

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

PABLO DE ANDRES FERNANDEZ

INVESTIGAÇÃO DOS TEORES DE CHUMBO EM SEDIMENTOS DO LEITO DO
RIO RIBEIRA DE IGUAPE EM REGISTRO - SP

São Paulo

2022

**Investigação dos teores de chumbo em sedimentos de leito do rio Ribeira de Iguape
em Registro – SP.**

Versão Corrigida

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo como parte dos requisitos para
a obtenção do título de Especialista
em Gestão de Áreas Contaminadas,
Desenvolvimento Urbano
Sustentável e Revitalização de
Brownfields.

Orientador: Dr. PAULO LIMA
LOJKASEK

São Paulo

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação

Fernandez, Pablo de Andres Fernandez
Investigação dos teores de chumbo em sedimentos do leito do rio Ribeira de Iguape em Registro - SP. / Pablo de Andres Fernandez. -- São Paulo, 2022, 37 p. + anexo.

Monografia. Escola Politécnica/USP
Orient.: Lojkasek, Paulo Lima

1.Chumbo 2. Contaminação 3. Sedimentologia 4. Mineração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Dr. Paulo Lojkasek Lima pela orientação para o desenvolvimento desta monografia, sempre solícito em dirimir as minhas dúvidas e com sugestões importantes para a construção deste trabalho.

Agradeço à professora Dra. Patricia Ruggiero pelas palavras de incentivo que foram muito importantes para a conclusão do curso.

Agradeço à professora Dra. Marilda Vianna, coordenadora do curso e, em seu nome, a todos professores e demais profissionais de apoio que contribuíram com seu conhecimento e trabalho para a nossa formação nesta especialização.

Agradeço à Associação dos Mineradores de Areia do Vale do Ribeira e Baixada Santista, pela disponibilização dos dados técnicos que serviram para a construção deste trabalho.

Agradeço à minha família pelo apoio, incentivo e paciência durante o desenvolvimento do curso.

RESUMO

Fernandez, Pablo de Andres. Investigação dos teores de chumbo em sedimentos do leito do rio Ribeira de Iguape em Registro - SP. 2022. 37 p. + Anexo. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

O presente trabalho foi desenvolvido para investigar os teores de chumbo nos sedimentos de corrente no leito do rio Ribeira de Iguape num trecho a jusante da cidade de Registro, para constatar se a futura extração de areia efetuada na área, destinada à construção civil, poderia gerar problemas à saúde humana em face dos teores potencialmente elevados de chumbo que ocorrem a montante da área escolhida. O planejamento dos trabalhos se iniciou com um levantamento bibliográfico acerca da problemática ocasionada pela mineração e beneficiamento de chumbo ocorrida na região do Alto Ribeira, próximo à cidade de Adrianópolis, a cerca de 200 km a montante da cidade de Registro, onde se localiza a área investigada. Em seguida, efetuou-se uma pesquisa bibliográfica sobre as características da substância de interesse, o chumbo na sua forma metálica e formas associadas, levantando suas características geoquímicas, formas de movimentação no meio natural e sua interação nos vários ambientes. Definiu-se e caracterizou-se uma área de amostragem ao longo do leito do rio, começando nas proximidades da cidade de Registro e seguindo cerca de 15 km a jusante. Nessa área foram executadas sondagens à percussão para coleta de amostras em profundidade ao longo do pacote de sedimentos arenosos. Estabeleceu-se uma metodologia de coleta das amostras de sedimentos a serem analisadas para obtenção dos teores de chumbo. Após as coletas, as amostras foram enviadas para o laboratório do IAC – Instituto Agrônomo de Campinas, para determinação dos teores de chumbo nas amostras. De posse dos resultados das análises, estes foram comparados com os valores orientadores da CETESB e CONAMA. Com os resultados analíticos estabeleceu-se uma discussão sobre a qualidade dos sedimentos no que diz respeito à contaminação por chumbo e a consequente conclusão.

Palavras-chave: Chumbo. Contaminação. Sedimentologia. Mineração.

ABSTRACT

Fernandez, Pablo de Andres. Investigation of lead contents in river bed sediments in a sand extraction area for civil construction. 2022. 37 p. Monograph (MBA in Management of Contaminated Areas, Sustainable Urban Development and Revitalization of Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

The present work was developed to investigate the lead contents in the current sediments in the Ribeira de Iguape river bed in a section downstream of the city of Registro, to verify if the future sand extraction carried out in the area, destined to civil construction, could generate problems to human health due to the potentially high levels of lead that occur upstream of the chosen area. The planning of the works began with a bibliographical survey about the problems caused by the mining and processing of lead that occurred in the Alto Ribeira region, near the city of Adrianópolis, about 200 km upstream from the city of Registro, where the area is located. investigated. Then, a bibliographical research was carried out on the characteristics of the substance of interest, lead in its metallic form and associated forms, raising its geochemical characteristics, forms of movement in the natural environment and its interaction in various environments. A sampling area along the river bed was defined and characterized, starting near the city of Registro and following approximately 15 km downstream. In this area, percussion soundings were carried out to collect samples at depth along the package of sandy sediments. A methodology for collecting sediment samples to be analyzed to obtain lead levels was established. After collections, the samples were sent to the laboratory of the IAC – Instituto Agronômico de Campinas, to determine the lead levels in the samples. Based on the results of the analyses, these were compared with the guiding values of CETESB and CONAMA. With the analytical results, a discussion about the quality of the sediments regarding lead contamination and the consequent conclusion was established.

Keywords: Lead. Contamination. Sedimentology. Mining.

Sumário

1	Introdução.....	8
2	Objetivos	10
3	Justificativa.....	10
4	A Geoquímica do Chumbo.....	11
4.1	Contaminação por chumbo.	12
4.2	Limites legais para chumbo.	13
4.2.1	A Resolução CONAMA 420/2009.....	14
4.2.2	A Resolução CONAMA 454/2012.....	15
4.2.3	Critérios Adotados pela CETESB para qualidade de sedimentos	16
4.3	Histórico da contaminação plúmbea do Alto Ribeira	17
5	Caracterização da Área de Estudo.....	20
5.1	Geologia e Geomorfologia.....	21
5.2	Recursos Minerais.....	24
5.3	A Mineração de Chumbo no Vale do Ribeira.....	25
5.4	A Mineração de Areia no Vale do Ribeira.....	26
6	Materiais e Métodos	27
6.1	Equipamentos utilizados	27
6.2	Posição da área investigada.	29
7	Resultados e Discussão	31
8	Conclusão	34
9	Bibliografia.....	36
	Anexo I	40

1 Introdução

A mineração de areia é atualmente uma das principais atividades econômicas no Vale do Ribeira. Desde a década de 1990, a atividade vem ganhando incremento na região e se modernizando, agregando tecnologia e melhorando o produto final. O rio Ribeira de Iguape contempla as principais jazidas de areia na região, mas outros rios também tem contribuição importante, como o Juquiá, o Pariquera-Açu e o São Lourenço.

O rio Ribeira de Iguape recebe quase a totalidade das águas que circulam na bacia. Apenas as drenagens das vertentes litorâneas são conduzidas diretamente para o oceano e não são recebidas pelo Ribeira de Iguape. Desta forma, a maior parte da carga de sedimentos que é carregada pelas drenagens, desde os pequenos córregos até os maiores tributários, como o Juquiá e o Turvo, desemboca no rio Ribeira.

O Relatório da Exploração do rio Ribeira de Iguape publicado pela Comissão Geográfica e Geológica em 1914 (2ª edição) já afirmava que *“Este rio é o principal coletor de grande parte dos rios da região; a ele vem ter todas as águas que descem da Serra de Paranapiacaba ou do Mar e de seus contrafortes.”*

As características fisiográficas da região do baixo Ribeira fazem com que seja interessante economicamente a extração de sedimentos, sobretudo areia, do leito dos principais rios e, desta forma, estabeleceu-se um polo produtor que abastece principalmente a região da Baixada Santista. Trata-se de uma região muito aplainada, rios com gradientes muito pequenos e, por este motivo, com cursos nitidamente meandantes, o que favorece a deposição de sedimentos nos seus leitos. A simples observação de imagens aéreas, como as do Google Earth, mostram a grande quantidade de meandros abandonados devido ao assoreamento do leito dos rios, fazendo com que seus cursos sejam periodicamente alterados.

De uma forma geral, as atividades de mineração no Vale do Ribeira remontam ao início da colonização do país, quando havia intenso interesse pelas jazidas de ouro e prata. A cidade de Registro, principal núcleo na região, tem seu nome relacionado exatamente ao registro do ouro que era transportado em embarcações pelo rio Ribeira de Iguape em direção ao porto da cidade de Iguape, onde era fundido e vendido. Havia na localidade

um posto da Coroa Portuguesa que registrava todo o minério que por lá passava (Prefeitura de Registro, 2021).

Na região do alto Ribeira, principalmente no entorno das cidades de Ribeira, Apiaí e Iporanga, no Estado de São Paulo, e de Adrianópolis, no Estado do Paraná, a mineração de minerais metálicos continuou durante o século XX. “Desde 1918, quando se iniciou a lavra da jazida Furnas, foram extraídas das principais minas (Painéis de Brejauva, Rocha, Barrinha, Perau, Canoas e Paqueiro, no Paraná, e Furnas, Lajeado e Espírito Santo, em São Paulo) cerca de 3 milhões de toneladas de minério, equivalentes a 210 mil toneladas de chumbo e 240 toneladas de prata (DAITX, 1996 apud Cunha, 2003).

Em 1934 a Companhia de Mineração Iporanga instalou a primeira usina metalúrgica para Pb próximo das minas do Morro do Chumbo e Espírito Santo, atingindo uma produção de apenas 5 t do metal, sendo em seguida desativada (TESSLER, 2001).

A região do Alto Ribeira concentrou até 1954 toda a produção de minério de chumbo no país. A partir da metade da década de 1980, devido a vários fatores, houve um declínio na produção de chumbo no Vale do Ribeira, com o fechamento de várias minas (Cunha, 2003).

Em 1943, foi instalada no Vale do Ribeira a empresa Plumbum, que passaria a refinar todo o chumbo produzido no Vale. Quando a Plumbum foi fechada em 1995, os donos das minas de extração e beneficiamento se viram obrigados a fechar seus negócios, e apesar disso, os reflexos da exploração mineira no ambiente ocorrem até os dias de hoje (YAMASHITA, 2004 apud Cotrim, 2006).

Durante sua existência, a empresa Plumbum S/A Indústria Brasileira de Mineração, localizada no município de Adrianópolis (Paraná), produziu e depositou diretamente no Rio Ribeira de Iguape, por aproximadamente 40 anos, resíduos provenientes do beneficiamento do minério (rejeito do concentrado contendo Arsênio-As, Cobre-Cu, Cromo-Cr, Chumbo-Pb, Prata-Ag, Zinco-Zn) e do forno de fundição (escórias contaminadas, principalmente por Cu, Zn, Níquel-Ni, Cr, Ferro-Fe, Pb e As) (Guimarães, 2007).

