

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE – UERN
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – FANAT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS NATURAIS – PPGCN
MESTRADO ACADÊMICO EM CIÊNCIAS NATURAIS – MCN



ADRIANA VALENTIM WANDERMUREM

**CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS EM ÁGUA, SEDIMENTOS
E PEIXES DO AÇUDE ANTAS, PARANÁ/RN**

MOSSORÓ - RN

2016

ADRIANA VALENTIM WANDERMUREM

**CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS EM ÁGUA, SEDIMENTOS
E PEIXES DO AÇUDE ANTAS, PARANÁ/RN**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais – PPGCN, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Naturais, área de concentração em Recursos Naturais e linha de pesquisa Diagnóstico e Conservação Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Dayseanne Araujo Falcão
(UERN).

Co-Orientadora: Prof.^a Dr.^a Suely Souza Leal de Castro
(UERN).

MOSSORÓ - RN

2016

**Ficha catalográfica gerada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas e
Diretoria de Informatização (DINF) - UERN,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

W245c Wandermurem, Adriana Valentim.

Contaminação por metais pesados em água, sedimentos e peixes do açude Antas, Paraná/RN. / Adriana Valentim Wandermurem. – Mossoró, RN, 2016.

62 p.

Orientadora: Dayseanne Araujo Falcão.

Coorientadora: Suely Souza Leal de Castro.

Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, 2016.

1. açude. 2. agrotóxicos. 3. comunidades. 4. contaminação. 5. mineração.
I. Falcão, Dayseanne Araujo, orientadora. II. Castro, Suely Sousa Leal de,
coorientadora. III. Título.

Adriana Valentim Wandermurem

**CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS EM ÁGUA, SEDIMENTOS E PEIXES
DO AÇUDE ANTAS, PARANÁ/RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais – PPGCN, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestra em Ciências Naturais, área de concentração em Recursos Naturais, sob orientação da Profa. Dra. Dayseanne Araujo Falcão.

Dissertação aprovada em: 24 de Agosto de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Dayseanne Araujo Falcão – UERN
(Orientadora)

Profa. Dra. Danielle Peretti – UERN
(Membro Interno ao Programa)

Profa. Dra. Máisa Clari Farias Barbalho de Mendonça – UERN
(Membro Externo ao Programa)

Prof. Dr. Rafael Oliveira Batista – UFERSA
(Membro Externo à Instituição)

**MOSSORÓ-RN
2016**

Às Marias de minha vida!
À minha mãe Maria Geralda (*in memoriam*) e minhas sobrinhas,
Maria Clara e Maria Eduarda, dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradecer é a fonte maior de reconhecimento para com os que fazem parte da nossa vida, meu especial agradecimento a Deus por ter me dado a vida e por me manter firme para mais esta conquista!

À Professora Dra. Dayseanne Araujo Falcão pela orientação, que oportunizou a realização deste trabalho, ensinamentos e compreensão ao longo desta jornada.

À Professora Dra. Suely Souza Leal de Castro pelo efetivo acompanhamento, gentil disponibilidade, esclarecimentos e aconselhamentos que facilitaram o desenvolvimento do trabalho.

Ao Professor Dr. Luiz Di Souza, professor desafiador e presente nas várias etapas deste trabalho.

À Professora Dra. Danielle Peretti pela gentil disponibilidade e pelos esclarecimentos que facilitaram o entendimento do trabalho.

Ao Professor Dr. Rafael Oliveira Batista pelo parecer final e contribuições ao trabalho.

A todos que compõem o Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais da UERN.

Aos grupos de pesquisa do Laboratório de Eletroquímica e Química Analítica e de Ictiologia da UERN que colaboraram para realização das análises. Em especial, Crislânia Morais, Patrícia Bezerril, Jefferson Medeiros e Matheus Costa, sempre muito gentis ao compartilhar os conhecimentos.

À técnica de laboratório do Curso de Graduação em Química da UERN, Williane Simões, pelas considerações em relação ao trabalho.

À Secretaria de Saúde da cidade de Paraná/RN, em especial, ao senhor Jorge de Lima Teodoro que contribuiu com informações preciosas para o desenvolvimento do trabalho.

Às Professoras Célia Bernardo e Cecília Menezes pelo estímulo à vida acadêmica.

À minha irmã, Viviani Valentim, pelas horas de paciência e compreensão, quanto à minha ausência.

Às amigas Helaine Mirelli e Mardja Luma, que contribuíram de forma significativa nas discussões. Bem como, Dayane Paiva e Elane Barbosa, pelos esclarecimentos. Meninas! Foi uma honra!

Ao amigo André Jailson, pela efetiva colaboração em todos os momentos deste trabalho, compartilhando ideias e sempre acreditando em mim. O mais cúmplice!

A todas as pessoas, que direta ou indiretamente, contribuíram com este trabalho.

OBRIGADA.

*"O preço de qualquer coisa é a quantidade de vida que
você troca por isso."*

Henry David Thoreau

RESUMO

Os metais pesados estão presentes em ambientes aquáticos a partir de fontes naturais ou pelas emissões antropogênicas. Pois, uma vez que os organismos vivos entram em contato com esses contaminantes, é necessário conhecer o nível de ecotoxicidade, o grau de contaminação e os efeitos patológicos desses compostos. A concentração de metais e metaloides (alumínio, antimônio, arsênio, bário, berílio, boro, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, ferro, lítio, manganês, mercúrio, níquel, prata, selênio, urânio, vanádio e zinco) foi analisada em amostras de água, de sedimentos e em tecido muscular de tilápia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) do Açude Antas, localizado na cidade de Paraná/RN. Altas concentrações de metais pesados, acima dos valores permitidos pela legislação vigente, foram observados para água (alumínio, cobre, ferro, manganês e mercúrio) e sedimentos (alumínio, ferro e manganês), e em peixes, a incidência de mercúrio e zinco. Os níveis de mercúrio estiveram bem acima dos valores permitidos pela legislação, sendo observada a maior concentração em água, e a menor em peixes. A presença de altas concentrações desses metais pesados pode, ainda, estar relacionada à geologia da região, à atividade agrícola e à intensa atividade de extração de minérios datada dos anos 80, no mesmo local onde, posteriormente, o Açude Antas foi construído nas proximidades da mina. Diante dos fatores como: matrizes contaminadas (água, sedimentos e peixes), extrativismo mineral desenvolvido na região e os efeitos danosos dos recursos naturais pelo uso de agroquímicos, é possível que haja uma relação direta entre estas atividades e a presença, o acúmulo, a bioacumulação desses contaminantes nas matrizes ambientais estudadas no município de Paraná/RN e das comunidades circunvizinhas.

Palavras-chave: açude, agrotóxicos, comunidades, contaminação, mineração.

ABSTRACT

Heavy metals are present in aquatic environments from natural sources or from anthropogenic emissions. Since the living organisms are in contact with these contaminants, it is necessary to know the level of ecotoxicity, the degree of infection and the pathological effects of these compounds. The concentration of metals and metalloids (aluminum, antimony, arsenic, barium, beryllium, boron, cadmium, lead, cobalt, copper, chromium, iron, lithium, manganese, mercury, nickel, silver, selenium, uranium, vanadium and zinc) in samples of water, sediments and muscle tissue of Tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) from Açude Antas, located in Paraná / RN, were analyzed. High concentrations of heavy metals, above the levels allowed by current legislation, were observed for water (aluminum, copper, iron, manganese and mercury) and sediments (aluminum, iron and manganese), and in fish, the incidence of mercury and zinc. Mercury levels were far above the ones allowed, with the highest concentration in water, and the lowest in fishes. As the water was the main source of heavy metal pollution of the matrices analyzed, it probably displayed an important role in the capture of metals at trophic levels. The presence of high concentrations of these heavy metals may be related to the geology of the region, agriculture and intensive mineral extraction activity dating from the 80s, the same place where later the weir Antas was built near the mine. In the face of factors such as contaminated matrices (water, sediments and fishes), mineral extraction developed in the region and the harmful effects of natural resources by the use of agrochemicals, it is possible that there is a direct relationship between these activities, accumulation, bio-accumulation of these contaminants in environmental matrices studied in the city of Paraná/RN and the surrounding communities.

Keywords: weir, pesticides, communities, contamination, mining.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Comportamento de metais no organismo: (a) essencial e (b) não essencial	21
Figura 2. Metais no organismo: bioacumulação e biomagnificação	22
Figura 3. Localização, limites e acesso ao município de Paraná/RN	33
Figura 4. Localização da área de estudo (Açude Antas, Paraná/RN) e pontos de amostragem de água e sedimentos	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Mecanismo e efeitos de alguns metais/metaloídeos na saúde humana	24
Tabela 2. Agregados minerais, metal de interesse e utilização industrial	28
Tabela 3. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de amostras de água, sedimentos e peixes no Açude Antas, Paraná/RN	37
Tabela 4. Resultados das análises de metais nas amostras de água do Açude Antas, Paraná/RN	39
Tabela 5. Resultados das análises de metais nas amostras de sedimento do Açude Antas, Paraná/RN	42
Tabela 6. Indivíduos de <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1758) capturados no Açude Antas, Paraná/RN	44
Tabela 7. Resultados das análises de metais nas amostras de <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1758) do Açude Antas, Paraná/RN	45

LISTA DE ABREVIATURAS

Ag – Prata

Al – Alumínio

As – Arsênio

AOAC – Association of Official Agricultural Chemists

B - Boro

Ba – Bário

Be – Berílio

BHE – Barreira Hematoencefálica

CAERN – Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte

Cd – Cádmio

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CID 10 – Classificação Internacional de Doenças

Co – Cobalto

Cu – Cobre

Cr – Cromo

DOE – Diário Oficial do Estado

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EROs – Espécies Reativas de Oxigênio

Fe – Ferro

Hg – Mercúrio

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

INCA – Instituto Nacional do Câncer

IQA – Índice de Qualidade da Água

Li – Lítio

LQ – Limite de Quantificação

M.A. – Massa Atômica

Mn – Manganês

MPRN – Ministério Público do Rio Grande do Norte

Ni – Níquel

NPK – Nitrogênio, Fosforo e Potássio

OD – Oxigênio Dissolvido

OMS – Organização Mundial de Saúde

R – Resultado das Análises

RN – Rio Grande do Norte

Se – Selênio

Sb – Antimônio

SNC – Sistema nervoso central

SMEWW – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

TGI – Trato Gastrintestinal

U – Urânio

USEPA – United States Environmental Protection Agency

V – Vanádio

VMP – Valor Máximo Permitido

VR – Valor de Referência

Z – Número Atômico

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 Poluição e Degradação Ambiental	18
2.2 Metais Pesados	19
2.2.1 <i>Definição Química e Ambiental para Metais Pesados</i>	19
2.2.2 <i>Essencialidade e Toxicidade de alguns Metais Pesados</i>	20
2.2.3 <i>Mecanismo e Efeitos de alguns Metais Pesados na Saúde Humana</i>	21
2.2.4 <i>Metais Pesados e Extração Mineral</i>	27
2.2.5 <i>Estado da Arte</i>	28
3 OBJETIVOS	32
3.1 Geral	32
3.2 Específicos	32
4 METODOLOGIA	33
4.1 Caracterização da Região de Coleta de Amostras	33
4.1.1 <i>Localização e Acesso</i>	33
4.1.2 <i>Aspectos Socioeconômicos</i>	34
4.1.3 <i>Aspectos Fisiográficos</i>	34
4.1.4 <i>Geologia e Hidrografia</i>	34
4.2 Reagentes e Soluções	36
4.3 Equipamentos	36
4.4 Procedimento Experimental	36
4.4.1 <i>Coleta de Amostras</i>	36
4.4.2 <i>Tratamento de Amostras</i>	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1. Análises de Água	39
5.2. Análises de Sedimentos	41
5.3. Análises de Peixes	44

6 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48
ANEXOS	56
A. Notícias sobre a instauração de inquérito cível pelo MPRN no Açude Antas, Paraná/RN	56
B. Publicação no DOE sobre inquérito cível do MPRN no Açude Antas, Paraná/RN	60
C. Imagens do entorno do Açude Antas, Paraná/RN	61

1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas têm extenuado gradualmente os recursos naturais do planeta. As inter-relações homem, recursos naturais e modelos econômicos tornaram-se ao longo das últimas décadas objeto de preocupação social e matéria de estudos científicos, por apontarem a degradação ambiental como uma resposta negativa às atividades antrópicas (SILVA, 2012). Como exemplo destas ações predatórias tem-se o estresse do sistema hídrico, que acarretam danos à biota e à saúde dos indivíduos da região, devido ao lançamento de contaminantes, como agentes patológicos, substâncias orgânicas e inorgânicas.

Dentre os poluentes inorgânicos, os metais pesados são considerados como os mais danosos para o meio ambiente, devido à sua ação toxicológica, acumulativa e de persistência aos tratamentos. Os metais pesados são elementos químicos metálicos, de peso atômico relativamente alto (elevada massa específica), que em altas concentrações são maléficos à saúde, exemplos: Al, Ag, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, U, V e Zn. Um dos principais problemas ligados à contaminação por metais está no fato desses serem bioacumulativos, ou seja, perpassam por toda a cadeia alimentar até chegar ao ser humano, concentrações elevadas desses contaminantes desencadeiam uma série de disfunções orgânicas, como a diminuição da capacidade cognitiva e doenças degenerativas, tais como: câncer, fibromialgia, fadiga crônica, envelhecimento precoce, dificuldade de aprendizagem, doença de Alzheimer, dentre outros (CHEN *et al.*, 2015; INCA, 2015). Dessa forma, é crescente o número de problemas ambientais e pessoas infectadas com doenças crônicas provenientes da exposição a este tipo de contaminante (ZHANG *et al.*, 2015).

A contaminação por metais/metaloídes é proveniente de processos litogênicos e/ou atividades antropogênicas, como o uso de pesticidas e fertilizantes em áreas agrícolas e as atividades de mineração. A exploração mineral de pedras preciosas, as quais tem como consequência a produção de rejeitos, tem introduzido metais pesados nos corpos aquáticos numa quantidade muito maior que a capacidade de depuração natural do sistema, causando grandes contaminações a todas as formas de vida. A atividade extrativista industrial (mineração) diminui significativamente a permanência dos metais nos minérios, bem como a produção de novos compostos, além de alterar a distribuição desses elementos na região. Dependendo da concentração, da forma química e do impacto ambiental causado pela presença desses elementos, todas as formas de vida são afetadas (MUNIZ e OLIVEIRA-FILHO, 2006; WANG *et al.*, 2013; BI *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2015).

Além disso, algumas áreas de mineração têm sido utilizada para a construção de reservatórios de água, inclusive para abastecimento humano, o que se constitui em risco iminente de contaminação por metais, do homem que se beneficia de suas águas e peixes (ABESSA *et al.*, 2012).

Diversos trabalhos têm reportado que atividades de mineração resultaram na contaminação de um número considerável de mananciais com metais pesados (TRINDADE, HORN, RIBEIRO, 2012; CINNIRELLA, HEDGECK, SPROVIERI, 2014; PAULA-FILHO *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2015). De acordo com Zhang (2015), a contaminação por metais, via alimentos, água e respiração, causam impactos que, na maioria das vezes, são manifestados somente após longos períodos e de várias maneiras, sendo a concentração e o nível de exposição ao contaminante de fundamental importância. Metais são essenciais para o crescimento de todos os tipos de organismos, desde as bactérias até o ser humano, mas eles são requeridos em baixas concentrações (LIMA e MERÇON, 2011); em altas, estes elementos são muito tóxicos à vida.

