

<https://periodicos.utfpr.edu.br/recit>

Geoacumulação de metais em sedimentos de ambientes aquáticos brasileiros, uma revisão e comparação entre um lago do norte do paraná e demais localidades.

RESUMO

A avalia o da qualidade ambiental histórica de ambientes aquáticos pode ser medida pela concentra o de poluentes presentes nos sedimentos de fundo. A análise de sedimentos em testemunhos traz um indicativo do período de contamina o. A geacumula o por metais pesados e elementos traços em testemunhos   medida por índices já consolidados na literatura mundial. Neste trabalho está apresentada uma revisão de estudos de índices de geacumula o de sedimentos em diferentes ambientes aquáticos brasileiros e ainda uma compara o com um ambiente presente no Norte do Estado do Paraná. Os resultados mostraram que os ambientes aquáticos presentes em regiões de intensa atividade antrópica (como regiões portuárias ou industriais) possuem índices de geacumula o mais elevados, porém o ambiente estudado no norte do estado do Paraná encontra-se em constante contamina o, em especial nas últimas décadas pelos metais Pb, Mg e Zn.

PALAVRAS-CHAVE: sedimentos de testemunhos; geacumula o, ambientes aquáticos; i_{geo} , fe .

Luciane Vieira

lucianevieira@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná, Brasil

Guilherme de Paula

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná, Brasil

Mar  Cristina Rodrigues Halmeman

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná, Brasil

Sandro Froehmer

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná, Brasil

INTRODUÇÃO

Os ambientes aquáticos têm sido alvo de estudos nas últimas décadas, pois a qualidade ambiental destes ambientes é largamente afetada pelo mau uso do solo no entorno destes, como as atividades antrópicas resultantes do desenvolvimento das cidades médias e grandes (BAUMARD et al., 1998). Desta forma, práticas de monitoramento da qualidade das águas e sedimentos de rios, lagos e oceanos estão consolidadas em todo o mundo (YAMAMOTO et al., 2016).

O alto custo que envolve os monitoramentos constantes dos recursos hídricos devido às atividades de coletas, transporte, preparação e análise de amostras, torna esta metodologia de avaliação da qualidade ambiental dispendiosa. Porém, uma prática já adotada na avaliação da poluição histórica de ambientes aquáticos é a análise de sedimentos profundos, chamados testemunhos, os quais preservam por anos as características químicas de compostos hidrofóbicos (FOSTER e WALLING, 1994).

Nos estudos de sedimentos de testemunhos, a distribuição dos compostos de interesse pode estar relacionada aos eventos naturais e antrópicos ocorridos na bacia hidrográfica do local coletado e identificar o impacto causado pelo crescimento populacional, uso do solo e o estabelecimento de cidades (CHEN et al., 2004; FROEHNER et al., 2010). A geocronologia dos sedimentos auxilia na identificação das datas de ocorrência de tais eventos, a datação de sedimentos recentes é feita com o ^{210}Pb (APPLEBY, 2000).

A geocumulação por metais pesados nos testemunhos e o estudo do enriquecimento por metais relata o grau da poluição e auxilia na identificação das fontes poluidoras, como por exemplo, os metais chumbo e zinco advindos de lançamentos de efluentes industriais, chorume de resíduos domésticos, uso de pesticidas na agricultura e de emissões veiculares, podendo desta forma construir uma linha de evolução de acumulação por estes elementos (FRANZ et al., 2013; CHO et al.; 2015; PEJMAN et al.; 2015). A geoacumulação combinada a geocronologia dos testemunhos auxilia na identificação do início e grau de contaminação do sedimento em determinada data facilitando o conhecimento da origem do contaminante no ambiente aquático (ABRAHIM e PARKER, 2008).

A aplicação destas duas ferramentas de análise de sedimentos tem sido muito estudada nos últimos anos, associada as atividades do crescimento urbano, exemplos dos estudos desenvolvidos por Fugita et al., 2014, Cho et al., 2015 na Ásia, que encontraram geoacumulação dos metais Zn, Pb, Cu e Cd, tendo como origem atividades industriais e o aumento do tráfego urbano em grandes cidades.