Após o encerramento das atividades da Plumbum, diversos estudos foram realizados na área da usina de beneficiamento e nas Vilas próximas para avaliar o grau de contaminação.

Bosso e Enzweiler (2003, apud Guimarães, 2007) analisaram a solubilidade do Pb em amostras de solos superficiais da área de Adrianópolis, região onde está instalada a Plumbum S/A. Este estudo determinou que o solo desta região está contaminado por Pb. A maior concentração de Pb foi detectada na fração mais fina do solo, aumentando assim o risco de contaminação, uma vez que esta fração é mais facilmente suspensa e disponível para contaminação, seja por vias respiratórias ou via ingestão.

2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é a Investigação dos Teores de chumbo ao longo de um trecho do rio Ribeira de Iguape, a partir da interpretação de dados de amostragem e assim, apontar diretrizes em relação a continuidade das ações de mineração de areia. As sondagens serão realizadas no meio do rio procurando obter amostras que representem uma média dos sedimentos que poderão ser retirados nas futuras extrações minerais.

Os teores de chumbo obtidos através de amostragens realizadas em sondagens nos sedimentos do leito do rio Ribeira de Iguape serão comparados com os valores orientadores estabelecidos pela CETESB e pelo CONAMA para solos. Os valores obtidos também serão comparados com os valores estabelecidos pelo “Canadian Council of Ministers of the Environment” (CCME, 1999), visto que, no Brasil não há até o momento valores orientadores especificamente para sedimentos submersos. A CETESB utiliza-se destes valores canadenses na elaboração do Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo (CETEB, 2018).

3 Justificativa

A investigação dos teores de chumbo nos sedimentos do rio Ribeira de Iguape se justifica em face da contaminação ocorrida no Alto Vale, nas proximidades das cidades de Adrianópolis (PR) e Ribeira (SP), ambas às margens do rio Ribeira de Iguape, onde, por muito tempo, ocorreu o beneficiamento de chumbo proveniente de minas existentes no entorno. Grande quantidade de rejeito e de escória proveniente desse beneficiamento foi carregado para o leito do rio e transportado para jusante.

maleável. Foi amplamente utilizado na antiguidade para a fabricação de canos para a condução de água. É um elemento com muitas aplicações, sendo um dos metais mais utilizados no mundo

O chumbo é um elemento calcófilo com baixa mobilidade no ambiente oxidante e em meios ácido, neutro e alcalino. No ambiente redutor, torna-se imóvel. Suas principais associações são: a) com outros elementos calcófilos em depósitos sulfetados de origem vulcanogênica; b) com Ba e K em feldspatos potássicos; c) com Al, Ag, As, Au, Bi, Cd, Mo, Ni, Sb, V e Zn em folhelhos pretos; d) com Cu, S, Mo, Au, Ag, Re, As, Zn e K em depósitos hidrotermais de cobre porfiro; e) com Zn, Cu, S, Ag, Au, As, Sb e Mn em mineralizações hidrotermais nos granitos mantélicos. O chumbo raras vezes se encontra em seu estado elementar, sendo seu mineral mais comum a galena (PbS). Mais raramente ocorre na forma de carbonato (cerusita) e sulfato (anglesita) (Lopes Jr., 2005).

Outras características do chumbo no meio ambiente incluem a formação de sais com ácidos orgânicos, ácidos lácticos e acéticos, além de formar compostos orgânicos estáveis, tais como: chumbo tetraetílico e chumbo tetrametílico (Malavolta, 1993).

4.1 Contaminação por chumbo.

Os alquimistas associavam o chumbo ao planeta Saturno, daí o termo saturnismo designar doenças causada por inalação ou ingestão de chumbo. A manipulação de chumbo contribui, hoje, para a contaminação do meio ambiente, tendo além dos teores naturais, os teores devidos a ações antrópicas, como indústria de baterias, automóveis, siderúrgicas e fertilizantes, entre outros, apresentando grande potencial de dano aos organismos vivos. (Souza et al, 2015).

A combustão de gasolina com aditivos contendo chumbo também representou aproximadamente 90% de todas as contribuições antropogênicas na década de 80, e a inalação dessas emissões foi significativa via de exposição. Em alguns países ainda se utilizam aditivos de chumbo na gasolina, resultando em emissões danosas à saúde pública. Emissões atmosféricas passadas e presentes contribuem para aumento dos teores de chumbo nos solos, principalmente em áreas próximas de autoestradas (CCME, 1996 apud Cunha, 2003).

Os estados de oxidação do chumbo são (0), (I), (II) e (IV), porém nos ambientes naturais é encontrado, predominantemente, sob a forma Pb^{+2} , a mais tóxica. O estado de oxidação Pb^{+4} forma compostos orgânicos estáveis tóxicos, representando risco a saúde do homem, nos países que ainda utilizam aditivos com chumbo na gasolina (Figueiredo, 2000).

A atividade de mineração pode liberar chumbo para os rios, atmosfera e para os solos, contribuindo para o enriquecimento desse metal no meio ambiente. Como esse tipo de atividade é considerada fonte pontual de contaminação, representa perigo a saúde da população residente no seu entorno. Essas populações, principalmente as crianças, ficam expostas as emissões dessas fontes, com a ingestão de água e alimentos, como ainda pela ingestão de partículas dos solos e inalação de poeiras contaminadas (Cunha, 2003)

Os sedimentos têm sido empregados com frequência como monitores de contaminação e poluição para metais pesados em ecossistemas aquáticos, porque em geral funcionam como um reservatório semipermanente ou acumulador desses metais, resultado da integração de vários processos químicos, físicos e biológicos que neles ocorrem. O tempo de residência dos metais pesados nos sedimentos depende das alterações desses processos no sistema aquático, que podem tornar esses metais disponíveis (Cunha, 2003).

Em relação ao aporte dos metais nos sedimentos associados a ambientes aquosos, Goldeberg (1954, apud Martins, 2012) menciona cinco fontes naturais, sendo que uma não exclui a outra: fontes litogênicas (oriunda das rochas), fontes hidrogênicas (mudanças físico-químicas das águas), fontes biogênicas (alteração das substâncias orgânicas), fontes atmogênicas (proveniente da atmosfera) e fontes cosmogênicas (origem no espaço exterior). Entretanto, as fontes antropogênicas intensificam o processo de aporte dos metais e, no caso do rio Ribeira de Iguape, a principal fonte vem da mineração (Martins, 2012).

4.2 Limites legais para chumbo.

Os Valores Orientadores para solo e água subterrânea são concentrações de substâncias químicas derivadas por meio de critérios numéricos e dados existentes na literatura científica internacional, para subsidiar ações de prevenção e controle da poluição, visando à proteção da qualidade dos solos e das águas subterrâneas e o

gerenciamento de áreas contaminadas. A Lei Estadual 13.577, de 08 de julho de 2009 e seu Decreto nº 59.263, de 05 de junho de 2013, que a regulamenta, estabelecem os valores orientadores como um dos instrumentos para implantação do sistema de proteção da qualidade do solo e para o gerenciamento de áreas contaminadas no Estado de São Paulo.

Segundo o Anexo Único a que se refere o artigo 1º da Decisão de Diretoria Nº 195-2005-E da CETESB, de 23 de novembro de 2005, os Valores Orientadores são definidos e têm a sua utilização como segue:

- a) **Valor de Referência de Qualidade – VRQ:** É a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea. O valor de referência de qualidade para o chumbo no solo é 17 mg/kg.
- b) **Valor de Prevenção – VP:** É a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. O valor de prevenção do chumbo no solo é de 72 mg/kg.
- c) **Valor de Intervenção – VI:** É a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico. Os valores de intervenção para o chumbo no solo são: 180 mg/kg para área agrícola, 300 mg/kg para área residencial e, 900 mg/kg para área industrial.

No gerenciamento de áreas contaminadas, a área será classificada como Área Contaminada sob Investigação quando houver constatação da presença de contaminantes no solo ou na água subterrânea em concentrações acima dos Valores de Intervenção, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco, devendo seguir os procedimentos de gerenciamento de áreas contaminadas.

4.2.1 A Resolução CONAMA 420/2009

No Brasil, em 2009, foi publicada a Resolução CONAMA 420 que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e estabelece diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas no território brasileiro.

Nesta resolução foram estabelecidos os valores orientadores semelhantes aos estabelecidos pela CETESB, sendo que o Valor de referência de qualidade ficou a ser definido por cada Estado, conforme metodologia descrita na Resolução.

Os Valores de prevenção foram definidos iguais aos da CETESB de 2005 e os Valores de Investigação iguais aos que a CETESB denomina de Valores de Intervenção, exceto na água subterrânea para Alumínio, Ferro, Cobalto e Zinco.

Na Tabela 4.1 destacam-se os valores orientadores para chumbo constantes no Anexo II da Resolução Conama 420/2009, mesmos valores adotados pela CETESB.

Tabela 4.1 – Adaptado do Anexo II da Resolução CONAMA 420/2009

Substância	Valor de Prevenção	Valor de Intervenção		
		Agrícola	Residencial	Industrial
Chumbo	72	180	300	900

4.2.2 A Resolução CONAMA 454/2012

A CONAMA 454, que revogou as Resoluções nº 344/2004 e 421/2010, estabelece no seu Art. 1º:

“as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional e a sua disposição final, aplicando-se para fins de implantação, aprofundamento, manutenção ou ampliação de canais hidroviários, da infraestrutura aquaviária dos portos, terminais e outras instalações portuárias, públicos e privados, civis e militares, bem como as dragagens para outros fins”.

Embora a resolução diga no artigo citado que se aplica às dragagens para outros fins, no parágrafo primeiro do mesmo artigo, estabelece uma exceção: *“O disposto nessa Resolução não se aplica as dragagens para fins de mineração.”*

A Resolução CONAMA 454 estabelece critérios para a disposição do material dragado, seja na água, seja no solo, e para cada caso estabelece critérios a serem seguidos no que diz respeito à caracterização química do material a ser disposto.

Após a caracterização química do material a ser disposto, a Resolução prevê dois caminhos que estão descritos nos Incisos “I” e “II” do Art. 10, quais sejam:

I - para avaliação das alternativas de disposição em solo, os resultados da caracterização química devem ser comparados com os valores

orientadores nacionais estabelecidos para solos pela Resolução Conama no 420/2009 ou norma estadual vigente;

II - para avaliação das alternativas de disposição em águas sob jurisdição nacional, os resultados da caracterização química devem ser comparados com os valores orientadores previstos na Tabela III do Anexo desta Resolução e classificados em dois níveis:

a. Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos a biota;

b. Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos a biota.

Ou seja, no caso em que a disposição do material dragado for feita sobre o solo, os teores da substância química de interesse, no caso do presente trabalho, o elemento chumbo, deve ser comparado com os valores orientadores estabelecidos pela Resolução CONAMA 420/2009.

No caso da disposição ocorrer em águas sob jurisdição nacional, a caracterização química deve ser comparada com os valores orientadores previstos na Tabela III, anexa à Resolução, a qual está baseada, para água doce, nas Diretrizes Canadenses de Qualidade de Sedimentos para a Proteção Aquática – Tabelas Resumidas (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic – Summary Tables) (Environmental Canada, 2002).

