

# COMPORTAMENTO DAS ESPÉCIES METÁLICAS EM SEDIMENTOS DOS RESERVATÓRIOS BILLINGS E GUARAPIRANGA NO PERÍODO DE 2013-2019

**LAGARES, Wesley Souza, QUINÁGLIA, Gilson Alves**  
wesley100lagaresss@gmail.com  
Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz

**Resumo:** Neste estudo foram realizadas verificações das concentrações de metais e semimetais tais como Arsênio (As), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Crômio (Cr), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) nos pontos de monitoramento dos reservatórios Billings (BILL02100 e BILL02030) e Guarapiranga (GUAR0900 e GUAR00100) definidos em seu programa de monitoramento pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em cinco campanhas de coleta para avaliação dos resultados. Utilizando valores orientadores TEL e PEL de concentrações estabelecidas pelo CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) para enquadramento do sedimento, em modo geral, todos os elementos apresentam-se maiores que os valores de referência, comprovando que se faz necessária campanhas de monitoramento organizadas pela CETESB para melhor qualidade da água para consumo humano.

**Palavras-chave:** Metais, Sedimentos, Billings, Guarapiranga.

**Abstract:** In this study of verification of metals and semimetals concentrations was done for Arsenic (As), Cadmium (Cd), Lead (Pb), Copper (Cu), Chromium (Cr), Mercury (Hg), Nickel (Ni) and Zinc (Zn) at the monitoring points of the Billings (BILL02100 and BILL02030) and Guarapiranga (GUAR0900 and GUAR00100) reservoirs defined in its monitoring program by the Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) in five collection campaigns to evaluate the results. Using TEL and PEL guiding values of concentration established by the CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) for sediment framing, in general, all elements are higher than the reference values, proving that monitoring campaigns are necessary organized by CETESB for better quality of water for human consumption.

**Keywords:** Metals, Sediments, Billings, Guarapiranga.

## 1 INTRODUÇÃO

Em uma sociedade que se encontra em constante desenvolvimento urbano, socioeconômico e político, podem promover diversas mudanças. A contaminação ambiental é uma sequela deixada não só no Brasil, mas ao redor do mundo onde está em grande desenvolvimento (COTTA; REZENDE; PIOVAN, 2006).

No Brasil, o cenário de acidentes ambientais vem aumentando e ganhando visibilidade, em especial contaminações ecossistêmicas aquáticas e por sedimentos, aumentando a concentração de metais tóxicos em meios aquáticos, provenientes de processos naturais e por atividades antrópicas como rejeito industrial, efluente doméstico, insumos agrícolas, queima de

combustíveis fósseis, descarte de lodo no esgoto, dentre outros (COTTA; REZENDE; PIOVAN, 2006).

A contaminação na água para consumo humano, em especial de metais pesados, é foco de grande preocupação ao meio ambiente e aquém consome. Segundo Porto et al. (1991), em alguns casos, os efeitos no sistema nervoso são difíceis de serem detectados no estágio inicial, podendo se bioacumular no organismo, passando de estado crônico para agudo sem ser percebido.

Localizada na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, o reservatório Billings é o maior reservatório da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), em uma altitude de 746 m, com sua área de 127 km<sup>2</sup> e uma profundidade máxima de 19 m, sendo subdivididas em oito unidades, denominadas braços, os quais correspondem às sub-regiões da Bacia Hidrográfica: Rio Grande, Rio Pequeno, Capivari, Pedra Branca, Taquacetuba, Bororé, Cocaia e Alvarenga. O reservatório possui seis pontos de monitoramento pela CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2019).

Localizado na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, o reservatório Guarapiranga possui uma área de drenagem de 639 km<sup>2</sup>, fazendo parte das áreas parciais dos municípios de Cotia, Embu, Itapeverica da Serra, Juquitiba, São Lourenço da Serra, São Paulo e integralmente a área do município de Embu-Guaçu, nesse reservatório, a CETESB realiza o monitoramento em dois pontos de amostragem (POMPÊO, 2020).

Os reservatórios juntos abastecem milhões de pessoas diariamente, sendo de grande importância o monitoramento para água de consumo humano. Alguns poluentes, como os metais pesados não são biodegradáveis e permanecem longos períodos no meio aquático, sobretudo nos sedimentos (COTTA; REZENDE; PIOVAN, 2006).