No Brasil poucos estudos tem abordado a avaliação da poluição histórica por metais em ambientes aquáticos. Diante desta realidade, este trabalho tem por objetivos (i) realizar um levantamento bibliográfico dos ambientes aquáticos brasileiros que possuem uma avaliação histórica da poluição antrópica devido ao enriquecimento por metais pesados e elementos traços, (ii) apresentar os índices de geoacumulação encontrados nestes, (iii) fazer um comparativo dos índices de enriquecimento encontrados em um ambiente aquático situado em uma bacia hidrográfica urbanizada, no Norte do Estado do Paraná (Lago do Parque Arthur Thomas, Londrina) com ambientes aquáticos de outras localidades brasileiras.

METODOLOGIA

Para o levantamento bibliográfico de estudos de análise de sedimentos de testemunhos em ambientes aquáticos no Brasil, foram realizadas pesquisas pela plataforma acadêmica *Science Direct*, uma vez que esta é a principal plataforma de literatura acadêmica revisada *Elsevier*. Devido a relevância deste portal de pesquisa a nível nacional e internacional apenas os trabalhos encontrados nesta plataforma foram considerados.

Com base nos estudos encontrados, buscaram-se os valores de concentrações para os metais encontrados nos testemunhos de sedimentos e os índices de geoacumulação abordados nas pesquisas. Com o índice de acumulação por um metal (I_{geo}) é possível estimar o acúmulo de um metal em relação à sua concentração em ambientes com ausência de contaminação. A classificação da amostra é realizada segundo a faixa de valores de 0 a 6 (Tabela 1) (Muller, 1969) encontrados pela Equação 1:

$$I_{geo} = \frac{\log_2 C_n}{1,5 B_n} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: C_n é a concentração do metal na amostra; B_n é a concentração do metal em valor de referência ou *background*.

Tabela 1: Valores para os níveis de contaminação I_{geo}

Valores de I_{geo}	Classe de I_{geo}	Qualidade do Sedimento
>5	6	Contaminação extrema
4 - 5	5	Contaminação elevada e extrema
3 - 4	4	Contaminação elevada
2 - 3	3	Contaminação moderada a alta
1 - 2	2	Contaminação moderada
0 - 1	1	Sem contaminação a contaminação moderada
0	0	Sem contaminação

Fonte: Muller, 1969.

Outro índice de geoacumulação é o fator de enriquecimento (FE) obtido a partir da concentração do metal sobre o metal normalizador, sendo muito utilizado para estimar os impactos antropogênicos dos metais sobre os sedimentos, (SALOMONS e FOSTNER, 1984; DICKINSON, 1996). O metal normalizador pode ser o Fe, Al, Mn ou outro dependendo das características do solo da área de estudo. Este cálculo auxilia no entendimento da contaminação pelo metal pesado, uma vez que demonstra a quão enriquecida a amostra está pelo metal. Segue a Equação (2) para o cálculo de FE (FENG et al., 2004).

$$FE = \frac{M_x \times Fe_b}{M_b \times Fe_x} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde: M_x e Fe_x são os valores da concentração do metal e o do normalizador (exemplo: Fe) nas amostras de sedimentos; M_b e Fe_b são os valores da concentração média do metal e do normalizador respectivamente no período de *background* ou referência.

Por convenção adota-se: $0,5 \leq FE \leq 1,5$ como indicativo da presença do metal por contribuição do solo e $FE > 1,5$ é uma proporção importante do metal advindo de fontes externas ao solo, como atividades antropogênicas (FENG et al., 2004). Os valores de FE podem variar de $FE < 1$ não enriquecido até $FE \geq 25-50$ indicando enriquecimento extremamente severo.

O Lago do Parque Arthur Thomas está localizado no Norte do Estado do Paraná situado no centro urbano da cidade de Londrina, sua área está localizada dentro do Parque Municipal Arthur Thomas onde também é a sede da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Londrina nos limites do perímetro urbano do

município de Londrina no Norte do Estado do Paraná. O lago possui uma área de 33.462 m², vazão média de 0,547 m³/s (MANGILI JR, 2015) e profundidade máxima de 5 m. A cidade de Londrina é conceitualmente uma cidade média com aproximadamente 500 mil habitantes (IBGE, 2010) e 81 anos desde sua emancipação política.

