



CONTAMINANTES EMERGENTES, AGROTÓXICOS E SAÚDE PÚBLICA: ASPECTOS ANALÍTICOS E ECOTOXICOLÓGICOS RELACIONADOS A POTENCIAL CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA DO TRECHO DO RIO MOGI GUAÇU INSERIDO NA CIDADE DE MOGI GUAÇU, SÃO PAULO

LARISSA CIPRIANO BOVOLENTA; RICARDO DA SILVA MANCA

RESUMO

Contaminantes emergentes são substâncias tóxicas que não puderam ser eliminadas da água, mesmo após tratada nas estações de tratamento de água, como por exemplo, a presença de medicamentos, agrotóxicos e drogas ilícitas. Tais contaminantes podem trazer diversos problemas para a saúde dos seres humanos devido a alterações metabólicas, como: alteração de características sexuais, surgimento de super bactérias, desenvolvimento de transtornos psicológicos. O principal objetivo do estudo será identificar a presença de contaminantes emergentes e agrotóxicos nas águas de um trecho do Rio Mogi-Guaçu e correlacionar os danos que os mesmos podem agregar à saúde humana. A pesquisa de campo possibilitará traçar a potencial contaminação das águas com contaminantes emergentes e agrotóxicos. Amostras de água serão coletadas em diferentes pontos, principalmente próximos a unidades de saúde, como Unidades Básicas de Saúde, Hospitais, Clínicas Médicas. Coletadas as amostras, análises da detecção dos serão realizadas através do processo de coagulação e filtração por filtros de areia. Para uma avaliação mais robusta, amostras de água serão enviadas para Laboratórios conceituados, principalmente para detecção dos contaminantes através de cromatografia. Findado o estudo, espera-se identificar os principais contaminantes presentes na água do Rio Mogi Guaçu e correlacionar a problemas de saúde, doenças e agravos que podem advir da bioacumulação por tais substâncias no organismo humano. Por fim, espera-se que os resultados encontrados contribuam para o desenvolvimento de ações educativas voltadas para o manejo da problemática, bem como auxiliar na adequação de políticas públicas que também possam contribuir para a melhoria das questões ambientais e sanitárias.

Palavras-chave: Agrotóxicos; medicamentos; ecotoxicologia; saúde pública; água para consumo humano.

1 INTRODUÇÃO

Os contaminantes emergentes são substâncias tóxicas que não puderam ser retiradas ou eliminadas da água através do tratamento convencional pelas ETAs, sendo essas substâncias, os medicamentos - anticoncepcionais orais, antibióticos, antidepressivos, analgésicos, ansiolíticos), os agrotóxicos e as drogas ilícitas (cocaína, por exemplo) (BERNSTEIN, 2022). Como a degradação de tais substâncias não ocorre de maneira completa, a água chega à população contendo os contaminantes emergentes, que diante de processos biocumulativos, se tornam tóxicos, provocando alterações no metabolismo (BERNSTEIN, 2022).

Apesar de não possuir uma legislação específica sobre os contaminantes emergentes, a Portaria nº 888/2021 marca o início dessa discussão, estabelecendo a necessidade de empresas de saneamento em adotar técnicas de tratamento mais eficientes para atender os padrões de potabilidade (OLIVEIRA *et al*, 2022).

São diversos os problemas à saúde dos contaminantes emergentes: alterações no metabolismo sexual (desenvolvimento de características femininas em indivíduos do sexo masculino), antecipação da menstruação, desenvolvimento de transtornos psicológicos (depressão, etc.), risco de desenvolvimentos de fatores carcinogênicos (ou alterações metabólicas em células neoplásicas existentes), surgimento de bactérias multirresistentes, dentre outros (BERNSTEIN, 2022).

