



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE/PRODEMA



Impactos Geoquímicos e Sócio-Ambientais no Estuário do Rio
Potengi – Região Metropolitana da Grande Natal / RN

TATIANA DE LIMA CORREA

2008
Natal – RN
Brasil

TATIANA DE LIMA CORREA

**Impactos Geoquímicos e Sócio-Ambientais no Estuário do Rio Potengi –
Região Metropolitana da Grande Natal / RN**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Ph.D Germano Melo Júnior

Co-Orientador: Prof. Dr. Fernando Bastos Costa

2008

Natal – RN

Brasil

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Correa, Tatiana de Lima.

Impactos geoquímicos e sócio-ambientais no estuário do Rio Potengi – região metropolitana da Grande Natal/RN / Tatiana de Lima Correa. – Natal, RN, 2008.

102 f.

Orientador: Germano Melo Júnior.

Co-orientador: Fernando Bastos Costa.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Pró-reitoria de Pós-Graduação. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/PRODEMA.

1. Metais pesados – Dissertação. 2. Sedimentos estuarinos – Dissertação. 3. Toxicologia – Dissertação. I. Melo Júnior, Germano. II. Costa, Fernando Bastos. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.193:546.3(043.3)

TATIANA DE LIMA CORREA

Dissertação submetida ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em:

Banca Examinadora:

Prof. Ph.D. Germano Melo Júnior
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)
(Presidente)

Prof (a). Ph.D. Raquel Franco de Queiroz
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)
(Membro Interno)

Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
Universidade Federal do Ceará (PRODEMA/UFC)
(Membro Externo)

AGRADECIMENTOS

À universidade Federal do Rio Grande do Norte, através do programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

À coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pela contribuição financeira e pela bolsa.

Ao Fundo Setorial FINEP/CTPetro e ao Laboratório de Geoquímica Ambiental da UFRN, coordenado pelo Prof. Germano Melo Júnior, pelo suporte financeiro à realização do trabalho.

Ao prof. Ph.D Germano Melo Júnior pela orientação, confiança, investimento, paciência e crédito.

À prof. Dr. Fernando Bastos Costa pela sua dedicação, contribuição e confiança.

À prof. Dr (a). Maria do Socorro Costa Martim pela contribuição para a minha formação.

Aos professores da Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente que contribuíram para a minha formação.

À Alan Kellnon Nóbrega de Carvalho, pelo apoio no desenho de uma das figuras.

À Marinha do Brasil, em especial ao capitão-tenente tales da Silva, ao capitão-tenente Leonardo caldas Franco, ao cabo André Oliveira de Souza, ao Cabo Frederico Sales, ao marinheiro Frankbergson Rocha ferreira e todos da tripulação do navio Comandante Manhãs, que em muito contribuíram para a realização da coleta de sedimento de fundo disponibilizando a embarcação e apoio incondicional.

Ao Instituto de defesa do Meio Ambiente – IDEMA, ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais renováveis – IBAMA, à secretaria Municipal de meio Ambiente e Urbanismos – SEMURB, pelo fornecimento de dados para esse trabalho.

À população das comunidades do passo da pátria, Beira Rio, Maruim, Pajuçara e Uruaçu de baixo, que contribuíram com as informações prestadas para encaminhamento desse trabalho. Aos meus companheiros de mestrado pela amizade e experiências compartilhadas.

Aos meus amigos, que estiveram sempre presentes, pela ajuda, estímulo e carinho.

Aos meus pais, pela paciência e compreensão de suportar os momentos de ausência para dedicação a esse trabalho.

Ao meu companheiro, Miguel, por ter enfrentado as dificuldades ao meu lado e pelo apoio incondicional a minha vida acadêmica.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	9
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
2.1 Caracterização do estuário Potengi	11
2.2 Problemática do estuário Potengi	13
3 FUNDAMENTOS TEORICOS	16
3.1 Toxicologia	16
3.2 Importância da avaliação dos sedimentos de fundo	22
Figura 2.1	12
Figura 2.2	14
Figura 2.3	15
REFERÊNCIAS	24
CAPITULO 1 – Diagnostico Geoquímico do Sedimento de Fundo do Estuário Potengi e suas Implicações Sócio-Ambientais – Região Metropolitana de Natal.	26
RESUMO	27
ABSTRACT	27
1.0 INTRODUÇÃO	28
1.1 Considerações iniciais	28
1.2 Objetivos	29
1.3 Localização Geográfica	29
2.0 MATERIAL E METODOS	31
2.1 Amostragem	31
2.1.1 Planejamento amostral	31
2.1.2 Coleta das amostras	32
2.1.3 Procedimentos laboratoriais	35
3 RESULTADOS E DISCUSSOES	38
3.1 Sumário numérico	38
3.2 Coeficiente de variação	39
3.3 Distribuição espacial	39

3.4 Comparação com valores de referencias	51
3.5 Comparação com os valores de outros estudos	53
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS	63
Figura 1.1	30
Figura 2.1	33
Figura 2.2	35
Figura 3.1	41
Figura 3.2	47
Tabela 2.1	32
Tabela 2.2	34
Tabela 2.3	37
Tabela 3.1	38
Tabela 3.2	52
Tabela 3.3	57
CAPITULO 2 – Percepção sócio-Ambiental das comunidades ribeirinhas do	65
estuário Potengi na região metropolitana de Natal	
RESUMO	66
ABSTRACT	66
1 INTRODUÇÃO	67
2 MATERIAL E MÉTODOS	69
3 RESULTADOS E DISCUSOES	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS	90
ANEXO	91
Figura 1.0	68
Figura 2.0	74
Figura 3.0	77
Figura 4.0	78
Figura 5.0	79
Figura 6.0	80

Figura 7.0	81
Gráfico 1	70
Gráfico 2	71
Gráfico 3	71
Gráfico 4	71
Gráfico 5	72
Gráfico 6	72
Gráfico 7	73
Gráfico 8	73
Gráfico 9	80
Gráfico 10	81
Gráfico 11	82
Gráfico 12	82
Gráfico 13	83
Tabela 1	75
Tabela 2	76
Tabela 3	76
Tabela 4	78
Tabela 5	79

1 INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento das áreas urbanas e o intenso processo de industrialização nos levam a uma crise ambiental devido à degradação das condições de vida da população e dos sistemas naturais (DERISIO, 2000). Problemas socioespaciais estão ocorrendo em todo o mundo, principalmente devido à urbanização constante associada ao desenvolvimento do capitalismo. O poder público funciona como agente regulador e minimizador desses problemas, mas, entretanto, não tem dado a devida atenção no sentido de dotar esses espaços urbanos de melhor infraestrutura, equipamentos e serviços adequados para proporcionar aos seus habitantes uma melhor qualidade de vida. O desenvolvimento de uma política de preservação ao meio ambiente não tem sido prioridade entre as ações do poder público.

Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte, vem passando por transformações no interior de sua estrutura urbana, que têm feito surgir uma infinidade de problemas socioespaciais, principalmente ligados à economia e ao ambiente. O estado do Rio Grande do Norte não tem tido um contexto diferente, os ambientes estuarinos vem sendo contaminados por uma variedade de substâncias orgânicas e inorgânicas, provenientes da atividade antrópica.

“O comprometimento da qualidade das águas doces disponíveis no planeta tem gerado a necessidade de monitoramento dos corpos hídricos como forma de avaliar e acompanhar os riscos aos quais a população pode ser submetida através dos diversos usos da água, especialmente no que se refere ao consumo humano” (OLIVEIRA, p.01, 2006).

O estuário Potengi, objeto desse estudo, é um dos principais corpos hídricos do Rio Grande do Norte. A crescente ocupação das suas margens proporciona uma forte pressão e uma grande diversidade de atividades antropogênicas.. No entorno do mesmo estão instaladas diversas indústrias, tais como as que atuam nos setor têxtil, de bebidas, de baterias, de beneficiamento de couro, de confecções, de alimentos e de laticínios, além de também existirem em suas margens imunizadoras que lançam seus afluentes, sem prévio tratamento. Todas essas atividades interferem no estuário, provocando impactos no meio ambiente e pondo em risco o meio ao seu redor.

Essas interferências têm suas origens na ocupação do solo e nas atividades comerciais e industriais que se desenvolvem em suas margens, assim como também na utilização desse corpo hídrico como receptor dos esgotos sanitários das regiões urbanas que não dispõem de condições sanitárias adequadas a um meio ambiente saudável, tais como existência de saneamento básico. As conseqüências são a contaminação por coliformes fecais, a devastação dos manguezais e a concentração de metais pesados nos corpos hídricos, contribuindo para o incremento na mortandade da fauna e da flora da região.

O sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários, implantado e administrado pela CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, atende 33% dos domicílios, sendo que 60% do volume produzido são lançados diretamente ou indiretamente sem tratamento no estuário Potengi ou em seus afluentes ou canais, tais como o canal do Baldo (riacho do Baldo) e o canal das Quintas (riacho das Quintas).

A carcinicultura também é outra fonte de poluição e desmatamento dos manguezais, ao longo do Potengi existem 61 empreendimentos de carcinicultura instalados no estuário ocupando uma área de aproximadamente 392,05 km² (IDEMA, 2005). A carcinicultura além de causar o desmatamento dos mangues para a construção de grandes fazendas de camarão, pode ainda resultar em danos ao meio decorrente do metabissulfito de sódio, que em altas concentrações pode causar intoxicação.

Nesse cenário, faz-se necessário diagnosticar o quadro atual da poluição química no estuário do rio Potengi, usando metodologias adequadas e internacionalmente aceitas para tal fim. Ao mesmo tempo, é importante que sejam avaliados os mecanismos, atitudes, leis e parcerias que os diferentes setores constituídos da sociedade (Órgãos Ambientais, Secretarias, Ministério Público etc.) dispõem e exercitam para o enfrentamento de situações desse tipo. É importante ressaltar que a poluição química é a forma mais preocupante de poluição ambiental, por decorrência os danos que ela pode causar à saúde e ao bem estar dos seres vivos e ao equilíbrio ecológico em geral (VESILIND *et al*, 1998).

Este trabalho, em seu primeiro capítulo, apresenta os resultados das amostragens de sedimento de fundo para os elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb e Zn, buscando estudar a ocorrência, os níveis de concentração e a toxicologia desses elementos no estuário Potengi.

O segundo capítulo visa identificar a percepção que as comunidades ribeirinhas têm dos problemas existentes, não só no estuário Potengi, como os demais problemas presentes em suas comunidades, assim como identificar o arranjo institucional que pretende dar conta dessas problemáticas.

Dessa forma, o trabalho como um todo busca compreender a questão ambiental no entorno da área estudada, envolvendo aspectos naturais e socioeconômicos.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Nessa parte está apresentada a caracterização da área em estudo, elaborada com base em trabalhos publicados. Nesse aspecto, foram abordados aspectos relativos à caracterização dinâmica do estuário, tais como: aspectos climáticos, vegetação, morfologia e movimento das marés. Também foi abordada a problemática a qual está submetida à área em estudo, no intuito de localizar o leitor sobre a situação existente e sobre como as populações ribeirinhas estão inseridas no contexto.

2.1 Caracterização do Estuário Potengi

O rio Potengi percorre três zonas distintas do estado do Rio Grande do Norte, nasce nas imediações da Serra de Santana, corre em direção a cidade de São Tomé até alcançar o estuário, percorrendo aproximadamente 180km antes de desaguar no Oceano Atlântico (FRAZAO, 2003).

As precipitações médias anuais da estação meteorológica de Natal da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), no período de 1999 a 2007 estão apresentadas na **Figura 2.1**. Observa-se através destes dados que o período mais chuvoso fica caracterizado nos meses de março a agosto. Avaliando dados coletados em 2007, na estação meteorológica da EMPARN em Natal, percebe-se que ocorreu um maior número de precipitações no mês de junho.

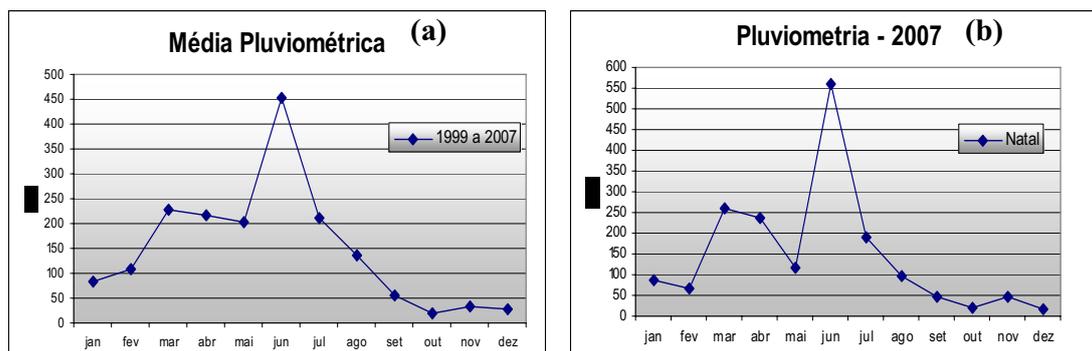


Figura 2.1 – (a) média mensal pluviométrica da estação de Natal referente aos anos de 1999 a 2007; (b) variação mensal da pluviometria nas Estações Meteorológicas de Natal no ano de 2007 (Fonte: EMPARN).

