

I-221 - OCORRÊNCIA DE MICROPOLUENTES EM MANANCIAL DE CAPTAÇÃO RESERVATÓRIO BOLONHA BELÉM/PA

Dayane Dantas da Silva ⁽¹⁾

Engenheira Ambiental. Mestranda em Engenharia Hídrica pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (PPGEC/ITEC/UFPa).

Juliane Ribeiro das Chaves ⁽²⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental. Mestranda em Engenharia Hídrica pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (PPGEC/ITEC/UFPa).

Rafaella Furtado Batista ⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (ITEC/UFPa).

Luiza Carla Girard Mendes Teixeira ⁽⁴⁾

Professora Doutora Associada da Universidade Federal do Pará (UFPa).

Neyson Martins Mendonça ⁽⁵⁾

Professor Doutor Associado da Universidade Federal do Pará (UFPa).

Endereço⁽¹⁾: Passagem São Jorge, 53 - Condor - Belém - PA - CEP: 66025-230 - Brasil - Tel: (91) 98161-8327 - e-mail: danedantas0322@gmail.com

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar a presença de fármacos e desreguladores endócrinos (Ibuprofeno, Cafeína, 4-Nonilfenol, 4-Octilfenol, Bisfenol A, Diclofenaco e Estrona), bem como avaliar parâmetros físico-químicos e biológicos da água coletada na captação da Estação de Tratamento de Água (ETA) Bolonha – Belém – PA, Reservatório Bolonha. As coletas foram feitas no período chuvoso, de janeiro a março de 2018. O Bisfenol A (BPA) foi o que apresentou maior concentração, média de 68,0 mg/L sendo seu uso já limitado em legislações internacionais. O Reservatório Bolonha apresentou também média de 1,8 mg/L para Nitratos, o que influencia na proliferação de organismos vegetais. Desta forma, por meio do estudo realizado foi possível notar a importância de se conhecer a concentração desses micropoluentes na água de captação, assim como ter o conhecimento das características físico-químicas e biológicas.

PALAVRAS-CHAVE: Micropoluentes, Qualidade da Água, Fármacos e Desreguladores Endócrinos.

INTRODUÇÃO

Os micropoluentes são, em grande parte, consequência da evolução tecnológica e do crescimento industrial, com impactos ambientais negativos originados das emissões antropogênicas de contaminantes presentes em concentrações traço ($\mu\text{g/L}$ ou ng/L) (LIMA *et al.*, 2017), pois, mesmo em baixa concentração ambiental, têm o potencial de causar significativos efeitos adversos no ser humano, na vida selvagem e no meio ambiente (KABIR; RAHMAN; RAHMAN, 2015).

A preocupação com a exposição a esses microcontaminantes tem recebido atenção de pesquisadores e, ainda que em menor escala, dos prestadores de serviços de abastecimento de água no mundo (WEE; ARIS, 2017). Portanto, o interesse pelos efeitos destes sobre a saúde pública no que diz respeito aos efeitos das exposições a baixas concentrações a longo prazo está aumentando (VEERASINGAM; ALI, 2013).

Os micropoluentes, que são exógenos e emergentes, compreendem um amplo espectro de produtos químicos, tanto naturais quanto sintéticos. Os naturais incluem estrogênios, andrógenos e fitoestrógenos. Enquanto isso, os sintéticos, principalmente químicos industriais e seus subprodutos, englobam hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, bifenilas policloradas, bifenilos polibromados, dioxinas, furanos, alquilfenóis, produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais e pesticidas (ARIS *et al.*, 2014; KABIR *et al.*, 2015; MAQBOOL *et al.*, 2016; WEE *et al.*, 2017).

Da extensa quantidade de microcontaminantes detectados nos corpos d'água superficiais, destacam-se: os desreguladores endócrinos e os fármacos. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), os desreguladores endócrinos podem ser definidos como: agentes exógenos, que mesmo em concentrações-traço, possuem a capacidade de interferir na síntese, secreção, transporte, ligação, ação ou eliminação de hormônios naturais, responsáveis pela manutenção, reprodução, desenvolvimento e comportamento dos organismos (USEPA, 2010). Podem ser exemplificados por alguns agrotóxicos (inseticidas, herbicidas e fungicidas) e metais-traço (cádmio, mercúrio, chumbo, cromo, entre outros), cujos valores-limite são contemplados na Resolução N° 430 (BRASIL, 2011) e na Portaria de Consolidação N° 5 de 2017 (BRASIL, 2017), apesar dessas legislações não contemplarem os mencionados fármacos e muitos desreguladores endócrinos.

Os fármacos podem ser naturais ou sintéticos. Os produtos farmacêuticos são utilizados principalmente para medicação humana e animal, e são comumente classificados como antiinflamatórios, antialérgicos, antibióticos, antiepilépticos, lipídicosdrogas reguladoras, antipsicóticos, drogas anti-influenza, agentes antiparkinsonianos, agentes de contraste e hormônios para aplicação humana ou veterinária (WEE; ARIS; 2017). Até o momento, o uso indevido de medicamentos terapêuticos está contribuindo para a contaminação ambiental, dado que os fármacos são continuamente excretados ou descartados, e são frequentemente detectados no ambiente, especialmente em águas receptoras, depois de prosseguirem através dos sistemas de esgoto (PHILLIPS *et al.*, 2010).

