



ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

**A MINERAÇÃO DE CHUMBO EM IPORANGA, SÃO PAULO, BRASIL E
SUAS CONSEQUÊNCIAS A SAÚDE DO ECOSISTEMA**

Por

CAMILA NALI

NAZARÉ PAULISTA, 2014



ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

**A MINERAÇÃO DE CHUMBO EM IPORANGA, SÃO PAULO, BRASIL E
SUAS CONSEQUÊNCIAS A SAÚDE DO ECOSISTEMA**

Por

CAMILA NALI

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

PROF. Dra. CRISTIANA SADDY MARTINS

PROF. Dr. JAYME AUGUSTO PERES

PROF. Dr. JOSÉ LUIZ CATÃO-DIAS

TRABALHO FINAL APRESENTADO AO PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO
DO GRAU DE MESTRE EM CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

IPÊ – INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS

NAZARÉ PAULISTA, 10 DE MARÇO DE 2014

Ficha Catalográfica

Nali, Camila

A mineração de chumbo em Iporanga, São Paulo, Brasil e suas consequências a saúde do ecossistema, 2014. 40 pp.

Trabalho Final (mestrado): IPÊ – Instituto de Pesquisas ecológicas

1. Contaminação ambiental
2. PETAR – Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira
3. Vale do Ribeira
- I. Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, IPÊ

NAZARÉ PAULISTA, 10 DE MARÇO DE 2014

Prof. Dra. Cristiana Saddy Martins

Prof. Dr. Bernardino Ribeiro de Figueiredo

Prof. Dr. Eduardo Humberto Ditt

*Dedico à Natureza, à Biodiversidade e aos habitantes do Vale do
Ribeira. Que esse trabalho possa servir como retribuição, por menor que seja,
a todo o bem que essa região me faz...*

AGRADECIMENTOS

Mamute, Maria Silvia e Murilo - Não tenho palavras para expressar minha gratidão a vocês. Mamute sua ajuda foi fundamental para eu compreender melhor a região que nem sequer conhecia até então. Eu desconfio que você, na verdade, é uma enciclopédia ambulante! Maria, sua força, doçura e amor pelo Bairro da Serra são inspiradores! A cada conversa vocês clareavam mais minha mente, e acredito que nossos pensamentos unidos foram grandes responsáveis pela forma como esse estudo ocorreu. Murilo, obrigada, obrigada, obrigada!!! Tive a sorte de conhecer e estar com o melhor guia do PETAR. Sem a sua ajuda acho que eu estaria até agora perdida em alguma mina, mata, rio, ou procurando a caverna Grilo...

Cristiana, obrigada por me estimular a seguir um novo caminho, por dar o empurrão que eu precisava para desapegar do antigo. E muito obrigada por todas as ótimas correções, sugestões, percepções e comentários, isso foi incrível e me ajudou demais.

Catão, obrigada por me introduzir ao tema e encarar comigo essa nova jornada. Suas contribuições são sempre ricas e construtivas, e a sua presença agregadora traz paz e bem estar. Que você continue sempre iluminando a todos ao seu redor.

Jayme, obrigada por me mostrar os primeiros passos, tão fundamentais, pela bibliografia, por toda a atenção dispensada, pelo cuidado, e por ter ido ao campo me ensinar a prática.

À ESCAS e ao IPÊ pela oportunidade do mestrado e pela imprescindível bolsa de estudo. A gestão do PETAR pela concessão ao estudo e hospedagens no Parque. Ao Alaor e CEATOX (Botucatu) que foram imprescindíveis para a realização das análises laboratoriais.

À todos do IPÊ, em especial ao Ruan, Alexandre e Fernanda pela ajuda com a estatística e os mapas, à Roseli, Elaine, S. João, Rose, Dani e Cristoph por nos acolher tão bem em sua casa.

Aos moradores de Iporanga, em especial ao Sinésio, Dema, Jayme, Jeferson, Anésio, Jucélia, Castelândia, Gervásio, Jota, Zé do Lageado, Davi, Ezequiel, Luiz, Josias, Nadir, Juliana. Obrigada por toda a ajuda, vocês iluminaram os meus caminhos pelo Bairro da Serra!

Alê e Rô, amigos queridos obrigada por todo apoio nessa fase, apesar de eu ter me “embrenhado” por novas matas, contar com a amizade e suporte de vocês é sempre maravilhoso.

Fabiana, Monica, Larissa, Vanessa e Pingo (rs) – Queridas companheiras de jornada do mestrado, de casa, estudos, campos, academia, Yoga, crises, risadas, comilanças, papos e afins. Melê, obrigada pela tradução, amiga!

Aos Micos-leões-da-cara-preta e amigos do Ariri por compreenderem minha longa ausência.

Ao meu companheiro Oliver, por toda sua paciência e compreensão com o excessivo tempo de dedicação ao mestrado, pelo carinho e amor, que fizeram meu mundo ficar mais feliz.

Aos meus pais, todo o meu amor e gratidão incondicionais. Obrigada por existirem e serem as luzes da minha vida, o apoio de vocês é sempre fundamental!

SUMÁRIO

Conteúdo

AGRADECIMENTOS.....	6
RESUMO	8
ABSTRACT.....	9
TÍTULO	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS	13
2.1 Caracterização da área.....	13
2.2 Desenho amostral.....	14
2.2.1 Coleta e análises de dados ambientais.....	18
2.2.2 Coleta e análise de dados - Saúde humana.....	18
2.3 Valores de referência e limites de toxicidade	19
3. RESULTADOS.....	20
3.1 Dados ambientais	20
3.2 Dados saúde humana	22
4. DISCUSSÃO	23
4.1 Furnas	24
4.2 Ressurgências do Sistema Santana e Grilo	26
4.3 Lageado	26
4.4 Ressurgências do Sistema Areias e Córrego Fundo	27
4.5 Rio Betari	28
4.6 Saúde humana.....	30
5. CONCLUSÕES	31
6. RECOMENDAÇÕES	32
7. REFERÊNCIAS.....	34

RESUMO

Resumo do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável

A MINERAÇÃO DE CHUMBO EM IPORANGA, SÃO PAULO, BRASIL E SUAS CONSEQUÊNCIAS A SAÚDE DO ECOSISTEMA

A mineração de chumbo, por meio de suas atividades diversas, pode afetar ecossistemas através da contaminação de sistemas de drenagem, solos, sedimentos, água e seres vivos. Sendo o chumbo um elemento altamente tóxico aos organismos, sua presença no ambiente pode comprometer a saúde dos ecossistemas. Os objetivos desse estudo foram: verificar a concentração ambiental de chumbo no município de Iporanga-SP após 21 anos do encerramento de atividades mineradoras na região, avaliar a saúde ambiental e utilizar os dados do Sistema Único de Saúde para comparar a prevalência de distúrbios nervosos nas populações humanas de Iporanga e Jeriquara-SP, um município sem mineração de chumbo. Realizamos a coleta e análise laboratorial, por espectrometria por absorção atômica, de amostras de água, sedimentos de rios, solos, frutas, legumes, plantas silvestres, musgos, peixes, penas e ovos. Nos rios Furnas e Betari todas as amostras de sedimentos coletadas a jusante da mineração mostraram-se contaminadas por chumbo, assim como solos, plantas, alimentos, peixes e penas. Os dados mostram que a contaminação do ecossistema por chumbo não cessou após 21 anos do fechamento da mineração em Iporanga, demonstrando a persistência temporal do elemento no ambiente. Esta contaminação tem afetado de forma continuada uma série de organismos animais e vegetais, representando um risco direto à saúde do ecossistema local. Os dados de saúde humana não sugerem maior prevalência de enfermidades no sistema nervoso em Iporanga, mas há necessidade de estudos mais detalhados devido às dificuldades de diagnóstico e registro destas informações no sistema de saúde pública.

Por

Camila Nali

Março, 2014

Orientador: Prof. Dra. Cristiana Saddy Martins

ABSTRACT

Abstract do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável

CONSEQUENCES OF LEAD MINING TO THE LOCAL ECOSYSTEM HEALTH OF IPORANGA, SÃO PAULO, BRAZIL

Lead mining may contaminate ecosystems through drainage systems, affecting soils, sediments, water and several organisms. Lead is highly toxic to all living creatures, including men, therefore, its presence in the environment may compromise ecosystem health. This study evaluated lead concentration in elements of the Iporanga County ecosystem, once one of the greatest lead producers in the state, to evaluate local environmental health and verify if contamination is still present 21 years after cessation of all mining activities (Sistema Único de Saúde) data from the researched area and from a county with no history of mining activities were compared in order to verify if human populations inhabiting lead contaminated areas have higher neurological disease prevalence. Samples of water, river sediment, soil, fruits, vegetables, wild plants, moss, fish, feathers and eggs were collected, and analysed using atomic absorption spectroscopy techniques. All sediment samples collected downstream from mining areas at Furnas and the Betari rivers, as well as dirt, plants, food, fish and feather samples, were contaminated with lead. According to our findings, lead contamination did not cease even 21 years after cessation of lead mining in Iporanga, demonstrating the long-term persistence of this element in the ecosystems. Lead contamination has probably been affecting several animal and vegetal organisms, including humans, representing a direct risk to the local ecosystem health. Analysed data did not suggest higher prevalence of neurological diseases in humans inhabiting contaminated areas, but more detailed studies are still needed, due to challenges in diagnostics and registration of new information into the public health system database.

By

Camila Nali

March, 2014

Advisor: Prof. Dra. Cristiana Saddy Martins

**A MINERAÇÃO DE CHUMBO EM IPORANGA, SÃO PAULO, BRASIL E
SUAS CONSEQUÊNCIAS À SAÚDE DO ECOSISTEMA**

Palavras chaves: contaminação ambiental, PETAR, Vale do Ribeira

Camila Nali • Jayme Augusto Peres • José Luiz Catão-Dias • Cristiana Saddy Martins

C. Nali • C. S. Martins •

IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas,
Rod. Dom Pedro I, km 47, Nazaré Paulista/SP,
Brasil, CP 47, 12960-000/Tel/Fax: (55-11) 4597-7155
e-mail: nali.camila@gmail.com

J. A. Peres •

Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro),
Rua Salvatore Renna - Padre Salvador, 875
Santa Cruz, Guarapuava/PR, Brasil, 85015-430

J. L. Catão-Dias •

Universidade de São Paulo (USP), FMVZ
Av. Prof. Dr. Orlando Marques de Paiva, 87
Cidade Universitária, São Paulo/SP, Brasil, 05508-270

1. INTRODUÇÃO

O conceito de saúde de ecossistema ainda não possui uma definição que seja aceita unanimamente (Calow 1992; Suter 1993; Wicklum & Davies 1995); entretanto, as definições existentes estão comumente relacionadas aos conceitos de Ecologia do estresse (Barret & Rosenberg 1981; Odum 1985; Rapport 1989). Dentro dessa abordagem, um ecossistema é considerado saudável quando é resiliente ao estresse e à degradação, mantendo a sua organização, produtividade e autonomia ao longo do tempo (Costanza 1992; Rapport *et al.* 1998; Brussard *et al.* 1998; Karr *et al.* 1986). Algumas definições, ainda, estabelecem o bem estar dos seres humanos como prioridade para um ecossistema saudável (Unep 2002; Lu & Li 2003). Diante da complexidade do tema e da divergência de conceitos, Selye (1956; 1973), de modo mais objetivo, ressalta que ecossistemas saudáveis são aqueles que conseguem manter uma condição de normalidade frente a perturbações ou estresses.

