

Concentrações de metais pesados nos sedimentos do lago Água Preta (Pará, Brasil)

Concentration of heavy metals in Água Preta lake sediments (Pará, Brazil)

Gilmara Maureline Teles Silva de Oliveira^{1*}, Eder Silva de Oliveira²,
Maria de Lourdes Souza Santos³, Nuno Filipe Alves Correia de Melo³, Márcia Nágem Krag⁴

RESUMO

O presente trabalho consistiu em avaliar as concentrações de nutrientes e metais pesados nos sedimentos do fundo do lago Água Preta, localizado na Região Metropolitana de Belém, Estado do Pará. As concentrações de metais pesados foram obtidas por espectrometria de emissão por plasma acoplado a espectrometria de massas (ICP-MS). Os metais que apresentaram maior concentração foram o cromo (245 mg.Kg⁻¹) e o níquel (97 mg.Kg⁻¹), os quais estiveram acima do índice que determina o nível de efeito provável (*Probable Effect Level* – PEL). O trabalho evidenciou o reflexo das pressões antrópicas que o lago Água Preta vem sofrendo ao longo dos anos, mostrando que os sedimentos de fundo se encontram impactados por metais pesados, altas cargas de matéria orgânica e nutrientes.

Palavras-chave: nutrientes; poluição aquática; contaminantes.

ABSTRACT

The present study evaluated the concentrations of nutrients and heavy metals in bottom sediments of Água Preta lake, located in the metropolitan region of Belém, Pará state, Brazil. Concentrations of heavy metals were obtained by emission spectrometry with inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Metals that showed high concentrations were chromium (245 mg.Kg⁻¹) and nickel (97 mg.Kg⁻¹), both above Probable Effect Level (PEL) index. The work revealed the reflection of the anthropogenic pressures that Água Preta lake has suffered over the years, showing that the bottom sediments are impacted by heavy metals, high loads of organic matter and nutrients.

Keywords: nutrients; aquatic pollution; contaminants.

INTRODUÇÃO

A Amazônia representa 53% da água doce da América do Sul e 12% do total mundial (REBOUÇAS, 2006). Toda essa abundância vem sendo comprometida em quantidade e qualidade pelo processo desestruturado de industrialização e urbanização, bem como pelo adensamento demográfico e, principalmente, pela periferação da metrópole amazônica, como ocorre na cidade de Belém.

Nessa cidade, mais precisamente na área fisiográfica do Utinga, os lagos Bolonha e Água Preta, complementados com águas do rio Guamá, constituem-se nos principais mananciais de abastecimento público de toda a região metropolitana de Belém. Esses corpos d'água vêm sofrendo as pressões do processo desestruturado de urbanização e industrialização do entorno, resultando no incremento de diversos poluentes no meio aquático.

Alguns poluentes, como os metais pesados não são biodegradáveis e permanecem longos períodos no meio aquático, sobretudo nos sedimentos (COTTA; REZENDE; PIOVAN, 2006), provocando riscos à biota aquática. Na busca de mensurar os riscos que a concentração de um determinado elemento estocado no sedimento pode oferecer à biota aquática, foram desenvolvidos diversos estudos para estabelecer guias que norteassem a qualidade dos sedimentos, os chamados valores guias da qualidade dos sedimentos (VGQS) que têm sido largamente utilizados para avaliar o risco de contaminação de sedimentos (MACDONALD; INGERSOLL; BERGER, 2000).

Diante do exposto, o presente trabalho avaliou as concentrações de metais pesados e nutrientes em um dos mananciais de água da Região Metropolitana de Belém, o lago Água Preta, fornecendo assim suporte a diversas ações do poder público voltadas à manutenção da

¹Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) – Belém (PA), Brasil.

²Professor assistente da Universidade do Estado do Pará (UEPA) – Belém (PA), Brasil.

³Professor(a) adjunto(a) da UFRA – Belém (PA), Brasil.

⁴Professora do Centro Universitário do Estado do Pará (CESUPA) – Belém (PA), Brasil.

*Autor correspondente: gilmara.teles@ufra.edu.br

Recebido: 05/08/2015 – Aceito: 28/03/2017 – Reg. ABES: 152875

integridade dos mananciais, bem como à adequação dos processos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica deles.

