

## Presença de contaminantes em águas de abastecimento da cidade de Itu, Estado de São Paulo (SP)

Presence of contaminants in supply water in the city of Itu, State of São Paulo (SP)

Presencia de contaminantes en suministro de agua de la ciudad de Itu, Estado de São Paulo (SP)

Recebido: 15/03/2024 | Revisado: 25/03/2024 | Aceitado: 26/03/2024 | Publicado: 29/03/2024

**Andrea Varone Carreri**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2029-4259>  
Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio, Brasil  
E-mail: [andrea.carreri@ceunsp.edu.br](mailto:andrea.carreri@ceunsp.edu.br)

**Flávia de Sousa Gehrke**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2230-8853>  
Centro Universitário Faculdade de Medicina do ABC, Brasil  
E-mail: [flaviagehrke@hotmail.com](mailto:flaviagehrke@hotmail.com)

### Resumo

**Introdução:** Contaminantes endócrinos (CE) afetam o sistema endócrino de diversos organismos vivos. Dentre as substâncias classificadas como CE, destaca-se o bisfenol-A (BPA) e 17 $\beta$ -estradiol(E2). Esses compostos podem estar presentes em águas de abastecimento de muitas cidades e centros urbanos. **Objetivo:** Identificar a presença de contaminantes endócrinos nas águas de abastecimento da cidade de Itu, Estado de São Paulo (SP), utilizando *Artemia salina* como bioindicador. **Metodologia:** Testes para detecção de CE foram realizados em águas de abastecimento da cidade de Itu/SP, análises das características físico-químicas e testes de citotoxicidade com *A. salina*. **Resultados:** Foi constatada citotoxicidade nas águas avaliadas a partir de 10%, indicando uma substância altamente tóxica. Não foi detectado estradiol e bisfenol-A nas amostras durante as estações do verão e inverno de 2021. **Conclusão:** Destaca-se a importância da existência de parâmetros para a qualidade da água para os CE na legislação brasileira vigente, quanto à qualidade da água, ou seja, é necessário reavaliar e estabelecer padrões novos de potabilidade para consumo, levando-se em conta que estas substâncias (CE) são nocivas à saúde mesmo em concentrações muito pequenas.

**Palavras-chave:** Toxicidade; Citotoxicidade; *Artemia salina*; Contaminantes endócrinos; Água.

### Abstract

**Introduction:** Endocrine contaminants (EC) affect the endocrine system of several living organisms. Among the substances classified as CE, bisphenol-A (BPA) and 17 $\beta$ -estradiol (E2) stand out. These compounds may be present in the water supply of many cities and urban centers. **Objective:** To identify the presence of endocrine contaminants in the water supply of the city of Itu, State of São Paulo (SP), using *Artemia salina* as a bioindicator. **Methodology:** Tests for EC detection were carried out in water supply from the city of Itu/SP, analysis of physicochemical characteristics and cytotoxicity tests with *A. salina*. **Results:** Cytotoxicity was found in the waters evaluated from 10%, indicating a highly toxic substance. No estradiol and bisphenol-A were detected in the samples during the summer and winter seasons of 2021. **Conclusion:** The importance of the existence of parameters for water quality for EC in current Brazilian legislation is highlighted, regarding water quality, In other words, it is necessary to reevaluate and establish new potability standards for consumption, taking into account that these substances (EC) are harmful to health even in very small concentrations.

**Keywords:** Toxicity; Cytotoxicity; Saline brine; Endocrine contaminants; Water.

### Resumen

**Introducción:** Los contaminantes endocrinos (CE) afectan el sistema endocrino de varios organismos vivos. Entre las sustancias clasificadas como CE destacan el bisfenol-A (BPA) y el 17 $\beta$ -estradiol (E2). Estos compuestos pueden estar presentes en el suministro de agua de muchas ciudades y centros urbanos. **Objetivo:** Identificar la presencia de contaminantes endocrinos en el suministro de agua de la ciudad de Itu, Estado de São Paulo (SP), utilizando la *Artemia salina* como bioindicador. **Metodología:** Se realizaron pruebas de detección de CE en abastecimiento de agua de la ciudad de Itu/SP, análisis de características físicoquímicas y pruebas de citotoxicidad con *A. salina*. **Resultados:** Se encontró citotoxicidad en las aguas evaluadas a partir del 10%, indicando una sustancia altamente tóxica. No se detectaron estradiol ni bisfenol-A en las muestras durante las temporadas de verano e invierno de 2021. **Conclusión:** Se destaca la importancia de la existencia de parámetros de calidad del agua para AE en la legislación brasileña vigente, en lo que respecta a la calidad del agua, es decir, Es necesario reevaluar y establecer nuevos estándares de

potabilidade para el consumo, teniendo en cuenta que estas sustancias (CE) son nocivas para la salud incluso en concentraciones muy pequeñas.