Dados dos fatores de enriquecimento por metais (*I*_{geo} e FE) foram abordados de prévio trabalho (Vieira, 2016), único na região norte do estado do Paraná e comparados tais resultados de geacumulação e respectivos índices *I*_{geo} e FE a ambientes aquáticos de outras regiões do país.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os índices *I*_{geo} e FE dos metais analisados nos sedimentos e o período de análise no lago do Parque Arthur Thomas de Londrina e os índices observados em estudos no Brasil estão apresentados na Tabela 2. As concentrações para os metais Ba, Pb, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ag, Ni, V, Zn, Ar, Al, Sc, Hg e Cd formaram a base dos estudos realizados nas diferentes regiões do Brasil.

Tabela 2 - Geoacumulação em sedimentos de diferentes ambientes aquáticos no Brasil.

Local	Data/Profundidade	Metais	<i>I</i> _{geo} (max)	FE(max)
Lago urbano do Parque Arthur Thomas, Londrina-PR ¹	1914 - 2012	Pb, Al, Li, Cd, Cu, Cr, Cr, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn, V	3 (Pb)	14,9 (Pb) 9,3 (Zn) 8 (Mg)
Delta do Rio Paraíba, NE ²	50 e 95 cm	Pb, Cr, Cu, Fe, Mn, Zn	1	2,1(Cu)
Rio Charradiba e Baía de Guanabara, São Gonçalo, RJ ³	2012/Sedimento superficial	Pb, Cr, Cu, Ag, Ni, Zn, Hg, Cd	>>0 (Ni, Zn)	Não possui
Região dos Lagos, São Pedro da Aldeia, RJ ⁴	Sedimento superficial	Pb, Mn, Zn, Hg	Não possui	20 (Zn)
Porto de Mucambo, CE ⁵	2011/ sedimento superficial	Pb, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn, Al, Hg, Cd	>>0 (Zn)	Não possui
Porto de Pecém, CE ⁶	2011/ sedimento superficial	Pb, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn, Al, Hg, Cd	>>0 (Zn)	Não possui
Sistema Estuarino de Santos, SP ⁷	2011/ sedimento superficial	Pb, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn, Al, Hg, Cd	0,0 (Zn)	Não possui
Baixada Santista, Santos, SP ⁸	2014/ sedimento superficial	Pb, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, As, Al	Não possui	9,3 (As)
Baía de Todos os Santos, BA ⁹	2013/10cm	Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn, V	3,8 (Zn)	3,3 (Zn)
Camaleãozinho, ES ⁴	2008/20cm	Pb, Cr, Cu, Ni, Zn	Não possui	18(Cu)
Rio Ceará, CE ⁵	3cm	Pb, Cr, Cu, Fe, Al, Zn	4,9 (Zn)	Não possui
Prum de Jurubá, RJ ¹	Sedimento superficial	Pb, Cr, Fe, Zn	Não possui	2,9 (Zn)
Baía de Guanabara, RJ ¹	140 e 180cm	Pb, Co, Mn, Ag, As	3,4 (Pb)	Não possui

¹Vieira, 2016; ²De Paula Filho et al., (2015); ³Fonseca et al., (2014); ⁴Silva-Filho et al.,(2006); ⁵Buruaem et al., (2012); ⁶Kim et al., (2016); ⁷Pereira et al., (2015); ⁸Costa et al., (2015);

^hNilin et al., (2013); ⁱAbuchacra et al. (2015); ^jBaptista Neto et al., (2016); ^kFernandes, 2015.

Dados de Vieira, 2016 mostram as concentrações para os metais Fe, Al, Ti, V, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn, Cr, Co, Mn, Ni, Mg para os anos de 1914 a 2012 nos sedimentos do Lago Arthur Thomas. Adotando-se como valor de referencia ou *background* as médias das concentrações dos metais nos períodos de 1914 a 1930, devido a baixa ocupação humana e influencia antropogênica na região neste período, obtendo-se os seguintes índices de geacumulação: $I_{geo} = 2$ (contaminação moderada) nos períodos de 1932 a 1950 e $I_{geo} = 3$ (contaminação moderada a alta) de 1952 a 2012. Com valores de I_{geo} entre 2 e 3 para Mg, Zn e Hg e 3 para o Pb.

Fazendo-se uma comparação com os demais ambientes aquáticos revisados, os sedimentos encontraram-se em contaminação extrema ($I_{geo} \geq 6$) para o metal Zn nos locais: Baía de Mucuripe, Porto de Pecém, Santos, Sistema estuarino de Santos e estuário Paraguaçu. Enquanto que os elementos Pb, Cr, Cu e Ni obtiveram $I_{geo} > 5$ nos sedimentos do rio Guaxindiba e na Baía de Guanabara (Fonseca et al., 2014). O Pb também foi encontrado nos sedimentos do porto de Mucuripe, Sistema estuarino São Vicente e Baía de Guanabara com $I_{geo} = 4$ (contaminação elevada).