MATERIAL E MÉTODOS

A cidade de Belém localiza-se no vértice da baía de Guajará, a qual faz parte de um sistema fluvio-estuarino dominado por maré dinâmica, composto pelos rios Pará, Acará e Guamá; este último limita a cidade ao sul. Trata-se de um ambiente fluvial com influências marinhas (SODRÉ, 2007).

O lago Água Preta e o lago Bolonha compõem o sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém (RMB). Esses dois lagos fazem parte do Parque Ambiental do Utinga, localizado na parte sul da cidade de Belém, cerca de 2.900 m do rio Guamá (Figura 1).

Vale destacar que a baía de Guajará funciona como corpo receptor dos efluentes da cidade de Belém. E o rio Guamá, além de ser um dos principais tributários da baía, supre a maior parte da demanda hídrica dos mananciais de abastecimento da RMB, visto que os níveis de água

dos lagos são complementados por um sistema de bombeamento por meio de uma adutora localizada na margem direita desse rio. O mesmo rio despeja suas águas no lago Água Preta que se conecta por meio de um canal artificial com o lago Bolonha (LIMA *et al.*, 2015). Com a captação de águas do rio Guamá pela adutora, também é transportada para os mananciais grande carga de sedimentos oriundos do rio.

A cidade de Belém, de acordo com a classificação de Köppen (KOTTEK *et al.*, 2006), está na categoria Af, caracterizada pela alta temperatura (sempre acima de 18°) e distinção entre dois períodos, um mais chuvoso (conhecido na região como inverno) e outro menos chuvoso (DE SOUZA *et al.*, 2016). De acordo com Melo, Paiva e Silva (2006), a mata do Utinga é uma floresta tropical úmida perenifólia, de terra firme, com alguns pontos sujeitos à inundação, sendo delimitada ao norte pela BR 316 e ao sul pela barragem do lago Água Preta, o qual, por sua vez, é formado pelas bacias hidrográficas dos rios Catu, Utinga e Água Preta (COSTA *et al.*, 2010).

A amostragem de sedimentos de fundo foi realizada em três pontos no lago Água Preta, definidos com base nos estudos de