Problemas ambientais causados por metais pesados é uma realidade presente no Brasil. Um exemplo disto é o estudo desenvolvido por Lima *et al.* (2015), que determinaram a presença de cádmio, cobre, chumbo, cromo, zinco e mercúrio em tecido muscular de peixes e água da bacia do rio Cassiporé, estado do Amapá. O estudo mostrou que a contaminação das matrizes analisadas era reflexo da atividade garimpeira na região da bacia, ação da extração mineral do ouro, resultando na liberação de metais nos corpos hídricos. Deste modo, essas elevadas concentrações de metais pesados no ambiente e em tecido muscular dos peixes indicaram um elevado grau de contaminação na bacia do rio Cassiporé e risco à saúde do homem.

No Estado do Rio Grande do Norte, trabalhos têm reportado esta preocupação. Araújo, Santos, Araújo (2007) realizaram um estudo de monitoramento em três pontos de diferentes influências antrópicas do rio Apodi-Mossoró: Barragem do Genésio, Barragem Central, Barragem Passagem de Pedra. Foram analisados alguns parâmetros, entre estes, metais pesados (zinco, cobre, chumbo, cromo, mercúrio, cádmio), que serviram para avaliar o nível de contaminação do corpo aquático, considerando Classe III, de acordo com a legislação vigente do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2015). Os resultados mostraram elevadas concentrações do metal chumbo, além de outros parâmetros utilizados para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) para Barragem do Genésio, Barragem Central e Passagem de Pedra como ruim.

Ainda no Rio Grande do Norte, Mendes *et al.*, (2010) estudaram o acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro (*Cucumis melo L.*)

devido à utilização intensa de agroquímicos. Os estudos aconteceram em áreas da Fazenda Vila Nova, município de Baraúna, cuja produção se destina à fruticultura de exportação. Os resultados das análises mostraram (a) aumento de pH e das concentrações de NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) e diminuição da concentração de cálcio, (b) acréscimos nos teores totais de chumbo, cobre, manganês e níquel, na camada superficial em função do tempo de cultivo do solo, enquanto os teores totais de ferro e zinco foram reduzidos e (c) a disponibilidade dos metais (chumbo, cobre, manganês, níquel e zinco) foi incrementada em função do cultivo sucessivo do solo.

Mais recentemente, foi veiculado na mídia (Anexo A) que o Ministério Público do Rio Grande do Norte (MPRN) instaurou inquérito civil público para apurar a eventual presença de substâncias cancerígenas na água do Açude Antas, manancial utilizado pela CAERN para abastecimento da Comunidade Rural da Vila Caiçara e adjacências, no Município de Paraná, no interior do Rio Grande do Norte. O caso foi publicado na edição de 13 de Maio de 2015 do Diário Oficial do Estado – DOE (Anexo B).

De acordo com informações do MPRN, o inquérito baseia-se no conhecimento de que, na década de 1980 foram exploradas jazidas de esmeraldas na área em que posteriormente foi construído o Açude Antas, havendo a necessidade de avaliar se a água do manancial poderia estar contaminada com metais pesados decorrentes da exploração do minério. Por esta razão, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos envolvendo a determinação de metais nas diferentes matrizes ambientais do Açude Antas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Poluição e Degradação Ambiental

A poluição do meio ambiente resulta das atividades que direta ou indiretamente (a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, (b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas e (c) afetem desfavoravelmente a biota, conforme o artigo 3.º da Lei 6.938 (BRASIL, 2016). Para o CONAMA, considera-se degradação ambiental as alterações das propriedades físico-químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais (BRASIL, 2007, 2012). Adicionalmente, a degradação ambiental não é um processo recente, porém, nas últimas décadas tomou grandes proporções e tornou-se motivo de preocupação global, resultado da pressão exagerada na extração e utilização indiscriminada dos recursos naturais, derivando na diminuição do capital natural, na extinção da biodiversidade, em mudanças na qualidade e disponibilidade da água, na dinâmica natural do planeta e na viabilidade econômica (WANG *et al.*, 2013; BI *et al.*, 2014; FU *et al.*, 2014).

A geração de compostos contaminantes das mais variadas atividades antrópicas e o lançamento desses resíduos tóxicos ao meio ambiente, sem que haja um tratamento prévio adequado, expõe o homem a uma infinidade de substâncias deletérias e agentes patogênicos, por diversos vetores (ar, solo, alimentos e água), que comprometem sua saúde pelos efeitos cumulativos, mutagênicos, carcinogênicos ou até mesmo letais (SILVA, 2013). Deste modo, o descarte inapropriado dessas matrizes contaminantes nos ecossistemas acarreta uma sobrecarga de contaminantes acima da capacidade de autorregeneração e autorregulação do meio, causando um desequilíbrio ecológico (FONTES, 2010).

De acordo com Silva (2013), as emissões de poluentes de origem antrópicas possuem as mais variadas fontes, destacando-se:

1. Efluentes domésticos e fertilizantes: que em pequenas quantidades não causam danos, sendo eliminados naturalmente. Entretanto, quando lançados em grandes quantidades comprometem, principalmente, a quantidade de oxigênio dissolvido na água, causando queda a níveis críticos à vida aquática;

2. Chuva ácida: resultado da queima de combustíveis fósseis, libera compostos capazes de reagir com a água presente no ar para formar os ácidos nítrico e sulfúrico, capazes de degradar o solo e inibir o crescimento das plantas;

3. Carga difusa: de origem diversificada, os resíduos tóxicos ou químicos são provenientes das atividades agrícolas, urbanas, rurais, ou até mesmo industriais, lançados nos corpos aquáticos;

4. Processos industriais exotérmicos: resultados das atividades de resfriamento das caldeiras, reatores e outros, que elevam a temperatura natural dos corpos d'água, comprometendo o ciclo de vida das espécies marinha;

5. Atividades industriais diversas: as principais fontes poluidoras do meio ambiente, tanto pelo volume de lixo e efluentes produzidos, quanto pela toxicidade dos compostos na manufatura dos produtos ou rejeitos resultantes dos processos industriais, como por exemplo, atividades mineradoras.

Dentre as atividades industriais passíveis de impactar negativamente o meio ambiente, se destacam as indústrias de exploração e extração de minérios, que produzem um dos mais perigosos e indesejáveis contaminantes dos ecossistemas, os metais pesados, devido à sua ação, acumulação, persistência e toxicidade (ABESSA *et al.*, 2012; HOU *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2013; BI *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2015).

2.2 Metais Pesados

2.2.1 Definição Química e Ambiental para Metais Pesados

De acordo com JAISHANKAR *et al.* (2014), os metais são as substâncias mais abundantes da Tabela Periódica, de elevada condutividade elétrica, maleáveis e brilho característico, que voluntariamente perdem seus elétrons para formar cátions. Estes são encontrados naturalmente na crosta terrestre e suas composições variam entre as diferentes localidades, resultando em variações espaciais e concentrações pelo planeta. A distribuição dos metais na atmosfera é acompanhada pelas propriedades do metal e dado pelos vários fatores ambientais: luz, temperatura e umidade, solo, água e nutrientes (KHLIFI e HAMZA-CHAFFAI, 2010). Enquanto a definição de metal é objetiva, específica e engloba todos os elementos da Tabela Periódica com tais características, o conceito de metal pesado ainda tem causado ambiguidade no meio científico (DUFFUS, 2002; LIMA e MERÇON, 2011; SOUZA *et al.*, 2015).

Ao longo das últimas décadas, o conceito mais amplamente aceito por pesquisadores e autores é que metais pesados são aqueles metais e metaloides com elevada massa específica (acima de $5,0 \text{ g/cm}^3$), que apresentam elevada massa atômica (superior ao sódio, M.A. = 23) e número atômico (superior ao cálcio, $Z = 20$) (LIMA e MERÇON, 2011). Entretanto, observa-se a dificuldade para analisar algumas situações ao longo da Tabela Periódica. Por exemplo, o cádmio é considerado um metal pesado, com um número atômico de 48 e massa específica $8,65 \text{ g/cm}^3$, enquanto o ouro não é tóxico, mesmo que tenha número atômico de 79 e massa específica $18,88 \text{ g/cm}^3$. Porém, numa abordagem ambiental, diversos trabalhos na literatura definem metais pesados como sendo metais e metaloides que estão associados ao grau de contaminação, ao potencial de toxicidade e ecotoxicidade que estes podem causar aos ecossistemas pelo descarte inadequado, resultante das atividades antrópicas (AB RAZAK *et al.*, 2015; KHAN *et al.*, 2013; SOODAN *et al.*, 2014). Dentro desta perspectiva ambiental, os principais metais e metaloides reportados na literatura que mais agridem a saúde humana e o meio ambiente são: alumínio, antimônio, bário, cádmio, chumbo, cobre, crômio, estanho, ferro, manganês, mercúrio, níquel, prata, sódio e zinco (JAISHANKAR *et al.*, 2014).

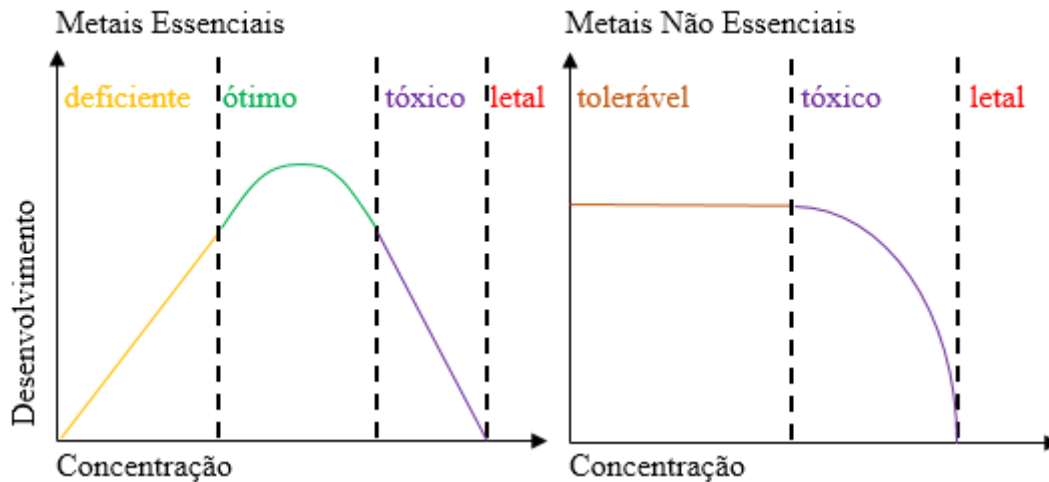
2.2.2 Essencialidade e Toxicidade de alguns Metais Pesados

Para o ser humano, existem 14 metais *essenciais* (cálcio, cobalto, cromo, cobre, estanho, ferro, potássio, magnésio, manganês, molibdênio, níquel, sódio, vanádio e zinco) que desempenham funções vitais para a realização do metabolismo dos seres vivos. A ausência desses pode causar sérios problemas de saúde como por exemplo: a anemia, por deficiência de ferro; acúmulo de ferro no fígado e baço pela insuficiência de cobre; distúrbios no metabolismo da glicose por falta de crômio; problemas de absorção e metabolismo do ferro por falta de níquel; insuficiência de cobalamina (componente da vitamina B12 usada no tratamento da anemia) por falta de cobalto; retardamento do crescimento de crianças, por falta de zinco e, ainda, má formação óssea em crianças, por falta de cálcio (LIMA e MERÇON, 2011; SEMEDO, 2014). A captação destas espécies químicas pelos organismos é um processo dinâmico e complexo.

Plantas e animais absorvem estes elementos do solo, sedimentos e água por diferentes rotas, tais como: contato com as superfícies externas, por meio da inalação de gases e partículas aéreas e principalmente pela ingestão de alimentos e água contaminada (SILVA *et al.*, 2005). Contudo, concentrações elevadas destes metais *essenciais*, bem como, de metais *não essenciais*

(por exemplo: arsênio, cádmio, mercúrio e chumbo) na cadeia alimentar, exercerão ação tóxica ou até mesmo letal aos organismos, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Comportamento de metais no organismo: (a) essencial e (b) não essencial



Fonte: Adaptado FÖRSTNER E WITTMAN, 1981; LIMA E MERÇON, 2011.

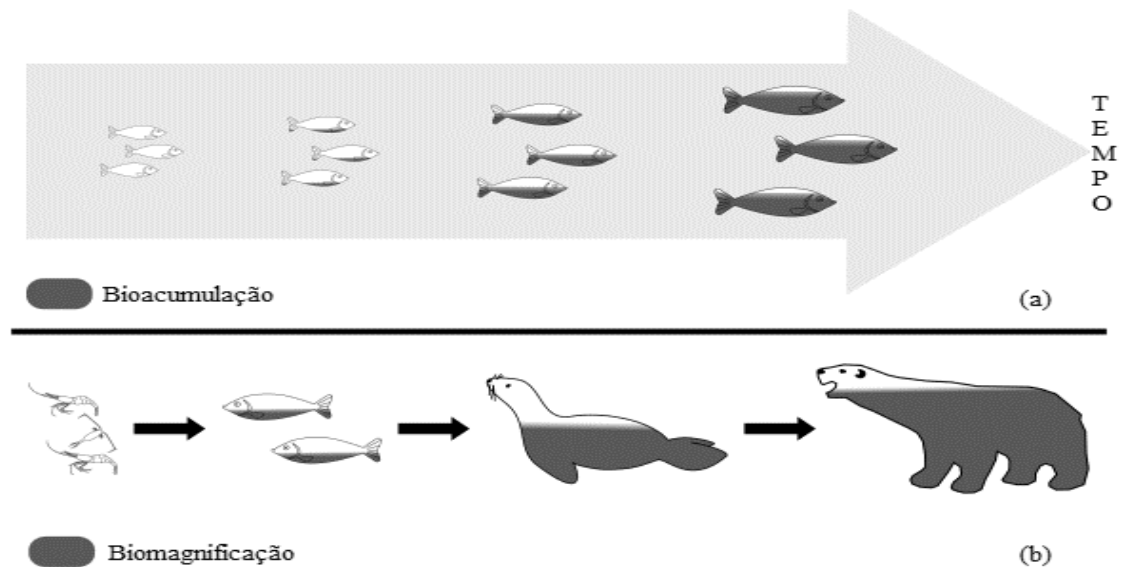
A toxicidade de um metal ou metaloide não está somente relacionada à concentração, mas também, à espécie química na qual esse elemento se encontra, pois a ação, o transporte, a biodisponibilidade, a magnificação e os efeitos ao homem e aos ecossistemas naturais estão intrinsecamente relacionados às propriedades químicas (forma oxidada) e físicas (pH, condutibilidade, temperatura, estado físico, etc.). Para ilustrar, tem-se o caso do crômio, que ocorre comumente nas formas oxidadas Cr^{2+} , Cr^{3+} e Cr^{6+} , onde o cátion Cr^{3+} é uma forma essencial para o metabolismo e a nutrição de alguns organismos, enquanto a forma catiônica Cr^{6+} é um contaminante altamente tóxico e seus compostos são carcinogênicos (LIMA e MERÇON, 2011; SEMEDO, 2014).

2.2.3 Mecanismo e Efeitos de alguns Metais Pesados na Saúde Humana

Uma das maiores preocupações no que diz respeito à contaminação dos ecossistemas está relacionada à liberação antrópica de poluentes (patogênicos, orgânicos e inorgânicos) nos diversos ambientes naturais. Restritamente às substâncias inorgânicas, nenhuma espécie química é tão potencialmente sintomática para os organismos quanto os metais pesados, devido a gama de enfermidades e letalidade que estes acarretam (FERREIRA e WERMELINGER, 2013; JAISHANKAR *et al.*, 2014; KRUPSKAYA e ZVEREVA, 2014).