Considerando-se que estes ambientes possuem uma atividade urbana mais intensa com a presença de possíveis poluidores, como a emissão atmosférica e o lançamento de efluentes com a presença de metais pesados, eram esperados valores maiores de geacumulação pelos metais do que dos sedimentos do Lago Arthur Thomas, que está situado em uma bacia hidrográfica urbana, com atividades agrícolas e industriais porém menos exposto a poluição do que estuários portuários.

Resultados ambientalmente mais satisfatórios foram encontrados por De Paula Filho et al., 2015 para o Rio Parnaíba, com $I_{geo} = 0$ e por Fernandes et al., 2015 na represa Mão de Deus, em Viamão-RS com valores de I_{geo} de 0 a 2 para os metais Ni e Zn.

Na análise dos fatores de enriquecimento dos metais, os sedimentos do lago Arthur Thomas obtiveram para os períodos: 1932 a 1950: Zn, Pb, Mg, Mn, Ni e Hg, FE médio = 2,5 (baixo enriquecimento) e entre 1952 a 2012: Zn, Pb, Mg, Mn, Ni, Hg e Cd, FE médio = 4,3 (enriquecimento moderado). Ainda para os metais

Mg, Zn e Pb presentes nos sedimentos destes períodos a autora encontrou valores de FE entre 8 e 14. Estes dados comprovam a contaminação histórica por metais pesados e elementos traços presentes nos sedimentos do Lago do parque Arthur Thomas.

Os fatores de enriquecimento se assemelham aos resultados de análises de sedimentos de lixiviados na região dos Lagos, RJ, que foram encontrados FE para os elementos Mn=7 e Zn=20 e ainda neste ambiente de solo arenoso a contaminação pelo Fe indicada por um enriquecimento FE=8,7. Altos valores de FE para o elemento Pb foi também observado por Kim et al., 2016 nos estuários de Santos. Ainda, altos valores do enriquecimento pelos metais Pb, Cr e Cu foram observados no canal estuarino de Vitória (Costa et al., 2015). Diferentes resultados foram observados para o rio Parnaíba com um FE pelos metais abaixo de 1,2.

CONCLUSÃO

Com a observação dos fatores de geacumulação encontrados nos sedimentos dos diferentes ambientes aquáticos (estuários, lago, baía e rios) localizados nas diferentes regiões brasileiras e devido a característica dos solos de cada ambiente e região do país é de grande importância o estudo da qualidade ambiental dos sedimentos, uma vez que estes retratam os níveis de poluição e contaminação tolerados, sob os efeitos da urbanização de médias e grandes cidades.

A comparação do lago Arthur Thomas com os demais ambientes revela que esse ambiente apesar de estar longe de grandes centros urbanos e menos susceptível as ações antropogênicas, vem sofrendo contaminação ao longo dos anos, devido as atividades em especial de agricultura, típica do Norte do Estado do Paraná e o avanço da indústria local nos últimos anos.

Geoaccumulation of metals in sediments of Brazilian aquatic environments, a review and comparison between a north lake of Paraná and other locations.

ABSTRACT

The assessment of the historical environmental quality of aquatic environments can be measured by the concentration of pollutants present in the core sediments. The analysis of sediments in the samples gives an indication of the period of contamination. The heavy metals and trace elements in the samples are measured by indexes already consolidated in the world literature. This work presents a review of studies of sediment geoaccumulation indices in different Brazilian aquatic environments, as well as a comparison with an environment in the north of the State of Paraná. The results showed that aquatic environments present in regions of intense anthropic activity (such as port or industrial regions) have higher geoaccumulation rates, but the environment studied in the north of the state of Paraná is in constant contamination, especially in the last decades by metals Pb, Mg and Zn.

KEYWORDS: core sediments, geoaccumulation, aquatic environments, I_{geo} , EF

REFERÊNCIAS

ABRAHIM G. M. S., PARKER R. J. **Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand.** *Environ Monit Assess.* v.136, p. 227–238, 2008.