Grande parte desses micropoluentes não estão incluídos nas legislações brasileiras, e o mesmo ocorre para os padrões de potabilidade internacionais, principalmente devido à ausência de dados toxicológicos conclusivos que permitam o estabelecimento de concentrações máximas permissíveis para tais compostos na água de consumo. Contudo, vale destacar que alguns fármacos e desreguladores endócrinos fazem parte de listas de substâncias prioritárias, listas de observação, ou listas de candidatos a substâncias prioritárias de algumas agências internacionais. A Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) implementou o Programa de Triagem de Disruptor Endócrino (EDSP) para identificação e caracterização da atividade de desregulação endócrina (EUA - EPA, 2016). Consequentemente, várias outras medidas foram tomadas, como por exemplo, os Estados Unidos (EUA) começaram com a Lei de Controle de Substâncias Tóxicas (TSCA), seguida pela integração dos respectivos controles de desreguladores endócrinos na Lei de Proteção de Qualidade de Alimentos (FQPA) e na Lei de Água Potável Segura (SDWA). As Diretrizes Australianas para Água Potável 2011 (ADWG) foram revisadas e atualizadas recentemente, incorporando diretrizes para micropoluentes na água potável, devido à detecção frequente desses compostos em água potável e à alta incidência de doenças associadas (WEE; ARIS; 2017).

Cabe ressaltar que todos os compostos citados apresentam uso extensivo pela população, o que corrobora com o aumento da probabilidade de seu despejo inadequado nos corpos hídricos, sendo encontrados em águas e sedimentos (FROEHNER *et al.*, 2011). Diante disso, a pesquisa tem por objetivo avaliar a presença dos seguintes micropoluentes no Reservatório Bolonha, onde ocorre a captação da Estação de Tratamento de Água (ETA) Bolonha – Belém – PA: fármacos e desreguladores endócrinos: Ibuprofeno, Caféina, 4-Nonilfenol, 4-Octilfenol, Bisfenol A, Diclofenaco e Estrona, bem como apresentar parâmetros físico-químicos e biológicos da água coletada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A seleção de materiais e métodos para o presente trabalho teve início com a caracterização da área de estudo e escolha do ponto de coleta. Com a coleta deu-se início a filtração e extração em fase sólida (SPE) das amostras. Finalmente, foi feita a detecção dos micropoluentes por espectrometria de massas.

PRIMEIRA ETAPA: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E PONTO DE COLETA

O sistema hidrográfico dos mananciais do Utinga, do qual fazem parte os lagos Bolonha e Água Preta, é formado pela bacia hidrográfica do Murutucum (Figura 1), que integra a bacia do rio Guamá. O lago Bolonha está inserido no sistema hidrográfico do Utinga, situado do Parque Estadual do Utinga (PEUT) na Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém (RMB) no Pará e possui uma área de 577.127 m² e

volume d'água de aproximadamente 1.954.000 m³. Localiza-se no Distrito Administrativo do Entroncamento, além de apresentar ligação “natural” com o rio Guamá (ARAÚJO JUNIOR, 2015). De forma alongada, o lago Bolonha apresenta uma capacidade de armazenamento de cerca de 2.000.000 m³ de água. (BELÉM, 2015).

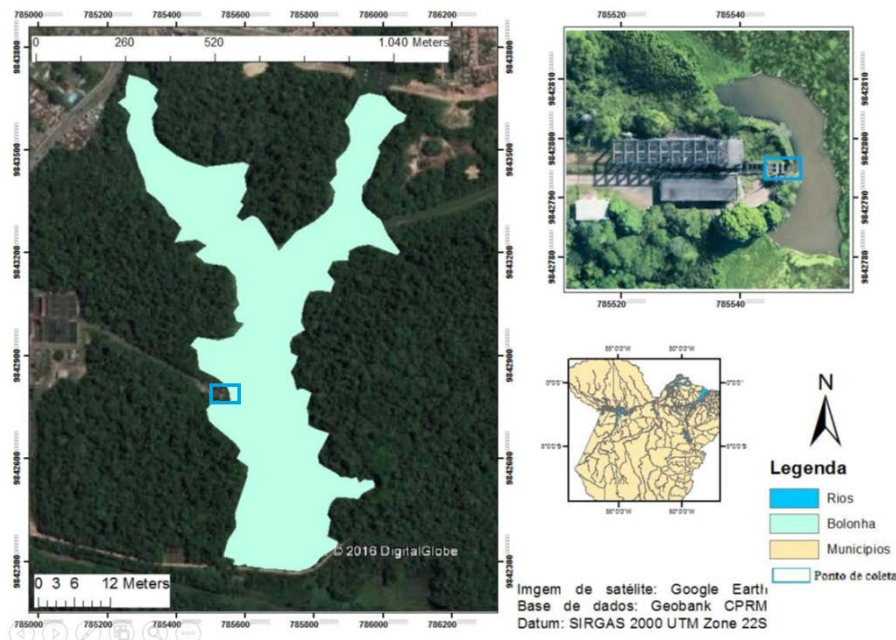


Figura 1: Mapa de Localização Geográfica do Reservatório Bolonha-Belém-PA.