Diversos trabalhos na literatura têm procurado esclarecer os mecanismos de ação dos principais contaminantes inorgânicos e os efeitos na saúde humana (MARTIN e GRISWOLD, 2009; MORAIS, GARCIA E COSTA, PEREIRA, 2012; JAISHANKAR *et al.*, 2014). Estes elementos permeiam toda a cadeia alimentar (a) pelo acúmulo de substâncias químicas tóxicas em um organismo por meio da água e dos alimentos, descrito como bioacumulação ou bioconcentração, ou (b) à medida que se avança para o topo da cadeia alimentar (diferentes níveis tróficos), as concentrações destas substâncias aumentam progressivamente, fenômeno este denominado de biomagnificação, observados na Figura 2 (LIMA e MERÇON, 2011).

Figura 2. Metais no organismo: bioacumulação e biomagnificação



Fonte: Adaptado MISA, 2016.

A bioacumulação é um dos aspectos mais proeminentes dentre as diversas formas de exposição dos ecossistemas aquáticos à presença de metais pesados, pois esses se acumulam nos organismos a partir da exposição direta ao sedimento, água ou progressivamente pela cadeia trófica (via alimentar). Tais organismos são utilizados como bioindicadores para monitorar e avaliar a qualidade dos ambientes aquáticos, pois apresentam um forte potencial para bioacumular níveis elevados de metais a partir de seu ambiente. Peixes apresentam bioacumulação de metais em seus órgãos, tornando interessante avaliação da cadeia trófica (VOIGT, SILVA, CAMPOS, 2016).

Monitorar metais pesados em sistemas aquáticos usando análises de tecidos de peixes é uma importante forma de avaliar a qualidade dos ecossistemas aquáticos e determinar o nível de contaminação presente na cadeia trófica. A contaminação da ictiofauna ocorre por cinco vias: partículas de sedimentos, partículas alimentares, brânquias, pele e água. Esses

contaminantes atingem a corrente sanguínea, onde são carregados e armazenados nos tecidos e órgãos (YI e ZANG 2012; WEBER *et al.*, 2013).

Os peixes representam uma importante fonte proteica na composição alimentar da humanidade. Estes representam uma das principais fontes de ingestão de metais para o homem via cadeia alimentar. Apesar disso, para compreender o possível risco dos metais pesados para a ictiofauna e seus consumidores em uma região é imprescindível determinar a concentração dessas espécies contaminantes nos peixes e no meio em que estes vivem (BURGER *et al.*, 2002; LIMA JR *et al.*, 2002; YI e ZANG 2012). Espécies em níveis tróficos relativamente baixos são expostos proporcionalmente a menor contaminação. Por outro lado, os peixes, na posição superior da cadeia alimentar são propensos a acumular maior quantidade de metais (WEBER *et al.*, 2013).

Apesar das vantagens associadas ao consumo de peixes, se este encontrarem-se contaminados por metais, podem, igualmente, representar riscos à saúde humana enquanto consumidores. Os danos ocasionados pelos metais pesados à saúde humana são os mais diversos. Deste modo, os metais pesados têm sido descritos como potencialmente causadores de implicações letais ou subletais em diversos componentes da biota, como: o fitoplâncton, o zooplâncton, as comunidades bentônicas, os peixes e demais vertebrados aquáticos, as aves marinhas e, finalmente, o ser humano (YI e ZANG 2012; WEBER *et al.*, 2013; LIMA *et al.*, 2015; VOIGT, SILVA, CAMPOS, 2016).

Diante do observado, uma gama de atividades corriqueiras e processos industriais envolvem etapas que irão expor o homem e o meio ambiente à presença de metais pesados. Estes estão alocados, nas suas espécies mais ameaçadoras, no ar, na água, nos alimentos que consumimos e, até mesmo, nos objetos e produtos que utilizamos diariamente. Trata-se de uma ameaça próxima e presente, que leva o ser humano a enfermidades que se agravam ao longo do tempo de exposição e, invariavelmente tem como resultado final doenças fatais (carcinomas). Assim, elaborar um plano de gerenciamento (monitoramento, diagnóstico, análise, tratamento e reciclagem) e desenvolver tecnologias, equipamentos, produtos e serviços com a finalidade de substituir e reduzir a produção dessas espécies contaminantes é essencial, pois a extração mineral ainda é o ponto de partida para o aumento das concentrações dessas substâncias nos ecossistemas. Os danos ocasionados pelos metais pesados à saúde humana são os mais diversos, o conhecimento dos principais metais/metaloides, seus mecanismos de ação e o efeitos sobre a saúde humana são descritos na Tabela 01.

Tabela 1. Mecanismo e efeitos de alguns metais/metaloídeos na saúde humana

Metais/Metalóides		
Elemento (ocorrência antropogênica)	Mecanismos de ação tóxica	Efeitos na saúde
ALUMÍNIO (<i>utensílios de cozinha em geral; embalagens e revestimentos; metalurgia 'leve' para fabricação de transportes; cabos para transmissão elétrica; compostos para o tratamento d'água; indústrias de fundição, tintas e químicas; artefatos da construção civil; medicamentos</i>).	Alumínio é encontrado no meio ambiente na forma oxidada Al^{3+} . Há diferentes rotas quanto à exposição humana: inalação, dérmica, ingestão de água, bebidas, alimentos e medicamentos contendo o metal. A toxicidade do alumínio é resultado da interação entre o metal e a membrana plasmática, apoplástica e simplástica; distúrbios associados à comunicação, crescimento e secreção celular devido à substituição do Mg^{2+} e Fe^{3+} pelo Al^{3+} ; lesões degenerativas e neurotoxicidade.	Náuseas e vômitos; inflamações na mucosa, feridas na boca e ulcerações na pele; convulsões, e encefalopatias; artrite; anemia; doença de Alzheimer e Esclerose Amiotrófica Lateral; inflamação da mucosa pulmonar (asma e broncoespasmos).
COBRE (<i>catalisadores; petroquímica; fungicidas, inseticidas e praguicidas; tintas e corantes; medalhas; esmaltes, vidros e cerâmicas; caldeiras, tubos, válvulas, cabos e conectores elétricos; indústria automobilística; instalações hidráulicas e de gás contra incêndios; ar-condicionados, condensadores e compressores; anticorrosivos; placas solares; tubulações e equipamentos; edificações e construção civil</i>).	Metal essencial como elemento-traço nos processos fisiológicos e bioquímicos. Pode ser absorvido pelo organismo por via oral, dérmica ou respiratória, concentra-se principalmente no fígado, recebido do plasma e da hemoglobina. Sua toxicidade está relacionada a altas concentrações do metal no organismo, e dá-se pelos compostos $CuCO_3$, $Cu_2(OH)_2^{2+}$, $CuOH^+$, porém o Cu^{2+} é considerada a forma mais tóxica. O excesso de cobre provoca manifestações renais, hepáticas, neurológicas, psiquiátricas, oftálmicas, hematológicas, cardiovasculares, dermatológicas, gastrointestinais, musculoesqueléticas e endócrinas. Pacientes hemodialisados, renais crônicos e com obstrução biliar são mais suscetíveis às patologias ocasionadas pelo metal.	Disfunção hepática fulminante e hepatite crônica; rigidez, tremor e convulsões; psicose, disfunção cognitiva, alterações afetivas e comportamentais; coagulopatia e hemólise; cataratas e anéis de Kayser-Fleisher; diminuição da filtração glomerular; arritmia e cardiomiopatia; osteomalácia e osteoporose; pancreatite; aborto, amenorreia e ginecomastia; hiperpigmentação.
FERRO (<i>metalurgia para fabricação de transportes; construção civil; aços variados; soldas, ligas e purificadores de minérios; componentes magnéticos; catalisadores; motores, engrenagens e válvulas; adsorventes e abrasivos; ferramentas em geral; medicamentos; corantes, tintas e pigmentos; eletrodos</i>).	Metal largamente utilizado pelo homem desde a antiguidade, aprox. 4.000 a 3.500 a.C., sua utilização pela sociedade moderna é imprescindível, representando 95% da produção mundial de metal. Biologicamente, desempenha funções metabólicas essenciais para as células vivas, como: imunidade, transporte de O_2 , produção de energia, degradação de substâncias indesejáveis, síntese do DNA. É absorvido pelo TGI por meio de alimentos ricos desse nutriente. A toxicidade é devido à sua principal propriedade biológica, a	Vômitos; diarreia sanguinolenta; doenças hepáticas (fibrogênese, cirrose, necrose hepatocelular e carcinoma); acidose; diabetes; choques; hipotensão; letargia; taquicardia; úlceras; cansaço; fraqueza; impotência; perda de peso; dores nas articulações;

<p><i>industriais; mordentes; fungicidas; ímãs; entre outras infinitudes de atividades que utilizam o metal e seus compostos).</i></p>	<p>capacidade de existir em dois estados de oxidação: ferroso (Fe^{2+}) e férrico (Fe^{3+}), o que faz com que possa participar como cofator de enzimas em reações redox, gerando a formação de radicais livres. A alta reatividade do elemento em catalisar espécies reativas de oxigênio (EROs), formando os <i>superóxidos, peróxidos e radicais hidroxilas</i>, promovem a oxidação de diversas moléculas e organelas causando danos celulares. Diversas patologias estão associadas a altas concentrações de ferro no organismo, sendo o fígado um dos órgãos mais afetados, pois as células hepáticas são principal sítio de armazenamento desse elemento, denominado ferro hepático.</p>	<p>porfiria; doença Alzheimer e Parkinson; atrofia testicular; disfunções hormonais e sistema imunológico; queda de cabelo; envelhecimento precoce; artrite; inchaço; anemia; amenorreia; câncer; falência múltipla de órgãos e morte.</p>
<p><i>MANGANÊS (pilhas; produção de aditivos da gasolina; ferro e aço; fertilizantes; ração animal; indústrias de produção de oxigênio e cloro; indústrias de tintas, cerâmicas e vidros; compostos oxidantes e sínteses orgânicas; fósforo de segurança; esmalte porcelanizado; fungicidas; eletrodos para solda; catalisadores; produtos farmacêuticos e materiais elétricos).</i></p>	<p>As principais vias de absorção de manganês é gastrointestinal (alimentos) e inalatória, por meio do fumo e poeiras de MnO_2. Concentrações elevadas de manganês também são encontradas no sangue (eritrócitos), pulmões, rins, glândulas endócrinas (tireoide, pituitária, suprarrenais), intestino delgado e testículos. Quando comparado aos demais metais, possui baixa toxicidade, sendo a espécie Mn^{3+} mais tóxica e mais lenta de eliminação que a Mn^{2+}. Concentrações elevadas de manganês têm ação mutagênica, (interferindo na replicação do DNA), teratogênica e inibidora (infertilidade). A exposição do manganês no cérebro de crianças, (devido à barreira hemato-encefálica não está completamente desenvolvida) e idosos (fragilidade das células cerebrais e perda progressiva de neurônios) é mais susceptíveis que em jovens.</p>	<p>Anorexia, cefaleia, insônia e fraqueza geral; distúrbios da fala e redução da habilidade nos movimentos finos; hipertonia muscular, astenia, parestesias, dores musculares, dermatite; alteração da fala e da libido; problemas respiratórios; queda nos níveis de cálcio, fósforo e ferro; diminuição do colesterol sérico, do metabolismo proteico, do metabolismo da glucose; pancreatite; aterosclerose.</p>
<p><i>MERCÚRIO (mineração; indústrias cerâmicas, farmacêuticas, petróleo, têxteis, cosméticos, instrumentação, soda caustica; descarga de águas residuais industriais; lixo incinerado; agricultura; pilhas, lâmpadas e baterias; entre outras atividades que contaminam o meio ambiente com Hg e seus compostos).</i></p>	<p>Principal representante dos metais pesados e extremamente tóxico sob a forma orgânica (metilmercúrio: CH_3Hg^+), sais inorgânicos (Hg^{2+}) e metálica (Hg^0), é absorvido pelo TGI, pulmão e cutânea. Mercúrio metálico é solúvel nos lipídeos, permitindo passagem pelas membranas celulares, sendo armazenado principalmente no cérebro e nos rins, com baixa taxa de eliminação. Na forma metálica atravessa a Barreira Hematoencefálica (BHE) atingindo o cérebro causando problemas neurológicos. Quando inalado na forma de vapores são absorvidos pelo alvéolos causando doenças</p>	<p>Colite; diarreia e constipação; perda de apetite/peso; náusea e vômito; depressão; ansiedade; agressividade; letargia; fadiga crônica; anemia; dor no peito; batimentos cardíacos irregulares; asma/bronquite; dores, rigidez e fraqueza muscular; tremor fino; falta de concentração; distúrbios</p>

	<p>pulmonares. No sangue e tecidos é oxidado, fixando nas proteínas (albumina) e glóbulos vermelhos, difundindo-se pelo organismo. A contaminação por sais de mercúrio ocorre por duas vias: contato com a derme (erupções cutâneas) e/ou ingestão, corroendo o TGI. A forma orgânica (metilmercúrio) é sintetizada por bactérias em ambientes aquáticos a partir do Hg^0, acumulando-se nos tecidos dos organismos marinhos, onde percorre toda a cadeia alimentar, que ao atingir o ser humano age diretamente no SNC.</p>	<p>de aprendizagem; perda de memória a curto e longo prazo, entorpecimento; fala arrastada; alergias; cegueira; anorexia; edemas; corrimento genital; cânceres e morte.</p>
<p>ZINCO (<i>liga de bronze; galvanização de estruturas de aço; aditivos de tintas e borrachas; eletrodos de pilhas; indústrias têxteis, borrachas, tintas, cerâmicas e fertilizantes; mordentes; anticorrosivos</i>).</p>	<p>Considerado o segundo elemento mineral mais importante de nossa alimentação, atua como cofator para aproximadamente 200 enzimas e proteínas, que realizam entre outras funções a síntese de DNA e RNA, previne a formação de radicais livres e inibe a oxidação celular e o desenvolvimento das células cancerígenas. Sua toxicidade dá-se pela ingestão em excesso do elemento no organismo, promovendo a formação de compostos de zinco altamente tóxicos, tais como sulfatos, cloretos e óxidos. O limite de toxicidade para este oligoelemento é de 600 mg/dia, e uma dose letal de 1000 mg. Assim, sua ingestão em excesso pode provocar intoxicação, causando serias doenças e até a morte.</p>	<p>Náuseas e vômitos; sonolência; anorexia; atraso no crescimento; letargia; paladar, olfato e visão anormais; infertilidade; aumento da suscetibilidade às infecções; deficiência imunitária e demora na cura de ferimentos; disfunção das glândulas sexuais; diarreia; câimbras; tosse seca; calafrios, arrepios e febre; gota; problemas gástricos; hipertensão.</p>

Fonte: OLIVEIRA, 2003; MOREIRA e MOREIRA, 2004; SIQUEIRA *et al.*, 2006; BARCELOS, 2008; FISBERG *et al.*, 2008; MARTIN e GRISWOLD, 2009; MORAIS, GARCIA E COSTA, PEREIRA, 2012; BORGES, 2013; RUPPENTHAL, 2013; SOUSA *et al.*, 2016; JAISHANKAR *et al.*, 2014; GUIMARÃES, 2016.

2.2.4 Metais Pesados e Extração Mineral

A extração mineral é um dos setores básicos da economia de uma região, estado ou país, desempenhando um papel importante para obtenção de qualidade de vida, produtos e serviços, equipamentos e tecnologia, conforto e comodidade para a sociedade moderna. Apesar disso, um dos maiores problemas dessa atividade extrativista está associado à quantidade de rejeitos e contaminantes químicos inseridos nos ecossistemas.

