	A	5	A	A	A
P3	1ª semana	A	A	4	A	A	A
	2ª semana	A	A	1	A	A	A
	3ª semana	A	A	100	A	A	A
	4ª semana	A	A	26	A	A	A
	5ª semana	A	A	A	A	A	A
RDC nº11/2014 <sup>*</sup>	A	A	Máximo de 100	A	A	Máximo de 100	

Legenda: A = Ausência de crescimento; <sup>\*</sup>Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº11 de 13 de março de 2014

Na **Tabela 2**, estão apresentados os resultados analíticos para os parâmetros físico-químicos de pH, turbidez, cor aparente e as medidas de condutividade. A pesquisa evidenciou que, no serviço de hemodiálise A, a água analisada no P1 e P2 era ácida, com valores que variaram entre 3,4 e 5,3. No serviço de hemodiálise B, os valores de pH no P1 e P2 ficaram entre 4,9 e 6,9. Observou-se que, no ponto P3 em ambos os serviços, o valor do pH foi corrigido, permanecendo entre 7,3 e 7,7.

**Tabela 2.** Resultados físico-químicos das amostras de água coletada nos serviços de hemodiálise A e B segundo os pontos de coleta 1, 2 e 3 das amostras de água, Santarém, Oeste do Pará

Pontos de coleta		Serviço de hemodiálise A				Serviço de hemodiálise B			
		pH	Turbidez NTU	Cor UC	Condutividade $\mu\text{S/cm}$	pH	Turbidez NTU	Cor UC	Condutividade $\mu\text{S/cm}$
P1	1ª semana	3,4	0,23	Incolor	153,3	6,5	0,13	Incolor	69,4
	2ª semana	3,9	0,09	Incolor	148,8	5,5	0,23	Incolor	20,9
	3ª semana	3,9	0,05	Incolor	154,0	4,9	0,12	Incolor	15,4
	4ª semana	3,8	0,13	Incolor	183,5	6,9	0,22	Incolor	101,6
	5ª semana	4,0	0,12	Incolor	155,6	6,9	0,12	Incolor	116,5
P2	1ª semana	4,4	0,08	Incolor	11,3	6,1	0,05	Incolor	9,0
	2ª semana	5,2	0,08	Incolor	13,7	5,4	0,06	Incolor	8,2
	3ª semana	5,2	0,05	Incolor	9,7	5,6	0,08	Incolor	4,5
	4ª semana	5,3	0,07	Incolor	12,4	6,8	0,09	Incolor	8,7
	5ª semana	5,3	0,09	Incolor	12,1	5,9	0,06	Incolor	6,3
P3	1ª semana	7,7	0,16	Incolor	16,9	7,7	0,08	Incolor	13,3
	2ª semana	7,4	0,23	Incolor	22,9	7,4	0,08	Incolor	13,0
	3ª semana	7,3	0,68	Incolor	28,1	7,5	0,09	Incolor	13,8
	4ª semana	7,5	0,06	Incolor	21,4	7,6	0,09	Incolor	14,3
	5ª semana	7,7	0,15	Incolor	16,4	7,5	0,09	Incolor	14,5
Média		5,4	0,15	---	64,0	6,5	0,11	---	28,6
Valor Máximo		7,7	0,68	---	183,5	7,7	0,23	---	116,5
Valor Mínimo		3,4	0,05	---	9,7	4,9	0,05	---	4,5
RDCnº11/2014*		6,0 a 9,5	--	Incolor	0 a 10,0	6,0 a 9,5	--	Incolor	0 a 10,0

\*\*Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº11 de 13 de março de 2014<sup>4</sup>

Os valores de turbidez e cor aparente são indicativos de presença de substâncias dissolvidas na água. A RDC nº11/2014<sup>4</sup> não recomenda limites aceitáveis para turbidez em água de hemodiálise, apenas que o parâmetro cor deverá ser “incolor”. Nos processos usuais de tratamento da água, segundo Lima et al<sup>17</sup>, valores de turbidez menores que 5 poderão ser recomendados para água de hemodiálise. No presente estudo, todas as medidas de turbidez mostraram-se menores que 5 NTU e a cor aparente manteve-se incolor (< 2,5 UC) para os ensaios realizados.

Os resultados da condutividade elétrica mostraram valores elevados na água proveniente do poço, que entra no sistema de hemodiálise, de maneira mais acentuada no serviço A. As amostras coletadas no P1 apresentaram valores entre 148,8 e 183,5  $\mu\text{S/cm}$  e entre 15,6 e 116,5  $\mu\text{S/cm}$  nos serviços A e B, respectivamente.

