



ANDRÉ FERRARI DE OLIVEIRA

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS E A IMPORTÂNCIA DESSA À SAÚDE
HUMANA**

Ji-Paraná
2020

ANDRÉ FERRARI DE OLIVEIRA

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS E A IMPORTÂNCIA DESSA À SAÚDE
HUMANA**

Artigo apresentado no Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro Universitário São Lucas 2020, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Doutor Francisco Carlos da Silva

Ji-Paraná
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

O48s Oliveira, André Ferrari de.

Sistema de tratamento de águas e a importância dessa à saúde humana. / André Ferrari de Oliveira. – Ji-Paraná, 2020. 24 p., il.

Artigo Científico (Curso de Ciências Biológicas) – Centro Universitário São Lucas, Ji-Paraná, 2020.

Orientador Prof. Dr. Francisco Carlos da Silva.

1. Sistemas de tratamento de águas. 2. Águas potáveis. 3. Qualidade da água. 4. Consumo de água. I. Silva, Francisco Carlos da. II. Título.

CDU 628.16

ANDRÉ FERRARI DE OLIVEIRA

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS E A IMPORTÂNCIA DESSA À SAÚDE
HUMANA**

Artigo apresentado no Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro Universitário São Lucas 2020, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Doutor Francisco Carlos da Silva

Ji-Paraná, 15 de dezembro de 2020.

Resultado:

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Joseane Bessa Barbosa

Centro Universitário São Lucas

Prof.^a Rafaelle Nazário Viana

Centro Universitário São Lucas

SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS E A IMPORTÂNCIA DESSA À SAÚDE HUMANA¹

André Ferrari De Oliveira²
Francisco Carlos da Silva³

Resumo: o presente estudo teve como objetivo, através de uma revisão bibliográfica, analisar a relevância do acesso a água tratada no que diz respeito a saúde e qualidade de vida do ser humano, elucidando como tratamentos saneantes podem ser empregados a alcançar águas potáveis mais seguras para o consumo. Como metodologia foi utilizada revisão bibliográfica qualitativa básica, de caráter descritivo-exploratório, a qual incluiu análise crítica, interpretação literária e compreensão de textos disponíveis sobre o tema “Sistema de tratamento de águas e a importância dessa à saúde humana”. Conclui-se que os sistemas de tratamento de águas são deveras importantes para a saúde humana visto que esses são, mundialmente, reconhecidos como sendo as principais formas de se ofertar água potável segura para o consumo humano, a qual é sabidamente vital a se elevar a segurança biológica das comunidades e a Qualidade de Vida dos indivíduos; sendo que, os tratamentos saneantes dispostos em tais sistemas, que podem ser empregados a alcançar águas potáveis mais seguras para o consumo humano, basicamente, envolvem a pré-cloração, para o controle de algas o crescimento biológico; a aeração, para remover o ferro e o manganês dissolvido quando presente; a coagulação, para floculação ou filtração lenta; o emprego de auxiliares coagulantes, também conhecidos como polieletrólitos, para melhorar a coagulação e para a formação de floco mais robusto; a sedimentação, para a separação de sólidos suspensos presos no floco; a filtração, para remover partículas da água através de um leito de areia que pode ser lavado e reutilizado ou por passagem através de um filtro de propósito específico que pode ser lavável, e a desinfecção, para matar vírus de bactérias e outros patógenos.

Palavras-chave: Sistemas de tratamento de águas. Saúde Humana. Saneantes. Águas potáveis. Consumo humano.

WATER TREATMENT SYSTEM AND ITS IMPORTANCE TO HUMAN HEALTH

Abstract: the present study aimed, through a bibliographic review, to analyze the relevance of access to treated water with regard to human health and quality of life, elucidating how sanitizing treatments can be used to achieve safer drinking water for the consumption. As a methodology, a basic qualitative bibliographic review, of a descriptive-exploratory nature, was used, which included critical analysis, literary interpretation and understanding of available texts on the theme “Water treatment system and its importance to human health”. We conclude that water treatment systems are very important for human health, since these are recognized worldwide as being the main ways of offering safe drinking water for human consumption, which is known to be vital to rise to biological safety of communities and the quality of life of individuals; the sanitizing treatments available in such systems, which can be used to achieve safer drinking water for human consumption, basically involve pre - chlorination - for algae control and biological growth; aeration - to remove iron and dissolved manganese when present; coagulation for flocculation or slow filtration; the use of coagulant aids, also known as polyelectrolytes - to improve coagulation and to form a more robust flake; sedimentation - for the separation of suspended solids trapped in the flake; filtration - to remove particles from the water through a bed of sand that can be washed and reused or by passing through a special purpose filter that can be washable, and disinfection - to kill bacteria viruses and other pathogens.

Keywords: Water treatment system. Human health. Sanitizing. Drinking water. Human consumption.

¹ Artigo apresentado no curso Graduação em Ciências Biológicas do Centro Universitário São Lucas como Pré-requisito para conclusão do curso, sob orientação do professor: Doutor Francisco Carlos da Silva, E-mail fcsbiologicalscience@gmail.com.

² Graduando do curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário São Lucas, 2020. E-mail andre_jipa@hotmail.com.

³ Mestre em Genética e Toxicologia, Doutor em Biologia Celular e Molecular Aplicado a Saúde, Professor Adjunto do Curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário São Lucas Ji-Paraná. E-mail fcsbiologicalscience@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

De um modo amplo pode ser dito que um sistema de tratamento de água é, basicamente, qualquer processo que, através de ações voltadas ao saneamento, melhoram a qualidade da água, a tornando adequada para um uso final desejado. Nesse contexto é pertinente destacar que o saneamento é a promoção da saúde através da prevenção do contato humano com resíduos perigosos, bem como a coleta, o tratamento e descarte adequado desses (BITTENCOURT; SILVA DE PAULA, 2014; PHILIPPI JR, 2017).