**Palabras clave:** Toxicidad; Citotoxicidad; Artemia; Contaminantes endócrinos; Agua.

## 1. Introdução

Os hormônios apresentam importantes funções, tais como, crescimento celular, controle da pressão arterial, concentração de substâncias no sangue, equilíbrio osmótico, variações barométricas, dentre outros mecanismos de controle orgânico (Veronez & Vieira, 2012). Quimicamente, os hormônios mais comuns são proteicos ou peptídicos, todavia, há hormônios esteroides derivados do colesterol e hormônios que são derivados do aminoácido tirosina (Ghiselli & Jardim, 2017; Molina, 2014).

As alterações endócrinas ocorrem por meio da diminuição da síntese hormonal de uma glândula ou resistência dos receptores nos tecidos alvo. Essas modificações proporcionam disfunções orgânicas que levam a sobrecargas teciduais e sistêmicas. Os fatores que podem promover essas condições são variados, mas o consumo de alimentos contaminados por reagentes químicos ou hormônios sintéticos figuram entre os mais proeminentes (D'ottaviano, 2003; Dellazarri et al, 2010).

Estas substâncias também são chamadas de interferentes endócrinos, desreguladores endócrinos ou ainda contaminantes emergentes e são capazes de causar danos ao indivíduo (bem como aos seus descendentes, por meio de contaminações verticais) por impactar nas funções das glândulas endócrinas (Fontenele, 2010). São considerados um problema global e têm grande capacidade de interferir nas reações químicas hormonais do organismo, no metabolismo e no desenvolvimento corporal – mesmo em doses muito baixas (Gore, 2003; Lintelmann et al, 2003).

O 17 $\beta$ -estradiol (E2) é um hormônio esteróide potente e amplamente estudado, que pode agir sobre os receptores de estrogênio em diversos tecidos do corpo e cérebro. O Bisfenol-A (BPA) é matéria prima para produção de plásticos (polímeros sintéticos), policarbonato e vernizes epóxi por apresentar alta transparência, além de resistência térmica e mecânica. No entanto há preocupação sobre sua toxicidade, uma vez que é uma substância pouco solúvel em água e pode migrar dos produtos para os alimentos (Bolong, 2009; Beserra, 2012). Apesar de possuir baixa semelhança estrutural com o E2, também exerce atividade estrogênica, devido a afinidade dos receptores em alguns tecidos alvos (Goloubkova & Spritzer, 2000).

Os CEs podem prejudicar o funcionamento do sistema endócrino mesmo em quantidade baixas, através da diminuição ou aumento da atividade e resposta hormonal. Também interferem em vias metabólicas capazes de causar efeitos indesejáveis, como problemas no sistema reprodutivo, feminização, síndromes hormonais e câncer (Reis, 2006).

Recentemente, foi reconhecida a presença de poluentes emergentes ou micropoluentes, novos produtos químicos ou substâncias que podem afetar significativamente a qualidade da água (Bilal et al, 2019; Xue et al, 2021). A investigação da composição desses micropoluentes e a sua remoção durante o tratamento de água residuais é escassa, assim como o monitoramento torna-se complexo devido à falta de regulamentação específica (Rasheed et al, 2019). As tecnologias de tratamento convencionais são comprovadamente ineficazes para a eliminação e remoção completa destes contaminantes (Bilal, 2019; Rasheed, 2019).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo identificar a presença de contaminantes endócrinos nas águas de abastecimento da cidade de Itu/SP utilizando *Artemia salina* como bioindicador.

## 2. Metodologia

O Desenvolvimento do trabalho experimental, envolveu várias etapas: amostragem em campo, divididas em duas estações do ano, análises físico químicas e análises de citotoxicidade em laboratório. O estudo baseou-se na metodologia científica descrita por um estudo de caso (Pereira et al, 2018). Nesse sentido, foram selecionados três pontos (P1, P2, P3) de

coleta de água bruta, considerando localizações diversas de abastecimento e as possibilidades de acesso. (P1) água de abastecimento urbano, região central do perímetro urbano. Coordenadas SGL: Latitude 23°15'37.56"S, Longitude 47°18'8.43"O. (P2) Manancial, barragem em córrego sem denominação oficial. Coordenadas SGL: Latitude 23°18'27.16"S, Longitude 47°16'9.60"O. (P3) Córrego Guaraú, Bacia Hidrográfica não especificada pela prefeitura, região de perímetro urbano. A água corrente no local de coleta passou por grande parte da região central de Itu. Coordenadas SGL: Latitude 23°14'36.44"S, Longitude 47°18'46.54"O.

