

REVISÃO DOS EFEITOS ADVERSOS DO CLORO RESIDUAL, DUREZA E MANGANÊS DA ÁGUA POTÁVEL À SAÚDE

Dagueleane Barrero Azevedo – dagueleazevedo@hotmail.com
UNIVERSIDADE FEEVALE
ERS-239, 2755
CEP 93525-075 – Novo Hamburgo – RS

Patrice Monteiro de Aquim – patrice@feevale.br
UNIVERSIDADE FEEVALE

Everton Hansen – evertonhansen@gmail.com
FEPAM / UNIVERSIDADE FEEVALE

Resumo: A água é uma necessidade humana básica, tanto para o consumo quanto para o saneamento e a higiene, é um recurso que sustenta a vida e a saúde. Devido à crescente preocupação com a qualidade da água potável e a responsabilidade social e ambiental, previstas nas práticas ESG, este estudo concentra-se no desenvolvimento de uma revisão sobre efeitos adversos do cloro residual, dureza e manganês remanescentes na água potável, à saúde. A metodologia consistiu no levantamento das relações entre as concentrações de cloro residual, dureza e manganês, presentes na água tratada e efeitos adversos à saúde, realizado na base de dados “PubMed”. Os resultados indicaram que o cloro residual, embora eficaz na desinfecção da água, pode provocar degradação capilar após exposição prolongada, a dureza da água possui correlação com o agravamento de dermatite atópica, além de efeitos prejudiciais ao cabelo. Há evidências de que o consumo de manganês na água pode estar associado a efeitos neurológicos adversos em crianças. Fica clara a importância de aprimorar os processos de tratamento de água para usos específicos, considerando não apenas o custo, mas também a aplicação das melhores tecnologias disponíveis para garantir uma água de qualidade superior. Este trabalho reforça a responsabilidade social dos gestores e operadores de sistemas de tratamento de água em adotar práticas ESG que minimizem os riscos à saúde, otimizando o uso de recursos tecnológicos para garantir a segurança e a qualidade da água fornecida à população.

Palavras-chave: Água potável; Cloro residual; Dureza; Manganês.



REVIEW OF THE ADVERSE EFFECTS OF RESIDUAL CHLORINE, HARDNESS, AND MANGANESE IN DRINKING WATER ON HEALTH

Abstract: Water is a basic human necessity, both for consumption and for sanitation and hygiene; it is a resource that sustains life and health. Due to the growing concern with the quality of drinking water and social and environmental responsibility, as outlined in ESG practices, this study focuses on developing a review of the adverse effects of residual chlorine, hardness, and remaining manganese in drinking water on health. The methodology involved gathering data on the relationships between concentrations of residual chlorine, hardness, and manganese present in treated water and adverse health effects, conducted through the "PubMed" database. The results indicated that residual chlorine, although effective in water disinfection, may cause hair degradation after prolonged exposure; water hardness is correlated with the worsening of atopic dermatitis, as well as harmful effects on hair. There is evidence that manganese consumption in water may be associated with adverse neurological effects in children. It is clear that improving water treatment processes for specific uses is crucial, considering not only the cost but also the application of the best available technologies to ensure superior water quality. This work emphasizes the social responsibility of water treatment system managers and operators to adopt ESG practices that minimize health risks, optimizing the use of technological resources to ensure the safety and quality of the water provided to the population.

Keywords: Drinking water; Residual chlorine; Hardness; Manganese.

Realização

ABES-RS

PUCRS

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL



abes-rs@abes-rs.org.br

(51) 999330700

www.abes-rs.org.br



1. INTRODUÇÃO

A água é uma necessidade humana básica, tanto para o consumo quanto para o saneamento e a higiene, é um recurso que sustenta a vida e a saúde (UNESCO, 2021). Em termos globais, o Brasil é considerado um dos países com maior disponibilidade de água doce no mundo, distribuída de maneira heterogênea no seu território (ANA, 2020).

O serviço de abastecimento de água no Brasil é formado por cinco etapas principais: captação de água bruta (AB), adução, tratamento, reservação e distribuição de água tratada (AT). O tratamento de água convencional, mais frequentemente empregado, é realizado em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) e se dá por processos físicos, químicos ou a sua combinação (SNIS, 2021). Em geral, o processo de tratamento é baseado nos custos e não na implantação da melhor tecnologia (CRUZ & MIERZWA, 2020).