Vale ressaltar que em findo 2010, o saneamento, no que se refere ao tratamento das águas, passou a ser entendido como sendo um Direito Humano básico pela Assembleia Geral das Nações Unidas, estando esse incluído na Meta de Desenvolvimento Sustentável 6⁴ como uma das prioridades ao desenvolvimento global (ZORZI et al., 2016).

Sob tal foco cabe ser enfatizado que tal reconhecimento derivou de pesquisas globais publicadas em 2009 que apontaram que somente cerca de 85% da população mundial (aproximadamente 6,74 mil milhões de pessoas) possuía acesso a algum tipo de saneamento junto a fontes de água, assegurando que essa seguia potável para o consumo (PHILIPP JR.; GALVÃO JR.; 2012).

No entanto, mais de 884 milhões das pessoas no planeta ainda seguem se utilizando de águas advindas de bases sem qualquer tratamento saneante a sanar suas necessidades diárias de água potável, ato esse que pode, mesmo que em parte, indicar o porquê, ainda hoje, diante de inúmeros avanços tecnológicos, diversas enfermidades evitáveis e transmissíveis pela água, vitimizam tantas pessoas pelo mundo (PHILIPP JR.; GALVÃO JR.; 2012; LUSA, 2017).

Sob tal foco é interessante relatar que segundo a ONU (Organização das Nações Unidas): (1) pelo menos 1,8 bilhão de pessoas em todo o mundo usam uma fonte de água contaminada devido à falta de tratamento saneante em suas comunidades; (2) mais de 1,7 bilhão de pessoas vivem em bacias hidrográficas onde o descarte inadequado de esgoto prejudica o percentual de água potável disponível para o consumo, e (3) a cada dia, cerca de 1.000 crianças morrem em todo o mundo devido a doenças evitáveis com a inserção de ações focadas em dispor tratamento

⁴ A meta 6 dispõe preocupações acerca de dispor água limpa e potável, garantindo disponibilidade e gestão sustentável dessas a todos.

saneante a viabilizar o uso/ disponibilização de águas potáveis e seguras para o consumo humano (ONU, 2020).

A UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) dita que resultados da cooperação científica mundial de setores da Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI)⁵, focados em indicadores da “Agenda para o Desenvolvimento Sustentável de 2030” e do “Acordo de Paris”, apontam que uma das principais medidas a se dispor redução de riscos à saúde das pessoas ao consumir água é viabilizar que os Governos promovam ações locais que gerem, dentre outros atos, formas sustentáveis e seguras a tratar as águas potáveis, de modo a elevar junto a essas o nível de saneamento e segurança biológica (ONU, 2017; UNSDSN, 2017; DJONÚ et al., 2018).

No Brasil, desde findo 2003, com a criação do Ministério das Cidades e através da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), têm sido ampliadas discussões políticas nos Estados, acerca de meios de promover ações voltadas a, dentre outros atos, dispor um maior acesso da população a águas potáveis por meio da inserção de melhorias alocadas junto a sistemas de tratamento saneante das mesmas (LEONETI et al., 2011; CARCARÁ et al., 2019).

Diante do supra descrito surge a pergunta norteadora da pesquisa: “Quais os meios mais efetivos para que sistemas de tratamento saneante ofereçam águas potáveis seguras para o consumo humano?”

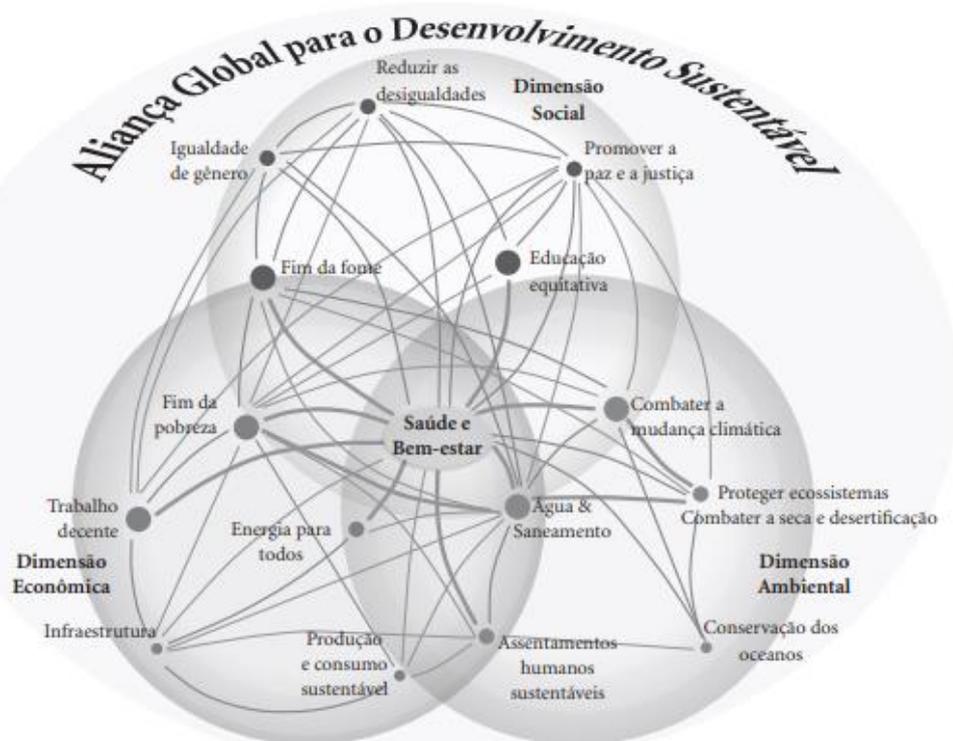
Assim, o presente estudo teve como objetivo, através de uma revisão bibliográfica, analisar a relevância do acesso a água tratada no que diz respeito a saúde e qualidade de vida do ser humano, elucidando como tratamentos saneantes podem ser empregados a alcançar águas potáveis mais seguras para o consumo.