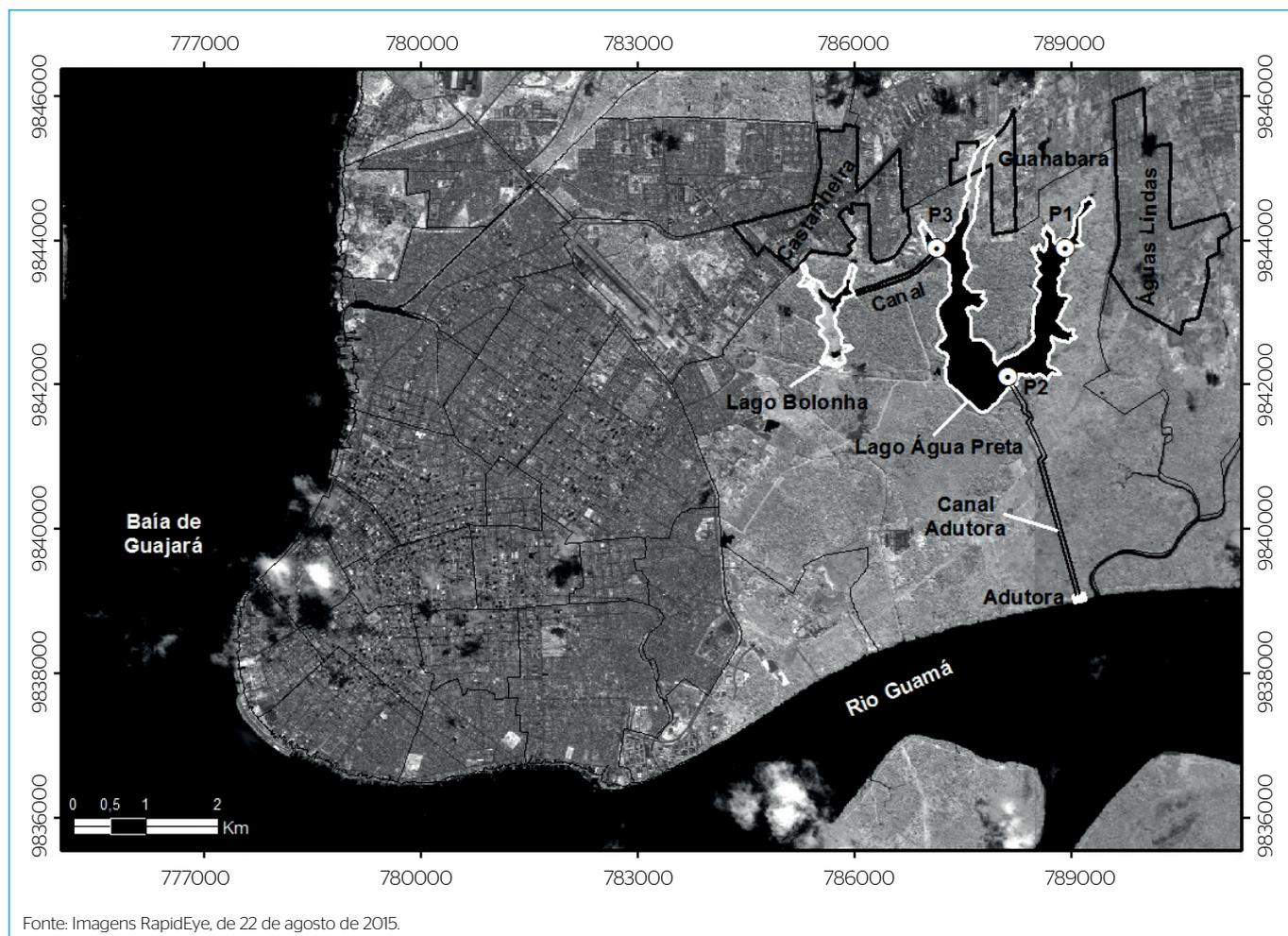


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Carvalho (2001) que evidenciou as áreas do lago mais e menos suscetíveis à contribuição antrópica. Assim, foi estabelecido um ponto menos suscetível à influência antrópica (P2) e um ponto para cada ramificação do lago, próximo aos bairros de Águas Lindas (P1) e Castanheira e Guanabara (P3).

O ponto P2 corresponde à área de chegada das águas bombeadas do Rio Guamá para o lago Água Preta. A Figura 1 mostra a localização da área de estudo e a distribuição dos pontos de coleta.

As coletas de sedimentos foram feitas em dezembro de 2012 (fim do período menos chuvoso), com o auxílio de uma draga de Ekman e espátula de polietileno. Coletou-se cerca de 500 g de sedimentos que foram acondicionados e conservados a uma temperatura de aproximadamente -20°C. No Laboratório de Química Ambiental da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), as amostras de sedimentos foram peneiradas em malha de 200 mesh e, posteriormente, secas em estufa de secagem a 80°C. Após a secagem, as amostras foram enviadas para os Laboratórios ACME Ltda. (Canadá), para quantificação de metais pesados e enxofre, e ASL Análises Ambientais, no qual ocorreram os ensaios para quantificação de nitrogênio orgânico (NO), nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT), conforme a metodologia *Standart Methods for the Examination of Water and Waste Water*, 21ª edição da *American Public Health Association* (APHA, 2005), da *American Water Works Association* (AWWA) e da *Water Pollution Control Federation* (WPCF). Já as análises de carbono orgânico total (COT) e matéria orgânica nos sedimentos foram determinadas utilizando a volumetria de oxirredução, pelo método Walkley-Black (WALKLEY & BLACK, 1934).

Para avaliar a qualidade dos sedimentos em relação aos metais pesados, utilizaram-se os VGQS, propostos por Macdonald, Ingersoll e Berger (2000), que determinam o nível de efeito limiar ou *Threshold Effect Level* (TEL) e o nível de efeito provável ou *Probable Effect Level* (PEL).

A elaboração desses valores guia teve por objetivo estabelecer critérios para avaliação da qualidade dos sedimentos e do significado toxicológico das substâncias associadas a eles. A legislação brasileira, por meio da Resolução CONAMA nº 454/2012, estabelece valores orientadores para sedimentos dragados baseando-se nos índices internacionais, entre eles os índices TEL e PEL abordados neste estudo.

Foram determinadas também as razões carbono/nitrogênio (C/N) com base nos estudos de Meyers (2003), em que a razão entre o COT e o NT é utilizada para estimar entradas terrígenas e aquáticas de matéria orgânica.