O plano amostral foi realizado em duas coletas em sazonalidades distintas: verão (mês de março) e inverno (mês de agosto). Cada amostra foi coletada no volume de 10 litros, utilizando galões de plásticos esterilizados e fixados em uma corda. Os galões foram arremessados nos pontos de coleta, submersos na água em torno de 1 metro e em seguida foram acondicionados em isopor. Posteriormente, as amostras foram transferidas para recipientes de vidro higienizados com lavagem ácida (HCl 10% e água destilada) e transportados aos laboratórios para as análises.

## 2.1 Análises físico-químicas

Para identificação do pH foram utilizadas fitas indicadoras de pH Mquant® (Merck, Darmstadt, Alemanha). A leitura ocorreu através do contato direto da fita com uma alíquota da água transferida para um béquer. Após 60 segundos, a cor da fita foi comparada com a escala fornecida pelo fabricante. O teste foi realizado em triplicata.

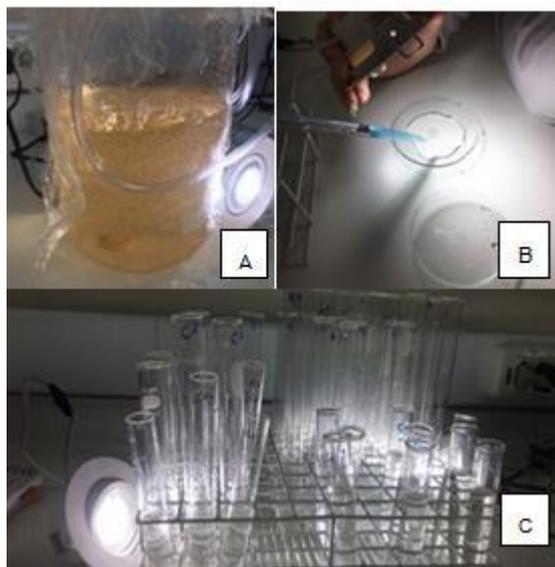
O método utilizado para a detecção de nitrogênio foi por quimioluminescência do *Total OrganicCarbonAnalyzer* TOC-L Series equipado com a unidade TN-TNM-1 (Shimadzu Corporation, Tóquio, Japão). A análise foi realizada na Universidade Federal do ABC (UFABC), no Centro de Engenharia Modelagem e Ciências Sociais Aplicada – CECS. A faixa de trabalho do equipamento para identificar a concentração de nitrogênio total (NT) é de 0 a 10.000 mg/L. O Carbono foi pelo método de oxidação catalítica de combustão a 680°C com equipamento *Total OrganicCarbonAnalyzer* TOC-L Series (Shimadzu Corporation, Tóquio, Japão). As condições do aquecimento das amostras foram: um ambiente rico em oxigênio dentro de tubos de combustão preenchidos com um catalisador de platina. Um analisador de gás infravermelho foi responsável pela detecção do dióxido de carbono produzido pela oxidação. Foram registradas as concentrações de carbono total (CT), carbono inorgânico (CI) e carbono orgânico total (COT).

A Temperatura foi medida imediatamente após a realização da coleta de cada amostra, foi registrada a temperatura da água utilizando termômetro de mercúrio modelo ICT5076 (Incoterm, Porto Alegre, Brasil).

## 2.2 Análise de citotoxicidade

O teste consiste no método desenvolvido por Meyer (1982) adaptado Hamilton (1977). Os ovos da *Artemia salina* (*A. salina*) foram acondicionados em solução salina 3,5% (m/v) com pH entre 8,0-9,0. Os mesmos ficaram nessa solução por 48 horas com aeração constante e temperatura controlada de 25°C. Após 48 horas dez larvas de *A. salina* foram transferidas para tubos de ensaio contendo solução salina e amostra de água a ser testada nas concentrações 10, 25, 40, 50, 75 e 90%. O teste foi realizado em triplicata, acompanhado de controle negativo (água salina) e positivo (solução 0,33M de dicromato de potássio) de acordo com a Figura 1 - A, B e C.

**Figura 1** - Ensaio com *A. salina*. Legenda: A: Eclosão dos ovos de *A. salina*; B: separação e contagem dos indivíduos, C: tubos de ensaio contendo 10 larvas e diferentes concentrações de amostra.



Fonte: Autoria Própria (2021).