Zonas de mineração são fontes pontuais de contaminação por metais pesados, quando comparadas às atividades agrícolas e pecuárias. Porém, o aumento das concentrações destas espécies (metais pesados) por bioacumulação e biomagnificação na cadeia trófica é muito maior se comparadas às atividades agropecuárias. A contaminação dos solos cultivados, dos corpos aquáticos e dos alimentos produzidos nessas áreas, coloca em risco a população localizada nas adjacências destes empreendimentos minerários. O aumento nas concentrações de metais pesados próximas às zonas de mineração pode estar relacionado com processos químicos e biológicos que controlam a solubilidade, a disponibilidade e a mobilidade desses metais (ABESSA *et al.*, 2012; HOU *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2013; BI *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2015).

A mineração é o processo pelo qual o minério é extraído das minas de forma artesanal e simples (manual) ou modernamente mecanizado e em larga escala. Esse conjunto de operações para extração do minério é chamado lavra, e, onde está confinado é denominado de jazidas ou minas. O minério bruto, na realidade, é um agregado de minerais (vários elementos químicos) que possui em sua composição um determinado elemento químico de interesse econômico, o qual é submetido a processos metalúrgicos para purificação e utilização industrial; o beneficiamento ocorre separando o agregado mineral (bruto) em duas frações: concentrado e rejeito. Minerais presentes nas jazidas sem interesses econômicos, composicionais, ou tecnológicos, chamados de minerais de ganga, são incorporados ao rejeito para descarte. (LUZ e LINS, 2005; MUNIZ e OLIVEIRA-FILHO, 2006). A Tabela 02 mostra alguns exemplos de agregados minerais, metal de interesse e utilização industrial mais recorrente destes minerais.

Tabela 2. Agregados minerais, metal de interesse e utilização

Minerais		
Agregados minerais	Mineral de interesse	Aplicação Industrial
Al ₃ O ₃ · 2H ₂ O (bauxita)	Al	É empregado como material estrutural em construção e transporte e também em embalagem, e tem substituído o aço em algumas aplicações.
Cu (cobre nativo); Cu ₂ S (cuprita); FeO · Cu ₂ S (calcopirita)	Cu	Usado como uma medida do desenvolvimento industrial, utilizado em construções, produtos elétricos e máquinas e equipamentos.
FeS ₂ (pirita); Fe ₃ O ₄ (magnetita); Fe ₂ O ₃ (cassiterita)	Fe	Utensílios domésticos, peças de automóveis estruturas de edifícios, ferramentas, latas de alimentos e bebidas, etc.
Hg (mercúrio nativo); HgS (cinábrio)	Hg	As maiores aplicações do mercúrio são em equipamentos elétricos e em dispositivos de controle, onde a estabilidade fluidez, elevada densidade e condutividade elétrica são essenciais.
ZnS (blenda)	Zn	É usado na produção de ligas ou na galvanização de estruturas de aço.

Fonte: LUZ e LINS, 2005; SOUZA *et al.*, 2013; DANAFLOAT, 2016.

De acordo com Muniz e Oliveira-Filho (2006), os rejeitos da extração mineral possuem altas concentrações de metais, onde os reflexos dessa contaminação extravasam, frequentemente, os limites das áreas de trabalho, atingindo a topografia, a flora, a fauna, além dos sistemas hídrico e morfofisiológico do solo. Para determinar a presença desses contaminantes é necessário entender os mecanismos que controlam sua mobilidade, sua biodisponibilidade, sua ação e sua persistência no meio ambiente. Uma vez que os organismos vivos entram em contato com esses contaminantes, torna-se necessário conhecer, entre outras coisas, o nível de toxicidade, o grau de contaminação e os efeitos patológicos desses compostos, para evitar grandes desastres.

2.2.5 Estado da Arte

Na última década, intensificou-se a quantidade de estudos envolvendo a presença de metais pesados, o impacto ambiental causado pela descarga ou excesso desses contaminantes e suas implicações na fauna, flora e na saúde humana, haja visto a variedade de estudos reportados na literatura. Diversos trabalhos também têm sido destinados à apresentação do progresso na área. Trabalhos que atualizam as informações com o objetivo de oferecer uma

visão crítica do *estado da arte*, do ponto de vista de especialistas altamente qualificados e experientes (ABESSA *et al.*, 2012; HOU *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2013; BI *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2015). Uma pequena fração destes artigos científicos é citada neste trabalho pela relevância e importância para o presente estudo.

Em 2003, Pires *et al.* realizaram um estudo de caso na Barragem de Germano, localizada no município de Mariana, estado de Minas Gerais, com o intuito de avaliar o potencial poluidor dos resíduos sólidos produzidos pela empresa Samarco Mineração S.A. O trabalho procurou avaliar o impacto causado pela ação exploratória de minério e do tratamento efetuado neste material. Durante o estudo, amostras de efluentes do tratamento de minério de ferro processado no Complexo de Germano, foram coletados e submetidos a testes de classificação, de acordo com as Normas da ABNT 10004, 10005, 10006 e 10007. Os resultados dos testes de lixiviação e solubilização foram analisados em conjunto com os resultados das análises de elementos-traços (alumínio, cádmio, chumbo, cromo e manganês) presentes no resíduo, particularmente os de cromo. Os autores concluíram que o resíduo acumulado na Barragem de Germano tem capacidade de retenção de metais pesados devido a goetita presente no resíduo, diminuindo a dispersão de poluentes.

Miller *et al.* (2004) investigaram a contaminação da água, solo e vegetais por metais pesados das comunidades ribeirinhas da bacia do rio Pilcomayo, na região mineira de Cerro Rico de Potosí, sul da Bolívia. A atividade extrativista teve início em 1545 e levou à grave contaminação de águas e sedimentos do rio Pilcomayo numa extensão de 200 km a jusante das minas. Amostras de água, solos agrícolas e vegetais de quatro comunidades foram investigadas (Mondragón, Tasapampa, Tuero Chico e Sotomayor) e apresentaram níveis excedentes de cádmio, chumbo e zinco de acordo com a legislação de referência da *United States Environmental Protection Agency* (USEPA). A contaminação do solo resultou da deposição de partículas durante os eventos de inundação e a utilização de águas de irrigação contaminadas obtidas a partir do rio Pilcomayo ou uma combinação desses dois processos. As análises realizadas em alface e cenoura mostraram a presença de chumbo nas amostras, bem como de antimônio na água para beber. Ao final da investigação, foi possível concluir que a principal via de exposição à metais pesados ocorreu pela ingestão de vegetais cultivados em solo e água de irrigação contaminados.

Abessa *et al.* (2012) realizaram uma avaliação temporal da qualidade de águas e sedimentos do Rio Ribeira de Iguape (São Paulo) a partir do uso de testes de toxicidade aguda com invertebrados aquáticos. A bacia do Rio Ribeira do Iguape foi marcada por intensa atividade de mineração de chumbo, com estimativa de 5,5 toneladas/mês em materiais ricos em

arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo e zinco. O trabalho analisou a toxicidade em amostras de água e sedimentos coletados ao longo do rio em três campanhas de 2009 a 2010. Os testes de toxicidade aguda foram conduzidos com o cladóceros *Daphnia similis*, utilizando as amostras brutas de água e a exposição aos sedimentos pela interface sedimento-água, os resultados indicaram, em geral, ausência de toxicidade, tanto para sedimentos quanto para águas, com efeitos tóxicos agudos registrados apenas episodicamente (toxicidade marginal), mantiveram coerência devido às baixas concentrações de metais em águas e sedimentos indicadas na literatura, porém diferiram do monitoramento feito pela agência ambiental estadual, que tinha registrado toxicidade crônica. Essa toxicidade aguda eventual indicou, ainda, que embora a qualidade do Rio Ribeira de Iguape estivesse sendo recuperada, as condições ainda não estavam totalmente controladas.

Trindade, Horn, Ribeiro (2012) realizaram um estudo de identificação das áreas de risco de contaminação à biota, a partir das concentrações de metais pesados, nos sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora (Minas Gerais). A área de estudo foi caracterizada por atividades agrícolas e beneficiamento de minérios. Os resultados mostraram que, agroquímicos de classes I (extremamente tóxico) e II (altamente tóxicos) eram amplamente manejados nas áreas de cultivo de café e soja. O risco de contaminação ambiental por metais pesados nos sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora apresentou relação positiva e concordância entre as concentrações totais, índice de geoacumulação e as relações de risco. A partir dos resultados, observou-se que das 59 estações coletas, 6.8 % apresentam risco baixo, 79.6 % risco moderado e 13.6 % apresentam risco alto de contaminação por metais tóxicos, o grupo concluiu que, mesmo apresentando risco moderado, um plano de monitoramento contínuo para avaliação do comportamento da biota na presença desses metais é necessário.

Singh *et al.* (2014) monitoraram a presença de metais pesados no rio Yamuna (Índia). Os resultados mostraram níveis de contaminação de cobre, chumbo, níquel e cromo e seus padrões de dispersão ao longo do rio em duas espécies invasoras de peixes: *Oreochromis niloticus* e *Cyprinus carpio*. Os resultados deste estudo indicaram bioconcentração nos peixes devido às suas exposições aos metais pesados provenientes de diferentes rotas. O monitoramento ambiental regular de contaminação por metais pesados em peixes foi utilizado para avaliar a segurança do consumo de peixes contaminados através da exposição destas espécies a um ambiente degradado.

Oliveira *et al.* (2016) avaliaram o nível de metais pesados, principalmente mercúrio, na água, no sedimento de fundo e em peixes (carnívoros e onívoros) do rio Tapajós na região

localizada no município de Itaituba, no oeste do estado do Pará, a fim de verificar os possíveis impactos causados pelas atividades de extração artesanal de ouro no ambiente deste rio. Os resultados para água apresentaram concentrações acima do limite máximo do CONAMA, para cádmio, alumínio e zinco, o que atribuiu-se às características geológicas da região, assim como à incidência de efluentes contendo resíduos agrícolas ou da mineração. Os metais analisados nos sedimentos de fundo também apresentaram níveis reduzidos, com exceção do ferro, provavelmente devido à geologia da região e ao descarte de efluentes em áreas próximas do rio. Para as amostras de peixes, os maiores níveis de mercúrio foram encontrados nas espécies de hábitos carnívoros, com concentrações superior à permitida pela OMS ($0,500 \mu\text{g.L}^{-1}$), enquanto as espécies onívoras apresentaram concentrações abaixo do permitido. O grupo encerra ressaltando a importância de estudos de monitoramento em regiões de extrações minerais.

Voigt, Silva, Campos (2016) avaliaram a bioacumulação de metais pesados em espécies de *Cyprinus carpio* pela interação com sedimentos e água no reservatório de Alagados, em Ponta Grossa (Paraná). As atividades agrícola e agropecuária são as principais fontes de poluição, responsáveis pela eutrofização do reservatório. A bioacumulação de metais pesados foi determinada em guelras e fígado dos espécimes de *Cyprinus carpio* e relacionadas com as concentrações no sedimento e água do reservatório. O estudo mostrou concentrações de ferro e cádmio acima do limite máximo do CONAMA, sendo ferro o metal com maior concentração entre os demais metais. Os resultados para sedimentos mostraram as maiores concentrações para os elementos ferro e alumínio, contudo, abaixo do nível de efeitos adversos prováveis à comunidade biológica. Os metais zinco, ferro e alumínio foram os que tiveram maiores concentrações nas amostras de fígado e brânquias de *Cyprinus carpio*. O grupo conclui que o reservatório de Alagados apresenta baixa contaminação por metais em seus compartimentos ambientais, sendo a espécie *Cyprinus carpio* boa indicadora de bioacumulação de metais pela interação com sedimento e água de reservatório de abastecimento de água.

Como observado, os estudos sobre a contaminação por metais pesados em matrizes ambientais (água, solo, sedimento de fundo, animais e plantas) têm sido uma preocupação em muitas regiões brasileiras que envolvem atividades de extração e beneficiamento de minérios. Assim, este trabalho surge como um estudo pioneiro na região onde estão localizadas a cidade de Paraná/RN e as comunidades circunvizinhas de Aroeira, Carnaubinha, Sítio Pitombeiras e Caiçara, com intuito de avaliar as concentrações de metais pesados em matrizes ambientais no Açude Antas, local de exploração de jazidas de esmeraldas desde a década de 1980.

3 OBJETIVO

3.1 Geral

Determinar as concentrações de metais/metaloídes (cádmio, cobre, chumbo, cromo, mercúrio, zinco, entre outros) na água, nos sedimentos e no tecido muscular de peixes do Açude Antas, Paraná/RN.

3.2 Específicos

- Determinar as concentrações de alguns metais/metaloídes (cádmio, cobre, chumbo, cromo, mercúrio, zinco, entre outros) em amostras de água do Açude Antas;
- Determinar as concentrações de alguns metais/metaloídes (cádmio, cobre, chumbo, cromo, mercúrio, zinco, entre outros) em amostras de sedimentos do Açude Antas;
- Determinar a concentração de metais/metaloídes (cádmio, cobre, chumbo, cromo, mercúrio, níquel e zinco) em tecido muscular de peixes (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758).

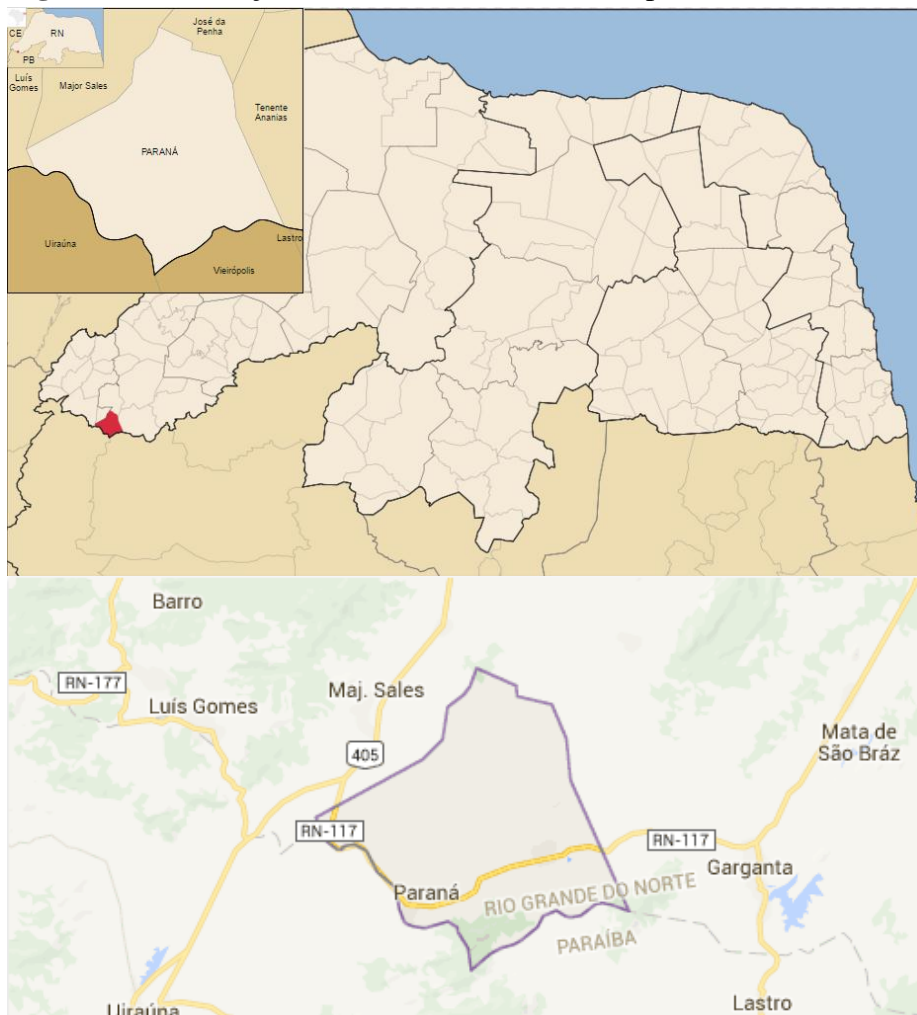
4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da Região de Coleta de Amostras

4.1.1 Localização e Acesso

Como observado na Figura 3, a cidade está localizada no Alto Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, inserida na mesorregião do Oeste Potiguar e na microrregião de Pau dos Ferros, sendo o acesso realizado pelas BR 304, BR 405 e RN 117. A sede do município tem uma altitude de 373 m e coordenadas 06°29'09,6" de latitude sul e 38°18'46,8" de longitude oeste, cerca de 431 km da capital Natal (BRASIL, 2016).