A vegetação predominante na área de estudo se caracteriza pela presença de uma cobertura vegetal associada às feições morfológicas existentes, ou seja, praias, dunas, e ainda aos tabuleiros costeiros, e de manguezais, vegetação típica de áreas lamacentas que sofre influência das marés. Nesta última, a espécie mais predominante é a *Rhizophora Mangle* (mangue sapateiro), mas ainda pode-se encontrar a *Laguncularia Racemosa* (mangue seco). Os mangues margeiam o estuário Potengi, principalmente nas proximidades de sua desembocadura. A partir destes canais em direção ao interior, verifica-se uma diminuição progressiva dos mangues, dando lugar a planícies arenosas evidenciadas por vegetação rasteira típica (IDEMA, 2004).

A morfologia da área é resultado do clima tropical úmido, sendo dominada por extensos platôs ou tabuleiros costeiros, trata-se de uma “Forma topográfica de terreno que se assemelha a planaltos, terminando geralmente de forma abrupta. No Nordeste Brasileiro, os tabuleiros aparecem de modo geral em toda a costa. Paisagem de topografia plana, sedimentar e de baixa altitude [...]” (GUERRA, 1975, p. 399). Todo o baixo curso do rio encontra-se sobre esse Tabuleiro, com grande número de riachos cortando essa superfície, os quais encontram-se modificados pela ação antrópica. As margens do estuário são delimitadas por terraços e aluviões, principalmente na desembocadura (CUNHA, 1982).

O interior do estuário sofre influência das marés semi-diurnas que têm duração de 12:10 horas, as quais se interiorizam até a cidade de Macaíba, vizinha à capital Natal. As correntes de maré são mais fortes nas vazantes de inverno, período este caracterizado por chuvas intensas (FRAZÃO, 2003).

2.2 Problemática do Estuário Potengi

O meio ambiente é percebido e construído em grande parte através da visão, não desprezando as percepções olfativas, auditivas ou táteis, enquanto temos do outro lado, o próprio meio, sendo devastado por várias civilizações. A percepção não é a mesma para todos os indivíduos, possuindo significados diferenciados. Todos os problemas ocorridos no meio ambiente são, de alguma forma, influenciados pelo desenvolvimento das sociedades e de seus indivíduos. A vida moderna das sociedades industriais sugere que o contato de seus indivíduos com o meio ambiente seja cada vez mais indireto e distante.

Sabe-se que as mudanças ambientais estão diretamente relacionadas às diferentes formas de interações, que os indivíduos estabelecem com os recursos naturais, podendo assim gerar novos recursos ou impactos ambientais. Esses impactos são considerados, enquanto repercussões das atividades humanas.

Atualmente, o excessivo volume de efluentes e resíduos sólidos gerados e a ocupação desordenada em ambientes que deveriam ser preservados resultaram em uma preocupante luta contra os perigos que oferecem, não apenas ao homem, mas também ao meio ambiente e aos seres vivos em geral.

A zona costeira oriental do Rio Grande do Norte, onde está localizado o estuário em estudo, apresenta um potencial turístico elevado. A ocupação desordenada e sem infra-estrutura adequada de saneamento básico, caracteriza-se como um dos maiores agentes de impacto ambiental. A ausência de infra-estrutura de saneamento básico que atenda a demanda requerida pelas cidades localizadas às margens do estuário, aliada a inexistência de um sistema de tratamento para os esgotos coletados nos trechos urbanos dessas cidades e áreas industriais, implica no lançamento de efluentes *in natura* neste corpo d'água, constituindo-se em fonte potencial de poluição do estuário Potengi. O esgoto doméstico proveniente das comunidades ribeirinhas é também outra importante fonte de poluição do estuário, visto que é jogado diretamente no rio, por falta de infra-estrutura básica e agravado pela falta de consciência ambiental por parte das populações locais.

De acordo com o IDEMA – Instituto de Defesa do Meio Ambiente do Rio Grande do Norte, são descartados diariamente no estuário Potengi cerca de 14.009 m³/dia de efluentes industriais. Além dos efluentes industriais, ainda há os efluentes domésticos que também são

descartados no estuário, muitas vezes sem nenhum prévio tratamento. Esses fatos contribuem para a poluição do estuário Potengi e como consequência para o comprometimento da saúde das populações que vivem em suas margens, bem como também de todos os que vivem ou dependem do rio para a sua sobrevivência.

E se não bastasse, os empreendimentos de camarão, além de contribuírem para a poluição do estuário também destroem a vegetação de mangue. O desenvolvimento da carcinicultura, criação de camarão, vem se intensificando no Brasil, principalmente no Nordeste, em função da alta rentabilidade econômica, elevada produtividade e fácil adaptação. O aumento da produção, no entanto, gera uma maior preocupação em relação aos impactos ambientais provocados nos ecossistemas naturais, principalmente no que diz respeito à poluição hídrica.

Os efluentes contínuos e da pesca contribuem para uma elevação do pH, turbidez, sólidos suspensos, condutividade elétrica, fósforo total, clorofila A, amônia total e alcalinidade total no corpo receptor. É necessário, dessa forma, um tratamento prévio dos efluentes gerados pela carcinicultura através de alternativas que também contemplem o uso de bacias de sedimentação, recirculação e/ou reuso da água nas fazendas da região, e, por conseguinte, fiscalização. Na **Figura 2.2** são apresentadas imagens de empreendimentos de carcinicultura nas margens do estuário Potengi.

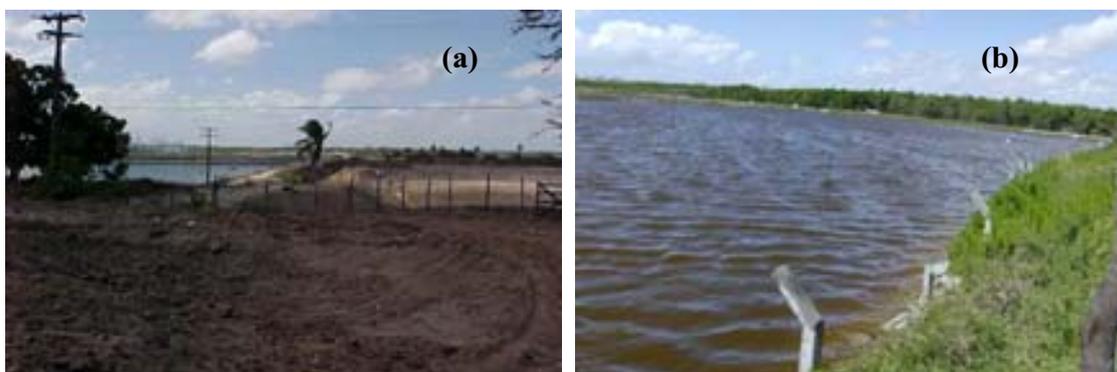


Figura 2.2 – (a) empreendimento de carcinicultura localizado entre as comunidades de Uruaçu de Baixo e Pajuçara em São Gonçalo do Amarante. FONTE: IDEMA, 2004; (b) empreendimento de carcinicultura localizado nas proximidades da comunidade Beira Rio, na cidade do Natal/RN. Fonte: CORREA, Tatiana, 2007.