Atividades relacionadas à mineração de metais pesados normalmente liberam substâncias tóxicas no ambiente, que podem se acumular e desencadear alto grau de estresse em ecossistemas (Straalen 2003). O chumbo (Pb) é uma dessas substâncias; ele está naturalmente presente na crosta terrestre e é abundante em muitos sistemas biológicos, porém os processos de extração e beneficiamento para fins comerciais tem propiciado seu aumento excessivo no ambiente (Spiro & Stigliani 2008). Essa nova configuração do elemento, aliada à estrutura da paisagem e à escala dos empreendimentos mineradores, possibilita sua propagação no ambiente e a contaminação difusa de sistemas de drenagem e solos, comprometendo assim, a saúde do ecossistema afetado (Bitar 1997; Farias 2002; Mechi & Sanches 2010).

A quantificação do chumbo em elementos do ecossistema (animais, plantas, solos, sedimentos e água) permite avaliar alguns riscos relacionados direta e indiretamente à sua saúde, e conseqüentemente contribuir com a prevenção de enfermidades, segurança alimentar e conservação da biodiversidade (Silva *et al.* 2012). Por se tratar de um elemento não biodegradável, e que apresenta grande afinidade à matéria orgânica, o chumbo é facilmente incorporado em sistemas florestais e cultivos agrícolas, persistindo no ambiente por longos períodos. Ainda, a concentração do metal em solos e plantas é proporcionalmente positiva, e, como tal, plantas oriundas de solos contaminados possuem alta probabilidade de contaminação (Kabata-Pendias & Pendias 1984; Schifer *et al.* 2005). Dessa maneira, o Pb pode contaminar diversos táxons por meio da inserção em cadeias tróficas e ampliação da contaminação para além do primeiro organismo afetado (Hodgson 2010).

O chumbo é um contaminante inorgânico altamente tóxico a uma ampla gama de organismos vivos (Vanz *et al.* 2003; Silva *et al.* 2012), sendo sua ação tóxica prejudicial a sistemas enzimáticos e processos bioquímicos fundamentais (Moreira & Moreira 2004; Bosso & Enzweiler 2007). Organismos vegetais, por exemplo, podem manifestar sinais de necroses, supressões no crescimento, na reprodução e na imunidade (Hodgson 2010). Já seres humanos e animais podem desenvolver alterações nos sistemas nervoso, circulatório, hematopoiético, digestório, renal e reprodutivo, sendo o sistema nervoso (central e periférico) o mais prejudicado (Marçal *et al.* 2003; Vanz *et al.* 2003; Moreira & Moreira 2004; Gfiller 2006).

O Vale do Ribeira é detentor do mais importante potencial mineral do estado de São Paulo, apresentando minérios como chumbo, zinco, prata e ouro (Silva 1997 *apud* Tessler 2001). Sua produção de chumbo abasteceu de 25 a 35% da produção brasileira nos anos 80 (Tessler 2001), e o município de Iporanga-SP, localizado no Alto Vale, foi um dos maiores produtores dessa época. As Minas de Furnas e do Lageado foram responsáveis pelas maiores produções do município. Em Furnas a exploração econômica ocorreu de 1919 a 1992, sendo que até 1968 essa mina produziu de 5 a 6% de todo o chumbo do Vale do Ribeira (Moraes 1997; Tessler 2001; Cunha 2005; Cotta 2006) (Figura 1).

Embora a mineração de chumbo, fonte primária de contaminação, tenha cessado nessa região, descartes desse processo ficaram expostos ao ambiente por mais de dez anos, contribuindo com a deposição de elementos metálicos em sedimentos dos rios (Figueiredo *et al.* 2003; Cotta 2006). No rio Ribeira de Iguape, por exemplo, desde o alto Vale até sua Foz foi encontrada alta concentração de metais nas águas, sedimentos e animais aquáticos dos sistemas costeiro e fluvial (Morais 1997; Tessler & Souza 1998; Tessler 2001), evidenciando assim a integração dos resíduos da mineração com a cadeia trófica (Guimarães & Sígolo 2008). Além disso, solos contaminados funcionam como fonte de contaminação secundária ao ambiente e organismos, provendo Pb constantemente às populações humanas através da sua incorporação nas hortas caseiras. Esse fato ainda hoje é notado no entorno das áreas contaminadas do Alto Vale do Ribeira (Paoliello 2001; Cunha *et al.* 2005; Lammoglia *et al.* 2011).

Apesar das avaliações descritas, atualmente o monitoramento de chumbo em Iporanga é escasso ou inexistente; são desconhecidos os níveis atuais da contaminação do ambiente e não foram encontrados estudos que avaliassem a ocorrência de enfermidades humanas relacionadas à intoxicação pelo elemento no município.

Este estudo consiste em caracterizar a concentração de chumbo em elementos do ecossistema de Iporanga, a fim de avaliar a sua saúde e verificar se ainda há contaminação

após 21 anos do encerramento das atividades mineradoras. Também discutiremos, brevemente, se a população humana desse município pode estar mais susceptível a enfermidades que atingem o sistema nervoso central do que uma população residente em área sem mineração de chumbo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

O município de Iporanga (Coordenada-UTM 743569.92/7278757.97) abriga três importantes Unidades de Conservação (UCs) do Alto Vale do Ribeira: o Parque Estadual de Intervalos, Parque Estadual Caverna do Diabo e o Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), sendo este o único avaliado por esse estudo. O PETAR, Patrimônio Natural da Humanidade pela UNESCO, conta com 35.712 hectares de grande diversidade biológica e juntamente com as áreas adjacentes, apresenta a maior concentração de cavernas do país (Giatti & Rocha 2001; Plano Manejo PETAR 2010).

As minas de Furnas e do Lageado estão inseridas em áreas limítrofes e/ou zonas de amortecimento do PETAR. A área ocupada pela extinta Mina de Furnas encontra-se desabitada e em processo de recuperação ambiental, onde foram adotadas medidas de remediação (Anjos *et al.*). A remediação de áreas contaminadas é definida pela CETESB (1999) como a “aplicação de técnicas em uma área contaminada, que visem à remoção ou contenção dos contaminantes presentes, de modo a assegurar uma utilização para a área, com limites aceitáveis de riscos aos bens a proteger”. Sendo assim, as remediações ambientais visam, principalmente, a contenção de contaminações e riscos aos ecossistemas. O Lageado é uma área rural habitada por agricultores familiares e considerada de Interesse à Conservação da Biodiversidade e Áreas de Recarga do Carste (Plano Manejo PETAR 2010). Porém, nessa região ainda é possível encontrar materiais de descartes da mineração expostos ao ambiente, indicando a necessidade de implementação de medidas de remediação.

A área deste estudo caracteriza-se por apresentar relevos em ambiente cárstico e um sistema de drenagem complexo e predominantemente subterrâneo (Almeida 1964; Ponçano *et al.* 1981). A rede hidrográfica é extensa e abastece áreas conservadas de recarga de aquíferos, onde os rios são marcados pela presença de ressurgências e sumidouros ao longo de seu curso (Lino 1989; Karmann & Ferrari 2000). O padrão geral dos sistemas subterrâneos é do tipo convergente, onde a água coletada por muitos sumidouros é drenada para poucas ressurgências, que nesse estudo encontram-se próximas ao rio Betari (Karmann 1994).

A fitofisionomia é caracterizada pela presença de Floresta Ombrófila Densa Submontana, Floresta Ombrófila Densa Montana e vegetação secundária, os solos são característicos de Mata Atlântica, e os climas predominantes são: Subtropical Úmido do Vale do Rio Ribeira de Iguape e Subtropical Úmido da Serra de Paranapiacaba e Planalto Atlântico (Oliveira *et al.* 1999; Plano de Manejo PETAR 2010).

2.2 Desenho amostral

Para avaliar a concentração de chumbo, propusemos a coleta e análise laboratorial de diversos elementos do ecossistema, quando presentes: água, sedimentos de rios, solos, frutas e legumes cultivados na região, plantas silvestres, musgos, peixes, penas e ovos. A área de estudo foi dividida em seis categorias estabelecidas de acordo com as regiões de mineração de Furnas e do Lageado, e com os distintos sistemas de drenagem dessas áreas, sendo elas: 1) Furnas, 2) Ressurgências do Sistema Santana e Grilo (drenagem de Furnas); 3) Lageado; 4) Ressurgências do Sistema Areias e Córrego fundo (drenagem do Lageado); 5) Rio Betari e 6) Controle (©) (Tabela 1). Como se trata de uma região com muitos rios subterrâneos e cavernas, alguns pontos de amostragem foram selecionados em áreas de ressurgência, podendo estar distantes do foco irradiador de contaminação, mas que remetem às áreas citadas.

Com o objetivo de compararmos áreas sobre influência das atividades mineradoras, com aquelas supostamente fora dessa influência, foi criada a categoria controle (©), que visou contrapor as concentrações de chumbo em elementos de um ecossistema contaminado e não contaminado. Os pontos do grupo controle situam-se à montante das minas, na margem esquerda do rio Betari ou ainda em um sistema de drenagem distinto das categorias abordadas.

Tabela 1 - Pontos de coleta e materiais amostrados no período de Julho, Outubro e Dezembro de 2013, município de Iporanga, SP/Brasil.

Categoria	Ponto	Coordenadas (UTM)		Amostras
		X	Y	
Furnas	© 1	729921	7284313	Sedimento
	2	730407	7284568	Alho
	3	730644	7284525	Sedimento
	4	730966	7284545	Água, solo
	5	731064	7284601	Água, sedimento, solo e planta
	6	731156	7284573	Água, sedimento e musgo
	7	732839	7284747	Sedimento
	8	732883	7284782	Água, sedimento e musgo
Ressurgências Sistema Santana e Grilo - Furnas	9	731482	7284492	Água, sedimento
	10	732993	7284741	Água e sedimento
Lageado	© 15	731929	7283784	Sedimento
	© 16	732001	7283805	Solo
	17	731896	7279577	Água, solo, musgo, cidra, café, abobrinha, chuchu
	18	732131	7279385	Solo, cana, banana
Ressurgências Sistema Areias - Lageado	19	734787	7282671	Água e sedimento
	20	735850	7281913	Água e sedimento
	21	736080	7281436	Água e sedimento
Rio Betari	© 11	732781	7284918	Sedimento e Solo
	12	733103	7284733	Sedimento
	13	734914	7282934	Água, sedimento, pena urubu, peixes
	14	735765	7282025	Água e sedimento
Controle ©	© 22	7331113	7284788	Sedimento, pena ave silvestre
	© 23	734907	7283485	Água, sedimento, solo mandioca e ovo
	© 24	736289	7281859	Sedimento
	© 25	737032	7280733	Sedimento
	© 26	740190	7279698	Sedimento

A região de Furnas abriga o sistema de drenagem Santana e Grilo, que são interligados, e a região do Lageado, o sistema Areias e Córrego fundo (Figura 2). As saídas das cavernas Santana e Grilo representam as ressurgências de seus respectivos sistemas de drenagem, sendo que a ressurgência Santana promove a descarga da maior parte desse sistema (Karmann 1994; Ayub 1998). Na recarga hídrica do sistema Areias as águas convergem ao fim para a ressurgência do rio Areias, também conhecida como Laboratório (Genthner *et al.* 2003). O sistema Córrego Fundo tem como maior contribuinte o Córrego Paçoca que converge ao final à ressurgência do Lago. O Lago é a ressurgência perene desse sistema e o Córrego Seco funciona como um vertedouro nos períodos de cheia (Genthner *et al.* 2003) (Figura 2).