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2018.

O processo de abastecimento de água superficial para a população residente na Região Metropolitana de Belém é realizado por meio dos sistemas de captação, adução, armazenamento de água bruta e elevação. A ETA Bolonha foi projetada com capacidade de 3,2 m³/s e 6,4 m³/s na primeira e segunda fase. Atualmente as duas fases estão em operação, porém a primeira etapa, devido à necessidade de revitalização, produz uma vazão reduzida, resultando em uma vazão total produzida (nas duas etapas) de 4,6 m³/s (BELÉM, 2015).

A estação de tratamento de água do lago Bolonha cobre 60% da zona central de Belém e possui um sistema do tipo convencional com as seguintes etapas: coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. No processo ocorre a adição de um coagulante, policloreto de alumínio. Após a desinfecção a água é transferida para um reservatório apoiado com capacidade para 10.000 m³ e altura útil de 2,05 m, onde fica armazenada a água tratada da ETA Bolonha (BELÉM, 2015) o qual é distribuído para a população.

SEGUNDA ETAPA: COLETA DE DADOS

As coletas foram realizadas na entrada da captação da ETA Bolonha, antes do gradeamento e remoção de sólidos grosseiros, onde é possível observar a predominância de macrófitas aquáticas no lago que se desenvolvem diariamente por causa da grande quantidade de material orgânico que é lançado no reservatório (Figura 2).



Figura 2: Macrófitas Aquáticas e Embarcações na Área de Captação do Lago Bolonha.

Fonte: Araújo Jr, 2015.

Foram realizadas 6 coletas compostas no ponto de captação da água bruta para tratamento na ETA. Estas coletas foram realizadas no período chuvoso de janeiro a março de 2018, com duração em média de 12 horas. Na Figura 1 é possível observar o ponto de coleta.

TERCEIRA ETAPA: MÉTODOS DE ANÁLISE

No Laboratório Multiusuário de Tratabilidade de Águas (LAMAG) foram realizadas as análises dos seguintes parâmetros físico-químicos e biológicos: condutividade, cor aparente, ferro total, fósforo total, nitratos, OD, pH, temperatura e turbidez. Para os microbiológicos foram feitos: Coliformes totais e E-coli.

Para micropoluentes: Ibuprofeno, Cafeína, 4-Nonilfenol, 4-Octilfenol, Bisfenol A, Diclofenaco e Estrona, foi realizado a filtração das amostras e extração em fase sólida (SPE) pelo método de Sanson (2012). Após a filtração e extração, as amostras foram enviadas para o Laboratório de Caracterização Molecular e Espectrometria de Massas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Os métodos utilizados para análise de cada variável estão listados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Método de Análise das Variáveis.

<i>Variável</i>	<i>Unidade</i>	<i>Método</i>
Ibuprofeno	ng/L	Espectrofotometria de massas
Cafeína	ng/L	Espectrofotometria de massas
4-Nonilfenol	ng/L	Espectrofotometria de massas
4-Octilfenol	ng/L	Espectrofotometria de massas
Bisfenol A	ng/L	Espectrofotometria de massas
Diclofenaco	ng/L	Espectrofotometria de massas
Estrona	ng/L	Espectrofotometria de massas
Condutividade	uS/cm	Potenciométrico
Cor Aparente	UC	Colorimétrico
Ferro Total	mg/L	Espectrofotometria
Fosforo total	mg/L	Espectrofotometria
Nitratos	mg/L	Espectrofotometria
OD	mg/L	Potenciométrico
pH	-	Potenciométrico
Temperatura	° C	Potenciométrico
Turbidez	UT	Turbidímetro
Coliformes totais	NMP/100 mL	Substrato Cromogênico-Fluorogênico Definido
E-coli	NMP/100 mL	Substrato Cromogênico-Fluorogênico Definido

Fonte: Autores, 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estatística descritiva e as concentrações determinadas para as variáveis do estudo estão apresentadas na Tabela 2, que demonstra as variáveis, unidades, valores máximos, mínimos, médias, desvios padrões e números de coleta realizadas. A Figura 3 apresenta o gráfico box-plot do comportamento dos micropoluentes determinados.

Tabela 2: Variáveis Determinadas na Captação do Reservatório Bolonha – Belém-Pa.

