

REVISTA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

SITIENTIBUS

CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ARTIGO

ANÁLISE DE METAIS-TRAÇOS EM SEDIMENTOS DA APA DO PRATIGI, BAHIA*ANALYSIS OF TRACE METALS IN SEDIMENTS OF PRATIGI APA, BAHIA*

RENATA BARRETO MASCARENHAS

Mestranda do Programa de Pós Graduação em Modelagem Ambiental e Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: renata.mascarenhas1@hotmail.com

IARA ROCHA ARAGÃO

Graduanda em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: iara.aragao@hotmail.com

PLÍNIO REIS

Graduando em Licenciatura em Biologia pela Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: pliniobio@live.com

TAÍSE BOMFIM DE JESUS

Professora Dr^a do Departamento de Exatas da Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: taisebj@hotmail.com**RESUMO**

Na APA do Pratigi, Sul da Bahia, pontua-se como uso do solo, atividades agrícolas, pequenas hidrelétricas e piscicultura. Este trabalho analisou as concentrações de Cu, Pb, Cr, Zn e Ni nos sedimentos da Bacia do Rio Juliana. Revelou-se que existe uma grande variação entre as concentrações de metais-traços encontradas ao longo da bacia analisada e que esta variação pode ser explicada pelo uso do solo ao entorno dos pontos de amostragem, além da geomorfologia da região. Porém, apenas as concentrações de Cr apontaram uma possível contaminação do sedimento, que pode ser proveniente do uso de defensivos agrícolas, à base de Cr, em grande escala. Assim, os gestores da APA podem propor medidas mitigadoras para áreas com concentrações significativas de Cr, e no ambiente, livres de atividade antrópicas, que apresentou melhor qualidade ambiental, em relação às concentrações de metais-traços, pode ser útil como um ambiente referencial para sedimentos da Mata Atlântica.

Palavras-chave: Mata Atlântica, Bacia Hidrográfica, Contaminação.

ABSTRACT

In the APA of Pratigi, South of Bahia, agricultural activities, small hydropower and pisciculture are pointed out as use of the soil. This study has analyzed the concentrations of Cu, Pb, Cr, Zn and Ni in the sediments of the Juliana River. It has proved that there is a great variation between the trace-metal concentrations found along the Juliana River and that this variation can be explained by the use of the soil in the surroundings of the sampling points, besides the geomorphology of the region. However, only concentrations of Cr indicated a possible contamination of the sediment, which may come from the use of agricultural defensives, based on Cr. Thus, APA managers can propose mitigating measures for areas with significant concentrations of Cr, and in the environment, free of anthropic activity, which presented better environmental quality, in relation to trace-metal concentrations, it can be useful as a reference environment for Sediments of the Atlantic Forest.

Keywords: Forest Atlantic, contamination, hydrographicbasin.



INTRODUÇÃO

Os metais-traços são elementos encontrados naturalmente em todas as rochas que compõem a litosfera e são depositados no sedimento através do processo de intemperismo. Normalmente são tóxicos e bioacumulativos, por não serem degradáveis (STUMM, 1996; FERREIRA *et al.*, 2010). Podem ser encontrados em compartimentos ou reservatórios abióticos e bióticos, e uma vez disponíveis podem ser absorvidos pelos sedimentos, plantas, algas e microorganismos (OLIVEIRA, 2006; CASTRO, 2006).

As atividades agrícolas, urbanas e industriais são as atividades que mais apresentam potenciais poluidores do meio ambiente, pois produzem quantidades significativas de substâncias que contribuem nas alterações de processos naturais dos ecossistemas. Normalmente essas práticas são realizadas de forma indiscriminada sobre os ambientes, alterando seu estado original, tornando-os poluídos, e conseqüentemente esses locais passam a ser uma ameaça à saúde da biota que utiliza esse meio (ARAÚJO, 2010). A poluição nos ambientes fluviais pode ser causada por diversos poluentes, entretanto, os metais-traços estão entre os mais tóxicos e perigosos (GEAMA, 2003).