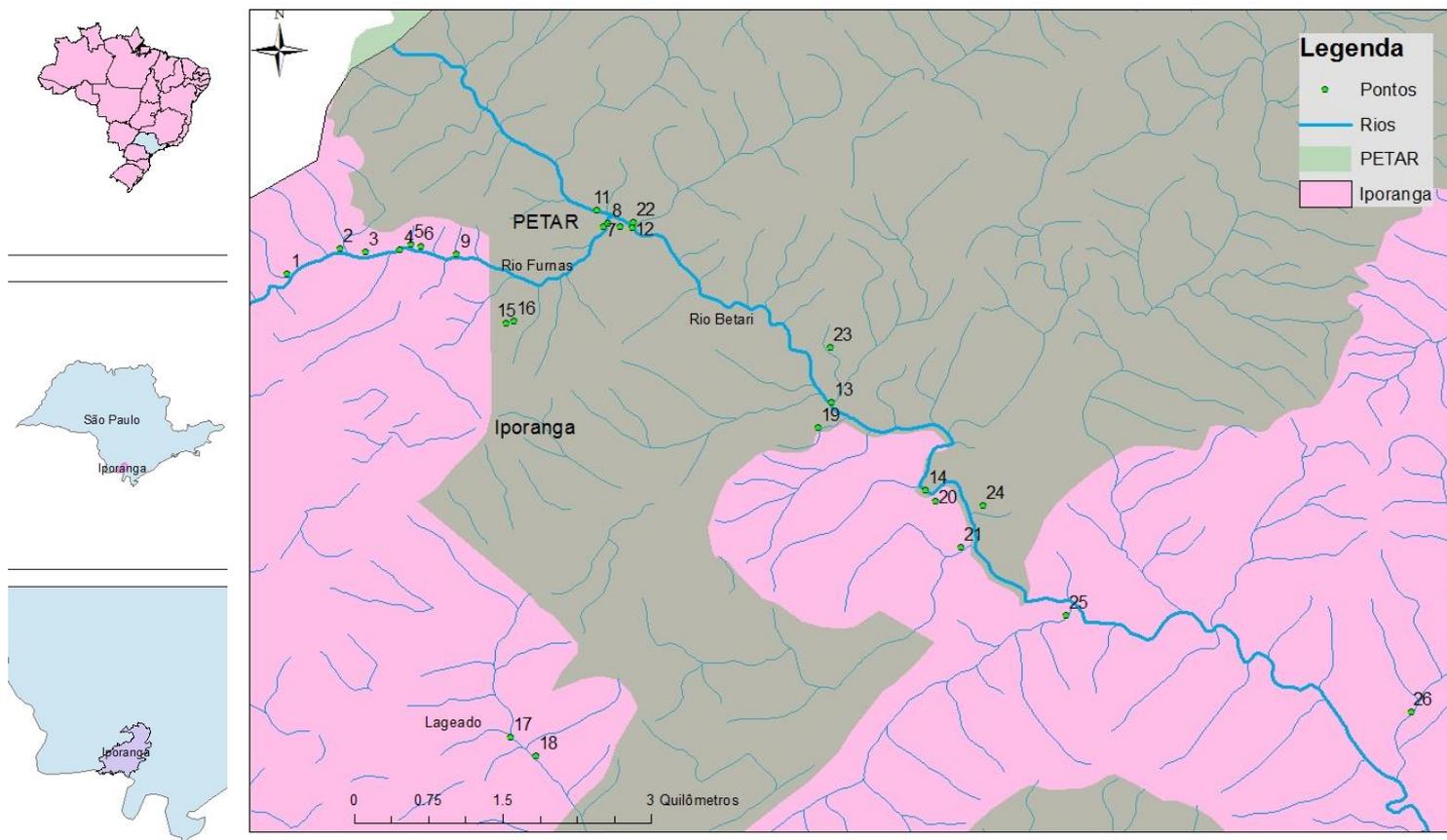


Figura 1- Mapa da região estudada com os respectivos pontos de coleta

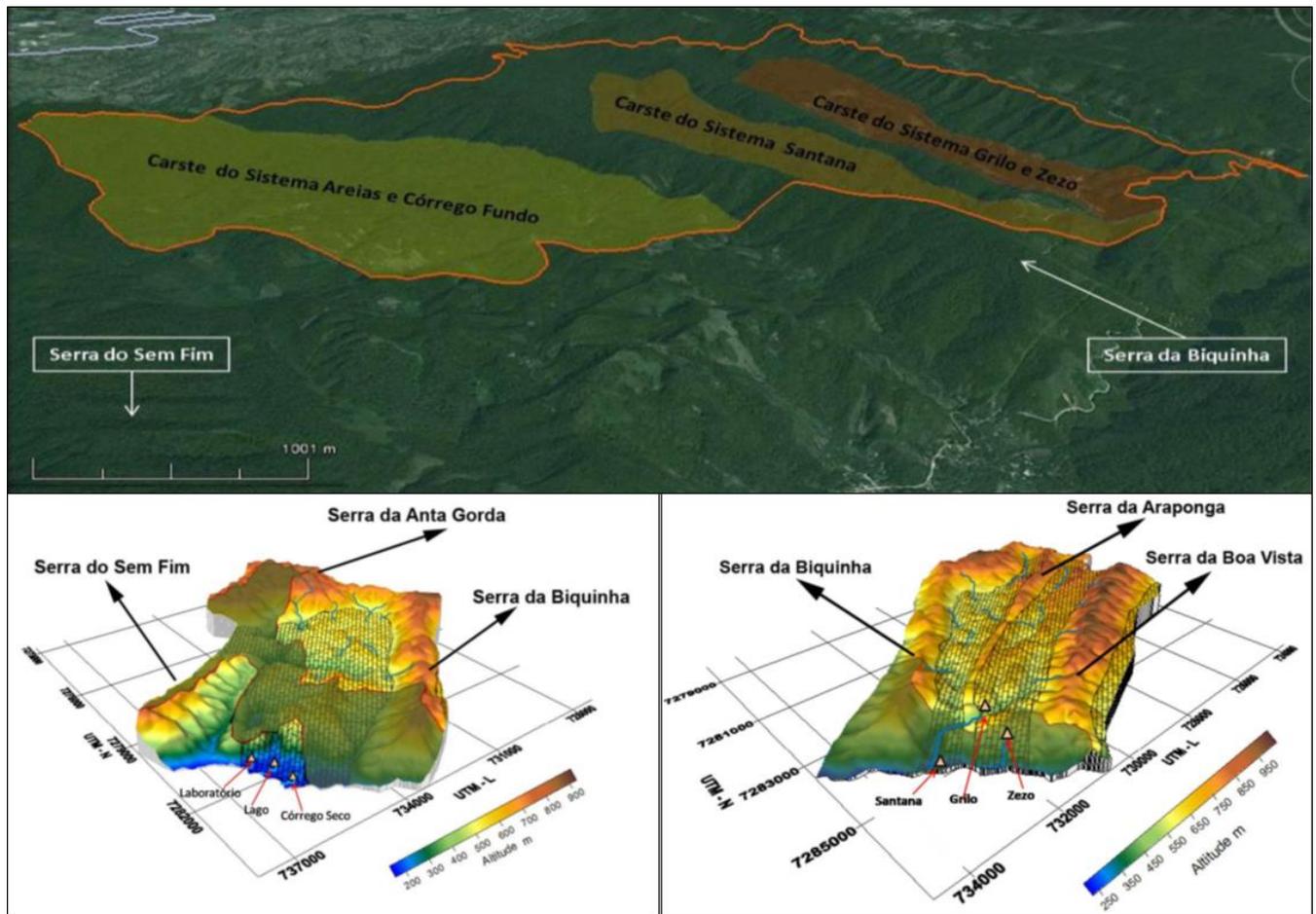


Figura 2- Representação geográfica dos Carstes dos Sistemas de drenagem Santana, Grilo e Areias e suas respectivas áreas de ressurgências (Santana, Grilo, Laboratório, Lago e Córrego seco) (Instituto Pesék-Araújo 2012).

Para verificarmos a ocorrência de enfermidades do sistema nervoso central na população humana do município de Iporanga, avaliamos dados secundários do Sistema Único de Saúde (SUS) brasileiro. Utilizamos como fonte a plataforma DATASUS, pelo site <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203>.

Escolhemos o município de Jeriquara como base de comparação, pois esse local não possui histórico de mineração de chumbo, mas apresenta similaridade à Iporanga nos seguintes aspectos socioeconômicos: índice de desenvolvimento humano (IDH), população estimada, mortalidade infantil, e número de economias ativas residenciais com abastecimento de água (PNUD, 2010).

2.2.1 Coleta e análises de dados ambientais

Essa pesquisa foi autorizada pelo COTEC (Comissão Técnico-Científica), através do Processo SMA Nº. 260108–003.262/2013. As coletas de materiais biológicos foram realizadas em Julho, Outubro e Dezembro/ 2013.

As amostras de sedimentos e solos foram coletadas com o auxílio de uma pá de plástico na quantia de 250 gramas em profundidade de 0-5 centímetros, após limpeza de superfície. Os sedimentos são oriundos da margem dos rios. Ambos materiais foram acondicionados em sacos plásticos transparentes, identificados e armazenados à temperatura ambiente. A coleta da água em cada ponto de amostragem ocorreu em profundidade 0 a 15 cm da superfície, na quantia de 250 ml. A água não foi filtrada e foi armazenada em frascos plásticos de polietileno à temperatura ambiente. As amostras de plantas, vegetais, frutas, peixes, ovos e penas foram diretamente armazenadas em sacos plásticos transparentes, identificadas e acondicionadas em temperatura ambiente; com exceção dos peixes que foram resfriados a - 4°C.

As análises laboratoriais ocorreram no Centro de Assistência Toxicológica – CEATOX, localizado na Universidade Estadual Paulista, em Botucatu. O teor de chumbo foi determinado em sua forma total pela técnica de espectrometria por absorção atômica, após o processo de digestão das amostras. A digestão da matéria orgânica e mineralização de todas as amostras foram realizadas com ácido nítrico (HNO₃ 65%, Merck P.A.) em forno micro-ondas (PROVETTO DGT 100 Plus) pelo período de 40 minutos. Foi utilizada a quantia de 0.5g para cada amostra de solo e sedimento, 1.5g para as amostras vegetais, ovo e peixes, e as penas foram analisadas em sua totalidade. Para as análises de solos e sedimentos foi utilizada a concentração granulométrica total. Após resfriamento e diluição das amostras, procedeu-se a quantificação por intermédio da técnica analítica Espectrofotômetro de Absorção Atômica calibrada para o elemento químico chumbo (Athanasopoulos 1994).

Os pontos que não foram utilizados como “controle” (©) receberam a denominação de “tratamento”, e comparamos a concentração de chumbo nos sedimentos e nos solos entre os dois grupos através do teste t de student (Zar 1999).