Figura 3. Localização, limites e acesso ao município de Paraná/RN



Fonte: Google Maps, 2016; WikiMedia, 2016.

4.1.2 Aspectos Socioeconômicos

De acordo com o censo de 2010 do IBGE, o município de Paraná/RN possui uma área territorial de 81.390 km² com uma densidade demográfica de 48,56 hab./km² e uma população de 3.952 habitantes, sendo 79,23% residentes na área rural e um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) baixo (0,589) (BRASIL, 2016).

Quanto às atividades econômicas, dos 43,90% da população economicamente ativa (maior/igual a 18 anos), 54,01% trabalham na agropecuária, 29,24% no setor de serviços, 9,71% no comércio, 3,29% na construção civil, 2,32% em indústrias de transformação e 1,15% na utilidade pública. Os principais recursos econômicos vêm da agricultura (algodão herbáceo, arroz, batata-doce, cana de açúcar, feijão, milho, banana, castanha de caju, coco-da-baía, manga e mandioca); pecuária (bovinos, suínos, equinos, asininos, muares, ovinos e caprinos); produção animal (pescado, leite, ovos e mel de abelha); extração vegetal (casca de angico, cera e fibra de carnaúba, castanha de caju, mangaba, oiticica e umbu) e silvicultura. No ranking de desenvolvimento, Paraná está em 122º lugar no estado (122/167 municípios) e em 4.492º lugar no Brasil (4.492/5.561 municípios) (IDEMA, 2016; BRASIL, 2016).

4.1.3 Aspectos Fisiográficos

O município de Paraná/RN possui um relevo com altitudes entre 400 a 800 metros, composto pela Depressão Sertaneja-São Francisco, que abrange uma série de terrenos baixos situados entre as partes altas do Planalto da Borborema e da Chapada do Apodi. O solo paranaense é predominantemente Bruno não Cálcico, cujas características são fertilidade média-alta (aptidão agrícola regular e restrita para pastagem natural, apta para culturas de ciclo longo como algodão arbóreo, sisal, caju e coco), textura areno-argilosa e média argilosa, pedregoso, relevo suave ondulado e de boa drenagem, onde o sistema de manejo é de médio e baixo nível tecnológico, sendo as práticas agrícolas realizadas por meio do trabalho braçal e da tração animal com implementos agrícolas simples (BRASIL, 2005; IDEMA, 2016).

4.1.4 Geologia e Hidrografia

Os aspectos geológicos e geomorfológicos inserem o município de Paraná/RN em área de abrangência das rochas Complexo Gnaíssico-Migmatítico e do Embasamento Cristalino, provenientes de idade Pré-Cambriana média e com idade variada entre um e 2,5 bilhões de

anos, predominando uma superfície plana, elaborada por processos de pediplanação. A principal ocorrência mineral na região é o feldspato, utilizado na indústria de vidro, cerâmica e esmalte, para preencher borrachas e plásticos, como fonte de potássio, em rações de aves, como extensor de tintas a óleo e emulsões, dentre outros. Jazidas de gemas são exploradas na região, sendo a esmeralda a variedade mais cobiçada e mais valiosa pedra preciosa, devido a sua beleza e cor verde, decorrente da presença de cromo, vanádio e ferro na rede cristalina. Além de rochas ornamentais, especialmente migmatitos utilizado em piso e revestimento, brita e rocha dimensionada utilizada para construção civil (IDEMA, 2016).

Quanto à hidrologia, o município de Paraná/RN encontra-se totalmente inserido na Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, inserido no Domínio Hidrogeológico Fissural, composto de rochas do embasamento cristalino que englobam o subdomínio rochas metamórficas constituído do Grupo Caicó e Complexo Jaguaretama e o subdomínio rochas ígneas da Suíte calcialcalina Itaporanga. As águas subterrâneas englobam os aquíferos Cristalino (onde os poços perfurados apresentam uma vazão média-baixa de 3,05 m³/h e uma profundidade de até 60 metros, com água comumente apresentando alto teor salino de 480 a 1.400 mg L⁻¹ com restrições para consumo humano e uso agrícola) e Aluvião (os depósitos caracterizam-se pela alta permeabilidade, boas condições de realimentação e uma profundidade média em torno de sete metros, de qualidade da água geralmente boa e pouco explorada). Os recursos hídricos superficiais advém principalmente dos riachos Caiçara e da Aroeira, e os açudes Pitombeira (4.000.000 m³) e Antas (2.334.180 m³), sendo este último de grande importância socioeconômica para a região (BRASIL, 2005; IDEMA, 2016).

Construído em 1985, o Açude Antas atende, em média, a três mil habitantes das comunidades de Carnaubinha do Rocha, Caiçara, Sítio Pitombeira e Aroeira. Dotado de sangradouro, o açude desagua na Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, no município de José da Penha. Suas águas são utilizadas para consumo humano (banho, beber e cozinhar) e animal (dessedentação), turismo e lazer, agropecuária (irrigação) e pesca. Intensas atividades extrativistas (geração e descarte de resíduos minerais) realizadas na região podem estar influenciando diretamente na contaminação dos recursos hídricos e na incidência de diversas patologias.

4.2 Reagentes e Soluções

Todas as análises foram realizadas utilizando-se reagentes e soluções de grau de pureza analítica: peróxido de hidrogênio (H_2O_2); ácido nítrico (HNO_3); solução padrão estoque de metais de 1.000 ou 100 mg L^{-1} ; solução padrão de sódio de 0,50; 1,00; 2,50; 5,00 e 10,00 mg L^{-1} ; solução padrão de potássio de 1,00; 2,00; 5,00; 10,00 e 20,00 mgL^{-1} ; solução padrão para os demais metais de 0,05; 0,10; 0,50; 1,00 e 2,00 mg L^{-1} ; solução de ácido nítrico 2 % (v/v); solução padrão de manganês 1,00 mg L^{-1} e água deionizada. Para a curva de calibração dos metais (multielementar), para todas as matrizes, os reagentes foram SPEX. A mesma marca foi utilizada como padrão de verificação. Para as extrações foram utilizados reagentes da Sigma, Merck, Aldrich.

4.3 Equipamentos

Para as análises foram utilizados: espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado, Optima 8000, da Perkin Elmer; cilindro de Nitrogênio 99,999%; cilindro de Argônio 99,999%; compressor de ar; bloco digestor; estabilizador; aparato para filtração com disco de filtro de membrana 0,45 μm ; bomba à vácuo; secador de ar; filtro de membrana (de nitrato, acetato ou mistura de ésteres de celulose) de 0,45 μm ; papel de filtro qualitativo; tubos de digestão; balança analítica.

4.4 Procedimento Experimental

4.4.1 Coleta de Amostras

As amostras de água, sedimentos e peixes foram coletadas no dia 13 de agosto de 2015. Foram selecionados 4 pontos de coleta de forma a obter uma representatividade do manancial como um todo, tendo como referência o local de captação de água pela CAERN para abastecimento das comunidades de Aroeira, Carnaubinha, Sítio Pitombeiras e Caiçara (Ponto 01), a proximidades com culturas irrigadas e pesca (Ponto 02 e 03) e o sangradouro (Ponto 04). Os procedimentos de coleta, preservação e acondicionamento foram realizados segundo metodologias padrão (APHA, 2005; CETESB, 2011).

As amostras de água foram coletadas a uma profundidade de aproximadamente 30 cm da superfície; em relação aos sedimentos, para cada estação foram coletadas 3 parcelas de

amostras superficiais (máximo de 5 cm de profundidade) de aproximadamente 300 g cada, as quais foram recompostas em uma única amostra e acondicionadas, *in loco*, em frascos de polietileno devidamente limpos e identificados.

Os peixes foram capturados na região pesqueira do açude, localizada entre os pontos P1 e P2, por moradores da comunidade local utilizando-se redes de espera no período crepuscular. Após refrigeradas em caixas de isopor com gelo, as amostras foram transferidas para o Laboratório de Ictiologia da UERN, onde foram devidamente armazenadas.

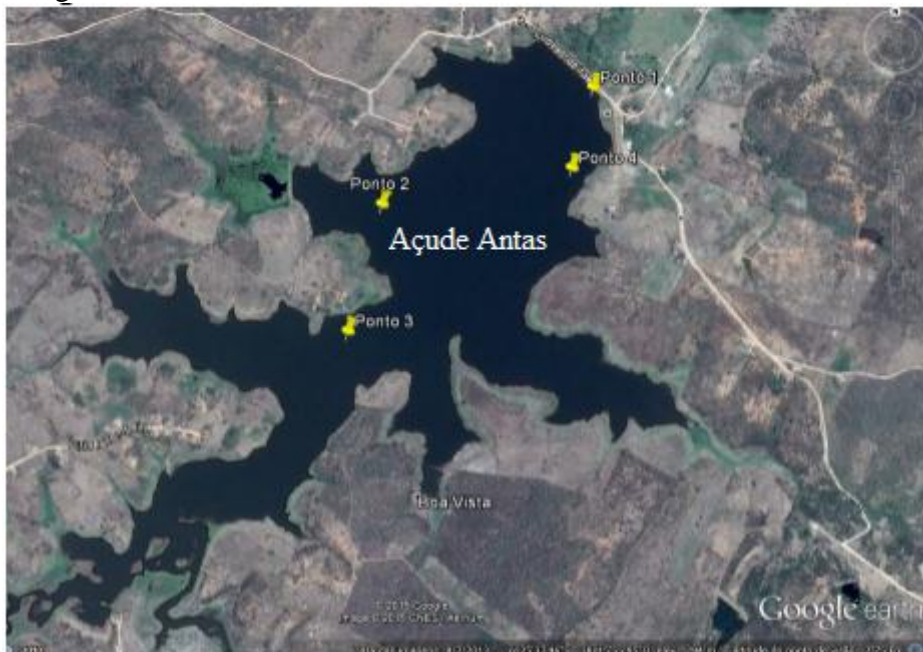
As coordenadas geográficas dos pontos de coleta foram obtidas com o auxílio de um GPS (Sistema de Posicionamento Geográfico) e encontram-se descritas na Tabela 03 e representadas no mapa de localização dos pontos (Figura 4).

Tabela 3. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de amostras de água, sedimentos e peixes no Açude Antas, Paraná/RN

Coordenadas		
Pontos	S	W
P1 – captação de água de abastecimento da CAERN	6°25'24.36"	38°15'44.99"
P2 – culturas irrigadas e pesca	6°25'34.41"	38°16'03.35"
P3 – culturas irrigadas e pesca	6°25'46.30"	38°16'06.37"
P4 – proximidades do sangradouro	6°25'31.64"	38°15'46.62"

Fonte: o autor (2016).

Figura 4. Localização da área de estudo (Açude Antas, Paraná/RN) e pontos de amostragem de água e sedimentos



Fonte: Google Earth, 2013.

4.4.2 Tratamento das Amostras

Uma vez no Laboratório de Eletroquímica e Química Analítica (LEQA) da UERN, as amostras de água foram preservadas com HNO₃ (pH 2). As amostras de sedimentos foram secos à temperatura ambiente, triturados, homogeneizadas e peneiradas em malha, de nylon sendo novamente estocados em frascos de polietileno. Posteriormente, foram transportados para o Laboratório Venturo Análises Ambientais (Araraquara/SP) até as análises para metais pesados, utilizando metodologia-padrão: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW 22 Method 3030 E).

Os peixes foram imediatamente refrigerados após a captura, e transportados para o Laboratório de Ictiologia da UERN, onde os espécimes foram identificados, medidos e pesados. Foram obtidos o comprimento padrão, em centímetros, com o auxílio de um ictiômetro, e o peso, em gramas, com o uso de balança semi-analítica. De cada exemplar foi retirado um fragmento do tecido muscular dorso lateral de 5 g, tendo atenção à limpeza e uniformidade dos fragmentos. O tamanho do fragmento retirado era proporcional ao tamanho do indivíduo, porém sendo respeitados os limites de peso conforme a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1976). Cada fragmento retirado foi acondicionado individualmente em sacos plásticos e devidamente etiquetados, discriminando o local de coleta (Açude Antas, Paraná/RN) e do espécime capturado (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758). As amostras foram armazenadas em freezer à temperatura de - 20 °C. Posteriormente, foram transportados para o Laboratório Venturo Análises Ambientais (Araraquara/SP) em caixa térmica (armazenados à temperatura de - 15 °C), até as análises para metais pesados, utilizando as metodologias-padrão: United States Environmental Protection Agency (USEPA Method 6010 C) e Association of Official Agricultural Chemists (AOAC Method 999.10).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises de Água

Considerando que o Açude Antas, Paraná/RN, é um recurso hídrico utilizado para captação de água para o abastecimento humano, os resultados das análises de metais na água foram comparados com a Resolução do CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, tendo como critério, os níveis de qualidade que as águas Classe II (Águas Doces) devem possuir para atender às determinadas especificidades (no caso, consumo humano). A Tabela 04 mostra as concentrações de metais e metaloides nas amostras de água do Açude Antas.

Tabela 4. Resultados das análises de metais nas amostras de água do Açude Antas, Paraná/RN

Parâmetros (metais / metaloides)	Resultados (em mg L ⁻¹)				■LQ	*VMP
	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04		
Alumínio dissolvido	0,364	0,951	0,354	0,332	0,029	0,1
Antimônio	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,004	0,005
Arsênio	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,008	0,01
Bário	0,110	0,152	0,117	0,110	0,08	0,7
Berílio	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,008	0,04
Boro	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	0,016	0,5
Cádmio	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001
Chumbo	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,008	0,01
Cobalto	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,008	0,05
Cobre dissolvido	0,020	0,022	0,018	0,017	0,009	0,009
Cromo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	0,05
Ferro dissolvido	0,614	2,326	0,738	0,656	0,008	0,3
Lítio	< 0,042	< 0,042	< 0,042	< 0,042	0,042	2,5
Manganês	0,128	0,258	0,167	0,136	0,110	0,1
Níquel	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,008	0,025
 Mercúrio	7,8774x10⁻⁴	1,2630x10⁻³	3,1410x10⁻⁵	3,9157x10⁻⁴	1,94x10⁻⁶	2x10⁻⁴
Prata total	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	0,01
Selênio	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,009	0,01
Urânio	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,008	0,02
Vanádio	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	0,1
Zinco	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,039	0,18

Legenda: ■Limite de quantificação do método (LQ); *Valor máximo permitido pela Resolução do CONAMA, n.º 357/2005 para a potabilidade da água Classe II (Águas Doces).

Fonte: BRASIL, 2012.

Os resultados mostraram que a água do Açude Antas, Paraná/RN, não atende à Resolução n.º 357/2005 do CONAMA para os metais alumínio, cobre, ferro, manganês e mercúrio, em todos os pontos amostrados, uma vez que seus valores encontram-se acima do valor máximo permitido (VMP) pela respectiva resolução. Nos pontos 01, 03 e 04, as concentrações de alumínio foram três vezes superiores à permitida, enquanto no ponto 02, esse valor foi dez vezes maior. Para o elemento ferro, nos pontos 01, 03 e 04, os resultados foram duas vezes maiores, enquanto no ponto 02, oito vezes. Os valores encontrados no ponto 02 para os metais bário, manganês e mercúrio também foram maiores quando comparados com os demais pontos.

