

PRESENÇA DE MICROPOLUENTES NOS ESGOTOS E CONTAMINAÇÃO DOS MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Alexandra Fátima Saraiva Soares (*), Luís Paulo Souza e Souza

* Instituto de Educação Continuada (IEC) da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). E-mail: asaraiwa.soares@gmail.com

RESUMO

As tecnologias convencionais de tratamento de esgotos e de água para potabilização, normalmente utilizadas no país, não são adequadas para remover os poluentes emergentes, também denominados micropoluentes. Dessa forma, o lançamento de efluentes (domésticos e industriais) nos corpos de água, mesmo após tratamento convencional, eleva as concentrações desses poluentes nos ecossistemas aquáticos e pode ocasionar danos ambientais e à saúde. Sabe-se que as águas superficiais enquadradas a partir da Classe 1, segundo a norma pertinente, podem receber efluentes líquidos e também constituírem mananciais de abastecimento público. No caso dessa classificação da água (enquadramento), a legislação exige apenas tratamento simplificado antes da distribuição, que consiste na clarificação por meio somente de filtração e desinfecção. Ademais, a água que é distribuída à população brasileira é submetida a uma norma de potabilidade restrita, no que concerne ao estabelecimento de padrões para os poluentes emergentes. Com isso, a água pode atender aos requisitos da portaria de potabilidade, isto é, ser considerada potável, e não estar isenta de substâncias maléficas à saúde, podendo ocasionar dano futuro. Estudos sugerem que possíveis alterações na saúde humana – envolvendo câncer de mama e de testículo, além de infertilidade – podem estar relacionadas à exposição aos poluentes emergentes. A presença desses contaminantes em sistemas hídricos tem sido objeto de estudos em diversas partes do mundo, onde se discutem acerca dos critérios para regulamentação. Para se promover a qualidade da água e melhores condições de saúde à população, ações do Poder Público e da coletividade devem ser efetivadas e, nesse aspecto, os instrumentos jurídicos têm notória relevância.

PALAVRAS-CHAVE: Micropoluente, Poluente emergente, Contaminação das águas, Mananciais de abastecimento público, Saúde pública.

INTRODUÇÃO

A consciência da preservação do meio ambiente saudável constitui-se uma das premissas básicas para a qualidade de vida. A preservação dos recursos naturais é imprescindível para a vida da geração de hoje e das futuras. No entanto, a cada dia nossos recursos hídricos tornam-se menos disponíveis e os mananciais para abastecimento público mais escassos e contaminados.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, grande parte das doenças que acometem a população em nível mundial tem relação com o consumo de águas contaminadas. Por muitos anos essas doenças relacionadas com a água tiveram o foco na transmissão causada por parasitos, como certos tipos de bactérias, protozoários e helmintos, por exemplo. Atualmente, devido a composição cada vez mais complexa dos esgotos sanitários, devido à maior oferta e consumo de produtos industrializados, a preocupação volta-se para a contaminação química das águas.

No Brasil, uma água é considerada potável se atender aos requisitos estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde (Portaria de Consolidação Nº 5/2017 – Anexo XX – Origem na PRT MS 2914/2011)¹. No entanto, essa norma relaciona poucos parâmetros denominados “poluentes emergentes” ou “micropoluentes”. Essas substâncias são denominadas “emergentes” pelo fato de terem suas presenças conhecidas no ambiente apenas nos últimos anos e isso ocorreu devido às melhorias das técnicas analíticas. Tais substâncias chamam-se “emergentes” porque apenas com o desenvolvimento recente de técnicas analíticas complexas e sensíveis foi possível detectar e quantificar esses contaminantes nas águas, onde ocorrem em baixas concentrações, na ordem de microgramas ou nanogramas por litro (mg.L⁻¹ ou ng.L⁻¹) (SARAIVA SOARES, LEÃO, 2015).

Assim, uma água considerada potável pode apresentar contaminação por substâncias que ainda não estão legisladas, mas que podem ser potencialmente nocivas à saúde humana, mesmo em baixas concentrações. Exemplos desses contaminantes são os agrotóxicos, os fármacos (medicamentos), hormônios, produtos de higiene pessoal (cosméticos etc), produtos de

¹ Portaria de Consolidação MS nº 5, de 3 de outubro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União, 3 out. 2017.

limpeza e diversos outros produtos químicos, muitos deles presentes nos esgotos domésticos. Há, também, que se ressaltar a dificuldade de detecção e quantificação desses contaminantes nas águas, onde ocorrem em baixas concentrações, devido à complexidade das técnicas analíticas, as quais devem ser sensíveis o suficiente para determinar a presença dessas substâncias de maneira consistente. Contudo, cabe esclarecer que as tecnologias convencionais de tratamento de esgotos e de água para potabilização, normalmente utilizadas no país, não são adequadas para remover os poluentes emergentes (LUO *et al.*, 2014; BILGEHAN *et al.*, 2017). Dessa forma, o lançamento de efluentes (domésticos e industriais) nos corpos de água, mesmo após tratamento convencional, eleva as concentrações desses poluentes nos ecossistemas aquáticos e pode ocasionar danos ambientais e à saúde.