⁵ Ciências, Tecnologia e Inovação (CTI) fornecem respostas-chave para construir a paz e reforçar o desenvolvimento sustentável dos bens naturais no mundo. Precisamos de uma ciência mais integrada para fortalecer as pessoas no entendimento da importância de se dispor uma melhor gestão a garantir não só saneamento, como a sustentabilidade dos mananciais, oceanos, ecossistemas e biodiversidade, o que favorece o melhor enfrentamento das mudanças climáticas e das catástrofes (ONU, 2017).

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) podem ser descritos como sendo uma “coleção” de 17 metas globais, estabelecidas pelas Nações Unidas, as quais são inter-relacionadas e que somadas detêm de 169 “alvos” a serem alcançados no que confere pobreza, fome, saúde, educação, mudanças climáticas, igualdade de gênero, energia, urbanização, meio ambiente, justiça social, saneamento e acesso a águas potáveis, seguras ao consumo (SENA et al., 2016).

Figura 1 - Inter-relações entre os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: Sena e colaboradores (2016, p. 674).

É interessante ressaltar que os ODS: (1) se baseiam nos princípios acordados na Resolução 66/288, intitulada “O Futuro que Queremos”, o qual foi um documento não vinculante divulgado como resultado da Conferência Rio + 20 realizada em 2012, e (2) foram desenvolvidos a substituir os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) que terminaram em 2015, e ao contrário dos ODM, a estrutura dos ODS não faz distinção entre nações “desenvolvidas” e “em desenvolvimento”, sendo que as metas se aplicam a todos os países, em especial no que tange a meta 6 que elege

ações a dispor saneamento e água potáveis, seguras ao consumo (SENA et al., 2016; DJONÚ et al., 2018).

Sob tal foco cabe destacar que o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), pode ser descrito como sendo um dos 17 ODS estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015. O mesmo exige que sejam postos em prática sistemas que viabilizem um uso mais sustentável dos recursos hídricos disponíveis, viabilizando com isso um melhor emprego desses no tratamento saneante a dispor, dentre outros atos, água potável e banheiros higiênicos a todas as pessoas (SENA et al., 2016; UNSDSN, 2017; DJONÚ et al., 2018).

O ODS 6 tem 8 metas, sendo que seis dessas devem ser alcançadas até 2030, uma até 2020 e uma não tem um prazo definido a ser alcançada. Deve aqui ser destacado que cada uma das 8 metas da ODS 6 possui um ou dois indicadores, também denominados de “alvos”, os quais serão utilizados a medir o progresso das mesmas; por isso existe um total 11 indicadores para o ODS 6 (SENA et al., 2016; DJONÚ et al., 2018).

Cabe relatar que diversos estudos ditam que os três primeiros alvos da ODS 6 referem a inserção de sistemas de tratamento saneante que viabilizem um melhor uso dos recursos hídricos (águas) disponíveis (indicações de sustentabilidade) por meio do tratamento e abastecimento de água potável ao consumo e ao uso em banheiros higiênicos, buscando assim elevar a qualidade de vida e a segurança das pessoas contra doenças, permitindo que as sociedades sejam mais economicamente produtivas, igualitárias e saudáveis (SENA et al., 2016; UNSDSN, 2017; DJONÚ et al., 2018; ONU, 2020).

O alcance das metas propostas para esse objetivo até 2030 resultariam em avanços, significativos, para a melhoria dos indicadores ambientais, econômicos, sociais e de saúde na região, pela importante relação que tem o acesso à água (seja para agricultura, indústrias, uso doméstico) com estas dimensões do desenvolvimento sustentável. A participação das comunidades locais nas discussões para aperfeiçoar políticas, tecnologias e meios de gestão da água e do saneamento também é essencial para o alcance dessas metas (SENA et al., 2016, p. 678).

Vale lembrar que os recursos hídricos podem ser mais bem utilizados e preservados (sustentabilidade em foco) se forem junto a esses implementados, por meio de ações técnicas envoltas as ciências biológicas, sistemas mais modernos e eficientes de gerar saneamento em prol de dispor tratamentos mais adequados e

eficazes a ceder segurança e amplo abastecimento de águas potáveis as comunidades, sem esquecer os de angariar danos mínimos aos ecossistemas (SENA et al., 2016; UNSDSN, 2017; ONU, 2020).

Dentro de tal temática é pertinente destacar que o saneamento, basicamente, se refere ao conjunto de condições de saúde pública que seguem relacionadas (1) ao acesso a águas potáveis, também descritas como águas limpas, e (2) ao uso, tratamento e descarte adequado de esgotos. Por isso, é verdadeiro ditar que o saneamento confere desde a prevenção do contato humano com esgotos até atos como lavar as mãos e beber água potável (MOTA, 2010; DAVIS, 2017; CARCARÁ et al., 2019).

Desse modo, pode-se dizer que sistemas de tratamento saneante de águas visam, dentre outros atos, proteger a saúde humana, proporcionando um ambiente mais limpo a mitigar a transmissão de doenças, tal qual a diarreia, a gerar uma melhor qualidade de vida e igualdade social a todos (LEONETI et al., 2011; BITTENCOURT; SILVA DE PAULA, 2014).

A diarreia é uma das principais causas de desnutrição e atraso no crescimento infantil, podendo essa ser reduzida por meio de um melhor sistema de saneamento. Existem muitas outras doenças que são facilmente transmitidas em comunidades que têm baixos níveis de saneamento, como ascaridíase (um tipo de infecção intestinal ou helmintíase), cólera, hepatite, poliomielite, esquistossomose, tracoma, para citar apenas alguns (MOTA, 2010, p. 55).

Em linhas gerais pode ser dito que um sistema de saneamento voltado a gerar tratamento a água, basicamente, inclui a captura, o armazenamento, o tratamento e a eliminação de parâmetros (físicos, químicos e biológicos⁶), o transporte e a distribuição ou abastecimento as pessoas, tendo esse o propósito geral de proporcionar um ambiente de vida mais saudável para todos, visando dispor segurança e proteção aos recursos naturais (como águas superficiais, subterrâneas, solo, etc.) e dignidade às pessoas ao se hidratarem ou defecam e urinam (HOWE et al., 2016; CARCARÁ et al., 2019).