Ainda com o objetivo de se estudar possíveis relações entre as variáveis analisadas nos sedimentos, foram calculadas as correlações, a um nível de significância $p=0,05$, verificando a existência de uma possível relação linear entre dois dos valores quantitativos com o coeficiente r de correlação.

RESULTADOS

As concentrações de nutrientes, enxofre total, carbono orgânico e matéria orgânica encontradas nos sedimentos do lago Água Preta são reportadas na Tabela 1. As maiores concentrações de nutrientes foram detectadas nos pontos 1 e 3, os quais representam as áreas do entorno intensamente urbanizadas, em contraste com o ponto 2, que mostrou as menores concentrações para os todos os elementos analisados.

Por outro lado, a razão C/N foi maior no ponto 2, apontando para um aporte de matéria orgânica oriunda da decomposição das plantas vasculares terrestres do entorno. Já os pontos 1 e 3 mostraram uma tendência em valores da razão C/N para o aporte aquático de matéria orgânica oriunda principalmente de plantas aquáticas.

Os resultados de metais estão reportados na Tabela 2. Os valores de cádmio (Cd) encontrados mostram pouca variação entre os pontos com o valor máximo, 0,22 mg.kg⁻¹, nos pontos 1 e 3 e mínimo, 0,14 mg.kg⁻¹, no ponto 2. Em relação aos índices de avaliação, todos os valores encontrados ficaram abaixo do índice TEL.

O cobalto (Co) também mostrou pouca variabilidade em relação aos pontos analisados com valor máximo de 13 mg.kg⁻¹ no ponto 3 e

Tabela 1 - Concentrações de nutrientes (nitrogênio total, nitrogênio orgânico, nitrogênio inorgânico e fósforo total), enxofre total, carbono orgânico e matéria orgânica.

Parâmetros/Pontos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
NO (mg.kg ⁻¹)	5484,54	1178,31	4808,99
NI (mg.kg ⁻¹)	534,13	122,02	649,14
NT (mg.kg ⁻¹)	6018,67	1300,33	5458,13
PT (mg.kg ⁻¹)	1222,34	626,43	1674,56
COT (mg.kg ⁻¹)	85075,32	24077,92	66615,58
MO (mg.kg ⁻¹)	146329,56	41414,03	114578,81
ST (mg.kg ⁻¹)	2500,00	400,00	4000,00
Razão C/N	14,135	18,517	12,205

NO: nitrogênio orgânico; NI: nitrogênio inorgânico; NT: nitrogênio total; PT: fósforo total; COT: carbono orgânico total; MO: matéria orgânica; ST: enxofre total; C/N: carbono/nitrogênio.

Tabela 2 - Resultados de metais no lago Água Preta amostrados em mg.kg⁻¹ em peso seco. Os valores somente em negrito estão acima do TEL e os valores em negrito e sublinhado estão acima do índice PEL.

Parâmetros/Pontos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	TEL	PEL
Cádmio (Cd)	0,22	0,14	0,22	0,596	3,53
Cobalto (Co)	11,30	11,50	13,00	-	-
Cromo (Cr)	245,00	50,00	135,00	37,7	90
Cobre (Cu)	25,58	13,48	30,47	35,7	197
Níquel (Ni)	97,00	17,90	40,60	18	36
Chumbo (Pb)	37,86	16,20	45,69	35	91,3
Zinco (Zn)	70,40	50,10	114,80	123	315

valor mínimo de 11,30 mg.kg⁻¹ no ponto 1. Vale destacar que esse metal não possui valor guia para qualidade de sedimentos.

Em contrapartida, o cromo (Cr) apresentou grande variação entre os pontos estudados com valor máximo de 245 mg.kg⁻¹ no ponto 1 e valor mínimo de 50 mg.kg⁻¹ no ponto 2. Para os índices TEL e PEL, os valores de Cr nos pontos 1 e 3 ficaram acima do índice PEL, e no ponto 2 esteve entre os valores de TEL e PEL.

O cobre (Cu) apresentou valor máximo de 30,47 mg.kg⁻¹ no ponto 3 e concentração mínima de 13,48 mg.kg⁻¹ no ponto 2. Com relação aos índices TEL e PEL, os valores de Cu nos pontos 1 e 3 ficaram próximos ao valor de TEL para o metal, porém a concentração do metal para todos os pontos amostrados foi abaixo do TEL.