Embora os parâmetros alumínio e ferro possam estar relacionados à geologia da região, situada em área de rochas do Embasamento Cristalino (onde o alumínio ocorre em minérios de feldspatos aluminossilicatados) e solo do tipo Não Cálculo (onde o ferro ocorre em argilas), o que pode justificar os teores elevados desses dois elementos, estudos têm mostrado que a prática agrícola, bem como, o carreamento de rejeitos de atividades mineradoras, também influenciam na contaminação de mananciais (MENEZES et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2015).

A utilização contínua de herbicidas na prática agrícola (como o glifosato 480 Agripec, usado em culturas de soja e milho, culturas cultivadas às margens do Açude Antas) contendo quantidades-traço de metais atingem os ambientes aquáticos via ciclo hidrológico. O glifosato apresenta alta capacidade de adsorção no solo, os mecanismos mais comuns são a troca de ligantes com os óxidos de ferro e alumínio e as pontes de hidrogênio formadas entre o glifosato e as substâncias húmicas presentes no solo, onde pode permanecer como resíduo ou ser carregado para os corpos aquáticos (YAMADA e CASTRO, 2007; MORAES e ROSSI, 2010).

Dentre as muitas fontes de manganês, encontram-se os resíduos de fertilizantes, fungicidas e herbicidas utilizados em atividades agrícolas. Normalmente, as concentrações desse elemento não ultrapassam $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ em águas superficiais. Dentre os pontos amostrados, apenas o ponto 02 apresentou valor acima do limite. Dessa forma, pode-se relacionar a agricultura às elevadas concentrações desse elemento na água da área de estudo (MENEZES et al., 2009).

Adicionalmente, as atividades mineradoras presentes na região (exploração de rochas e pedras preciosas) é outro fator que pode contribuir para o aumento da concentração de metais no local, devido: ao uso de maquinários e explosivos para a abertura de galerias; à produção de rejeitos minerais; à presença de insumos no ambiente, e, à alteração da qualidade ambiental do ecossistema (NASCIMENTO, 2009).

Em regiões onde há exploração de esmeraldas, a contaminação por metais pode ser relacionada ao processo de lavagem e beneficiamento das pedras preciosas, pois essa atividade produz efluentes que são descarregados nos corpos aquáticos, causando danos ao ecossistema (NASCIMENTO, 2009).

Em todos os pontos amostrados, a concentração de cobre foi o dobro da permitida pela legislação do CONAMA, média de $0,19 \text{ mg kg}^{-1}$. Concentrações dessa natureza na água, diminuem a eficácia de herbicidas. A toxicidade deste elemento é dada pela presença de íons Cu^{2+} (forma mais tóxica) e pela precipitação de compostos de cobre CuCO_3 , $\text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+}$, CuOH^+ , em meio alcalino, condição observada na água do açude, $\text{pH} \approx 9,3$. Desse modo, tem-se um aumento na quantidade do herbicida aplicado nas plantações, contribuindo para o uso excedente do produto no ambiente, acarretando sérios problemas à saúde humana e ao ecossistema (SERRA *et al.*, 2011).

Os resultados para mercúrio mostraram elevadas concentrações nos pontos 01, 02 e 04, cerca de quatro, seis e duas vezes superiores, respectivamente, à concentração permitida pela legislação. Enquanto que, no ponto 03 mostrou a presença do elemento abaixo do limite padrão, a maior concentração de mercúrio no ponto 02 pode estar relacionada à proximidade do açude em relação à mineradora, local de exploração de jazidas de esmeraldas há décadas (BRASIL, 2015). Os rejeitos minerais podem sofrer carreamento para o açude próximo ao ponto 02 (aprox. 200 m), difundindo-se para os demais pontos do açude. Do mesmo modo em que, as escavações feitas durante à extração mineral abrem valas que acumulam águas pluviais e transbordam em direção ao açude (Anexo C).

Enfim, os níveis elevados dos metais alumínio, cobre, ferro, manganês e mercúrio podem ser atribuídos principalmente às intensas atividades antrópicas relacionadas à agricultura e à exploração mineral da região. A utilização da água para consumo, trabalho, lazer, irrigação ou quaisquer outras finalidades, contendo concentrações elevadas desses elementos, pode expor as comunidades ribeirinhas a sérios problemas de saúde (ver Tabela 01).

5.2 Análises de Sedimentos

Os sedimentos podem representar uma importante fonte de contaminantes devido ao fluxo difusivo dos metais dentro da coluna de água. É também um depósito de contaminantes por longo espaço de tempo (WEBER *et al.*, 2013). Considerando a importância do sedimento como indicador de impacto ambiental dos recursos hídricos, as análises de metais também foram realizadas nas amostras de sedimentos. Como no Brasil ainda não existem critérios

definidos por lei para a avaliação da qualidade de sedimentos, os resultados das análises (Tabela 05) foram comparados com os valores de referência (VR) da Resolução CONAMA n.º 454, de 1º de novembro de 2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional, e que contempla a concentração de alguns metais acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota. A maioria dos elementos não tem parâmetros de referência para comparação, sendo apreciado também neste estudo os valores de elementos considerados em concentrações elevadas (SOUZA *et al.*, 2014).

Tabela 5. Resultados das análises de metais nas amostras de sedimento do Açude Antas, Paraná/RN

Parâmetros (metais/metaloides)	Resultados (em mg kg ⁻¹)				*LQ	*VR
	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04		
<i>Alumínio dissolvido</i>	5.341,60	31.915,18	2.898,38	7.863,17	0,29	-
Antimônio	< 0,04	0,42	< 0,04	< 0,04	0,04	-
Arsênio	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,08	17
Bário	61,05	345,53	108,38	139,68	0,08	-
Berílio	0,54	1,22	< 0,08	< 0,08	0,08	-
Boro	< 0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16	0,16	-
Cádmio	< 0,05	0,27	< 0,05	0,069	0,05	3,5
Chumbo	6,11	10,70	1,49	2,96	0,08	91,3
Cobalto	2,58	8,13	0,73	2,17	0,08	-
Cobre dissolvido	0,55	11,18	< 0,18	0,51	0,18	197
Cromo	7,31	21,95	4,56	6,33	0,10	90
<i>Ferro dissolvido</i>	8.386,56	41.066,93	5.147,95	12.599,73	0,08	-
Lítio	14,44	221,94	3,19	15,99	0,42	-
<i>Manganês</i>	138,19	884,67	88,74	294,81	0,11	-
Níquel	1,91	8,64	1,38	1,97	0,08	35,9
Mercúrio	0,040	0,064	0,042	0,027	2x10 ⁻⁶	0,486
Prata total	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	-
Selênio	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	0,09	-
Urânio	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,08	-
Vanádio	12,51	78,95	5,56	11,67	0,10	-
Zinco	9,60	86,94	4,98	10,02	0,39	315

Legenda: *Limite de quantificação do método (LQ); *Valor de referência para caracterização química de material dragado, que determina as concentrações das substâncias poluentes contidas na fração total da amostra, Resolução do CONAMA, n.º 454/2012.

Fonte: BRASIL 2012.

As elevadas concentrações de ferro e alumínio podem derivar de diversas origens: elementos abundantes na formação geológica na área da pesquisa, uso de agrotóxicos pela prática agrícola, criação de animais e pelo carreamento de rejeitos de atividades mineradoras presentes na região (MENEZES *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2015). Feldspatos e argilas constituem a geologia da região, onde o alumínio na forma de aluminossilicatos é o elementos essencial destes minerais. A retenção de metais por complexação em hidróxidos de ferro, alumínio e manganês, presentes nos sedimentos na área estudada, pode ter ocorrido, o que explicaria as elevadas concentração de elementos como cromo, cobre, chumbo, níquel e zinco nos sedimentos quando comparadas as amostras em água (SOUZA *et al.*, 2014).

Concentrações mínimas de elementos-traço foram determinadas em todos os pontos de coleta. Assim como, as concentrações de mercúrio para todos os pontos, também estiveram abaixo do VR estabelecido pela legislação vigente, estes valores podem ser indicativos que este elementos pode estar presente em outras matrizes (água, plantas e animais), e pouco retido nos sedimentos.

Algumas características do sedimento e da água podem afetar a biodisponibilidade dos metais para a vida aquática como, por exemplo, no sedimento as concentrações de ferro, manganês, óxidos de alumínio e matéria orgânica; e na água o pH, o potencial redox, a capacidade de troca catiônica, dentre outros (MOZZETO *et al.*, 2006; VOIGT, SILVA, CAMPOS, 2016). Em todos os pontos de coleta, o pH da água apresentou-se alcalino (média de 9,3), o que pode levar à precipitação de vários metais como hidróxidos e/ou carbonatos, depositando-os nos sedimentos e reduzindo a sua concentração na água, mas que podem ser redissolvidos e biodisponibilizados para a vida aquática dependendo da variação das condições ambientais do ecossistema (VOIGT, SILVA, CAMPOS, 2016).

As concentrações de metais em sedimentos é influenciada por diversos fatores, tais como: a velocidade de deposição dos metais, a velocidade de sedimentação das partículas, a natureza e o tamanho das partículas, além da presença ou ausência de matéria orgânica e espécies complexantes (VOIGT, SILVA, CAMPOS, 2016).

Já a biodisponibilidade dos metais em sedimentos é influenciada por fatores: (a) físicos, desprendimento pela correnteza; (b) biológicos, ação dos organismos; (c) humana, navegação e dragagem, e (d) químicos, reações redox pela interação ligante/suporte, onde os principais suportes geoquímicos são: óxidos metálicos (ferro, manganês, etc.), matéria orgânica (ácidos húmicos) e sulfetos metálicos (VOIGT, SILVA, CAMPOS, 2016). Assim, é possível observar, em geral, que a concentração dos metais biodisponíveis em sedimentos pode afetar diretamente os organismos dos corpos aquáticos.

5.3 Análises de Peixes

Oreochromis niloticus (Linnaeus 1758), conhecido como tilápia, é uma espécie oriunda da África, presente no Açude Antas, Paraná/RN, que pode ser usada como bioindicadora de poluição ambiental, bem como da presença de metais pesados. Diversos trabalhos na literatura têm utilizado amostras de tecidos e órgãos de metabolismo e excreção de xenobióticos desses espécimes (carcaça, músculos, fígado, rim e brânquias) como biomarcadores para o monitoramento de contaminantes (nutrientes contendo nitrogênio, fósforo e potássio; inseticidas; herbicidas; pesticidas; organoclorados; hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e metais pesados) em ambientes aquáticos (LINS *et al.*, 2010; MORAES, 2011; CÁCEREZ-VELEZ, TELLO, TORRES, 2012; CARRETERO, 2012; DOURADO, 2013; VIRGENS, CASTRO, CRUZ, 2015).

A utilização da tilápia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) para o estudo está ligada à presença desse espécime na dieta alimentar da população da área de estudo e por às suas características. Conforme relatado na literatura, a tilápia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) é uma espécie cosmopolita, rústica, precoce e detritívora, que inclui na sua dieta, fragmentos vegetais, algas, detritos, peixes, insetos aquáticos, macroinvertebrados e microcrustáceos (ZAGANINI, 2009; CARRETERO, 2012; ISEKI *et al.*, 2012). A espécie é predominantemente herbívoro-omnívora e de baixa seletividade alimentar, demonstrando preferência por fitoplâncton, perifiton e detritos de origem vegetal. Na fase larval alimenta-se de zooplâncton (crustáceos), e nas fases juvenil e adulta adquirem hábitos fitófagos, preferencialmente plantas aquáticas, fitoplâncton e sedimentos de fundo de origem vegetal (CARRETERO, 2012). A Tabela 06 apresenta as características dos indivíduos capturados no Açude Antas. Os espécimes encontram-se em período de maturação sexual, onde estudos têm demonstrado que indivíduos nesta idade são mais susceptíveis à contaminação por mercúrio devido aos seus hábitos alimentares (CARRETERO, 2012).

Tabela 6. Indivíduos de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) capturados no Açude Antas, Paraná/RN

Parâmetros	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Amostra 04	Unidades
*Wt ¹	94,0	120,0	114,0	84,0	g
°Lt ¹	18,0	20,7	19,5	19,9	cm
■Ls ¹	14,0	16,3	15,8	14,6	cm
°I ²	18	19	22	20	semanas

Legenda: *Wt: peso; °Lt: comprimento total; ■Ls: comprimento padrão e °I: idade estimada.

Fonte: ¹o autor, 2016; ²CARRETERO, 2012.

A Tabela 07 apresenta os resultados das análises de metais no indivíduos de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) capturados no Açude Antas Paraná/RN. Dentre os metais analisados foi possível constatar a presença de mercúrio e zinco, acima do limite máximo permitido, nos espécimes amostrados do açude.

Tabela 7. Resultados das análises de metais nas amostras de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) do Açude Antas, Paraná/RN

<i>Oreochromis niloticus</i>						
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Amostra 04		
Parâmetros	Resultados (em mg kg ⁻¹)				■LQ	*VMP
Cádmio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	0,05
Chumbo	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	0,30	0,30
Cobre	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	0,9	30
Crômio	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1
Mercúrio	0,0847	0,0146	0,0148	0,0159	0,5	0,5
Níquel	< 1,2	< 1,2	< 1,2	< 1,2	5,0	5
Zinco	35,9	95,9	23,2	17,9	50	50

Legenda: ■Limite de quantificação do método (LQ); *Valor máximo permitido pela ANVISA, Lei n.º 55.871, de 26 de maio de 1965, complementadas pelas Portaria n.º 685 de 27 de agosto de 1998 e Resolução n.º 42 de 29 de agosto de 2013.

Fonte: BRASIL, 2013.

Ainda que o zinco seja um micronutriente essencial à dieta de plantas e animais, quando acima das concentrações desejáveis, torna-se prejudicial ao organismo. Em peixes, os efeitos cumulativos desse metal ocasionam problemas de ordem morfológica e fisiológica: retardo na maturação sexual, subdesenvolvimento, desequilíbrio ácido-base, hiperplasia, fusão lamelar, destruição do epitélio, produção excessiva de muco, além de efeitos imunotóxicos (LINS *et al.*, 2010; LÂBERRE *et al.*, 2012). Os resultados da Tabela 07 mostraram concentrações elevadas desse metal (acima do VMP). Em se tratando de indivíduos ainda pequenos, é possível que estas concentrações viessem a aumentar mais ainda com o aumento do tamanho, o que poderia ocasionar sérios danos aos espécimes, assim como toda a cadeia trófica (WEBER *et al.*, 2013).

O mercúrio é outro metal pesado, o mais nocivo e o principal alvo de diversos estudos principalmente em regiões de exploração mineral. Possui características cumulativas e pode atingir concentrações elevadas, causando diversos danos ao meio ambiente. Sua ação tóxica em peixes é dada pela alta biodisponibilidade desse metal no sistema aquático, ocasionando desde a diminuição das defesas imunológicas, baixa fertilidade e redução da taxa de crescimento, até

patologias que podem levar estes organismos à morte (LIMA *et al.*, 2015; SILVA e ESTANISLAU, 2015). Observando-se os resultados para mercúrio na Tabela 07, verifica-se a incidência deste metal nas amostras de peixes, embora as concentrações deste metal estejam abaixo do VMP. O consumo desses espécimes pode acarretar danos à saúde da população, haja vista o grau de contaminação e os malefícios que podem ocasionar a longo prazo (WEBER *et al.*, 2013; LIMA *et al.*, 2015).