<i>Variável</i>	<i>Unidade</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Média</i>	<i>D.</i>	<i>N</i>
Ibuprofeno	ng/L	9,1	0,2	1,7	3,6	6,0
Cafeína	ng/L	116,7	0,2	51,2	40,0	6,0
4-Nonilfenol	ng/L	42,9	0,1	7,2	17,5	6,0
4-Octilfenol	ng/L	33,4	2,6	11,4	11,4	6,0
Bisfenol A	ng/L	152,9	0,0	68,0	61,1	6,0
Diclofenaco	ng/L	8,5	0,2	2,1	3,4	6,0
Estrona	ng/L	42,6	0,1	7,2	17,3	6,0
Condutividade	uS/cm	112,0	58,0	85,3	23,3	6,0
Cor aparente	UC	197,0	56,0	103,3	49,4	6,0
Ferro total	mg/L	0,7	0,1	0,4	0,3	6,0
Fósforo total	mg/L	0,3	0,1	0,1	0,1	6,0
Nitratos	mg/L	4,4	0,4	1,8	1,6	6,0
OD	mg/L	4,9	3,3	4,3	0,6	6,0
pH	-	6,3	5,6	5,9	0,3	6,0
Temperatura	° C	28,7	27,7	28,2	0,3	6,0
Turbidez	UT	23,7	7,5	17,0	5,8	6,0
Coliformes totais	NMP/100 mL	2420,0	2420,0	2420,0	0,0	6,0
E-coli	NMP/100 mL	501	146	287	149	6,0

Fonte: Autores, 2019

Como pode ser visualizado na Tabela 2, a condutividade apresentou média de $85,3 \pm 23,3$ uS/cm, que comparada a outras pesquisas realizadas no reservatório Bolonha demonstrou similaridade ao valor do presente estudo, na pesquisa de Silva, Morales & Lima (2014), no período chuvoso, foi encontrada uma condutividade que varia de 56,1 a 84,5 uS/cm, na pesquisa de Sodré (2007) valores que variam de 95 a 131 uS/cm para condutividade. Diante disso, Esteves (2011) atribui esta variação de condutividade elétrica   influência de macronutrientes, como por exemplo, Sódio (Na), Cálcio (Ca) e Potássio (K).

Outros parâmetros físico-químicos investigados foram a cor aparente e a turbidez com m dias, respectivamente, de $103,3 \pm 49,4$ uC e de $17,0 \pm 5,8$ uT. Vasconcelos *et al.* (2011) obtiveram m dias de $81,7 \pm 18,9$ uC e de $9,4 \pm 7,8$ uT, e Sodré (2007) encontrou m dias de $142,5 \pm 5$ uC e $7,5 \pm 2$ uT. Diante das concentrações e dos estudos realizados, Vasconcelos *et al.* (2011) afirmam que a cada ano a cor aparente e a turbidez do reservatório está aumentando, resultado do crescimento populacional em seu entorno, onde as contribuições de esgoto acabam contaminando com facilidade o corpo receptor por estar localizado numa área de declividade acentuada, contribuindo assim para a turvação na água do reservatório (OLIVEIRA, 2018). Neste estudo, também se observou esta realidade, estando o reservatório Bolonha impactado pelas contribuições de esgoto sanitário não tratado das comunidades do entorno.

O fósforo total apresentou média de $0,1 \text{ mg/L} \pm 0,1 \text{ mg/L}$ como pode ser verificado na Tabela 2, em consonância com Silva, Morales & Lima (2014), que registraram valores de 0,004 a $1,2 \pm 0,8 \text{ mg/L}$, e Oliveira (2018) apresentou média de $191 \pm 167 \text{ } \mu\text{g/L}$ em sua pesquisa no período chuvoso, e destacou que a avaliação de fósforo é de extrema importância por ser um indicador de eutrofização artificial dos corpos de água, pois a entrada antropog nica do fósforo no ambiente resulta em um aumento na sua concentração.

A concentração média para nitratos foi de $1,8 \pm 1,6$ mg/L e apresentou um valor maior em comparação a pesquisas realizadas por Sodré (2007) e Vasconcelos *et al.* (2011) que obtiveram valores de nitratos de $0,41 \pm 0,24$ mg/L e $0,13 \pm 0,04$ mg/L, respectivamente no reservatório Bolonha. Este aumento no decorrer dos anos está relacionado aos despejos domésticos e/ou industriais, o que provoca enriquecimento do meio, e a proliferação especialmente das algas (SODRÉ, 2007), o que é acentuado neste reservatório.

A concentração média de oxigênio dissolvido encontrada foi de $4,3 \pm 0,6$ mg/L, esse baixo valor detectado no reservatório Bolonha pode ser relacionado à grande presença de matéria orgânica proveniente da grande contribuição das atividades antrópicas, que existem próximos às margens do reservatório. O estudo realizado por Sodré (2007) e Oliveira (2018) apresentaram médias de $4,66 \pm 0,9$ e $4,1 \pm 1,2$ mg/L respectivamente, que são valores próximos ao dessa pesquisa para oxigênio dissolvido.

O parâmetro ferro total, apresentou média de $0,4 \pm 0,3$ mg/L e segundo a Fundação Nacional de Saúde (2014) as águas de muitas regiões brasileiras, em função das características geoquímicas das bacias de drenagem, apresentam naturalmente teores elevados de ferro. Verifica-se também que na represa do lago Bolonha, de acordo com a COSANPA (2000), há uma concentração mais elevada de ferro, a qual poderia ser explicada pela ressolubilização do ferro, passando da forma férrica a ferrosa em ambiente de concentração muito baixo de oxigênio dissolvido.

