

CARMINE MAGLIO NETO  
RONALDO D'AVILA



Pré-tratamento  
osmose reversa

# Tratamento de água para hemodiálise: conceitos e recomendações





### **Carmine Maglio Neto**

Vivência de mais de 35 anos na área médico-hospitalar.

Relator da ABNT – norma IEC 23.500 – Diretriz para a prep. e gerenc. de qualidade de fluidos para hemodiálise e terapias relacionadas.

Participação na revisão da legislação sobre diálise, portarias 2042/1996 e 82/2000, RDC 154/2004 e 11/2014.

Desenvolvimento de programas de treinamento para Vigilância Sanitária, palestras e cursos em simpósios e congressos na área de hemodiálise.



### **Ronaldo D'Avila**

Mestrado e doutorado em Nefrologia pela Unifesp

Professor da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba, PUC-SP

Membro do Departamento de Diálise da Sociedade Brasileira de Nefrologia

Responsável Técnico pelo Centro de Diálise e Transplante Renal de Sorocaba.

É com muita honra e satisfação que apresento, à comunidade nefrológica brasileira, a obra intitulada: *Tratamento de água para hemodiálise: conceitos e recomendações* de autoria de Ronaldo D'Avila e Carmine Maglio Neto. Temos visto e acompanhado o aumento crescente do interesse nesse tema na literatura nefrológica, muito embora, em nosso País, sentíssemos a falta de uma obra que pudesse contemplar, de maneira mais profunda, um assunto de vital importância a todos os profissionais que atuam na hemodiálise (HD). Essa lacuna já não existe mais.

Nas suas mais de 150 páginas, os autores conseguem, de maneira muito objetiva, didática e abrangente, oferecer um panorama geral que percorre desde os requisitos básicos para obtenção e manutenção da qualidade da água na HD, do seu sistema de tratamento, de armazenagem e de distribuição entre outros temas tão relevantes. A princípio, ao se deparar com os tópicos de seu sumário, o leitor pode ter uma falsa impressão de dificuldade ou de aridez do objeto desta obra, porém, ao final da leitura, essa falsa percepção inicial se dissipa, pelo zelo dos autores na redação dos capítulos, que primaram pela objetividade e pela clareza de seus conteúdos. Aqueles profissionais, que já atuam na HD, encontrarão, aqui, fonte de consulta e de atualização, ao mesmo tempo que será despertado o interesse de outros tantos, que entrarão em contato pela primeira vez com esse tema.

Parabenizo e agradeço aos autores, em nome da nefrologia brasileira, por nos oferecer este livro, que já se torna uma referência na área propiciando um tratamento, ainda melhor, aos milhares de pacientes que fazem HD em nosso País.

### **Marcelo Mazza do Nascimento**

Professor adjunto de Nefrologia na Universidade Federal do Paraná

Atual presidente da Sociedade Brasileira de Nefrologia

## **Tratamento de água para hemodiálise: conceitos e recomendações**





PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

*Reitora: Maria Amalia Pie Abib Andery*

*Conselho Editorial*

Maria Amalia Pie Abib Andery (*Presidente*)

Ana Mercês Bahia Bock

Claudia Maria Costin

José Luiz Goldfarb

José Rodolpho Perazzolo

Marcelo Perine

Maria Carmelita Yazbek

Maria Lucia Santaella Braga

Matthias Grenzer

Oswaldo Henrique Duek Marques

**EDUC – Editora da PUC-SP**

*Direção*

José Luiz Goldfarb

*Produção Editorial*

Sônia Montone

*Revisão*

Zeta Studio

*Produção Gráfica*

Waldir Alves

Gabriel Moraes

*Administração e Vendas*

Ronaldo Decicino

Rua Monte Alegre, 984 – Sala S16

CEP 05014-901 – São Paulo – SP

Tel./Fax: (11) 3670-8085 e 3670-8558

E-mail: [educ@pucsp.br](mailto:educ@pucsp.br) – Site: [www.pucsp.br/educ](http://www.pucsp.br/educ)

CARMINE MAGLIO NETO  
RONALDO D'AVILA

# **Tratamento de água para hemodiálise: conceitos e recomendações**

**educ**

São Paulo  
2020

Copyright © 2020  
Todos os direitos reservados.