⁶ Os parâmetros físicos e químicos incluem metais pesados, compostos orgânicos residuais, sólidos suspensos totais e turbidez. Parâmetros microbiológicos incluem bactérias coliformes, *E. coli*, e espécies patogênicas específicas de bactérias (tais como *Vibrio cholerae*), vírus, parasitas e protozoários. Deve ser enfatizado que parâmetros químicos tendem a representar mais um risco crônico à saúde por meio do acúmulo de metais pesados, embora alguns componentes como nitratos/nitritos e arsênico possam ter um impacto mais imediato. Os parâmetros físicos afetam a estética e o sabor da água potável e podem complicar a remoção de patógenos microbianos.

Nesse contexto é pertinente destacar que o tratamento da água pode ser descrito como sendo qualquer processo que melhore a qualidade da água para torná-la mais aceitável para um uso final específico, podendo esse ser hidratação (beber), abastecimento industrial, irrigação, manutenção dos fluxos de rios, recreação aquática entre outros, incluindo nessa a coleta e devolução segura das mesmas ao meio ambiente (BITTENCOURT; SILVA DE PAULA, 2014).

É interessante ser dito que os primeiros métodos de tratamento de água incluíam filtragem de areia e cloração. O primeiro uso documentado de filtros de areia para purificar o fornecimento de água data de 1804, quando na Escócia, John Gibb, instalou um filtro experimental, vendendo seu excedente indesejado para o público. Esse método foi refinado nas duas décadas seguintes e culminou no primeiro abastecimento público de água tratada no mundo, instalado pela *Chelsea Waterworks Company* em Londres, em 1829 (DAVIS, 2017; HOWE et al., 2016; CARCARÁ et al., 2019).

Por isso, de um modo simplista pode ser dito que o tratamento da água remove contaminantes e componentes indesejáveis dessa, reduzindo sua concentração de itens na mesma indesejados, a fim de torna-la a mais adequada possível a seu fim de uso (POHLMANN et al., 2015; HOWE et al., 2016).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do estudo foi empregado o método de revisão bibliográfica qualitativa de cunho descritivo-exploratório sobre o tema “Sistema de tratamento de águas e a importância dessa à saúde humana”; o que incluiu análise crítica, interpretação literária e compreensão de textos.

Todo o material utilizado no estudo passou por uma previa seleção de conteúdos, permitindo que nesses existisse uma separação detalhada do que seguiria válido ou não ao mesmo. Tal separação viabilizou que os conteúdos selecionados se tornassem base segura para a produção do estudo em si.

Os conteúdos selecionados foram adquiridos, no período compreendido entre 22 de outubro a 24 de outubro de 2020, através de levantamento de livros, conteúdos de cunho científico e periódicos, com base nas seguintes palavras chave: Sistema de tratamento de águas. Saúde Humana. Saneantes. Águas potáveis. Consumo humano.

O levantamento e a extração disposta aos livros se deu via coleta desses em bibliotecas de usabilidade pública, de bases virtuais e físicas, tal como a biblioteca do Centro universitário São Lucas, campos Ji-Paraná; o levantamento e extração dos periódicos se deu junto a bancos de dados de *website* como NCBI, Scielo e Lilac's; o levantamento e extração de conteúdos de cunho científico se deu junto a bases *web* de pesquisa, tais como Google Acadêmico.

Referido levantamento resultou na triagem de 29.334 conteúdos, sendo utilizados nesses os seguintes critérios de inclusão e exclusão a elencar a eletividade dos mesmos: (1) os conteúdos eram publicações nacionais e internacionais de cunho científico; (2) os conteúdos estavam completos nas bases de pesquisa, (3) os conteúdos eram publicados entre janeiro de 2010 e novembro de 2020, (4) os conteúdos tinham foco na importância do sistema de tratamento de águas para a saúde humana, (5) a linha de pesquisa dos conteúdos seguiam focadas nos tratamentos saneantes que podem ser empregados a alcançar águas potáveis seguras para o consumo, e (6) os conteúdos não versavam sob o contexto regulatório e Legal que envolve os sistemas saneantes de tratamento de águas potável.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio das buscas realizadas e após serem empregados os critérios de inclusão e exclusão, restaram 41 conteúdos, os quais sofreram nova seleção, com base, especialmente, na leitura de seus resumos, restando desses um total de 19, onde tem-se 6 livros, 5 conteúdos de cunho científico e 8 periódicos; sendo desses selecionados 8 a compor a discussão do estudo em si tendo em vista que os mesmos correspondiam mais amplamente ao que em presente estudo se buscou analisar.

Inicialmente faz-se cabível relatar que segundo Bittencourt e Silva de Paula (2014) e Howe e colaboradores (2016) o tratamento para a produção de água potável envolve a remoção de contaminantes da água bruta para produzir água potável para consumo humano, sem qualquer risco a curto ou longo prazo de qualquer efeito adverso à saúde.

Em mesma linha de pensamento eis que surge Pohlmann e colaboradores (2015) e Davis (2017) lembrando que em sistemas de tratamento, substâncias contaminantes que são removidas durante o processo incluem: compostos orgânicos residuais, sólidos suspensos totais, espécies patogênicas específicas de bactérias,

algas, vírus, protozoários, fungos e metais pesados como o ferro e o manganês. Referidos pesquisadores destacam ainda que os processos envolvidos na remoção dos contaminantes da água incluem (1) processos físicos, como sedimentação e filtração, (2) processos químicos, como desinfecção e coagulação, e (3) processos biológicos, como filtração lenta em areia.

Nesse contexto Howe e colaboradores (2016) dita ser vital indicar que diversas medidas/diretrizes são indicadas/empregadas a garantir que a água potável detenha de qualidade não somente nas estações de tratamento, como também em seu percurso de transporte e distribuição. Por isso, é prática comum manter na água tratada desinfetantes residuais a fim de eliminar resíduos perigosos durante a distribuição da mesma ao consumo.