O reservatório apresentou pH levemente ácido com média de $5,9 \pm 0,3$, esses valores podem estar associados à presença de lançamento de efluentes domésticos, ricos em matéria orgânica, entretanto outros estudos realizados na captação do Bolonha como o de Vasconcelos *et al.* (2011) verificou a média de pH de $6,42 \pm 0,18$, e Oliveira (2018) detectou média de $6,4 \pm 0,2$ no período chuvoso, esses autores relacionaram o resultado com as características das águas ácidas da região amazônica e com o tipo de solo da bacia de drenagem.

A temperatura do reservatório Bolonha no presente trabalho obteve a média $28,2 \pm 0,3$ °C, em comparação aos valores encontrados por Silva, Morales & Lima (2014) que verificou temperaturas de 28 a $31,3 \pm 1$ °C, e Oliveira (2018) de $30 \pm 1,5$ °C no período chuvoso. Segundo Gonçalves (2015) altas temperaturas em lagos tropicais, aumentam consideravelmente o metabolismo dos organismos, fazendo com que fósforo total e outros nutrientes sejam rapidamente assimilados e incorporados na sua biomassa e favorecendo nestes lagos a eutrofização artificial.

No estudo, foi determinada a concentração de coliformes totais e E. coli, que foi em média, respectivamente, de $2420 \pm 0,0$ NMP/100 mL e de 287 ± 149 NMP/100 mL. Conforme Resolução CONAMA N° 357/2005, permite a concentração máxima de coliformes fecais para diversos usos. Assim, para classe 1 é de 200 UFC/100 ml, na classe 2 é de 1000 UFC/100 ml para a Classe 2, já para classe três é de 4000 UFC/100 ml (BUZELLI e SANTINO, 2013).

Outro objetivo do estudo foi avaliar a ocorrência de micropoluentes na água de captação do Reservatório Bolonha Belém-PA. As concentrações estão apresentadas na Tabela 2, onde foram analisados nas amostras das 6 campanhas as seguintes substâncias: Ibuprofeno, Cafeína, 4-Nonilfenol, 4-Octilfenol, Bisfenol A, Diclofenaco e Estrona.

Diante da ocorrência desses compostos em um manancial usado para captação, Veerasingam e Ali (2013), afirmam que a presença destes em águas naturais tem sido atribuída a remoção incompleta dos contaminantes durante os processos de tratamento de esgotos, escoamento do solo ou descarte indiscriminado de esgoto bruto nos recursos hídricos. O estágio de contaminação dos corpos d'água reflete o uso e ocupação do solo de cada região, logo, está diretamente relacionado com o grau de saneamento básico, bem como a densidade populacional e o tipo de economia dos diferentes estados brasileiros (MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017). Diante disso, no estado do Pará, localizado no Norte, que é a região do país que possui menores investimentos em saneamento básico (SNIS, 2018), isto é resultado do descarte de esgoto bruto diretamente nos rios, e como consequência pode apresentar maior concentração de micropoluentes na água usada para captação. Assim, na Figura 3 tem-se o gráfico box-plot dos micropoluentes e suas concentrações na água de captação do Reservatório Bolonha.

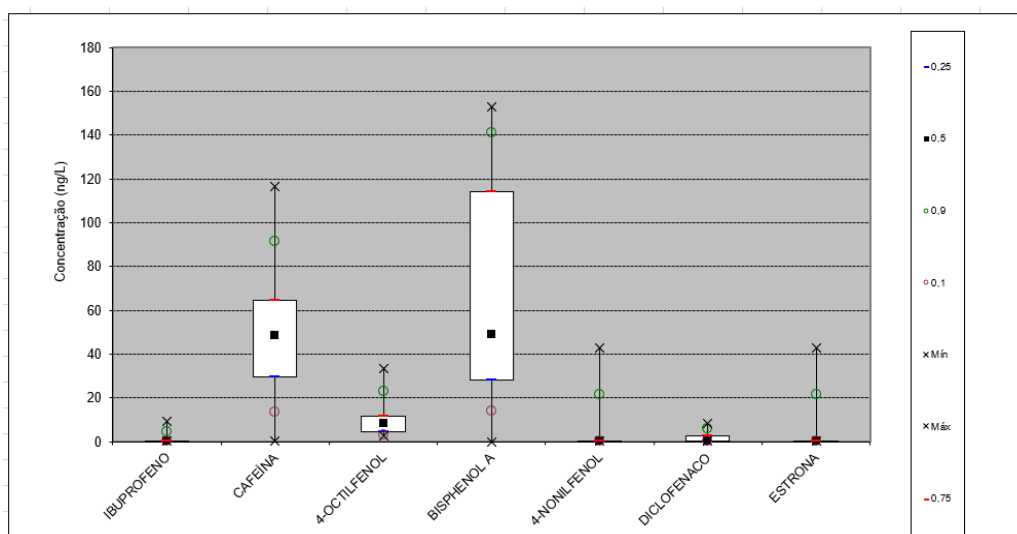


Figura 3: Concentrações de Micropoluentes na Água de Captação.

Fonte: Autores, 2019.