2.2.2 Coleta e análises de dados - Saúde humana

Coletamos e comparamos dados secundários de morbidade de alterações mentais e comportamentais atendidas pelo SUS no período de 1995 a 2012 em Iporanga-SP e Jeriquara-SP. Esses dados consistem na porcentagem de pessoas atendidas com essas alterações em relação a todos os atendimentos feitos pelo SUS nos municípios. Tratamos as informações

por análises exploratórias contrapondo morbidade por categorias de doença no intervalo temporal amostrado. Comparamos as médias das prevalências das alterações mentais e comportamentais em ambos os municípios usando software R.

2.3 Valores de referência e limites de toxicidade

Para este estudo foram adotados os seguintes valores de referência de qualidade ambiental e limites de toxicidade para o chumbo:

- Utilizamos como referência para água, às de classe II do CONAMA (357/2005), que devem ter concentração de chumbo ([Pb]) de até 0,01 µg/ml. Essa classificação se aplica a realidade deste estudo, pois são próprias para a proteção de comunidades aquáticas, irrigação de hortaliças, pesca e recreação.

- Utilizamos o sistema adotado pelo CCME (2002) e CONAMA (344/2004) para classificar a qualidade dos sedimentos, de acordo com o teor de Pb encontrado (Figura 3):

< 35µg/g	35– 63,2 µg/g	63,2 - 91,3 µg/g	91,3 – 137 µg/g	> 137 µg/g
ÓTIMA	BOA	REGULAR	RUIM	PÉSSIMA

Figura 3 - Valores de referência da [Pb] (µg/g) para classificação da qualidade de Sedimentos (CCME 2002; CONAMA 344/2004).

- Para solos utilizamos o Valor de “Referência de Qualidade” (tabela 2), pois define um solo saudável e é referência nas ações de prevenção da poluição (CONAMA 420/2009):

Tabela 2 - Valores de referência para [Pb] em Solos (µg/g) CONAMA (420/2009)

Referência de qualidade	Prevenção	Intervenção/Investigação		
		Agrícola	Residencial	Industrial
17	72	180	300	900

- Para os alimentos foi utilizado o Regulamento técnico Mercosul (Anvisa 2010), que estabelece limites máximos de tolerância (LMT) para o chumbo nas condições de consumo.

LMT	Banana	Cana	Cidra	Café	Chuchu	Abobrinha	Alho	Ovos	Peixes
[Pb] ($\mu\text{g/g}$)	0.1	0.2	0.2	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3

- Para pena de ave silvestre, foi utilizado como referência o estudo de Burger & Gochfeld (2000), cuja concentração deve ser de até 4 $\mu\text{g/g}$ para uma ave saudável.

3. RESULTADOS

3.1 Dados ambientais

As tabelas 3 e 4 apresentam os resultados obtidos para a concentração de chumbo total nos elementos amostrados do ecossistema, e a figura 4 representa a comparação entre as amostras dos grupos controle e tratamento, em sedimentos (A) e solos (B), com valores do teste t (software R). Como os dados não apresentam uma distribuição normal e igualdade de variância, foi feita uma transformação pelo logaritmo.

Tabela 3 - Concentração de chumbo ($\mu\text{g/ml}$; $\mu\text{g/g}$) em amostras de água, sedimento, solo, planta, musgo, penas, peixes “cascudos” (*Ancistrus multispinis*) e “nhundiá” (*Rhamdia quelen*), nas localidades de cada categoria desse estudo.

Categoria	Ponto	Água [Pb]	Sedimento	Solo	Planta	Musgo	Penas	Peixe cascudo	Peixe nhundiá
		($\mu\text{g/ml}$)	[Pb] ($\mu\text{g/g}$)						
Furnas	© 1		12.32 *o						
	2								
	3		267.42 *p						
	4	<0.05		1,579.86					
	5	<0.05	940.78 *p	343.81	157.36				
	6	<0.05	1,247.37 *p	225.69	104.32	973.24			
	7		1,445.49 *p						
	8		2,433.61 *p				1,360.25		
Ressurgências Sistema Santana e Grilo (Furnas)	9	<0.05	72.60 *re						
	10	<0.05	25.22 *o						
Lageado	© 15		3.84 *o						
	© 16			1,09					
	17	<0.05		430.98					
	18			482.33	60.89				
Ressurgências Sistema Areias e Córrego fundo (Lageado)	19	<0.05	26.88 *o						
	20	<0.05	11.11 *o						
	21	<0.05	314.17 *p						
Rio Betari	© 11		2,00 *o	7.75					
	12		409.17 *p						
	13	<0.05	445.32 *p				1.51	0.469 **	0
	14	<0.05	419.41 *p						
Controle ©	© 22		71.94 *re				10.23		
	© 23	<0.05	10.21 *o	5.041					
	© 24		7.78 *o						
	© 25		1.75 *o						
	© 26		5.27 *o						
Referência de qualidade		<0.01	<63.3 (*o/*b)	17			4	0.3	0.3

Obs.:

- 1) Qualidade dos sedimentos (CCME 2002; CONAMA 344/2004): o* = ótima; *b = boa; re* = regular; p* = péssima
- 2) ** O resultado da tabela para “Peixe cascudo” expressa a média aritmética de dois pools com dois indivíduos jovens (de até 6 cm) em cada amostra (0.453 $\mu\text{g/g}$ e 0.485 $\mu\text{g/g}$).
- 3) Valores <0,05 $\mu\text{g/g}$ ou <0,05 $\mu\text{g/ml}$ estão abaixo do limite de detecção da técnica.

A grande maioria dos sedimentos e solos amostrados, com exceção da categoria controle, apresentou-se bastante contaminada e de qualidade péssima (pontos 3 ao 8, 12, 13, 14, 17, 18, 21). As amostras de plantas (5, 6, 18), musgos (6, 8), pena (22) e de peixe cascudo (13) também apresentaram contaminação. O ponto 21 foi o único da categoria das “Ressurgências” que obteve qualidade de sedimentos péssima.

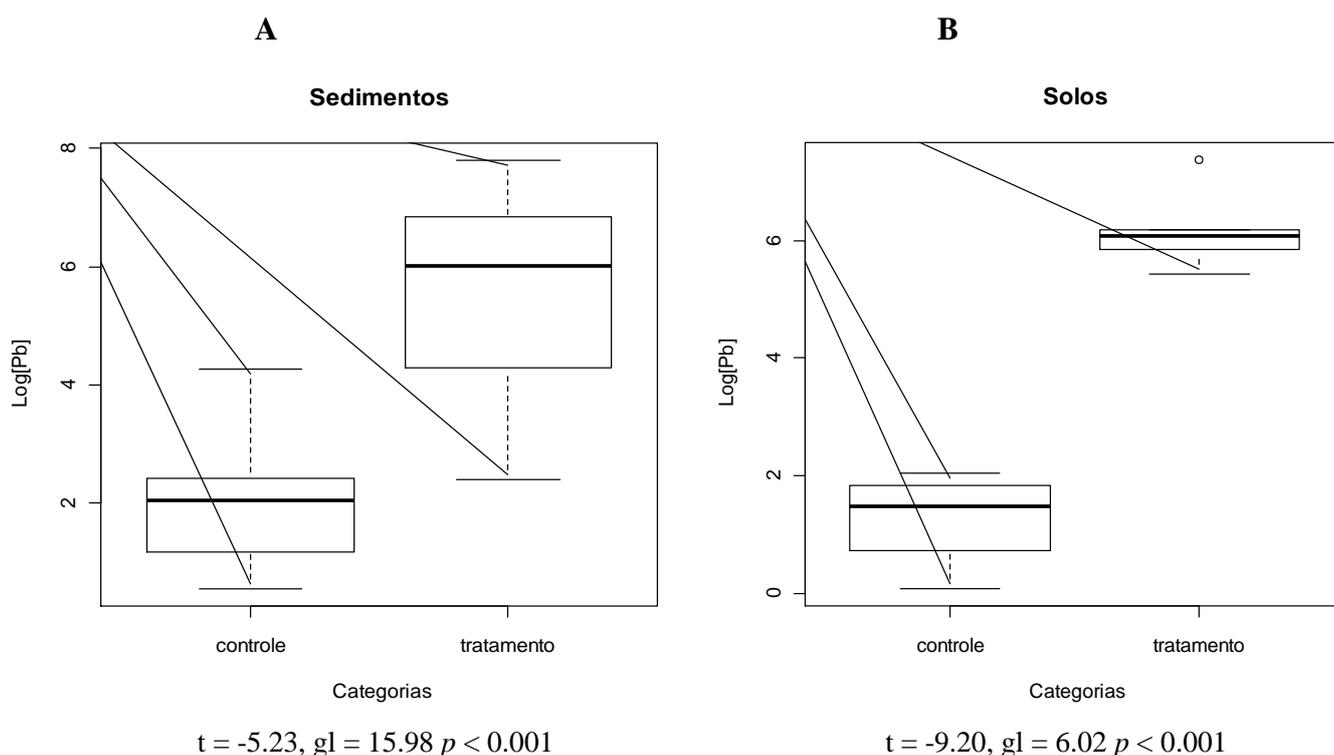


Figura 4 - Comparação entre a concentração de chumbo nos grupos controle e tratamento, em sedimentos (A) e solos (B), com valores do teste t (software R). As barras representam os valores mínimos e máximos e as caixas o primeiro, segundo e terceiro quartis.

Em ambos os gráficos podemos notar grande diferença na concentração de chumbo total entre os grupos tratamento e controle, sendo o teor de chumbo dos grupos controle bastante inferior ($p < 0.001$). Os sedimentos do grupo tratamento possuem valor médio da [Pb] aproximadamente 41 vezes superior ao grupo controle; já em solos a média foi 143 vezes superior.

Tabela 4 - Concentração de chumbo ($\mu\text{g/g}$) em amostras de alimentos, nas localidades estabelecidas pelas categorias desse estudo.

Categoria	Pontos	Mandioca	Banana	Cana	Cidra	Café	Chuchu	Abobrinha	Alho	Ovo
					[Pb] ($\mu\text{g/g}$)					
Furnas	2								90,35 *	
Lageado	17				<0.05	8,58 *	0,52 *	48,41 *		
	18		<0.05	<0.05						
Controle	23	0.072								0,033

Obs.: * = alimento contaminado / [Pb] acima do limite máximo tolerável para consumo (Anvisa 2010)

Dos alimentos amostrados, o café, chuchu, abobrinha e alho apresentaram-se contaminados, sendo que a abobrinha e o alho apresentaram níveis de contaminação bastante altos. A mandioca, banana, cana, cidra e ovo estavam com a [Pb] abaixo do limite tolerável.

3.2 Dados de Saúde humana

A tabela 5 apresenta um sumário dos resultados obtidos da morbidade de transtornos mentais e comportamentais nos municípios de Iporanga e Jariquera (São Paulo) durante o período de 1995 a 2012. A figura 5 representa os resultados da análise das médias das prevalências.