Resíduos perigosos advindos de águas podem ser físicos, microbiológicos ou químicos. Contaminações da água potável que podem causar problemas de saúde incluem as advindas de excrementos, humanos e animais, de resíduos sólidos e de águas residuais, domésticas, industriais e agrícolas (PHILIPP JR.; GALVÃO JR.; 2012, p. 421).

Sob tal foco é pertinente relatar que Bittencourt e Silva de Paula (2014) destacam que as principais diretrizes empregadas a dispor maior qualidade as águas potáveis são as ditadas pela OMS, as quais, infelizmente, só seguem amplamente adotadas em países desenvolvidos, os quais as implementam a fim de com as mesmas alcançar os melhores padrões locais possíveis de água potável ao consumo.

A água tratada, também conhecida como água limpa ou água potável, é a usada para hidratação humana e a preparação de alimentos. Segundo o relatório de 2017 da OMS, água potável é água que não representa nenhum risco, significativo, para a saúde durante uma vida inteira de consumo, incluindo diferentes sensibilidades que podem ocorrer entre os estágios da vida (ONU, 2020, p. 41).

Segundo Davis (2017) uma combinação selecionada dos seguintes processos é usada para tratamento dos municípios, em todo o mundo, a obter água potável:

- Pré-cloração para o controle de algas e prendendo o crescimento biológico;

- Aeração juntamente com pré-cloração para remoção de ferro dissolvido quando presente com pequenas quantidades relativamente de manganês;
- Coagulação para floculação ou filtração lenta;
- Auxiliares coagulantes, também conhecidos como polieletrólitos - para melhorar a coagulação e para a formação de floco mais robusto;
- Sedimentação para separação de sólidos que é a remoção de sólidos suspensos presos no floco;
- Filtração para remover partículas da água por passagem através de um leito de areia que pode ser lavado e reutilizado ou por passagem através de um filtro de propósito específico que pode ser lavável;
- Desinfecção para matar vírus de bactérias e outros patógenos.

Howe e colaboradores (2016) enfatizam que as tecnologias envolvidas a obter água potável ou água a outros usos estão bem desenvolvidas, e projetos generalizados estão disponíveis a diversos “fins”, a partir dos quais os processos de tratamento podem ser selecionados para teste piloto na fonte específica de água.

Tabela 1 – Constituintes/ contaminantes X Processos unitários de tratamento

Constituintes/ contaminantes	Processos unitários de tratamento
Turbidez e partículas	Coagulação/ floculação, sedimentação, filtração granular
Maior inorgânicos dissolvidos	Suavização, aeração, membrana
Menor inorgânicos dissolvidos	Membranas
Patógenos	Sedimentação, filtração, desinfecção
Principais orgânicos dissolvidos	Membranas, absorção

Fonte: Baseado em Davis (2017).

Segundo Bittencourt e Silva de Paula (2014), é imprescindível ressaltar que diversas empresas, em todo o mundo, ofertam soluções tecnológicas patenteadas a dispor tratamento de contaminantes específicos, sendo o uso final da água tratada o que determina qual tecnologia de monitoramento da qualidade da água deve a esse ser empregado.

A fonte de água potável, em particular a água tratada que não esteja poluída com coliformes fecais, é um indicador de saneamento, sendo esse um dos mais importantes determinantes de saúde pública no mundo (BITTENCOURT; SILVA DE PAULA, 2014, p. 73).

Dentro de tal temática Pohlmann e colaboradores (2015) e Davis (2017) ressaltam que a qualidade da água se refere às características químicas, físicas, biológicas e radiológicas da água, sendo essa uma medida da condição da água em relação aos requisitos de uma ou mais espécies bióticas e/ ou para qualquer necessidade ou propósito humano.

No entanto, para Bittencourt e Silva de Paula (2014), a qualidade da água é mais, frequentemente, usada como por referência a um conjunto de padrões contra os quais a conformidade, geralmente, é alcançada por meio do tratamento da água.

Howe e colaboradores (2016), corrobora com Bittencourt e Silva de Paula (2014), e destaca que os padrões mais comuns usados para avaliar a qualidade da água estão relacionados à saúde dos ecossistemas, à segurança do contato humano e à água potável.

Dentro de tal temática Davis (2017) indica ser vital lembrar que ao estabelecer padrões de qualidade da água, as agências de águas tomam decisões políticas e técnicas/ científicas sobre como a água será usada; Sendo que corpos d'água naturais (rios, nascentes, fontes, etc...) têm junto a essas estimativas “razoáveis” de condições primitivas, as quais levam em conta que os corpos d'água naturais variam suas “respostas” de constituintes segundo às condições do ambiente em que esses seguem contidos. Nesse sentido deve ser destacado que: (1) cientistas ambientais trabalham para entender como essas respostas “funcionam”, o que, por sua vez, ajudaria a identificar as fontes e os destinos dos contaminantes, os evitando no futuro, e (2) advogados e formuladores de políticas ambientais trabalham para definir a Legislação com a intenção de que a água dos corpos d'água naturais sejam mantidos em uma qualidade apropriada para seu uso identificado.

Nessa temática Bittencourt e Silva de Paula (2014) e Pohlmann e colaboradores (2015) ditam que deve ser evidenciado que a grande maioria das águas superficiais da Terra não são potáveis porém também não são tóxicas, o que é tido como totalmente verdadeiro ao pensarmos na água do mar, nos oceanos, que é

deveras salgada para o consumo, o que indica a importância de ser adicionada a qualidade da água a avaliação segundo suas usualidades/categorias.

Nesse contexto Davis (2017) enfatiza que os parâmetros para avaliar a qualidade da água são determinados segundo seu uso pretendido. O trabalho na área da qualidade da água tende a se concentrar na água tratada para consumo humano, uso industrial e doméstico ou no meio ambiente.

Para Howe e colaboradores (2016) os contaminantes que podem estar em águas não tratada incluem: (1) microrganismos como vírus, protozoários e bactérias; (2) contaminantes inorgânicos, como sais e metais; (3) contaminantes químicos e orgânicos provenientes de processos industriais e do uso de petróleo; (4) pesticidas e herbicidas; e (5) contaminantes radioativos.