O Ibuprofeno, que pode ser visualizado no gráfico da Figura 3, apresentou concentração média de $1,7 \pm 3,6$ ng/L. Este micropoluentes é um anti-inflamatório amplamente utilizado no alívio temporário da febre e dores de leve a moderada intensidade, como cefaléia, lombalgia, gripes e resfriados comuns, dor de dente, dores musculares e artrite (SOSA; PINEDO; CARRILLO, 2013). Por ter um ampla utilização pela população mundial, tem sido encontrado em ecossistemas aquáticos de vários países. O estudo de Mathias *et al.* (2018) avaliou os efeitos do ibuprofeno em concentrações ambientais (0, 0,1, 1 e 10 $\mu\text{g/L}$) na *Rhamdia quelen*, espécie de água doce. Este constatou que o ibuprofeno causou nefrotoxicidade e efeito imunossupressor na espécie analisada. Desta maneira, é muito importante o estudo da ocorrência de micropoluentes, pois estes podem trazer prejuízos a qualidade da água, aos seres vivos nela presentes e consequentemente à saúde humana.

Nas análises para a cafeína foi encontrado média de $51,2 \pm 40,0$ ng/L. Nota-se que a cafeína possui concentração expressiva se comparada ao Ibuprofeno, resultado do elevado consumo, pois está presente em diversos alimentos consumidos diariamente pela maior parte da população, como por exemplo, café, chocolates, refrigerantes e chás, além de ser um dos medicamentos mais prescritos no mundo, podendo ser encontrado em medicamentos para resfriados, alergias e em analgésicos (CANELA *et al.*, 2014).

Outros componentes avaliados nesta pesquisa foram o 4-nonilfenol e o 4-octilfenol, estes fazem parte de um grupo de compostos fenólicos: os APEs (alquilfenol etoxilados). Seus metabolitos são altamente persistentes através de estações de tratamento de águas residuárias e tratamento de esgotos e, portanto, são dispersos via descarga de efluentes em ambientes aquáticos e via deposição de lodo em terra (WEE; ARIS, 2017). Neste estudo as concentrações em média para o 4-nonilfenol e o 4-octilfenol foram, respectivamente, $7,2 \pm 17,5$ ng/L e $11,4 \pm 11,4$ ng/L. Esta concentração encontrada e sua ocorrência podem ser explicadas pelo fato de serem surfactantes amplamente utilizados em produtos domésticos e industriais. E segundo Wee e Aris (2017), em particular, 4-nonilfenol e 4-octilfenol, metabolitos de etoxilato de nonilfenol (NPE) e etoxilato de octilfenol (OPE), são mais tóxicos que seus compostos de origem e são detectados em todo o mundo em ambientes aquáticos.

Além do 4-nonilfenol e o do 4-octilfenol, o Bisfenol A (BPA) é outro exemplo de composto fenólico pesquisado. Este é utilizado excessivamente em todo o mundo na produção de resina de policarbonato para a fabricação de garrafas, brinquedos, recipientes e tubulações de água (WEE; ARIS, 2017), consequentemente ainda é encontrado em grandes concentrações nos corpos d'água, e isso explica o fato de sua ocorrência ter uma concentração alta em comparação aos outros microcontaminantes pesquisados (Tabela 2), onde o valor médio encontrado no reservatório Bolonha foi de $68,0 \pm 61,1$ ng/L, mas ainda assim a concentração deste é menor que a encontrada na pesquisa de Sodré *et al.*, (2009), que foi de 160 ng/L em água superficial. Dessa forma, a ocorrência deste micropoluentes na água do manancial pode ser justificada pela influência do crescimento populacional em torno do lago Bolonha bem como do esgoto bruto lançado neste. E estudos como

o de Sodré *et al.* (2009) corroboram que as maiores concentrações de BPA na água potável são uma consequência da grande entrada de esgoto bruto nas águas superficiais.

Como citado no parágrafo anterior, no estudo, o BPA foi o micropoluinte que apresentou maior concentração no Reservatório Bolonha, isto pode ser visualizado de forma clara no gráfico da Figura 3. Nesse sentido, estudos que avaliem a ocorrência deste em águas naturais necessitam de maior importância, pois, apesar de ser uma substância perigosa para a saúde, e seu uso já limitado em legislações internacionais na fabricação de mamadeiras, copinhos e embalagens de alimentos (WEE; ARIS; 2017), vemos que ainda há uma falta de controle em relação a sua produção e descarte na água superficial.

Outro anti-inflamatório investigado no reservatório Bolonha foi o Diclofenaco, pertencente ao grupo dos AINEs (anti-inflamatórios não esteroidais), além de ser também um fármaco analgésico e antipirético. Este microcontaminante, no presente estudo, teve concentração média de $2,1 \pm 3,4$ ng/L, sendo essa ocorrência atribuída ao seu amplo uso em todo o mundo (KUMMEROVÁ *et al.*, 2016). Nesse sentido, o Diclofenaco também requer atenção, pois além de ser muito usado pela população, pesquisas mostram que em diferentes concentrações pode causar estresse oxidativo e perturbar processos metabólicos em diferentes grupos de organismos, bem como contribuir para danos no DNA, podendo também causar alterações histopatológicas em diferentes órgãos e acumulação nestes (ŚWIACKA *et al.*, 2019).