As águas superficiais enquadradas a partir da Classe 1, segundo a norma pertinente, podem receber efluentes líquidos e também constituírem mananciais de abastecimento público. No caso dessa classificação da água, a legislação² exige apenas tratamento simplificado antes da distribuição, que consiste na clarificação por meio somente de filtração e desinfecção. Ademais, a água que é distribuída à população brasileira é submetida a uma norma de potabilidade restrita, no que concerne ao estabelecimento de padrões para os poluentes emergentes (SARAIVA SOARES, SOUZA e SOUZA, 2020). Com isso, a água pode atender aos requisitos da portaria de potabilidade, isto é, ser considerada potável, e não estar isenta de substâncias maléficas à saúde, podendo ocasionar dano futuro aos usuários pelo fato de apresentar potencial para causar doenças crônicas.

Estudos sugerem que possíveis alterações na saúde humana – envolvendo câncer de mama e de testículo, além de infertilidade masculina – podem estar relacionadas à exposição aos poluentes emergentes (GHISELLI, JARDIM, 2007; LUO *et al.*, 2014). A presença desses contaminantes em sistemas hídricos tem sido objeto de estudos em diversas partes do mundo, onde se discutem acerca dos critérios para regulamentação. Muitas pesquisas vêm sendo realizadas em vários países comprovando a presença desses micropoluentes em águas naturais, efluentes de estações de tratamento de esgoto (ETE) e águas de abastecimento público.

O grande desafio tem sido o desenvolvimento de métodos analíticos para determinar esses compostos em matrizes ambientais (águas naturais e potável, efluentes industriais, esgotos sanitários e sedimentos), devido às baixas concentrações.

Cabe destacar que por maior que seja o empenho do indivíduo em manter e promover sua própria saúde, não será efetivo se não houver participação da comunidade e do Poder Público em prol da saúde coletiva, consubstanciando no que se denomina Saúde Pública. A contaminação química das águas, aliada à precária remoção desses contaminantes pelos métodos convencionais de tratamento de esgoto e água para potabilização, flexibilização de normas ambientais como demonstrado por Soares e Silva (2018) e Saraiva Soares e Leão (2015), bem como a restrição da norma de potabilidade colocam a população, consumidora das águas do sistema público de abastecimento, em situação de vulnerabilidade.

Diante do exposto, a contaminação das águas por micropoluentes deve ser enfrentada pelas autoridades de forma mais efetiva, de maneira a evitar o adoecimento coletivo por doenças crônicas.

OBJETIVOS

Este artigo objetiva apresentar discussão das vias de introdução de micropoluentes nas águas de abastecimento público, especialmente pelo lançamento de esgotos, bem como discorrer sobre o impacto na saúde coletiva decorrentes desses contaminantes.

METODOLOGIA

Trata-se de pesquisa qualitativa, exploratória e realizada mediante levantamento bibliográfico (livros, periódicos, banco de dados de instituições públicas, legislação e outras fontes pertinentes) nacional e internacional.

RESULTADOS

Fontes de contaminação das águas por micropoluentes

As fontes de micropoluentes em ambientes aquáticos são diversas e muitos desses contaminantes originam de produtos industrializados. A Figura 1 apresenta algumas fontes de micropoluentes nos ambientes aquáticos.

² Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005

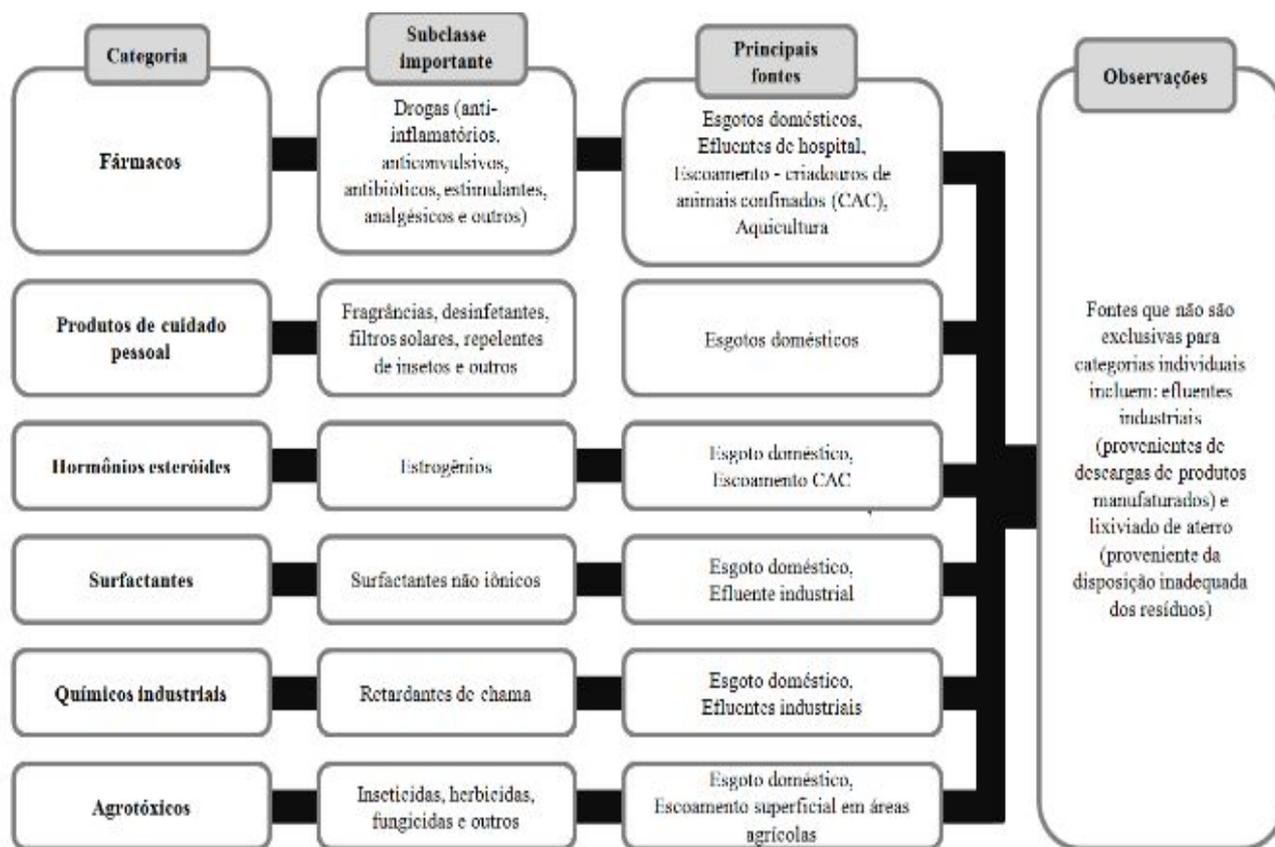


Figura 1: Fontes de micropoluentes em ambientes aquáticos. Fonte: Adaptado de Luo *et al.* (2014).

Mais de cem mil compostos químicos sintéticos são utilizados em uma grande variedade de produtos de uso doméstico, industrial e agrícola, e atingem as águas superficiais por lançamento de águas residuárias ou carreamento (escoamento superficial) em áreas agrícolas, com aplicação de agrotóxicos (HALLING-SORENSEN., 1998).

O lançamento de esgotos – *in natura* ou mesmo provenientes de estações de tratamento biológico, principalmente sistemas anaeróbios – nas águas superficiais (córregos, rios e outros) tem sido considerado como principal fonte de micropoluentes no ambiente aquático (KASPRZYK-HORDERN, 2009; SARAIVA SOARES, SOUZA e SOUZA, 2020).

Luo *et al.* (2014), comparando a ocorrência de micropoluentes nas águas superficiais de diferentes países, relataram que, em geral, a poluição de contaminantes emergentes nos corpos de água das regiões densamente povoadas é maior, devido ao uso massivo desses contaminantes pela população e consequente composição dos esgotos sanitários.

Medicamentos ingeridos oralmente e contendo contaminantes potenciais são metabolizados no corpo humano e consequentemente excretados via urina e fezes. A elevada taxa de excreção e o uso intensivo desses compostos exercem um papel determinante na introdução de fármacos nos esgotos domésticos. Condições climáticas também podem interferir na prevalência de determinadas doenças, consumo de medicamentos e na composição dos efluentes. Outros importantes fatores são as chuvas, temperaturas e incidência solar porque interferem na diluição e degradação dos compostos nas águas (SARAIVA SOARES, LEÃO, 2015).