A presença do herbicida (glifosato) utilizado nas culturas de soja e milho às margens do Açude Antas, Paraná/RN, também é uma preocupação para a vida aquática na área de estudo, uma vez que, a presença deste herbicida pode causar toxicidade aguda na espécie, como sensibilidade à exposição do glifosato, envenenamento, natação errática, letargia, mudança de coloração, excesso de muco, vulnerabilidade às doenças e aos predadores, danos histopatológicos às guelras, aos rins, ao cérebro e ao fígado (AYOOLA, 2008; MOURA, 2009; VIRGENS, CASTRO, CRUZ, 2015).

No Açude Antas, Paraná/RN, não há a prática da aquicultura (tratamento do ambiente para a piscicultura), assim, os peixes alimentam-se da fauna e flora aquática do ambiente. Embora a tilápia seja uma fonte proteica, o consumo desses exemplares pelas populações ribeirinhas, nas adjacências do Açude Antas, Paraná/RN, é ainda mais agravada não somente pelo fato desses metais bioacumularem-se até o topo da cadeia trófica chegando por fim ao homem, mas também, devido aos efeitos deletérios nos animais não se manifestarem rapidamente, havendo assim a possibilidade do pescado chegar à mesa para consumo antes que esses exemplares atinjam concentrações letais (WEBER *et al.*, 2013).

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados das análises de água, sedimentos e tecidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758), foi possível constatar a presença de concentrações de metais pesados acima dos valores permitidos pela legislação brasileira vigente no Açude Antas, Paraná/RN, indicando que o ecossistema aquático encontra-se poluído.

Para as amostras de água, os resultados mostraram que a água do Açude Antas, Paraná/RN, não atende à Resolução n.º 357/2005 do CONAMA para os metais alumínio, cobre, ferro, manganês e mercúrio, com destaque para o Ponto 02, região de concentração das culturas irrigadas (soja e milho), utilização de defensivos agrícolas e pelo carreamento de rejeitos de atividades mineradoras presentes na região.

Conforme a Resolução do CONAMA n.º 454/2012, os metais alumínio, ferro e manganês mostraram concentrações acima dos limites referência para sedimentos de fundo. Novamente foi observado elevadas concentrações no ponto 02. Além de todas as características já observadas para água, inclui-se aqui as propriedades geológicas do solo da região.

O estudo em tecidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) do açude revelou a presença de mercúrio e zinco, sendo este último, acima do limite máximo permitido pela ANVISA, Resolução n.º 42/2013, nos espécimes de todos os pontos de coleta.

Assim, o trabalho realizado no Açude Antas, Paraná/RN, apresentou contaminação por metais pesados em seus compartimentos ambientais. Este é um trabalho pioneiro na região do açude, que desperta a necessidade de manter o monitoramento contínuo da qualidade ambiental.

REFERÊNCIAS

- AB RAZAK, N. H.; PRAVEENA, S. M.; ARIS, A. Z.; HASHIM, Z.. Drinking water studies: A review on heavy metal, application of biomarker and health risk assessment (a special focus in Malaysia). **Journal of Epidemiology and Global Health**, v. 05, n. 04, p. 297–310, 2015.
- ABESSA, D. M. S.; MORAIS, L. G.; PERINA, F. C., DAVANSO, M. B.; BURUAEM, L. C.; MARTINS, L. M. P.; SÍGOLO, J. B.; RODRIGUES, V. G. S.. Toxicidade de águas e sedimentos em um rio afetado por atividades mineradoras pretéritas. **Mundo da Saúde**, v. 36, n. 04, p. 610–618, 2012.
- ALMEIDA C. A.; ROCHA O. J.. Comparativo da qualidade dos sedimentos dos reservatórios do Rio Tietê (SP). **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, v. 01, n. 02, 2006.
- APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21th Edition. 2005.
- ARAÚJO, V. S.; SANTOS, J. P.; ARAÚJO, A. L. C.. Monitoramento das águas do rio Mossoró/RN, no período de abril/2005 a julho/2006. **Holos**, ano 23, maio/2007.
- AYOOLA, S. O.. Toxicity of glyphosate herbicide on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. **African Journal of Agricultural Research**, v. 03, n. 12), p. 825–834, December, 2008.
- BARCELOS, T. D. J. **Cobre: vital ou prejudicial para saúde humana**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Universidade da Beira Interior, Lisboa – Portugal, 2008.
- BI, N.; YANG, Z.; WANG, H.; XU, C.; GUO, Z.. Impact of artificial water and sediment discharge regulation in the Huanghe (Yellow River) on the transport of particulate heavy metals to the sea. **Catena**, v. 121, 2014.
- BORGES, S. F. S. **Pesquisa de uma correlação entre elementos do solo e matrizes biológicas de uma população**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Química Forense) – Universidade de Coimbra, Coimbra – Portugal, 2013.
- BRASIL. Lei 6938, de 31 de agosto de 1998. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313> Acesso em: 04 de julho de 2016.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia: Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Paraná. Recife: MME, 2005. 20 p. Disponível no site: http://www.cprm.gov.br/publique/media/Hidrologia/mapas_publicacoes/Atlas_Digital_RHS/rgnorte/relatorios/PARA096.PDF Acesso em: 16 de Abril de 2016.**
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: Agência Nacional das guas (ANA). **Caderno de Recursos Hídricos 2: Disponibilidades e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: MMA, 2007. 125 p. Disponível no site:

<http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>
Acesso em: 15 de Dezembro de 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resoluções do Conama:** Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília: MMA, 2012. 1126 p. Disponível no site:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf> Acesso em: 15 de Dezembro de 2015.

BRASIL. Instaurar inquérito civil para apurar eventual presença de substância cancerígena na água do Açude Antas. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte**, PORTARIA N.º 0018/2015/PmJLG, de 05 de maio de 2015, Luiz Gomes, RN.
Disponível em:
http://www.diariooficial.rn.gov.br/dei/dorn3/docview.aspx?id_jor=00000001&data=20150514&id_doc=495917 Acesso em: 06 de Junho de 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Legislação:** Atos normativos organizados por macrotemas. Resolução n.º 42 de 29/08/2013, Brasília. Disponível no site:
<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/regulacao+sanitaria/Assuntos+d e+interesse/Legislacao+Sanitaria> Acesso em: 15 de Maio de 2016.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Cidades. **Informações Completas:** Paraná (Rio Grande do Norte), Abril de 2016.
<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=240860&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas> Acesso em: 16 de Abril de 2016.

BURGER, J.; GAINES, K.F.; BORING, C.S.; STEPHENS JR., W.L., SNODGRASS, J.; DIXON, C.. Metal levels in fish from the Savannah river: potential hazards to fish and other receptors. **Environmental Research**, v. 89, n. 01, p. 85–97, 2002.

CÁCEREZ-VELEZ, P. R.; TELLO, A.; TORRES, G.. Uso de biomarcadores genotóxicos e histopatológicos para avaliar os efeitos de metais pesados na tilápia (*Oreochromis niloticus*) presente na lagoa sonso (Valle del Cauca, Colômbia) In: **Acervo:** XII Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia, 2012, Porto de Galinhas – PE, Brasil, p. 81. Disponível em:
http://www.infoteca.inf.br/ecotox/smarty/templates/arquivos_template/upload_arquivos/acervo/docs/086.pdf Acesso em: 12 de Maio de 2016.

CARRETERO, M. E.. **Estudo de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) como bioindicadores da poluição por mercúrio nos lagos do Parque Ibirapuera e do Parque Ecológico do Tietê na Grande São Paulo.** 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade de São Paulo, Departamento de Patologia, São Paulo – SP, 2013.

CETESB. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras:** água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Org.: Carlos Jesus Brandão et al.. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CHEN, H.; TENG, Y.; LU, S.; WANG, J., Potentially toxic metal contamination of urban soils and roadside dust in Shanghai, China. **Science of the Total Environment**, v. 512–551, p. 143–153, 2015.

CINNIRELLA, S.; HEDGECOCK, I.M.; SPROVIERI, F., Preface of Heavy metals in the environment: sources, interactions and human health. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 21, n. 06, p. 3997–3998, 2014.

DANAFLOAT. **Exploração Mineira**. Disponível em: <http://www.danafloat.com/pt/mining>
Acesso em: 13 de Fevereiro de 2016.

DOURADO, T. A.. **Bioconcentração de cádmio e cobre pela tilápia *Oreochromis niloticus* (Persiforme: Ciclideo)**. 2013. 45 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2013.

DUFFUS, J. H.. Heavy metals: a meaningless term? **Pure Applied Chemistry**, v. 74, n. 05, p. 793–807, 2002.

FERREIRA, A. P.; WERMELINGER, E. D.. Concentrações séricas de metais e suas implicações para a saúde pública. **Journal Health Sciences Institute**, v. 31, n. 01, p. 13–19, 2013.

FISBERG, M.; BRAGA, J. A. P.; BARBOSA, T. N. N.; MARTINS, F. O. Funções plenamente reconhecidas de nutrientes: ferro. **ILSI Brasil**, v. 03, p. 01–28, 2008.

FONTES, V. A. **Estudo de adsorvente obtido de terras diatomáceas para remoção de metais pesados em águas produzidas**: processamento, caracterização e dinâmica em leito fixo. 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal de Natal, Natal – RN, 2010.

FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G. T. W.. Metal pollution in the aquatic environment. **Springer-Verlag**, 277 p., 1981.

FU, J.; ZHAO, C.; LUO, Y.; LIU, C.; KYZAS, G. Z.; LUO, Y.; ZHAO, D.; AN, S.; ZHU, H.. Heavy metals in surface sediments of the Jialu River, China: Their relations to environmental factors. **Journal of Hazardous Materials**, v. 207, p. 102–109, 2014.

GUIMARÃES, G. A.. Aspectos ambientais e toxicológicos dos metais pesados. **Ambiente Brasil**. Disponível em:
http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/aspectos_ambientais_e_toxicologicos_dos_metal_pesados.html Acesso em: 03 de Janeiro de 2016.

HOU, D.; HE, J.; LÜ, C.; REN, L.; FAN, Q.; WANG, J.; XIE, Z.. Distribution characteristics and potential ecological risk assessment of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer, China. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 93, p. 135–144, 2013.

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. **Perfil do seu município**: Paraná, v. 09, p. 01–22, 2008. Disponível em:
http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economicos/arquivos/Perfil%202008/Paran%C3%A1.pdf Acesso em: 14 de Abril de 2016.

INCA - Instituto Nacional do Câncer. Disponível em: <http://www.inca.gov.br> Acesso em: 15 de Dezembro de 2015.

ISEK, K. K.; COSTA, T. D.; SALLES, H. C.; GOUVEIA, G. R.; MARTINS, C. M.; CARRARA, J. A.; NEGRÃO, J. A.. Toxicidade aguda do herbicida Ametrina para alevinos de tilápia *Oreochromis Niloticus* (Linnaeus, 1758). **Ensaios e Ciência: ciências biológicas, agrárias e da saúde**, v. 16, n.º 05, 2012.

JAISHANKAR, M.; TSETEN, T.; ANBALAGAN, N.; MATHEW, B. B.; BEEREGOWDA, K. N.. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. **Interdisciplinary Toxicology**, v. 07, n. 02, p. 60–72, 2014.

JEFFERY, W.G. A world of metals: finding, making and using metals. 2nd ed. **Ottawa: ICME**, 60 p., 2001.

KHAN, K.; LU, Y.; KHAN, H.; ZAKIR, S.; IHSANULLAH (no initials); KHAN, S.; KHAN, A. A.; WEI, L.; WANG, T.. Health risks associated with heavy metals in the drinking water of Swat, northern Pakistan. **Journal of Environmental Sciences**, v. 25, n. 10, p. 2003–2013, 2013.

KHLIFI, R.; HAMZA-CHAFFAI, A.. Head and neck cancer due to heavy metal exposure via tobacco smoking and professional exposure: A review. **Toxicology Apply Pharmacology**, v. 248, p. 71–88, 2010.

KRUPSKAYA L. T.; ZVEREVA, V. P.. Bioaccumulation of Heavy Metals with Environmental Objects and Assessment of Health Risks (the Former Mining Enterprise Khingansky GOK as an Example). **Russian Journal of General Chemistry**, v. 84, n. 13, p. 2542–2544, 2014.

KAZMIERCZAK, M. L.; SEABRA, F. B. Índice de susceptibilidade de degradação ambiental [ISDA] em Áreas do cerrado paulista. In: **Anais: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis – SC, Brasil**, p. 2745-2752. Disponível em: www.marte.dpi.inpe.br/rep-/dpi.inpe.br Acesso em: 28 de Dezembro de 2015.

LÀBERRE, C. R.; MENEZES, B. D.; MELO, M. M.. Avaliação dos teores de zinco em brânquias, carcaça, fígado e musculatura de diferentes espécies de peixes capturados no Rio São Francisco (MG, Brasil). **Geonomos**, v. 20, n. 01, p. 86–91, 2012.

LEMONS, T. **Água oferecida em Paraná/RN pode ter substância cancerígena**. Disponível em: <http://tuliolemos.com.br/noticia/4693/> Acesso em: 29 de Dezembro de 2015.

LIMA, D. P.; SANTOS, C.; SILVA, R. S.; YOSHIOKA, E. T. O.; BEZERRA, R. M.. Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 04, p. 405–414, 2015.

LIMA JR, R.G.S.; ARAÚJO, F.G.; MAIA, M.F.; PINTO, A.S.S.B.. Evaluation of heavy metals in fish of the Sepetiba and Ilha Grande bays, Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Research**, v. 89, n. 02, p. 171–179, 2002.

LIMA, V. F.; MERÇON, F.. Metais pesados no ensino da Química. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 04, p. 199–205, 2011.

LINS, J. A. P. N.; KIRSCHNIK, P. G.; QUEIROZ, V. S.; CIRIO, S. M.. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias Ambiental**, Curitiba, v.08, n.04, p.469–484, out./dez. 2010.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F.. **Rochas e minerais especiais: uso e especificações**. Rio de Janeiro, 867 p., CETEM/MCT, 2005.

MARTIN, S. E.; GRISWOLD, W... Human health effects of heavy metals. **Environmental Science and Technology Briefs for Citizens**, n. 15, 2009.

MENEZES, J. M.; PRADO, R. B.; SILVA JÚNIOR, G. C.; MANSUR, K. L.; OLIVEIRA, E. S.. Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos – RJ. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 04, p. 687–698, out./dez., 2009

MENDES, A. M. S.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A.; LIMA, J. A. G.; MEDEIROS, A. D. L.. Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.08, p.791–796, 2010

MILLER, J. R.; HUDSON-EDWARDS, K. A.; LECHLER, P. J.; PRESTON, D.; MACKLIN, M. G.. Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of the Río Pilcomayo basin, Bolivia. **Science of the Total Environment**, v. 320, p. 189–209, 2004.

MISA, P. M.. **Trophic chain and bioaccumulation**. Disponível em: <https://4eso6phymodee.wordpress.com/2014/06/06/trophic-chain-and-bioaccumulation/>
Acesso em: 11 de Janeiro de 2016.

MORAES, J. L.. **Mercúrio total em peixes e crustáceos comercializados no estado do Pará, Brasil**. 2011. 81 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ, 2011.

MORAES, P. V. D.; ROSSI, P.. Comportamento ambiental do glifosato. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 09, n. 03., p. 22–35, 2010.

MORAIS, S.; GARCIA E COSTA, F.; PEREIRA, M. L.. Heavy metals and human health. **Environmental Health – Emerging Issues and Practice**, cap. 10, 324 p., 2012.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C.. Effects of lead exposure on the human body and health implications. **Revista Panamericana Salud Pública**, v. 15, n. 02, p. 119–129, 2004.