Tabela 5 - Porcentagem de atendimentos de pessoas com alterações mentais e comportamentais no Sistema Único de Saúde - SUS, nos municípios de Iporanga (IPO) e Jariquera (JERI) – São Paulo

Período	1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO
Alterações	6.84	3.61	6.97	13.61	5.33	9.62	1.55	3.70	2.90	4.95	2.28	8.48	1.55	4.20	2.21	1.60	3.14	1.62
Mentais e comportamentais (%)	2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012	
	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO	JERI	IPO
	1.37	1.42	3.30	4.47	3.86	4.49	4.50	6.28	1.95	7.27	0.80	6.76	2.76	4.02	3.33	4.18	0.65	2.39

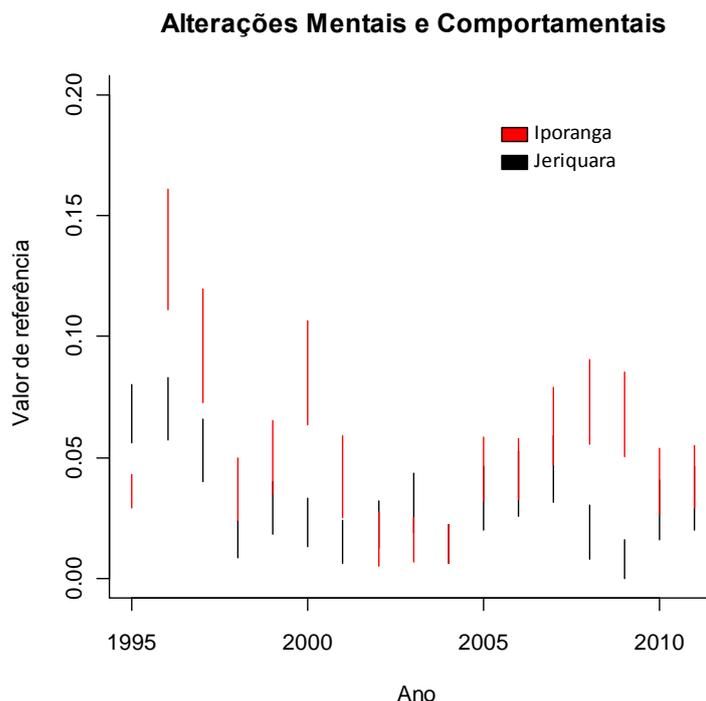


Figura 5 - Comparação entre as médias das prevalências de alterações mentais e comportamentais em Iporanga e Jeriquara. As barras expressam o erro padrão (software R).

O eixo y expressa os valores das médias de prevalência e as barras são os erros padrão. A análise nos mostra que nos anos em que as barras se sobrepõem as prevalências são similares. Nos anos de 1996, 2000, 2001, 2004, 2007 e 2008 Iporanga apresentou prevalência significativamente maior que Jeriquara, sendo os valores mais altos encontrados em 1996, 1997 e 2000.

4. DISCUSSÃO

Após 21 anos do encerramento das atividades mineradoras na região de Iporanga, ainda é possível encontrar altos níveis de chumbo em elementos do ecossistema como sedimentos, solos, plantas, peixes e penas, de acordo com os valores de referência preconizados (CONAMA 357/2005; 344/2004; 420/2009; Anvisa 2010; Burger & Gochfeld 2000). Foi evidente a diferença das concentrações de chumbo nos grupos tratamento e controle, este último com teores bastante inferiores ($p < 0.001$). Constatamos por estes dados, que a presença da indústria mineradora e suas atividades correlatas aumentaram significativamente a quantidade desse elemento no ambiente por um período temporal longo até então.

A concentração de chumbo encontrada nas águas de todos os pontos está abaixo do limite de detecção da técnica deste estudo ($<0.05\mu\text{g/ml}$). São necessárias técnicas laboratoriais de maior sensibilidade, pois ainda assim essas águas podem apresentar teor de chumbo superior ao limite tolerado para águas de classe II ($<0.01\mu\text{g/ml}$) (CONAMA 357/2005).

4.1 Furnas

Ao contrário do que era esperado, a concentração de chumbo em sedimentos do rio Furnas apresentou-se crescente ao longo de seu curso. Com exceção do ponto 1©, todos os outros pontos desta categoria (2 ao 8) apresentaram sedimentos com qualidade péssima (CONAMA 344/2004). De acordo com o cenário atual da região, os pontos 1, 2 e 3 são os únicos que se localizam a montante das instalações minerárias, entretanto, sugere-se que somente o ponto 1 não tenha sofrido impactos diretos causados pela mineração. Nessa localidade os sedimentos são de qualidade ótima e de baixa concentração de chumbo, diferentemente de todos os outros locais amostrados nessa categoria; logo, esse ponto pode nos remeter ao teor natural do chumbo no córrego Furnas, sem influência das atividades mineradoras.

A maior parte dos rejeitos da mineração foram descartados no rio Furnas a jusante do ponto 3, portanto, a lixiviação de sedimentos tóxicos e o assoreamento desse rio em decorrência da mineração, ocorreu deste ponto em diante. O ponto 3, apesar de também localizar-se à montante das minas, apresentou alta concentração de chumbo nos sedimentos. Esse local está mais próximo ao empreendimento minerário do que o ponto 1, e como tal, acredita-se que a contaminação ocorreu por meio da deposição de partículas suspensas proveniente das escavações, manipulação, beneficiamento e transporte de minérios (Spiro & Stigliani 2008; Mechi & Sanches 2010).

O teor de chumbo encontrado nas amostras de solo da categoria Furnas ultrapassaram os limites estabelecidos como padrão para solos saudáveis (pontos 4, 5 e 6), podendo oferecer riscos a biota e águas subterrâneas (CONAMA 420/2009). As plantas silvestres e os musgos também apresentaram alta concentração do metal e, deste modo, podem estar mais susceptíveis a interferências em seus sistemas biológicos (Paiva *et al.* 2003). O alho foi o único item alimentar analisado da região de Furnas (ponto 2); todavia, o teor de chumbo encontrado foi muito alto, sugerindo assim, que outros alimentos desse local também possam estar contaminados. A possível contaminação do solo, e conseqüentemente deste alimento, pode ter ocorrido da mesma maneira que no ponto 3; pela constante deposição de material

particulado ao longo dos anos, visto a proximidade de ambos locais. Esse alimento está em uma área desabitada e não oferece risco à saúde humana, porém, por estar em uma área conectada a grandes fragmentos florestais, pode oferecer riscos a outros organismos. Além disso, os elementos contaminados podem contaminar áreas distantes, quando carregados pelas chuvas, ventos e erosões.

De todos os pontos da categoria Furnas, o ponto 8 é o mais distante da mineração, logo, por meio da diluição natural que ocorre ao longo dos rios, esperava-se um resultado menor ao dos últimos pontos. Porém encontramos a maior concentração de Pb em sedimentos de todos os pontos, sendo 187 vezes superior à concentração obtida no ponto 1 (controle). É possível que haja afloramentos de chumbo próximo a este ponto, o que explicaria o aumento da quantidade do elemento nesse trajeto. Além disso, esse local apresenta um dos menores gradientes altitudinais do trajeto amostrado, o que acaba por favorecer o acúmulo dos sedimentos provenientes dos processos de erosão de rios e solos a montante. Entretanto, a contaminação encontrada neste ponto pode ter sido agravada por um desabamento de terras ocorrido na região de Furnas em 2005. Desabamentos de terras em áreas de mineração são comuns e recorrentes e essa região, especificamente, abriga características topográficas que a tornam ainda mais vulnerável a grandes movimentos de massa, assim como solos pouco profundos e alto potencial de erosão hídrica (Instituto Pesék-Araújo 2012). Dessa maneira é factível que este desabamento tenha carregado grande quantidade de material para jusante do rio, pois soterrou, por exemplo, antigas galerias de extração de minérios.

A Mina de Furnas possui um plano de recuperação ambiental que, entre outras ações, prevê tornar os níveis remanescentes de contaminação compatíveis com os usos de preservação ambiental e turismo, com a redução dos riscos de exposição humana, remoção e isolamento de fontes ativas de contaminação, e o monitoramento ambiental (Pompéia 2002). Entre as medidas de remediação já implementadas, constam a construção de uma caixa de contenção para o armazenamento de escória da mineração, um tanque para captação de águas pluviais, o plantio de mudas e uma barreira para retenção de minérios e da contaminação ao rio Furnas. Esta barreira foi construída em um lago que era utilizado para lavagem de minérios, e que assim, possui sedimentos muito ricos em chumbo e rejeitos da mineração (ponto 5).

A construção da barreira está de acordo com os principais objetivos da remediação de ambientes contaminados, que são a redução do volume do contaminante para o ambiente e a diminuição de sua mobilidade (USEPA 1990; Anjos *et al.*). Nesse caso, o objetivo é conter o transporte de minérios e sedimentos contaminados para jusante do rio Furnas. Entretanto,

essa medida parece não ser totalmente eficaz, uma vez que em estações chuvosas há grande revolvimento dos sedimentos do lago que são transferidos continuamente ao rio Furnas. Desse modo, o lago, em conjunto com outros elementos do ecossistema contaminados, pode continuar funcionando como uma fonte contínua de chumbo aos rios Furnas, Betari e Ribeira de Iguape.

4.2 Ressurgências do Sistema Santana e Grilo

A qualidade dos sedimentos na ressurgência Santana (rio Roncador) foi considerada ótima, o que denota que o sistema de drenagem Santana encontra-se fora dos efeitos diretos da mineração e da contaminação ambiental por ela causada. Já no sistema de drenagem Grilo (rio Grilo), cuja proximidade é maior à mineração de Furnas, os sedimentos apresentaram qualidade regular, o que nos sugere uma maior influência da mineração sobre esse sistema.

4.3 Lageado

A região do Lageado ainda hoje tem sofrido consequências das atividades mineradoras ocorridas no passado. A implementação inadequada ou inexistente de medidas de remediação nesse sítio, permitiu que rejeitos da mineração fossem deixados a céu aberto. Esses rejeitos possuem alto potencial de contaminação do ambiente (Silva 2007), e como tal, as amostras de solo coletadas dessa região (pontos 17 e 18) ultrapassaram o teor de Pb estabelecido como limite para solos saudáveis (CONAMA 420/2009). A amostra de solo controle da categoria Lageado (ponto16) apresentou teor de chumbo quase nulo, evidenciando ainda mais os impactos causados pela pilha de rejeitos na saúde dos solos adjacentes. Os impactos se estendem também às plantas, que tendem a acumular elevado teor de chumbo nas partes comestíveis, tornando-se inadequadas ao consumo (Kabata-Pendias & Pendias 1984; Schifer *et al.* 2005; Lima *et al.* 2013).

Dessa maneira, obtivemos alimentos com altas concentrações de chumbo (chuchu, café e abobrinha) oriundos de solos igualmente contaminados (pontos 17 e 18). Esses alimentos são provenientes de um sítio localizado próximo a pilha de rejeitos acima citada, e são consumidos constantemente pelos moradores locais. Os alimentos contaminados podem ser uma das principais fontes de chumbo à população do Lageado, e a uma pequena parte da população do bairro da Serra, que eventualmente os consome. Cunha (2005), por exemplo, estudou crianças de comunidades do Alto Vale do Ribeira, incluindo-se Iporanga, e constatou que aquelas que se alimentavam de verduras e legumes cultivados em hortas residenciais, mostraram teores de Pb mais elevados do que as que se alimentam de outras fontes. Desse

modo, os alimentos contaminados podem representar um grave problema à saúde pública do município, provendo Pb constantemente à população que os consome.