A alteração na vegetação de Mata Atlântica preservada, devido ao grande desmatamento para o uso de pasto ou plantações de culturas como cacau e banana, é um dos problemas ambientais mais visíveis na Área de Proteção Ambiental (APA) do Pratigi, além disso, há áreas que foram desmatadas e que possuem pouco tempo de recuperação, isso, somado à presença de outros tipos de vegetação como as cabruças (plantações de cacau em meio à floresta) propicia ritmos de alteração diferentes. Outro fator de impacto ambiental que deve ser levado em consideração é a diminuição da vazão do rio Juliana. Em um estudo desenvolvido pela ANA/MMA, foi constatado que a vazão média anual do rio Juliana diminuiu de 6,3 m³/s para 4,4 m³/s, entre os anos 1969 e 2009. Isto por conta dos impactos causados pelo desmatamento e uso da área. Estes fatores estão diretamente relacionados com a intensificação dos processos erosivos, por conta do uso da terra (SANTOS JUNIOR e OLIVEIRA, 2016).

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é analisar o teor de concentração de metais-traços em amostras dos sedimentos e água da Bacia do Rio Juliana na APA-Pratigi e averiguar se as pressões agrícolas e urbanas têm influenciado na qualidade da água da Bacia.

2.0 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A Área de Proteção Ambiental (APA) do Pratigi está localizada no Baixo sul do Estado da Bahia nos municípios de Igrapiúna Ituberá, Nilo Peçanha, Ibirapitanga e Piraí do Norte. Com área total correspondendo a 85.686 ha. (Figura 1).



Figura 1. Mapa da localização da APA do Pratigi. Baixo sul da Bahia, Brasil.

Caracteriza-se por abrigar remanescentes da Mata Atlântica e por apresentar uma rica diversidade de fauna, flora e microbiota. Sendo a única APA no Brasil que configura um ecossistema completo, que vai das nascentes à faixa litorânea.

O território da APA do Pratigi apresenta uma riqueza hídrica, em seus limites, a APA é drenada por dez sub-bacias e uma bacia hidrográfica, a do Rio Juliana. A bacia do rio Juliana é a maior rede de drenagem existente, abrigando extensos fragmentos de floresta ombrófila densa.

A bacia do rio Juliana está situada na porção centro-leste, e tendo como principais afluentes os rios Mina Nova, Vargido, Laços de Bereu e Marimbú. O rio Juliana nasce na Serra do Papuã e na Serra de Santa Rita e deságua no Canal de Serinhaém junto ao nível do mar.

2.2 Coleta

Os pontos amostrais foram escolhidos levando em consideração a proximidade de atividades antropogênicas e acessibilidade. Sendo georreferenciados com auxílio de GPS (Global Position System, modelo Garmin Trex). Para verificar as concentrações de metais nos sedimentos e na água da bacia do Rio Juliana, foram coletadas amostras em 23 pontos.

As amostras de água foram coletadas em volume de 1L em frascos de polietileno sendo adicionado 1mL de ácido nítrico para preservação amostra. Para a coleta de sedimento superficial foi utilizado um coletor tipo "Van Veen", com área igual a 22,5 cm² sendo armazenadas em sacos plásticos estéreis.

Após a coleta, as amostras foram mantidas em refrigeração (4 °C) e transportadas em caixas térmicas para o laboratório até o momento de análise.

2.3 Análise em laboratório

No laboratório as amostras de sedimento foram distribuídas em bandejas de plástico para a remoção de materiais indesejáveis, como fragmentos de vegetais, pedregulhos, entre outros, e previamente secas a 60 °C por 24 h em estufa com circulação forçada de ar. A essa temperatura, os metais não são degradados pelo vapor de água podendo-se fazer também outros ensaios como, por exemplo, a determinação de carbono orgânico, matéria orgânica, pH e granulometria (DAVIDSON et al., 1994).

Após o processo de secagem as amostras de sedimentos foram peneiradas com malha de 63µm. E realizado o procedimento de abertura de amostra via úmida utilizando mistura ácida na proporção 3:1 de ácido clorídrico (HCl) e ácido nítrico (HNO₃), respectivamente, em 0,5 g de amostra. O resíduo remanescente foi separado por filtragem em papel quantitativo Whatman, nº 42, logo após, foi avolumado o filtrado com água ultrapura para 50 mL em balão volumétrico; para seguir com as determinações dos íons metálicos.

A qualidade dos resultados analíticos foi acompanhada com o uso do branco analítico e de determinações em triplicata, distribuídas aleatoriamente, também foi usado material de referência certificado (CRm) nist 1646A. As leituras dos teores dos metais em observância foram efetuadas através do equipamento marca VARIAN, modelo AA 800, utilizando-se para a calibração do equipamento por soluções padrões dos respectivos metais analisados. O teor do metal [Me] analisado é dado pela seguinte expressão:

$$[Me] = (C \times V \times f) / m$$

C = concentração em µg/mL obtida através da curva de calibração do metal

V = volume total do extrato

F = fator de diluição do extrato, quando necessário

m = massa do sedimento.