Agravando todos esses problemas ainda persiste a falta de educação ambiental da população, à medida que são coletados cerca de 500 quilos de lixo por dia no estuário Potengi,

por um Barco de Monitoramento de Limpeza em parceria com o IDEMA (SEMARH, 2006). Na **Figura 2.3** visualiza-se a quantidade de lixo que estas populações jogam nas margens dos rios e mangues. São aglomerados de lixo, sacos plásticos, latas, garrafas, vidro, dentre outros resíduos.

Todos esses fatores colaboram para uma maior acumulação de metais pesados, não só nas águas estuarinas, assim como no sedimento de fundo, afetando não somente as comunidades aquáticas, como também as populações humanas e contribuindo para uma maior incidência no número de doenças ocasionadas por acúmulo ou intoxicações por metais pesados no organismo humano. Estes últimos são causadores de inúmeros males, se em contato com o organismo humano, causando diversas anomalias.



Figura 2.3 – (a) lixo nas margens do estuário Potengi na localidade de Beira Rio na cidade do Natal/RN; (b) canalizações que levam água servida para as margens do Potengi na comunidade Beira Rio na cidade do Natal/RN; (c) encanação que despeja efluentes domésticos que corre para as margens do estuário Potengi; (d) vala construída no canal do Baldo que leva efluentes domésticos para as margens do Potengi. Fonte: CORREA, Tatiana, 2007.

3 FUNDAMENTOS TEORICOS

3.1 Toxicologia

A biodisponibilidade dos contaminantes no sedimento está associada ao seu comportamento de partição com a matéria orgânica presente, além dos processos adsorptivos que ocorrem entre os metais e as partículas de granulação fina, como por exemplo, as argilas e os siltes. Os metais fracamente ligados às partículas dos sedimentos recebem o nome de biodisponíveis (FORSTNER, 1987).

A biomagnificação resulta do processo de acúmulo da concentração do contaminante nos tecidos dos organismos vivos na passagem de cada nível trófico da cadeia alimentar. Assim sendo, espécies predadoras apresentam um maior fator de bioacumulação em relação as presas, ou seja, a concentração do contaminante aumenta com o nível trófico. Deste modo, por ocupar o topo da cadeia trófica, o homem está sujeito a um maior risco de exposição a estes contaminantes, estando presentes nos alimentos consumidos pelo ser humano.

A fase de assimilação pode ser considerada a mais importante para o processo de bioacumulação, pois é a fase na qual as substâncias químicas são introduzidas nos organismos. Neste processo, a substância pode ser absorvida no trato respiratório ou intestinal, onde é daí transportada para a circulação sanguínea onde é possível ser transformada e/ou armazenada, podendo ser metabolizada pelo fígado, ser armazenada, ou então excretada pela bile, rins ou fezes, ou ainda ficar armazenada nos tecido extra-hepáticos (PENTEADO, 2001).

Um metal é considerado tóxico aos organismos quando pode provocar distúrbios celulares que pode afetar o crescimento e/ou metabolismo, chegando a causar a morte, mesmo que este metal se encontre em baixa concentração. A atividade fisiológica de uma substância tóxica inicia-se após sua penetração nas células com a distribuição pela circulação sanguínea (FELLENBERG, 1980).

A intoxicação por metais pesados se processa por meio de dois mecanismos fundamentais. O primeiro decorre da formação de complexos entre os íons de metais pesados com grupos funcionais de muitas enzimas, bloqueando parte das enzimas responsáveis por determinados processos metabólicos. O segundo mecanismo envolve as membranas celulares que se combinam com vários metais pesados, alterando a sua estrutura. Assim o transporte de

íons como Na^+ , K^+ e C^- e substâncias essenciais à manutenção de processos vitais é prejudicado ou totalmente impedido (FELLENBERG, 1980).

A interação entre os metais pesados e o homem pela via aquática se realiza de forma direta, através da ingestão de água contaminada, ou de forma indireta, pelo consumo de organismos tais como peixes, crustáceos contaminados, transferidos ao homem pela cadeia alimentar. A biota aquática tende a acumular metais pesados, a bioacumulação é o processo pelo qual estes elementos são assimilados e armazenados pelos organismos, entretanto, o seu efeito no organismo depende de diversos fatores, tais como, dosagem, o valor residual, o tempo de exposição ao metal pesado, os hábitos alimentares, as condições de higiene e saúde, a forma de contato e a presença ou não de outras substâncias químicas no meio.

A toxicidade, a bioacumulação e o nível de concentração de um metal pesado variam para cada espécie de organismo e podem ser modificados pela temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido e a concentração de outros metais.

A seguir são apresentados alguns aspectos dos elementos químicos que foram avaliados na presente pesquisa. Esse é sumarizado das seguintes fontes bibliográficas: SELINUS, 2004; EBY, 2004 e PAIS; BENTON, 1997.

Alumínio (Al)

O alumínio é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre na forma de óxido de alumínio (Al_2O_3). Talvez por causa disto ele é tido como inofensivo mas a exposição a altas concentrações pode causar problemas de saúde principalmente quando na forma de íons em que ele é solúvel em água. A ingestão por muito tempo do alumínio em concentrações altas pode levar a sérios problemas de saúde como: demência, danos ao sistema nervoso central, perda de memória, surdez, fortes tremores, dores musculares, cólicas, fraqueza, inapetência.

Arsênio (As)

O arsênio e seus compostos são extremamente tóxicos, especialmente o arsênio inorgânico. É um elemento químico essencial para a vida, ainda que tanto o arsênio como seus compostos sejam extremamente venenosos. O arsênio pode causar danos na pele, problemas no

sistema circulatório, aumento de risco de câncer de pele e pulmão. Suas principais fontes de contaminação são os efluentes de refinarias de petróleo e indústrias de semicondutores, preservantes de madeiras, herbicidas, aditivos de alimentação animal, erosão de depósitos naturais que contenham esse metal.