A contabilização dos microcrustáceos mortos foi realizada após 24h, sendo que o óbito é constatado pela ausência de movimento e/ou sedimentação do mesmo, uma vez que trata-se de um organismo ativo em água salina (Hamilton, 1977). Após a contagem, foi possível estimar os valores de  $DL_{50}$ , medida para expressar o grau de toxicidade aguda de um produto pois indica a concentração de uma substância tóxica necessária para matar 50% dos indivíduos. Expressa-se em miligramas por quilograma (mg/kg) de peso do corpo do animal intoxicado. Quanto mais baixo for o  $DL_{50}$  de uma substância, mais perigosa se torna, pois uma concentração muito menor da substância em questão é capaz de provocar a morte (Hamilton, 1977).

### 2.3 Análise dos contaminantes endócrinos

Para a análise do estradiol e bisfenol-A (BPA) utilizou-se o equipamento *GasChromatography Mass Spectrometry*CG/MS 7890-A (Agilent, Santa Clara, CA, EUA). O método consiste na tecnologia de cromatógrafo a gás/espectrômetro de massa e é usada para determinar a concentração de compostos orgânicos semivoláteis compostos em soluções preparadas a partir das amostras coletadas.

## 3. Resultados e Discussões

### 3.1 Análise físico-química

Os valores de pH e temperatura aferidos em todas as amostras estão apresentados no Quadro 1. Ponto 1 (P1)– água tratada pela ETA, Ponto 2 (P2)– água manancial não tratada – Manancial Braiaiaí, Ponto 3 (P3)– água efluente não tratada – Córrego Guaraú.

**Quadro 1** - Valores de pH e temperatura nas estações verão e inverno.

Estação	Amostra	pH	Temperatura (°C)
Verão	Ponto 1	7,5	25
	Ponto 2	7,5	25
	Ponto 3	7,5	26
Inverno	Ponto 1	7,5	24
	Ponto 2	7,5	24
	Ponto 3	7,5	24

Fonte: Autorial própria.

Águas naturais frequentemente têm pH entre 4 e 9, sendo que a maioria é ligeiramente básica devido à presença de bicarbonatos e carbonatos dos metais alcalinos e alcalinos terrosos (Eaton, 1995). Este dado converge com este estudo: pH 7,5 em todas as amostras, estando dentro dos parâmetros legais. A temperatura de todas as amostras no ato da coleta estava entre 24 e 25°C, dentro dos parâmetros previstos.

As análises de carbono e nitrogênio descritos o Quadro 2. Ponto 1 (P1) – água tratada pela ETA, Ponto 2 (P2) – água manancial não tratada – Manancial Braiaiaí, Ponto 3 (P3) – água efluente não tratada – Córrego Guaraú, COT: carbono orgânico total (CT-CI), CT: carbono total, CI: carbono inorgânico, NT: nitrogênio total.

**Quadro 2** - Concentrações de carbono e nitrogênio em mg/L.

Amostra	COT	CT	CI	NT
Branco 1	0,387	0,7634	0,3765	0
Branco 2	0,08699	0,9683	0,8813	0,02844
Ponto 1 – verão	3,309	7,298	3,989	0,9604
Ponto 2 – verão	6,626	10,35	3,723	0,8428
Ponto 3 – verão	5,624	22,21	16,59	5,185
Ponto 1 – inverno	2,971	8,379	5,408	1,082
Ponto 2 – inverno	5,175	9,548	4,374	0,3984
Ponto 3 – inverno	4,136	12,31	8,171	3,086

Fonte: Autorial Própria.

O carbono orgânico (CO) em água decorre de uma variedade de compostos orgânicos em diferentes estados de oxidação de processos biológicos ou químicos. O carbono orgânico total (COT) é um parâmetro robusto para quantificar o CO, pois independe do estado de oxidação da matéria orgânica e não mede outros elementos relacionados à cadeia dos compostos orgânicos (como nitrogênio e hidrogênio). A presença aumentada de CO favorece o crescimento de micro-organismos e a formação de compostos halogenados que podem oferecer riscos à saúde e dificultar o processo de tratamento (Brasil, 2005). O COT é um indicador útil do grau de poluição do corpo hídrico. Portanto a remoção de COT tem relação indireta com a remoção de possíveis microcontaminantes orgânicos, inclusive em águas residuárias domésticas e industriais tratadas ou “in natura”, tais como: substâncias húmicas, agrotóxicos, hormônios, fármacos, microalgas e cianobactérias, cianotoxinas, vírus, bactérias, protozoários, subprodutos orgânicos halogenados. O padrão de potabilidade não estabelece um limite para este parâmetro (Brasil, 2005; Brasil, 2011). Tampouco, no Brasil não há valores máximos previsto para COT em água doce, apenas para Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Este estudo constatou as menores concentrações de COT nas amostras coletadas no Ponto 1: 3,309 mg/L no verão e 2.971 no inverno). Uma vez que estas são águas tratadas pela ETE, apresentaram dados próximos ao valor de 3,0 mg/L, embora no verão o valor foi ligeiramente elevado. As amostras dos Pontos 2 (água não tratada do manancial Braiaiaí) e 3 (água não tratada do córrego Guaraú) apresentaram concentrações entre 4,136 e 6,626 mg/L, sendo