A metodologia analítica de digestão e detecção analítica de metais em sedimentos foi validada através da análise do padrão de referência de sedimento estuarino NIST (National Institute of Standards & Technology) 1646^a.

3.0 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os elementos analisados foram: Cr, Zn, Ni, Pb, Cd e Cu. Os valores para os metais-traço analisados, determinados na fração fina (< 63µm) do sedimento superficial da APA do Pratigi estão representados na Tabela 1. Não foi possível obter resultados para três pontos (P14, P15, P16) devido a problemas com o equipamento responsável por fazer as análises de metais- traços.

A falta de uma legislação ambiental que forneça limites de concentração de metais traços em sedimentos fluviais dificulta a avaliação de áreas contaminadas ou não-contaminadas. Este trabalho optou por comparar os valores de metais-traços encontrados em outros estudos (LOUREIRO et al., 2012; RIBEIRO, 2006; SÁ PAYE, 2010; ALFARO, 2015; BAGGIO & HORN, 2008, MARCHIORI JUNIOR, 2002; CRUZ, 2012; GOMES et al., 2010; COTTA et al., 2006) (Tabela 2), uma vez que esta legislação se refere a sedimentos dragados em ambientes de baías e o estudo refere-se à concentração de metais pesados em sedimentos fluviais. As referências utilizadas na comparação com os dados obtidos neste trabalho utilizaram o CONAMA 354/2011.

A concentração de Zn encontrada variou de 31,61 µg g⁻¹ a 342,16 µg g⁻¹. A menor concentração encontrada foi no ponto 18, em outras análises foi encontrado neste ponto um teor de 13,82% de matéria orgânica e um pH levemente ácido em torno de 6,36. A maior concentração foi encontrada no ponto 13, que obteve um teor de matéria orgânica de 8,87% e um pH levemente ácido em torno de 5,38.

A maior concentração de Zn (342,16 µg) encontrada nos sedimentos analisados, no presente estudo, foram superiores a encontrada nas áreas impactadas por efluentes doméstico da lagoa Rodrigo de Freitas no Rio de Janeiro por LOUREIRO et al. (2012), entretanto, esse mesmo valor foi, aproximadamente, 15 vezes menor que o menor valor encontrado por COTTA et al. (2006), nos Rios Furnas e Betari em São Paulo, áreas conhecidamente contaminadas por Zn por abrigarem minas abandonadas em suas margens. De forma que o sedimento da APA do Pratigi pode ser considerado um sedimento não contaminado por Zn. As concentrações de Cu encontradas variaram de 4,66 µg g⁻¹ a 247,16 µg g⁻¹. O ponto 2 apresentou a menor concentração de Cu, eo ponto 21 foi o ponto com maior concentração de Cu. Segundo ADRIANO (1986) em solos de todo o mundo a média é de 20-40 µg g⁻¹. MARCHIORI JUNIOR (2002) encontrou valores de Cu total variando entre 1,7 a 68,9 mg kg⁻¹ µg g⁻¹.

Os valores de Cu encontrados nos sedimentos da APA foram 2 vezes maiores do que valores encontrados por CRUZ (2012) em sedimentos do portal do semiárido na nascente do rio Subaé em Feira de Santana, ambiente caracterizado contaminado por Cu. Entretanto somente cinco pontos (P12, P13, P20, P21, P23) dos 23 analisados apresentaram uma alta concentração de Cu. Esses pontos estão localizados em propriedades de agricultores, o que nos leva a concluir que a contaminação de Cu seja pontual.

Por serem pontos próximos as áreas de cultivo de cacau, pupunha, açaí e bananas, a contaminação de Cu pode ter sido dada por elevadas doses de fertilizantes e pesticidas. Em geral o uso de fertilizantes contendo micronutrientes é, atualmente uma prática comum na agricultura comercial, em virtude da carência desses elementos no solo.

A concentração de Pb encontrada variou de 6,62 µg g⁻¹ a 44,7 µg g⁻¹, sendo que a maioria dos pontos obtiveram

Tabela 1. Valores da concentração de metais-traços encontrados nas amostras do sedimento da APA do Pratigi em $\mu\text{g g}^{-1}$.