Além dos prejuízos à saúde humana temos as interferências no restante do ecossistema: as plantas, por exemplo, podem sofrer alterações enzimáticas, hormonais e inibição da fotossíntese quando submetidas ao chumbo (Paiva *et al.* 2003; Sarma *et al.* 2006; Teklic *et al.* 2008). Como consequência, elas podem apresentar desequilíbrios na composição de nutrientes, o que representaria um grande impacto aos vegetais, e paralelamente, ao restante da cadeia trófica (Paivoke 2002; Lima *et al.* 2013). Dessa maneira, os danos sobre os sistemas biológicos das plantas, podem causar prejuízos a todo um ecossistema florestal, pois em longo prazo, uma floresta contaminada por chumbo pode sofrer impactos em sua estrutura e composição, acarretando alterações em seu crescimento, na riqueza de espécies e na diminuição da imunidade das espécies vegetais (Hodgson 2010).

4.4 Ressurgências do Sistema Areias e Córrego Fundo

Na ressurgência Laboratório os sedimentos do rio Areias apresentaram qualidade péssima (ponto 21). Essa ressurgência é composta por águas oriundas da recarga hídrica do sistema Areias (figura 2), e que abrange inclusive, territórios do Lageado. Esses territórios, conforme já descrito, apresentaram-se fortemente contaminados pelo Pb proveniente da mineração e da pilha de rejeitos exposta. Visto que os rejeitos de mineração possuem alto potencial de contaminar sistemas de drenagem (Silva 2007), presumimos que a região de mineração do Lageado, especialmente a localidade onde se encontra o material de rejeito, possa funcionar como um reservatório propulsor de sedimentos tóxicos aos rios subterrâneos do sistema Areias.

Esse panorama torna-se ainda mais grave devido às características do relevo local, formado por rochas carbonáticas e um sistema bem carstificado, onde os impulsos de chuva são drenados e conduzidos rapidamente aos sumidouros. Assim, o escoamento pluvial permite a infiltração de substâncias superficiais no solo e rios subterrâneos do sistema de drenagem (Karmann & Ferrari 2002; Ferrari & Karmann 2008), favorecendo ainda mais a contaminação de sedimentos do rio areias. Ainda, além de contaminar a drenagem subterrânea, os rejeitos podem ser uma fonte de contaminação contínua a alimentos, solos, sedimentos, águas e organismos de toda a área de drenagem do sistema Areias.

A ressurgência Laboratório abriga águas oriundas da caverna Areias e localiza-se bem próxima a foz do rio de mesmo nome. Essa caverna é habitada pelo primeiro peixe troglóbio descoberto no Brasil: o bagre cego de Iporanga (*Pimelodella Kronei*) (Guil & Trajano 2013).

O bagre-cego é endêmico à Iporanga e é uma espécie altamente vulnerável, sendo classificada como “em perigo” de extinção (IUCN 2011; Guil & Trajano 2013). A alta concentração de chumbo nos sedimentos da caverna areias (ressurgência Laboratório) causa grande preocupação à conservação dessa espécie, visto que o chumbo pode causar enfermidades e interferir nas taxas reprodutivas de peixes (Hilbig *et al.* 2012), podendo aumentar ainda mais o grau de ameaça ao bagre-cego de Iporanga.

No Sistema Córrego Fundo, os valores encontrados em sedimentos de ambas as ressurgências (Lago e Córrego Seco) foram baixos. O Sistema Córrego Fundo possui relevo menos carstificado, o que desfavorece infiltrações de substâncias em solos e águas subterrâneas (Ferrari & Karmann 2008). Logo, mesmo que essas águas venham de regiões com alta concentração de chumbo em superfície, esse elemento parece não adentrar o subsolo o suficiente para contaminar a drenagem. Conclui-se então, que os sedimentos e águas desse sistema de drenagem nos pontos amostrados não estão contaminados, e possivelmente não sofrem influência das atividades mineradoras.

4.5 Rio Betari

O ponto controle da categoria rio Betari (ponto 11), apresentou sedimentos com concentração de chumbo muito baixa e de qualidade ótima; porém alguns metros a jusante, o teor nos sedimentos elevou-se bastante, apresentando qualidade péssima (ponto 12). O ponto 12 situa-se após a foz do rio Furnas, ou seja, após ele desaguar no Betari. Esse panorama nos dá fortes indicações que a fonte de contaminação do Betari nesse ponto, é proveniente do rio Furnas.

Ao longo do percurso amostrado, a contaminação dos sedimentos do rio Betari mostrou valores estáveis, indicando a persistência deste metal do Núcleo Santana ao bairro da Serra (pontos 12 ao 14). Encontramos sedimentos com concentração de chumbo três vezes superior ao encontrado por Cotta (2006) ($117,25 \pm 3,03 \mu\text{g/g}$), no local equivalente ao ponto 14 e quase dez anos antes deste trabalho. Esse resultado pode ser em decorrência do desabamento de terras de 2005, ocorrido após o trabalho de Cotta (2006), que carregou grande quantidade de sedimentos para jusante do rio Furnas e conseqüentemente ao rio Betari. A erosão dos solos e rios é favorecida pelo clima local, que devido à alta pluviosidade permite que excedentes hídricos se desloquem a altas velocidades, principalmente em declividades acentuadas e com chuvas fortes (Instituto Pesék-Araújo 2012), o que acaba por favorecer a disseminação da contaminação.

Peixes e aves vêm sendo usados como indicadores de condições ambientais e ambientes contaminados (Dale & Beyeler 2001; Mozeto & Zagatto 2006). Eles podem acumular metais, integrando-os a diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar, e colocar em risco comunidades bióticas e processos ecológicos (Ross & Birnbaum 2003; Wanless *et al.* 2005; Mozeto & Zagatto 2006). Os peixes coletados do rio Betari apresentaram concentrações distintas de chumbo na musculatura. O indivíduo adulto de “nhundiá” (*Rhamdia quelen*) estava isento do metal, porém os indivíduos jovens de “cascudo” (*Ancistrus multispinis*) apresentaram concentração de chumbo superior ao limite estabelecido para o consumo humano. Fatores como diferenças entre espécies e idades, parecem condicionar e interferir no teor de chumbo encontrado em indivíduos. Há espécies naturalmente mais susceptíveis a absorção e acúmulo do metal em seus organismos (Filho 2001), assim como os animais mais jovens, cujos metabolismos acelerados e hormônios em constante mudança, são mais predispostos à intoxicações (Baird 2002; Fenner 2003).

Em Iporanga, assim como em outras regiões do Vale do Ribeira, é comum o hábito de consumir peixes dos rios Betari e Ribeira. Porém, ainda que o consumo de peixes dos rios Ribeira e Betari, não tenha influenciado significativamente o teor de chumbo em sangue de crianças estudadas por Figueiredo *et al.* (2003); alguns cientistas ponderam não haver um nível seguro da substância para consumo humano e discordam de limites já estabelecidos (Cunha *et al.* 2005; Elliott *et al.* 2011). Portanto, o consumo frequente de pescados oriundos de locais contaminados pode viabilizar o aporte de chumbo aos organismos e predispor os a intoxicações crônicas, mesmo que elas não sejam diagnosticadas clinicamente e laboratorialmente.

Encontramos uma pena de ave silvestre de espécie não identificada, com o teor de chumbo bem acima do recomendado para a manutenção da saúde da avifauna (Burger & Gochfeld 2000). A presença de chumbo nessa pena indica que a ave está sendo exposta ao contaminante desde a última muda da plumagem (Burger & Gochfeld 2001). Ainda, a elevada concentração nos sugere a possibilidade desse indivíduo apresentar alterações biológicas, principalmente se a contaminação estiver se mantendo por longos períodos (Schatz 2003; Siciliano *et al.* 2005; Ferreira 2009). A pena foi coletada em uma área controle (ponto 22), porém como aves normalmente circulam por territórios extensos, é factível que o teor de chumbo por ela acumulado reflita a contaminação dos alimentos e áreas que o animal mais utiliza, e não necessariamente do local de coleta desse vestígio (Gochfeld *et al.* 1999; Ferreira 2009).

4.6 Saúde humana

Não houve diferença entre as enfermidades mentais e comportamentais dos municípios de Iporanga e Jeriquara, indicando que a população humana de Iporanga não está mais susceptível a enfermidades no sistema nervoso central do que a população de Jeriquara, uma área sem mineração. Porém, é possível que faltem dados sobre as intoxicações por chumbo na população. No Brasil é comum que estatísticas revelem apenas parte dos problemas de intoxicações por metais, geralmente não considerando aquelas subclínicas (Sadao 2002). Além disso, a intoxicação crônica pelo chumbo pode apresentar sinais e sintomas clínicos inespecíficos e muito variados, sendo de difícil diagnóstico sem o suporte laboratorial para dosagem do metal.

Dentre alguns dos sinais clínicos e efeitos potenciais sobre a saúde, a exposição ao Pb pode causar cansaço, irritabilidade, aumento da pressão arterial, tontura, dor de cabeça, tremores musculares, transtornos sensoriais, perda de memória e redução das funções neurofisiológicas (Davies *et al.* 2006; Carvalho *et al.* 2008). No bairro da Serra é possível observar indivíduos, principalmente idosos, com dores em membros superiores e inferiores e fraqueza muscular, sinais que podem ser facilmente atrelados às enfermidades decorrentes da idade, mas que também poderiam indicar intoxicações crônicas por chumbo, com prejuízos ao sistema nervoso periférico. Além disso, idosos possuem maior dificuldade de ir até o hospital e muitas vezes, tentam resolver suas enfermidades de modo caseiro, o que subestimaria ainda mais a casuística das intoxicações.

As crianças são mais sensíveis aos efeitos neurotóxicos do chumbo mesmo quando a concentração no sangue é inferior ao limite estipulado (CDC 1991; Cunha *et al.* 2005). Durante esse estudo encontramos relatos (comunicação pessoal) sobre crianças que estudam no bairro da Serra, com dificuldade de aprendizado e algum grau de retardo; sinais esses que poderiam ser sugestivos de uma intoxicação por chumbo. Entretanto são necessárias outras investigações que indiquem com precisão a origem dessas enfermidades, que podem ser tanto um reflexo de intoxicações crônicas e subclínicas (por Pb ou outros elementos), como terem causas genéticas, nutricionais, ou outras.

Por fim, são necessárias mais pesquisas que indiquem os níveis atuais de chumbo na população de Iporanga, assim como diagnósticos clínicos mais precisos nas diferentes faixas etárias da população, e estudos que correlacionem a contaminação ambiental com os diagnósticos clínicos e laboratoriais das enfermidades decorrentes das intoxicações por chumbo.

5. CONCLUSÕES

- Verificamos a persistência temporal da contaminação do ecossistema por chumbo, que não cessou desde o fechamento da mineração em Iporanga (21 anos até o momento). Todas as amostras de sedimentos dos rios Furnas e Betari, coletadas a jusante da mineração, mostraram-se fortemente contaminadas.

- A saúde do ecossistema (incluindo o homem) está possivelmente afetada, visto que o chumbo proveniente das atividades de mineração ainda hoje está sendo incorporado aos cultivos agrícolas, sistemas florestais e organismos das regiões de Furnas e do Lageado.

- As amostras controle nos indicaram que os sedimentos e solos da região de Iporanga não são naturalmente ricos em minério de chumbo em toda a sua extensão, mas sim nos chamados veios ou afloramentos do minério.