O objetivo central do presente estudo será identificar a presença de contaminantes emergentes e agrotóxicos nas águas do trecho do Rio Mogi-Guaçu que está inserido na cidade de Mogi Guaçu, São Paulo. Para tanto, pretende-se avaliar, através de amostragens, os tipos de contaminantes emergentes presentes na água da cidade, e correlacionar as possíveis doenças e agravos relacionados aos respectivos contaminantes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As etapas do trabalho incluem uma série de análises e avaliações, tais quais:

-1ª Etapa – Avaliar materiais teóricos que possibilitem traçar a correlação entre contaminantes emergentes e agrotóxicos na água e seus agravos à saúde, bem como buscar uma provável relação do aumento de contaminantes nas águas com o aumento do uso descontrolado de medicamentos e demais substâncias.

-2ª Etapa – Coletar amostras de água em trechos do Rio Mogi-Guaçu, em diferentes pontos fluviais, visando analisar a água de diferentes localidades da cidade.

-3ª Etapa – Analisar a coagulação e filtração das amostras com contaminantes em comparação às sem contaminantes, no Laboratório de Química da FMPFM.

-4ª Etapa – Criar e organizar o banco de dados, no qual os resultados serão categorizados quanto ao tipo de contaminante e o local das amostras.

-5ª Etapa – Enviar as amostras de água para análise detalhada dos contaminantes emergentes. Alguns Laboratórios Especializados nessas análises serão consultados, prioritariamente, na UNICAMP, o LARPE, o LQA e o LAQA.

-6ª Etapa - Correlacionar os dados encontrados com as doenças e demonstrar que consumo descontrolado de medicamentos, agrotóxicos e drogas, somado ao descarte inadequado, pode agravar problemas de saúde pública.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversas são as substâncias que representam risco à saúde, e os chamados contaminantes emergentes apresentam potenciais riscos de doenças. O padrão de potabilidade da do Ministério da Saúde no Brasil, atualizada em 2021, adicionou alguns contaminantes à norma, porém, os estudos mostram que muitos fármacos e agrotóxicos ainda são detectados na água e não controlados pela normatização.

A literatura aponta que diversos são os países que buscam identificar os contaminantes de seus recursos hídricos, como observado abaixo.

Tabela 1 – Tipos de contaminantes presentes nas águas dos países

País	Tipo de contaminante prevalente
Brasil	Medicamentos, cafeína, hormônios, produtos de higiene pessoal, drogas ilícitas, produtos do processo de desinfecção de águas e agrotóxicos.
México	Metais pesados (Fe, Mn, Zn e Cu), medicamentos (cefaclor, lidocaína, clonazepam, paracetamol, etc)
EUA	Medicamentos (azitromicina), drogas ilícitas (pseudoefedrina e metanfetamina)
Índia	Medicamentos (antibióticos), agrotóxicos (PFASs, DDT), retardadores de chamas

Rússia	Compostos oxigenados, fenol, organofosfatos.
China	Ésteres de ftalatos, produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais.
Itália	Medicamentos (estrogênios, amoxicilina, atenolol, carbamazepina, diclofenaco, ibuprofeno, hidroclorotiazida, naproxeno), nicotina e cafeína.
Espanha	Metais pesados (Cd, Ni, Hg, Pb), fármacos (estrogênio), produtos de higiene pessoal, agrotóxicos, compostos industriais, drogas de abuso

Fonte: Elaboração Própria (2023) a partir de RAMÍREZ-MALULE *et al* (2019); WILKINSON *et al* (2022); MEDEIROS (2022)

EUA é o país que mais publicou nos últimos 20 anos, seguido de China, Espanha, Itália, Canadá, Brasil, Alemanha, França, Reino Unido e Índia. Apesar dos EUA ser o principal a produzir trabalhos científicos, existem diversos países que publicaram estudos colaborativos, contribuindo para o aumento do número de estudos a nível mundial (RAMÍREZ-MALULE *et al*, 2019).

No que diz respeito aos autores gerais, apontam-se como os maiores envolvidos as universidades diversas do mundo, com faculdades de engenharia química, farmácia, ciências da computação, biologia, ciências da saúde, agricultura, bem como corporações de pesquisa em agricultura, departamentos de toxicologia, programas de desenvolvimento sustentável, pesquisas geológicas, dentre outros (WILKINSON *et al*, 2022).