Ponto de amostragem	Zinco	Cobre	Chumbo	Cromo	Níquel	Cadmio
P01	58,56	8,65	28,27	38,79	10,98	<LQ
P02	90,48	4,66	7,65	32,79	7,32	<LQ
P03	213,50	16,78	20,54	200,70	16,78	<LQ
P04	143,97	15,84	15,87	147,77	14,11	<LQ
P05	164,20	5,75	17,16	92,95	14,63	<LQ
P06	90,11	17,59	44,67	111,64	7,79	<LQ
P07	36,74	35,57	14,20	192,60	9,60	<LQ
P08	153,59	12,71	14,78	276,45	14,67	<LQ
P09	54,69	2,11	24,05	80,96	10,63	<LQ
P10	249,21	21,87	12,26	90,27	14,91	<LQ
P11	140,36	12,19	10,22	116,32	14,17	<LQ
P13	342,16	116,25	17,41	93,36	15,20	<LQ
P17	69,17	22,27	7,75	110,84	13,97	<LQ
P18	31,61	9,89	14,50	121,06	15,81	<LQ
P19	124,13	9,21	14,47	135,25	11,52	<LQ
P20	167,57	97,99	20,15	151,80	27,05	<LQ
P21	171,90	247,16	9,59	130,87	15,86	<LQ
P22	101,13	7,97	6,62	30,33	4,99	<LQ
P23	144,38	140,30	21,81	111,80	17,86	<LQ

uma concentração entre 10,0 e 30,0 $\mu\text{g g}^{-1}$. O ponto com a maior concentração de Pb foi o P06 e a menor concentração de Pb foi encontrada no P22. Normalmente, os valores de Pb encontrados nos solos em áreas rurais estão abaixo de 30 $\mu\text{g g}^{-1}$, entretanto nas áreas urbanas, onde as modificações antropológicas são mais ocorrentes, esses valores podem ser 300 vezes maiores chegando a 10.000 $\mu\text{g g}^{-1}$ nas proximidades de fundições e rodovias de alto tráfego (BELLINGER & SCHWARTS, 1997).

As maiores concentrações de Pb encontradas nesse estudo foram semelhantes a concentrações encontradas em ambientes caracterizados, após estudo de monitoramento por RIBEIRO (2006) e OLIVEIRA (2012), como não-contaminados (rio Imbé, riacho Reis magos, rio Jaguaribe) e cerca de 250 vezes menor que o teor de Pb registrado no Rio São Francisco, Minas Gerais e Vale da Ribeira em São Paulo, por GOMES et al. (2010) e COTTA et al. (2006), respectivamente, em áreas contaminadas por Pb por apresentarem minas de Pb abandonadas próxima as suas Margens. Assim, podemos considerar os sedimentos da APA do Pratigi não estão contaminados por Pb.

É provável que no ponto 22, os níveis de concentração de Pb no sedimento, tenha sido baixo pois em pH ácido, o Pb torna-se solúvel e pode ter sido absorvido pelas plantas. Entretanto, devido ao alto teor de matéria orgânica encontrado no ponto 6, é possível que o Pb o esteja formando complexos insolúveis com a matéria orgânica.

A menor concentração de Cr foi encontrada no ponto 22 e o ponto com a maior concentração de Cr foi o ponto 8, em outras análises. Segundo EPA, o sedimento é considerado moderadamente poluído em relação ao Cr para teores que variam de 25 mg kg^{-1} ($\mu\text{g g}^{-1}$) a 70 mg kg^{-1} ($\mu\text{g g}^{-1}$). Dessa forma, todos os pontos analisados são considerados como moderadamente a poluído, segundo o EPA.

Os maiores valores de Cr encontrados (276,45 $\mu\text{g g}^{-1}$) foram os mais elevados quando comparados aos estudos da Tabela 2. Próximo ao valor encontrado, apenas o trabalho de Marchiori Junior (2002) em sedimentos de São Paulo sobre influência de forte industrialização e urbanização. Apesar da região do estudo não sofrer com nenhum dos processos anteriores, é possível que a contaminação por Cr seja pontual (P03 e P08). A intensa utilização de agroquímicos

Tabela 2. Levantamento Bibliográfico comparativo de outros estudos que avaliaram os níveis de metais pesados em sedimentos. NA-Metal não analisado; ND-nível não detectado.