maiores os valores do Ponto 2. Constatamos também o aumento das concentrações de COT nas coletas do verão. Diversos fatores podem influenciar neste ponto. É conhecida esta relação, pois o verão apresenta maiores índices pluviométricos, sendo que as chuvas acessam e carregam depósitos que se acumulam durante a estiagem para o sistema hídrico da região. Além disso, temperaturas elevadas, aliadas ao desmatamento e à contaminação de resíduos urbanos favorecem o aumento da biodisponibilidade do carbono orgânico disponível nas águas, assim como já foi relatado no Rio Madeira em Rondônia e Rio do Peixe em Santa Catarina (Rempel, 2017; Brasil, 2006).

Quanto às fontes de nitrogênio nas águas naturais, estas são diversas. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes. O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Pode-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecerem o nitrito e o nitrato, denota que as descargas de esgotos se encontram distantes (CETESB, 2009).

Considerando que a legislação prevê que o nitrogênio total após oxidação não deverá ultrapassar 1,27 mg/L em água doce (Brasil, 2005), é possível constatar que somente a amostra do Ponto 3 (água não tratada do córrego Guaraú) extravasa a concentração máxima. Além disto, novamente observamos que no verão a concentração é ainda maior, potencializada pelas condições climáticas.

### 3.2 Avaliação da citotoxicidade

Os ensaios com *A. salina* foram realizados em 16/03/2021 para as amostras coletadas no verão, sendo que a contagem dos indivíduos foi realizada em 17/03/2021. Já as amostras coletadas no inverno foram testadas em 06/08/2021, sendo que a contagem das artemias foi realizada em 07/08/2021. Todas as análises foram realizadas em triplicata conforme descrito no método - Quadros 3 a 8.

**Quadro 3** - Quantidade de indivíduos mortos (*A. salina*) em diferentes concentrações de água do Ponto 1 – Água tratada pela ETA no verão. E1: ensaio 1; E2: ensaio 2; E3: ensaio 3.

Concentração (%)	Quantidade de indivíduos mortos –P1				
	E1	E2	E3	Média (%)	Desvio padrão
Grupo controle	0	0	0	0	0
10	9	10	10	9,66	0,57
25	8	10	10	9,33	1,15
40	10	10	8	9,33	1,15
50	10	7	10	9,00	1,73
75	8	10	10	9,33	1,15
90	9	9	8	8,67	0,57

Fonte: Autoria própria.

**Quadro 4** - Quantidade de indivíduos mortos (*A. salina*) em diferentes concentrações de água do Ponto 2 – Água não tratada no verão. E1: ensaio 1; E2: ensaio 2; E3: ensaio 3.

Concentração (%)	Quantidade de indivíduos mortos –P2				
	E1	E2	E3	Média (%)	Desvio padrão
Grupo controle	0	0	0	0	0
10	7	9	9	8,33	1,15
25	10	7	10	9,00	1,73
40	10	10	10	10,00	0
50	10	10	10	10,00	0
75	10	8	10	9,33	1,15
90	8	10	10	9,33	1,15

Fonte: Autoria própria.

**Quadro 5** - Quantidade de indivíduos mortos (*A. salina*) em diferentes concentrações de água do Ponto 3 – Água não tratada do Córrego Guaraú no verão. E1: ensaio 1; E2: ensaio 2; E3: ensaio 3.

Concentração (%)	Quantidade de indivíduos mortos –P1				
	E1	Duplicata	Triplicata	Média (%)	Desvio padrão
Grupo controle	0	0	0	0	0
10	9	4	1	4,66	4,04
25	10	7	2	6,33	4,04
40	10	10	5	8,33	2,88
50	4	0	8	4	4
75	6	5	10	7	2,64
90	6	6	10	7,33	2,30

Fonte: Autoria própria.

**Quadro 6** - Quantidade de indivíduos mortos (*A. salina*) em diferentes concentrações de água do Ponto 1 – Água tratada pela ETA no inverno. Legenda: E1: ensaio 1; E2: ensaio 2; E3: ensaio 3.

Concentração (%)	Quantidade de indivíduos mortos –P1				
	E1	Duplicata	Triplicata	Média (%)	Desvio padrão
Grupo controle	0	0	0	0	0
10	5	9	9	7,66	2,30
25	0	0	9	3,00	5,19
40	0	0	7	2,33	4,04
50	9	8	9	8,66	0,57
75	10	10	10	10,00	0
90	10	10	10	10,00	0

Fonte: Autoria própria.

