

Fins da Geologia

Ingrid Aparecida Gomes
(Organizadora)

 **Atena**
Editora

Ano 2018

Ingrid Aparecida Gomes
(Organizadora)

Fins da Geologia

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G633f Gomes, Ingrid Aparecida.
Fins da geologia [recurso eletrônico] / Ingrid Aparecida Gomes. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-020-9
DOI 10.22533/at.ed.209182112

1. Geologia. 2. Geologia química. I. Título.

CDD 550

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra *“Estudos Geológicos Contemporâneos”* aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 11 capítulos, discussões de diferentes vertentes da Geologia, com ênfase na Geologia Química.

A Geologia engloba, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Esta ciência estuda as diversas relações existentes entre natureza e o homem, principalmente os fatores de composição da crosta terrestre.

A percepção geológica possibilita a aquisição de conhecimentos e habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

A ideia moderna da Geologia refere-se a um processo de mudança física geral, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador do meio físico, tais discussões não são apenas mais fundadas em critérios antropológicos, mas também são incluídos fatores caracterização, avaliação, investigação de anomalias, mais centrado nos aspectos litológicos.

Neste sentido, este volume dedicado a Geologia, apresenta artigos alinhados com estudos da natureza. A importância dos estudos geológicos dessas vertentes, é notada no cerne da ciência, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos Geólogos e profissionais de áreas afins, em desvendar a realidade dos meios natural e antrópico.

Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Ingrid Aparecida Gomes

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	8
CARACTERIZAÇÃO DOS ARGILOMINERAIS DOS ARENITOS DA FORMAÇÃO FURNAS, REGIÃO DE CAMPO NOVO-PR	
Ricardo Maahs Norberto Dani Ericks Henrique Testa Elisa Oliveira da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.2091821121	
CAPÍTULO 2	13
CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DA FORMAÇÃO IÇÁ	
Luciana F. Pereira Guilherme T. Bueno Thierry Allard	
DOI 10.22533/at.ed.2091821122	
CAPÍTULO 3	20
CONTRIBUIÇÃO À AVALIAÇÃO DO POTENCIAL GERADOR DE HIDROCARBONETOS DA FORMAÇÃO PIMENTEIRAS (DEVONIANO), NO ESTADO DO TOCANTINS, BACIA DO PARNAÍBA, BRASIL	
Iasmine Maciel Silva Souza Olívia Maria Cordeiro de Oliveira Hélio Jorge Portugal Severiano Ribeiro Eliane Soares de Souza Jose Roberto Cerqueira Ilene Matanó Abreu Rafael Regueira Santos	
DOI 10.22533/at.ed.2091821123	
CAPÍTULO 4	30
AVALIAÇÃO DE HIDROCARBONETOS POLIAROMÁTICOS EM EXTRATOS DE ROCHAS GERADORAS DA BACIA DO AMAZONAS, FORMAÇÃO BARREIRINHA	
Artur Leal de Carvalho Barros Sidney Gonçalo de Lima Andrenilton Ferreira Silva Edymilaís da Silva Sousa Moisés Pereira de Araújo Sebastian Molina Calderón Afonso Cesar Rodrigues Nogueira	
DOI 10.22533/at.ed.2091821124	
CAPÍTULO 5	43
FATORES QUE AFETAM A BIODISPONIBILIDADE DE CONTAMINANTES METÁLICOS EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA BAÍA DE SEPETIBA, RIO DE JANEIRO, BRASIL	
Christiane do Nascimento Monte Ana Paula de Castro Rodrigues Alexandre Rafael de Freitas Renato Campello Cordeiro Ricardo Erthal Santelli Wilson Machado	
DOI 10.22533/at.ed.2091821125	

CAPÍTULO 6	58
ANOMALIAS GEOQUÍMICAS DE ESTRÔNCIO NO ESTADO DE ALAGOAS E PERSPECTIVAS DE MINERALIZAÇÕES	
Enjorras de Albuquerque Medeiros Lima	
Melissa Franzen	
Fernanda Soares de Miranda Torres	
DOI 10.22533/at.ed.2091821126	
CAPÍTULO 7	63
TEORES ANÔMALOS DE CROMO EM ASSOCIAÇÃO COM COBRE, FERRO E NÍQUEL NA REGIÃO DE JOAQUIM GOMES, NORDESTE DO ESTADO DE ALAGOAS	
Melissa Franzen	
Enjorras de Albuquerque Medeiros Lima	
Fernanda Soares de Miranda Torres	
DOI 10.22533/at.ed.2091821127	
CAPÍTULO 8	69
CONCENTRAÇÕES DE NITRATO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS EM ÁREA DE ATIVIDADE MINEIRA NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL, RS, BRASIL	
Cristiane Heredia Gomes	
Karine Persea Junges	
Diogo Gabriel Sperandio	
Rafael Lima Dessart	
Pedro Daniel da Cunha Kemerich	
DOI 10.22533/at.ed.2091821128	
CAPÍTULO 9	85
GEOQUÍMICA MOLECULAR DE ROCHAS GERADORAS DA FORMAÇÃO BARREIRINHA, MUNICÍPIO RURÓPOLIS – PARÁ, BACIA DO AMAZONAS	
Andrenilton Ferreira Silva	
Sidney Gonçalo de Lima	
Artur Leal Carvalho Barros	
Sebastian Molina Calderón	
Afonso Cesar Rodrigues Nogueira	
DOI 10.22533/at.ed.2091821129	
CAPÍTULO 10	98
SEPARAÇÃO DE ASFALTENOS POR CROMATOGRAFIA EM PLACA PREPARATIVA E ANÁLISE POR CG-EM DE BIOMARCADORES OCLUÍDOS	
Sidney Gonçalo de Lima	
Iara Samara de Alcantara Silva	
José Arimateia Dantas Lopes	
Igor Viegas Alves Fernandes de Souza	
Ramsés Capilla	
Georgiana Feitosa da Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.20918211210	
CAPÍTULO 11	106
STUDY OF LITHOLOGIC INFLUENCE ON KARSTIC GEOMORPHOLOGY DEVELOPED ON PEDRO LEOPOLDO AND LAGOA SANTA MEMBER'S – SETE LAGOAS FORMATION/ MG, BRAZIL	
Amanda Rodrigues Lima da Silva	
Gizelle Guedes Cunha de Moura	
Letícia Amaral Cardoso	
Maria Luiza Menezes Cordeiro	