Segundo Bittencourt e Silva de Paula (2014), deve ser lembrado que a qualidade da água também depende da geologia e do ecossistema local, bem como dos usos humanos, como a dispersão de esgoto, a poluição industrial e o uso de corpos de água como dissipador de calor.

Pohlmann e colaboradores (2015) e Davis (2017) relatam que a maioria das Agências de Proteção Ambiental, incluindo a brasileira, limita as quantidades de certos contaminantes na água encanada fornecida pelos sistemas públicos de abastecimento, segundo dois “tipos” de padrão, sendo esses padrões: (1) primários - regulam substâncias que potencialmente afetam a saúde humana, e (2) secundários - prescrevem qualidades estética da água, tais como gosto, odor e aparência.

Nesse contexto Howe e colaboradores (2016) enfatizam que: (1) a água potável, incluindo as águas engarrafadas, podem conter, pelo menos, pequenas quantidades de alguns contaminantes, sendo que a presença destes contaminantes não indicam, necessariamente, que a água represente um risco para a saúde; (2) em áreas urbanizadas em todo o mundo, a tecnologia de purificação de água é usada em sistemas municipais de água para remover contaminantes da fonte de água naturais (superficiais ou subterrâneas) antes de serem essas distribuídas para residências, empresas, escolas e outros destinatários, e (3) a água extraída diretamente de um riacho, lago ou aquífero e que não tem tratamento será de qualidade incerta.

Davis (2017) lembra que os minerais dissolvidos na água podem afetar a adequação da mesma para uma série de finalidades industriais e domésticas, sendo, provavelmente, a presença desses mais conhecida a de íons de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), os quais modulam a denominada “água dura” que (1) interfere na

ação de limpeza do sabão, e (2) pode formar depósitos de sulfato duro e carbonato mole em aquecedores de água ou caldeiras.

Howe e colaboradores (2016) ditam ser interessante destacar que: (1) a água dura pode ser “amolecida” com a remoção dos íons de tais minérios (Ca^{2+} e Mg^{2+}), o que pode ser conseguido com a inserção de sódio a mesma; (2) a água dura pode ser preferível à água macia para consumo humano, uma vez que os problemas de saúde têm sido associados ao excesso de sódio e a deficiências de cálcio e magnésio, e (3) o amaciamento da água diminui a nutrição e pode aumentar a eficácia da limpeza da mesma.

A qualidade ambiental da água, também chamada de qualidade da água ambiente, relaciona-se com corpos d'água como lagos, rios e oceanos. Os padrões de qualidade ambiental da água podem variar nas águas superficiais, significativamente, devido a diferentes condições ambientais, ecossistemas e usos humanos pretendidos a essa.

Segundo Bartram e Cairncross (2010) e Howe e colaboradores (2016) substâncias tóxicas e altas populações de certos microrganismos são condições que podem representar perigo para a saúde, para fins industriais, para a irrigação, natação, pesca, entre outros; Tais condições também podem afetar a vida selvagem que se utiliza de referida água para beber ou como habitat.

Segundo Bittencourt e Silva de Paula (2014) as Leis “modernas” de qualidade ambiental da água, geralmente, especificam a proteção do uso pesqueiro e recreativo e exigem, no mínimo, a retenção dos padrões de qualidade atuais.

Ainda segundo Davis (2017) tem sido amplamente divulgado o desejo público de devolver aos corpos d'água as condições primitivas ou pré-industriais, devendo ser lembrado que:

- A maioria das Leis ambientais atuais se concentram na designação de usos específicos dos corpos d'água, sendo que em alguns países, essas designações permitem “certa” contaminação da água, desde que o tipo específico de contaminação não seja prejudicial aos usos designados a essa, e
- Dadas as mudanças na paisagem (por exemplo, desenvolvimento da terra, urbanização, corte raso em áreas florestais) nas bacias hidrográficas de muitos corpos de água doce, retomar às condições

originais seria um desafio significativo. Nesses casos, os cientistas ambientais concentram-se em alcançar metas para a manutenção de ecossistemas saudáveis, podendo se concentrar na proteção de populações de espécies ameaçadas e na proteção da saúde humana.

A complexidade da qualidade da água pode ser refletida nos muitos “tipos” de amostragens e medições de indicadores de qualidade.

Davis (2017) dita ser vital destacar que as medições mais precisas da qualidade da água são feitas no local, porque a água existe segue em equilíbrio com o ambiente. Medições comumente feitas no local e em contato direto com a fonte de água em questão incluem temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, Potencial de Redução de Oxigênio (PRO), turbidez e profundidade do disco de Secchi⁷.

Segundo Bittencourt e Silva de Paula (2014), Pohlmann e colaboradores (2015), Howe e colaboradores (2016) e Davis (2017) as medições mais complexas são, frequentemente, feitas em um laboratório que requer que uma amostra de água seja coletada, preservada, transportada e analisada em outro local. O processo de amostragem de água introduz dois problemas significativos:

1. O primeiro problema refere a entender até que ponto a amostra pode ser tida como representativa da fonte de água de interesse - muitas fontes de água variam com o tempo e com a localização. A medição do interesse pode variar sazonalmente, do dia para a noite ou em resposta a alguma atividade do homem ou populações naturais de plantas e animais aquáticos. A medição do interesse pode variar com as distâncias do limite da água com a atmosfera suprajacente e solo subjacente ou confinante. O coletor da amostra deve determinar se uma única vez e localização satisfaz suas necessidades de investigação, ou se a utilização de água de interesse pode ser satisfatoriamente avaliada por médios valores com o tempo e de localização, ou se crítico Máximos e

⁷ Criado em 1865 por Angelo Secchi, é um disco circular branco e liso de 30 cm de diâmetro usado para medir a transparência da água ou a turbidez em corpos de água. O disco é montado em um poste ou linha e abaixado lentamente na água. A profundidade em que o disco não é mais visível é tomada como uma medida da transparência da água. Essa medida é conhecida como Profundidade Secchi e está relacionada à turbidez da água. Desde sua invenção, o disco também foi usado em um *design* preto e branco de 20 cm de diâmetro para medir a transparência da água doce.