A matriz de correlação adotando-se $p < 0,05$, expressa na Tabela 3, mostrou forte correlação entre os metais Cu e Pb ($r = 0,9997$), indicando a mesma fonte desses metais para o corpo d'água. Esses dois metais também apresentaram forte correlação com o nitrogênio inorgânico (NI), fato que pode estar ligado à natureza do efluente lançado no lago, bem como à associação geoquímica entre essa forma de N e os metais Cu e Pb.

A correlação mais forte para esse nível de significância deu-se entre os pares enxofre total (ST) e fósforo total (PT) ($r = 0,9999$), inferindo-se que as fontes desses contaminantes são as mesmas. Além disso, ambos fazem parte da composição de diversos efluentes domésticos e industriais.

Outras correlações também foram significativas, como a entre o Cd e a fração orgânica do N, mostrando que esse metal foi o que apresentou maior associação com a matéria orgânica, haja vista que o NO e o COT são os principais componentes dela. Por outro lado, observa-se a forte correlação entre o ST e o metal Cu, indicando que ambos estão relacionados na formação de sulfetos (VAN GRIETHUYSEN *et al.*, 2005).

DISCUSSÃO

As concentrações de nutrientes nos pontos estudados foram elevadas principalmente nos pontos 1 e 3, provavelmente devido ao avanço da ocupação urbana desordenada perto dessas duas ramificações do lago, representadas principalmente pelos bairros de Águas Lindas e Guanabara. O lançamento de esgotos domésticos e industriais pode ser entendido como a fonte de maior contribuição de N e P nesses dois pontos. Essa afirmação pode ser ratificada pelos valores menores desses metais encontrados no ponto 2, o qual fica mais distante dos núcleos urbanos.

Em todos os pontos estudados a fração orgânica do N foi superior à fração inorgânica. Vale ressaltar que as primeiras formas de consumo desse elemento pelos produtores primários estão na fração inorgânica, diminuindo a deposição dessa no sedimento (ESTEVEZ, 2011).

Tanto o nitrogênio, como o fósforo e o enxofre estão associados a matéria orgânica, que foi a que apresentou maior ponto de concentração neste trabalho. Meyers (2003) ressalta que a matéria orgânica nas camadas do sedimento funciona como um registro histórico dos ecossistemas aquáticos e terrestres adjacentes, a exemplo da relação do COT com o NT, utilizada para estimar entradas terrígenas e aquáticas de matéria orgânica. Valores da razão C/N entre 4 e 10 apontam para entradas aquáticas, ou seja, originada pelas algas do próprio lago; em contrapartida, razões entre 10 e 20 mostram entradas de matéria orgânica tanto aquática como terrígena; e, por fim, os valores da razão superior a 20 indicam aporte predominantemente terrígeno.

Neste trabalho, os valores da razão C/N apontam para o aporte misto de matéria orgânica, ou seja, não se diferencia na totalidade o aporte terrígeno do aquático. Ressalta-se que o ponto 2 apresentou maior valor da razão C/N (18,517), indicando uma maior entrada de matéria orgânica terrígena, ou seja, de origem vegetal residual, que

Tabela 3 - Matriz de correlação linear entre as variáveis estudadas no lago Água Preta.

	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	NO	NI	PT	COT	ST
Cd	1											
Co	,4039	1										
Cr	,8268	-,1807	1									
Cu	,9601	,6435	,6365	1								
Ni	,7215	-,3420	,9860	,4992	1							
Pb	,9666	,6249	,6550	,9997*	,5200	1						
Zn	,7415	,9133	,2356	,8995	,0705	,8887	1					
NO	,9893	,2661	,9000	,9091	,8148	,9189	,6358	1				
NI	,9782	,5849	,6920	,9972*	,5622	,9987*	,8646	,9375	1			
PT	,9028	,7581	,5044	,9870	,3536	,9829	,9580	,8304	,9724	1		
COT	,9555	,1160	,9559	,8349	,8937	,8479	,5106	,9883	,8735	,7357	1	
ST	,9099	,7469	,5190	,9896	,3694	,9858	,9530	,8397	,9762	,9999*	,7470	1

*Correlação significante para $p < 0,05$. Cd: cádmio; Co: cobalto; Cr: cromo; Cu: cobre; Ni: níquel; Pb: chumbo; Zn: zinco; NO: nitrogênio orgânico; NI: nitrogênio inorgânico; PT: fósforo total; COT: carbono orgânico total; ST: enxofre total.

pode ser oriunda de áreas que estão sendo desmatadas. É importante frisar que altos teores de matéria orgânica de origem vegetal residual têm as mais baixas taxas de N e, assim, a razão C/N passa a ser maior, como é o caso dos valores encontrados para o ponto 2 neste estudo.