Rafael Queiroga Viana Machado
Ana Katuscia Pastana de Souza Weber
Marcia Rodrigues Marques
Ulisses Cyrino Penha

DOI 10.22533/at.ed.20918211211

SOBRE A ORGANIZADORA..... 117

FATORES QUE AFETAM A BIODISPONIBILIDADE DE CONTAMINANTES METÁLICOS EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA BAÍA DE SEPETIBA, RIO DE JANEIRO, BRASIL

Christiane do Nasci

Universidade Federal Fluminense-Departamento
de Geoquímica
Niterói -Rio de Janeiro
Universidade Federal do Oeste do Pará-
Departamento de Geologia
Santarém - Pará

Ana Paula de Castro Rodrigues

Universidade Federal Fluminense-Departamento
de Geoquímica
Niterói -Rio de Janeiro
Universidade Federal do Rio de Janeiro
-Departamento de Biologia Marinha
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Alexandre Rafael de Freitas

Universidade Federal Fluminense-Departamento
de Biologia Marinha
Niterói -Rio de Janeiro

Renato Campello Cordeiro

Universidade Federal Fluminense-Departamento
de Geoquímica
Niterói -Rio de Janeiro

Ricardo Erthal Santelli

Universidade Federal do Rio de Janeiro -
Departamento de Química Analítica
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Wilson Machado

Universidade Federal Fluminense-Departamento
de Geoquímica
Niterói -Rio de Janeiro

RESUMO: A ressuspensão de sedimentos por processos naturais ou atividades antrópicas (como as dragagens) pode afetar a biodisponibilidade de metais-traço. Diante desta forma, este estudo avaliou os efeitos da ressuspensão de sedimentos da região afetada pelo Saco do Engenho (Baía de Sepetiba) sobre a biodisponibilidade de metais-traço potencialmente tóxicos (Cu, Ni, Pb), por meio de ensaios laboratoriais. Esta região é um importante exemplo de área impactada por rejeitos de indústria metalúrgica no sudeste do Brasil. Amostras de 12 pontos foram coletadas próximas ao Canal do Saco do Engenho a dois intervalos de tempo de ressuspensão (1 hora e 24 horas). Com a exceção do Ni, os metais-traço superaram os valores de background locais. Houve predominância da fração fracamente ligada (extraída em HCl 1 mol L⁻¹), exceto para o Ni, ocorrendo tendência de redução da biodisponibilidade potencial com a distância da fonte relação a Cu e Pb. Os resultados evidenciam que a ressuspensão afeta a biodisponibilidade de diferentes metais, principalmente no primeiro intervalo de tempo (1 hora). Foi evidenciado que compostos de Fe e Mn são importantes fatores de influência sobre a fração fracamente ligada aos sedimentos, enquanto o carbono orgânico total (COT) mostrou correlação com Cu na fração fortemente ligada aos sedimentos (extraída

em HNO₃ concentrado), demonstrando a importância da matéria orgânica para a preservação destes metais nesta fração menos susceptível a incorporação biológica.

PALAVRAS-CHAVE: metais-traço, experimento de ressuspensão, extração sequencial.

ABSTRACT: The resuspension of sediments occurs due to natural processes or anthropogenic activities (such as dredging) and it can influence the trace metal bioavailability. Therefore, this study evaluated the effects of resuspension of sediments from the region affected by Engenho Creek (Sepetiba Bay) on the bioavailability of potentially-toxic trace metals (Cu, Ni and Pb), by performing resuspension assays. This site is an important example of área impacted by metal smelter industry in southeastern Brazil. Surface sediments from 12 sampling points were collected near the Engenho creek and the Itaguaí Harbor, being submitted to two resuspension time intervals (1 h and 24 h). Excepting Ni, trace metals exceeded local background values. There was predominance of weakly-bound fraction (extracted in 1 mol L⁻¹ HCl), except for Ni, occurring a tendency of decrease in the potential bioavailability with the distance from the Engenho creek in relation to Cu and Pb. Results evidence that re-suspension affects the bioavailability of different metals, principally in the first time interval (1 hour). It was evidenced that Fe and Mn compounds are important variables affecting the weakly-bound fraction. Then the total organic carbon showed positive correlation with Cu strongly-bound fraction (extracted in concentrated HNO₃), demonstrating the importance of organic matter for the preservation of Cu in a less susceptible fraction to biological incorporation.

KEYWORDS: trace metals, resuspension experiment, sequential extraction.

1 | INTRODUÇÃO

Existe uma crescente preocupação global com a preservação dos recursos naturais e com os possíveis efeitos deletérios que resultam da contaminação do solo, sedimento e água, visto que o aumento da exploração dos recursos naturais e a emissão dos resíduos gerados pelas atividades antrópicas estão ultrapassando, em muitas regiões, a resiliência do meio ambiente (OLIVEIRA & MARINS, 2011). Entre estas consequências destas emissões antrópicas, merece destaque a ocorrência de *hot spots* de poluição gerados por resíduos de indústrias metalúrgicas em diversas regiões do mundo, por exemplo, em relação a metais como Pb, Cu, Ni, Cd e Zn (BEYER et al., 1985; NORSETH 1994; ZHANG et al., 2012).

O uso adequado dos recursos hídricos costeiros requer o desenvolvimento de políticas de monitoramento da qualidade ambiental consistentes com os processos físicos e biogeoquímicos, que determinam a disponibilidade de contaminantes para transporte e incorporação biológica. O que podem implicar potencialmente em danos ambientais e à saúde humana (EGGLETON & THOMAS, 2004). Este desenvolvimento deve ser baseado na evolução das linhas de evidência adotadas para a tomada de decisão quanto à gestão do ambiente considerado, particularmente no sentido da

melhora da capacidade de previsão destes danos, por exemplo, em relação a metais-traço (EGGLETON & THOMAS, 2004).

A dragagem é uma atividade que está relacionada às atividades portuárias, ao crescimento do turismo em áreas costeiras, à remediação ambiental e à intensificação dos transportes marítimos (WASSERMAN et al., 2016). As dragagens periódicas remobilizam contaminantes encontrados em diferentes camadas da coluna sedimentar, dependendo do histórico dos aportes para cada local e da profundidade da dragagem. Essa remobilização pode afetar, por exemplo, a biodisponibilidade dos metais ligados aos sedimentos, pois aqueles que estavam em fases não biodisponíveis, após um evento de ressuspensão na coluna d'água oxidante, podem passar para fases dissolvidas e/ou para fases sedimentares mais biodisponíveis à biota local (MORSE, 1994).