Os resultados apontaram queda considerável da condutividade no P2 e P3, entretanto, mantiveram-se acima de 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no P3, valor máximo estabelecido pela RDC nº11/2014<sup>4</sup>, variando de 16,9 a 28,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no serviço A e de 13,3 a 14,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no serviço B (Tabela 2).

As concentrações de alumínio mostraram valores acima do recomendado pela RDC nº11/2014<sup>4</sup> no P1 no serviço de hemodiálise A em todas as amostras avaliadas. Os valores nesse ponto ficaram entre 0,64 e 0,33 mg/L, entretanto, foram normalizados no P2 mantendo-se abaixo de 0,01 mg/L nas amostras analisadas. No serviço B, as concentrações de alumínio em todas as amostras analisadas apresentaram valores aceitáveis segundo a RDC nº11/2014<sup>4</sup> e permaneceram inferiores a 0,01 mg/L.

A Figura 3 apresenta as concentrações obtidas de nitrato nos serviços avaliados e o valor máximo recomendado (até 2,0 mg/L). Segundo a RDC nº11/2014<sup>4</sup>, as análises realizadas no serviço A mostraram que todas as amostras no P1 evidenciaram níveis excessivos de nitrato (acima de 2,0 mg/L), entretanto, normalizaram-se nas amostras coletadas no P2 e P3. As concentrações de nitrato mostraram-se adequadas nas amostras analisadas para o serviço B.

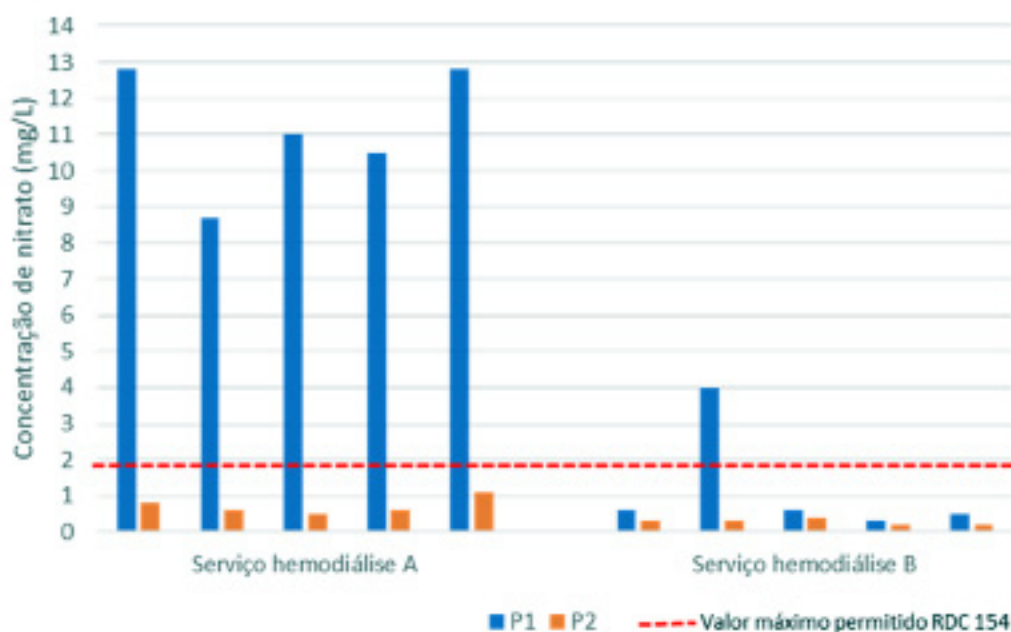


Figura 3. Concentrações obtidas de nitrato (mg/L) nas amostras provenientes do P1 e P2 nos serviços de hemodiálise A e B, Santarém, Oeste do Pará

## DISCUSSÃO

As evidências disponíveis na literatura permitem correlacionar os contaminantes da água de hemodiálise com efeitos adversos do procedimento aos pacientes<sup>1,18</sup>. 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.

A problemática da qualidade da água subterrânea vem se fazendo presente na cidade de Santarém, mostrada em estudos pioneiros como o de Tancredi<sup>13</sup> e mais recentemente por Meschede et al<sup>14</sup> e Bentes et al<sup>15</sup>. Santarém é uma cidade de médio porte na Amazônia que enfrenta problemas sanitários importantes, o que vem comprometendo a qualidade microbiológica e química da água ofertada para a população.