Autor	Local	Zinco $\mu\text{g g}^{-1}$	Cobre $\mu\text{g g}^{-1}$	Chumbo $\mu\text{g g}^{-1}$	Cromo $\mu\text{g g}^{-1}$	Níquel $\mu\text{g g}^{-1}$
Loureiro et al., 2012	Lagoa Rodrigo de Feitas, RJ	81,3 - 124,0	34,2 - 42,8	17,9 - 32,7	29,7 - 56,4	NA
Ribeiro, 2006	Rio Imbé, RJ	98,2 - 99,2	13,2 - 21,6	2,0 - 15,4	38,1 - 56,2	18,4 - 27,1
Ribeiro, 2006	Paraíba do Sul, SP/RJ	113,0 - 238,0	18,9 - 43,7	8,8 - 23,8	31,2 - 193,0	17,2 - 35,6
Sá Paye, 2010	Riacho, Reis Magos e Santa Maria, ES	22,61	5,57	8,79	41,07	6,65
Alfaro, 2015	Cuba	106	34	0,38	130	88
Baggio & Horn, 2008	Rio Formoso - MG	0,21 - 13,08	0,068 - 12,87	0,083 - 25,99	0,15 - 63,25	0,055 - 12,02
Marchiori Junior, 2002	Solo de São Paulo	NA	ND - 68,9	ND - 8,4	7,2 - 229,0	ND - 33,9
Oliveira, 2012	Fortim, Rio Jaguaribe	2,3 - 30,7	NA	3,9 - 136,2	5,4 - 25,6	1,0 - 17,9
Oliveira, 2012	Itaiçaba, Rio Jaguaribe	2,0 - 27,9	NA	6,5 - 37,4	4,1 - 58,9	8,2 - 552,4
Cruz, 2012	Lagoa Subaé, BA	14,33 - 134,30	4,27 - 178,11	4,96 - 126,18	2,19 - 64,0	3,60 - 40,27
Gomes et al., 2010	Rio São Francisco-MG	7872-10780	NA	332-512	NA	NA
Cota et AL., 2006	Vale do Ribeira-SP	5247,27	17,47	5280,57	ND	4,41
Presente Estudo	APA do Pratigi - BA	31,61 - 342,16	2,11 - 247,16	6,62 - 20,54	30,33 - 276,45	4,99 - 20,85

contendo anidrito crômico, ácido crômico, óxido crômico e trióxido de cromo, utilizados no plantio de grãos. Os resíduos metalorgânicos secos e/ou pulverizados são transportados pelo ar e pela água de irrigação e depositados nos solos, quando são disponibilizados para a água superficial e para os sedimentos de corrente (BAGGIO & HORN, 2008).

As concentrações encontradas para Ni variaram de 4,99 $\mu\text{g g}^{-1}$ no ponto 2 a 27,05 $\mu\text{g g}^{-1}$ no ponto 20. Esses valores foram similares ao encontrado em estudos acima que consideram o ambiente não contaminado por Ni e a maior concentração encontrada nesse estudo (27,05 $\mu\text{g g}^{-1}$) é, cerca de 25 vezes menor que o valor encontrado por OLIVEIRA (2012) no Rio Jaguaribe em Itaiçaba, local considerado contaminado por níquel.

Com relação aos limites para sedimentos de regiões naturais não impactadas, estabelecidos por Forstner e Wittmann (1981), todos os pontos de coleta permaneceram com teor de Ni 1 a 4 vezes superior ao limite de 5 mg kg^{-1} .

4.0 CONCLUSÃO

Dentre os metais analisados, não houve indícios de contaminação nas amostras do sedimento para Zn, Pb, Cd. Concentrações de Cr, Cu e Ni foram superiores aos registrados por órgão ambiental mundial e a literatura, mas esta possível contaminação deve ser pontual, devido ao uso de defensivos agrícolas utilizados pelos proprietários em suas plantações de bananas, cacau, açaí e/ou pupunha. Sugere-se para sanar este passivo, uma entrevista com os proprietários das terras, nos pontos com altas concentrações Cu e Cr, questionando sobre os possíveis defensivos utilizados, suas composições e forma de aplicação, para que posteriormente seja realizado um trabalho de alerta, tanto dos compartimentos ambientais quanto das pessoas ao entorno.

5.0 REFERÊNCIAS

ADRIANO, D.C. Trace elements in the terrestrial environment. New York, Springer-Vrlag, 147p. 1986.