Com avanço das técnicas analíticas, diversos estudos vêm sendo realizados nesta área de conhecimento em diferentes regiões do mundo, nas últimas décadas. Entre as abordagens metodológicas utilizadas, destacam-se os ensaios de ressuspensão de sedimentos, que têm sido utilizados por pesquisadores, com o objetivo de contribuir para a avaliação dos riscos para a biota local em decorrência da ressuspensão de contaminantes (HIRST; ASTON, 1983; MORSE, 1994; SAULNIER; MUCCI, 2000; CAETANO et al., 2002; COTOU et al., 2005; CANTWELL et al., 2008; MACHADO et al., 2011).

No estudo de eventos de ressuspensão devem ser levados em consideração os aspectos químicos e físicos dos sedimentos, como a granulometria e o teor de matéria orgânica, salinidade, pH e condições redox, além da caracterização da água de fundo. Esses aspectos influenciam, notavelmente, as formas químicas dos contaminantes, e conseqüentemente, a sua biodisponibilidade (COTOU et al., 2005). Por exemplo, a ressuspensão dos sedimentos influencia os processos de oxidação e redução de alguns metais associados ao sedimento (GERHARDT et al., 2005).

No Brasil, estudos sobre o processo de remobilização dos contaminantes pela ressuspensão de sedimentos podem ser aproveitados para complementar, ou mesmo subsidiar a revisão dos parâmetros recomendados pela norma de licenciamento de dragagens (Resolução CONAMA 454/2012). A preocupação em relação ao efeito de distúrbios físicos sobre a mobilização de metais e nutrientes tem sido amplamente discutida internacionalmente (WARNKEN et al., 2003; NIENCHESKI; JAHNKE, 2004), mas investigações sobre esta forma de liberação de contaminantes para a coluna d'água e conseqüentemente para a biota local ainda é relativamente pouco difundido (por exemplo, MADDOCK et al., 2007; TORRES et al., 2009; URBAN et al., 2010; MACHADO et al., 2011, MONTE et al., 2015, RODRIGUES et al., 2017).

Na Baía de Sepetiba, a contaminação histórica de metais-traço potencialmente tóxicos, como Cu, Ni e Pb por uma fonte pontual de emissão – a antiga metalúrgica Cia. Ingá na região da ilha da Madeira, causa um dos piores cenários de contaminação costeira brasileira (LACERDA & MOLISANI, 2006; MONTE et al., 2015), somado a

emissões de outras fontes industriais e urbanas (MOLISANI et al., 2004; GOMES et al., 2009). Isto se torna mais preocupante por esta baía abrigar diversas atividades portuárias, incluindo um histórico de dragagens e de disposição de material dragado.

A atividade portuária necessita de dragagens periódicas que remobilizam os sedimentos superficiais e de fundo (CAPPUYNS et al., 2006; MONTE et al., 2015). Essa remobilização pode afetar a biodisponibilidade dos metais ligados aos sedimentos, pois aqueles que estavam em fases não biodisponíveis, após um evento de ressuspensão na coluna d'água oxidante, podem passar para fases dissolvidas e/ou para fases sedimentares mais disponíveis ficando mais biodisponíveis à biota local (MORSE, 1994; MACHADO et al., 2011).

A partir do exposto, a problemática avaliada no presente trabalho está relacionada ao possível aumento da biodisponibilidade de metais-traço em função de eventos de ressuspensão de sedimentos superficiais coletados na região da Ilha da Madeira (Saco do Engenho), na Baía de Sepetiba. Destaca-se que, embora a poluição por atividades de indústrias de metalurgia seja reconhecidamente grave (RODRIGUES et al., 2016), podendo envolver a liberação de resíduos dos minérios utilizados e de rejeitos industriais (LUIZ-SILVA et al., 2008), há escassez na literatura sobre possíveis efeitos da ressuspensão sobre sedimentos impactados por estas atividades.

2 | METODOLOGIA

A Baía de Sepetiba (Figura 1) possui 447 km² de área interna e 2.617 km² de bacia de drenagem (WASSERMAN, 2005). Atualmente, a região da baía é muito importante para o Estado do Rio de Janeiro, pois nela se encontra o Porto de Sepetiba/Itaguaí, considerado um Hub Port.

O padrão de circulação da baía é determinado pela amplitude de maré, morfologia costeira, batimetria, ventos e aporte de água doce, sendo o regime de maré semidiurno. Correntes mais intensas são formadas no canal central de maior batimetria, por outro lado, nas porções mais internas, onde as profundidades são menores, há uma perda progressiva da circulação, o que auxilia nos processos de mistura entre as águas oceânicas e interiores (FEEMA, 2006; SILVA-FILHO, 2015), entretanto ainda tem alta oxigenação, devido ao baixo tempo de residência de suas águas – 100 horas (LACERDA et al., 1994).

A ocupação industrial da Baía começou na segunda metade do século XX, quando em 1962 a Cia Empresa Ingá Industrial Mercantil se instalou na Ilha da Madeira, em Itaguaí, produzindo zinco, extraído de outros minérios que continham impurezas, como cádmio e chumbo. Um dos principais minérios utilizados era a calamina, rica em cádmio, vinda da mina de vazante em Minas Gerais (VELEZ, 2012; MONTE, 2014).

A Cia Ingá, desde a sua implantação depositou os rejeitos de sua atividade numa área próxima à indústria, entretanto por determinação da Fundação Estadual

de Engenharia e Meio Ambiente (FEEMA) foi obrigada a construir uma lagoa de contenção, entretanto nos períodos de fortes chuvas havia o transbordamento dos rejeitos que contaminavam o mangue do Saco do Engenho e posteriormente a Baía (VELEZ, 2012).

A amostragem foi realizada em março de 2011, durante a maré vazante, em 4 transectos (Figura 1). O sedimento superficial foi coletado com busca fundo do tipo Van Veen e acondicionado em sacos plásticos, mantido sob refrigeração até a chegada em laboratório. Para os ensaios de ressuspensão foi coletado também 6 L de água superficial utilizando frascos âmbar de 1 L previamente descontaminados.