Resultados das pesquisas conduzidas por Köck-Schulmeyer *et al.* (2009) e Luo *et al.* (2014) indicaram que os antibióticos avaliados apresentaram baixa a moderada remoção (35 a 64%) nos tratamentos convencionais. Reguladores de lipídios e betabloqueadores também não foram eficazmente eliminados (37 a 73%). Anticonvulsivos foram os fármacos mais persistentes sendo, em média, reduzidos em 32%. No caso dos produtos de cuidado pessoal, hormônios esteróides e surfactantes reduções relativamente altas (superiores a 70%) foram reveladas. Já os agrotóxicos estudados (uso doméstico) foram resistentes ao tratamento convencional de esgotos.

Os estudos realizados por Deschamps e colaboradores, revelaram que as empresas farmacêuticas mineiras, em geral, aplicam métodos convencionais para tratamento dos efluentes gerados no processo e não há praticamente avaliação sobre a eficiência de remoção de resíduos de fármacos (antibióticos, por exemplo). Essa pesquisa demonstrou que a rota de tratamento convencional adotada por duas empresas farmacêuticas de Minas Gerais não foi suficientemente eficaz, vez que resíduos e fragmentos de antibióticos foram detectados após tratamento (DESCHAMPS *et al.*, 2012).

Fatores internos (características físico-química dos micropoluentes) e externos (características do esgoto e condições de tratamento) governam o destino de micropoluentes nas estações de tratamento de esgotos.

A ocorrência de micropoluentes nas estações de tratamento de esgotos varia de modo significativo no tempo e no espaço, em razão de inúmeros fatores, como a produção, os hábitos de consumo de produtos, o metabolismo (taxa de excreção), o consumo de água per capita, a persistência ambiental dos produtos e a eficiência dos processos de tratamento de efluentes (JELIC *et al.*, 2012; PETROVIĆ *et al.*, 2009). O consumo per capita anual de drogas (fármacos) no mundo é cerca de 15 g e que países desenvolvidos consomem em torno de três a dez vezes mais (45 a 150 g). Daí se pode esperar que os esgotos brutos nos países desenvolvidos apresentem maior concentração desses contaminantes. Fármacos ingeridos oralmente, contendo contaminantes potenciais, são metabolizados no corpo humano e conseqüentemente excretados por via de urina e fezes. A elevada taxa de excreção e o uso intensivo desses compostos exercem papel determinante na introdução de fármacos nos esgotos domésticos. Também condições climáticas podem interferir na prevalência de determinadas doenças, no consumo de medicamentos e na composição dos efluentes. Outros importantes fatores são as chuvas, as temperaturas e a incidência solar, porque interferem na diluição e na degradação dos compostos nas águas (KASPRZYK-HORDERN *et al.*, 2009; SARAIVA SOARES, LEÃO, 2015).

Estações de tratamento de esgotos são projetadas para controlar inúmeros poluentes, tais como partículas, substâncias carbonáceas, nutrientes e patógenos. Se, por um lado, essas substâncias podem ser eficientemente e consistentemente eliminadas, por outro a remoção de micropoluentes é em geral insuficiente (LUO *et al.*, 2014). Um processo de tratamento primário, secundário e um opcional tratamento terciário podem ser empregados nas estações de tratamento de esgotos. Os tratamentos terciários são comumente utilizados na produção de uma melhor qualidade do efluente tratado para atender a determinados propósitos, como reuso da água, e estão sempre associados a elevados custos de tratamento. Sólidos suspensos são removidos pelos processos de tratamento primário. No entanto, esses processos são ineficientes na remoção da maioria dos micropoluentes (CARBALLA *et al.*, 2005). A remoção de micropoluentes é realizada principalmente por sorção no lodo primário, porque a distribuição de um composto na camada orgânica (lipofílica) é um meio predominante de sorção (TERNES *et al.*, 2004). No tratamento secundário, micropoluentes estão sujeitos a diversos processos, como dispersão, diluição, partição, biodegradação e transformação abiótica. A remoção total durante o tratamento secundário normalmente se refere às perdas de um composto original por diferentes mecanismos de transformação química e física, biodegradação, sorção em sólidos. Biodegradação/biotransformação e sorção são os dois mecanismos mais representativos na remoção de micropoluentes, durante o tratamento biológico (JELIC *et al.*, 2012).