As Diretrizes Canadenses de Qualidade de Sedimentos adotam os conceitos de TEL (Theshold Effect Level), nível improvável de ocorrência de efeitos adversos a biota aquática, e PEL (Probable Effect Level), nível provável de ocorrência de efeitos adversos a biota aquática.

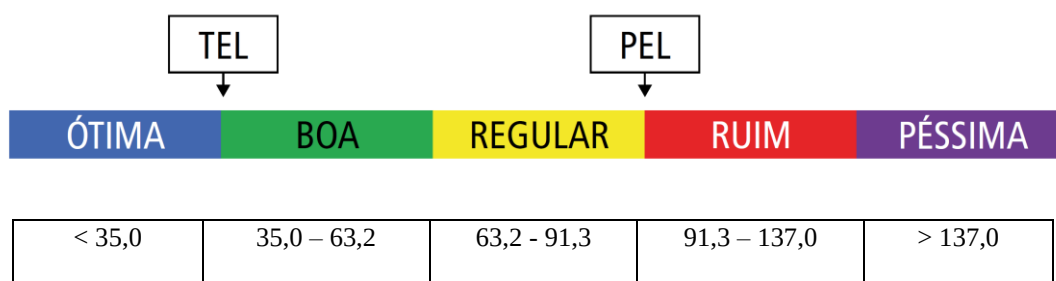
4.2.3 Critérios Adotados pela CETESB para qualidade de sedimentos

O Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo (CETESB, 2018), também utiliza as Diretrizes Canadenses para classificar a qualidade dos sedimentos amostrados. Segundo a CETESB (2018), “as concentrações dos contaminantes orgânicos e inorgânicos foram comparadas com os limites em que há baixa (TEL) e alta (PEL) probabilidade de ocorrência de efeitos adversos a biota aquática, e classificados em cinco categorias”. Desta forma, a CETESB (2018) estabeleceu uma classificação segundo a qual:

“a qualidade ÓTIMA, para cada contaminante, corresponderia à concentração inferior a TEL. A qualidade BOA, a faixa entre TEL, inclusive, e a concentração correspondente a 50% da distância entre TEL e PEL, somado a TEL. A qualidade REGULAR, a faixa superior a 50% da distância entre TEL e PEL, somado a TEL e inferior a PEL. A qualidade RUIM, a faixa entre PEL, inclusive, e a concentração correspondente a 1,5 x de seu próprio valor. E a qualidade PÉSSIMA acima de 1,5 x PEL

Essa classificação pode ser visualizada de forma gráfica através da Figura 4.1 com os respectivos teores de chumbo encontrados nos sedimentos em mg/kg.

Figura 4.1 – Adaptado de CETESB (2018), Apêndice D, pág. 22.



TEL - Threshold Effect Level para chumbo = 35mg/kg; PEL - Probable Effect Level para chumbo = 91,3 mg/kg, segundo valores estabelecidos pelo Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 1999 apud CETESB, 2018).

4.3 Histórico da contaminação plúmbea do Alto Ribeira

O “Atlas Geoquímico do Vale do Ribeira: geoquímica dos sedimentos ativos de corrente”, publicado pela CPRM (Lopes Jr., 2007), descreve de maneira sucinta a problemática da presença de chumbo na calha do Rio Ribeira de Iguape:

“O Alto Vale do Ribeira foi palco, durante décadas, de uma intensa atividade de mineração voltada para a produção de chumbo, zinco e prata. Até 1996 quando as últimas minas foram fechadas produziram-se danos à vegetação e à paisagem, especialmente nas lavras a céu aberto. Com o beneficiamento de minério (minas do Rocha e Panelas) e refino de metais (Plumbum) foram produzidas pilhas de rejeitos que se encontram ainda expostas e sujeitas a inundações periódicas. Na planta da Plumbum, junto à margem direita do rio Ribeira, município de Adrianópolis, moradores das vilas vizinhas continuam expostos à intoxicação por chumbo, mesmo após o fechamento da indústria. Na região da mina de Furnas, análises realizadas em 2003, em peixes, do Ribeirão Furnas, mostraram que duas espécies, bagres e cascudos, estavam contaminadas com chumbo. Essas espécies de peixes de fundo

que procuram seus alimentos nos sedimentos argilosos, sofrem forte impacto pois nessas frações o chumbo está fortemente concentrado.”

Durante o período entre 1999 e 2001, foi desenvolvido um estudo ambiental associado a um monitoramento humano, na região do Alto Vale do Ribeira, com populações residentes em áreas próximas às minas e à Plumbum: Ribeira e Iporanga (Bairro da Serra) no Estado de São Paulo e Adrianópolis (Vila Mota, Capelinha e Porto Novo), no Estado do Paraná. Este estudo envolveu ainda a população de Cerro Azul, a montante da região mineira, no Paraná. O principal objetivo deste trabalho foi investigar a possibilidade de contaminação ambiental causada pelas atividades de mineração de chumbo estar atingindo as populações residentes no Alto Vale do Ribeira (Cunha, 2003).

Toda a preocupação com a possível contaminação ficou concentrada numa área em torno dos municípios de Ribeira e Iporanga (SP) e Adrianópolis (PR), já que as minas, o beneficiamento e os rejeitos das operações se concentraram nessa área.

As concentrações de chumbo nas amostras de solos variaram de 21 a 916 mg/kg, sendo que os teores mais elevados ocorreram nos locais mais próximos à usina de refino Plumbum (Tabela 4.2). Na escória foi encontrado 2,5% e no rejeito 0,7% de chumbo (Cunha, 2003). Esses valores são elevadíssimos, principalmente em se tratando de lugares onde as crianças brincam diariamente. Segundo a CETESB (2001, apud Cunha, 2003) os solos com teores de chumbo acima de 100 mg/kg podem indicar alteração na qualidade em relação ao risco potencial à saúde humana, e com teores acima de 350 mg/kg já necessitam de estudos ambientais de remediação. Seguindo, então, essa proposição, os solos mais próximos da Plumbum podem ser considerados contaminados por chumbo, apresentando risco à saúde das populações que ali habitam. Esses resultados incluem os solos das hortas residenciais, que necessitam de investigação em relação aos teores de chumbo nos alimentos ali cultivados.

Tabela 4.2 – Concentrações de chumbo nas amostras de solo superficial (Cunha, 2003)

Número da amostra	Teor de chumbo (ug g ⁻¹)	pH	Distância da Plumbum	Número da amostra	Teor de chumbo (ug g ⁻¹)	pH	Distância da Plumbum
1	175	6,6	5 km	12	245	5,9	1,5 km
2	432	6,6	2,5 km	13*	217	7,2	1,7 km
3	343	7,9	1,2 km	14*	293	6,3	1,8 km
4	63	6,2	1 km	15	37	5,9	2 km
5	672	6,7	1 km	16	52	5,6	3,5 km
6*	904	6,5	300 m	17	76	5,9	3,6 km
7	397	6,5	500 m	18	58	5,8	4,5 km
8	916	6,3	900 m	19	21	5,6	6,5 km
9*	802	5,5	900 m	20	37	5,8	6,0 km
10	76	5,0	1 km	21	26	5,5	9,5 km
11	117	6,7	1,4 km				

* solos de horta

Como se pode ver na tabela 4.2, os teores de chumbo estão diretamente relacionados com a proximidade da usina da Plumbum, sendo que as áreas mais próximas da Plumbum são as que apresentam teores maiores.

O levantamento geoquímico feito pela CPRM no início dos anos 2000 que originou o Atlas Geoquímico do Vale do Ribeira (Lopes Jr., 2007) levantou uma série de preocupações com a possível contaminação das áreas banhadas pelo rio Ribeira de Iguape. Segundo Lopes Jr. (2007),

“Embora com baixíssimas concentrações nas águas do rio Ribeira e de seus principais afluentes entre as cidades de Iporanga e Eldorado, como foi constatado pelo monitoramento realizado durante a execução do projeto, e dessa forma com poucas probabilidades de provocar danos as populações e ao meio ambiente, o mesmo não se pode dizer dos sedimentos da calha do Ribeira e dos afluentes que possuem minas de chumbo nas suas bacias de captação como, foi constatado através de estudos de contaminação de Pb em peixes do rio Furnas.”

O fato do aporte de resíduos de chumbo proveniente das minerações ter se encerrado a mais de 25 anos no Alto Ribeira e a constante movimentação dos sedimentos da calha do rio Ribeira de Iguape provocada pelo próprio fluxo de suas águas traz a indagação sobre a real presença atual de chumbo distribuídos nos sedimentos do leito do rio.

Como as áreas localizadas na região do baixo Ribeira, principalmente à jusante da cidade de Registro, tem grande potencial de aproveitamento do bem mineral areia para construção civil e havendo forte demanda da Região da Baixada Santista por esse bem mineral, torna-se importante caracterizar a qualidade desses sedimentos no que diz respeito ao risco de contaminação com a sua movimentação durante a extração.

5 Caracterização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul (Figura 5.1) está localizada na região sul do estado de São Paulo e leste do Estado do Paraná, entre as latitudes 23° 30' e 25° 30' sul e longitudes 46° 50'' e 50° 00' norte abrangendo uma área total de 24.980 km², dos quais 61% estão no território paulista. (Cotrim, 2006). Cerca de 17.000 km² da bacia estão no Estado de São Paulo.

Na porção paulista da bacia, o Vale do Ribeira situa-se entre as regiões metropolitanas de São Paulo, Curitiba, Santos e Sorocaba, das quais incorpora parcelas. A bacia abriga apenas cidades de porte pequeno com destaque para Registro, Iguape, Apiaí, Juquitiba e Juquiá, na parte paulista, juntamente com o Complexo Lagunar-Estuarino de Iguape-Cananéia com 140 km de costa para o Oceano Atlântico, incluindo a porção paranaense de Paranaguá.

A legislação sobre recursos hídricos do estado de São Paulo, Lei Estadual nº 7.663 de dezembro de 1991, dividiu o estado de São Paulo em 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI's). A UGRHI – 11 – Ribeira de Iguape/Litoral Sul compreende as Bacias dos rios Juquiá, Ribeira e Ribeira de Iguape, além dos rios que deságuam no mar, desde o município de Iguape até a divisa com o estado do Paraná, abrangendo 23 municípios (CBH-RB, 2020).

Somando a população de todos os municípios do Vale do Ribeira na porção paulista não se chega a 400 mil habitantes e ainda com uma parcela significativa de moradores da área rural. Segundo o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 11 de 2020 (CBH-RB, 2020), a população nesse ano era de 372.072 habitantes, sendo 74,5% urbana e 25,5% rural.

Por outro lado, trata-se de uma região com características naturais exuberantes, seja pela grande extensão de vegetação nativa do bioma Mata Atlântica e toda a fauna

associada, seja pela geologia e geomorfologia bastante diversificadas, criando paisagens diferenciadas. Na porção norte da bacia, no alto Ribeira, temos os terrenos cársticos originando um dos maiores complexos de cavernas naturais do planeta.

Na porção do baixo Ribeira, já próximo do oceano Atlântico, o Complexo Estuarino-Lagunar destaca-se por ser um importante criadouro de fauna aquática, com grandes extensões de manguezais.