Bário (Ba)

Os compostos de bário quando dissolvidos em água são extremamente venenosos. O sulfato de bário pode ser usado em medicina, por via oral, como contraste porque não se dissolve e por ser eliminado rapidamente pelo trato digestivo. A oxidação do bário ocorre muito facilmente e, para permanecer puro, deve ser mantido imerso em líquidos derivados de petróleo (como querosene) ou outro líquido isento de oxigênio e ar. Excesso de bário no organismo pode causar vômitos, diarreia, dor abdominal e desalojar o potássio das células. Altos níveis de bário associado com uma razão Ca/Mg alta foram correlacionados com infarto do miocárdio.

Cádmio (Cd)

O cádmio é um metal pesado que produz efeitos tóxicos nos organismos vivos, mesmo em concentrações muito pequenas. A exposição ao cádmio nos humanos ocorre geralmente através de duas fontes principais: a primeira é por via oral (por água e ingestão de alimentos contaminados), e a segunda por inalação. Em organismos intensamente expostos, o cádmio ocasiona graves enfermidades ao atuar sobre estes órgãos. Existem atualmente algumas descrições de possíveis mecanismos de toxicidade do cádmio, entretanto, o modo real pelo qual este elemento age como agente tóxico tem sido pouco estudado.

A fonte mais importante de descarga do cádmio para o meio ambiente é através da queima de combustíveis fósseis (como carvão e petróleo), incineração de lixo doméstico, emissões de indústrias de cimento, de ferro e aço, descarte de produtos que utilizam o cádmio, o uso de fertilizantes fosfatados e disposição de esgotos que contenham esse metal.

Apesar de serem claras as evidências da toxicidade do cádmio, não foram realizados estudos formais acerca das consequências reais que tem a ação deste metal sobre os organismos vivos, especialmente no humano. É possível que alguns dos nossos males, tais como câncer,

enfermidades renais, hepáticas, pulmonares e outras, estejam ligados com a exposição prolongada ao cádmio.

Cromo (Cr)

Geralmente, não se considera que o cromo metálico e os compostos de cromo(III) sejam, especialmente, um risco para a saúde. Trata-se de um elemento essencial para o ser humano, porém em altas concentrações é tóxico.

As fontes antropogênicas do cromo são a contaminação por emissões das indústrias de cimento, fundições, soldagem de ligações metálicas, manufaturas de aço e ligas, galvanoplastia, lâmpadas, cerâmicas, lixo urbano e industrial, incineração do lixo, curtumes, fertilizantes e cinzas de carvão.

Os compostos de cromo(VI) são tóxicos quando ingeridos, sendo a dose letal de alguns gramas. Em níveis não letais, o cromo(VI) (cromo hexavalente) é altamente carcinógeno. A maioria dos seus compostos irritam os olhos, a pele e as mucosas. A exposição crônica a compostos de cromo (VI) pode provocar danos permanentes nos olhos.

Cobalto (Co)

Os compostos de cobalto geralmente devem ser manipulados com cuidado devido à ligeira toxicidade do metal. O Co-60 é radioativo e a exposição a sua radiação pode provocar câncer. Na ingestão de Co-60 ocorre a acumulação de alguma quantidade nos tecidos, que é eliminada muito lentamente. Numa eventual guerra nuclear, a emissão de neutrons converteria o ferro em Co-60 multiplicando os efeitos da radiação após a explosão, prolongando no tempo os efeitos da contaminação radioativa. Com este propósito se desenham algumas armas nucleares denominadas *armas sujas* (do inglês *dirty bomb*). Na ausência de guerra nuclear, o risco provém da inadequada manipulação ou manutenção das unidades de radioterapia.

Cobre (Cu)

Todos os compostos de cobre deveriam ser tratados como se fossem tóxicos; uma quantidade de 30 g de sulfato de cobre é potencialmente letal em humanos. O metal em pó é combustível, inalado pode provocar tosse, dor de cabeça e dor de garganta; recomenda-se evitar a exposição laboral e a utilização de protetores como óculos, luvas e máscaras. As atividades mineiras podem provocar a contaminação de rios e águas subterrâneas com cobre e outros metais tanto durante a exploração como uma vez finalizadas as atividades. A coloração turquesa da água e rochas se deve a presença de precipitados de cobre.

As fontes antropogênicas desse metal incluem a galvanoplastia, fundição do ferro, mineração, corrosão de tubos de cobre e de latão por águas ácidas, fungicidas usados na preservação da madeira e efluentes de esgotos sanitários, indústria elétrica e eletrônica.

Níquel (Ni)

Intoxicações mesmo leves por Ni (níquel) podem causar como sintomas apatia, diarreia, dores de cabeça, febre, insônia e náuseas. As fontes antropogênicas de níquel são a queima de combustíveis fósseis, a incineração do lixo, a galvanoplastia, os esgotos sanitários e a liberação dos resíduos industriais que utilizam o níquel, ligas e compostos, no seu processo de fabricação ou fundição.

Chumbo (Pb)

O chumbo pode ser encontrado na água potável através da corrosão de encanamentos de chumbo. Isto é comum de ocorrer quando a água é ligeiramente ácida e este é um dos motivos para os sistemas de tratamento de águas públicas ajustarem o pH das águas para uso doméstico. O chumbo não apresenta nenhuma função essencial conhecida no corpo humano. É extremamente danoso quando absorvido pelo organismo através da comida, ar ou água. O chumbo pode causar vários efeitos indesejáveis, tais como: perturbação da biosíntese da hemoglobina e anemia; aumento da pressão sanguínea; danos aos rins; abortos; alterações no sistema nervoso; danos ao cérebro; diminuição da fertilidade do homem; diminuição da aprendizagem em crianças; modificações no comportamento das crianças, como agressão, impulsividade e hipersensibilidade.

O chumbo é um dos mais perigosos metais tóxicos pela quantidade e severidade dos seus efeitos. É classicamente uma toxina crônica, sendo observados poucos efeitos após uma exposição aguda a níveis relativamente baixos. Pode ter efeitos no sangue, medula óssea, sistema nervoso central e periférico e rins, resultando em anemia, inapetência (anorexia), encefalopatia, dores de cabeça; dificuldade de concentração e memorização, depressão, tonturas, sonolência, fadiga, irritabilidade, cólicas abdominais e dores musculares, dores nos ossos e articulações, insuficiência renal e hipertensão; é tóxico para a reprodução e desenvolvimento humanos. A exposição das crianças, mesmo a níveis baixos de chumbo, pode ao longo do tempo provocar redução do QI, dificuldades de aprendizagem ou problemas de comportamento. As mulheres grávidas devem ter especial cuidado porque o feto em desenvolvimento é muito sensível aos efeitos da exposição ao chumbo. A IARC (International Agency for Research on Câncer) determinou que o chumbo inorgânico é provavelmente carcinogênico para os humanos e o chumbo orgânico não é classificável em relação à sua carcinogenicidade em humanos, com base na evidência inadequada dos estudos em humanos e animais. As crianças são especialmente vulneráveis aos efeitos do chumbo. Mesmo quantidades relativamente pequenas de chumbo podem causar rebaixamento permanente da inteligência em crianças, potencialmente resultando em desordens para leitura, distúrbios psicológicos e retardamento mental. Outros efeitos em crianças incluem doenças nos rins e artrite.