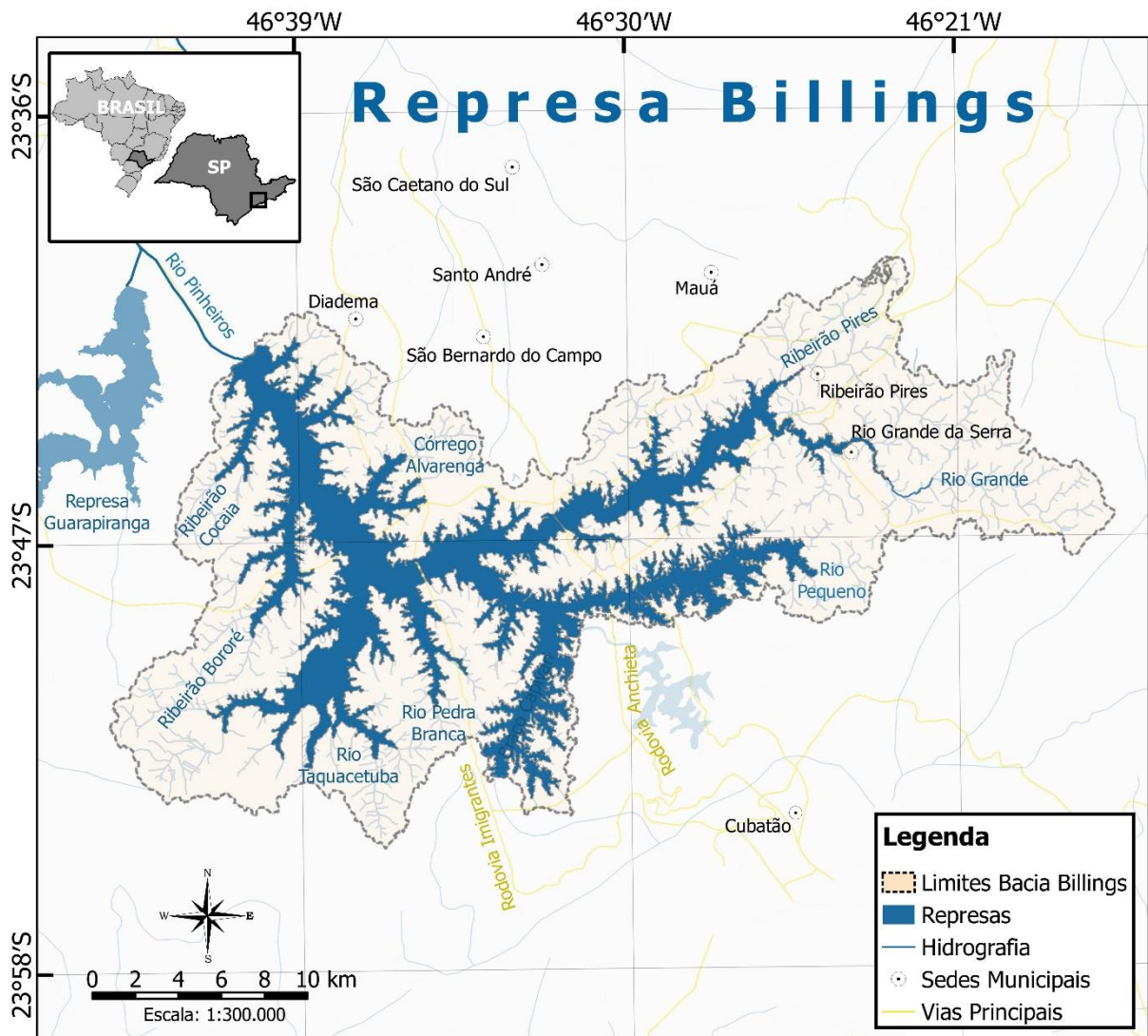
Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a variação temporal e espacial os dados de metais e semimetais disponíveis em seu portal (CETESB, 2021), em dois locais de coleta dos Reservatórios Billings e Guarapiranga estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo para monitoramento da Qualidade dos Sedimentos no período de 2013-2019.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

Abrangendo seis municípios: São Bernardo do Campo, São Paulo, Diadema, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra e Santo André, o reservatório Billings é o maior reservatório de água doce da RMSP (POMPÊO, 2020) (Figura 1). Os pontos de atenção para o estudo são denominados pela CETESB como BILL 02100 localizado no meio do corpo central, na direção do braço do Bororé (latitude 23 45 16 e longitude 46 38 40) e BILL02030 localizado no meio do corpo central, cerca de 1,5 km da Barragem de Pedreira (latitude 23 43 04 e longitude 46 39 51) (CETESB, 2019).