Apesar da água ser submetida às Estações de Tratamento de Água e Esgoto, poucos são os compostos químicos totalmente removidos, resultando em contaminantes emergentes. Ou seja, mesmo tratada, a água ela retorna para o meio ambiente com contaminantes que, posteriormente, serão consumidos pelos seres humanos (MEDEIROS, 2022).

Observa-se, de acordo com a tabela, que existem quantidades identificadas de medicamentos diversos, como hormônios, cafeína e agrotóxicos. No que diz respeito aos medicamentos, por exemplo, sabe-se que são de ampla utilização, uma vez que podem ser facilmente acessados pelas pessoas em locais diversos, como farmácias e unidades de saúde; contudo, muitas informações sobre a toxicidade que podem causar, bem como a maneira adequada de serem dispensados posteriormente, acabam por não chegar devidamente à população (MEDEIROS, 2022).

O uso crescente de substâncias químicas, o descarte inadequado e a falta de informações acessíveis fazem com que o número de contaminantes emergentes tendas a aumentar no meio ambiente, o que também interfere na quantidade de problemas e agravos de saúde que surgem devido à exposição às diferentes substâncias e metabólitos, desde seu contato único quanto no momento em que se tornam combinados entre si (MEDEIROS, 2022). Ou seja, certos metabólitos que são gerados a partir do descarte de tais produtos nas águas podem se tornar ainda mais tóxicos do que em seu estágio inicial ao serem associados uns aos outros, corroborando para que os efeitos observados da bioacumulação sejam ainda mais danosos (RAMÍREZ-MALULE *et al.*, 2019).

Diversos são os efeitos da bioacumulação de produtos químicos no organismo; alguns dos exemplos elencados destacam-se como: alteração do metabolismo hormonal (sistema endócrino), podendo acarretar indução da menstruação precoce em meninas, redução da mobilidade e da quantidade de espermatozoides nos homens, desenvolvimento de aspectos relativos à transtornos psicológicos (chances de desenvolvimento de depressão e outros), indução da carcinogênese (bem como alterações metabólicas em células neoplásicas já existentes), possibilidade de surgimento de bactérias multirresistentes, dentre outros dentre outros (BERNSTEIN, 2022).

Tal aumento inconsistente da utilização de medicações bem como o descarte inadequado de tais substâncias químicas também contribui para o aumento de contaminantes emergentes nas águas fluviais, trazendo consequências, como já citadas, de problemas de saúde para a

população como um todo (BERNSTEIN, 2022; MEDEIROS, 2022; FARTO, 2021).

A literatura aponta, portanto, que independente da localidade do estudo em questão, são diversos os contaminantes emergentes que apresentam potenciais riscos de doenças ao ser humano e danos ao meio ambiente. Diante do efeito biocumulativo, os contaminantes emergentes têm sido apontados pelo potencial de atuação como desregulador endócrino, de modo a alterar o funcional hormonal do indivíduo (aumentando ou diminuindo), potencializando determinadas neoplasias, interferindo em funções reprodutivas diversas (diminuição da qualidade do sêmen, infertilidade, abortos espontâneos, antecipação de menstruação), alterações neurológicas e comportamentais, dentre outros (BRANCO *et al.*, 2021).

No Brasil, diversas pesquisas foram e continuam sendo realizadas no sentido de identificar os principais contaminantes emergentes presentes na água. Segundo a USEPA, os desreguladores endócrinos exógenos são agentes que tem capacidade de interferir na síntese, secreção, transporte, ligação, ação ou eliminação de hormônios naturais. e os fármacos, além de impactar o meio ambiente, também afetam a saúde humana. Tanto em águas naturais quanto em águas tratadas, medicamentos, hormônios naturais, sintéticos e produtos industriais- principalmente plastificantes- foram encontrados. Observou-se maiores concentrações de plastificantes e alquifenóis em relação aos fármacos, justificados pela contaminação de efluentes industriais e drenagem urbana.