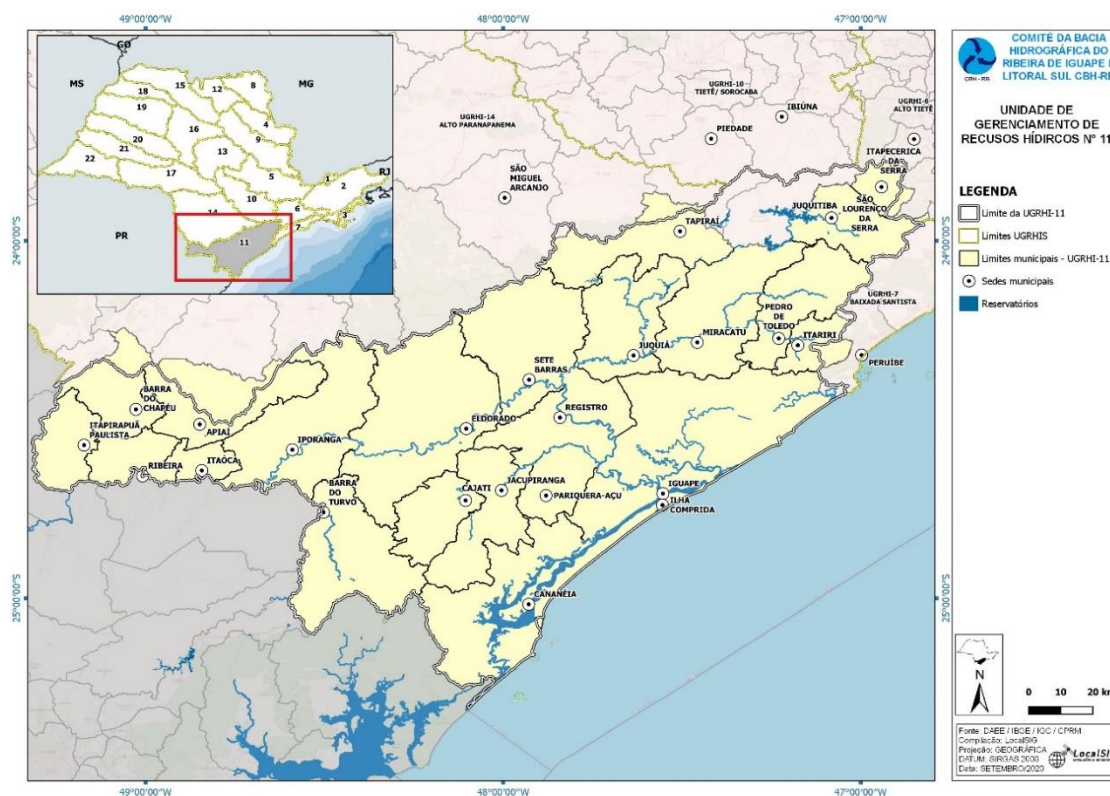


Figura 5.1 - Região do Vale do Ribeira no Estado de São Paulo. Fonte: Relatório de Situação 2020. (CBH-RB, 2020).

5.1 Geologia e Geomorfologia

A região do Vale do Ribeira exhibe ampla variedade de rochas com características distintas que podem ser agrupadas, segundo o Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação - CETEC (1999), em três grandes domínios geológicos:

a) Rochas metamórficas pré-cambrianas e cataclásticas

Representando o primeiro domínio estas rochas, exibem em geral, orientações pronunciadas, sendo mais frequentes as estruturas xistosas (caracterizadas pelo

alinhamento planar dos minerais em xistos e filitos) e migmatíticas (identificadas pelas intercalações de rochas claras e escuras, em geral foliadas, formando bandamentos que podem ser nítidos a pronunciados ou às vezes até quase ausentes). São relativamente abundantes as estruturas lineares que ocorrem em granitos ou maciços granitóides.

Destacam-se também, as orientações ou foliações presentes nos gnaisses e estruturas fraturadas, ou miloníticas das rochas cataclásticas. Todas estas rochas metamórficas pertencem ao Grupo Açungui, Formação Setuva, Complexo Turvo-Cajati e Complexo Costeiro. Estas litologias são dominantes na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape (CETEC, 1999).

b) Rochas magmáticas

As suítes sintectônicas localizam-se predominantemente na porção norte da bacia. Representando o segundo domínio, estas rochas incluem suítes sintectônicas e pós tectônicas, formando grandes batólitos e *stocks*, destacando-se os maciços de Três Córregos (borda oeste) e Agudos Grandes (porção norte). Pertencem à fácies Cantareira, onde as rochas mais comuns são os granito-gnaisses, de granulação fina a média, foliação arcante e sem grandes variações composicionais ou texturais. As suítes graníticas pós tectônicas localizam-se na borda sul da bacia, entre as cidades de Campina Grande e Jacupiranga, e caracterizam-se por granitos de acentuada alcalinidade, cinza clara e rósea, granulação média a grossa e textura hipidiomórfica xeromórfica granular. As rochas do embasamento pré-cambriano encontram-se recortadas por numerosos diques de diabásio, subverticais, com extensões que chegam a alcançar dezenas de quilômetros (CETEC, 1999).

As intrusões ultrabásicas-alcalinas produziram corpos intrusivos, evidenciados nos maciços de Jacupiranga, Morro do Serrote, Itapirapuã e Cananéia, além de corpos de menor extensão como o Morro de São João e Morrote da Ilha Comprida. Este magmatismo é responsável por algumas ocorrências de minerais na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape (CETEC, 1999).

c) Coberturas sedimentares cenozóicas

O último domínio é representado pelas coberturas sedimentares cenozóicas, compostas por 4 unidades geológicas, originadas em ambientes continentais e marinhos. Estas formações foram geradas por fatores complexos, destacando-se as atividades

tectônicas, oscilações do nível do mar e variações climáticas durante o período Cenozóico.

Fazem parte deste grupamento as seguintes formações: Pariquera-Açu, Cananéia, Sedimentos Continentais Indiferenciados e Sedimentos Aluvionares. A Formação Pariquera-Açu corresponde a antigos terraços de sedimentação fluvial, situados acima do nível atual do Rio Ribeira de Iguape, sendo formada por siltitos arenoargilosos e areias de origem fluvial com intercalações de cascalho. Ocorrem em áreas mais expressivas nas bacias do Rio Jacupiranga e do Rio Ribeira de Iguape. A Formação Cananéia constitui as areias marinhas finas não consolidadas, finas, homogêneas, bem selecionadas e freqüentemente limonitizadas. Os depósitos de mangue, também integrantes desta formação, estão distribuídos de forma descontínua, associados a desembocaduras de rios e canais estuarinos, dispostos para montante dos cursos d'água.

Resumidamente, segundo Daitx (1996), a região do Vale do Ribeira insere-se no domínio de duas grandes unidades geotectônicas, denominadas de Faixa de Dobramentos Apiaí (que contém a quase totalidade das ocorrências de minério de Pb) e Maciço de Joinville. Conforme este mesmo autor, a geologia do Vale do Ribeira é caracterizada pela presença de faixas com estruturação geral NE-SW, alternando conjuntos de metamorfitos debaixo e/ou médio grau (de noroeste para sudeste: Itaiacoca, Abapã, Água Clara, Antinha, Lageado, Iporanga, Votuverava, Perau, Capiçu, Setuva e Turvo-Cajati), complexos granitóides (Cunhaporanga, Três Córregos e Agudos Grandes) e complexos gnáissicogranitóide (Apiaí-Mirim) e/ou gnáissico-migmatítico/granulítico (Cristalino ou Costeiro). A Figura 5.2 apresenta o Mapa Litológico da Região do Vale do Ribeira.

As minas de Painéis de Brejaúva, de Furnas e do Ribeirão do Rocha foram as que constituíram maior importância na exploração do chumbo no Vale do Ribeira. A jazida de Painéis de Brejaúva foi considerada clássica na literatura geológica da região. Esta jazida foi a mais estudada, com cerca de 60 km de galerias e 130 km de sondagens, serviu como modelo para compreensão do comportamento da mineralização no Vale do Ribeira (Algarde et al., 1972). A mineralização de Painéis é do tipo veio, encaixado em fraturas discordantes e concordantes, presentes nos epicalcários regionais. A espessura dos veios varia desde centímetros até metros (Cunha, 2003).

Há também minerações de calcário usado na produção de cimento, de cal e para corretivo agrícola no Alto Vale do Ribeira. No entorno da cidade de Cajati há a maior mina em operação do Estado de São Paulo, produzindo fosfato e calcário. Próximo a essa cidade há também mineração de argila. Em Miracatu há mineração de gnaiss usado para produção de brita para a construção civil, além de ocorrências de grafita. Em Barra do Turvo há mineração de rocha ornamental (granito). Há diversas minerações de areia nos principais rios da região, destacando-se o Ribeira de Iguape, o São Lourenço, o Juquiá e o São Lourençinho.

5.3 A Mineração de Chumbo no Vale do Ribeira.

Cerca de 95% das mineralizações de Pb alojam-se em rochas carbonáticas das unidades Lageado e Perau, com um pequeno número de ocorrências nas unidades Água Clara e Itaiacoca. De acordo com Fleischer (1976) os jazimentos de Pb do Vale do Ribeira compõem dois tipos principais de mineralizações, denominadas de Painéis e Perau.

As jazidas do tipo Painéis apresentam mineralizações epigenéticas com corpos filonares discordantes das rochas encaixantes, tendo forte controle estrutural e com os veios mineralizados preenchendo fraturas associadas à estrutura sinformal e antiformal do contexto estrutural regional. As diversas jazidas do tipo Painéis são formadas quase que exclusivamente por galena e pirita, com elevado teor de prata, mineralizados na forma de veios discordantes das rochas carbonáticas encaixantes (DAITX, 1996 apud MORAES, 1997).

Em 1943, iniciou-se a instalação no Vale do Ribeira da empresa Plumbum S/A Indústria Brasileira de Mineração, na área da Mina Painéis, que entrou em operação em 1945. Todo o minério de Pb produzido no Vale do Ribeira a partir de 1945 foi refinado

pela Plumbum até o ano de 1995, quando esta foi fechada. A viabilidade do aproveitamento econômico dos depósitos de Pb do Vale do Ribeira esteve intimamente ligada à proximidade desta empresa (Guimarães, 2007).

Conforme Moraes (1997), a participação da produção mineral de Pb das minas situadas no Vale do Ribeira oscilava, no início da década de 80, entre 25 a 35% do total da produção nacional. Segundo o Anuário Mineral do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (1986, apud Tessler, 2001), a produção anual total de Pb metálico produzido no Vale do Ribeira, no ano de 1985, foi de 7.616 t.