O ponto BILL 02100 sofre com a descarga de esgotos e/ou efluentes em suas águas, possui moradias irregulares em seu entorno, eutrofização das águas e por consequência, a presença de algas. Houve cinco campanhas de amostragem para monitoramento de sedimento nesse ponto nos dias 12/06/2013, 10/06/2014, 18/05/2015, 23/08/2017 e 24/07/2019 (SILVA, FERREIRA, FÁVARO, 2017).

O ponto BILL02030 representa o monitoramento da qualidade das águas na entrada do reservatório. É receptor de grande quantidade de carga orgânica (recebimento das águas do rio Pinheiros) e sofre com a descarga de esgotos, sendo amostrado pela primeira vez para sedimento em 24/07/2019 (SILVA, FERREIRA, FÁVARO, 2017).



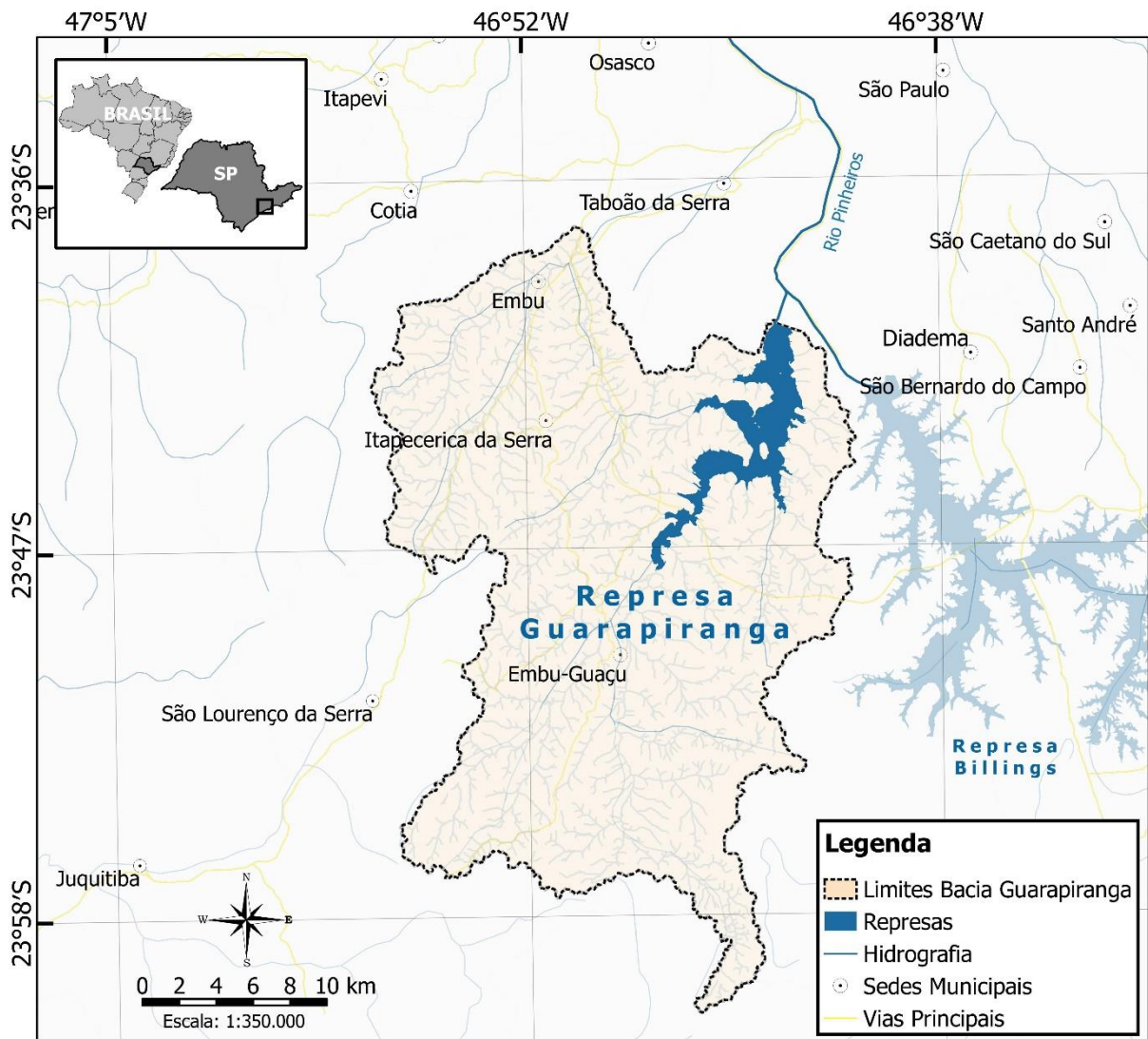
**Figura 1** Reservatório Billings.