Zinco (Zn)

O Zn (zinco) metálico não é considerado tóxico, porém alguns de seus compostos, como o óxido e o sulfeto, são nocivos. zinco é o 23º elemento mais abundante na crosta terrestre. O maior consumo de zinco ocorre na galvanização de tubos, arames, cantoneiras e chapas. Em países frios, as chapas zincadas são usadas para cobrir casas, na forma de telhas corrugadas. O zinco é ainda usado na fabricação de pilhas, graças a sua reação muito lenta com os ácidos, e no fabrico de ligas (latão, bronze e Zamak). Entre outros compostos de zinco, destacam-se o óxido de zinco (ZnO), usado na vulcanização da borracha, e o sulfeto de zinco (ZnS), que, por ser luminescente, é empregado em mostradores de relógios e em lâmpadas fluorescentes. A maior parte dos efeitos tóxicos do zinco relaciona-se à sua combinação com outros metais pesados e contaminação

durante os processos de extração e concentração de zinco. As cinzas do metal nunca são completamente puras, podendo estar misturadas a outros metais como cádmio e mercúrio.

Mercúrio (Hg)

As intoxicações por Hg (mercúrio) apresentam uma graduação de efeitos proporcionais a sua ingestão e/ou acumulação. As intoxicações mesmo leves por mercúrio caracterizam-se por causar anemia, anorexia, depressão, dermatite, fadiga, dores de cabeça, hipertensão, insônia, torpor, irritabilidade, tremores, fraqueza, problemas de audição e visão. Intoxicações mais severas podem levar a inúmeros problemas neurológicos graves, inclusive paralisias cerebrais. As enfermidades ou lesões associadas ao mercúrio recebem a denominação de: hidrargirismo ou mercurialismo e hidrargiria.

As principais fontes de contaminação são a erosão de depósitos naturais que contenham esse metal, efluentes industriais, chorume de aterro sanitário, escoamento superficial de áreas agrícolas.

3.2 Importância da Avaliação dos Sedimentos de Fundo

O sedimento depositado em leito de rios pode ser considerado como o resultado da integração dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem em um ambiente aquático. O sedimento é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais, por possibilitar a ciclagem da matéria (decomposição) e o fluxo de energia. Os mesmos podem ser divididos em duas camadas: a recente e a permanente. A camada recente corresponde a camada com maior concentração de matéria orgânica, é a camada mais superficial, a que está em contato direto com a água. E a camada permanente logo abaixo da camada recente é caracterizada pelo baixo teor de matéria orgânica e por apresentar-se em condições anaeróbias de existência (ESTEVES, 1998).

O sedimento de fundo é descrito por LICHT, 1998 como sendo aquele material não consolidado, distribuído ao longo dos vales do sistema de drenagem e modificado a partir da interação constante e contínua dos processos de intemperismo e erosão. Esses processos atuam sobre os diversos tipos de rocha e /ou seus produtos de intemperização *in situ*, localizados na bacia de

drenagem. Assim, as amostras de sedimento de rios, lagos e lagoas representam a integração de todos os processos que ocorrem no ecossistema aquático à montante e têm sido investigadas para elucidar a poluição ambiental atribuída aos elementos-traço e/ou substâncias tóxicas orgânicas (RODRIGUES, 2001).

Dessa forma, os sedimentos de fundo desempenham papel significativo na avaliação da poluição de mananciais. Elas refletem a qualidade atual do sistema aquático, bem como a possibilidade de disponibilidade futura e contaminação antiga, podendo ser usados para detectar a presença de contaminantes, os quais não permanecem solúveis após o seu lançamento em águas superficiais (ALLOWAY; AYRES, 1997).

Um sedimento é geralmente formado por fases sólidas de elementos majoritários: metais, não-metais (elementos-traço), precipitados e compostos hidrolisados. Estes elementos podem estar presentes em altas concentrações, devido a processos geogênicos, pois possuem a tendência a co-precipitar e adsorver no material particulado. Em ecossistemas preservados, os sedimentos consistem predominantemente de detritos orgânicos, colóides, células vivas (bactérias e algas) e sólidos inorgânicos, tais como: óxidos e hidróxidos de metais, carbonatos e argilas (AUALITIA; PICKERING, 1988).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLOWAY, B.J.; AYRES, D.C. **Chemical Principles of Environmental Pollution**. New York: All Print, 1997.
- AUALITIA, T.U.; PICKERING, W.F.. Sediment analysis: Liability of Selectively Extracted Fractions, **Talanta - The International Journal of Pure and applied Analytical Chemistry**, 1988, p. 559-566.
- CUNHA, E.M.S. **Caracterização e planejamento ambiental do estuário Potengi**. 1982. Tese (Doutorado em Hidrologia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- DERISIO, J. C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. São Paulo: Signus, 2000. 164f.
- EBY, G. Nelson. **Principles of environmental Geochemistry**. University of Massachusetts: Thomson Books, 2004.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: FINEP, 1998.
- FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária Ltda e Editora Springer Ltda, 1980.
- FRAZÃO, E. P.. **Caracterização Hidrodinâmica e morfo-sedimentar do estuário potengi e áreas adjacentes: subsídios para o controle e recuperação ambiental no caso de derrames de hidrocarbonetos de petróleo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- FORSTNER, U.. Changes in metal mobilities in aquatic and terrestrial cycles. In: Patterson V.W. et Passino (editores). **Metals speciation, separation and recovery**. Chelsa: Lewis, p.3 26.
- GUERRA, A.T.. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1975, p.399.
- IDEMA, **Mapeamento Geoambiental dos Estuários dos rios Potengi e Ceará-Mirim em escala 1: 10.000 com base nas imagens Ikonos II**, 2004.
- IDEMA. **Projeto de Zoneamento ecológico-econômico do litoral do Rio Grande do Norte: subsídios para elaboração de normas do ZEE dos estuários do Rio Grande do Norte**. Natal, 2005.
- LICHT, O. A. B. **Prospecção Geoquímica: princípios, técnicas e métodos**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998.

OLIVEIRA, J. B.. **Diagnóstico geoquímico ambiental de água e sedimento de fundo da lagoa de Extremoz – Região da Grande Natal –RN.** 2006. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

PAIS, I.; BENTON, J.. **The Handbook of trace elements.**: Flórida: Boca Raton,1997.