Dentre as etapas do tratamento convencional, a desinfecção tem o objetivo de destruir microrganismos patogênicos presentes na água. O agente de desinfecção mais aplicado é o cloro, que apresenta como vantagem as concentrações residuais que permanecem na AT até esta chegar ao consumidor final, garantindo seu padrão microbiológico (BRASIL, 2014; RICHTER, 2009; SNIS, 2021).

A qualidade desejada da AT vincula-se diretamente ao uso a que se destina (BRASIL, 2014) e o nível do tratamento a ser aplicado na AB depende da condição do manancial de captação (SNIS, 2021). Para caracterizar uma água são determinados os indicadores da qualidade e, se constituem não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso (BRASIL, 2014). No Brasil, a legislação que regulamenta o padrão de potabilidade de água para consumo humano é a Portaria de Consolidação nº 5/2017, alterado posteriormente pela Portaria de Consolidação nº 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021).

Os padrões de água potável podem variar entre países e regiões. Não existe uma abordagem única que seja universalmente aplicável. Para que a água seja considerada dentro do padrão de potabilidade, sem que ofereça riscos à saúde dos consumidores, limites para parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e organolépticos são estabelecidos tanto para os sistemas convencionais quanto para as soluções alternativas de abastecimento de água. Ao definir os limites obrigatórios, é considerado o contexto das condições ambientais, sociais, econômicas e culturais locais ou nacionais (WHO, 2017; SNIS, 2021). Para fins especiais, como produção de alimentos e fármacos, diálise renal, indústria cervejeira, entre outros, onde as formas convencionais de tratamento são insuficientes e a concentração residual de cloro é indesejada, exige-se a aplicação de etapas complementares, para polimento da AT (WHO, 2022).

Em 2021, devido a surtos de doença diarreica aguda (DDA) envolvendo o norovírus, a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) anunciou, como medida de prevenção, o aumento do nível de cloro na água distribuída aos consumidores, chegando a dobrar o valor de cloro residual livre. Embora adequada para consumo, a depender do uso da água, a presença de substâncias em sua composição, como manganês, cloro e cátions de cálcio e magnésio causadores de dureza, pode trazer efeitos indesejados. O cloro residual e a dureza da água tratada já foram relacionados como importantes fatores de risco para dermatite atópica (DA) na infância, através de estudos da ligação entre concentrações de cloro, disfunção da barreira cutânea (aumento da perda transepidermica de água), e a DA na infância (PERKIN, 2016). O cloro e a dureza também podem danificar os cabelos. De acordo com Luqman *et al.* (2018), a quebra do cabelo ocorre principalmente devido ao uso de água dura. Além disso, Morini *et al.* (2017) conduziram uma análise *in vitro* para avaliar a estabilidade do cabelo após uma exposição prolongada à água clorada, e os resultados revelaram que quanto mais prolongada a exposição, maior foi a degradação observada.



A toxicidade do manganês para o sistema nervoso é amplamente documentada em trabalhadores expostos a partículas atmosféricas no ambiente ocupacional, porém existem poucos dados disponíveis sobre os riscos associados à exposição através da ingestão de água potável (OULHOTE, 2014). O valor de orientação provisório para manganês é de 0,08 mg/L, para proteção contra efeitos neurológicos na população em geral, porém este valor é provisório devido ao elevado nível de incerteza (WHO, 2022).

Além disso, o manganês provoca problemas de ordem estética (produz sabor, causa manchas em roupas) e prejudica determinados usos industriais da água (contribuem para a dureza da água) (BRASIL, 2014; RICHTER, 2009). Destaca-se que as águas de muitas regiões brasileiras apresentam naturalmente teores elevados de manganês que podem, inclusive, superar os limites fixados pelo padrão de potabilidade (BRASIL, 2014).