Os ensaios de ressuspensão foram realizados por agitação mecânica por períodos de 1h e 24h, conforme descrito por Machado et al. (2011), utilizando 7,5 g de sedimento úmido e 100 mL de água local não filtrada. Após ressuspensão o material foi centrifugado e o sedimento foi submetido sequencialmente a uma extração fraca (HCl mol L⁻¹) e uma extração forte, em ácido nítrico concentrado, assistida por microondas (método US EPA 3051A). A extração HCl 1 mol L⁻¹ foi adotada para representar formas potencialmente biodisponíveis.

Para a extração HCl 1 mol L⁻¹ as amostras de sedimento seco foram pesadas diretamente em tubo de polipropileno (falcon) de 50mL, onde adicionou-se 40 mL de solução HCl 1 mol L⁻¹. A mistura foi agitada durante 16 h. Em seguida, a amostra foi centrifugada (3.000rpm/5min) e o sobrenadante foi filtrado (filtração lenta, com filtro de porosidade 0,45 µm) e armazenado em tubos de acrílico de 30mL para determinação de metais.

Após esta segunda etapa de extração, as amostras de sedimento foram lavadas para retirada da solução ácida de HCl 1 mol L⁻¹, adicionando-se água destilada ao tubo falcon, seguido de rápida agitação em vórtex, centrifugação (3.000rpm/5min) para separação do sedimento/água (procedimento repetido três vezes). Após lavagem, o sedimento foi novamente seco e homogeneizado.

A fração fortemente ligada foi determinada com a adição de 10 ml de ácido nítrico concentrado a 0,5 g de amostra de sedimento em um tubo de fluorcarbono (PFA) ou em tubo de quartzo que é selado e aquecido no em forno de micro-ondas por 5 min. O extrato obtido foi centrifugado e armazenado em tubo de acrílico de 30 mL para posterior determinação dos metais.

A determinação de metais (Cu, Fe, Mn, Ni e Pb) nos extratos obtidos foi realizada em espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES). Para a determinação de sulfetos voláteis em ácido (acid volatiles sulfides- AVS) nos sedimentos foi utilizado um procedimento de extração descrito por ALLEN et al. (1999). Cerca de 2 g de sedimento úmido (em duplicata para cada amostra), e adição de 20 ml de HCl 6 mol L⁻¹, e agitação magnética. O H₂S liberado foi recolhido em uma solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹. O sulfeto foi determinado espectrofotometricamente usando um equipamento FEMTO 700 plus. Os metais simultaneamente extraídos (SEM) foram determinados por ICP OES. Para a determinação do carbono orgânico

total (COT), as amostras de sedimentos, primeiramente, foram descarboxatadas com HCl 1 mol L⁻¹ e secas. Em cadinhos de porcelana, previamente calcinados, foram pesados 0,02 g de sedimento seco e macerado, sendo inseridos no módulo para amostras sólidas acoplado ao equipamento (TOC –V CPH Shimadzu) (SSM – 5000A Shimadzu). O tratamento estatístico foi realizado pelo software Statistica 10.

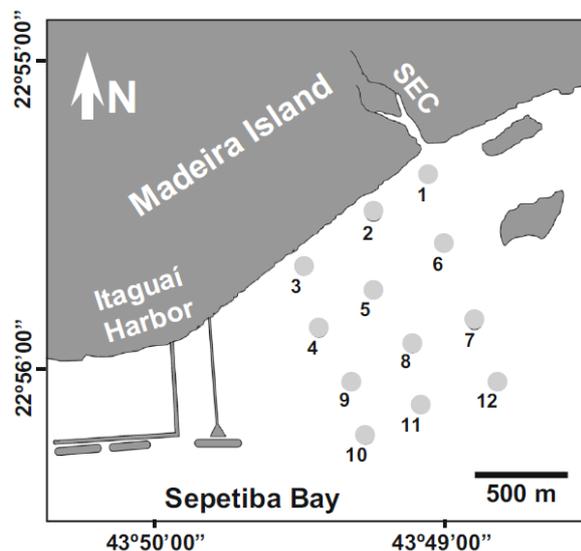


Figura 1- Pontos de coleta de sedimentos superficial na região próxima ao canal do Saco do Engenho, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Óxidos e Hidróxidos de Ferro e Manganês

Devido a diversos processos físico-químicos, tanto os metais mais fracamente ligados (“fases trocáveis”) quanto os associados às estruturas de diversos compostos (como óxidos e hidróxidos de ferro e manganês, carbonatos, sulfetos e matéria orgânica) podem ser retidos nos sedimentos, caso as condições do meio não sejam alteradas (PESTANA, 1989; HERMS & GURGEL, 2012; MONTE, 2014).

Os óxidos de Fe e Mn são os principais componentes dos minerais, logo são importantes na retenção de metais em sedimentos e solos. Esses óxidos apresentam grande área superficial, que possibilitam maior capacidade de sorção, sendo geralmente encontradas correlações positivas significativas entre os óxidos e metais como, Cr, Mn e Ni (FERNANDES et al., 2011; ZHANG et al., 2014). Embora a maioria dos estudos anteriores indique que os sulfetos eram carreadores de metais importantes nos sedimentos da Baía de Sepetiba (MACHADO et al., 2008; RIBEIRO et al., 2013), Maddock et al. (2007) demonstraram em experimentos de ressuspensão que os sedimentos da Baía de Sepetiba não apresentaram AVS suficiente para alterar o pH da água ao serem oxidados com a ressuspensão.

Algumas características da baía podem ter influenciado neste resultado. A baixa

profundidade da baía, no máximo 20 m (CUNHA et al., 2002), o fato da maré ser o principal mecanismo de renovação da água (RODRIGUES et al., 1990) e o baixo tempo médio de residência (3,28 dias) (WASSERMAN,2005) o que pode ter tornado um ambiente óxico, facilitando a presença de óxidos e hidróxidos de Fe e Mn (Quadros 1 e 2).