Fonte: CETESB, 2019.

Originalmente denominado Represa de Santo Amaro, hoje o reservatório Guarapiranga é responsável por 20,20% do abastecimento de água da RMSP, ambiente lântico, raso e com alta taxa de sedimentação é ideal para monitoramento (Figura 2). Seus pontos escolhidos são denominados pelo Órgão Ambiental do Estado de São Paulo como GUAR 00900 localizado na captação da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) junto com a casa de bombas (latitude 23 40 27 e longitude 46 43 40) e o GUAR 00100 localizado no meio do braço do Rio Parelheiros (latitude 23 45 15 e longitude 46 43 37).

O ponto GUAR 00900 representa o trecho inicial do reservatório e sofre com o impacto da presença de algicida a base de sulfato de cobre. Nesse ponto houve cinco campanhas de monitoramento de sedimento nos dias 13/06/2013, 24/07/2014, 05/05/2015, 20/06/2017 e 10/07/2019 (SILVA, FERREIRA, FÁVARO, 2017).

O ponto GUAR 00100 tem sua primeira amostragem em 04/06/2019 onde representa a transposição das águas da Billings para a Guarapiranga (SILVA, FERREIRA, FÁVARO, 2017).



**Figura 2** Reservatório Guarapiranga.  
Fonte: CETESB, 2019.

De acordo com os Planos de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA) da bacia hidrográfica do reservatório Billings (SMA/PDPA, 2010) e do Guarapiranga (SMA/CEA, 2010), os poluentes podem ser atribuídos por fontes rurais provindas de atividades agrícolas por usos de fertilizantes, atividades pecuárias, chácaras e áreas de lazer que geram esgoto doméstico e lixo. Outras fontes de contaminações e mais poluidoras são compostos por esgotos domésticos com lançamentos diretos e clandestinos nos rios, efluentes industriais, poluições causadas por veículos motores, dentre outros (SILVA, FERREIRA, FÁVARO, 2017).

Esses pontos são coletados periodicamente seguindo o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos, da Agência Nacional de Águas (ANA) e CETESB (2016). As análises foram realizadas pela CETESB conforme os dados e informações em relatório disponíveis no portal da CETESB (CETESB, 2021).

Para realizar a avaliação de metais tóxicos no sedimento, há a necessidade de realizar um monitoramento no corpo d'água para avaliação da influência do sedimento formado, o procedimento de amostragem também está de acordo com o Guia Nacional de Coleta, a CETESB realiza todas as amostragens dentro de seu plano de monitoramento anual (CETESB, 2021).

Para avaliar a qualidade dos sedimentos em relação aos metais pesados Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Crômio, Mercúrio, Níquel e Zinco, são utilizados valores de referência *Threshold Effect Level* (TEL) e *Probable Effect Level* (PEL), na avaliação da qualidade das águas superficiais, os dados utilizados são do Conselho Nacional do Meio Ambiente, Ministério do Meio Ambiente (CONAMA) número 357 de 17 de março de 2005 (CETESB,2021).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo, encontram-se as concentrações dos metais tóxicos nas águas superficiais e nos sedimentos nos pontos de monitoramento da CETESB para avaliação e comparação com as legislações.

#### 3.1 Resultados dos metais em Sedimentos

Após análise em laboratório, obtivemos os resultados de sedimentos para metais e semimetais tóxicos. Na Tabela 1 são expressos resultados para o reservatório Billings e na Tabela 2 estão indicados os resultados para o reservatório Guarapiranga.

**Tabela 1.** Concentrações de metais e semimetais (mg/kg) em Sedimentos do reservatório Billings entre 2013-20219.

Pontos	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Crômio	Mercúrio	Níquel	Zinco
BILL02100 11:22 às 13:15 12/06/2013	8,38	1,68	53,2	98,9	216	0,878	47,9	238
BILL02100 12:41 às 14:25 10/06/2014	20,1	3,37	105	215	183	0,14	78,1	486
BILL02100 11:30 18/05/2015	18,8	3,13	94,4	216	169	0,51	80,6	493
BILL02100 11:16 23/08/2017	13	1,5	75,5	163	124	0,9	55,2	378
BILL02030 12:55 24/07/2019	13,3	2,45	114	264	131	0,52	54,9	728
BILL02100 14:30 às 15:00 24/07/2019	19,1	2,58	120	213	157	1,38	73,2	598

Fonte: Publicações e Relatórios (CETESB, 2021).