Devido à ampla diversidade de substâncias encontradas nas águas destinadas ao abastecimento, se faz necessário aprimorar o tratamento com a melhor tecnologia disponível (NASCIMENTO, 2020; CRUZ & MIERZWA, 2020). Recursos avançados vêm sendo aplicados e uso de métodos inovadores avaliados, tendo em vista a necessidade de remover compostos remanescentes do tratamento convencional e produzir uma água que atenda aos requisitos específicos de sua utilização (CRUZ & MIERZWA, 2020; BRASIL, 2014). O avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas colocou no mercado processos alternativos de tratamento de água como os processos de separação por membranas (PSM), adsorção e troca iônica. No entanto, no Brasil, algumas dessas tecnologias são incipientes (MIERZWA, 2009; COSTA, 2015; BACHER, 2019).

Desta forma, em virtude da presença de cloro residual livre, dureza e manganês na água tratada, e seus potenciais efeitos indesejados, estes foram os parâmetros selecionados para esta investigação. Neste sentido, considerando a responsabilidade social e ambiental, previstas nas práticas ESG, de entregar uma água com a maior qualidade possível ao usuário, o presente trabalho propõe desenvolver uma revisão sobre efeitos adversos do cloro residual, dureza e manganês remanescentes na água potável, à saúde.

2. METODOLOGIA

O levantamento das relações entre as concentrações de cloro residual, dureza e manganês, presentes na água tratada e efeitos adversos à saúde foi realizado na base de dados “PubMed”, banco de dados incluindo artigos de literatura biomédica e de ciências da vida.

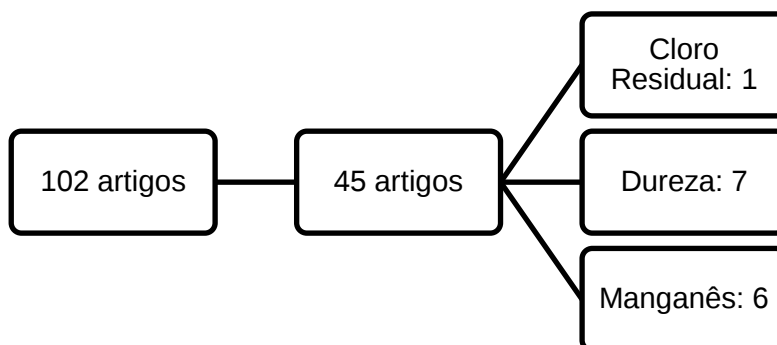
Para a pesquisa inicial, os seguintes termos foram considerados no título, resumo e palavras-chave: “dermatite” OU “cabelo” E “cloro” OU “dureza” OU “manganês” E “água”. O período de busca foi de 2012 a 2021 (realizado em novembro de 2022).

A busca preliminar na plataforma PubMed resultou em 102 artigos. Esses artigos foram analisados individualmente, após a eliminação de sobreposições de conteúdo obteve-se 45 artigos, e ao excluir os artigos inadequados, restaram ainda 14 artigos. Para concluir a avaliação, os artigos foram categorizados de acordo com o parâmetro avaliado: cloro residual, dureza e manganês.



Os resultados desta pesquisa são mostrados esquematicamente na Figura 1.

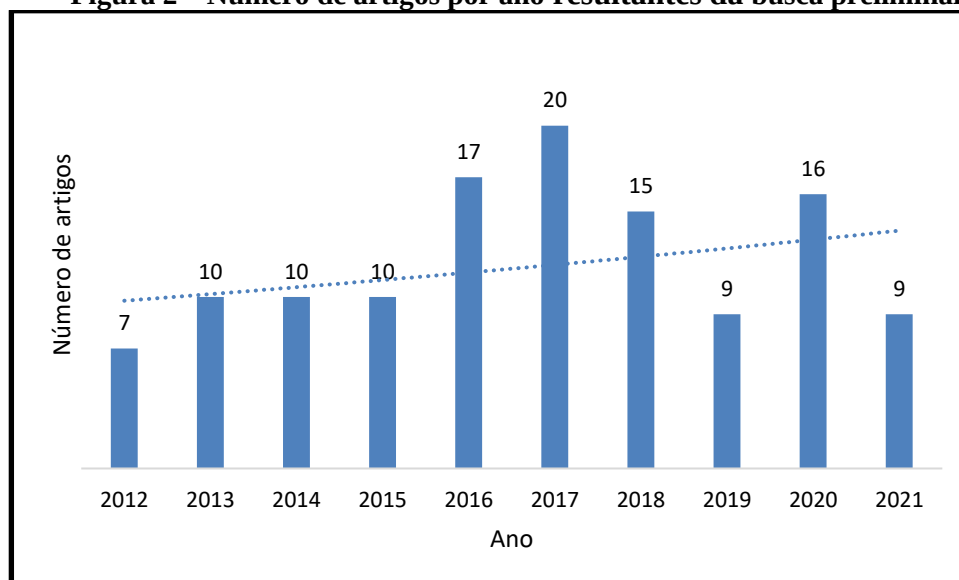
Figura 1 – Fluxograma dos resultados da busca no PubMed.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