Amorim *et al.* (2009) estudaram os sedimentos superficiais do Lago Grande de Curuaí, lago de várzea, localizado na margem direita do rio Amazonas, próximo à cidade de Óbidos. Trata-se de um complexo de lagos interligados e ligados a este rio por pequenos canais. Segundo os autores, o lago de Curuaí é caracterizado por alta biomassa fitoplactônica, com valor médio para a razão C/N da ordem de 9,3.

Por outro lado, a razão C/N, nos estudos de Burone *et al.* (2003), em sedimentos superficiais na baía de Ubatuba, estado de São Paulo, variaram de 6 a 16,56, destacando-se as áreas de desembocaduras de rios com as mais elevadas razões de C/N, semelhante ao que acontece no ponto 2 amostrado no lago Água Preta. Esse ponto corresponde à área de chegada das águas do rio Guamá, evidenciando a influência desse ambiente fluvial e do estuário guajarinense no aporte de matéria orgânica para os sedimentos do lago Água Preta.

Santos *et al.* (2012), em estudos geoquímicos dos sedimentos de fundo da baía do Guajará e rio Guamá, encontraram respectivamente, nas margens direita e esquerda do referido rio, valores médios de matéria orgânica da ordem de 93.000 e 82.000 mg.kg⁻¹, valores estes bem próximos aos encontrados nesta pesquisa.

Destaca-se também que os sedimentos podem ser classificados como minerais (com teores de matéria orgânica menor que 10%) ou orgânicos (com teores de matéria orgânica maior que 10%). Os pontos 1 e 3 apresentaram sedimentos classificados como orgânicos, ou seja, com maior concentração de nutrientes do que os sedimentos minerais (ESTEVEZ, 2011).

De maneira geral, os altos teores de matéria orgânica nos sedimentos do lago evidenciam as pressões antrópicas de áreas adjacentes, com o lançamento de esgotos *in natura* em corpos d'água próximos ao lago que acabam sendo carregados para ele, além da grande influência dos sedimentos oriundos do rio Guamá e da baía de Guajará.

Assim como os nutrientes analisados, os metais pesados também apresentaram as maiores concentrações nos pontos 1 e 3. Por outro lado, o ponto 2, que representa a área menos exposta à urbanização, mostrou as menores concentrações para todos os metais avaliados, exceto para o elemento Co que apresentou valor levemente superior no ponto 2 em relação ao ponto 1.

O Co não apresenta VGQS, porém, em comparação com valores máximos obtidos em sedimentos contaminados por metais pesados no lago Texoma (14 mg.kg⁻¹), nos EUA; no lago Balaton (17 mg.kg⁻¹), na Hungria; e na lagoa da Pampulha (20,83 mg.kg⁻¹), no Brasil, pode-se inferir que os níveis de Co nos sedimentos estudados do lago Água Preta (13 mg.kg⁻¹) apontam para a contaminação dos sedimentos para esse metal, apesar de não existir índices internacionais que confirmem essa

suposição (AN & KAMPBELL, 2003; FRIESE *et al.*, 2010; NGUYEN *et al.*, 2005).

An e Kampbell (2003) estudaram a concentração de metais pesados em sedimentos do Lago Texoma nos EUA, bastante utilizado na recreação, lazer, exploração imobiliária, agricultura e navegação. Nguyen *et al.* (2005) também avaliaram a concentração de metais pesados em sedimentos do maior lago da Europa Central, o Lago Balaton, o qual recebe águas do rio Zala, que atravessa áreas de agricultura intensiva e um condado com densidade populacional em rápida expansão e atividades industriais. Já no Brasil, trabalho de Friese *et al.* (2010), na lagoa da Pampulha, encontrou altas concentrações de metais pesados nos sedimentos da lagoa relacionando-os ao desenvolvimento da indústria de ferro, aço, solventes e tintas localizadas próximo a lagoa. Os ecossistemas acima mencionados, apesar de serem de bioma e até hemisférios diferentes aos do lago Água Preta, são sistemas lacustres fluviais que refletem as interações das bacias hidrográficas que os compõem com as atividades humanas inerentes a essas bacias.