**Tabela 2.** Concentrações de metais e semimetais (mg/kg) em Sedimentos do reservatório Guarapiranga entre 2013-20219.

Pontos	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Crômio	Mercúrio	Níquel	Zinco
GUAR00900 11:20 às 13:15 13/06/2013	10,8	0,92	62,8	3991	64,4	0,143	27,5	160
GUAR00900 13:00 24/07/2014	7,57	< 0,6	75,4	916	61,5	< 0,1	16,2	99,4
GUAR00900 11:30 05/05/2015	11,7	0,81	48,3	4295	60,3	0,31	26,5	157
GUAR00900 12:20 20/06/2017	7,6	1,01	78,8	4326	56,8	0,18	17	152
GUAR00100 10:53 04/06/2019	16,8	0,97	96,2	121	69,9	0,14	26,9	179
GUAR00900 12:00 às 13:15 10/07/2019	13,1	0,69	98	3119	62,4	0,17	28,9	149

Fonte: Publicações e Relatórios (CETESB, 2021).

Em relação as tabelas apresentadas há um padrão de resultados em grandes concentrações de Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Crômio (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) e menores concentrações de Arsênio (As), Cádmio (Cd) e Mercúrio (Hg).

### 3.2 Resultados dos metais em Água

O órgão ambiental tem um programa de amostragem durante o ano, é então realizada uma média dos monitoramentos anuais. Na Tabela 3 são indicados a média do monitoramento para o reservatório Billings e na Tabela 4 são indicados a média de monitoramento para o reservatório Guarapiranga, os pontos apresentados são os mesmos onde há o monitoramento de sedimento.

**Tabela 3.** Concentrações de metais e semimetais (mg/L) em Água Superficial do reservatório Billings entre 2013-20219.

Pontos	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Crômio	Mercúrio	Níquel	Zinco
BILL02100 2013	NA	< 0,0007	< 0,009	< 0,009	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	< 0,02

BILL02100 2014	NA	< 0,0007	< 0,009	< 0,009	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	< 0,02
BILL02100 2015	< 0,01	< 0,0007	< 0,009	< 0,009	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	< 0,02
BILL02100 2017	< 0,01	< 0,0007	< 0,009	< 0,009	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	< 0,02
BILL02030 2019	< 0,01	< 0,0008	< 0,01	< 0,004	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	< 0,02
BILL02100 2019	< 0,01	< 0,0008	< 0,01	< 0,004	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	< 0,02
*CONAMA 357/05	0,01	0,001	0,01	0,009	0,02	0,0002	0,025	0,18

NA: Não Analisado.

\*Valores orientadores acima do CONAMA 357/05.

Fonte: Publicações e Relatórios (CETESB, 2021).

**Tabela 4.** Concentrações de metais e semimetais (mg/L) em Água Superficial do reservatório Guarapiranga entre 2013-20219.

Pontos	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Crômio	Mercurio	Níquel	Zinco
GUAR00900 2013	< 0,01	< 0,0007	< 0,009	*0,02	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	< 0,02
GUAR00900 2014	< 0,01	< 0,0007	< 0,009	*0,01	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	0,05
GUAR00900 2015	< 0,01	< 0,0007	< 0,009	*0,01	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	< 0,02
GUAR00900 2017	< 0,01	< 0,0007	< 0,009	*0,03	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	< 0,02
GUAR00100 2019	NA	< 0,0008	< 0,01	0,008	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	< 0,02
GUAR00900 2019	< 0,01	< 0,0007	< 0,01	*0,03	< 0,02	< 0,0002	< 0,02	< 0,02
*CONAMA 357/05	0,01	0,001	0,01	0,009	0,02	0,0002	0,025	0,18

NA: Não Analisado.

\*Valores orientadores acima do CONAMA 357/05.

Fonte: Publicações e Relatórios (CETESB, 2021).

Em relação ao reservatório Billings, nos anos de 2013 e 2014 o elemento As não foi analisado pelo laboratório, mas nos anos subsequentes ele está abaixo do limite de quantificação (LQ). Em relação aos demais parâmetros, todos apresentam estar abaixo do LQ do laboratório.