**Quadro 7** - Quantidade de indivíduos mortos (*A. salina*) em diferentes concentrações de água do Ponto 2 – Água não tratada do Manancial Braiaia no inverno. Legenda: E1: ensaio 1; E2: ensaio 2; E3: ensaio 3.

Concentração (%)	Quantidade de indivíduos mortos –P2				
	E1	E2	E3	Média (%)	Desvio padrão
Grupo controle	0	0	0	0	0
10	5	9	9	7,66	2,30
25	8	10	10	9,33	1,15
40	8	5	10	7,66	2,51
50	10	7	9	8,66	1,52
75	6	9	5	6,66	2,08
90	10	10	10	10,00	0

Fonte: Autoria própria.

**Quadro 8** - Quantidade de indivíduos mortos (*A. salina*) em diferentes concentrações de água do Ponto 3 – Água não tratada do Córrego Guaraú no inverno. E1: ensaio 1; E2: ensaio 2; E3: ensaio 3.

Concentração (%)	Quantidade de indivíduos mortos –P3				
	E1	E2	E3	Média (%)	Desvio padrão
Grupo controle	0	0	0	0	0
10	10	10	1	7,00	5,19
25	6	9	8	7,66	1,52
40	7	10	8	8,33	1,52
50	8	10	10	9,33	1,15
75	10	10	9	9,67	0,58
90	10	10	10	10,00	0

Fonte: Autoria própria.

### 3.3 Contaminantes endócrinos (CE)

Concentração de estradiol e bisfenol-A ( $\mu\text{g/L}$ ), coletados no verão - Quadro 9 e Concentração de estradiol e bisfenol-A ( $\mu\text{g/L}$ ), coletados no inverno – Quadro 10.

**Quadro 9** - Concentração de estradiol e bisfenol-A ( $\mu\text{g/L}$ ), coletados no verão. LQ: limite de quantificação do método, a menor concentração do composto/substância que pode ser determinada com um nível aceitável de exatidão e precisão.

Amostra	Parâmetro	LQ/faixa	Resultados
P1	bisfenol-A	1	< 1
P1	estradiol	5	< 5
P2	bisfenol-A	1	< 1
P2	estradiol	5	< 5
P3	bisfenol-A	1	< 1
P3	estradiol	5	< 5

Fonte: Autoria própria.

**Quadro 10** - Concentração de estradiol e bisfenol-A ( $\mu\text{g/L}$ ), coletados no inverno. LQ: limite de quantificação do método, a menor concentração do composto/substância que pode ser determinada com um nível aceitável de exatidão e precisão.

Amostra	Parâmetro	LQ/faixa	Resultados
P1	bisfenol-A	1	< 1
P1	estradiol	5	< 5
P2	bisfenol-A	1	< 1
P2	estradiol	5	< 5
P3	bisfenol-A	1	< 1
P3	estradiol	5	< 5

Fonte: Autoria própria.

Quanto aos contaminantes endócrinos (CE) pesquisados, estradiol e bisfenol-A, não foram detectados em nenhuma das amostras pesquisadas em ambas as estações. Uma vez que essas substâncias têm grande capacidade de interferir nas reações químicas hormonais do organismo, no metabolismo e no desenvolvimento corporal mesmo em baixas concentrações, é benéfica a constatação da ausência nas amostras pesquisadas (Gore, 2003; Lintemann, 2003). Outro estudo avaliou quatro bioensaios com foco em contaminantes estrogênicos e obteve responsividade diferente provavelmente devido às diferenças biológicas entre os organismos. Os ensaios com artemias constataram citotoxicidade em todas as amostras a partir de 10%, tanto no verão quanto no inverno, o que pode ser muito perigoso para os usuários destas águas. Meyer et al. em 1982, associou a letalidade de 50% ( $DL_{50}$ ) de população de *A. salina* em concentrações inferiores a 1000  $\mu\text{g/mL}$  à toxicidade de sistemas biológicos (Jaramelo, 2016; Cook, 2011). Essa relação hoje é aceita pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (Stanfield, 2013). Outra associação importante foi feita por McLaughlin et al. (1991), a qual correlacionou a concentração em que ocorrem as  $CL_{50}$  ao grau de toxicidade:  $CL_{50}$  de 500-1000  $\mu\text{g}$  são levemente tóxicos, substâncias com  $CL_{50}$  de 100-500  $\mu\text{g}$  são moderadamente tóxicas e com  $CL_{50}$  inferiores a 100  $\mu\text{g}$  são altamente tóxicas (McLaughlin, 1991; Hossaim, 2014), portanto a substância que está causando letalidade nas *A. salina* é altamente tóxica. Este microcrustáceo também foi utilizada em outros estudos como bioindicador de citotoxicidade: por exemplo para testar pesticidas neuroativos mediante a exposição dos seus cistos forma semelhante à contaminação do ambiente, onde foram observadas alterações na velocidade de eclosão, viabilidade e atividade da colinesterase (Gambardella, 2018). Também foi constatada a toxicidade do ácido acetil salicílico (AAS) e da cafeína em estudos com artemias ( $DL_{50}$  de 333,8e 565  $\mu\text{g/mL}$  para AAS e cafeína respectivamente) (Oliveira, 2020; Silva, 2019).