ABUCACHARA, P.F.F.; AGUIAR, V.M.C.; ABUCHACRA, R.C.; BAPTISTA NETO, J.A.; OLIVEIRA, A.S. **Assessment of bioavailability and potential toxicity of Cu, Zn and Pb, a case study in Jurujuba Sound, Rio de Janeiro, Brazil.** *Marine Pollution Bulletin*, v 100 p. 414-425. 2015.

APPLEBY, P.G. **Radiometric dating of sediment records in European mountain lakes.** *J. Limnology*, v. 59, p. 1–14. 2000.

BAPTISTA NETO, J.A. ; BARRETO, C.F, VILELA, C.G., FONSECA, E.M., MELO, G.V., BARTH, O.M. **Environmental change in Guanabara Bay, SE Brazil, based in microfaunal, pollen and geochemical proxies in sedimentary cores.** *Ocean & Coastal Management*, p. 1-12. 2016.

BAUMARD, P.; BUDZINSKI, H.; MICHON, Q.; GARRIGUES, P.; BURGEOT, T. **Origin and Bioavailability of PAHs in the Mediterranean Sea from Mussel and Sediment Record.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* v. 47, p. 77–90, 1998.

BURUAEM, L.M.; HORTELLANI, M.A.; SARKIS, J.E.; COSTA-LOTUFO, L.V.; ABESSA, D.M.S. **Contamination of port zone sediments by metals from Large Marine Ecosystems of Brazil.** Marine Pollution Bulletin v 64 p. 479-488. 2012.

CHEN, B., XUAN, X., ZHU, L., WANG, J., GAO, Y., YANG, K. **Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface waters, sediments and soils of Hangzhou City, China.** Water Res. v. 38, p. 348–356. 2004.

CHO, J., HYUN, S., HAN, J.-H.; KIM, S., SHIN, D.H. **Historical trend in heavy metal pollution in core sediments from the Masan Bay, Korea.** Marine Pollution Bulletin. v.95, n. 1, p. 427–432, 2015.

COSTA, E.S.; GRILO, C.F.; WOLFF, G.A.; THOMPSON, A.; FIGUEIRA, R.C.L.; NETO, R.R. **Evaluation of metals and hydrocarbons in sediments from a tropical tidal flat estuary of Southern Brazil.** Marine Pollution Bulletin v 92 p. 259-268. 2015.

DE PAULA FILHO, F.J.; MARINS, R.V.; LACERDA, L.D.; AGUIAR, J.E.; PERES, T.F. **Background values for evaluation of heavy metal contamination in sediments in the Parnaíba River Delta estuary, NE/Brazil.** Marine Pollution Bulletin v 91 p. 424-428. 2015.

DICKINSON, W. W.; DUNBAR, G. B.; MCLEOD, H. **Heavy metal history from cores in Wellington Harbour, New Zealand.** Environmental Geology. v. 27, p.59–69, 1996.

FENG, H.; HAN, X.; ZHANG, W.; YU, L. **A preliminary study of heavy metal contamination in Yangtze River intertidal zone due to urbanization.** Marine Pollution Bulletin, v.49, p. 11-12, 910–915. 2004.

FERNANDES, FELIPPE. **Enriquecimento Geoquímico de Metais em Testemunhos de Sedimentos, correlacionados com granulometria e Teores de Matéria Orgânica.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2015.

FONSECA, E.M. *et al.* **Study of pollutant distribution in the Guaxindiba Estuarine System – SE Brazil.** Marine Pollution Bulletin v 82 p. 45-54. 2014.

FOSTER, I.D.L., WALLING, D.E. **Using reservoir deposits to reconstruct changing sediment yields and sources in the catchment of the Old Mill reservoir, South Devon, UK, over the last 50 years.** Hydrological Sciences Journal, v.39, p. 347–368, 1994.

FRANZ, C., MARESCHIN, F., WEIB, H., LORZ, C. **Geochemical signature and properties of sediment sources and alluvial sediments within the Lago Paranoá catchment, Brasilia DF: A study on anthropogenic introduced chemical elements in an urban river basin.** Science of the Total Environment, v. 452, p. 411-420, 2013.

FROEHNER, S., PICCIONI W., MACHADO, K.S., AISSE, M.M. **Removal Capacity of Caffeine, Hormones, and Bisphenol by Aerobic and Anaerobic Sewage Treatment.** Water, Air, & Soil Pollution v. 216, n.1-4, p.463–471, 2010.