Eng. Carmine Maglio Neto  
Ex-diretor de Serviços Técnicos da Baxter Healthcare para a América Latina  
Ex-diretor da NIKKISO Europe GmbH para a América Latina  
Consultor técnico para a área de hemodiálise

Prof. Dr. Ronaldo D'Ávila  
Professor Associado da Disciplina de Nefrologia da Faculdade de Medicina de Sorocaba – PUCSP  
Responsável Técnico do Centro de Diálise e Transplante Renal – Sorocaba  
Membro do Departamento de Diálise da SBN

### **Artes e Ilustrações**

Maria Fernanda Scott Gobitta Maglio  
fernandagobitta@gmail.com

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Alexandre Manzano Sagardoy  
Leão Branco Estúdio  
alemanzano@gmail.com

### **Agradecimentos**

Acquamedic  
*Sistemas de tratamento de água para hemodiálise*  
<https://www.acquamedic.com.br/>

Mar Cor Purification – Life Sciences Division of Cantel  
*Diagrama esquemático do sistema BioPure HX2 Dialysis Water System*  
<http://www.mcpcor.com/>

Nitto Denko América Latina Ltda.  
*Diagrama esquemático da membrana de osmose reversa*  
<https://www.nitto.com>

Maglio Neto, Carmine  
Tratamento de água para hemodiálise : conceitos e recomendações / Carmine  
Maglio Neto ; Ronaldo D'Ávila.  
- São Paulo : EDUC, 2020.  
172p. ; il. color. ; 172p. - (De sapientia sanitatis)  
Bibliografia.

ISBN 978-85-283-0658-3

1. Hemodiálise. 2. Controle de qualidade da água. I. D'Ávila, Ronaldo. II. Título

CDD 616.61406  
363.7394

# SUMÁRIO

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1 — INTRODUÇÃO</b>                                                              | 7  |
| A importância da água na hemodiálise e o procedimento hemodialítico                | 9  |
| 1.1 Outros usos da água na terapia dialítica                                       | 16 |
| 1.2 Perigos do uso de água não adequada à hemodiálise                              | 17 |
| <b>2 — REQUISITOS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO NA HEMODIÁLISE</b>                 | 21 |
| <b>3 — O SISTEMA DE TRATAMENTO, ARMAZENAGEM E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA</b>             | 29 |
| <b>4 — SUBSISTEMA DE ÁGUA POTÁVEL</b>                                              | 35 |
| <b>5 — SUBSISTEMA PRÉ-TRATAMENTO</b>                                               | 45 |
| 5.1 Colunas ou vasos de pressão                                                    | 49 |
| 5.2 Acessos para tomada de amostras                                                | 53 |
| 5.3 Pontos de conexão ao dreno – Gap de ar                                         | 53 |
| 5.4 Bombas de pressurização                                                        | 54 |
| 5.5 Coluna multimídia (filtro de areia)                                            | 54 |
| 5.6 Coluna abrandadora                                                             | 56 |
| 5.7 Tanque de salmoura                                                             | 59 |
| 5.8 Coluna de carvão                                                               | 60 |
| 5.9 Filtro de micropartículas                                                      | 65 |
| 5.10 Luz ultravioleta                                                              | 66 |
| <b>6 — SUBSISTEMA OSMOSE REVERSA – OR</b>                                          | 69 |
| 6.1 Membranas de osmose reversa                                                    | 71 |
| 6.2 Principais fatores que impactam na performance das membranas de osmose reversa | 77 |
| 6.3 Tipo de membrana de osmose reversa                                             | 77 |
| 6.4 Qualidade físico-química da água de alimentação – concentração de sais         | 78 |
| 6.5 Temperatura                                                                    | 78 |
| 6.6 Recuperação                                                                    | 79 |
| 6.7 pH                                                                             | 80 |
| <b>7 — MÓDULO DE OSMOSE REVERSA – OR</b>                                           | 81 |
| 7.1 Módulo de osmose reversa de passo único                                        | 83 |
| 7.2 Módulo de osmose reversa de duplo passo                                        | 85 |
| 7.3 Bomba de alta pressão da OR                                                    | 87 |
| 7.4 Circuito hidráulico da OR                                                      | 88 |
| 7.5 Osmose reversa portátil para hemodiálise à beira do leito                      | 89 |
| 7.6 Produção de água ultrapura                                                     | 90 |