- Sugerimos que a contaminação dos sedimentos do rio Areias seja decorrente da mineração no Lageado e da pilha de rejeitos ali disposta. Essa contaminação foi favorecida pelo tipo de relevo e de solo do sistema de drenagem Areias, que permitem a percolação do metal nos solos, e o alcance dos sedimentos contaminados à ressurgência laboratório.

- Não encontramos diferenças nos dados de saúde humana, indicando que a população humana de Iporanga parece não estar mais susceptível a enfermidades no sistema nervoso central do que a população de uma área sem mineração.

6. RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista que há diversas tecnologias de remediação ambiental para metais pesados, e que muitas vezes torna-se necessária a aplicação de mais de uma tecnologia para que haja êxito no processo de recuperação, sugerimos as seguintes medidas como opções de remediação e atenuação de riscos na região de Iporanga:

- A pilha de rejeitos do Lageado deve ser aterrada, tratada ou remanejada para adequar sua a disposição no ambiente. O aterramento deve ser feito após a impermeabilização dos solos. Já o tratamento da escória ou dos solos contaminados, é normalmente viabilizado por meio de tecnologias que retirem os metais e/ou torne o material inerte no ambiente (Purifica 2002). No caso de remanejamento, o material deve ser armazenado em baixa altitude e protegido das chuvas, para evitar a lixiviação, assoreamento e contaminação dos rios (Silva 2007).

- Em Furnas sugerimos a limpeza e remoção dos contaminantes do fundo do lago localizado prévio à barreira, para que ele não seja um reservatório que provê chumbo

constantemente ao rio Furnas. Os sedimentos podem ser submetidos a tratamentos complexos, porém podem passar apenas pelo processo de concentração biológica, sem que haja necessidade de serem retirados de seu local de origem. Esse processo pode ser feito através da fitoextração, uma técnica onde plantas removem, armazenam e estabilizam os metais pesados presentes nos sedimentos ou solos, podendo ser dispostas em aterros sanitários, incineradas ou recicladas para a recuperação do metal (Romeiro *et al.* 2007). Essa técnica tem menores custos e impactos ambientais, porém deve-se atentar a escolha da espécie vegetal, que deve ser preferencialmente uma espécie nativa do bioma em questão, para que não haja prejuízos extras à conservação do ecossistema por meio da introdução de espécies exóticas.

- Desvio da drenagem do rio Furnas para que ele não passe através do lago contaminado.

- Transporte de solo não poluído para uso nas hortas e quintais (Figueiredo 2011).

- Monitoramento ambiental e humano periódicos.

- Estudos que delimitem a extensão da contaminação, tanto ao longo dos rios como ao redor das áreas de mineração, para que possam ser tomadas medidas efetivas de remoção do chumbo ao longo dos ambientes contaminados.

- Por fim, as populações das áreas de entorno devem ser orientadas durante todo o processo, da instalação ao fechamento do empreendimento, quanto aos riscos a que podem estar susceptíveis e quanto à adoção de medidas preventivas de possíveis intoxicações. Além disso, devem ser orientadas sobre quais são os locais inapropriados para plantios, roças e pesca e quais as medidas de prevenção de enfermidades e manutenção da saúde devem ser adotadas.

É factível aqui discutirmos sobre o projeto de Lei 93.682/2012, que está em tramitação e cujo objetivo principal é permitir que 10% das Unidades de Conservação de proteção integral sejam destinadas à mineração. Favoráveis ao projeto alegam que essas medidas são necessárias para “liberar áreas com riquezas minerais estratégicas para o desenvolvimento do País sem comprometer a conservação das áreas”. Porém, opositores alegam um “completo absurdo e irresponsabilidade”, que visa beneficiar pedidos de lavra e de mineração em áreas protegidas e ceder à pressão para que as leis de proteção ambiental sejam afrouxadas (O Eco 2013).

Em vista do contexto apresentado por este estudo, percebemos que mesmo Unidades de Conservação de proteção integral, como o PETAR, estão sujeitas às consequências dos

diferentes usos dos solos dentro e fora de seus territórios. A mineração é uma atividade que pode afetar a saúde de todo o ecossistema, inclusive a humana, e seus impactos podem perdurar por bastante tempo, mesmo após a finalização dessas atividades. A aprovação do projeto de Lei acima citado, pode viabilizar e potencializar impactos à saúde e conservação dos ecossistemas. Afinal, além da perda de territórios e biodiversidade por meio de desmatamentos, as áreas poderão ficar sujeitas a contaminações ambientais e deterioração da saúde de todo o ambiente.

Há necessidade de estudos de monitoramento mais detalhados para que se possa entender as escalas espaciais e temporais de impactos na saúde ecossistêmica, e assim unir as ações econômicas com a proteção social e ambiental das regiões ricas em minérios.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida FFM (1964) Os fundamentos geológicos do relevo paulista. Bol. do Inst. Geol., São Paulo, v. 41, p. 169- 263.

Anjos, JASA, Sánchez, LE, Bertolino, LC. Remediação de áreas contaminadas: proposições para o sítio da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA. Disponível em: <www.cetem.gov.br/santo_amaro/pdf/cap10.pdf>

Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) Consulta Pública nº 101, de 27 de outubro de 2010. Regulamento Técnico Mercosul Sobre Limites Máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos (Revogação Das Res. GMC Nº 102/94 e Nº 35/96).

Athanasopoulos N (1994) Flame Methods Manual GBC for Atomic Absorption, Victoria, Australia, p 1-11.

Ayubi S (1998) Aplicação do corante traçador fluorescente rodamina-wt no estudo hidrológico e hidrogeológico dos sistemas cársticos Pérolas-Santana, Grilo e Zezo, Município de Iporanga, Estado de São Paulo. São Paulo. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Baird C (2002) Química Ambiental. São Paulo: Editora ATHENEU. 746p.

Barret GW, Rosenberg R. (1981) Stress effects on natural ecosystems. New York, John Wiley and Sons.

Bitar OY (1997) Avaliação da recuperação de áreas degradadas para mineração Região Metropolitana de São Paulo-SP. 193f. Tese de doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Bosso ST & Enzweiler J (2008) Ensaios para determinar a biodisponibilidade de chumbo em solos contaminados: Revisão. Quim. Nova, Vol. 31, No. 2, 394-400.

Brussard PF, Reed JM, Tracey CR (1998) Ecosystem management: what is it really? *Landscape Urban Plann.* 40, 9-20.

Burger J (1993) Metals in avian feathers: Bioindicators of environmental pollution. *Rev. Environ. Toxicol.*, 5, 203}311.

Burger J, Gochfeld M (2000) Effects of lead on birds (Laridae): a review of laboratory and field studies. *J Toxicol Environ Health*, 3:59-78.

Burger J, Gochfeld M (2001) Effects of chemicals and pollution on seabirds. In “Biology of Marine Birds” (E. A. Schreiber and J. Burger, Eds.), pp. 485}525. CRC Press, Boca Raton, FL.

Burger J (2002) Food Chain Differences Affect Heavy Metals in Bird Eggs in Barnegat Bay, New Jersey, *Environmental Research*, v. 90, n. 1, p. 33–39.

Calow P (1992) Can ecosystems be healthy? Critical considerations of concepts. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, 1; 1-15.

Carvalho CEV, Di Benedetto APM, Souza CMM, Ramos RMA, Rezende CE (2008) Heavy metal distribution in two cetacean species from Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.* 88(6): 1117–1120.

CCME - Canadian Environmental Quality Guidelines (2002) Summary Tables-<http://www.ec.gc.ca>.

CDC - Centers for Disease Control & Prevention (1991) U.S. Department of Health and Human Services. Preventing lead poisoning in young children. Atlanta, U.S. Government Printing Office.

CONAMA (Conselho Nacional De Meio Ambiente). Resolução nº 344, de 25 de março de 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>.

CONAMA (Conselho Nacional De Meio Ambiente). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: < www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>.

CONAMA (Conselho Nacional De Meio Ambiente). Resolução: nº 420, de 28 de dezembro de 2009. IBAMA. p. 81-84. Disponível em:<www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>.

Costanza R (1992) Towards an operational definition of health. In: Costanza, R., Norton, B., Haskell, B. D., (Eds.), *Ecosystem Health – New goals for ecosystem Management*. Inland Press, Washington DC; 239-256.

Cotta JAO, Rezende MOO, Piovani MR (2006) Avaliação do teor de metais em sedimento do Rio Betari no Parque Estadual turístico de Alto Ribeira – PETAR, São Paulo, Brasil. *Quim. Nova*, Vol. 29, No. 1, p. 40-45.

Culver DC (1982) *Cave life: Evolution and Ecology*. Cambridge: Harvard University Press, 189 pp.

Cunha FG, Figueiredo BR, Paoliello MB, De Capitani EM, Sakyma AM (2005) Human and environmental lead contamination in the Upper Ribeira Valley southeastern Brazil. *TERRÆ* 2(1-2):28-36.

Dale VH, Beyeler SC (2001) Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1(1): 3-10.

Elliot JE, Bishop CA, Morrissey CA (Ed.) (2011) *Emerging topics in Ecotoxicology - Principles, Approaches and Perspectives.v3*. Wildlife Ecotoxicology. Forensic approaches. Series Ed.: Shugart, Lee R. New York.

Farias CEG (2002) *Mineração e meio ambiente no Brasil. Relatório Preparado para o CGEE PNUD – Contrato 2002/001604. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf>. Acesso em: 05/03/2013.*

Davies OA, Allison ME, Uyi HS (2006) Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment and periwinkle (*Tympanotonus fuscatus var radula*) from the Elechi Creek, Niger Delta. *African Journal of Biotechnology*, 5(10): 968-973.

Fenner WR (2003) *Consulta rápida em Clínica Veterinária*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. 514p.

Ferrari JA, Karmann I (2008) Comportamento hidrodinâmico de sistemas cársticos na bacia do Rio Betari, município de Iporanga - SP. *Geologia USP. Série Científica*, v. 8, p. 1-13.

Ferreira AP (2009) Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, água e em *Leucopernis lacernulata* (gavião-pomba). Estudo de caso: Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. *Gaia Scientia*, 3(2): 23 – 31.

Figueiredo BR, Cunha FG, Paoliello MMB, Capitani EM, Sakuma A, Enzweiler J (2003) Environment and human exposure to lead, cadmium and arsenic in the Robeira Valley, southeastern Brazil. In: *International Symposium on Environmental Geochemistry*, 6th, Edinburgh, Scotland, Book of Abstracts, p: 49.

Figueiredo, BR. *Mineração e Saúde Ambiental - Chumbo no Vale do Ribeira (PR SP)- Resíduos e Sustentabilidade na Mineração*.

Filho EAC (2001) Universidade Federal do Espírito Santo-UFES, No Title.

Genthner C, Ferrari JA, Karmann I (2003) Identificação das áreas de recarga de fontes cársticas com o uso do traçador rodamina fwrt (área carbonática Lajeado-Bombas, Iporanga-SP). *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, v. 24, n. 1/2, p. 11-23.

Gfeller RW, Messonnier SP (2006) *Manual de Toxicologia e envenenamentos em pequenos animais*. São Paulo: Editora Roca. 376p.

Giatti LL, Rocha AA (2001) Impactos Ambientais do Turismo na Região do PETAR – Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – São Paulo – Brasil. 13th International Congress of Speleology 4th Speleological Congress of Latin América and Caribbean 26th Brazilian Congress of Speleology Brasília DF, 15-22 de julho de 2001.