A água subterrânea coletada de poços pouco profundos em Santarém é suscetível à contaminação microbiológica<sup>14,15,19</sup>. Nesta pesquisa, não foi identificada contaminação microbiológica para coliformes totais *E. coli* na água de hemodiálise compatíveis com outros estudos semelhantes realizados em centros de



hemodiálise<sup>1,17</sup>. Por outro lado, no interior do estado de São Paulo, Montanari et al<sup>20</sup> detectaram *E. coli* em 36 amostras de dialisato analisadas em uma unidade de hemodiálise. No estado de Mato Grosso, foi detectada a presença de *E. coli* em 8% das amostras analisadas em uma clínica no ano de 2013<sup>21</sup>.

Os resultados deste estudo mostraram valores dentro do aceitável para contagem de bactérias heterotróficas, entretanto, é recomendável a adoção de medidas para identificação e intervenção de forma preventiva, uma vez que foram encontrados valores acima do nível de ação (50 UFC/mL)<sup>4</sup>. Os filtros de carvão tendem a remover o cloro adicionado no tratamento da água para hemodiálise, pois a sua presença está associada a anemia hemolítica em pacientes<sup>22</sup>. Dessa forma, bactérias heterotróficas podem ocorrer em sistemas de hemodiálise, geralmente em locais onde a água permanece estagnada e nos dispositivos de tratamento como abrandadores e filtros<sup>23</sup>. Outros autores encontraram bactérias heterotróficas em água de serviços de hemodiálise, resultados que corroboram com os obtidos no serviço B em Santarém. No Distrito Federal, entre 2009 e 2010, relatórios de análises evidenciaram a contaminação de um terço das amostras de água de hemodiálise por bactérias heterotróficas<sup>24</sup>. Em Curitiba (PR), mais de 95% dos testes realizados para bactérias heterotróficas tiveram resultados positivos<sup>25</sup>. Em pesquisa realizada no Rio de Janeiro, 32% de 75 amostras no ano de 2006 e 30 de 57 amostras no ano de 2007 estavam insatisfatórias devido aos níveis de bactérias heterotróficas superiores ao permitido<sup>26</sup>.

As análises físico-químicas mostraram pH ácido no P1 nos dois serviços avaliados. O pH baixo é uma característica da água subterrânea captada do Aquífero Alter do Chão apontado por outros estudos realizados em Santarém<sup>14,15</sup>. Os baixos valores de pH podem contribuir para a corrosividade da tubulação na entrada do sistema de tratamento de hemodiálise. O pH normalizou-se após a passagem da água pelos sistemas de tratamento, mostrando que os mecanismos de tratamento dos serviços avaliados são eficazes na sua correção e para a segurança do paciente.

No P1, a condutividade elevada indica que a água bruta subterrânea utilizada em ambos os serviços de hemodiálise apresenta uma quantidade considerável de íons dissolvidos e pode aumentar à medida que mais substâncias são adicionadas na água, nesse caso, níveis superiores a 100 µS/cm indicam ambientes impactados<sup>27</sup>. Lima et al<sup>17</sup> apontam uma relação significativa no aumento da condutividade e na presença de endotoxinas na água utilizada em serviços de hemodiálise. No P2, a condutividade elevada no serviço A indica que inadequações com o equipamento de osmose reversa possam estar ocorrendo. No P3, em ambos os serviços, a condutividade elevada associa-se possivelmente com a adição de soluções de tamponamento ao dialisato.

Os valores de alumínio acima do recomendado obtidos nas amostras avaliadas no ponto P1 no serviço de hemodiálise A apontam contaminação da água bruta proveniente do poço subterrâneo. Os achados são congruentes com outros estudos anteriores realizados em Santarém. Meschede et al<sup>14</sup> apontaram valores de alumínio superiores a 0,2 mg/L em águas subterrâneas coletadas em escolas e Bentes et al<sup>15</sup> em domicílios em Santarém. Mendes et al<sup>19</sup> atribuíram a ocorrência de alumínio de forma natural, a partir de uma interação rocha-água. Ressalta-se que os estudos com concentrações elevadas de alumínio em água na região de Santarém são recentes<sup>14,15,19</sup> e o município ainda não adotou medidas corretivas para que a população não esteja exposta. Na hemodiálise, a atual pesquisa mostrou eficácia dos filtros do pré-tratamento e das membranas da osmose reversa na diminuição da concentração de alumínio, no entanto, eventuais irregularidades no processo de purificação da água podem ocorrer e resultar em complicações graves para a saúde dos pacientes. Salienta-se a importância do pré-tratamento do alumínio com o intuito, também, de proteger as membranas capilares utilizadas nas unidades de hemodiálise. O alumínio em pacientes renais crônicos está associado ao depósito em músculos, ossos e cérebro e pode ocasionar distúrbios metabólicos e doença óssea<sup>28</sup>. Em Belém, capital do estado do Pará, os autores Pinheiro et al<sup>29</sup> encontraram concentrações de alumínio superiores ao recomendado em duas amostras coletadas da entrada do sistema de tratamento para hemodiálise, onde a fonte de contaminação mais provável seria a adição de sais de alumínio durante o procedimento de floculação da Estação de Tratamento de Água do município.