|                                                                                                                    |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>8 — DISPOSITIVOS DE MONITORAMENTO E DE GARANTIA DA QUALIDADE QUÍMICA DO PERMEADO .....</b>                      | <b>93</b>  |
| 8.1 Condutivímetro.....                                                                                            | 95         |
| 8.2 Proteção contra desvios na qualidade química do permeado – Desvio do permeado ( <i>permeate divert</i> ) ..... | 97         |
| 8.3 Prevenção de incrustação das membranas de osmose reversa – Descarga automática ( <i>autoflush</i> ) .....      | 99         |
| 8.4 Prevenção de contaminação microbiológica – Ligar automático ( <i>auto on</i> ) .....                           | 100        |
| 8.5 Manuseio de produtos químicos para limpeza química e sanitização – Limpeza <i>in situ</i> .....                | 101        |
| <b>9 — SUBSISTEMA DE ARMAZENAGEM E DISTRIBUIÇÃO .....</b>                                                          | <b>105</b> |
| 9.1 Sistema de alimentação direta .....                                                                            | 107        |
| 9.2 Sistema de alimentação indireta .....                                                                          | 108        |
| 9.3 Tanque de armazenagem de água tratada.....                                                                     | 109        |
| 9.4 Anel de distribuição de água tratada .....                                                                     | 111        |
| <b>10 — CONTROLE DE PROLIFERAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS.....</b>                                                      | <b>119</b> |
| 10.1 Irradiação ultravioleta (UV) .....                                                                            | 122        |
| 10.2 Desinfecção química – Ozônio.....                                                                             | 122        |
| 10.3 Desinfecção térmica.....                                                                                      | 124        |
| <b>11 — GERENCIAMENTO DO SISTEMA – GERENCIAMENTO DA QUALIDADE.....</b>                                             | <b>127</b> |
| 11.1 Qualificação técnica, documentação e monitoramento.....                                                       | 129        |
| 11.2 Qualificação e validação .....                                                                                | 130        |
| 11.3 Documentação.....                                                                                             | 134        |
| 11.4 Gerenciamento da qualidade .....                                                                              | 137        |
| 11.5 Monitoramento .....                                                                                           | 138        |
| 11.6 Subsistema de água potável.....                                                                               | 143        |
| 11.7 Cabeçotes automáticos das colunas.....                                                                        | 145        |
| 11.8 Coluna multimídia .....                                                                                       | 147        |
| 11.9 Coluna abrandadora .....                                                                                      | 147        |
| 11.10 Colunas de carvão .....                                                                                      | 148        |
| 11.11 Filtro de micropartículas.....                                                                               | 149        |
| 11.12 Luz ultravioleta.....                                                                                        | 149        |
| 11.13 Osmose reversa.....                                                                                          | 150        |
| 11.14 Reaproveitamento da água de rejeito da osmose reversa .....                                                  | 150        |
| <b>12 — CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>                                                                        | <b>153</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>                                                                                          | <b>159</b> |

# 1 — INTRODUÇÃO



“

AQUELES QUE ESTÃO ENAMORADOS DA PRÁTICA SEM CIÊNCIA  
SÃO COMO UM NAVEGADOR QUE ENTRA EM UM NAVIO SEM LEME E SEM BÚSSOLA  
E NUNCA TEM CERTEZA DE PARA ONDE ESTÃO INDO.  
A PRÁTICA DEVE SEMPRE SER BASEADA EM UM CONHECIMENTO SÓLIDO DA TEORIA.