Camacho-Muñoz *et al.* (2012) relatam que, em geral, os compostos que tendem a ser sorvidos em sólidos são mais bem eliminados pelo tratamento com lodos ativados do que por tratamentos secundários de baixo custo, tais como sistemas anaeróbios, filtros biológicos e wetland. Isso pode ser devido à biodegradação, sob aeração forçada, durante os tratamentos biológicos convencionais, juntamente com uma sorção estimulada por grandes quantidades de lodo gerado em sistemas de tratamento denominados “lodos ativados”. Em estações de tratamento de esgotos de 14 diferentes países ou regiões, os resultados de estudos para avaliação de vários micropoluentes demonstraram remoções em diferentes níveis (12,5% a 100%), até mesmo para compostos pertencentes a uma igual classe de uso (agrotóxicos, fármacos, produtos de cuidado pessoal e hormônios). Em geral, essa variação de remoção se explica por diferentes fatores intervenientes, como propriedades dos micropoluentes e condições operacionais das estações (CLARA *et al.*, 2012; LUO *et al.*, 2014).

Quanto aos fármacos, os antibióticos estudados mostraram baixa ou moderada remoção (35% a 64%). Os reguladores de lipídios e betabloqueadores também não foram eficazmente eliminados (37% a 73%). Anticonvulsivos foram os fármacos mais persistentes, sendo reduzidos em 32%, em média. No caso dos produtos de cuidado pessoal, hormônios esteroides e surfactantes, foram reveladas reduções relativamente altas (superiores a 70%). Já os agrotóxicos estudados (uso doméstico) foram resistentes ao tratamento convencional de esgotos (LUO *et al.*, 2014). Fatores externos e internos governam o destino de micropoluentes nas estações de tratamento de esgotos. Fatores internos estão relacionados com as características dos micropoluentes (hidrofobicidade, biodegradabilidade e volatilidade, por exemplo). Geralmente compostos polares e não voláteis são mais propensos a não remoção pelos processos de tratamento. Fatores externos relacionam-se com a natureza dos esgotos (pH e temperatura) e com as características específicas das estações, tais como condições de tratamento e mistura de micropoluentes (SARAIVA SOARES, 2015).

Cabe ressaltar que, atualmente, nenhum tratamento específico está disponível para assegurar a completa remoção de vários micropoluentes, devido à diversidade de propriedades dessas substâncias. Ainda estão para serem desenvolvidos processos confiáveis e capazes de remover os micropoluentes de forma eficaz. Dessa forma, contaminantes emergentes, potencialmente danosos (mesmo em baixas concentrações) ao ambiente e à saúde, são introduzidos nas águas superficiais pelos esgotos “tratados” nas estações (LUO *et al.*, 2014).

Pesquisa conduzida por Ghiselli e Jardim (2007) apontam possíveis alterações na saúde humana – envolvendo câncer de mama e de testículo, além de infertilidade masculina – associadas à exposição aos micropoluentes.

Agrava a situação o fato de as estações de tratamento de esgoto e de água para potabilização, normalmente adotadas no país (método convencional), também não promoverem a remoção eficiente dos micropoluentes. Também constitui fator agravante a flexibilização da legislação que estabelece padrões para lançamento de esgotos nos recursos hídrico, como demonstrado por Soares e Silva (2018) e Saraiva Soares e Leão (2015).

Dessa forma, e considerando a rota apresentada na Figura 2, esses contaminantes atingem o ambiente e os seres humanos pela água de abastecimento.



Figura 2: Rota de contaminação das águas de abastecimento público. Fonte: Adaptado de Saraiva Soares e Leão (2015)

Estudos realizados em Cape Cod, Massachusetts, Estados Unidos – em 2010 e 2011 – revelaram a presença de diversos micropoluentes em mananciais subterrâneos de abastecimento, contaminados por esgotos domésticos (SCHAIDER *et al.*, 2011). O instituto americano “Primavera Silenciosa” tem estudado a qualidade das águas de Cape Cod por cerca de dez anos, com o objetivo de compreender se há relação de fatores ambientais com a elevada incidência de câncer de seio na região. Uma das questões é se os disruptores endócrinos e outros contaminantes na água potável contribuem de algum modo. Pesquisas prévias sugeriram que pode haver uma relação entre a exposição a certos micropoluentes (disruptores endócrinos) e doenças ativas hormonais, como o câncer de seio. Foram detectados fármacos e hormônios na água de Cape Cod, especialmente em águas situadas em áreas mais densamente povoadas, o que sugere o esgoto sanitário (sistema séptico) como fonte desses contaminantes. Outros contaminantes emergentes, tais como produtos de higiene pessoal, foram também encontrados. Acredita-se que muitas dessas substâncias sejam disruptores endócrinos, que mascaram ou interferem no comportamento dos hormônios naturais no organismo.