#### 4. Conclusão

Foi constatada citotoxicidade nas águas avaliadas a partir de 10%, indicando uma substância altamente tóxica. Não foi detectado os contaminantes endócrinos (CE) pesquisados: estradiol e bisfenol-A nas amostras durante as estações do verão e inverno de 2021, o que é um bom resultado para os consumidores destas águas. Para um melhor entendimento de qual(is) substância(s) está(ão) causando citotoxicidade mais estudos são necessários, inclusive para avaliar o risco para seres humanos e outros seres vivos. Quanto ao estradiol e bisfenol-A, o incremento de novas técnicas e/ou ainda mais coletas podem ser úteis para certificar a ausência destes nas águas de Itu/SP. É importante destacar que não existem parâmetros estabelecidos para os contaminantes endócrinos na legislação brasileira vigente quanto à qualidade da água, ou seja, é necessário reavaliar e estabelecer padrões novos de potabilidade para consumo levando em conta que estas substâncias são nocivas à saúde mesmo em concentrações pequenas.

Diante desse cenário, estudos complementares e novas pesquisas relacionadas a investigação de emergentes endócrinos em águas de abastecimento de várias cidades brasileiras se faz necessário e relevante para que se possa destacar a

importância de novos padrões sobre a potabilidade da água. Novos estudos utilizando bioindicadores ambientais e detecção de outros EC são importantes para o avanço das pesquisas sobre a qualidade da água de consumo.