MOURA, E. E. S. **Determinação da toxicidade aguda e caracterização de risco ambiental do herbicida Roundup (glifosato) sobre três espécies de peixes**. 2009. 45 f. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2009.

MOZZETO, A. A.; UMBUZEIRO, G. A.; JARDIM, W. F., Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce. **Cubo Multimídia**, São Carlos, 2006.

MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 04, n. 01/02, p. 83–100, 2006.

NASCIMENTO, I. B. **Problemáticas socioambientais e implicações à saúde do trabalhador: o caso do garimpo de esmeraldas em Campos Verdes-GO**. 2009. 196 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2009.

OLIVEIRA, C. P. F. **Efeito de cobre e chumbo, metais pesados presentes na água de formação derivada da extração do petróleo da província petrolífera do Urucu – Am, sobre o tambaqui, *Colossoma macropomum* (Curvier, 1818)**. 2003. 70 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus – AM, 2003.

OLIVEIRA, H. S. P.; FRANÇA, S. C. A.; ROCHA, E. J. P.. Atividades de mineração e avaliação de metais em água superficial, sedimento de fundo e peixe no Rio Tapajós. **Amazônia em tempo: estudos climáticos e socioambientais**. CETEM, cap. 15, p. 195–221, 2015. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br:8080/handle/cetem/1830> Acesso em: 05 de Junho de 2016.

PAULA-FILHO, F. J.; MARINS, R. V.; LACERDA, L. D.; AGUIAR, J. E.; PERES, T. F., Background values for evaluation of heavy metal contamination in sediments in the Parnaíba River Delta estuary, NE/Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 91, n. 02, p. 424–428, 2015.

PIRES, J. M. M.; LENA, J. C.; MACHADO, C. C.; PEREIRA, R. S.. Potencial poluidor de resíduo sólido da Samarco Mineração: estudo de caso da Barragem de Germano. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 03, p. 393–397, 2003.

RUPPENTHAL, J. E.. Toxicologia. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; **Rede e-Tec Brasil**, 128 p., 2013.

SEMEDO, M. F. F. R.. **Importância médico-legal dos metais essenciais: cobre e zinco**. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Legal) – Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto, Porto – Portugal, 2014.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; CANDIDO, A. C. S.; DIAS, A. C. R.; CHRISTOFFOLETI, P. J.. Influência do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 01, p.77–84, jan., 2011.

SINGH, A. K.; SRIVASTAVA, S. C.; VERMA, P.; ANSARI, A.; VERMA, A.. Hazard assessment of metals in invasive fish species of the Yamuna River, India in relation to bioaccumulation factor and exposure concentration for human health implications. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, n. 6, p. 3823–3836, 2014.

SILVA, A. J. C.. **Tratamento eletroquímico de efluentes da indústria de petróleo**. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró – RN, 2013.

SILVA, A. L. O.; BARROCAS, P. R. G.; JACOB, S. C.; MOREIRA, J. C.. Dietary intake and health effects of selected toxic elements. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 17, n. 01, p. 79–93, 2005.

SILVA, I. O. R.. A relação sociedade-natureza e alguns aspectos sobre planejamento e gestão ambiental no Brasil. **Geographos**, p. 01–24, 2012.

SILVA, M. W.; ESTANISLAU, C. A. M.. Concentração de mercúrio em peixes da Amazônia. **Boletim ABLimno**, v. 41, n. 01, p. 08–14, 2015.

SIQUEIRA, E. M. A.; ALMEIDA, S. G.; ARRUDA, S... The adverse role of iron in the organism. **Comunicações em Ciências da Saúde**, v. 17, n. 03, p. 229–236, 2006.

SOODAN, R. K.; PAKADE Y. B. ; NAGPAL, A.; KATNORIA, J. K.. Analytical techniques for estimation of heavy metals in soil ecosystem: A tabulated review. **Talanta**, v. 125, p. 405–410, 2014.

SOUSA, P. S.; VALADARES, M.C.; SOUSA, J.P.; SANTOS, S.S.. Zinco: benefícios e malefícios para o organismo humano. In: **Anais: 53º Congresso Brasileiro de Química**, 2013, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, p. 2745-2752. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2013/trabalhos/6/2896-15382.html> Acesso em: 20 de Fevereiro de 2016.

SOUZA, J. M. T.; PAIXÃO, J. F.; NASCIMENTO, S. A. M.; BARBOSA, J. S. F.; DOMINGUEZ, J. M. L.. Ocorrência de metais nos sedimentos marinhos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (BA), **Geochimica Brasiliensis**, v. 28, n. 02, p. 161–170, 2014.

SOUZA, V. L. B.; LIMA, V.; HAZIN, C. A.; FONSECA, C. K. L., SANTOS, S. O.. Biodisponibilidade de metais-traço em sedimentos: uma revisão. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 03, n. 01, P. 01–13, 2015.

TRINDADE, W. M.; HORN, A. H.; RIBEIRO, E. V.. Concentrações de metais pesados em sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora-MG: geoquímica e classificação de risco ambiental. **Geonomos**, v. 20, n. 01, p. 64–75, 2012.

VIRGENS, A. C.; CASTRO, R. L.; CRUZ, Z. M. A.. Alterações histológicas em brânquias de *Oreochromis niloticus* (Tilapia-do-Nilo) expostas o acefato, difenoconazol e sulfluramida. **Natureza online**, v. 13, n. 01, p. 26–31, 2015.

VOIGT, C. L.; SILVA, C. P.; CAMPOS, S. X.. Avaliação da bioacumulação de metais em *Cyprinus carpio* pela interação com sedimento e água de reservatório. **Química Nova**, v. 39, n. 02, p. 180–188, 2016.

WANG, S.-L.; XU, X.-R.; SUN, Y.-X.; LIU, J.-L.; LI, H.-B.. Heavy metal pollution in coastal areas of South China: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 76, p. 07–15, 2013.

WEBER, P.; BEHR, E. R.; KNORR, C. L.; VENDRUSCOLO, D. S.; FLORES, E. M. M.; DRESSLER, V. L., BALDISSEROTTO.. Metals in the water, sediment, and tissues of two fish

species from different trophic levels in a subtropical Brazilian river. **Microchemical Journal**, v. 106, p. 61–66, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Environmental health criteria**, 1, Mercury. New York: INCHEM/IPCS, 1976. 95p.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C.. Efeito dos glifosato nas plantas: implicações filológicas e agronômicas. **Informações Agronômicas**, n. 119, 2007.

YI, Y.; ZANG, S.. Heavy metal (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) concentrations in seven fish species in relation to fish size and location along the Yangtze river. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, n. 09, p. 3989–3996, 2012.

ZAGANINI, R. L.. **Caracterização do regime alimentar de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus,1758) e *Tilapia rendalli* (Boulenger,1897) na represa de Barra Bonita, Médio Rio Tietê**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP, 2009.

ZHANG, L; MO, Z.; QIN, J.; WEI, Y.; MA, S.; XIONG, Y.; LIANG, G.; QING, L.; CHEN, Z.; YANG, X.; ZHANG, Z.; ZOU, Y.. Change of water sources reduces health risks from heavy metals via ingestion of water, soil, and rice in a riverine area, South China. **Science of the Total Environment**, v. 530–531, p. 163–170, 2015.

ANEXOS

Anexo A – Notícias sobre a instauração de inquérito cível pelo MPRN no Açude Antas, Paraná/RN

MP vai investigar se município consome água com substância cancerígena



O Ministério Público do RN instaurou inquérito civil público para apurar a “eventual presença de substância cancerígena na água do açude Antas”, abastece comunidade Vila Caiçara, no município de Paraná/RN.

As primeiras informações apontam que, na década de 1980, “foram exploradas jazidas de esmeraldas na área em que posteriormente foi construído o referido açude”, o que pode ter causado a contaminação e a necessidade de avaliar se a água do manancial poderia estar contaminada com metais pesados decorrentes da exploração do minério.



15/malo/2015

às 05:52

Publicado por Robson Pires na categoria Notas

Disponível em:

<http://www.robsonpiresxerife.com/notas/mp-vai-investigar-se-municipio-consome-agua-com-substancia-cancerigena/>

sexta-feira, 15 de maio de 2015

PARANÁ-RN:MP vai investigar se município consome água com substância cancerígena

Postado por Verônica Rodrigues às 11:46



O Ministério Público do RN instaurou inquérito civil público para apurar a "eventual presença de substância cancerígena na água do açude Antas", **abastece comunidade Vila Caiçara, no município de Paraná/RN.**

As primeiras informações apontam que, na década de 1980, "foram exploradas jazidas de esmeraldas na área em que posteriormente foi construído o referido açude", o que pode ter causado a contaminação e a necessidade de avaliar se a água do manancial poderia estar contaminada com metais pesados decorrentes da exploração do minério.

Disponível em:

<http://www.draveronica.com.br/2015/05/parana-rnmp-vai-investigar-se-municipio.html>

sexta-feira, 15 de maio de 2015

PARANÁ - Água oferecida pode ter substância cancerígena

O Ministério Público do RN instaurou inquérito civil público para apurar a "eventual presença de substância cancerígena na água do Açude Antas, manancial utilizado pela CAERN para abastecimento da comunidade rural da Vila Caiçara e adjacências, no Município de Paraná", no interior do RN. O caso foi publicado na edição de hoje (14) do Diário Oficial do Estado (DOE).

Segundo a informação que chegaram ao MPRN, na década de 1980, "foram exploradas jazidas de esmeraldas na área em que posteriormente foi construído o referido açude, havendo a necessidade de avaliar se a água do manancial poderia estar contaminada com metais pesados decorrentes da exploração do minério".

O promotor responsável pelo caso, Ricardo José da Costa Lima, já solicitou o mais breve possível, "a realização de perícia, através da FUNPEC, na água do Açude Antas, manancial utilizado pela CAERN para abastecimento da comunidade rural da Vila Caiçara e adjacências, no Município de Paraná/RN, no afã de avaliar a eventual presença de substância cancerígena decorrente da contaminação do manancial com metais pesados, resultado da exploração de minérios (jazida de esmeraldas) ocorrida há décadas atrás no local onde atualmente se situa o referido manancial".

Além disso, o promotor oficiou a CAERN, no prazo de 20 dias, informações sobre a realização de análise técnica na água proveniente do açude Antas e se o produto disponibilizado à população após o processo de tratamento realizado pela concessionária está adequado ao consumo humano sem riscos à saúde. tuliolemos

Postado por Altonoticias alto do rodrigues às 5/15/2015 01:30:00 PM


 +1 Recomende isto no Google

Nenhum comentário:

Postar um comentário

Disponível em:

<http://altonoticias10.blogspot.com.br/2015/05/parana-agua-oferecida-pode-ter.html>

SEXTA-FEIRA, 15 DE MAIO DE 2015

ÁGUA OFERECIDA EM PARANÁ/RN PODE TER SUBSTÂNCIA CANCERÍGENA



O Ministério Público do RN instaurou inquérito civil público para apurar a "eventual presença de substância cancerígena na água do Açude Antas, manancial utilizado pela CAERN para abastecimento da Comunidade Rural da Vila Caiçara e adjacências, no Município de Paraná", no interior do Rio Grande do Norte. O caso foi publicado na edição desta quinta-feira (14/05) do Diário Oficial do Estado (DOE).

Segundo a informação que chegaram ao MPRN, na década de 1980, "foram exploradas jazidas de esmeraldas na área em que posteriormente foi construído o referido açude, havendo a necessidade de avaliar se a água do manancial poderia estar contaminada com metais pesados decorrentes da exploração do minério".

O Promotor responsável pelo caso, Ricardo José da Costa Lima, já solicitou o mais breve possível, "a realização de perícia, através da FUNPEC, na água do Açude Antas, manancial utilizado pela CAERN para abastecimento da Comunidade Rural da Vila Caiçara e adjacências, no Município de Paraná/RN, no afã de avaliar a eventual presença de substância cancerígena decorrente da contaminação do manancial com metais pesados, resultado da exploração de minérios (jazida de esmeraldas) ocorrida há décadas atrás no local onde atualmente se situa o referido manancial".

Disponível em:

<http://ozailtonmelo.blogspot.com.br/2015/05/agua-oferecida-em-paranarn-pode-ter.html>

Anexo B – Publicação no DOE sobre inquérito cível do MPRN no Açude Antas, Paraná/RNMINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PROMOTORIA DE JUSTIÇA DA COMARCA DE LUÍS GOMES/RN

PORTARIA Nº 0018/2015/PmJLG

O Promotor de Justiça da Comarca de Luís Gomes/RN, no exercício de suas atribuições legais, RESOLVE instaurar INQUÉRITO CIVIL, nos seguintes termos:

FATO: Apurar eventual presença de substância cancerígena na água do Açude Antas, manancial utilizado pela CAERN para abastecimento da comunidade rural da Vila Caiçara e adjacências, no Município de Paraná/RN, a partir de notícia veiculada perante a Ouvidoria do MP/RN, informando que na década de 1980 foram exploradas jazidas de esmeraldas na área em que posteriormente foi construído o referido açude, havendo a necessidade de avaliar se a água do manancial poderia estar contaminada com metais pesados decorrentes da exploração do minério.

FUNDAMENTO LEGAL: Art. 129, III, da Constituição Federal de 1988; artigos 25, IV, “a” e 26, I e suas alíneas da Lei nº 8.625/93.

PESSOA FÍSICA OU JURÍDICA A QUEM O FATO É ATRIBUÍDO: Município de Paraná/RN e CAERN.

REPRESENTANTE: Ouvidoria do MP/RN.

DILIGÊNCIAS INICIAIS:

- a) Instaurar o presente Inquérito Civil, sob o registro cronológico nº 06.2015.00002935-6;
- b) Autuar e registrar a presente Portaria no Livro de Registros de Inquéritos Cíveis desta Promotoria de Justiça;
- c) Expedir ofício ao Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Defesa do Consumidor e Cidadania, noticiando a instauração do presente Inquérito Civil (art. 11, I, da Resolução nº 002/2008 – CPJ);
- d) Providenciar a juntada da Manifestação nº 580528042015-6, expediente encaminhado pela Ouvidoria do MP/RN;
- e) Oficiar ao Núcleo de Apoio Técnico Especializado – NATE/Mossoró, solicitando, com a maior brevidade possível, a realização de perícia, através da FUNPEC, na água do Açude Antas, manancial utilizado pela CAERN para abastecimento da comunidade rural da Vila Caiçara e adjacências, no Município de Paraná/RN, no afã de avaliar a eventual presença de substância cancerígena decorrente da contaminação do manancial com metais pesados, resultado da exploração de minérios (jazida de esmeraldas) ocorrida há décadas atrás no local onde atualmente se situa o referido manancial;
- f) Oficiar ao Diretor Presidente da CAERN requisitando, no prazo de 20 (vinte) dias, a realização de análise técnica na água proveniente do açude Antas, manancial utilizado pela CAERN para abastecimento da comunidade rural da Vila Caiçara e adjacências, no Município de Paraná/RN, no afã de avaliar a eventual presença de substância cancerígena decorrente da contaminação do manancial com metais pesados, resultado da exploração de minérios (jazida de esmeraldas) ocorrida há décadas atrás no local onde atualmente se situa o referido manancial, concluindo, ao final, se o produto disponibilizado à população após o processo de tratamento realizado pela concessionária está adequado ao consumo humano sem riscos à saúde;
- g) Encaminhar, via e-mail, cópia da presente portaria ao Departamento de Pessoal da PGJ para fins de publicação no Diário Oficial do Estado (art. 9º, VI, da Resolução nº 002/2008 – CPJ).

Luís Gomes/RN, 05 de maio de 2015.

Ricardo José da Costa Lima

Promotor de Justiça

Anexo C – Imagens do entorno do Açude Antas e Mineradora, Paraná/RN