”

LEONARDO DA VINCI

## A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NA HEMODIÁLISE E O PROCEDIMENTO HEMODIALÍTICO

O fornecimento de água de boa qualidade físico-química e microbiológica é essencial para várias operações nos estabelecimentos de saúde. A água é utilizada para procedimentos de limpeza, desinfecção, esterilização, preparo de materiais e os requisitos da sua qualidade variam de acordo com a aplicação e devem ser bem entendidos. Em determinadas situações, como na hemodiálise, a água é parte fundamental e crítica para a execução da terapia e sua utilização fora dos padrões de exigência pode ser fatal para os pacientes.

A hemodiálise crônica é hoje realizada amplamente em todo o mundo, para o tratamento da insuficiência renal crônica e aguda. Só no Brasil, o relatório do Inquérito Brasileiro de Diálise Crônica de julho de 2017 estimava que 126.583 pacientes eram dependentes

de diálise na ocasião e que esses pacientes estavam distribuídos em 758 unidades de diálise (Saldanha et al., 2019). A previsão é que esses números continuem a aumentar. Além disto, os pacientes com insuficiência renal aguda, complicação frequente em pacientes internados, muitas vezes também necessitam ser submetidos à hemodiálise temporária. Sendo a água parte fundamental do tratamento dialítico, é mais do que justificável a ampla compreensão dos cuidados na sua preparação, no monitoramento e na manutenção da sua qualidade, o que é o escopo deste livro.

Para a realização da terapia de hemodiálise são utilizadas duas soluções apropriadas, uma solução chamada de concentrado ácido, constituída por água e eletrólitos como cloreto de sódio, cálcio, potássio e, magnésio e, outra, com bicarbonato de sódio, chamada de concentrado básico. Os concentrados são adicionados à água através de duas bombas dosadoras nas máquinas de hemodiálise, em uma proporção correta, dependendo da concentração do produto, como, por exemplo, a diluição de 1 litro de concentrado ácido em 42,775 litros de água tratada para hemodiálise e 1,225 litros de concentrado básico.

Essa mistura de água, concentrado ácido e concentrado básico é chamada de dialisato. O dialisato, num fluxo adequado e regulado pela máquina, usualmente de 500 mL por minuto, passa pelo dialisador, assim como o sangue do paciente. Em uma sessão normal de hemodiálise, que dura aproximadamente 4 horas, cerca de 120 litros de dialisato fluem pelo capilar. Durante essas 4 horas, o dialisato fica separado do sangue apenas por uma membrana semipermeável, o que permite trocas entre alguns constituintes desses

compartimentos, sangue e dialisato. Essa proximidade do sangue e do dialisato explica por que a água utilizada no procedimento deve ter um grau de pureza muito maior do que o necessário para caracterizar apenas a sua potabilidade. A Figura 1 mostra esquematicamente a mistura da água tratada com os concentrados polieletrólíticos pela máquina para hemodiálise para preparar o dialisato que será aplicado ao filtro dialisador.