Antes da ressuspensão				
Cu	Fe	Mn	Ni	Pb
20,35	13553,96	284,59	1,16	43,32
30,85	11875,99	234,11	1,28	42,80
17,62	11570,35	194,34	1,37	30,82
11,69	10516,00	159,27	1,48	19,30
14,13	11998,07	184,03	1,33	25,01
7,18	7556,90	118,56	0,63	16,03
5,80	7920,31	103,99	1,21	28,29
13,96	12766,99	189,87	1,36	22,98
8,57	8873,84	150,14	1,37	14,86
5,56	7662,68	164,52	1,39	12,26
7,57	9207,89	169,22	1,40	13,80
10,19	10504,00	195,37	1,24	17,34

Quadro 1- Concentrações dos metais-traço no sedimento antes da ressuspensão (mg.kg⁻¹)

Após 1 hora de ressuspensão					Após 24 horas de ressuspensão				
Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb
22,11	14,390,52	295,14	1,31	47,02	18,8	13.136,27	263,11	1,12	40,39
38,37	13,536,89	304,73	1,68	46,75	35,63	183,02	280,23	1,47	44,62
16,94	11,613,96	202,05	1,8	28,15	16,02	10.213,25	175,98	1,46	27,32
11,26	10,429,37	158,22	1,72	16,85	10,78	10.425,94	153,05	1,65	17,53
16,06	12,068,79	193,64	1,55	25,9	14,87	11.016,17	168,55	1,43	23
10,73	10,940,69	164,16	1,3	24,05	6,88	7.641,32	117,72	0,75	15
8,03	9,921,98	128,14	1,45	30,28	5,81	7.574,53	109,69	1,26	28,57
15,46	13,212,62	201,82	1,62	22,89	18,3	17.391,04	269,1	1,9	26,95
10,32	10,605,31	168,28	1,83	16,81	9,37	10.006,36	165,91	1,75	16,31
6,62	9,937,68	192,51	1,88	13,49	6,25	9.269,39	188,59	1,71	13,49
8,43	11,131,48	187,36	1,9	14,31	7,3	9.754,63	170,17	1,6	13,12
11,86	13,019,29	208,89	1,69	18,25	11,11	11.703,71	196,45	1,51	16,96

Quadro 2- Concentrações dos metais-traço no sedimento após a ressuspensão (mg.kg⁻¹)

Em 2012, Souza e colaboradores fizeram um trabalho com sedimentos coletados em três regiões da baía. Os autores elencaram neste estudo valores de Eh (potencial de oxi-redução) para ambas as regiões, classificando os sedimentos como subóxicos com presença de Mn e Fe dissolvidos e sem sulfato redução.

Na fase biodisponível, Cu e Pb tiveram correlação com Fe ou Mn em ambos

intervalos (Quadro 3), sugerindo que esses metais estão ligados aos compostos de Fe e Mn nesta fase. O Ni apenas apresentou correlação com o Fe e Mn na fração USEPA 3051a.

	Antes da ressuspensão		Após 1 hora de ressuspensão		Após 24 horas de ressuspensão			
	Fe	Mn	Fe	Mn	Fe	Mn		
Cu	0,75	0,77	Cu	0,72	0,85	Cu	0,58	0,80
Fe	1,00	0,84	Fe	1,00	0,85	Fe	1,00	0,85
Mn	0,84	1,00	Mn	0,85	1,00	Mn	0,85	1,00
Ni	0,28	0,20	Ni	-0,32	-0,12	Ni	0,47	0,32
Pb	0,68	0,68	Pb	0,66	0,74	Pb	0,43	0,65

Quadro 3. Correlação entre as concentrações dos metais e o teor de óxidos/hidróxidos de Fe e Mn no sedimento em todos os intervalos na fração HCl 1 mol L⁻¹ (em negrito valores significativos p < 0,05). N = 12.

3.2 Granulometria

A granulometria pode ser um regulador na biodisponibilidade dos metais em sedimentos após a ressuspensão, devido a variabilidade da composição mineralógica associada (ROBERTS, 2012). Os sedimentos compostos principalmente por fração fina (silte e argila) têm maior capacidade sorção de contaminantes, diminuindo assim a biodisponibilidade de poluentes ao meio (ZHANG et al., 2014). Os sedimentos coletados na área do Saco do Engenho apresentam percentuais acima de 70% na fração fina (Quadro 4), entretanto não houve correlação significativa entre a fração fina e as concentrações de metais.

Ponto	Areia %	Silte %	Argila %
1	5,0	87,3	7,6
2	0,0	79,7	20,3
3	1,3	87,3	11,4
4	0,3	81,2	18,4
5	0,3	83	16,7
6	20,5	70,6	8,9
7	2,4	86,5	11,1
8	0,4	82,1	17,6
9	0,9	80,8	18,2
10	1,2	81,2	17,6
11	0,3	80,5	19,2
12	0,4	82,3	17,3

3.3 Carbono Orgânico Total (Cot)

O carbono orgânico total influencia na solubilidade e na biodisponibilidade dos contaminantes metálicos em sedimentos (ZHANG et al., 2014). O gráfico 1 mostra os percentuais de COT encontrados no estudo No sedimento do intervalo de 1 hora de ressuspensão foram encontrados concentrações de COT entre 1,93 – 4,10% e após 24 horas de ressuspensão, os valores tenderam a diminuir, ficando entre 1,37 – 3,60 % (Gráfico 1).

O ponto 1 mostrou a tendência de apresentar o maior percentual em relação aos outros pontos, o que pode está relacionado a proximidade ao rio Mazomba-Cação que é o mais responsável pelo aporte de esgoto doméstico na região do Saco do Engenho (DOURADO et al., 2012).

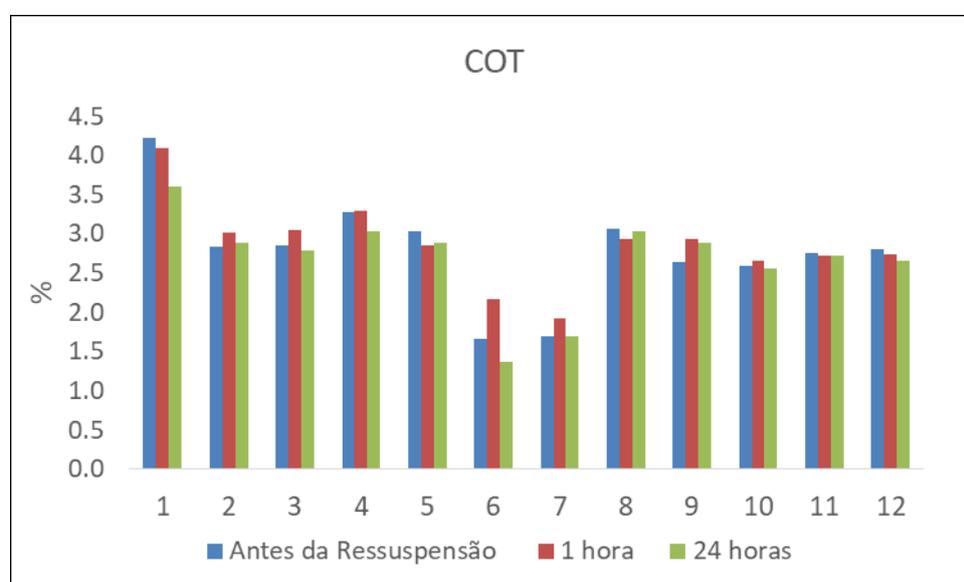


Gráfico 1- Percentual de carbono orgânico total nos sedimentos antes e depois da ressuspensão

Na fase biodisponível, Cu e Pb tiveram correlação com Fe ou Mn em ambos intervalos (Quadro 4), sugerindo que esses metais estão ligados aos óxidos de Fe e Mn nesta fase. O Ni apenas apresentou correlação com o Fe e Mn na fração fortemente ligada (Quadro 5).