Embora possam apresentar efeitos na saúde humana, essas substâncias não são rotineiramente monitoradas nas águas potáveis e também se encontram regulamentadas nos Estados Unidos. Dos 121 contaminantes emergentes analisados nos mananciais americanos, 27 foram detectados pelo menos uma vez. Nesse estudo, a concentração de matéria orgânica também se relacionou com a concentração de micropoluentes. Águas com concentrações acima de 1 mg.L^{-1} de COT (carbono orgânico total) tenderam a conter mais contaminantes emergentes e concentrações mais elevadas desses poluentes (SCHAIDER *et al.*, 2011). Os resultados dessas pesquisas revelam que há razões para limitar as exposições aos micropoluentes emergentes através da água potável. Fármacos são biologicamente ativos em pequenas quantidades e não se destinam à população em geral, sendo que alguns efeitos podem ocorrer em doses muito inferiores àquelas utilizadas terapêuticamente. Ademais, a exposição em estágios de desenvolvimento humano em fase mais sensível (fetos e bebês) pode ter efeitos em doses mais baixas do que a exposição durante outras fases da vida. Também é limitada a compreensão acerca dos potenciais efeitos na saúde da mistura de fármacos e outros químicos em baixos níveis. Por exemplo, um recente estudo mostra que um analgésico comum (acetaminophen) afeta a produção de testosterona em níveis 100 vezes mais baixos do que a dose típica, e relata problemas de reprodução em meninos cujas mães usaram analgésicos enquanto grávidas. Além disso, ao passo que as pessoas estão expostas a complexas misturas de substâncias químicas, a maior parte dos estudos visa a um químico por vez. Portanto, tem-se limitada compreensão dos potenciais efeitos na saúde das

misturas farmacêuticas e de outras substâncias químicas em baixos níveis. Alguns estudos sugerem que possíveis alterações na saúde humana, envolvendo câncer de mama e de testículo, além da infertilidade masculina, podem estar relacionadas à exposição a esses micropoluentes (GHISELLI; JARDIM, 2007).

Os níveis mais elevados de contaminantes emergentes nas águas podem ser explicados por suas altas persistências no ambiente. No Brasil, a técnica mais completa, dentre as usuais, no que tange ao tratamento de água para potabilização, consiste no método denominado “convencional” ou de “ciclo completo”. Nessa modalidade de tratamento a água bruta é coagulada geralmente com um sal de alumínio ou de ferro e, na sequência, floculada (coagulação-floculação). Esses métodos, se bem conduzidos, são eficientes na remoção dos sólidos que conferem turbidez e cor às águas. No entanto, têm-se mostrado ineficientes para a remoção de micropoluentes emergentes, ao passo que várias tecnologias de tratamento avançado, tais como ozonização, processos avançados de oxidação (POA), adsorção em carvão ativado, osmose reversa e nanofiltração, mostraram-se mais eficientes (SARAIVA SOARES; LEÃO, 2015).

Cabe ressaltar que tais técnicas de tratamento ainda não apresentam viabilidade econômica, se aplicadas em grande escala. A despeito das limitações do método convencional de tratamento de água para abastecimento público, essa técnica é a mais utilizada em nosso país. Também no Brasil, em muitos casos, há um agravante quanto à vulnerabilidade das águas superficiais, que são expostas à contaminação por agrotóxicos e lançamento de esgotos.

A literatura técnica especializada relata a baixa eficiência dos métodos convencionais de tratamento de água para remoção de outros micropoluentes, além dos agrotóxicos (BOYD *et al.*, 2003; KIM *et al.*, 2007).

Com relação à água potável, a legislação brasileira e até a mundial é limitada no que concerne aos padrões explícitos dos micropoluentes. A água pode ser considerada potável mesmo sem haver o controle de diversos poluentes, o que põe em dúvida sua qualidade total e as consequências do consumo a longo prazo na saúde humana e no ecossistema aquático.

Modelo Pressão-Estado-Resposta para o caso da contaminação das águas por micropoluentes

Diante do cenário apresentado, a Figura 3 apresenta o modelo Pressão-Estado-Resposta para as situações debatidas, de forma a facilitar a compreensão pelo leitor, vez que permite análise integrada dos efeitos negativos no ambiente e, por consequência, na saúde decorrentes da situação.