Nolifenol (NP) e bisfenol-A (BPA) são os micro-contaminantes mais detectados em águas naturais no Brasil. Hormônios como estradiol (E2) e etinilestradiol (EE2) foram encontrados predominantemente no esgoto sanitário. Citação de um estudo de Ghiselli (2006) relata que as concentrações de hormônios foram muito mais elevadas do que outros estudos internacionais ou a própria média nacional, superiores a EUA, Espanha, Alemanha e Canadá. A maioria dos fármacos listados são compostos facilmente adquiridos pela população, exceto ATB. Isso, aliado ao fato de inexistirem políticas efetivas de recolhimento de fármacos vencidos, contribui para o maior descarte ambiental de tais compostos, aumentando, conseqüentemente, a probabilidade de serem detectados nos recursos hídricos.

Nas águas brasileiras, destacam as observações dos compostos fármacos e desreguladores endócrinos, tais quais, ácido acetilsalicílico (AAS), acetaminofeno (PCT), ácido clofibrico (CFA), Ácido Fenofibrico (FF), Ampicilina (AMX), Amoxicilina (AMP), Amoxicilina (AMP), Bisfenol – A (BPA), Bezafibrato (BZF), Cimetidine (CIM), Cefalexina (CEF), Ciprofloxacina (CIP), Diclofenaco (DCF), Etinilestradiol (EE2), Estriol (E3), Estrona (E1), Ftalato de dietila (DEP), Genfibrozila (GEN), Ibuprofeno (IBU), Levonorgestrel (LNG), Naproxeno (NPX), Norfloxacin (NOR), Prometazina (PTZ), Ranitidina (RAN), Sulfametoxazol (SMX), Tetraciclina (TET), Tricosan (TCS), Trimetoprima (TMP), 17 β -Estradiol (E2), 4-n-octilfenol (OP), 4-n-nonilfenol (NP).

A cidade de Mogi Guaçu situa-se no estado de São Paulo, e entender quais principais compostos foram encontrados em estudos em águas da região do estado de São Paulo são importantes para a avaliação desta pesquisa. Dentre 27 locais avaliados em 2022, 13 apresentaram atividade estrogênica média menor, sendo Rio Pardo, Rio Camanducaia, Rio das Graças, Rio Jundiáí, Rio Tietê, Rio das Araras, Córrego Rico, Rio Mogi-Guaçu, Ribeirão das Onças, Rio Jacaré-Guaçu, Rio Jacaré-Pepira, Rio Jacaré-Pepira, Rio Batalha, Rio São José dos Dourados, e 14 locais tiveram aumento de atividade estrogênica. Em 2021, o Ribeirão dos Meninos (NINO 04900), localizado na divisa dos municípios de São Paulo e São Caetano do Sul, apresentou atividade glicocorticoide detectável em todas as amostragens. Apesar de detectável, a atividade encontra-se abaixo do limite. Somando os achados dos segmentos: arsênio, chumbo, cobre, crômio, níquel, zinco, contaminante orgânicos genotóxicos, fosforo (esgoto doméstico), agrotóxicos, fertilizantes, mercúrio, dioxinas, furanos, HPAs. O DDE, produto da degradação do pesticida DDT, de uso proibido, foi detectado e quantificado com

concentrações superiores nos braços do Ribeirão e do Ribeirão Santa Bárbara, localizados em zona agrícola. HPAs ocorreram em concentrações superiores em 7 localidades. PCBs e Dioxinas & Furanos foram analisados em 24 pontos.

Importante pesquisa foi realizada na região da cidade de Jaboticabal, cidade localizada no interior do Estado de São Paulo, com as águas provenientes do Córrego Rico, que está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. Foram identificadas amostras de cafeína durante período chuvoso e seca. Há uma eficiência de até 70% na remoção de cafeína em ETE, provavelmente por ação da biodegradação. Assim, uma parcela desse composto atinge as águas superficiais. Regiões com saneamento precário têm maior agravamento deste problema. Contudo, há 100% da remoção em relação ao limite de quantificação da ETA. Moraes *et al.* (2022) relataram a presença de ATB em peixes.