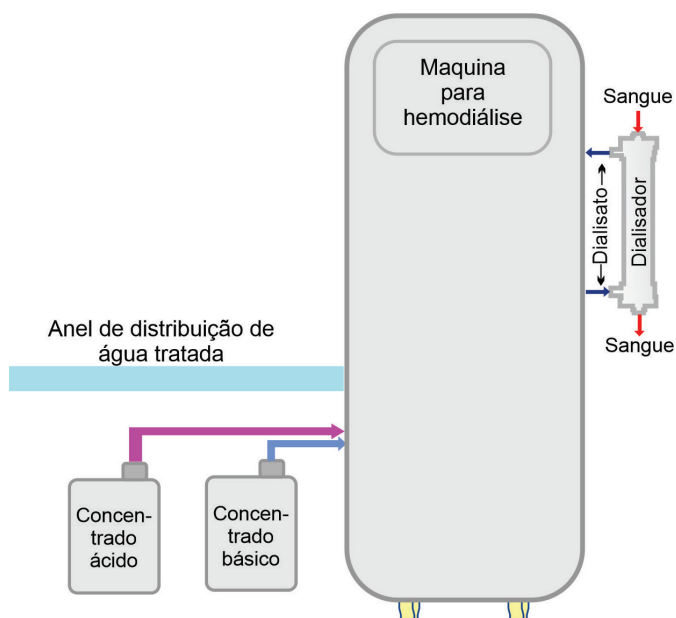


Figura 1  
A máquina para hemodiálise e suas entradas de água tratada e de concentrados ácido e básico. A água e os concentrados são adequadamente proporcionados através de duas bombas dosadoras de concentrado formando assim o dialisato.

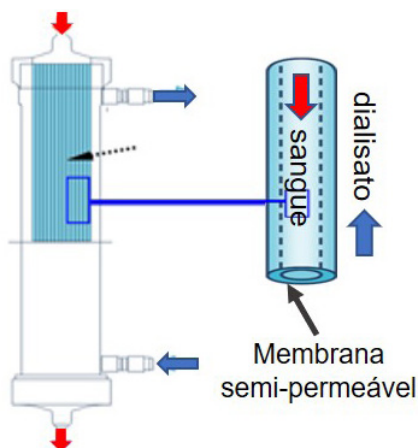
A terapia de hemodiálise substitui a função renal natural na filtragem do sangue e é usada para tratar pacientes com insuficiência renal aguda ou crônica. Nessa modalidade terapêutica, o sangue e o dialisato fluem através de um filtro chamado de dialisador. O dialisador é constituído por um conjunto de finos tubos, feitos com uma membrana semipermeável e denominados capilares. Para evitar contato direto entre o sangue e o dialisato, o sangue flui pelo lado interno de cada um dos tubos enquanto o dialisato flui por fora, ficando essas soluções sempre intermediadas

pela membrana, que permite trocas entre elas. Embora esses filtros de diálise possam adotar várias formas, os mais utilizados atualmente têm essa disposição de membranas em capilares. A Figura 2 mostra, na parte A, um dialisador capilar e os pontos de entrada e saída do sangue e do dialisato. A parte B da figura mostra um esquema da ampliação de uma das fibras capilares que forma o dialisador. Como pode ser notado, o sangue flui por dentro do capilar que é a própria membrana semipermeável e o dialisato flui do lado de fora do capilar.

Figura 2 – parte A  
Dialisador (filtro)  
capilar contendo  
a membrana  
semipermeável  
normalmente  
utilizado em  
hemodiálise.



Figura 2 – parte B  
Demonstração  
esquemática do  
fluxo do sangue e do  
dialisato.



Basicamente, a hemodiálise consiste nessa passagem de sangue e dialisato em compartimentos separados por uma membrana, o que proporciona a possibilidade de trocas entre as duas soluções. Essas trocas permitem a retirada de água e de solutos e a correção do equilíbrio ácido básico do sangue do paciente.