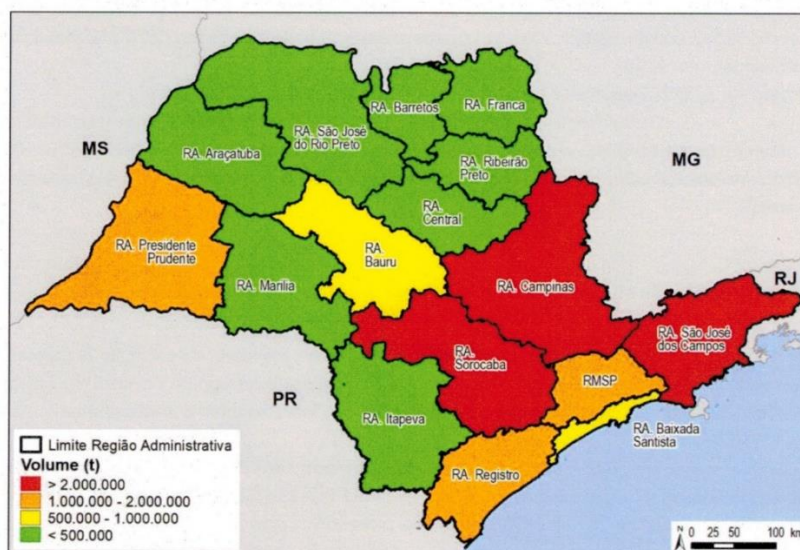
Conforme Corsi (1999), a produção de Pb, Zn e Ag atingiram por volta de 3.000.000 t, no período de 1919 a 1995, procedentes de nove minas, das quais seis estão localizadas no Estado do Paraná (Panelas, Rocha, Barrinha, Perau, Canoas e Paqueiro) e três no Estado de São Paulo (Furnas, Lajeado e Espírito Santo).

5.4 A Mineração de Areia no Vale do Ribeira

A Região de Registro está entre as principais regiões produtoras de areia para construção civil no Estado de São Paulo segundo o “Dimensionamento Econômico da Mineração de Areia no Estado de São Paulo” publicado pela Fioito Consultoria para o SINDAREIA – Sindicato das Empresas Produtoras de Areia (SINDAREIA, 2021). A Figura 5.1 mostra a distribuição da produção de areia por regiões administrativas no Estado.

Segundo Valverde (2018), *“o consumo de areia no Estado de São Paulo foi de 69,4 milhões de toneladas, sendo estimado um consumo de 1,58 toneladas por habitante”*.

Figura 5.1 – Volume de areia comercializada por região administrativa no Estado de São Paulo (SINDAREIA, 2021)



Como pode ser visto na Figura 5.1, a Região de Registro tem uma produção de areia entre 1 a 2 milhões de toneladas anuais. Esta produção tem grande importância econômica para a região, em termos de geração de postos de trabalho e arrecadação de tributos.

6 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento desta investigação foi efetuada uma campanha de sondagens à percussão no leito do rio Ribeira de Iguape com coleta sistemática de amostras para análise dos teores de chumbo. O resultado das análises químicas das amostras coletadas permitirá uma comparação com os valores orientadores da CETESB e CONAMA para caracterização de áreas contaminadas, além de avaliar a qualidade dos sedimentos do leito do rio segundo valores estabelecidos pelo Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 1999 apud CETESB, 2018), utilizando o mesmo critério usado no Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo (CETESB, 2018).

6.1 Equipamentos utilizados

Para executar as sondagens à percussão no leito do rio foi utilizada uma balsa acoplada a um rebocador para movimentação e posicionamento nos locais das sondagens. A balsa (foto 6.1) tem uma estrutura suficiente para comportar a equipe de sondagem,

constituída por três funcionários, além da equipe técnica responsável pela coleta e acondicionamento das amostras.



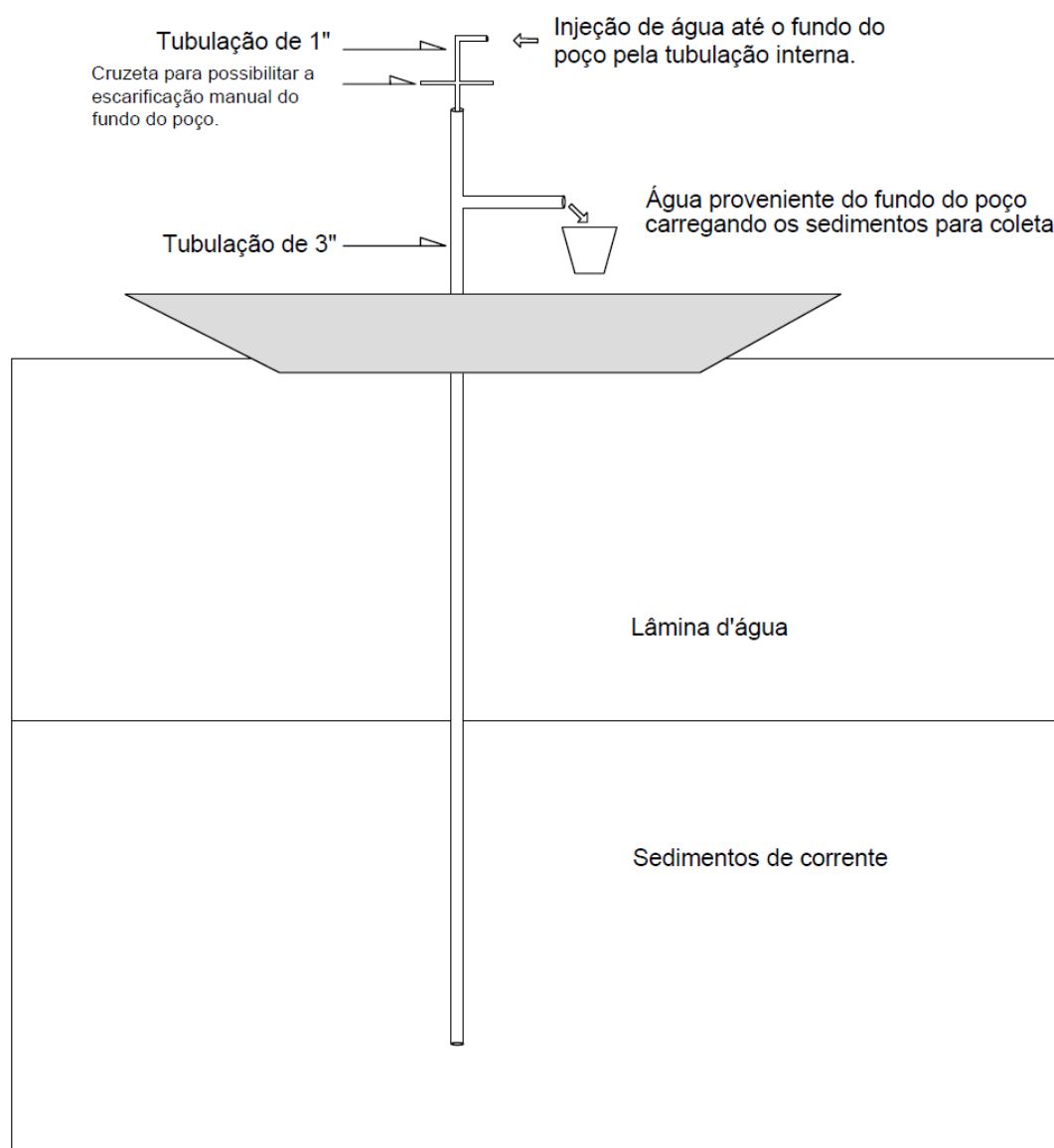
Foto 6.1 – Balsa equipada com tripé para as sondagens

Sobre o piso da embarcação foi montado um tripé para sustentar o peso da sondagem à percussão. Trata-se de um cilindro de 65 kg que é percutido sobre a tubulação de 3 polegadas (revestimento) fazendo com que esta penetre no leito arenoso do rio. No piso da embarcação há um orifício por onde passa a tubulação.

Depois de cravado o revestimento no leito do rio, avançando dois ou três metros nos sedimentos, outro tubo mais fino (1 polegada) é introduzido no interior do revestimento. Este tubo possui na ponta inferior o formato de cinzel permitindo escarificar o leito do rio com a movimentação manual efetuada pelo funcionário. Uma bomba d'água acoplada à tubulação interna bombeia água no fundo do revestimento, a qual sobe por pressão por dentro deste carregando os sedimentos escarificados.

Os sedimentos transportados pela água são coletados na parte superior do revestimento através de uma saída destinada para tanto. Os sedimentos coletados num balde são retirados manualmente e colocados em recipientes plástico devidamente etiquetados e identificados com as coordenadas do furo, a profundidade de amostragem e o número da amostra. A figura 6.1 mostra o diagrama esquemático do procedimento de sondagem e coleta.

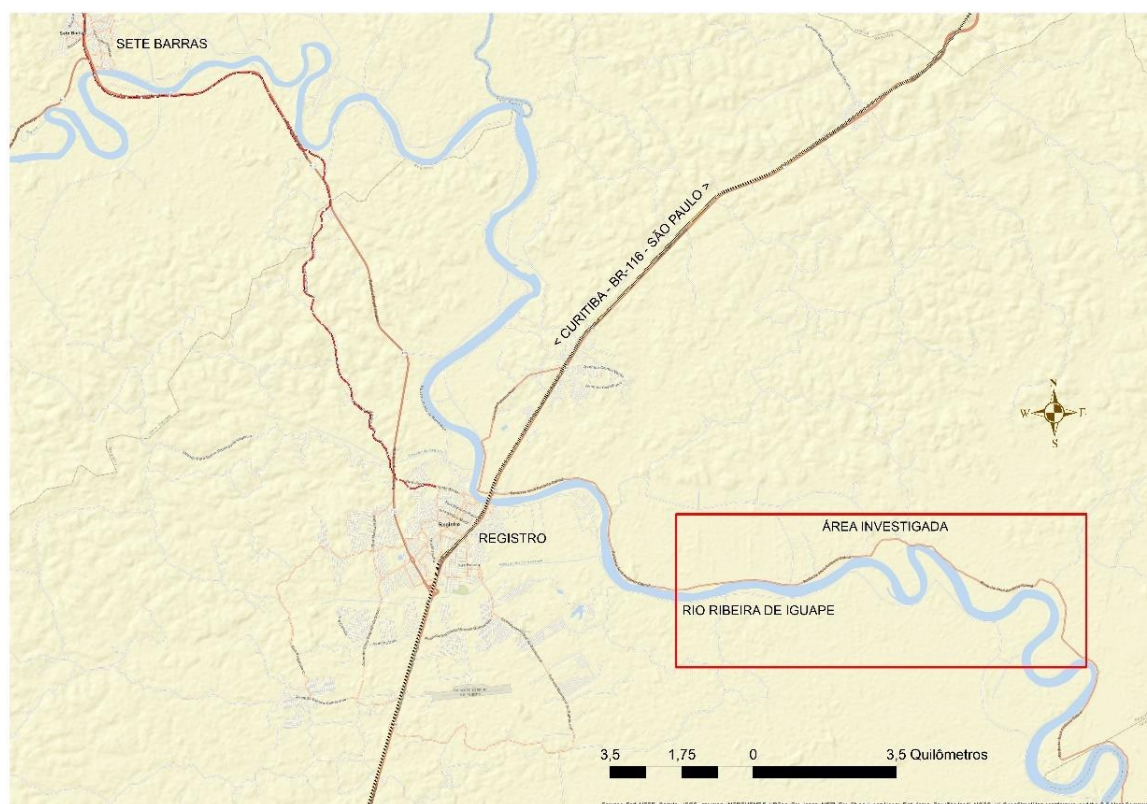
Figura 6.1 – Diagrama Esquemático do processo de coleta das amostras no leito do rio



6.2 Posição da área investigada.

A área investigada começa a cerca de 7 km a jusante da cidade de Registro e se estende por 15 km descendo o rio Ribeira de Iguape. Trata-se de uma área que contém um conjunto de requerimentos de pesquisa mineral para areia destinada à construção e possivelmente no futuro será lavrada para extração de areia. A figura 6.2 mostra a posição da área investigada.