ALFARO, M. R.; MONTERO, A.; UGARTE, O. M.; DO NASCIMENTO, C. W. A.; DE AGUIAR ACCIOLY, A. M.; BIONDI, C. M.; and DA SILVA, Y. J. A. B. Background concentrations and reference values for heavy metals in soils of Cuba. *Environmental monitoring and assessment*, 187.1: 1-10. 2015.

ARAÚJO, J. B; DE OLIVEIRA PINTO FILHO, Jorge Luis. Identificação de fontes poluidoras de metais pesados nos solos da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró/RN, na área urbana de Mossoró-RN. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 2010, 5.2.

BAGGIO, H.; HORN, H. A. Condições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em sedimento de corrente no Rio Formoso, Município de Burutizeiro- MG, *GEONOMOS* 16(2): 91-98, 2008.

CASTRO, S. V. Efeitos de metais pesados presentes na água sobre a estrutura das comunidades bentônicas do Alto Rio das Velhas-MG. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357/05. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005.

COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O. O. and PIOVANI, M. R. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto da Ribeira – Petar, São Paulo. *Quim. Nova*, Vol. 29, No. 1, 40-45, 2006 Artigo – e-mail: japcotta@iqsc.usp.br Jussara Aparecida Oliveira Cotta.

CRUZ, M. A. Avaliação da geoquímica dos sedimentos superficiais das nascentes do Rio Subaé- BA. 2012. Tese de mestrado, Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS

DAVIDSON, C.M.; THOMAS, R.P.; MCVEY, S.E.; PERALA, R.; LITTLEJOHN, D.; and URE, A.M. Evaluation of a Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Heavy Metals in Sediments. *Analytica Chimica Acta*, 291: 277-286, 1994.

- FÖRSTNER, U.; and WITTMANN, G.T.W. Metal pollution in the aquatic environment. 1981
- GEAMA. Programa de Educação Ambiental, 2003. Disponível em: http://www.defesacivil.rj.gov.br/documentos/trabalhos%20e%20pesquisas/PROGRAMA_E_DUCACAO_AMBIENTAL%20-%20POLUICAO.pdf.
- LOUREIRO, D.; FERNANDEZ, M.; HERMS, F.; ARAUJO, C.; and DE LACERDA, L. D. Distribuição dos metais pesados em sedimentos da Lagoa Rodrigo de Freitas. CEP, 24020, 141.2012
- MARCHIORI JÚNIOR, M. Impacto ambiental da citricultura nos teores de metais pesados em solos do Estado de São Paulo. Jaboticabal. FCAV/UNESP, 2002. 83p. (tese de doutorado).
- OLIVEIRA. M. S. R.; Estudo da especiação de metais traço em sedimentos de um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita-PB. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Química, da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- RIBEIRO, T. de S.; ALMEIDA, M. G. de ; OLIVEIRA, K. C. ; SOUZA, C. M. M. ; AZEVEDO, R. A. de; REZENDE, C. E. and VITORIA, A. P. Metais Pesados em Sedimentos dos Rios Imbé (RJ) e alto, médio e baixo do Sul. 2006.
- SANTOS JUNIOR, J. L.; OLIVEIRA, J. H. M. Caracterização da vulnerabilidade à erosão dos solos da bacia do rio Juliana: APA do Pratiği - BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. Anais. São José dos Campos: INPE, 2015. p. 2198-2205. Internet. ISBN 978-85-17-0076-8. Available from: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM49NU>>. Access in: 2016, Sep. 10.
- SÁ PAYE, H.; de MELLO, J. W. V.; ANTONIO, W.; ABRAHÃO, P.; FERNANDES FILHO, E. I., PINTO, L. C., & FRANÇA, M. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(6), 2041-2051, 2010.
- SIQUEIRA, G. W. Estudo dos teores de metais pesados e outros elementos em sedimentos superficiais do sistema estuarino de Santos (Baixada Santista-São Paulo) e da plataforma continental do Amazonas (Margem continental Norte). Dissertação. 2003.
- SOARES, H. M. V. H.; BOAVENTURA, R. A. R.; MACHADO, A. A. S. C.; and ESTEVES, S. J. C. G.; *Environ. Pollut.* 1999, 105, 311.
- STEVENSON, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons, 1994.
- STUMM, W. ; MORGAN, J. J. Aquatic chemistry, chemical equilibria and rates in natural waters. *Environmental Science and Technology Series*, 1996.