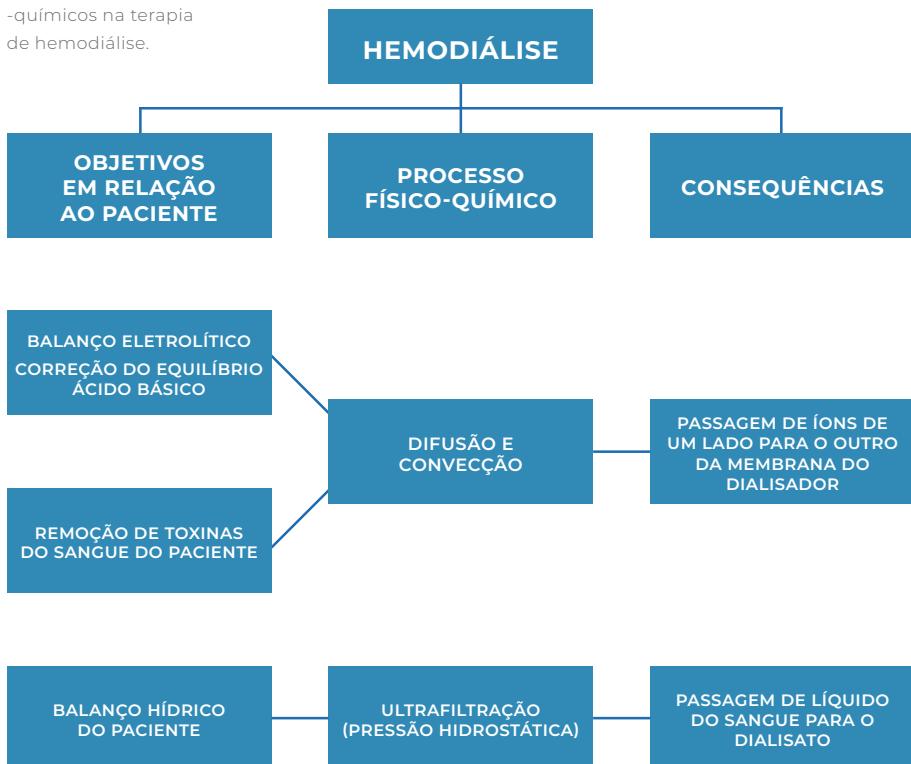
Três mecanismos básicos regem o procedimento dialítico: o primeiro é a passagem de solutos no sentido da solução menos concentrada (difusão), o segundo, a passagem de fluidos no sentido da maior para a menor pressão hidrostática (ultrafiltração) e o terceiro é o arraste de solutos com a ultrafiltração (convecção).

A difusão ocorre devido à existência de gradientes de concentração de solutos entre o sangue e o dialisato, o que provoca a transferência dos solutos geralmente no sentido do sangue para o dialisato. Através da difusão, diversas substâncias presentes no sangue, entre elas a ureia e a creatinina, podem ser transferidas para o dialisato que não as contém e então removidas definitivamente do sangue. A remoção de líquido do sangue, denominada ultrafiltração, é também um processo fundamental no tratamento hemodialítico e pode ser conseguida pela diferença de pressão hidrostática entre o sangue e o dialisato, chamada de pressão transmembrana. A pressão transmembrana é a diferença de pressão hidrostática entre o sangue e o dialisato no interior do dialisador. As máquinas de hemodiálise são capazes de criar essa diferença de pressão entre os dois compartimentos, provocando a ultrafiltração de forma previsível e controlada. A ultrafiltração provoca também um arraste de solutos por convecção, constituindo-se esse mecanismo uma forma adicional e importante de perdas de solutos do sangue para o dialisato.