Referente a Tabela 4 o As não foi analisado no ano de 2019, porém foi analisado nos demais anos e todos com resultados abaixo do LQ assim como o Cd, Pb, Cr, Hg e Ni. O elemento Zn é quantificado no ano de 2014 e o Cu apresenta concentrações em todos os anos, sendo o único elemento desenhquadrando o ponto de interesse GUAR00900 em relação a legislação CONAMA número 357 de 17 de março de 2005.

### 3.3 Análise de Variância dos Metais em Sedimentos

A Análise de Variância (ANOVA - Analysis of Variance) é uma ferramenta para comparação de vários grupos ou estratos de interesse (Montgomery, 1991) com nível de confiança determinado pelo analista de 95% (apud PAESE, CATEN, RIBEIRO, 2001).

Para essa análise de dados, foi aplicada uma significância de 5% e adotada duas hipóteses para análise de variância ANOVA, onde:

- $H_0$ : Não há variação entre a média nos metais tóxicos;
- $H_1$ : Existe diferença entre as variações das médias de metais tóxicos.

É utilizado valor-P maior ou igual a 0,05 para verificar se a hipótese nula ( $H_0$ ) é aceita e hipótese alternativa ( $H_1$ ) são resultados onde valor-P é menor que 0,05.

Com os dados obtidos em laboratório para a análise de matriz sedimento, é calculada a média e variância de cada elemento em relação as cinco amostragens realizadas no ponto BILL02100 durante o período de 2013-2019 apresentados na Tabela 5 e Tabela 6. Na Tabela 7 e Tabela 8 são apresentados os dados em relação a média amostral do ponto BILL02100 em relação ao BILL02030.

**Tabela 5.** ANOVA: Fator único BILL02100.

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Arsênio	5	79,38	15,876	25,3118
Cádmio	5	12,26	2,452	0,7052
Chumbo	5	448,1	89,62	677,032
Cobre	5	905,9	181,18	2617,312
Crômio	5	849	169,8	1142,7
Mercúrio	5	3,808	0,7616	0,2162
Níquel	5	335	67	212,665
Zinco	5	2193	438,6	18631,8

Fonte: Autoria própria.



**Tabela 6.** ANOVA BILL02100.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	751672,8751	7	107381,8393	36,8570	1,4645. 10 <sup>-23</sup>	2,3127
Dentro dos grupos	93230,9694	32	2913,4677			
Total	844903,8445	39				

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 7.** ANOVA: Fator único BILL02100 e BILL02030.

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Arsênio	2	29,176	14,588	3,3178
Cádmio	2	4,902	2,451	2.10 <sup>-6</sup>
Chumbo	2	203,62	101,81	297,1922
Cobre	2	445,18	222,59	3429,576
Crômio	2	300,8	150,4	752,72
Mercúrio	2	1,2816	0,6408	0,0291
Níquel	2	121,9	60,95	73,205
Zinco	2	1166,6	583,3	41876,18

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 8.** ANOVA BILL02100 e BILL02030.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	530370,9	7	75767,27	13,0542	0,0008	3,5004
Dentro dos grupos	46432,22	8	5804,028			
Total	576803,1	15				

Fonte: Autoria própria.

Após calcular os resultados dos sedimentos, ambas as colunas valor-P são menores que a significância de 5% para as hipóteses estabelecidas, indicando que pelo menos uma das médias são diferentes.

Na Tabela 9 e Tabela 10 são apresentados os resultados das médias e variâncias em relação aos cinco monitoramentos realizados no ponto amostral GUAR00900. Em relação aos pontos GUAR00900 e GUAR00100 do reservatório Guarapiranga, são indicados na Tabela 11 e Tabela 12.

**Tabela 9.** ANOVA: Fator único GUAR00900.

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Arsênio	5	50,77	10,154	6,1715
Cádmio	5	3,43	0,686	0,1614
Chumbo	5	363,3	72,66	344,488
Cobre	5	16647	3329,4	2058019,3
Crômio	5	305,4	61,08	7,967
Mercúrio	5	0,803	0,1606	0,0122
Níquel	5	116,1	23,22	37,327
Zinco	5	717,4	143,48	625,452

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 10.** ANOVA GUAR00900.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	47290894,2328	7	6755842,0332	26,2485	$1,5031 \cdot 10^{-12}$	2,3127
Dentro dos grupos	8236163,5169	32	257380,1099			
Total	55527057,7498	39				

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 11.** ANOVA: Fator único GUAR00900 e GUAR00100.