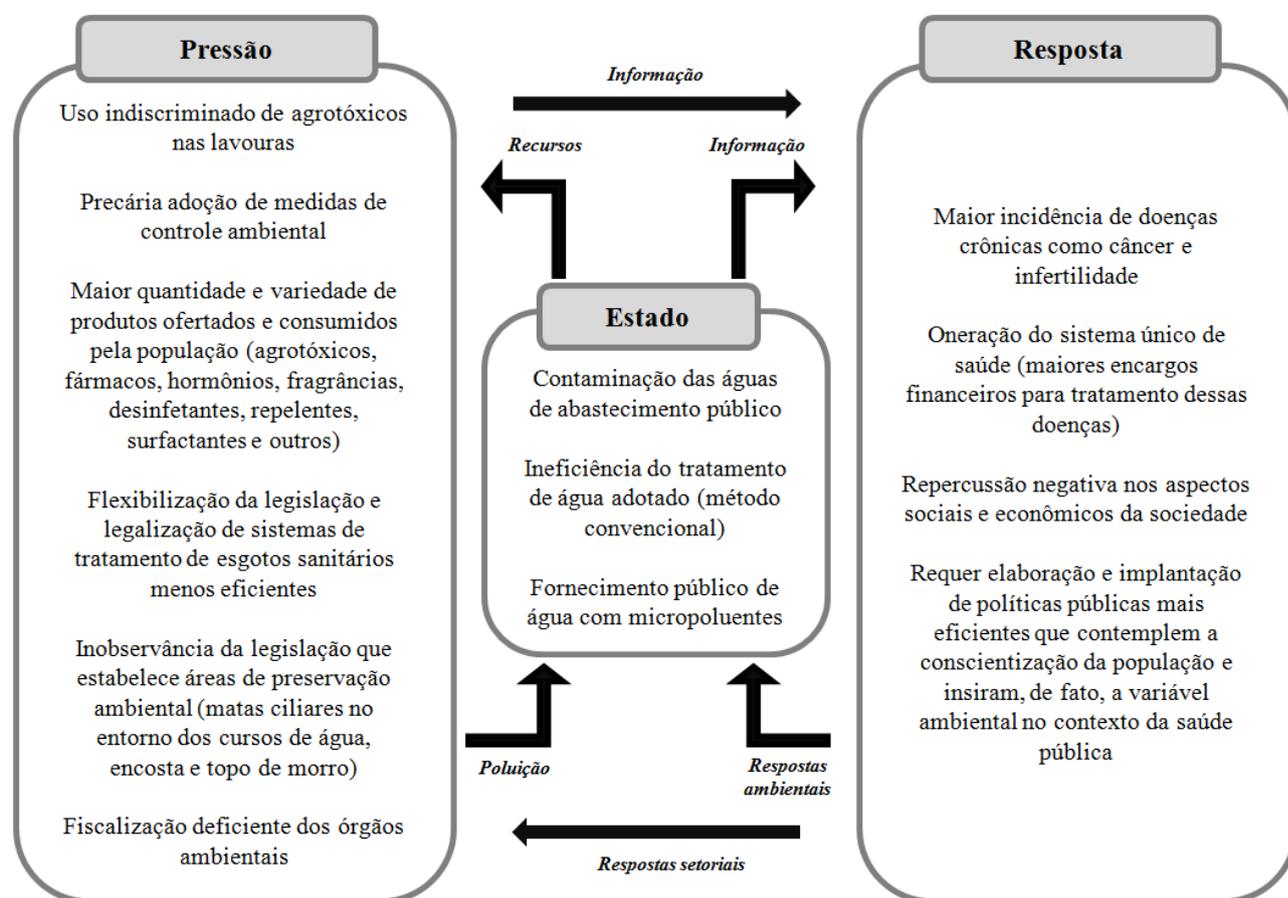


Figura 3: Modelo Pressão-Estado-Resposta para o cenário de contaminação das águas por micropoluentes elaborado pelos autores. Fonte: SARAIVA SOARES; SOUZA e SOUZA (2020).

CONCLUSÕES

Traços de micropoluentes em água potável têm se tornado uma crescente causa de preocupação para os governos e autoridades por todo mundo, devido aos seus malefícios potenciais na saúde pública (possibilidade em causar câncer e infertilidade humana). Portanto, a mitigação da contaminação dos mananciais torna-se imperiosa, visando reduzir risco potencial à saúde humana, relacionado ao consumo da água.