## Referências

- Beserra, M. R., Schiavini, J. D. A., Rodrigues, W. C., & Pereira, C. D. S. S. (2016). O Bisfenol A: Sua Utilização e a Atual Polêmica em Relação aos Possíveis Danos à Saúde Humana. *Revista Eletrônica TECCEN*, 5(1), 37. <http://editora.universidadedevassouras.edu.br/index.php/TECCEN/article/view/478>
- Bilal, M., Adeel, M., Rasheed, T., Zhao, Y., & Iqbal, H. M. N. (2019). Emerging contaminants of high concern and their enzyme-assisted biodegradation – A review. *Environment International*, 124, 336–353. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018323523>.
- Bolong, N., Ismail, A. F., Salim, M. R. & Matsuura T. (2009) A Review of the Effects of Emerging Contaminants in Wastewater and Options for Their Removal. *Desalination*, 239, 229-246. <https://www.scrip.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1202680>.
- Brasil (2005). Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747#:~:text=Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONAMA%20n%C2%BA%20357%2C%20de>
- Brasil (2011). Ministério da Saúde. PORTARIA Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011).
- Brasil (2006). Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília. [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf)
- Cetesb (2009). Relatório de qualidade de águas superficiais: *Apêndice D Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade*. <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Apendice-D-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>
- Dellazari, L., Filho J. B. R., & Borges R. M. R. (2010). Sistema endócrino e desreguladores hormonais: uma abordagem CTS na formação inicial de professores de ciências. *Revista Experiências em Ensino de Ciências 2010*. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/3>.
- D’ottaviano, E. J. Sistema endócrino e 3ª idade (2003). *Revista das Faculdades de Educação, Ciências e Letras e Psicologia Padre Anchieta*. <https://revistas.anchieta.br/index.php/revistaargumento/article/view/564/483>.
- Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Greenberg, A. E. Standardn (1995). Methods for the examination of Water and Wasterwater. *American Public Health Association, Washington*. <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=2610754>
- Fontenele, E. G. P., Martins, M. R. A., Quidute, A. R. P., & Montenegro-Júnior, R. M. (2010). Contaminantes ambientais e os interferentes endócrinos. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*. <https://www.scielo.br/j/abem/a/VzcPtYpRRShNr4xzwCgwdYm/?lang=p>.
- Gambardella, C. N., Iacomettic F. S, & Falugic F. (2018). Long term exposure to low dose neurotoxic pesticides affects hatching, viability and cholinesterase activity of *Artemia* sp. *AquatToxicol*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29358113>.
- Ghiselli, G., & Jardim, W. F. (2077) Interferentes endócrinos no ambiente. *Química Nova*, vol 30. <http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n3/31.pdf>.
- Gore, A., Crews, D., Doan, L., Merrill, M., Patisaul, H., & Zota, A. (n.d.). *Introdução aos disruptores endócrinos (des) um guia para governos e organizações de interesse público*. Retrieved March 26, 2024, from [https://www.endocrino.org.br/media/uploads/PDFs/ipen-intro-edc-v1\\_9h-pt-print.pdf](https://www.endocrino.org.br/media/uploads/PDFs/ipen-intro-edc-v1_9h-pt-print.pdf).
- Goloubkova, T., & Spritzer, P. M. (2000). Xenoestrogênios: o exemplo do bisfenol-A. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*. Vol 44. <https://www.scielo.br/j/abem/a/TShzzzZN5zKq6FjGmvtJgVp/>.
- Hamilton, M., Russo, R. C., & Thurston, R. V. (1977). Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. *Environmental Science & Technology*. 1. [https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_Report.cfm?Lab=ORD&dirEntryID=43308](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?Lab=ORD&dirEntryID=43308),
- Hossain, M. M., Ahamed, S. K., Dewan, S. M., Hassan, M. M., Istiaq, A., Islam, M. S., & Moghal, M. M. (2014) In vivo antipyretic, antiemetic, in vitro membrane stabilization, antimicrobial, and cytotoxic activities of different extracts from *Spilanthes paniculata* leaves. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4177068/>
- Lintelmann, J., Katayama, A., & Kuriharan. (2003). Endocrine disruptors in the environment. *Pure Appl.Chem*. 75. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1351/pac200375050631/html>,
- Mclaughlin, J. L. (1991). Crown-gall Tumors in Potato Discs and Brine Shrimp Lethality: Two Simple Bioassays for Higher Plant Screening and Fractionation. In: *Methods in Plant Biochem*. <https://www.scienceopen.com/document?vid=24c5df89-6990-4501-8b10-42be36904677>.
- Meyer, B., Ferrigni, N., Putnam, J., Jacobsen, L., Nichols, D., & McLaughlin, J. (1982). Brine Shrimp: A Convenient General Bioassay for Active Plant Constituents. *Planta Medica*, 45(05), 31–34. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971236>Molina, P. E. (2021). *Fisiologia Endócrina - 5.ed*. McGraw Hill Brasil.
- Oliveira, J. R. J. M. B, & Calvão, L. B. (2020) *Ciências biológicas. Campo promissor em pesquisa* – 3. Ponta Grossa, PR, Atena Editora. <https://www.atenaeditora.com.br/index.php/catalogo/ebook/ciencias-biologicas-campo-promissor-em-pesquisa-3>
- Pereria, S. A., Dorlivete, P., Shitsuka, M., Parreira, F., & Shitsuka, R. (n.d.). Metodologia da pesquisa científica. UFSM. [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1)

Rasheed ,T., Bilal, M., Nabeel, F., Adeel, M., & Iqbal, H. M. N. (2019). Environmentally-related contaminants of high concern: Potential sources and analytical modalities for detection, quantification, and treatment. *Environment International*, 32. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018322013>.

Reis Filho, R. W., Araújo, J. C de, & Vieira, E. M. (2006). Hormônios sexuais estrógenos: contaminantes bioativos. *Química Nova*. <https://www.scielo.br/j/qn/a/5f96G9md3dmtv3mj7nnQQ3d/>.

Rempel, K. (2017). Dinâmica da contaminação das águas subterrâneas do sistema aquífero da região metropolitana de porto velho logo após a cheia histórica do rio madeira, 2014. *Águas Subterrâneas*. <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29065>.

Silva, A. Q., & Abessa, D. M. S. (2019). Toxicity of three emerging contaminants to non-target marine organisms. *Environ Sci Pollut Res* 26. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05151-9>.

Veronez, D. A. L., & Vieira, M. P. M. M. (2012) Abordagem morfofuncional do sistema endócrino. *Universidade Federal de Uberlândia (UFU)*. [rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/.../Abordagem\\_morfofuncional\\_do\\_sistema\\_endocrino.pdf](rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/.../Abordagem_morfofuncional_do_sistema_endocrino.pdf)

Xue, P., Zhao, Y, Zhao, D., Chi, M., Yin, Y., Xuan, Y, et al. (2021). Mutagenicity, health risk, and disease burden of exposure to organic micropollutants in water from a drinking water treatment plant in the Yangtze River Delta, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34147865/>.