PENTEADO, J. C. P; VAZ, J. M. The legacy of the polychlorinated biphenyls (PCBs), **Química Nova**, V. 24, n.3, p.390398, 2001.

VESILIND, P.A., PIERCE, J.J., WEINER, R.F.. **Environmental Pollution and Control.** Butterworth Heinemann, 1998.

RODRIGUES, M. L. K. **Monitoramento da Qualidade da água.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001.

SELINUS, Olle (ed). **Essentials of Medical Geology:** impacts of the natural environment on public health. Elsevier Academic Press, 2004.

SEMARH. Conscientizar para preservar. Disponível em: www.semarh.rn.gov.br. Acesso em 18 de janeiro de 2008 às 14:45.

CAPÍTULO 1

DIAGNÓSTICO GEOQUÍMICO DO SEDIMENTO DE FUNDO DO ESTUÁRIO POTENGI E SUAS IMPLICAÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS – REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE NATAL.

Texto submetido à avaliação do órgão de divulgação da Sociedade Brasileira de Química para publicação em *Química Nova*.

RESUMO

DIAGNÓSTICO GEOQUÍMICO DO SEDIMENTO DE FUNDO E SUAS IMPLICAÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS NO ESTUÁRIO POTENGI-RN. O presente trabalho estudou a ocorrência, os níveis de concentração e a toxicologia de metais pesados nos sedimentos de fundo do estuário Potengi, buscando compreender o grau de comprometimento das populações ribeirinhas. Foram definidas 36 estações de amostragem. Os dados foram interpretados a partir da apresentação do sumário numérico; coeficiente de variação; distribuição espacial; comparação com os valores de referência e com outros estudos semelhantes. A concentração dos elementos nos sedimento refletiu as condições naturais da própria geoquímica dos materiais da região e também contribuição das atividades humanas.

Palavras-chaves: metais pesados; sedimentos estuarinos; toxicologia.

ABSTRACT

GEOQUIMICO DIAGNOSIS OF SEDIMENTS OFF DEEP AND IMPLICATIONS SOCIO-ENVIRONMENTAL IN ESTUARY POTENGI-RN. The present work studied the occurrence, the levels of concentration and the toxicology of heavy metals in the bottom sediments of the Potengi estuary, searching understanding the commitment degree to which the riverine populations. Thirty six sampling stations were defined. The data was interpreted through the presentation of the numerical summary; variation coefficient; space distribution; comparison with reference values and with other similar studies. The concentration of the elements in the sediment reflected the natural conditions of the geochemistry of the materials in the region and also contribution from human activities.

Word-keys: heavy metals; estuarinos sediments; toxicology.

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 – Considerações iniciais

A preocupação com os recursos naturais tem sido uma constante nos dias atuais. A degradação dos ecossistemas dissemina-se de uma forma avançada e generalizada. Nesse sentido, a utilização dos recursos naturais pelo homem, bem como as suas atividades urbanas e agrícolas tem causado modificações profundas a determinados sistemas. Entre as áreas mais afetadas, estão os estuários, estes são ambientes sedimentares costeiros cuja evolução depende da interação entre os parâmetros hidráulicos, sedimentares e aspectos morfológicos, e onde a atividade biológica é uma condicionante fundamental. Os estuários constituem meios receptores de sedimentos por excelência, onde os processos evolutivos são rápidos (FRAZÃO, 2003).

Os sistemas estuarinos são também meios atrativos para a ação antrópica, onde o desenvolvimento de atividades portuárias e marítimas é crescente. O estuário Potengi enquadra-se perfeitamente na problemática ambiental em geral enfrentada por ecossistemas aquáticos. Este vem sofrendo há anos intensa deterioração dos seus recursos naturais terrestres e aquáticos, e continua exercendo suas funções ambientais essenciais, embora de maneira prejudicada. A ocupação de suas margens de maneira desordenada, e sem planejamento, muitas vezes acarreta a destruição de suas florestas de manguezais, causando a degradação do meio ambiente, visto que os manguezais são importantes fontes de suprimento de matéria orgânica e de energia para os sistemas costeiros, além de serem também fonte alimentar para uma grande variedade de organismos (FRAZÃO, 2003).

O estuário Potengi possui importância ecológica, ocupa também uma posição econômica, política e social muito importante para o estado do Rio Grande do Norte, a qual é acentuada pela sua localização geográfica. Porém, as margens do estuário vêm sendo ocupadas de forma desordenada pela população ribeirinha, e pouco se fez na busca da preservação ou do monitoramento desse importante ecossistema. Outra constante em suas margens são os surgimentos em seu entorno de indústrias que atuam nos setores têxtil, de bebidas, de baterias, de confecções, de alimentos, de laticínios, entre outras. Encontram-se também, em plena atividade, duas empresas de limpa-fossas que lançam os efluentes das suas estações de tratamento de esgoto no estuário Potengi. Além disso, há também os empreendimentos de carcinicultura.

Dessa forma, o real comprometimento da qualidade ambiental do estuário tem suas origens no uso e ocupação do solo, nas atividades comerciais e industriais que se desenvolvem em suas cercanias e na sua utilização como corpo receptor dos esgotos domésticos da Região Metropolitana do Natal, a qual não possui infra-estrutura adequada para a coleta e tratamento das águas residuárias. O lançamento de águas residuárias sem tratamento pode ser considerado como provável responsável pela presença de metais pesados no estuário Potengi, implicando sem dúvida, em motivo de preocupação, devido aos seus efeitos nocivos destes elementos à saúde humana.

1.2 Objetivos

Geral:

O presente estudo tem por objetivo estudar a ocorrência, os níveis de concentração e a toxicologia dos elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb e Zn nos sedimentos de fundo do estuário Potengi.

Específicos:

- Avaliar a distribuição espacial dos elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb e Zn na fração <0,063 mm dos sedimentos de fundo do estuário;
- Avaliar a concentração dos elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb e Zn no sedimento de fundo, quanto à toxicologia em relação aos valores de referência mundiais;
- Comparar os teores encontrados nesse estudo com os de outros corpos hídricos de estudos similares.
- Compreender o grau de comprometimento a qual as populações ribeirinhas estão expostas a prováveis contaminações por metais pesados;

1.3 Localização Geográfica

O estuário Potengi está localizado no litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte, apresentando-se como um braço de mar que adentra cerca de 20 km na bacia do rio potengi (**Figura 1.1**).