FUGITA, M., IDE, Y., SATO, D., KENCH, P.S., KUWAHARA, Y., YOKOKI, H., KAYANNE, H. **Heavy metal contamination of coastal lagoon sediments: Fongafale Islet, Funafuti Atoll, Tuvalu** Chemosphere, v.95, p. 628–634, 2014.

IBGE, **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**, <http://www.ibge.gov.br/cidades>, acessado em 18 de maio de 2015. 2010.

KIM, B.S.M.; SALAROLI, A.B.; FERREIRA, P.A.L.; SARTORETTO, J.R.; MAHIQUES, M.M.; FIGUEIRA, R.C.L. **Spatial distribution and enrichment assessment of heavy metals in surface sediments from Baixada Santista, Southeastern Brazil.** Marine Pollution Bulletin v 103 p. 333-338. 2016.

MANGILI, J.F., MARIOTTONI, C.A., BARBOSA, P.S.F. **Reativação de mini central hidrelétrica, como fonte renovável de energia e uso multidisciplinar em parques municipais de Londrina-PR.** AGRENER GD 2015 10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, USP, São Paulo, 2015.

MÜLLER, G. **Index of geoaccumulation in the sediments of the Rhine River.** Geojournal, v. 2, n. 3, p. 108-118. 1969.

NILIN, J.; MOREIRA, L.B.; AGUIAR, J.E.; MARINS, R.; ABESSA, D.M.S.; LOTUFO, T.M.C.; COSTA-LOTUFO, L.V. **Sediment quality assessment in a tropical estuary: The case of Ceará River, Northeastern Brazil.** Marine Environmental Research v 91 p. 89-96. 2013.

PEJMAN, A.; NABI BIDHENDI, G.; ARDESTANI, M.; SAEEDI, M.; BAGHVAND, A., **A new index for assessing heavy metals contamination in sediments: A case study**. *Ecological Indicators*, v.58, p.365–373, 2015.

PEREIRA, T.S.; MOREIRA, I.T.A., OLIVEIRA, O.M.C.; RIOS, M.C.; FILHO, W.A.C.S.; ALMEIDA, M.; CARVALHO, G.C. **Distribution and ecotoxicology of bioavailable metals and As in surface sediments of Paraguaçu estuary, Todos os Santos Bay, Brazil**. *Marine Pollution Bulletin* v 99 p. 166-177. 2015.

SALOMONS, W., FÖRSTNER, U. **Metals in the hydrocycle**. Springer, Berlin Heidelberg Tokyo. 1984

SILVA, P.S.C.; DAMATTO, S.R.; MALDONADO, C.; FÁVARO, D.I.T.; MAZZILLI, B.P. *et al.* **Metal distribution in sediment cores from São Paulo State Coast, Brazil**. *Marine Pollution Bulletin* v 62 p. 1130-1139. 2011.

SILVA-FILHO, E.V.; SELLA, S.M.; SPINOLA, E.C.; SANTOS, I.R.; MACHADO, W.; LACERDA, L.D. **Mercury, zinc, manganese, and iron accumulation in leachate pond sediments from a refuse tip in Southeastern Brazil**. *Microchemical Journal* v 82 p. 196-200. 2006.

VIEIRA, L.M. **DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS NOS ÚLTIMOS 100 ANOS DE UM LAGO URBANO DA CIDADE DE LONDRINA, PR**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, UFPR, 2016.

YAMAMOTO, F. Y. ; PEREIRA, M. V. M. ; LOTTERMANN, E. ; SANTOS, G. S., GUSO-CHOUERI, P. , STREMEL, T. R. O. ; AZEVEDO, J. C. R. ; RIBEIRO, C. A. O. **Bioavailability of pollutants sets risk of exposure to biota and human population in reservoirs from Iguazu River (Southern Brazil)**. *Environmental Science and Pollution Research International* v. 23, p. 1-18, 2016.

Recebido: 14 set. 2017.

Aprovado: 31 out. 2017.

DOI:

Como citar: VIEIRA, L. ; FROEHNER, S. ; PAULA, G.; HALMEMAN, M. R. C. ; Geoacumulação de metais em sedimentos de ambientes aquáticos brasileiros, uma revisão e comparação entre um lago no norte do Paraná e as demais localidades. *R. Eletr. Cient. Inov. Tecnol, Medianeira, Edição Especial SIAUT, E – 7059*. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/recit>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