Em todos os intervalos do estudo, apenas Fe e Mn tiveram correlações positivas com o COT, mostrando que na fração reativa, este fator atua apenas como complexante desses dois metais que são indicadores de processo (Quadro 4). Essa tendência não foi acompanhada pela extração US. EPA 3051a (Quadro 5), onde correlações positivas foram encontradas entre o Cu e esses parâmetros antes da ressuspensão e após 24 h de ressuspensão.

A correlação significativa entre o COT e o Cu fortemente ligado, no sedimento antes da ressuspensão, pode ser explicada pelo fato que o metal tem grande afinidade

com matéria orgânica (REIMANN & CARITAT, 1998). Em ambientes ricos em matéria orgânica a mobilidade do Cu é menor em relação aos outros metais (RIBEIRO et al., 2013).

		Cu	Fe	Mn	Ni	Pb
Antes da res-suspensão	COT	0,52	0,82	0,86	0,45	0,44
Após 1 h de ressuspensão	COT	0,45	0,62	0,67	0,01	0,40
Após 24 h de ressuspensão	COT	0,49	0,69	0,72	0,52	0,37

Quadro 4. Coeficientes de correlação entre as concentrações dos metais no sedimento in natura, 1 hora e 24 horas após ressuspensão e o COT na extração HCl 1 mol L⁻¹ (em negrito estão os resultados significativos p < 0,05). N = 12.

		Cu	Fe	Mn	Ni	Pb
Antes da res-suspensão	COT	0,72	0,62	0,09	0,33	-0,18
Após 1 h de ressuspensão	COT	0,29	0,37	0,03	0,15	-0,14
Após 24 h de ressuspensão	COT	0,59	0,62	0,33	0,64	0,23

Quadro 5. Coeficientes de correlação entre as concentrações dos metais no sedimento in natura, 1 hora e 24 horas após ressuspensão na extração USEPA 3051 a (em negrito estão os resultados significativos p < 0,05). N = 12.

3.4 Sulfetos (AVS)

Nos sedimentos anóxicos de rios, lagos e estuários há a redução de sulfato (SO₄²⁻) a sulfeto (sulfato redução). Os sulfetos de ferro na forma de AVS são meta-estáveis e quando em contato com cátions divalentes (Cd, Cu, Ni, Pb e Zn) dissolvidos no meio, ocorre a formação de sulfetos metálicos mais estáveis, atuando como um complexante de metais, o que pode controlar a biodisponibilidade dos contaminantes metálicos em condições redutoras (DI TORO et al.,1990;ALLEN et al., 1999). Os sulfetos são utilizados em alguns modelos de predição da biodisponibilidade em sedimentos, como o modelo AVS, que pode prever se há disponibilidade de cátions metálicos além do que o AVS pode reter ao ser comparado com a concentração molar dos metais simultaneamente extraídos (sums simultaneously extracted metals – Σ SEM) (DI TORO et al.,1990; USEPA, 2005).

De acordo com os estudos feitos anteriormente na baía para concentrações de AVS, MADDOCK *et al.* (2007) encontraram valores superiores a 290 μ mol g⁻¹. MACHADO et al. (2008) encontraram concentrações entre 5,2–121 μ mol g⁻¹ na

Enseada das Garças e RODRIGUES et al. (2017) encontraram concentrações de 14,26 a 41,46 $\mu\text{mol g}^{-1}$ na região do Saco do Engenho, Porto de Itaguaí, Coroa Grande e Ilha de Itacuruçá, sendo que os maiores resultados ficaram na área próxima ao Saco do Engenho, e foram similares ao do presente estudo.

Os resultados de Σ SEM neste estudo foram superiores aos resultados de AVS apenas nos pontos 1 e 2 (Quadro 6), que são os pontos mais próximos da principal fonte de metais para a região do Saco do Engenho.

Amostra	Σ SEM ($\mu\text{mol/g}$)	AVS ($\mu\text{mol/g}$)	Σ SEM/AVS	Σ SEM – AVS ($\mu\text{mol/g}$)
1	45,6	28,6	*1,6	16,9
2	50,0	1,8	*27,2	48,2
3	31,0	37,0	0,8	-5,9
4	7,8	25,0	0,3	-17,2
5	18,4	19,4	0,9	-0,9
6	13,9	18,7	0,7	-4,8
7	8,1	7,7	1,1	0,4
8	9,4	37,0	0,2	-27,5
9	6,3	37,0	0,2	-30,7
10	3,2	13,1	0,2	-9,8
11	3,9	23,9	0,2	-19,9
12	5,1	34,8	0,1	-29,7

Quadro 6- Concentração dos sulfetos voláteis em ácido (AVS), o somatório dos metais simultaneamente extraídos (SEM), a razão Σ SEM/AVS.

Potencialmente biodisponíveis.

Os resultados para o modelo AVS no presente estudo mostraram que apenas os pontos 1 e 2 não têm sulfetos suficientes para reter os metais na fase sólida. Entretanto não houve correlações significativas entre o AVS e os metais estudados em todos os intervalos nas duas extrações.

Esse comportamento pode estar relacionado ao fato da oxidação do sulfeto na ressuspensão (MADDOCK et al., 2007) e as condições óxicas encontradas na região.

4 | CONCLUSÃO

A realização dos ensaios de ressuspensão permitiu uma simulação sobre o comportamento dos metais em eventos de ressuspensão, o que poderia acontecer em uma situação de dragagem no local, empregando-se um método de extração sequencial que se mostrou útil para a avaliação do risco ambiental associado aos contaminantes metálicos.