Mínimos requerem medições individuais ao longo de um intervalo de horários, locais ou eventos. O procedimento de coleta de amostras deve assegurar a ponderação correta dos tempos de amostragem individuais e locais onde a média é apropriada. Onde existirem valores críticos máximos ou mínimos, os métodos estatísticos devem ser aplicados à variação observada para determinar um número adequado de amostras para avaliar a probabilidade de exceder esses valores críticos.

2. O segundo problema ocorre quando a amostra é removida da fonte de água e começa a estabelecer um equilíbrio químico com seu novo ambiente: o recipiente da amostra - recipientes de amostras devem ser feitos de materiais com reatividade mínima com substâncias a serem medidas; e a pré-limpeza de recipientes de amostra é importante. A amostra de água pode dissolver parte do recipiente de amostra e qualquer resíduo nesse recipiente, ou os produtos químicos dissolvidos na amostra de água podem ser sorvidos no recipiente da amostra e permanecer lá quando a água é despejada para análise. Interações físicas e químicas similares podem ocorrer com qualquer bomba, tubulação ou dispositivos intermediários usados para transferir a amostra de água para o recipiente de amostra. A água recolhida das profundidades abaixo da superfície será normalmente mantida à pressão reduzida da atmosfera; então o gás dissolvido na água pode escapar para o espaço não preenchido no topo do recipiente. O gás atmosférico presente nesse espaço de ar também pode se dissolver na amostra de água. Outros equilíbrios de reação química podem mudar se a amostra de água mudar de temperatura. As partículas sólidas, finamente, divididas, anteriormente suspensas por turbulência na sua, podem assentar no fundo do recipiente da amostra, ou pode formar-se uma fase sólida a partir do crescimento biológico ou precipitado químico. Microrganismos na amostra de água podem alterar bioquimicamente as concentrações de oxigênio, dióxido de carbono e compostos orgânicos. A alteração das concentrações de dióxido de carbono pode alterar o pH e alterar a solubilidade de produtos químicos de interesse. Esses problemas são de especial preocupação durante a medição de

substâncias químicas consideradas significativas em concentrações muito baixas.

Para Davis (2017) não se pode abster de relatar que a preservação de amostras pode resolver, parcialmente, o segundo problema. Um procedimento comum é manter as amostras frias para diminuir a taxa de reações químicas e a mudança de fase e analisar a amostra o mais rápido possível; mas isso apenas minimiza as mudanças em vez de impedi-las.

Um procedimento “útil” a determinar a influência dos recipientes da amostra durante o atraso entre a coleta e a análise da amostra envolve a preparação de duas amostras artificiais antes do evento de amostragem. Um recipiente de amostra é preenchido com água conhecida da análise anterior para não conter quantidade detectável do produto químico de interesse. Esta amostra, chamada “em branco”, é aberta para exposição à atmosfera quando a amostra de interesse é coletada, então resselada e transportada para o laboratório com a amostra para análise para determinar se os procedimentos de retenção da amostra introduziram qualquer quantidade mensurável do produto químico da amostra. A segunda amostra artificial é coletada com a amostra de interesse, mas depois “cravada” com uma quantidade adicional medida do produto químico de interesse no momento da coleta.

Segundo o CDC (2014), inevitavelmente, após eventos como terremotos e tsunamis, há uma resposta imediata das Agências de ajuda humanitária à medida que as operações de socorro começam a tentar restaurar a infraestrutura básica e fornecer os itens básicos que são necessários para a sobrevivência e posterior recuperação.

Vale lembrar que segundo Bartram e Caircross (2010) o acesso à água potável e saneamento adequado é uma prioridade em momentos após terremotos e tsunamis, em especial pelo fato da ameaça de doenças se elevar, enormemente, devido ao grande número de pessoas que vivem juntas, muitas vezes em condições precárias e sem saneamento adequado.

Segundo Hanaor e Sorrell (2014), depois de um desastre natural: (1) no que diz respeito aos testes de qualidade da água, existem pontos de vista amplos sobre o melhor curso de ação a ser adotado e uma variedade de métodos pode ser empregada; (2) os principais parâmetros básicos de qualidade da água que precisam ser abordados em uma emergência são os indicadores bacteriológicos de

contaminação fecal, resíduo de cloro livre, pH, turbidez e possivelmente condutividade/ total de sólidos dissolvidos; (3) há uma série de kits de teste de água portáteis no mercado amplamente utilizados pelas agências de ajuda e assistência para a realização de tais testes, e (4) um período considerável de tempo pode passar antes que a qualidade da água retorne aos níveis pré-desastre. Por exemplo, após o tsunami de 2004 no Oceano Índico, o Instituto Internacional de Gerenciamento de Água, com sede em Colombo, monitorou os efeitos da água salgada e concluiu que os poços recuperaram a qualidade da água potável pré-tsunami um ano e meio após o evento.

Para Davis (2017) os métodos mais simples de análise química são aqueles que medem os elementos químicos sem respeitar sua forma. A análise elementar de oxigênio, por exemplo, indicaria uma concentração de 890.000 miligramas por litro (mg/ L) de amostra de água, porque a água é feita de oxigênio. O método selecionado para medir o oxigênio dissolvido deve diferenciar entre oxigênio diatômico e oxigênio combinado com outros elementos.

Segundo Bittencourt e Silva de Paula (2014) a simplicidade comparativa da análise elementar produziu uma grande quantidade de dados de amostra e critérios de qualidade de água para elementos, às vezes identificados como metais pesados.

A análise de água para metais pesados deve considerar as partículas do solo suspensas na amostra de água. Essas partículas de solo suspensas podem conter quantidades mensuráveis de metal; embora as partículas não sejam dissolvidas na água, elas podem ser consumidas por pessoas que bebem a água.