O lançamento irregular de esgotos sanitários nos corpos de água corresponde a importante via de introdução de micropoluentes nas águas, que podem se tornar mananciais de abastecimento público e alcançar os usuários, causando-lhes doenças crônicas. Tendo-se em vista a vulnerabilidade dos mananciais de abastecimento público de água, bem como a limitação da legislação de potabilidade e o dano potencial à saúde ocasionado pela contaminação por micropoluentes, é preciso que medidas sejam adotadas a fim de preservar os recursos hídricos e evitar retrocessos desmotivados na legislação ambiental, como vem se constando.

Para se promover a qualidade da água e melhores condições de saúde à população, ações do Poder Público e da coletividade devem ser efetivadas em conjunto e, nesse aspecto, os instrumentos jurídicos têm notória relevância.

Os agentes públicos e a sociedade devem compreender que ao se preservar a qualidade dos mananciais de abastecimento público, estarão, conseqüentemente, promovendo saúde pública e desonerando o sistema de saúde. Para tanto, faz-se imprescindível a disseminação dos riscos potenciais existentes e associados à poluição das águas com a perda da qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

1. Bilgehan, N.; Taylan, Dolu; Havva, A.; M., Emim; Argun; Yel, E. **Treatment alternatives for micropollutant removal in wastewater**. University Selcuk Journal of Engineering, Science and Technology, v.5, n.2, p. 133-143, fev. 2017.
2. Boyd, G. R.; Reemtsma, H.; Grimm, D. A.; Mitra, S. **Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in surface and treated waters of Louisiana, USA and Ontario, Canada**. The Science of the Total Environment, v. 311, n. 1-3, p. 135-149, 2003.
3. Camacho-Muñoz, D.; Martín, J. *et al.* **Effectiveness of conventional and low-cost wastewater treatments in the removal of pharmaceutically active compounds**. Water, Air, & Soil Pollution, v. 223, n. 5, p. 2611-2621, jun. 2012.
4. Carballa, M.; Omil, F.; Lema, J. M. **Removal of cosmetic ingredients and pharmaceuticals in sewage primary treatment**. Water Research, v. 39, n. 19, p. 4790-4796, out. 2005.
5. Deschamps, E. *et al.* **Management of effluents and waste from pharmaceutical industry in Minas Gerais, Brazil**. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, v.48, n.4, p.727-736, oct./dec. 2012.
6. Ghiselli, G.; Jardim, W. **Interferentes endócrinos no ambiente**. Química Nova, v.30, p.695-706, 2007.
7. Halling-Sorensen, B. *et al.* **Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment - A review**. Chemosphere, v.36, n.2, p.357-393, jan. 1998.
8. Jelic, A.; Gros, M.; Petrović, M. *et al.* **Occurrence, partition and removal of pharmaceuticals in sewage water and sludge during wastewater treatment**. Water Research, v. 45, n. 3, p. 1165-1176, jan. 2011.
9. Kasprzyk-Hordern, B.; Dinsdale, R.M.; Guwy, A.J. **The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters**. Water Research, v. 43, n. 2, p. 363-80, nov. 2009.
10. Kim, S. D.; Cho, J.; Kim, I. S., *et al.* **A. Occurrence and removal of pharmaceuticals and endocrine disruptors in South Korean surface, drinking, and waste waters**. Water Research, v. 41, n. 5, p. 1013- 1021, mar. 2007.
11. Luo, Y. *et al.* **A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment**. Science of the Total Environment, v.473-474, p.619-641, mar. 2014.
12. Saraiva Soares, A.F.; Leão, M. M. D. **Contaminação dos mananciais por micropoluentes e a precária remoção desses contaminantes nos tratamentos convencionais de água para potabilização**. De Jure (Belo Horizonte), v. 14, p. 36-85, 2015.
13. Saraiva Soares, A.F.; Souza e Souza, L. P. **Contaminação das águas de abastecimento público por poluentes emergentes e o direito à saúde**. Revista De Direito Sanitário, 20(2), 100-133. 2020.
14. Soares, A.F.S.; Silva, L. F. M. **Gestão da Qualidade das Águas: Considerações Técnicas acerca dos Padrões de Lançamento de Esgoto em Minas Gerais**. In: IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2018, São Bernardo do Campo/SP. Gestão ambiental e o meio urbano, 2018. v. 9.

-
15. Ternes, T. A.; Joss, A.; Siegrist, H. **Peer reviewed: scrutinizing pharmaceuticals and personal care products in wastewater treatment.** Environmental Science & Technology, v. 38, n. 20, p. 392A399A, out. 2004.