De acordo com uma análise bibliométrica, percebe-se que o número de publicações na área cresceu ao longo dos anos. Observa-se que o ano de 2017 apresentou o maior número de publicações. Estes resultados são mostrados na Figura 2.

Figura 2 – Número de artigos por ano resultantes da busca preliminar.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os artigos foram categorizados em função das abordagens voltadas para o tema: cloro residual, dureza e manganês. Os resultados compilados desta pesquisa são mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Informações relevantes dos artigos mapeados para Cloro, Dureza e Manganês.

Parâmetro	Informações relevantes	Autor
Cloro	Exposição prolongada causa degradação dos cabelos.	MORINI <i>et al.</i> , (2017)
Dureza	Correlaciona a dureza a DA.	STEFANOVIC, (2020)
	Correlaciona a dureza a DA.	KANTOR & SILVERBERG, (2017)
	Afeta a integridade da barreira da pele causando inflamação.	NARLA, (2017)
	Enfraquece a barreira epidérmica causando sensibilização.	STEFANOVIC <i>et al.</i> , (2020)
	DA, ictiose e psoríase.	HENNING <i>et al.</i> , (2021)
	Quebra do cabelo.	LUQMAN <i>et al.</i> , (2018)
	Danos ao cabelo.	SRINIVASAN & CHAKRAVARTH, (2015)
Manganês	Exposição causam câncer, disfunção renal e deficiências cognitivas.	NASCIMENTO <i>et al.</i> , (2015)
	Poucos dados sobre os riscos de exposição a água potável.	OULHOTE, (2014)
	Déficits cognitivos em crianças.	NASCIMENTO <i>et al.</i> , (2016)
	Distúrbios neurocomportamentais em crianças.	BETANCOURT <i>et al.</i> , (2015)
	Associação negativa ao neurodesenvolvimento infantil.	LIU <i>et al.</i> , (2020)
	Não existem biomarcadores bem reconhecidos e validados, dificultando a identificação da dose/resposta.	EASTMAN, (2013)

Fonte: Dos autores, 2023.

3.1 Cloro Residual

A desinfecção residual é usada para fornecer uma proteção parcial contra contaminação de baixo nível e crescimento dentro do sistema de distribuição. A adoção da desinfecção com cloro como técnica de tratamento de água de abastecimento público mostra-se eficiente, entretanto, pesquisas tem demonstrado que o uso de desinfetantes químicos no tratamento de água geralmente resulta na formação de subprodutos, e apesar da pequena concentração, podem ser danosos aos usuários (PAIXÃO, 2014; WHO, 2017).

Morini *et al.* (2017) realizaram um estudo in vitro avaliando a estabilidade do cabelo após exposição prolongada a água clorada. Os resultados mostraram que quanto maior a exposição maior a degradação.



Além disso, Perkin *et al.* (2016) sugeriram que o cloro é potencialmente irritante à pele, e importante fator de risco para dermatite atópica (DA). Examinando a ligação entre concentrações de cloro, disfunção da barreira cutânea (aumento da perda transepidermica de água), e DA na infância.

3.2 Dureza

A dermatite atópica (DA) é uma doença inflamatória complexa com múltiplas interações entre fatores genéticos, imunológicos e externos (STEFANOVIC, 2020). Supõe-se que a exposição tóxica à água dura agrava a dermatite atópica por vários mecanismos, sendo o cálcio e o magnésio em altas concentrações irritantes à pele. Um estudo demonstrou prevalências mais altas de dermatite atópica em áreas urbanas com maior dureza da água (KANTOR & SILVERBERG, 2017). A água dura pode afetar a integridade da barreira da pele via CaCO_3 , levando à secura e inflamação (NARLA & SILVERBERG, 2017). Exposições externas específicas, como uso frequente de detergente e água dura, podem enfraquecer a barreira epidérmica o que facilita a sensibilização a alérgenos ambientais e alimentares (STEFANOVIC *et al.*, 2020).