Para o metal Cu, os valores de referência para qualidade dos sedimentos estão abaixo do índice TEL, o que não configura contaminação dos sedimentos por esse metal. Todavia, quando se comparam os três pontos estudados no lago, observa-se que o ponto 3 é o que mais se destaca quanto ao valor de Cu, ficando inclusive bem próximo do limite mínimo (TEL) estabelecido internacionalmente para sedimentos contaminados.

O Cr e o Ni foram os metais que mostraram concentrações superiores ao índice PEL nos pontos 1 e 3, indicando a contaminação dos sedimentos do lago Água Preta e intensificando o risco de efeitos adversos à biota aquática. Por outro lado, o ponto 2 apresentou concentração acima do índice TEL, evidenciando uma contaminação moderada dos sedimentos do lago nesse ponto.

Ribeiro (1992), em trabalho pioneiro no lago Água Preta, encontrou concentrações de Cr variando entre 1,58 mg.kg⁻¹ e 8,65 mg.kg⁻¹. Em contrapartida, comparando-se os valores encontrados neste estudo (50 mg.kg⁻¹ a 245 mg.kg⁻¹), nota-se o elevado incremento desse metal nos sedimentos do lago ao longo dos últimos 20 anos, revelando as mudanças do entorno do manancial, principalmente a expansão do número de moradias irregulares e o aumento de diversas atividades industriais.

Da mesma forma, ao compararmos os valores máximos de Ni obtidos no lago Água Preta (97 mg.kg⁻¹), com valores máximos de trabalhos realizados por An e Kampbell (2003), no lago Taxoma, nos EUA (31 mg.kg⁻¹); Nguyen *et al.* (2005), no lago Balaton (55 mg.kg⁻¹), na Hungria; Friese *et al.* (2010), na lagoa da Pampulha (53,53 mg.kg⁻¹), no Brasil; Ikem e Adisa (2011), no lago Hough Park (22,88 mg.kg⁻¹), nos Estados Unidos, percebe-se que os valores de Ni no Água Preta estão acima de todas as concentrações dos estudos realizados em outros lagos.

Os valores de Pb encontrados neste trabalho e os detectados por Ribeiro (1992), na mesma área, mostram um grande incremento do

metal nos sedimentos do lago, com enriquecimento de até 40 vezes na concentração nos sedimentos. Quanto aos índices de referência, os pontos 1 e 3 apresentaram valores de Pb acima do índice TEL, indicando que nesses pontos existe contaminação moderada por esse metal; já o ponto 2 apresentou valor de Pb abaixo do índice TEL, sugerindo que nesse ponto os sedimentos não estão contaminados por ele.

CONCLUSÃO

Os sedimentos do lago Água Preta apresentaram concentrações diferenciadas para todos os elementos avaliados, sobretudo evidenciando

o crescimento populacional com aumento dos núcleos urbanos sem planejamento e infraestrutura adequada que se expandem nas proximidades das duas ramificações do lago. Notadamente, os sedimentos do lago estão impactados pelo excesso de nutrientes e metais pesados, resultado da expansão urbana e industrial no entorno do manancial.