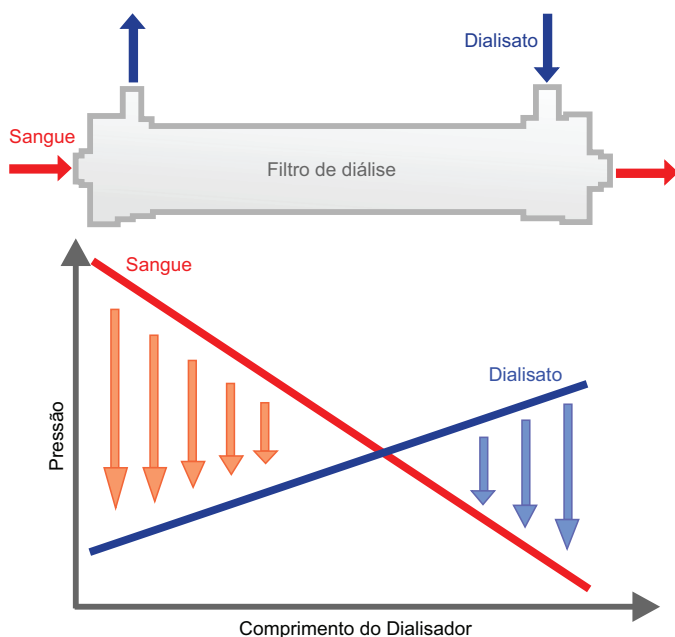
A ocorrência dos mecanismos citados dependerá, entre outros fatores, de adequados fluxos de sangue e de dialisato passando pelo dialisador, do tipo de membrana, da sua permeabilidade, da área do dialisador, dos materiais e da engenharia da construção das membranas que podem proporcionar diferentes possibilidades de permeabilidade e transferência de solutos.

A Figura 3 mostra os objetivos do tratamento hemodialítico, o processo físico-químico pelo qual esse objetivo é atingido e os resultados alcançados.

Figura 3  
Processos físico-  
químicos na terapia  
de hemodiálise.



O desejável é que, durante a hemodiálise, a transferência de água através da membrana do dialisador ocorra exclusivamente no sentido do sangue para o dialisato, permitindo assim a perda de água do paciente, o que se traduz por perda de peso corporal durante a sessão. A Figura 4 mostra, entretanto, que também pode ocorrer, e frequentemente ocorre, uma indesejável passagem de líquido no sentido inverso, do dialisato para o sangue.



Adaptado de Lee (2013).

Figura 4  
A dinâmica das pressões na câmara de sangue e de dialisato ao longo do dialisador explica a perda de fluido do sangue para o dialisato (passagem de líquido do sangue para o dialisato) em parte do filtro e reinfusão (ultrafiltração reversa) na parte final do percurso do sangue.

Esse fenômeno indesejado, a ultrafiltração reversa, acontece porque, quando o sangue flui ao longo do dialisador, ocorre uma perda natural da pressão hidrostática no compartimento sangue. A ultrafiltração reversa pode ter como efeito colateral a transferência para o sangue de substâncias indesejadas presentes no dialisato, entre elas, bactérias, seus fragmentos e endotoxinas, especialmente quando se utiliza dialisadores de alto fluxo, equipados com membranas de alta permeabilidade. Além da ultrafiltração reversa

também pode ocorrer a passagem dessas substâncias indesejadas por simples difusão, no sentido dialisato para o sangue (Ofsthun e Leypoldt, 1995; Schiff, 2011; Leypoldt, Schmidt e Gurland, 1991; Hosoya e Sakay, 1990).

## 1.1 OUTROS USOS DA ÁGUA NA TERAPIA DIALÍTICA

A água presente no dialisato representa a maior, mas não a única possibilidade de contaminação por água no procedimento dialítico. A portaria que rege o tratamento por hemodiálise permite que os dialisadores, desde que individualizados e desde que os pacientes não apresentem algumas infecções virais, sejam reprocessados, isto é, lavados e reutilizados algumas vezes. A maioria das unidades de diálise fazem esse reprocessamento do capilar, que inclui a lavagem dos dialisadores, até mesmo dos compartimentos sangue e dialisato e sua esterilização até o próximo uso. Assim, é fundamental também que se cuide da água utilizada para o reprocessamento dos capilares, uma vez que substâncias tóxicas, principalmente endotoxinas, podem aderir às paredes internas das fibras capilares por onde circulará o sangue durante a sessão de hemodiálise (CDC, 2003/2019).

Conhecidos os potenciais riscos, é importante enfatizar que a qualidade da água utilizada no tratamento por hemodiálise é fundamental para a sobrevida e melhor qualidade de vida dos pacientes. Deve ser destacada então a importância em se conhecer e monitorizar a pureza microbiológica e química desta (Pontoriero