Henning *et al.* (2021), afirmam em seu estudo que a dureza da água está associada à xerose independente de outras dermatoses. Xerose, ou seja, pele seca, é uma característica comum na pele normal. Nas formas graves, a xerose pode ser um sintoma cardinal de várias dermatoses, incluindo dermatite atópica (DA), ictiose e psoríase.

Os cabelos são valorizados como uma parte importante do corpo humano, pois retratam a personalidade e a confiança de um indivíduo. A quebra do cabelo é principalmente devido ao uso de água dura (LUQMAN *et al.*, 2018). A dureza da água usada para lavar o cabelo pode danificá-lo. A superfície do cabelo tratado com água dura tem uma aparência eriçada (SRINIVASAN & CHAKRAVARTHY, 2015). Um estudo concluiu que cabelos tratados com água dura apresentam maior deposição mineral, o que, por sua vez, pode levar à irregularidade da superfície e diminuição da sua espessura ao longo do tempo (ALAHMMED *et al.*, 2017).

3.3 Manganês

A exposição a metais e metalóides, como As, Hg, Pb e Mn, pode causar vários efeitos adversos ao ser humano, como danos ao DNA levando ao câncer, disfunção renal e deficiências cognitivas (LANDRIGAN, 1982; MÉNDEZ-GÓMEZ *et al.*, 2008; CAO *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2013 apud NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Diversos estudos investigaram os efeitos adversos após a exposição oral ao manganês. Esses estudos coletivamente, sugeriram que a inalação, ingestão de água e/ou alimentos contendo concentrações aumentadas de manganês podem resultar em efeitos neurológicos adversos. A neurotoxicidade do manganês está bem documentada em indivíduos expostos ocupacionalmente a partículas transportadas pelo ar, mas poucos dados estão disponíveis sobre os riscos da exposição à água potável (OULHOTE, 2014).

De acordo com a análise de regressão linear múltipla, realizada por Nascimento *et al.* (2015), o Mn no cabelo pode ser responsável pelos déficits cognitivos das crianças, positivamente correlacionado com Mn na água potável. Esses resultados sugerem que a água potável é possivelmente uma fonte de exposição a metais em crianças.

Betancourt *et al.* (2015) em seu estudo aplicaram estatísticas descritivas e inferenciais para examinar possíveis relações entre eventos de exposição, manganês capilar e distúrbios neurocomportamentais. A abordagem ajudou a identificar que crianças da bacia do Puyango com níveis muito elevados de manganês na água do rio são as que têm o pior desempenho no teste de inteligência.



Segundo Liu *et al.* (2020), a maior exposição ao manganês está negativamente associada ao neurodesenvolvimento infantil, influenciando principalmente as habilidades cognitivas e motoras em crianças menores de 6 anos de idade, conforme indicado por várias métricas. A metanálise preliminar descobriu também a associação ao QI de desempenho em meninos, em concentrações relativamente baixas de manganês na água (a maioria abaixo de 50 µg/L).

Os resultados do estudo realizado por Nascimento *et al.* (2016), sugerem uma importante associação entre exposição ambiental ao Mn e efeitos tóxicos na função neuropsicológica, dano oxidativo e função renal em crianças.

É importante ressaltar os desafios em caracterizar com precisão a exposição ao Mn já que não existem marcadores biológicos bem reconhecidos e validados de exposição, como existem para outros metais traço. A identificação e validação de biomarcadores de exposição é fundamental para a toxicologia humana e avaliação de risco, e conhecer a relação dose-resposta é essencial para a demonstração de causa e efeito (EASTMAN, 2013).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão abordou os efeitos adversos de três parâmetros remanescentes na água tratada: cloro residual, dureza e manganês, que podem impactar a saúde humana. A análise das publicações científicas selecionadas destacou a relevância da qualidade da água não apenas para o consumo direto, mas também para outros usos que afetam a vida diária das pessoas, como higiene pessoal e indústria.