Portanto, o avanço das indústrias e a ocupação urbana com moradias irregulares sem condições sanitárias adequadas na área do Parque Ambiental do Utinga, bem como o crescimento desordenado da população são os principais fatores que influenciam no incremento de nutrientes e metais pesados para os sedimentos do lago Água Preta.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, M.A.; MOREIRA-TURCQ, P.F.; TURCQ, B.J.; CORDEIRO, R.C. (2009) Origem e dinâmica da deposição dos sedimentos superficiais na Várzea do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil. *Acta Amazônica*, v. 39, p. 165-171. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000100016>
- AN, Y.; KAMPBELL, D.H. (2003) Total, dissolved, and bioavailable metals at Lake Texoma marinas. *Environmental Pollution*, v. 122, p. 253-259.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.
- BRASIL (2012). *Resolução CONAMA nº 454*, de 1º de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>. Acesso em 14/05/2018.
- BURONE, L.; MUNIZ, P.; PIRES-VANIN, A.M.S.; RODRIGUES, M. (2003) Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern - Brazil). *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, v. 75, p. 77-90.
- CARVALHO, M.C. (2001) *Investigação do registro histórico da composição do chumbo e da concentração de metais pesados em testemunhos de sedimentos no lago Água Preta, Região Metropolitana de Belém - Pará*. 93f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, Belém.
- COSTA, V.B.; SOUZA, L.R.; SENA, B.A.; COSTA, S.D.; BEZERRA, M.F.C.; NAKAYAMA, L. (2010) Microfitoplâncton do lago Água Preta, parque ambiental de Belém (Pará, Brasil), durante o período chuvoso. *UAKARI*, v. 6, n. 1, p. 75-86.
- COTTA, J.A.O.; REZENDE, O.O.M.; PIOVANI, M.R. (2006) 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000100009>
- DE SOUZA, E.B.; CARMO, A.M.C.; MORAES, B.C.; NACIF, A.; FERREIRA, D.B.S.; ROCHA, E.J.P.; SOUZA, P.J.O.P. (2016) Sazonalidade da precipitação sobre a Amazônia legal brasileira: clima atual e projeções futuras usando o modelo REGCM4. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 18, p. 293-306. <http://dx.doi.org/10.5380/abclimav18i043711>
- ESTEVES, F.A. (2011) *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência. 826 p.
- FRIESE, K.; SCHMIDT, G.; LENA, J.C.; NALINI JUNIOR, H.A.; ZACHMANN, D.W. (2010) Anthropogenic influence on the degradation of an urban lake - The Pampulha reservoir in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Limnologica*, v. 40, p. 114-125. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2009.12.001>
- IKEM, A.; ADISA, S. (2011) Runoff effect on eutrophic lake water quality and heavy metal distribution in recent littoral sediment. *Chemosphere*, v. 82, p. 259-267. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.09.048>
- KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. (2006) World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 15, n. 3, p. 259-263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- LIMA, R.C.; MESQUITA, A.L.A.; BLANCO, C.J.C.; SANTOS, M.L.; SECRETAN, Y. (2015) An analysis of total phosphorus dispersion in lake used as a municipal water supply. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 87, n. 3, p. 1505-1518. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201520130317>
- MACDONALD, D.D.; INGERSOLL, C.G.; BERGER, T.A. (2000) Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. *Archives Environmental Contamination and Toxicology*, v. 39, p. 20-31. <https://doi.org/10.1007/s002440010075>
- MELO, N.F.A.C.; PAIVA, R.S.; SILVA, M.M.T. (2006) Considerações ecológicas sobre o zooplâncton do lago Bolonha, Belém, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, v. 1, p. 115-125.

- MEYERS, P.A. (2003) Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. *Organic Geochemistry*, v. 34, p. 261-289. [https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(02\)00168-7](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(02)00168-7)
- NGUYEN, H.L.; LEERMAKERS, M.; OSÁN, J.; TÖRÖK, S.; BAEYENS, W. (2005) Heavy metals in Lake Balaton: water column, suspended matter, sediment and biota. *Science of the Total Environment*, v. 340, p. 213-230. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.07.032>
- REBOUÇAS, A.C. (2006) Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Orgs.). *Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3. ed. São Paulo: Escrituras. 748 p.
- RIBEIRO, H.M.C. (1992) *Avaliação atual da qualidade das águas superficiais dos lagos Bolonha e Água Preta situados na área fisiográfica do Utinga (Belém-PA)*. 205 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, Belém.
- SANTOS, S.N.; LAFON, J.M.; CORRÊA, J.A.M.; BABINSKI, M.; DIAS, F.F.; TADDEI, M.H.T. (2012) Distribuição e assinatura isotópica de Pb em sedimentos de fundo da foz do Rio Guamá e da Baía do Guajará (Belém - Pará). *Química Nova*, v. 35, p. 249-256. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422012000200004>
- SODRÉ, S.S.V. (2007) *Hidroquímica dos Lagos Bolonha e Água Preta, Mananciais de Belém - Pará*. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém.
- VAN GRIETHUYSEN, C.; LUITWIELER, M.; JOZIASSE, J.; KOELMANS, A.A. (2005) Temporal variation of trace metal geochemistry in floodplain lake sediment subject to dynamic hydrological conditions. *Environmental Pollution*, v. 137, n. 2, p. 281-294. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.01.023>
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. (1934) An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, v. 37, p. 29-38. <https://dx.doi.org/10.1097/O0010694-193401000-00003>