No ponto P1, no serviço de hemodiálise A, observaram-se valores excedentes de nitrato. O nitrato é um dos principais poluentes das águas subterrâneas não tratadas e pode ser resultante de deficiências

sanitárias e do uso de fertilizantes no solo próximos a poços de captação<sup>30</sup>. Em Santarém, foi relatada a ocorrência de nitrato em níveis elevados na água de consumo humano proveniente de poços de escolas e domicílios<sup>14,15</sup>. A atual pesquisa mostrou que o sistema de tratamento de água nos serviços de hemodiálise avaliados foi eficaz na remoção do nitrato na água, embora o serviço A tenha apresentado valores próximos ao limite máximo permitido de 2,0 mg/L pela RDC nº11/2014<sup>4</sup>, requerendo atenção. Em Lagos, na Nigéria, e em Isfahanno, no Irã, foram reportadas concentrações acima dos padrões internacionais estabelecidos de nitrato para o abastecimento de água após o tratamento em serviços de hemodiálise<sup>31,32</sup>. No Brasil, Tristão<sup>21</sup> reportou que 15% das amostras de água coletadas após o tratamento em serviços de hemodiálise do estado do Mato Grosso do Sul permaneceram inconformes devido à ineficiência da osmose reversa na remoção de íons de nitrato.

## CONCLUSÃO

Ao longo dos últimos dez anos, os serviços de hemodiálise têm passado a aplicar melhores metodologias de tratamento da água, objetivando a redução da sua contaminação por meio da osmose reversa, abrandadores e filtros de carvão e areia. Porém, estudos ainda apontam que falhas no sistema de tratamento da água para hemodiálise podem ocorrer, sendo possível encontrar microrganismos em amostras pré e pós hemodiálise, além da detecção de contaminantes não microbianos, como o alumínio e o nitrato, o que pode trazer implicações importantes aos pacientes em tratamento dialítico.

Na atual pesquisa, em conjunto, os resultados apontaram que os sistemas de tratamento da água dos serviços de hemodiálise A e B foram eficazes na remoção de contaminantes microbiológicos e adequação dos parâmetros físico-químicos na saída do tratamento, mesmo em uma cidade como Santarém que vem passando por problemas relacionados à qualidade da água. Duas exceções foram observadas nas amostras avaliadas após o tratamento: (i) o serviço de hemodiálise A não foi capaz de eliminar o crescimento de bactérias heterotróficas e (ii) as medidas de condutividade, em ambos os serviços, mantiveram-se acima do recomendado pela legislação RDC nº11/2014 em até 2,8 vezes mais. As concentrações de alumínio, embora dentro do limite máximo recomendado no P3, mostraram-se elevadas na entrada do tratamento P1, dessa forma, sugere-se que medidas corretivas por parte dos gestores locais sejam implementadas e que o acompanhamento da população a essa exposição possa ser realizado em estudos futuros. Recomendam-se a cloração da água, o rigoroso controle da formação de biofilmes e o monitoramento periódico dos íons dissolvidos, como o nitrato e os sulfatos, a fim de favorecer a qualidade de vida dos pacientes submetidos a regimes contínuos e frequentes de hemodiálise em Santarém.

Entende-se que os resultados deste trabalho são inéditos e iniciais, sugerindo-se que novos estudos de avaliação de risco e de abordagem epidemiológica sejam realizados na região de Santarém, de forma a possibilitar ampliação desse debate sobre exposição hídrica e a condução de futuras intervenções no âmbito da promoção da saúde.

## CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram não existir conflitos de interesse.

## FINANCIAMENTO

Por meio do Programa Interinstitucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Programa de Bolsas Iniciação Científica e Inovação Tecnológica PIBIC da UFOPA, à Secretaria Municipal de Saúde de Santarém (SEMSA), ao Hospital Municipal de Santarém e ao Hospital Regional do Baixo Amazonas pela autorização e disponibilidade na coleta de amostras e informações e ao Laboratório LabVida por ceder o espaço físico e vidrarias necessárias aos ensaios analíticos.

## REFERÊNCIAS

1. Suzuki MN, Fregonesi BM, Machado CS, Zagui GS, Kusumota L, Suzuki AK et al. Hemodialysis water parameters as predisposing factors for anemia in patients in dialytic treatment: application of mixed regression models. *Biol Trace Elem Res.* 2019;190(1):30-7.  
<https://doi.org/10.1007/s12011-018-1515-7>
2. Ribeiro IC, Roza NAV, Duarte DA, Guadagnini D, Elias RM, Oliveira RB. Clinical and microbiological effects of dialyzers reuse in hemodialysis patients. *J Bras Nefrol.* 2019;41(3):384-92.  
<https://doi.org/10.1590/2175-8239-jbn-2018-0151>
3. Bugno A, Almodóvar AAB, Pereira TC, Auricchio MT. Detecção de bactérias gram-negativas não fermentadoras em água tratada para diálise. *Rev Inst Adolfo Lutz [Internet].* 2007 [acesso 2021 Mai 21];66(2):172-5. Disponível em:  
<https://periodicos.saude.sp.gov.br/index.php/RIAL/article/view/32828>
4. Ministério da Saúde (Brasil). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 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 dá outras providências. *Diário Oficial da União.* Brasília, DF, 14 mar 2014. Seção 1(50):40-2.
5. Ward RA, Ing TS. Água especial e preparo da solução de hemodiálise. In: Daugirdas JT, Blake PG, Ing TS. *Manual de diálise.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2013. p. 76-82.
6. Ahmad S, Misra M, Hoenich N, Daugirdas JT. Água e solução de diálise. In: Daugirdas JT, Blake PG, Ing TS. *Manual de diálise.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2013. p. 54-75.
7. Almodovar AAB, Buzzo ML, Silva FPL, Hilinski EG, Bugno A. Efetividade do programa de monitoramento da qualidade da água tratada para diálise no estado de São Paulo. *J Bras Nefrol.* 2018;40(4):344-50.  
<https://doi.org/10.1590/2175-8239-jbn-2018-0026>
8. Buzzo ML, Bugno A, Almodovar AA, Kira CS, Carvalho FH, Sousa A et al. A importância de programas de monitoramento da qualidade da água para diálise na segurança dos pacientes. *Rev Inst Adolfo Lutz.* [Internet]. 2010 [acesso 2021 Mai 21];69(1):1-6. Disponível em:  
<https://periodicos.saude.sp.gov.br/index.php/RIAL/article/view/32668>
9. Raad Humudat Y, Al-Naseri SK. Evaluation of dialysis water quality at Hospitals in Baghdad, Iraq. *J Health Pollut.* 2020;10(28):201-11.  
<https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.28.201211>
10. Instituto Trata Brasil [Internet]. Ranking do Saneamento 2020 – Tabela 100 cidades. [acesso 2020 Out 8]. Disponível em:  
<http://tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2020>
11. American Public Health Association (APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* 23.ed. Washington (DC): American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation; 2017.

12. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2017 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ABNT; 2017.
13. Tancredi ACFNS. Recursos hídricos subterrâneos de Santarém: fundamentos para uso e proteção. [tese de doutorado]. Belém (PA): Universidade Federal do Pará (UFPA); 1996. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/7884>
14. Meschede MSC, Figueiredo BR, Alves RIS, Segura-Muñoz SI. Drinking water quality in schools of the Santarém region, Amazon, Brazil, and health implications for school children. Rev Ambient Água. 2018;13(6):e2218. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2218>
15. Bentes VS, Almeida Neto GW, Meschede MSC. Qualidade da água utilizada para consumo humano proveniente do aquífero Alter do Chão em Santarém (Oeste do Pará) e sua relação com a saúde pública. Geochim Bras [Internet]. 2020 [acesso 2021 Maio 18];34(1):101-9. Disponível em: <https://geobrasiliensis.emnuvens.com.br/geobrasiliensis/article/view/662>
16. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR ISO/IEC 17034: 2017 – Requisitos gerais para a competência de produtores de materiais de referência. Rio de Janeiro: ABNT; 2017.
17. Lima JRO, Marques SG, Gonçalves AG, Salgado Filho N, Nunes PC, Silva HS et al. Microbiological analyses of water from hemodialysis services in São Luís, Maranhão, Brazil. Braz J Microbiol. 2005;36(2):103-8. <https://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822005000200001>
18. Fendley DA, Ward RA Dialysate quality: new standards require a new approach to compliance. Semin Dial. 2012;25(5):510-5. <https://doi.org/10.1111/sdi.12007>
19. Mendes A, Galvão P, Sousa J, Silva I, Carneiro RN. Relations of the groundwater quality and disorderly occupation in an Amazon low-income neighborhood developed over a former dump area, Santarém/PA, Brazil. Environ Dev Sustain. 2019;21(1):353-68. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0040-8>
20. Montanari LB, Sartori FG, Cardoso MJO, Varo SD, Pires RH, Leite CQF et al. Microbiological contamination of a hemodialysis center water distribution system. Rev Inst Med Trop Sao Paulo. 2009;51(1):37-43. <https://dx.doi.org/10.1590/S0036-46652009000100007>
21. Tristão AMV. Qualidade da água nas clínicas de hemodiálise no Estado de Mato Grosso do Sul. [dissertação de mestrado]. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/2546>
22. Saha M, Allon M. Diagnosis, treatment and prevention of hemodialysis emergencies. Clin J Am Soc Nephrol 2017;12(2):357-69. <http://doi.org/10.2215/CJN.05260516>
23. Bartram J, Cotruvo J, Exner M, Fricker C, Glasmacher A, editors. Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health. London: World Health Organization; 2003.

24. Marcheti RGA, Caldas HD. Avaliação da qualidade microbiológica da água de consumo humano e de hemodiálise no Distrito Federal em 2009 e 2010. Com Ciências Saúde [Internet]. 2011 [acesso 2021 Maio 21];22(1):33-40. Disponível em:  
[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/periodicos/revista\\_ESCS\\_v22\\_n1\\_a05\\_avaliacao\\_qualidade\\_microbiologica.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/periodicos/revista_ESCS_v22_n1_a05_avaliacao_qualidade_microbiologica.pdf)
25. Figel IC, Dalzoto PR, Pimentel IC. Qualidade microbiológica da água e dialisato em clínicas de hemodiálise do Sul do Brasil. Rev Inst Adolfo Lutz [Internet]. 2015 [acesso 2021 Maio 21];74(1):66-70. Disponível em:  
<https://periodicos.saude.sp.gov.br/index.php/RIAL/article/view/33387>
26. Ramirez SS. Água para hemodiálise no Estado do Rio de Janeiro: uma avaliação dos dados gerados pelo programa de monitoramento da qualidade nos anos de 2006-2007. [monografia de especialização]. Rio de: Fundação Oswaldo Cruz; 2009. Disponível em:  
<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/14190>
27. Ministério da Saúde (Brasil). Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília (DF): Funasa; 2014.
28. Barreto FC, Araújo SMH. Intoxicação alumínica na doença renal crônica. Braz J Nephrol. 2011;33(suppl 1):21-5.  
<https://doi.org/10.1590/S0101-28002011000200016>
29. Pinheiro DR, Pinheiro AP, Martelli MC. Estudo da qualidade da água utilizada em hemodiálise [resumo]. Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química; 2014 Out 19-22; Florianópolis (SC). Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina; 2015. p. 8670-7.
30. Yu G, Wang J, Liu L, Li Y, Zhang Y, Wang S. The analysis of groundwater nitrate pollution and health risk assessment in rural areas of Yantai, China. BMC Public Health. 2020;20(1):437.  
<https://doi.org/10.1186/s12889-020-08583-y>
31. Braimoh RW, Mabayoje MO, Amira CO, Coker H. Quality of hemodialysis water in a resource-poor country: the Nigerian example. Hemodial Int. 2012; 16(4):532-8.  
<https://doi.org/10.1111/j.1542-4758.2012.00682.x>
32. Shahryari A, Nikaeen M, Hatamzadeh M, Vahid Dastjerdi M, Hassanzadeh A. Evaluation of bacteriological and chemical quality of dialysis water and fluid in Isfahan, Central Iran. Iran J Public Health. 2016;45(5):650-6. Disponível em:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4935709/pdf/IJPH-45-650.pdf>