Os estudos revisados evidenciaram que o cloro residual, embora eficaz na desinfecção da água, pode provocar degradação capilar após exposição prolongada, destacando a necessidade de monitoramento adequado das concentrações de cloro para evitar danos à saúde. Quanto à dureza da água, foi possível identificar uma forte correlação entre a exposição a águas duras e o agravamento de doenças dermatológicas como a dermatite atópica, além de efeitos prejudiciais ao cabelo, reforçando a importância de considerar a dureza da água nos processos de tratamento e distribuição.

No caso do manganês, a revisão apontou que, embora existam poucos dados sobre a exposição via água potável, há evidências de que concentrações elevadas deste elemento podem estar associadas a efeitos neurológicos adversos, principalmente em crianças. Esse achado sublinha a necessidade de maior vigilância e de mais estudos sobre os impactos da presença de manganês na água destinada ao consumo humano.

Diante do exposto, fica evidente a importância de aprimorar os processos de tratamento de água, considerando não apenas o custo, mas também a aplicação das melhores tecnologias disponíveis para garantir uma água de qualidade superior. Isso é essencial especialmente para atender às necessidades específicas de diferentes usos da água, que vão além do consumo, abrangendo também a higiene e a indústria.

Portanto, este trabalho reforça a responsabilidade social dos gestores e operadores de sistemas de tratamento de água em adotar práticas ESG que minimizem os riscos à saúde, otimizando o uso de recursos tecnológicos para garantir a segurança e a qualidade da água fornecida à população. Além disso, sugere-se a continuidade de pesquisas que explorem as lacunas identificadas, especialmente em relação ao manganês, de modo a consolidar o conhecimento necessário para embasar políticas públicas e regulamentações mais eficazes na gestão dos recursos hídricos.



5. REFERÊNCIAS

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**: Informe Anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília. 2020. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_anual_2019-versao_web-0212-1.pdf Acesso em: 30 mar. 2022.

ANA. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília. 2012. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/Panorama_Qualidade_Aguas_Superficiais_BR_2012.pdf Acesso em: 17 mai. 2022.

BACHER, Luciana Ely. **Aplicação da eletrodialise reversa, nanofiltração e osmose Reversa no tratamento da água do rio dos sinos-rs para abastecimento público**. Tese (Doutorado em Qualidade Ambiental). Universidade Feevale, Novo Hamburgo - RS, 2019.

BRASIL. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014.

BRASIL. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562> Acesso em: 10 jun. 2022.

BETANCOURT, Tapia. Decline of General Intelligence in Children Exposed to Manganese from Mining Contamination in Puyango River Basin, Southern Ecuador. **Ecohealth**. 2015 Sep;12(3):453-60. doi: 10.1007/s10393-015-1027-2. Epub 2015 Apr 8. PMID: 25851196.

COSTA, Adriana Guimarães. **Curso de Especialização a Distância em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos**. Fortaleza: CE. 2015. Disponível em: <https://capitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2102/1/Sistema%20de%20Abastecimento%20de%20C3%81guas-%20Livro.pdf> Acesso em: 06 jun. 2022.

CRUZ, Nathalie; MIERZWA, José Carlos. **Saúde pública e inovações tecnológicas para abastecimento público**. São Paulo: USP. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.org/pdf/sausoc/2020.v29n1/e180824/pt> Acesso em: 3 abr. 2022.

EASTMAN, RR. *et al.* Hair as a biomarker of environmental manganese exposure. **Environ Sci Technol**. 2013 Feb 5;47(3):1629-37. doi: 10.1021/es3035297. Epub 2013 Jan 17. PMID: 23259818; PMCID: PMC3583582

HENNING, MAS; *et al.* The association between water hardness and xerosis Results from the Danish Blood Donor Study. **PLoS One**. 2021 Jun 2;16(6):e0252462. doi: 10.1371/journal.pone.0252462. PMID: 34077478; PMCID: PMC8171951.

KANTOR, R; SILVERBERG, JI. Environmental risk factors and their role in the management of atopic dermatitis. **Expert Rev Clin Immunol**. 2017 Jan;13(1):15-26. doi: 10.1080/1744666X.2016.1212660. Epub 2016 Jul 28. PMID: 27417220; PMCID: PMC5216178.

LIU, W. *et al.* Biomarkers of environmental manganese exposure and associations with childhood neurodevelopment: a systematic review and metaanalysis. **Environ Health**. 2020 Oct 2;19(1):104. doi: 10.1186/s12940-020-00659-x. PMID: 33008482; PMCID: PMC7531154.