Foi verificado que alguns dos metais estudados (Cu e Pb) apresentaram maiores concentrações na fração reativa, sugerindo que na região do Saco do Engenho esses

metais-traço têm biodisponibilidade potencial elevada, o que pode trazer riscos à biota local. Os intervalos de ressuspensão apresentaram maiores diferenças (para a maioria dos metais) no intervalo de 1 hora na extração HCl 1 mol L⁻¹, sugerindo que uma possível dragagem poderia afetar a biodisponibilidade dos metais. Estes efeitos devem ser considerados para as avaliações de riscos associados a dragagens.

REFERÊNCIAS

ALLEN, H.E.;FU, G.; BOOTHMAN, W.;DI TORO, D.; MAHONY, J.D.,. Determination of acid volatile sulfides and selected simultaneously extractable metals in sediment. **United States Environmental Protection Agency Report** 821/12-91/100, Washington, DC. 1999

BEYER, W.N.; PATTEE, O. H.;SILEO, L.;HOFFMAN, D. J.; MULHERN, B. M. Metal Contamination in Wildlife Living Near Two Zinc Smelters. **Environmental Pollution**, v. 38, p. 63-86, 1985.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 454 de 1º de novembro de 2012.**

CAETANO,M.; MADUREIRA, M.J.; VALE,C. Metal remobilisation during resuspension of anoxic contaminated sediment: short-term laboratory study. **Water, Air and Soil pollution**, n.143,p. 23-40, 2003.

CANTWELL,M.G.; BURGESS,R.M.; KING,J.W. Resuspension of contaminated field and formulated reference sediments Part I: Evaluation of metal release under controlled laboratory conditions. **Chemosphere**, n.73, p.1824-1831, 2008.

CAPPUYNS,V.; SWENNEN, R.; DEVIVIER,A. Dredged river sediments: potential chemical timebombs? A case study. **Water, Air, Soil and Pollution**, v.171,p. 49-66, 2006.

COTOU,E.;GREMARE,A.; CHARLES,F.; HATZIANESTIS,I. Potential toxicity of resuspended particulate matter and sediments: Environmental samples from the Bay of Banyuls-sur-Mer and Thermaikos Gulf. **Environment International**, n. 25, p.2521 -2532,2005.

CUNHA,C.L.N;ROSMAN,P.C.C; MONTEIRO,T.C.N. **CARACTERIZAÇÃO DA CIRCULAÇÃO HIDRODINÂMICA BIDIMENSIONAL DA BAÍA DE SEPETIBA.** Programa COPPE: Engenharia Oceânica, Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica, Rio de Janeiro, Brasil, 2002.

DI TORO, D.; MAHONY, J.D.; HANSEN, D.J.; SCOTT, K.J.; HICKS, M. B.; MAYR, S. M.; REDMOND, M. S. Toxicity of cadmium in sediments: The role of acid volatile sulfide. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 9, p. 1487-1502, 1990.

DOURADO, F; CUNHA,J; LIMA, A; PALERMO, N. **Os novos empreendimentos na Baía de Sepetiba e o passivo ambiental da CIA Mercantil e industrial Ingá.** Baía de Sepetiba Estado da arte. Corbã: Rio de Janeiro. p 253-262.2012.

EGLEETON, J.; THOMAS, K.V.A. Review of Factors Affecting the Release and Bioavailability of Contaminants During Sediment Disturbance Events. **Environment International**, v.30, p.973-980,2004.

FERNANDES, L.; NAYAK, G.N.; ILANGOVAN,D.; BOROLE,D.V. Accumulation of sediment, organic matter and trace metals with space and time, in a creek along Mumbai coast, India. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n.91, p.388–99,2011.

- GERHARDT,S.; SCHINK,B. Redox changes of iron caused by erosion, resuspension and sedimentation in litoral sediment of a freshwater lake. **Biogeochemistry**, v.74, p. 341–356. 2005.
- GOMES, F.C.; GODOY,J.M.; GODOY, M.L.D.P.; CARVALHO,Z. L.; LOPES, T.R.; SANCHEZ – CABEZA, J.A.; LARCERDA, L.D.; WASSERMANN, J.C. Metal concentrations, fluxes, inventories and chronologies in sediments from Sepetiba and Ribeira Bays: A comparative study. **Marine Pollution Bulletin**,n. 59, p- 123 -133, 2009
- HERMS,F, GURGEL, M. **Distribuição de metais pesados nos sedimentos da Baía de Sepetiba, RJ**. Baía de Sepetiba Estado da arte. Corbã: Rio de Janeiro. p 151-177.2012.
- HIRST, J.M.; ASTON, S.R. Behaviour of Copper, Zinc, Iron and Manganese during Experimental Resuspension and Reoxidation of Polluted Anoxic Sediments. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n.16, 549-558, 1983.
- LACERDA,L.D., GRAÇA,N.M., QUINTANILHA,M.C. **Bibliografia sobre a contaminação por metais pesados em ambientes costeiros do Estado do Rio de Janeiro**. Universidade Federal Fluminense/ Programa de Geoquímica. 54p.1994.
- LUIZ-SILVA, W. ; MACHADO, W. ; MATOS, R.H.R. . Multi-elemental contamination and historic record in sediments from the Santos-Cubatão Estuarine System, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 19, p. 1490-1500, 2008.
- MACHADO, W.; SANTELLI, R. E.; CARVALHO, M.F.; MOLISANI, M.M.; BARRETO, R.C.; LACERDA, L.D. Relation of Reactive Sulfides with Organic Carbon, Iron, and Manganese in Anaerobic Mangrove Sediments: Implications for Sediment Suitability to Trap Trace Metals. **Journal of Coastal Research**, v. 24, p. 25-32, 2008.
- MACHADO,W.; RODRIGUES, A.P.C.;BIDONE, E.D.;SELLA,S.M.;SANTELLI, R.E. Evaluation of Cu potential bioavailability changes upon coastal sediment resuspension: an example on how to improve the assessment of sediment dredging environmental risks. **Environmental Science and Pollution Research**, n.18, p.1033-1036, 2011.
- MADDOCK,J.E.L.; CARVALHO,M.F.; SANTELLI,R.E.; MACHADO,W. Contami- nant Metal Behavior During Re-suspension of Sulphidic Estuarine Sediments. **Water, Air and Soil Pollution**, n.181,p.193-200, 2007.
- MOLISANI, M. M.; MARINS, R. V.; MACHADO, W.; PARAQUETTI, H. H. M.; BIDONE, E. D.; LACERDA, L. D. Environmental changes in Sepetiba Bay, SE Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 4, p. 17-27, 2004.
- MONTE,C.N. **Análise da biodisponibilidade de metais a partir de ensaio de ressuspensão de sedimentos da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2014. Dissertação de mestrado (Mestrado em geociências – geoquímica ambiental). Programa de Pós Graduação em Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, 2014.
- MONTE,C.N.; RODRIGUES, A,P.C.;CORDEIRO, R.C.; FREIRE,A.S.; SANTELLI, R.E.; MACHADO,W. Changes in Cd and Zn bioavailability upon an experimental resuspension of highly contaminated coastal sediments from a tropical estuary. **Sustainable Water Resources. Management**, n. 1, p. 332-335, 2015.
- MORSE, J.W. Interactions of trace metals with authigenic sulfide minerals: implications for their bioavailability. **Marine Chemistry**, n. 46, p.1-6, 1994.
- NIENCHESKI, L.F; JAHNKE,R.A. Benthic Respiration and Inorganic Nutrient Fluxes in the Estuarine Region of Patos Lagoon (Brazil). **Aquatic Geochemistry**, n.8, p. 135–152, 2002.