Nas amostras analisadas, também foram encontradas concentrações para o hormônio Estrona, com média de $7,2 \pm 17,3$ ng/L. O Estrona é um hormônio natural esteroide, que é comumente usado como medicamento, por exemplo, em formulações de contraceptivos orais combinados. Por isso são frequentemente liberados para o meio ambiente através de efluentes de ETE (Estações de Tratamento de Esgoto), escoamento agrícola, esgoto usado como fertilizante, excreção de seres humanos e de animais (ARIS *et al.*, 2014). Assim, sua ocorrência no Reservatório Bolonha pode ser atribuída ao crescimento populacional e consequentemente despejo de esgoto bruto próximo ao corpo d'água.

Diante o exposto, a Tabela 1 e a Figura 3 confirmam a realidade da presença de fármacos e desreguladores endócrinos no manancial Bolonha, onde este é usado como fonte de água para abastecimento humano na Região Metropolitana de Belém. Dessa forma, necessita-se de mais estudos que delimitem concentrações e comprovem os riscos da exposição da população a esses micropoluentes. Portanto, é importante estudos que analisem a eficiência da estação de tratamento de água na remoção desses compostos e também estudar novas técnicas de tratamento, a fim de promover a saúde da população e remoção desses micropoluentes.

CONCLUSÕES

Com a visita *in loco* verificou-se a situação do reservatório, onde este possui organismos como macrófitas e algas, consequência do crescimento populacional nas proximidades do manancial e despejo inadequado de esgoto in natura. Estes fatores influenciam diretamente na qualidade da água do manancial, o que pode ser percebido pelos vários estudos que foram feitos ao longo dos anos no Lago Bolonha

De acordo com as análises dos parâmetros físico-químicos constatou-se, comparado ao monitoramento de diversos estudos, que a cada ano a cor aparente e a turbidez do reservatório estão aumentando, onde no presente estudo foram obtidas concentrações de $17,0 \pm 5,8$ uT para turbidez e de $103,3 \pm 49,4$ uC para cor aparente.

A média para Nitratos foi de $1,8 \pm 1,6$ mg/L, mostrando que esta concentração, comparada aos estudos anteriores, está crescendo ao longo do tempo, e consequentemente contribuindo para o crescimento de organismos no lago Bolonha. Outras concentrações analisadas foram o oxigênio dissolvido e o pH, com concentrações, respectivamente, de $4,3 \pm 0,6$ mg/L e de $5,9 \pm 0,3$. O oxigênio dissolvido e o pH levemente ácido, comparado a outras pesquisas, mostram que podem estar sendo influenciados pela concentração de nitratos, entretanto, essas concentrações também são característicos das águas e do solo da região amazônica.

Observou-se também que todos os micropoluentes pesquisados apresentaram ocorrência no Reservatório em estudo. O BPA A foi o que apresentou maior concentração média ($68,0 \pm 61,1$ ng/L), seguido pela Cafeína ($51,2 \pm 40,0$ ng/L) e pelo 4-octilfenol ($11,4 \pm 11,4$ ng/L). As menores concentrações foram observadas para o:

Ibuprofeno ($1,7 \pm 3,6$ ng/L), Diclofenaco ($2,1 \pm 3,4$ ng/L), Estrona ($7,2 \pm 17,3$ ng/L) e 4-nonilfenol ($7,2 \pm 17,5$ ng/L). De todos os micropoluentes analisados, os que chamam mais atenção são o BPA e a cafeína, onde suas altas concentrações podem ser atribuídas aos seus amplos usos pela população