De forma sintetizada, pode-se afirmar que nas águas da Região do Estado de São Paulo, foram encontradas as substâncias Cafeína, Paracetamol, estrógeno, arsênio, chumbo, cobre, cromo, níquel, zinco, contaminante orgânicos genotóxicos, fósforo (esgoto doméstico), agrotóxicos, fertilizantes, mercúrio, dioxinas, furanos, HPAs, DDE (produto da degradação do pesticida DDT- uso proibido), diclofenaco, atenolol, carbamazepina, ibuprofeno, naproxeno, triclosan, estradiol, estrona, ibuprofeno, atrazina (agrotóxico), AAS, bisfenol-A, etinilestradiol, genfibrozila, trimetopima, ocitilfenol, propranolol, estriol, dibutilftalato, bezafibrato, fenofaleína (composto industrial), amoxicilina, metoprolol, nadolol, piroxicam, esgoto.

4 CONCLUSÃO

Os contaminantes emergentes e agrotóxicos presentes nas águas são um problema estudado mundialmente, tendo sido mais evidenciados nos últimos anos.

Pesquisadores nos níveis nacionais e internacionais estudam acerca da temática, o que comprova a importância da discussão e da obtenção de uma solução deste problema. No Brasil, atualmente, há em curso diversos pesquisadores explorando a presença dos contaminantes emergentes na água, bem como seus potenciais efeitos nos seres vivos. Em nível municipal, a pesquisa pretende auxiliar na compreensão no cenário ambiental e de saúde pública que podem ser correlacionados a isso.

Para tanto, a realização de ações educativas em saúde conjuntamente a atuação das autoridades públicas possibilita que ocorra a sensibilização da população quanto ao uso adequado de medicações e o descarte devido, de modo a evitar futuros problemas mais graves, especialmente diante do consumo descontrolado de substâncias químicas diversas.

Deste modo, espera-se contribuir para o desenvolvimento de ações educativas voltadas para o manejo adequado dos fármacos e agrotóxicos, auxiliar na adequação de políticas públicas que também possam contribuir para a melhoria das questões ambientais e sanitárias.

REFERÊNCIAS

BERNSTEIN, A. Contaminantes emergentes na água. **Revista Educação Pública**. Rio de Janeiro, v. 22, nº 34, 2022.

BRANCO, Felipe Ohade Lopes *et al.*. Contaminantes emergentes nas bacias hidrográficas brasileiras e seus potenciais efeitos a espécies ameaçadas de extinção. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, 2021.

CARVALHO, Ana Carla Coleone de et al. A ocorrência de cafeína em águas superficiais para abastecimento público. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, p. 845-852, 2022.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2022. Qualidade

das águas interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios. 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agricultura. **Contaminantes emergentes podem ser uma ameaça na água para consumo humano**. Estudos socioeconômicos e ambientais. Brasil, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32796742/>

FARTO, Cindy Deina; et al. Contaminantes de preocupação emergente no Brasil na década 2010-2019 – Parte I: ocorrência em diversos ambientes aquáticos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, 18, e6.

MEDEIROS, U. T. P. Contaminantes emergentes em sistemas de tratamento de esgoto doméstico: impacto da carbamazepina na saúde e no meio ambiente. Orientador: Viviane Souza do Amaral. 2022. 128f.

MORAES, Alessandra Cristina de et al. Ecotoxicological assessment of amoxicillin trihydrate: Stability, solubility, and acute toxicity for *Oreochromis niloticus*, *Lemna minor*, and *Daphnia magna*. **Cleaner Chemical Engineering**, v. 1, 2022.

OLIVEIRA, José Carlos de. *et al.* Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde: o ponto de partida para enfrentamento aos contaminantes emergentes. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 4, p. 30890-30901, 2022.

RAMÍREZ-MALULE, Howard *et al.* Emerging contaminants as global environmental hazards. A bibliometric analysis. **Emerging contaminants**, v. 6, p. 179-193, 2020.

WILKINSON, John L. et al. Pharmaceutical pollution of the world's rivers. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 8, p. e2113947119, 2022.