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Arsênio	2	26,954	13,477	22,0846
Cádmio	2	1,656	0,828	0,0403
Chumbo	2	168,86	84,43	277,0658

Cobre	2	3450,4	1725,2	5146915,28
Crômio	2	130,98	65,49	38,8962
Mercúrio	2	0,3006	0,1503	0,0002
Níquel	2	50,12	25,06	6,7712
Zinco	2	322,48	161,24	630,8352

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 12.** ANOVA GUAR00900 e GUAR00100.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	4951767,6025	7	707395,3717	1,0993	0,4436	3,5004
Dentro dos grupos	5147890,9735	8	643486,3716			
Total	10099658,5761	15				

Fonte: Autoria própria.

A análise de dados indica que no GUAR00900 existem uma ou mais diferenças entre as médias e variações de metais tóxicos. A relação entre os dois pontos de monitoramento do reservatório Guarapiranga indica uma hipótese nula, onde não há variação da média do ponto de monitoramento GUAR00900 com o ponto GUAR00100, uma correlação entre as médias indica concentrações próximas de metais tóxicos entre os pontos.

### 3.4 Comparação de Metais em Sedimentos com Valores Orientadores

Os resultados apresentados, precisam ser comparados com valores de referência para enquadramento, são valores discutidos e determinados por órgão ambientais em conjunto com órgãos de saúde para enquadramento de riscos a saúde humana e biota. Em relação ao sedimento, os valores orientadores a serem comparados são TEL e PEL presentes na Tabela 13.

**Tabela 13.** Concentrações de metais e semimetais (mg/kg) em Sedimentos nos reservatórios entre 2013-20219 em comparação com os valores de TEL e PEL.

Pontos	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Crômio	Mercúrio	Níquel	Zinco
BILL02100								
11:22 às 13:15	*8,38	*1,68	*53,2	*98,9	**216	**0,878	**47,9	*238
12/06/2013								
BILL02100								
12:41 às	**20,1	*3,37	**105	**215	**183	0,14	**78,1	**486

14:25								
10/06/2014								
BILL02100								
11:30	**18,8	*3,13	**94,4	**216	**169	**0,51	**80,6	**493
18/05/2015								
BILL02100								
11:16	*13	*1,5	*75,5	*163	**124	**0,9	**55,2	**378
23/08/2017								
BILL02030								
12:55	*13,3	*2,45	**114	**264	**131	**0,52	**54,9	**728
24/07/2019								
BILL02100								
14:30 à 15:00	**19,1	*2,58	**120	**213	**157	**1,38	**73,2	**598
24/07/2019								
GUAR00900								
11:20 à 13:15	*10,8	*0,92	*62,8	**3991	*64,4	0,143	*27,5	*160
13/06/2013								
GUAR00900								
13:00	*7,57	< 0,6	*75,4	**916	*61,5	< 0,1	16,2	99,4
24/07/2014								
GUAR00900								
11:30	*11,7	*0,81	*48,3	**4295	*60,3	*0,31	*26,5	*157
05/05/2015								
GUAR00900								
12:20	*7,6	*1,01	*78,8	**4326	*56,8	*0,18	17	*152
20/06/2017								
GUAR00100								
10:53	*16,8	*0,97	**96,2	*121	*69,9	0,14	*26,9	*179
04/06/2019								
GUAR00900								
12:00 à 13:15	*13,1	*0,69	**98	**3119	*62,4	0,17	*28,9	*149
10/07/2019								

*TEL	5,9	0,6	35	35,7	37,3	0,17	18	123
**PEL	17	3,5	91,3	197	90	0,486	35,9	315

\*Valores orientadores acima de TEL.

\*\*Valores orientadores acima de PEL.

Fonte: Publicações e Relatórios (CETESB, 2021).

A maioria dos elementos estão acima de TEL, indicando níveis onde podem ocorrer efeitos adversos a comunidade biótica, considerando efeitos significativos a comunidade aquática e alguns pontos estão superiores a PEL indicando que o ambiente está usualmente ou sempre associado a efeitos adversos causados por poluentes químicos (CCME, 2002).

#### 4 CONCLUSÃO

Em comparação com os valores de referência TEL e PEL, o ponto de interesse desse estudo BILL02100 apresentou resultados acima de TEL em todos os elementos e conseqüentemente alguns pontos acima de PEL na primeira, terceira, quarta e quinta campanha. Por ser um local sob influência antrópica, era esperado altas concentrações, como também na localidade do BILL02030, receptor do rio pinheiros, onde é receptor de efluente de diversas empresas ao seu redor e milhares de residências (SILVA, FERREIRA, FÁVARO, 2017).