Gochfeld M, Gochfeld DJ, Minton D, Murray Jr BG, Pyle P, Seto N, Smith D, Burger J (1999) Metals in Feathers of Bonin Petrel, Christmas Shearwater, Wedge-Tailed Shearwater, and Red-Tailed Tropicbird in the Hawaiian Islands, Northern Pacific. *Environmental Monitoring and Assessment* 59(3), 343-358.

Guil ALF, Trajano E (2013) Dinâmica populacional do bagre cego de Iporanga, *Pimelodella kronei*: 70 anos de estudo. *Revista da Biologia* 10(2): 34–39.

Guimarães V, Sígolo JB (2008) Associação de Resíduos da Metalurgia com Sedimentos em Suspensão - Rio Ribeira de Iguape. *Geol. USP Sér. Cient.*, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 1-10. Disponível em: <www.igc.usp.br/geologiausp>.

Hilbig CC, Bombardelli RA, Sanches EA, Oliveira JDSD, Baggio DM, Souza BED (2008) Efeito do chumbo sobre a fertilização artificial e incubação de ovos de jundiá cinza (*Rhamdia quelen*). v30i2. 4703. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 30(2), 217-224.

Hodgson E (Ed). (2010) *A textbook of modern toxicology*. 4th ed. p. cm. ISBN 978-0-470-46206-5 (cloth). Library of Congress Cataloging-in-Publication. 1932–RA1211.H62 2010 / 615.9—dc22. Printed in the United States of America.

Instituto Pesék-Araújo de Preservação da Natureza (2012) Lajeado/Iporanga – SP. Estudos técnicos para subsidiar a criação de unidade de conservação municipal. Caracterização dos meios bióticos-físico-socioeconômico. Relatório Preliminar, Disponível em: <www.iporanga.sp.gov.br/novo_site/arquivos/2012/boletim_mai.pdf>.

IUCN (Internacional Union For Conservation Of Nature And Natural Resources) (2011) IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <www.iucnredlist.org>.

Karmann I (1994) Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto Vale do rio Ribeira de Iguape, sudeste do estado de São Paulo. Tese de doutorado, IGc-USP. 241 pp.

Karmann I, Ferrari JA (2000) Castre e cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), sul do estado de São Paulo. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M., eds. *Sítios e Pateontológicos do Brasil*. São Paulo. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio143/sitio043.htm>>.

Karmann I, Ferrari JA (2002) Carste e cavernas do Parque estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), sul do estado de São Paulo. In: Carlos Schobbenhaus; Manfredo Winge; Mylene Berbert Born. (Org.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1ed. Brasília: DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral. v. , p. 401-413. 2002.

Karr JR, Fausch KD, Angermeier PL, Yany PR, Schlosser IJ (1986) Assessment of biological integrity in running water: a method and its rationale. Publication 5. Champaign, Illinois.

Kabata-Pendias A, Pendias H (2010) Trace Elements in soils and plants. Boca Raton, CRC, 1985. p.154-164.

Lammoglia T, Figueiredo BR, Sakuma AM, Buzzo ML, Okada IA, Kira CS (2010) Lead and other trace elements in edibles and in topsoil as a pathway for human contamination in a mining area in Brazil. *TERRÆ* 7(1-2):3-13.

Lima, FS, Nascimento, CWA, Accioly, AMA, Sousa, CS, Filho, FFC (2013) Bioconcentração de chumbo e micronutrientes em hortaliças cultivadas em solo contaminado. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 2, p. 234-241.

Lino, C.F. (1989) *Cavernas, o fascinante Brasil subterrâneo*. Editora Rios. São Paulo, SP. 279pg.

Lu, F, Li, Z (2003) A model of ecosystem health and its application. *Ecological Modelling*, 170; 55-59.

Marçal, WS, Villegas-Navarro, A, Nascimento, MRL, Guerra, AP, Fujihara, CJ, Bruschi, ABM (2003) Bovinos e equinos como bioindicadores da poluição ambiental. *Rev. Bras. Ci. Vet.* v. 10, n. 01, p. 16 – 20.

Mechi A, Sanches DL (2010) Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Estudos avançados*, v. 24, n. 68, p. 209–220.

Melcher GC (1968) *Contribuição ao conhecimento do distrito mineral do Ribeira de Iguapé, Estado de São Paulo e Paraná*. 122p. Dissertação (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Moraes RP (1997) *Transporte de chumbo e metais associados no Rio Ribeira de Iguape, São Paulo*. 94f. Dissertação de mestrado - Instituto de Geociências, Universidade estadual de Campinas, São Paulo.

Moreira FR & Moreira JC (2004) A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde. *Química Nova*. v. 27, n 02, p. 02 – 21.

Mozeto AA, Zagatto PA (2006) *Introdução de agentes químicos no ambiente. Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações*. RiMa, São Carlos, 16-37.

Odum EP (1985) Trends expected in stressed ecosystems. *BioScience*, 29; 349-352. 1985.

O Eco (2013) Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/reportagens/27801-projeto-libera-mineracao-em-parques-e-de-quebra-muda-snuc>>.

Oga S, Camargo MMA, Batistuzzo JAO (2008) *Fundamentos de Toxicologia*. 3ª ed. Atheneu Editora; São Paulo. 677p.

Oliveira JB, Camargo MN, Rossi M, Calderano Filho B (1999) *Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida*. Campinas: Instituto Agronômico/EMBRAPA Solos. v. 1. 64 p.

Pacheco-Ferreira H *Epidemiologia das substâncias químicas neurotóxicas*. Medronho 26. Disponível em:<www.nesc.ufrj.br/cursos/saudetrab/artigo%201.pdf>

Paiva HN, Carvalho JG, Siqueira JO, Fernandes AR, Miranda JRP (2003) Influência de doses crescentes de chumbo sobre o teor e o conteúdo de nutrientes e Pb em mudas de Ipê-roxo. (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). R. Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.2, p.151-158.

Paivoke AEA (2002) Soil lead alters phytase activity and mineral nutrient balance of *Pisum sativum*. Environmental Experimental Botany, v. 48, n. 1, p. 61-73.

Paoliello *et al.* (2001) Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos. Série Cadernos de Referência Ambiental. Centro de Recursos Ambientais – CRA, Salvador, BA, v.3. 144p.

Plano de Manejo do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR. 2010.

Plunkett SJ (2005) Emergency procedures for the small animal veterinarian. 2nd. Ed. Edinburgh: W.B. Saunders.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) (2010) Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/IDH/Atlas2013.aspx?indiceAccordion=1&li=li_Atlas2013>.

Pompeia SL (2002) Recuperação ambiental de área degradada por mineração de chumbo à margem do ribeirão Furnas Iporanga – SP. Plumbum Mineração e Metalurgia Ltda/Consultoria Paulistas de Estudos Ambientais. São Paulo, v. 2, p. 1 –30.

Ponçano WL, Carneiro CDR, Bistrichi CA, Almeida FFM de, Prandini FL (1981) Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Monografia 5. v. 1 e 2. Escala 1:1.000.000.

Purifica (2003) Proposta para remediação de áreas degradadas pela atividade extrativa de chumbo em Santo Amaro da Purificação, Salvador.

Rapport DJ (1989) What constitutes ecosystem health? *Perspect. Biol. Med.* 33; 120-132.

Rapport DJ, Constanza R, McMichael A (1998) Assessing ecosystem health: challenges at the interface of social, natural, and health sciences. *Trends Ecol Evol*, 13(10):397–402.

Romeiro S, Lagôa AMMA, Furlani PR, Abreu CA, Pereira BFF (2007) Absorção de chumbo e potencial de fitoremediação de *Canavalia ensiformes* L. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.2, p.327-334.

Ross P, Birnbaum L (2003) Integrated human and ecological risk assessment: A case study of persistent organic pollutant (POPs) risk to humans and wildlife. *Human and Ecol Risk Assessment* 9: 303-324.

Sadao M (2002) Intoxicação por chumbo. *Revista de Oxodologia*. p.37-42.

Sarma M, Handique GK, Handique AK (2006) Toxic heavy metal stress in paddy: metal accumulation profile and development of a novel stress protein in seed. *Indian Journal of Plant Physiology*, v. 11, n. 3, p. 227-233.

Schatz JC (2003) Caracterização morfológica de embriões de *Gallus domesticus*, expostos ao acetato de chumbo, com ênfase na sua ação em nível tecidual e celular na medula. 108p. Dissertação de mestrado. Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina.

Schifer TS, Bogusz Jr S, Montano MAE (2005) Aspectos Toxicológicos do Chumbo. Informa. v. 17, n. 5/6, p. 67 – 72.

Selye H (1956) The stress of life. New York: McGraw-Hill.

Selye H (1973) The evolution of the stress concept. American Scientist, 61: 692-699.

Siciliano S, Alves VC, Hacon S (2005) Aves e mamíferos marinhos como sentinelas ecológicas da saúde ambiental: uma revisão do conhecimento brasileiro. Cad. saúde colet., (Rio J.);13(4):927-946.

Silva JPS (2007) Impactos ambientais causados por mineração. Revista espaço da Sophia, nº 08, ano 1.

Silva CR, Mello EF, Almeida CN (2012) Proposta para avaliação de riscos geológicos à saúde ambiental em áreas de mineração. 42(2): 303-322.

Spiro TG, Stigliani WM (2009) Química Ambiental. 2. ed. São Paulo (SP): Pearson Prentice Hall.

Straalen NMV (2003) Ecotoxicology Becomes stress ecology. A merger between ecotoxicology and ecology may give rise to a new science at the crossroads of ecology, genomics, and bioinformatics. Environmental science & Technology. pag 325A.

Suter GWI (1993) A critique of ecosystem health concepts and indexes. Environmental Toxicology and Chemistry, 12; 1533-1539.

Teklic T, Hancock JT, Engler M, Paradicovic N, Cesar V, Lepedus H *et al.* (2008) Antioxidative responses in radish (*raphanus sativus* L.) plants stressed by copper and lead in nutrient solution and soil. Acta Biol Crac, 50(2), 79-86.

Tessler MG, Souza LAP (1998) Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. Rev. bras. oceanogr., 46(1):69-83.

Tessler MG (2001) Taxas de sedimentação holocênica na plataforma continental sul do estado de São Paulo. 163 f. Tese (Livre docência em Oceanografia Física)- Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

UNEP (United Nations Environment Programme) (2002) Global environment outlook 3: past, present and future perspectives. Earthscan, London, UK.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1990) Constructed wetlands treatment of municipal wastewater. Washington, EPA-625/R-99/010.

Vanz A, Mirlean N, Baisch P (2003) Avaliação de poluição do ar por chumbo particulado: Uma abordagem geoquímica. *Química Nova*. v.26, n.1, p.25-9.

Wanless S, Harris MP, Redman P, Speakman JR (2005) Low energy values of fish as a probable cause of a major seabird breeding failure in the North Sea. *Marine Ecology-Progress Series*, 294(1), 8.

World Health Organization (2005) Environmental health criteria 165: inorganic lead. Em: *IPCS (International Programme on Chemical Safety)*. Geneva: WHO.

Wickklum D, Davies RW (1995) Ecosystem health and integrity? *Canadian Journal of Botany*, 73; 997-1000.

Zar JH (1999) *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 663 pp.