NORSETH, T. Environmental pollution around nickel smelters in the Kola Peninsula (Russia). **Science of the Total Environment**, v. 148, p. 103-108, 1994

OLIVEIRA, R. C. B.; MARINS, R. V. Dinâmica de Metais-Traço em Solo e Ambiente Sedimentar Estuarino como um Fator Determinante no Aporte desses Contaminantes para o Ambiente Aquático: Revisão. **Revista Virtual Química**, V.3, n.2, p.88-102. 2011.

PESTANA, M. H. D. **Partição geoquímica de metais pesados em sedimentos estuarinos nas Baías de Sepetiba e da Ribeira, RJ**. Dissertação de mestrado em geociências – geoquímica. Universidade Federal Fluminense. 211p 1989.

RIBEIRO, A. P.; FIGUEIREDO, A. M. G.; SANTOS, J. O.; DANTAS, E.; CONTRIM, M. E. B.; FIGUEIRA, R. C. L.; FILHO, E. V. S.; WASSERMAN, J. C.; SANTOS, J. O. Combined SEM/AVS and attenuation of concentration models for the assessment of bioavailability and mobility of metals in sediments of Sepetiba Bay (SE Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, n.68, p.55-63. 2013.

ROBERTS, D. A. Causes and ecological effects of resuspended contaminated sediments (RCS) in marine environments. **Environment International**, n. 40, p.230–243, 2012.

RODRIGUES, A. P. C.; LEMOS, A. P.; MONTE, C. N.; RODRIGUES, S. K.; CESAR, R. G.; MACHADO, W. Environmental risk in a coastal zone from Rio de Janeiro state (Brazil) due to dredging activities. In: ARAÚJO, C. V. M. & SHINN, C. Ecotoxicology in Latin America. Nova Publishers, New York, pp. 183-200. 2017

RODRIGUES, S. K.; ABESSA, D. M. S.; RODRIGUES, A. P. C.; SOARES-GOMES, A.; FREITAS, C. B.; SANTELLI, R. E.; FREIRE, A. S.; MACHADO, W. Sediment quality in a metal-contaminated tropical bay assessed with a multiple lines of evidence approach. **Environmental Pollution**, n. 228, p 265-276, 2017

SAULNIER, I. ; MUCCI, A. Trace metal remobilization following the resuspension of estuarine sediments: Saguenay Fjord, Canada. **Applied geochemistry**, n.15,p. 191- 210. 2000.

SILVA-FILHO, L. C. R. **Análise da gestão costeira em baías: o caso da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2015. Dissertação (Mestrado no Programa de Planejamento Energético) COPPE- UFRJ, 2015.

TORRES, R. J.; ABESSA, D. M. S.; SANTOS F. C.; MARANHO, L. A.; DAVANSO, M. B.; NASCIMENTO, M. R. L.; MOZETO, A. A. Effects of dredging operations on sediment quality: contaminant mobilization in dredged sediments from the Port of Santos, SP, Brazil. **Journal of Soils and Sediments**, n. 9, p. 420–43, 2009.

URBAN, S. R.; CORRÊA, A. X. R.; SCHETTINI, C. A. F.; SCHWINGEL, P. R.; SPERB, R. M.; RADETSKI, C. M. Physicochemical and ecotoxicological evaluation of estuarine water quality during a dredging operation. **Journal of Soils and Sediments**, n. 10, p. 65-76, 2010.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Microwave assisted acid digestion of sediments, soils, sludge and oils**. Method 3051, US Environmental Protection Agency, Washington, D.C. 1994.

VÉLEZ, M. V. N. **Meio ambiente, informação e mobilização social: a degradação da Praia de Sepetiba**. Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado, Programa de Pós Graduação em Ciência da Informação) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

WARNKEN, K. W.; GILLI, G. A.; DELLAPENNA, T. M.; LEHMAN, R. D.; HARPER, D. E.; ALLISON, M. A. The effects of shrimp trawling on sediment oxygen consumption and the fluxes of trace metals and nutrients from estuarine sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, n.57, p. 25–42.2003.

WASSERMAN, J. C. **O impacto da mobilização química de metais durante um serviço de dragagem na Baía de Sepetiba para o terminal marítimo da CSA. Mobilidade de metais em**

Sepetiba. Universidade Federal Fluminense. 2005.

WASSERMAN, J.C.; WASSERMAN, M.A.V.; BARROCAS,P.R.G.; ALMEIDA,A.M. Predicting pollutant concentrations in the water column during dredging operations: Implications for sediment quality criteria. **Marine Pollution Bulletin**, n. 108, p. 24-32, 2016.

ZHANG, X., YANG, L., LI, Y., LI, H., WANG. W., YE, B. Impacts of lead/zinc mining and smelting on the environment and human health in China. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, p. 2261–2273, 2012.

ZHANG ,C.;ZHI-GANG YU, Z.; ZENG, G.; JIANG,M.; YANG,Z.;CUI,F.; ZHU,M.; SHEN,L.;HU, L. Effects of sediment geochemical properties on heavy metal bioavailability. **Environment International**, n. 73, p. 270-281, 2014.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-020-9