LUQMAN, MW, *et al.* To Evaluate and Compare Changes in Baseline Strength of Hairs after Treating them with Deionized Water and Hard Water and its Role in Hair Breakage. **Int J Trichology**. 2018 May-Jun;10(3):113-117. doi: 10.4103/ijt.ijt_115_16. PMID: 30034190; PMCID: PMC6028999.

MIERZWA, José Carlos. **Desafios para o tratamento de águas de abastecimento e o potencial de aplicação do processo de ultrafiltração**. São Paulo, 2009. (Tese) - Universidade de São Paulo.

MORINI, L; POZZI, F; GROPPi, A. Stability of benzodiazepines in hair after prolonged exposure to chlorinated water. **Forensic Sci Int**. 2017 Sep; 278:217-220. doi: 10.1016/j.forsciint.2017.07.003. Epub 2017 Jul 14. PMID: 28750304.

NARLA, S; *et al.* Inpatient Financial Burden of Atopic Dermatitis in the United States. **J Invest Dermatol**. 2017 Jul;137(7):1461-1467. doi: 10.1016/j.jid.2017.02.975. Epub 2017 Mar 1. PMID: 28259687.

NASCIMENTO, SN do; *et al.* Cognitive deficits and ALA-D-inhibition in children exposed to multiple metals. **Environ Res**. 2015 Jan; 136:387-95. doi: 10.1016/j.envres.2014.10.003. Epub 2014 Nov 25. PMID: 25460660.

NASCIMENTO, SN do; *et al.* Associations among environmental exposure to manganese, neuropsychological performance, oxidative damage and kidney biomarkers in children. **Environ Res**. 2016 May;147:32-43. doi: 10.1016/j.envres.2016.01.035. Epub 2016 Feb 2. PMID: 26844420.

OULHOTE, Y; *et al.* Neurobehavioral function in school-age children exposed to manganese in drinking water. **Environ Health Perspect**. 2014 Dec;122(12):1343-50. doi: 10.1289/ehp.1307918. Epub 2014 Sep 26. PMID: 25260096; PMCID: PMC4256698.

PAIXAO, Rebecca Manesco; SILVA, Luiz Henrique Biscaia Ribeiro da; ANDREOLA, Ricardo. **A cloração e a formação de trihalometanos**. Parana: UNICESUMAR. 2014. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/iccesumar/article/view/3649/2414> Acesso em: 03 jun. 2022.

PERKIN, MR; *et al.* Enquiring About Tolerance Study Team. Association between domestic water hardness, chlorine, and atopic dermatitis risk in early life: A population-based cross-sectional study. **J Allergy Clin Immunol**. 2016 Aug;138(2):509-16. doi: 10.1016/j.jaci.2016.03.031. Epub 2016 Apr 28. PMID: 27241890.

RICHTER, Carlos A. **Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento**. São Paulo: Edgard Blucher. 2009.

SNIS. **Diagnóstico Temático - Serviços de Água e Esgoto - Visão Geral**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento, 2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf Acesso em: 3 abr. 2022.

SNIS. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil, 2021**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento, 2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICO_NO_BRASIL_SNIS_2021.pdf Acesso em: 7 abr. 2022.



SRINIVASAN, G; CHAKRAVARTHY; RANGACHARI, S. Scanning electron microscopy of hair treated in hard water. **Int J Dermatol**. 2016 Jun;55(6):e344-6. doi: 10.1111/ijd.13141. Epub 2015 Dec 29. PMID: 26711619.

STEFANOVIC, N; FLOHR, C; IRVINE, AD. The exposome in atopic dermatitis. **Allergy**. 2020 Jan;75(1):63-74. doi: 10.1111/all.13946. Epub 2019 Aug 19. PMID: 31194890; PMCID: PMC7003958.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021: O Valor da Água**. Resumo Executivo. Itália. 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375750_por/PDF/375750por.pdf.multi Acesso em: 30 mar. 2022.

WHO. **Guidelines for drinking-water quality**: fourth edition incorporating the first addendum. Electronic version for the Web: World Health Organization. 2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950> Acesso em: 03 jun. 2022.