Figura 6.2 – Posição da área investigada.

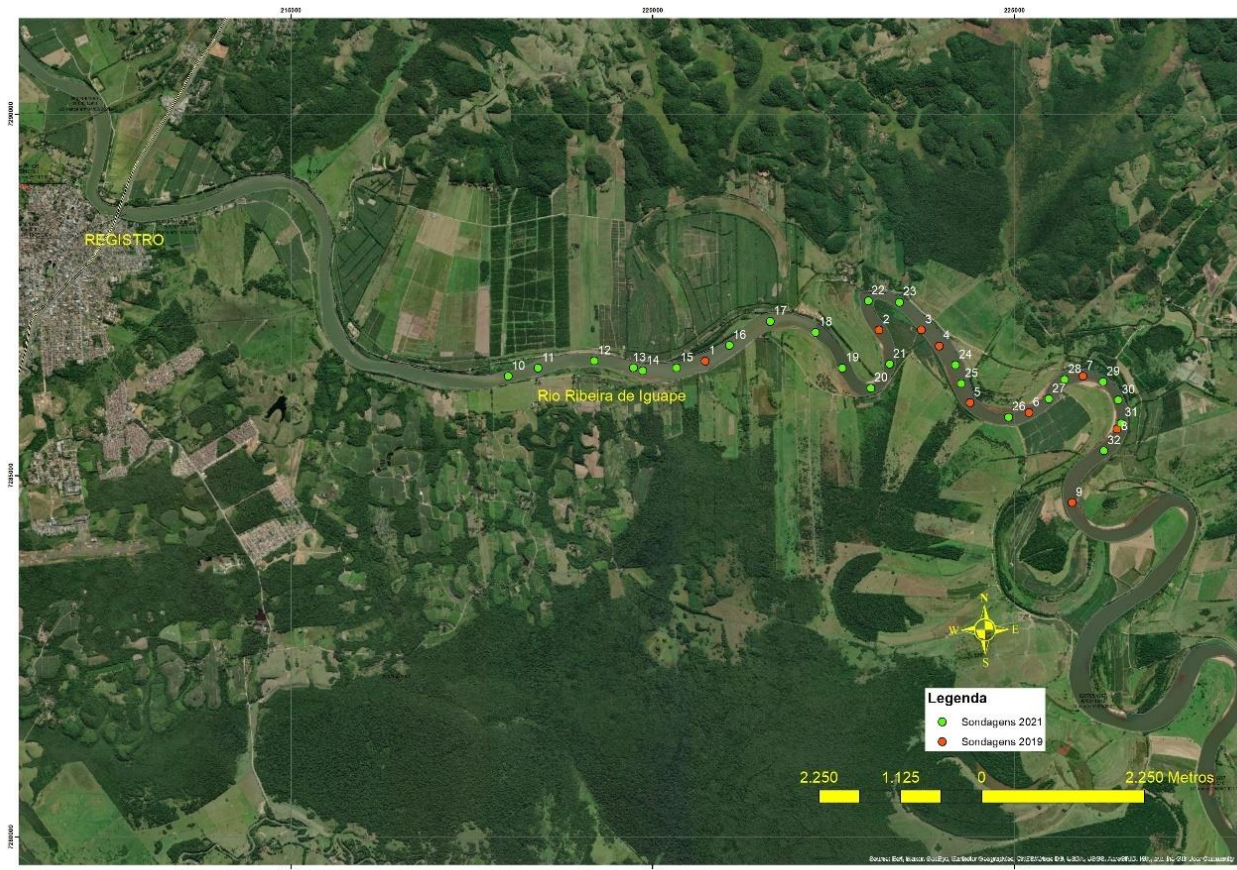


As sondagens foram realizadas em duas campanhas, a primeira em dezembro de 2019 e a segunda em junho de 2021. O intervalo entre as duas campanhas se deu em função da ocorrência da pandemia de Covid 19, quando os trabalhos tiveram que ser suspensos. As coletas de amostras em cada sondagem foram feitas de metro em metro, atravessando as camadas de sedimentos arenosos. As profundidades das amostragens que constam no Anexo I foram determinadas a partir da superfície do leito submerso. Ao todo, foram coletadas 151 amostras nas 32 sondagens realizadas. A figura 6.3 mostra a posição das sondagens realizadas.

As sondagens a percussão atravessaram as camadas arenosas, que são constituídas basicamente por sedimentos de corrente e, ao atingir as camadas de material mais fino, predominantemente siltico-argiloso, avançaram por mais um metro, eventualmente dois metros, para permitir a comparação dos teores de chumbo com os sedimentos de corrente.

As amostras coletadas foram encaminhadas ao laboratório do Instituto Agrônomo de Campinas, O método de análise foi o EPA-SW-846-3051a, com determinação por ICP-AES, de acordo com EPA-SW-846-6010d.

Figura 6.3 – Posição das sondagens realizadas.

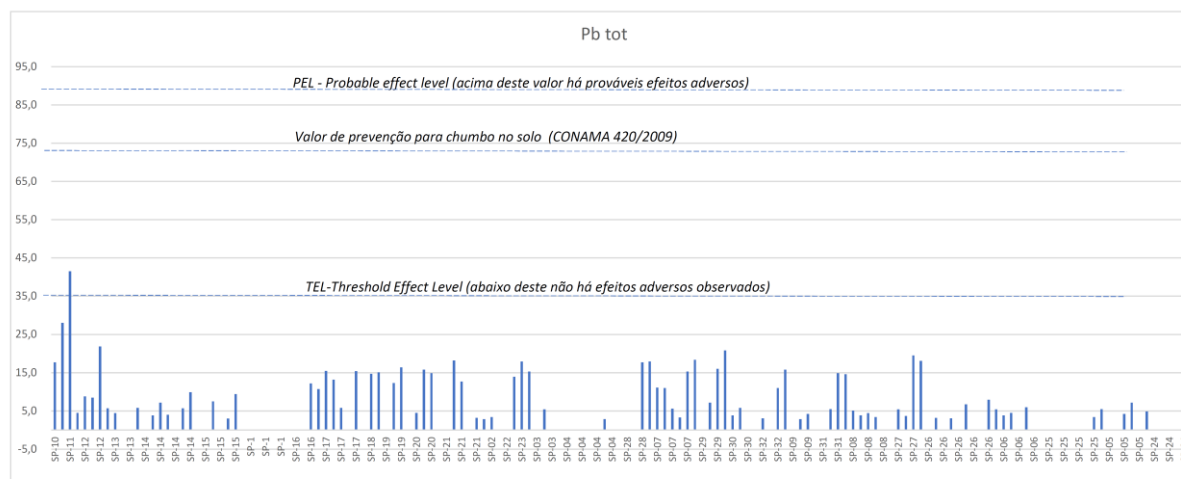


7 Resultados e Discussão

Os resultados analíticos são apresentados no Anexo I, e na figura 7.1 é apresentada uma síntese dos dados na forma de gráfico onde foram lançados os teores das amostras, separadas por sondagens, e, como referência, também foram lançadas as linhas do valor de prevenção da CETESB e do CONAMA, 72mg/kg no caso do chumbo, e as linhas que representam o valor de TEL (Threshold Effect Level), abaixo do qual não são esperados efeitos adversos ao meio, e o valor de PEL (Probable Effect Level), acima do qual há prováveis efeitos adversos ao meio, respectivamente para o chumbo. Os valores de TEL/PEL são adotados pelo Canadian Council of Ministers of the Environment e são

utilizados pela CETESB (2018) para avaliar a qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo.

Gráfico 7.1– mostrando os teores de chumbo (mg/kg) encontrados nas sondagens e as linhas do Valor de Prevenção da CONAMA 420/2009 e de TEL/PEL para esse metal.



Como pode ser visto no Gráfico 7.1, apenas uma amostra apresentou teor acima do valor de TEL, porém muito próximo deste, enquadrando-se na categoria “boa”, no que diz respeito à qualidade do sedimento em relação à presença de chumbo, segundo a classificação da CETESB apresentada na Figura 4.1. As demais amostras de sedimentos enquadram-se na categoria “ótima”, também quanto à presença de chumbo, segundo a mesma classificação, de acordo com o Relatório de Qualidade das Águas Interiores (CETESB, 2018), Apêndice D, pág. 22.

Outra característica que pode ser notada na relação de resultados analíticos (Anexo I) são os maiores teores de chumbo nas amostras onde há a presença de frações finas. Isto confirma a afirmação de vários autores de que os metais pesados se concentram nas frações mais finas.

Os metais não se apresentam homogeneamente distribuídos nas frações granulométricas dos sólidos sedimentados ou em suspensão ao longo da coluna de corpos d'água. As frações mais finas, do espectro granulométrico constituídas, principalmente, por argilominerais, são as que apresentam, normalmente, as maiores concentrações de metais (Salomons & Forstner, 1984 apud Moraes, 1997).

Das 151 amostras analisadas, 68 tiveram resultado analítico abaixo do limite de quantificação ($LQ < 2,9 \text{ mg/kg}$) para o teor total de chumbo. Destas, apenas 2 amostras se enquadram da classificação de areia argilosa, todas as demais são de areias fina, média e grossa.

A média dos teores das 83 amostras com valores acima do LQ ficou em $11,2 \text{ mg/kg}$, com um desvio padrão de $7,2$, o que significa um coeficiente de variação de $64,4\%$, valor que representa alta dispersão dos teores obtidos. Esta dispersão pode ser explicada pelos valores relativamente baixos nas amostras de areia fina, média e grossa, e os valores relativamente altos nas amostras de areia argilosa e argilas.

Na Tabela 7.1 podemos observar que a média dos teores de chumbo das frações granulométricas aumentam nas frações mais finas, alcançando o maior valor nas amostras classificadas como argila. A classificação granulométrica foi feita em campo no momento da coleta das amostras, de forma tátil-visual, e a plasticidade do material foi um indicativo da presença da fração argila no momento da classificação.

Tabela 7.1 - Teor médio de chumbo por fração granulométrica (mg/kg)

Areia fina	Areia média	Areia grossa	Areia argilosa	Argila
8,7	5,2	5,6	10,4	15,2

A Tabela 7.2 mostra o número de amostras por fração. Nenhuma das amostras classificadas como argila, num total de 23, apresentou resultado abaixo do LQ.