Dessa maneira, todos os dados indicam que há contribuições frequentes de esgoto sanitário ao reservatório, demonstrando que apesar do lago Bolonha estar inserido na Unidade de Conservação do Utinga, o crescimento populacional em torno do corpo hídrico tem influenciado no despejo inadequado de esgoto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO JÚNIOR, Antônio Carlos Ribeiro (2015) Indicadores de qualidade ambiental no lago Bolonha, parque estadual do Utinga, Belém-Pará. Boletim Gaúcho de Geografia, v. 42, n.1: 276-299, jan., 2015.
2. ARIS, A. Z.; SHAMSUDDIN, A. S.; PRAVEENA, S. M. Occurrence of 17α -ethynylestradiol (EE2) in the environment and effect on exposed biota: a review. Environment International, v. 69, p. 104–119, 2014.
3. BELÉM. Município de Belém. Lei Nº 9.113 de 15 de maio de 2015 – Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Belém Pará. Belém, 2015.
4. BRASIL, Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005
5. BRASIL. Manual prático de análise de água. Brasília: Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, 2014.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017 - Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, 2017.
7. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução Nº 430 de 13/05/2011 (Federal) - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. 2011.
8. BUZELLI, G. M; SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. Revista Ambiente & Água, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.
9. CANELA, Maria Cristina; JARDIM, Wilson F.; SODRÉ, Fernando Fabriz; GRASSI, Marco Tadeu. Cafeína em águas de abastecimento público no Brasil. Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas – INCTAA. São Carlos : Editora Cubo, 2014.
10. COSANPA, Urbanização e medidas de proteção sanitária da região dos lagos Utinga. Relatório técnico 023, 2000.
11. ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
12. FROEHNER, S.; MACHADO, K.S.; STEFEN, E.; NOLASCO, M. Occurrence of sexual hormones in sediments of mangrove in Brazil. Water, Air, & Soil Pollution, v. 219, n. 1, p. 591-599. 2011.
13. GONÇALVES E.D; SANTOS M.L; SOARES J.A; SOUZA H.N; MOURÃO F.V; CASTRO K.F. Aplicação do Sistema de Informação Geográfica na Microbacia dos Lagos Bolonha e Água Preta (PA). Boletim Técnico Científico do Cepnor Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences v. 15, n. 1, p. 43 - 50, 2015.
14. KABIR, E.R., RAHMAN, M.S., RAHMAN, I.A. review on endocrine disruptors and their possible impact on human health. Environ. Toxicol. Pharmacol. 40 (1), 241 – 258, 2015.
15. KUMEROVÁ, Marie; ZEZULKAA, Štěpán ; BABULAB, Petr; TRÍSKAC, Jan. Possible ecological risk of two pharmaceuticals diclofenac and paracetamol demonstrated on a model plant Lemna minor. Journal of Hazardous Materials. Volume 302, p. 351-361. 2016.
16. LIMA, D. R. S.; TONUCCI, M. C.; LIBÂNIO, M.; AQUINO, S. F. Fármacos e desreguladores endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção. Eng. Sanit. Ambient., 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017165207>.
17. MAQBOOL, F., MOSTAFALOU, S., BAHADAR, H., ABDOLLAHI, M. Review of endocrine disorders associated with environmental toxicants and possible involved mechanisms. Life Sci. 145, 265–273, 2016.
18. MATHIAS, Francielle Tatiana *et al.* Effects of low concentrations of ibuprofen on freshwater fish Rhamdia quelen. Environmental Toxicology and Pharmacology. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.03.008>.

19. MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. *Quim. Nova*, 40, 9, 1094-1110. 2017.
20. OLIVEIRA, Izabelle Ferreira de. Investigação da condição trófica do reservatório de abastecimento de água Bolonha. Belém. 2018. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Pará. Pará, 2018.
21. PHILLIPS, P.J., SMITH, S.G., KOLPIN, D.W., ZAUGG, S.D., BUXTON, H.T., FURLONG, E.T., ESPOSITO, K., STINSON, B. Pharmaceutical formulation facilities as sources of opioids and other pharmaceuticals to wastewater treatment plant effluents. *Environ. Sci. Technol.* 44 (13), 4910–4916, 2010.
22. SANSON, A. L. Estudo da Extração e Desenvolvimento de Metodologia para Determinação Simultânea de Microcontaminantes Orgânicos em Água Superficial por GC-MS e Métodos Quimiométricos. Ouro Preto. 2012. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Ouro Preto. Minas Gerais, 2012.
23. SILVA, Letícia Magalhães da; MORALES, Gundisalvo Piratoba; LIMA. Avaliação da qualidade das águas superficiais dos mananciais do Utinga e dos rios Guamá e Aurá, Belém, Pará. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p.3161 – 3179, 2014.
24. SODRÉ, S. do S. V. Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta, mananciais de Belém-Pará. Belém, 2007. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais– Universidade Federal do Pará. Pará, 2007.
25. SOSA, E. Vaquero; PINEDO, A. Bodas; CARRILLO, C. Maluenda. Gastropatía hemorrágica tras dosis bajas de ibuprofeno. *Anais de pediatria*. Volume 78, Edição 1, páginas 51-53. 2013.
26. ŚWIACKA, Klaudia; SZANIAWSKA, Anna; CABAN, Magda. Evaluation of bioconcentration and metabolism of diclofenac in mussels *Mytilus trossulus* - laboratory study. *Marine Pollution Bulletin*. Volume 141, p. 249-255. 2019.
27. US EPA, 2016. Endocrine Disruptor Screening Program (EDSP) Overview. United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/endocrine-disruption/endocrine-disruptor-screening-program-edsp-overview>.
28. USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. (2010) Endocrine Disruptor Screening Program: second list of chemicals for tier 1 screening. Disponível em: <<https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPPT-2009-0477-0074>>. Acesso em: 12 set. 2018.
29. VASCONCELOS, V. M; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 6, n. 2, p. 305 -324, 2011.
30. VEERASINGAM, S.A., ALI, M.M. Assessment of endocrine disruptors – DDTs and DEHP (plasticizer) in source water: a case study from Selangor, Malaysia. *J. Water Health* 11 (2), 311–323, 2013.
31. WEE, SZE YEE; ARIS, AHMAD ZAHARIN. Endocrine disrupting compounds in drinking water supply system and human health risk implication. *Environment International*, (s.l.), v. 106, p.207-233, 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2017.05.004>.