Adicionar ácido a uma amostra de água para evitar a perda de metais dissolvidos no recipiente da amostra pode dissolver mais metais das partículas do solo suspensas.

Filtração de partículas do solo da amostra de água antes da adição de ácido, no entanto, pode causar perda de metais dissolvidos no filtro.

Segundo Bittencourt e Silva de Paula (2014), Pohlmann e colaboradores (2015), Howe e colaboradores (2016) e Davis (2017) lembram que como as medições diretas da qualidade da água podem ser caras, os programas de monitoramento contínuos são, normalmente, conduzidos por agências governamentais; no entanto, existem programas e recursos voluntários locais disponíveis para uma avaliação geral. As ferramentas disponíveis para o público em geral incluem kits de teste no local,

comumente usados para tanques de peixes domésticos e procedimentos de avaliação biológica.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que os sistemas de tratamento de águas são deveres importantes para a saúde humana visto que esses são, mundialmente, reconhecidos como sendo as principais formas de se ofertar água potável e segura para o consumo humano. Os tratamentos saneantes dispostos em tais sistemas envolvem a pré-cloração, para o controle de algas o crescimento biológico; a aeração, para remover o ferro e o manganês dissolvido quando presente; a coagulação para floculação ou filtração lenta; o emprego de auxiliares coagulantes, também conhecidos como polieletrólitos, para melhorar a coagulação e para a formação de floco mais robusto; a sedimentação, para a separação de sólidos suspensos presos no floco; a filtração - para remover partículas da água através de um leito de areia ou por passagem através de um filtro e a desinfecção, para matar vírus de bactérias e outros patógenos.

Pode-se observar ainda que os sistemas supra citados alcançam seus objetivos por oferecerem água em um nível seguro de consumo, dentro das medidas estipuladas pelos órgãos de controle.

REFERÊNCIAS

BARTRAM, J.; CAIRNCROSS, S. Hygiene, Sanitation, and water: Forgotten Foundations of Health. **PLoS Med.** 2010; 7:e1000367. (<http://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1000367>).

BITTENCOURT, C.; SILVA DE PAULA, M. A. **Tratamento de Água e Efluentes: Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos.** São Paulo: Érica, 2014.

CARCARÁ, M. S. M.; SILVA, E. A.; NETO, J. M. M. Saneamento básico como dignidade humana: entre o mínimo existencial e a reserva do possível. **Eng. Sanit. Ambient.** 2019; vol.24 no.3. (<https://www.scielo.br/pdf/esa/v24n3/1809-4457-esa-24-03-493.pdf>).

CDC. **Natural Disasters and Severe Weather.** Publicado Agosto 2014. Disponível em: <https://www.cdc.gov/disasters/tsunamis/waterquality.html>. Acesso 23/10/2020.

DAVIS, M. **Tratamento de águas para abastecimento e residuárias.** São Paulo: Elsevier, 2017.

DJONÚ, P., et al. Objetivos do desenvolvimento sustentável e condições de saúde em áreas de risco. **Ambient. soc.** vol.21 São Paulo 2018 Epub Nov 29, 2018. (https://www.scielo.br/pdf/asoc/v21/pt_1809-4422-asoc-21-e09110.pdf).

HANAOR, D. A. H.; SORRELL, C. C. Sand Supported Mixed-Phase TiO₂ Photocatalysts for Water Decontamination Applications. **Advanced Engineering Materials.** 2014, 16(2), 248-254. (<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1404/1404.2652.pdf>).

HOWE, K. J. et al. **Princípios de tratamento de água.** São Paulo: Cengage, 2016.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **RAP**. 2011; 45(2):331-48. (<https://www.scielo.br/pdf/rap/v45n2/03.pdf>).

LUSA, P. **Muitos milhões de pessoas sem água potável**. Publicado em 12/07/2017. Disponível em: <https://www.tsf.pt/internacional/884-milhoes-de-pessoas-em-todo-o-mundo-ainda-sem-acesso-a-agua-potavel---relatorio-unicefoms-8632243.html>. Acesso em 01/11/2020.

MOTA, C. **Saneamento Básico no Brasil**: Aspectos Jurídicos da Lei Federal Nº 11.445/07. São Paulo: Quartier, 2010.

ONU. **Science and technology can help tackle key sustainable development challenges**. Publicado Nov 2017. Disponível em: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2017/11/science-and-technology-can-help-tackle-key-sustainable-development-challenges/>. Acesso 22/10/2020.

ONU. **Goal 6: Ensure access to water and sanitation for all**. S/ D. Disponível em: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>. Acesso 22/10/2020.

PHILIPPI JR, A. **Saneamento, Saúde e Ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. 2º Ed. São Paulo: Manole, 2017.

PHILIPPI JR, A.; GALVÃO JR, A. C. **Gestão do saneamento básico**: abastecimento de água e esgotamento sanitário. São Paulo: USP, 2012.

POHLMANN, P. H. M. et al. Tratamento de água para abastecimento humano: contribuições da metodologia Seis Sigma. **Eng Sanit Ambient**. 2015; v.20, n.3, Pp 485-492. (<https://www.scielo.br/pdf/esa/v20n3/1413-4152-esa-20-03-00485.pdf>).

SENA, A. et al. Medindo o invisível: análise dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em populações expostas à seca. **Ciência & Saúde Coletiva**. 21(3):671-683, 2016. (<http://www.scielo.br/pdf/csc/v21n3/1413-8123-csc-21-03-0671.pdf>).

UNSDSN. **Índice e Painel Preliminar dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Publicado em 2016. Disponível em: <http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2016/02/160308--%C3%8Dndice-e-Painel-Preliminar-dos-ODS-pt.pdf>. Acesso 22/10/2020.

ZORZI, L.; TURATTI, L.; MAZZARINO, J. M. O direito humano de acesso à água potável: uma análise continental baseada nos Fóruns Mundiais da Água. **Rev. Ambient. Água**. 2016; vol. 11 n. 4, Pp 954-971. (<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n4/1980-993X-ambiagua-11-04-00954.pdf>).