Tabela 7.2 - Número de amostras abaixo do limite de quantificação por fração granulométrica

Areia fina	Areia média	Areia grossa	Areia argilosa
23	20	23	2

Os dados mostrados nas Tabelas 7.1 e 7.2 confirmam as informações registradas na literatura de que os metais, entre eles o chumbo, se concentram nas frações mais finas dos sedimentos.

Durante as perfurações no leito do rio para a coleta de amostras, a maior profundidade alcançada foi de 10 metros. Esta profundidade tem como zero a superfície do leito do rio, portanto, representa a espessura das camadas de sedimentos perfurados.

Não se observa uma variação significativa nos teores de chumbo, de forma geral, a medida que se aprofunda a amostragem. A Tabela 7.3 mostra a média dos teores obtidos para cada profundidade, além de apresentar o número de amostras obtidas em cada profundidade.

Tabela 7.3 – Média dos teores (mg/kg) para cada profundidade amostrada e número respectivo de amostras.

Profundidade (m)	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10
Média dos teores	5,7	7,6	7,6	7,8	4,9	6,4	3,5	4,7	7,9	5,4
Número de amostras	32	31	28	25	16	11	6	4	1	1

O número de amostragens é reduzido à medida que aumentam as profundidades das sondagens. Isto se deve ao fato de que as camadas arenosas, que constituem os sedimentos de corrente e que se depositaram sobre a calha do rio, possuem espessuras diferenciadas em função da maior ou menor profundidade da calha do rio.

As amostragens foram feitas preferencialmente naqueles sedimentos que poderão ser removidos para um futuro aproveitamento mineral que, neste caso, são as areias destinadas à construção civil. A futura dragagem será aprofundada na medida que encontrar esses sedimentos arenosos,

Com relação à Resolução CONAMA 420/2009, todas as amostras apresentaram teores abaixo do valor de prevenção para chumbo (72 mg/kg).

8 Conclusão

Com base nos resultados analíticos obtidos das amostras coletadas nas sondagens executadas na área investigada, podemos afirmar que os sedimentos não apresentam teores de chumbo que possam colocar em risco o meio aquático e a saúde das pessoas envolvidas no processo de extração desses sedimentos ou aquelas que irão utilizar os

produtos dessa mineração. Portanto, uma futura movimentação desses sedimentos, ocasionada pela lavra do bem mineral, não irá ocasionar risco para o meio ambiente e para a saúde humana.

Em qualquer investigação para avaliar a possibilidade de contaminação do meio há incertezas inerentes aos processos utilizados para sua execução. No presente caso foram executadas sondagens com espaçamento de 400 metros ao longo de um trecho do rio Ribeira de Iguape. Este espaçamento está de acordo com o previsto na Resolução CONAMA 454/2012, no seu Anexo, item “1-Amostragem do sedimento”, as amostras deverão ser coletadas a uma distância máxima de 500 metros entre si nos trechos a serem dragados.

Mesmo assim, há que considerar a incerteza associada à amostragem pontual dos sedimentos. Assim como ocorre nos solos, amostragens pontuais podem não ser representativas da distribuição real das concentrações do contaminante nos sedimentos.

Embora o resultado da investigação aponte ausência de risco de contaminação por chumbo para as pessoas numa futura extração e beneficiamento dos sedimentos do leito do rio Ribeira de Iguape, assim como um improvável efeito adverso para o meio aquático, o princípio da precaução aconselha a estabelecer medidas de monitoramento para uma futura extração.

Na mineração de areia de leito de rio, o beneficiamento do bem mineral separa as partículas finas e muito finas utilizando um conjunto de equipamentos constituído basicamente por peneiras vibratórias, lavadores de rosca e hidrociclones, cujo objetivo principal é separar as areias, finas, médias e grossas, das partículas menores, constituídas, em parte, por argilominerais. Estes, devido às suas características químicas, podem reagir com outros constituintes na produção do concreto, diminuindo a sua resistência e durabilidade.

Após o processo de beneficiamento, a água contendo as partículas finas é direcionada para uma bacia de decantação, antes de ser devolvida ao rio, evitando assim o aumento da turbidez do curso d’água, o que poderia prejudicar a vida aquática. Na medida que há o acúmulo de material fino na bacia de decantação, este é removido e armazenado em pilhas para secagem e futuro aproveitamento.

Esse processo de beneficiamento facilita a execução de um processo de monitoramento dos teores de chumbo e de outros metais pesados presentes nos sedimentos. Através de uma amostragem sistemática das pilhas de material fino proveniente da bacia de decantação, com coleta de amostras compostas das pilhas e periodicidade mensal e consequente análise dos teores presentes e também análise granulométrica (areias, silte e argila) para estabelecer o relacionamento entre teores e granulometria.

Portanto, é aconselhável que um futuro aproveitamento dos sedimentos pela mineração seja acompanhado do monitoramento dos teores de chumbo e, eventualmente, de outros metais pesados, através de amostragens sistemáticas dos rejeitos finos produzidos.

9 Bibliografia

ALGARTE, J.P., KAEFER, L.Q., MORGENTAL, A. Projeto Sudeste do Estado de São Paulo, Folha Itararé: Relatório Preliminar. São Paulo: MME, DNPM/CPRM, 1972. 180p.

BOSSO, S. T.; ENZWEILER, J. Avaliação da biodisponibilidade de chumbo em solos superficiais, minerais e rejeitos de minério do município de Adrianópolis (PR-Brasil). In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA – BELÉM-PA. 2003. Livro Resumo. 2003. p.8-10.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. São Paulo, 2001. (Serie Relatórios).

CETESB. Decisão de Diretoria Nº 195-2005-E da CETESB, de 23 de novembro de 2005. disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/DD-038-2017-C.pdf>

CETESB. Decisão de Diretoria Nº 038/2017/C, de 07 fevereiro de 2017, disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de águas interiores do Estado de São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua>>. Acesso em 04/2021.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de águas interiores do Estado de São Paulo, 2020. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua>>. Acesso em 04/2021.

CBH-RB. Relatório de Situação 2020. Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira e Litoral Sul, 2020, Registro, SP. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhrb/documentos>. Acessado em 4/2021.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: summary tables. In: Canadian environmental quality guidelines. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment; 1999.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). Canadian soil quality guidelines for site: human health effects ; inorganic lead. Final report. Canada, 1996. 35p.

Comissão Geográfica e Geológica. Exploração do Rio Ribeira de Iguape. São Paulo, SP. Relatório. Comissão Geográfica e Geológica, 1914. 2ª Ed. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/publicacoes/relatorio-da-comissao-geografica-e-geologica/>

CONAMA 420/2009. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res09/res42009.pdf

CONAMA 454/2012. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res12/res45412.pdf

CORSI, A. C. Estudo da dispersão de metais pesados em água e sedimentos decorrente a partir de minerações de chumbo-zinco-prata: o exemplo das jazidas de Canoas, Perau e Barrinha (Vale do Ribeira, PR). Dissertação - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP, 1999.

COTRIM, M.E.B. Avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape com vistas ao abastecimento público. São Paulo, SP. Tese (Doutorado em Ciências). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2006.

CUNHA, Fernanda Gonçalves da. Contaminação humana e ambiental por chumbo no Vale do Ribeira, nos estados de São Paulo e Paraná. Fernanda Gonçalves da Cunha.-- Campinas, SP : [s.n.], 2003.

DAITX, E. C. Origem e evolução dos depósitos sulfetados Tipo-Perai (Pb-Zn-Ag), com base nas jazidas Canoas e Perau (Vale do Ribeira, PR). 1996, 453p. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 1996.

DALMAS, Fabrício Bau Análise da evolução do uso e ocupação do solo na UGRHI-11 e avaliação de cenários futuros em função de processos erosivos e de movimentos de massa utilizando técnicas de geoprocessamento / Fabrício Bau Dalmas. – São Paulo, 2013. 147 p: il. Tese (Doutorado): IGc/USP.

ENVIRONMENTAL CANADA. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Environmental Quality Guidelines - Summary Tables. <<http://www.ec.gc.ca>>, atualizado em 2002.

GUIMARÃES, Valéria. Resíduos de mineração e metalurgia: efeitos poluidores em sedimentos e em espécie biomonitora - Rio Ribeira de Iguape-SP, Tese (Doutorado): IGc/USP – São Paulo, 2007.

GOLDEMBERG, E. D. Marine Geochemistry. *Ann. Rev. Phys. Chem.*, v. 12, p. 29-48, 1954

FLEISCHER, R. A Pesquisa de Chumbo no Brasil. In: Congr. Bras. Geol., 24, Ouro Preto, 1976. Anais ... SBG, p. 19-32.

FIGUEIREDO, B.R Minerios e ambiente. Campinas: Ed. da Unicamp, 2000. 401p.

Lei Estadual nº 7.663 de dezembro de 1991. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/alesp/pesquisa-legislacao/>

Lei Estadual 13.577, de 08 de julho de 2009 e seu Decreto nº 59.263, de 05 de junho de 2013. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/alesp/pesquisa-legislacao/>

LOPES JR., Idio. Atlas geoquímico do Vale do Ribeira: geoquímica dos sedimentos ativos de corrente / Idio Lopes Jr. São Paulo: CPRM, 2007.

MALAVOLTA, E. Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos. São Paulo. Produquímica. 1993. 153p.

MARTINS, Letícia Manolio de Paulo. Valores de Referência para metais potencialmente tóxicos em sedimentos e em moluscos filtradores no rio Ribeira de Iguape / Letícia Manolio de Paula Martins; orientador: Joel Barbujani Sígolo. – São Paulo, 2012. Dissertação de Mestrado. USP

MORAES, Roberto Padula de. Transporte de chumbo e metais associados no Rio Ribeira de Iguape, São Paulo, Brasil / Roberto Padula de Moraes - Campinas, SP.: [s.n.], 1997.

MULTIAMBIENTE. Relatório Técnico de Amostragem de Sedimentos de Fundo e Análise das Concentrações de Chumbo. Pirâmide Comércio e Extração de Areia Ltda Registro/SP. Projeto: RT000296. janeiro de 2017.

PREFEITURA DE REGISTRO/SP, (<https://registro.sp.gov.br/sobre-registro/>, acessado em 9/9/2021).

SALOMONS, W & FORSTNER, U. Metals in the hydrocycle. Berlin: SpringerVerlag, 1 ed. 1984. 183p.

SOUZA et al. Contaminação por chumbo, riscos, limites legais e alternativas de remediação. Valmir de Souza , Odorico Konrad , Affonso Celso Gonçalves Jr. , Ricardo Felipe Braga de Sousa. *Revistas Destaques Acadêmicos*, vol. 7, N. 4, 2015 - CETEC/UNIVATES. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/504/496>. Acesso em 26/11/2021.

TESSLER, M. G. Taxas de sedimentação holocênica na plataforma continental sul do estado de São Paulo. 2001. 155p. Tese de Livre-Docência, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

YAMASHITA, D.M. Mobilidade de arsênio e metais pesados em solos do Vale do Ribeira, Iporanga, SP. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas. 2004.

Anexo I

Resultados analíticos para teor de chumbo total ordenados por sondagem e profundidade

< 2,9 = menor do que o limite de quantificação. L.A = lâmina d'água.