O monitoramento da GUAR00900 apresenta grandes concentrações no metal Cobre, devido ao grande consumo de algicida na área, cuja composição é a base de sulfato de cobre com a finalidade de eliminar algas no meio aquático que são formadas por grande presença de matéria orgânica em decomposição. Em relação ao ponto GUAR00100, o cobre apresenta menores concentrações, no monitoramento da água superficial, há concentrações de cobre, desenquadrando-se no CONAMA 357/05 (SILVA, FERREIRA, FÁVARO, 2017).

O mercúrio (Hg) é um metal em destaque, suas concentrações foram menores em comparação com os demais elementos. Verificou-se, concentrações de Hg acima do valor de TEL em algumas campanhas de monitoramento, sendo mais presente no ponto BILL02100, onde ultrapassam os valores de PEL (CETESB, 2021).

#### 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ambos os reservatórios são de comportamento lântico, não havendo agitação na água, como pode ser visto, não há como os metais no sedimento se desprenderem de seu estado, ficando assim, depositado no fundo d'água, mas há grandes variações em seus monitoramentos, não apresentando um padrão de consistência em seu depósito no sedimento.

Comprova-se que há contaminação de metais e semimetais As, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni e Zn no sedimento devido aos resultados apresentados estarem acima dos valores de orientação TEL e PEL. Com o meio ambiente em constante evolução, é de suma importância a continuidade do monitoramento da CETESB para alertar e evitar contaminações de metais pesados na água destinada a tratamento para consumo humano, visto que os reservatórios juntos, abastecem milhares de famílias que residem na RMSP.

#### REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation. Washington DC. 2005.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment, **Canadian Environmental Quality Guidelines. Environment Canada (EC)**. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. - Protocol for the Derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Winnipeg. 2002.

CETESB. **Águas Interiores 2021: Publicações e Relatórios**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>

CETESB. **Relatório da Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Relatorio-da-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf>.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Publicada no DOU nº 53, de 18 março de 2005, p. 58-63. 2005.

COTTA, J.A.O.; REZENDE, O.O.M.; PIOVANI, M.R. **Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – Petar, São Paulo, Brasil**. Química Nova, v. 29, p. 40-45. 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000100009>

PAESE, C.; CATEN, C. T.; RIBEIRO, J. L. D. **Aplicação da Análise de Variância na Implantação do CEP**. Revista PRODUÇÃO, v. 11 n. 1. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/pGfcszPsMrGR8jWfDQQmBGp/?format=pdf&lang=pt>

POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Reservatórios que abastecem São Paulo: problemas e perspectivas**. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. 2020. Disponível em: [http://ecologia.ib.usp.br/portal/publicacoes/all\\_book\\_2020.pdf](http://ecologia.ib.usp.br/portal/publicacoes/all_book_2020.pdf)

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; DE LUCA, S. J. **Caracterização da Qualidade das Águas**. In. Hidrologia Ambiental. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.3, São Paulo: EDUSP, 1991.

MONTGOMERY, D.e. **Design and Analysis of Experiments**. New York: John Wiley and Sons, 1991.

SILVA, L. S.; FERREIRA, F. J.; FÁVARO, D. I. T. **Avaliação da concentração de metais tóxicos em amostras de sedimentos dos reservatórios do complexo Billings (Guarapiranga e Rio Grande)**. Geochimica Brasiliensis. Páginas 37 – 56. 2017. Disponível em: <https://www.geobrasiliensis.org.br/geobrasiliensis/article/view/516/pdf>

SMA/CEA - Secretaria do Meio Ambiente/Secretaria da Educação/Coordenadoria de Educação Ambiental. **Atualização do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga**. Governo do Estado de São Paulo. 2010. Disponível

em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/2013/03/14/aprm-area-de-protecao-e-recuperacao-demananciais/>

SMA/CPLA - Secretaria do Meio Ambiente/Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings.** Governo do Estado de São Paulo. 2010. Disponível em: <http://pdpa.cobrape.com.br/Arquivos/Pdpas/PDPA-Billings.pdf>.

USEPA - U.S. Environmental Protection Agency, 2007. **SW-846 3051a: Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils, Revision 1.** U.S.: U.S. EPA. 2007.