ID	Sond.	Prof. (m)	L.A. (m)	Descrição do sedimentos	Pb tot (mg/kg)
Apb45	SP-01	1 a 2	2	areia média/grossa	<2,9
Apb46	SP-01	2 a 3		areia média	<2,9
Apb47	SP-01	3 a 4		areia média/grossa	<2,9
Apb48	SP-01	4 a 5		areia média/grossa	<2,9
Apb49	SP-01	5 a 6		areia grossa pouco argilosa	<2,9
Apb50	SP-01	6 a 7		areia muito grossa argilosa	<2,9
Apb51	SP-01	7 a 8		areia muito grossa c/ pelotas de argila	<2,9
Apb-42	SP-02	0 a 1	7	areia fina argilosa	2,9
Apb-43	SP-02	1 a 2		areia fina c/pelota de argila	3,4
Apb-44	SP-02	2 a 3		areia média branca	<2,9
Apb-38	SP-03	0 a 1	2	areia fina/média	<2,9
Apb-39	SP-03	1 a 2		areia grossa clara	5,4
Apb-40	SP-03	2 a 3		argila c/fragmentos de areia beje claro	<2,9
Apb-41	SP-03	3 a 4		argila c/fragmentos de areia beje claro	<2,9
Apb-30	SP-04	0 a 1	2,1	areia média/grossa	<2,9
Apb-31	SP-04	1 a 2		areia grossa	<2,9
Apb-32	SP-04	2 a 3		areia grossa	<2,9
Apb-33	SP-04	3 a 4		areia média cinza escuro	<2,9
Apb-34	SP-04	4 a 5		areia média cinza claro	<2,9
Apb-35	SP-04	5 a 6		areia fina	2,9
Apb-36	SP-04	6 a 7		areia média	<2,9
Apb-37	SP-04	7 a 8		areia fina cinza claro	<2,9
Apb-24	SP-05	0 a 1	2,1	areia média c/pelota de argila	5,5
Apb-25	SP-05	1 a 2		areia fina/média	<2,9
Apb-26	SP-05	2 a 3		areia média/grossa	<2,9
Apb-27	SP-05	3 a 4		areia fina pouco argilosa	4,2
Apb-28	SP-05	4 a 5		areia fina pouco argilosa	7,2
Apb-29	SP-05	5 a 6		areia fina pouco argilosa cinza	<2,9
Apb-18	SP-06	0 a 1		areia grossa	3,8
Apb-19	SP-06	1 a 2		areia grossa	4,5
Apb-20	SP-06	2 a 3		areia grossa	<2,9
Apb-21	SP-06	3 a 4		areia fina c/ argila cinza esc.	6,0
Apb-22	SP-06	4 a 5		areia fina	<2,9
Apb-23	SP-06	5 a 6		areia grossa	<2,9
Apb-11	SP-07	0 a 1	3,5	areia fina argilosa cinza escura	11,1

Apb-12	SP-07	1 a 2		areia argilosa cinza	11,0
Apb-13	SP-07	2 a 3		areia fina argilosa c/ pelota de argila cinza escura	5,6
Apb-14	SP-07	3 a 4		areia fina	3,3
Apb-16	SP-07	4 a 5		areia fina c/pelota de argila	15,3
Apb-17	SP-07	5 a 6		argila plástica cinza escuro	18,4
Apb-05	SP-08	0 a 1		areia média	5,1
Apb-06	SP-08	1 a 2		areia média	3,8
Apb-07	SP-08	2 a 4		areia fina/média	4,4
Apb-08	SP-08	4 a 5		areia média	3,4
Apb-09	SP-08	5 a 6		areia fina argilosa cinza escura	<2,9
Apb-10	SP-08	6 a 7		areia fina cinza escuro	<2,9
Apb-01	SP-09	0 a 1	1,7	areia média/grossa	<2,9
Apb-02	SP-09	1 a 2		areia grossa/média	2,9
Apb-03	SP-09	2 a 3		areia fina	4,2
Apb-04	SP-09	3 a 4		areia fina	<2,9
A1	SP-10	0 a 1	7,8	areia fina escura pouco argilosa	17,7
A2	SP-11	0 a 1	6,4	areia fina escura argilosa	28,0
A3	SP-11	1 a 2		areia fina escura argilosa	41,5
A4	SP-12	0 a 1	4,9	areia média	4,5
A5	SP-12	1 a 2		areia média escura	8,8
A6	SP-12	2 a 3		areia média	8,5
A7	SP-12	3 a 4		areia argilosa escura	21,9
A8	SP-13	0 a 1	4,5	areia grossa	5,7
A9	SP-13	1 a 2		areia fina	4,4
A10	SP-13	2 a 3		areia grossa	<2,9
A11	SP-13	3 a 4		areia média	<2,9
A12	SP-14	0 a 1	3,4	areia fina argilosa cinza escuro	5,8
A13	SP-14	1 a 2		areia grossa c/ pouca argila cinza	<2,9
A14	SP-14	2 a 3		areia média/grossa c/ frag. Rocha	3,8
A15	SP-14	3 a 4		areia média argilosa cinza escuro	7,2
A16	SP-14	4 a 5		areia fina cinza	4,0
A17	SP-14	5 a 6		areia fina cinza	<2,9
A18	SP-14	6 a 7		areia fina argilosa cinza escuro	5,7
A19	SP-14	7 a 8		idem	9,9
A20	SP-15	0 a 1	1,7	areia grossa c/ fragmentos	<2,9
A21	SP-15	1 a 2		areia fina/média cinza	<2,9
A22	SP-15	2 a 3		idem	7,5
A23	SP-15	3 a 4		areia média/grossa cinza	<2,9
A24	SP-15	4 a 5		idem	3,0
A25	SP-15	5 a 6		areia fina/média c/ argila cinza claro	9,4
A26	SP-16	0 a 1	2,2	areia fina/média c/ pc frag pc argilosa	<2,9
A27	SP-16	1 a 3		areia média c/ grossa esparsa.	<2,9
A28	SP-16	3 a 4		areia grossa c/ frag ang e matriz arg cz esc	12,2
A29	SP-17	0 a 1	4,5	areia gr c/ frag vegetais e grânulos	10,7

A30	SP-17	1 a 2		argila cz esc c/ pelotas, plástica	15,5
A31	SP-17	2 a 3		argila arenosa fina cz esc	13,2
A32	SP-17	3 a 4		areia fina cz esc	5,8
A33	SP-17	4 a 5		areia fina cz	<2,9
A34	SP-17	5 a 6		argila cz esc plástica	15,4
A35	SP-18	0 a 1	4,7	areia gr c/ grânulos e matriz argilosa	<2,9
A36	SP-18	1 a 2		argila plástica cinza escura plástica c/ frag	14,7
A37	SP-18	2 a 3		argila plástica cinza	15,1
A38	SP-19	0 a 1	6,0	areia gr cz pc argilosa	<2,9
A39	SP-19	1 a 2		argila cz esc c/ frag e restos vegetais	12,3
A40	SP-19	2 a 3		argila cz esc plástica	16,4
A41	SP-20	0 a 1	3,5	areia gr marrom c/ grânulos	<2,9
A42	SP-20	1 a 2		idem	4,5
A43	SP-20	2 a 3		argila cz esc plástica	15,8
A44	SP-20	3 a 4		argila cz esc plástica	14,9
A45	SP-20	4 a 5		idem	<2,9
A46	SP-21	0 a 1	4,7	idem A41	<2,9
A47	SP-21	1 a 2		argila plástica cz esc	18,2
A48	SP-21	2 a 3		argila plástica cz esc	12,7
A49	SP-21	3 a 4		areia fina argilosa cz	<2,9
A50	SP-21	4 a 5		idem anterior c/ nódulos de argila	3,2
A51	SP-22	0 a 1	2,0	fragmentos de rocha alterada cinza	<2,9
A52	SP-22	1 a 2		argila plástica cz escuro	13,9
A53	SP-23	0 a 1	3,7	argila plástica cz escuro	17,9
A54	SP-23	1 a 2		idem	15,3
A95	SP-24	0 a 1	1,6	areia média marrom	4,9
A96	SP-24	1 a 2		idem cinza	<2,9
A97	SP-24	2 a 3		areia média/fina c/ pelotas de argila	<2,9
A98	SP-24	3 a 4		areia grossa cinza	<2,9
A99	SP-24	4 a 5		areia média/fina	<2,9
A100	SP-24	5 a 6		idem	<2,9
A88	SP-25	0 a 1	2,3	areia média marrom	<2,9
A89	SP-25	1 a 2		idem cor cinza	<2,9
A90	SP-25	2 a 3		areia grossa cinza	<2,9
A91	SP-25	3 a 4		areia fina cz mto compacta	<2,9
A92	SP-25	4 a 5		idem	<2,9
A93	SP-25	5 a 6		idem	<2,9
A94	SP-25	6 a 7		idem pc argilosa bst muscovita	3,4
A79	SP-26	0 a 1	1,3	areia gr marrom	<2,9
A80	SP-26	1 a 2		idem	3,2
A81	SP-26	2 a 3		areia gr/md cinza	<2,9
A81B	SP-26	3 a 4		areia fina arg cz escuro	3,1
A82	SP-26	4 a 5		areia fina cinza	<2,9
A83	SP-26	5 a 6		areia fina arg cinza	6,7
A84	SP-26	6 a 7		idem	<2,9

A85	SP-26	7 a 8		idem	<2,9
A86	SP-26	8 a 9		argila arenasa fina cinza	7,9
A87	SP-26	9 a 10		idem	5,4
A75	SP-27	0 a 1	2,4	areia gr marrom	5,4
A76	SP-27	1 a 2		areia gr cinza	3,7
A77	SP-27	2 a 3		argila cz escuro plástica	19,5
A78	SP-27	3 a 4		idem	18,1
A55	SP-28	0 a 1	2,8	areia gr c/ pelotas arg marrom	<2,9
A56	SP-28	1 a 2		areia md/gr cinza	<2,9
A57	SP-28	2 a 3		argila plástica escura	17,7
A58	SP-28	3 a 4		idem anterior	17,9
A59	SP-29	0 a 1	3,4	idem A41	<2,9
A60	SP-29	1 a 2		areia md cinza	7,2
A61	SP-29	2 a 3		argila plástica cz escuro	16,0
A62	SP-29	3 a 4		idem	20,8
A63	SP-30	0 a 1	2,1	areia md marrom	3,8
A64	SP-30	1 a 2		areia idem	5,8
A65	SP-30	2 a 3		idem	<2,9
A66	SP-30	3 a 4		areia fina marrom impenetrável	<2,9
A71	SP-31	0 a 1	2,3	areia md marrom	<2,9
A72	SP-31	1 a 2		areia gr/md marrom	5,5
A73	SP-31	2 a 3		argila cz escuro plástica	14,9
A74	SP-31	3 a 4		idem	14,6
A67	SP-32	0 a 1	3,0	areia md/gr marrom	3,1
A68	SP-32	1 a 3		areia fina argilosa cinza	<2,9
A69	SP-32	3 a 4		argila arenosa fina cz esc	11,0
A70	SP-32	4 a 5		argila cinza escuro e cinza claro	15,8