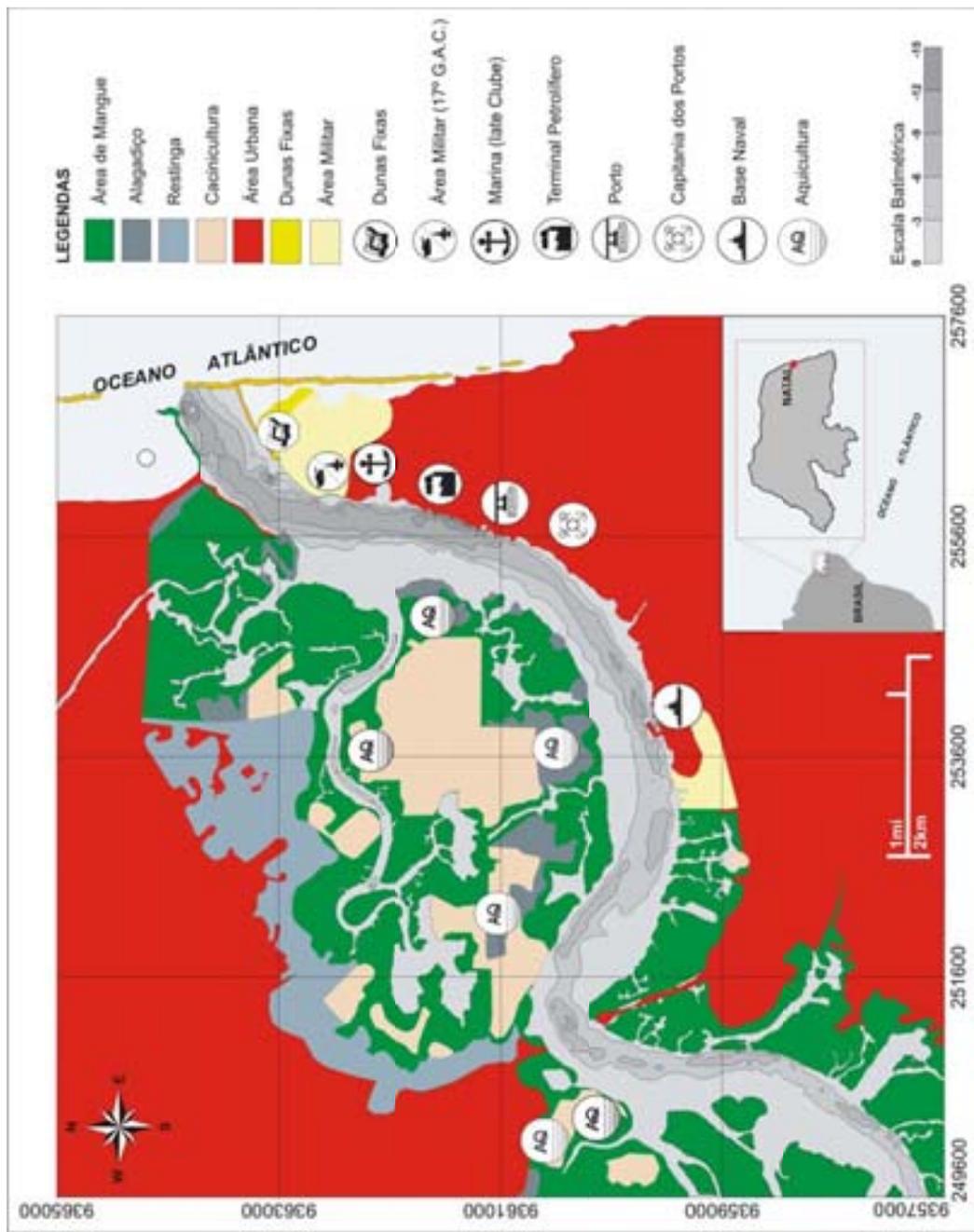


Figura 1.1 – Mapa de localização geográfica do estuário Potengi, com a cidade de Natal no seu entorno (e parte do município de São Gonçalo do Amarante na margem esquerda da porção sudoeste da figura). Fonte: IDEMA, 2004; FRAZÃO, 2003 (modificado).

2.0 MATERIAIS E MÉTODOS

A realização do diagnóstico geoquímico ambiental dos sedimentos de fundo do estuário do rio Potengi compreendeu a coleta de amostras, a preparação e análise dessas amostras e a interpretação dos dados analíticos.

2.1 Amostragem

2.1.1 Planejamento Amostral

Para alcançar os objetivos do diagnóstico dos sedimentos de fundo do estuário, foi previamente definido que a extensão da amostragem se daria desde a foz até cerca de 3 km a montante da Ponte de Igapó e que essa amostragem seria realizada segundo seções transversais, com três estações em cada uma. Foi também decidido que em cada seção a primeira e a terceira estações seriam posicionadas próximo das margens direita e esquerda (respectivamente), enquanto que a segunda estação seria posicionada na parte mais profunda do canal do estuário. Para a identificação da parte mais profunda do canal usou-se a **Figura 1.1**, onde é possível observar a batimetria da área em estudo. Com essa distribuição amostral, buscou-se detectar as possíveis interferências ambientais, tanto aquelas diretamente relacionadas com a presença antropogênica nas margens do estuário quanto aquelas que encontram-se registradas no centro do canal (mais especificamente em sua parte mais profunda). Ficou também definido que a distância entre as seções vizinhas não deveriam ultrapassar 1500 metros, sendo essa distância preferencialmente inferior 1000 metros.

Desse modo, com esse esquema de amostragem, optou-se por concentrar os esforços, recursos e tempo disponíveis na avaliação detalhada do trecho do estuário mais influenciado pela área urbana de Natal e de São Gonçalo do Amarante do que estender a avaliação para um segmento mais longo do rio, porém em menor detalhe. Ao final do planejamento amostral, foram definidas 12 seções de amostragem, totalizando, portanto 36 estações de coleta. Durante o planejamento, decidiu-se que duas dessas seções seriam aleatoriamente escolhidas para serem amostradas em duplicata e que o material de cada amostra seria formado pelos sedimentos de fundo do nível superficial do assoalho do estuário.

2.1.2 Coleta das Amostras

A coleta foi feita com o auxílio de um bote a motor cedido pela Marinha do Brasil e pertencente ao Navio Comandante Manhães, tendo sido realizada nos dias 19, 20 e 21 de junho e 19 de julho do ano de 2007, inseridos no período chuvoso. A impossibilidade de se realizar a amostragem em dias consecutivos deveu-se à disponibilidade do bote apenas nos dias citados.-A **Tabela 2.1** mostra dados de localização das 36 estações de amostragem, identificadas de T1 a T36. A **Figura 2.1** mostra as 12 seções de amostragem, as quais foram numeradas de S1 a S12, bem como as estações de amostragem de cada seção.

Tabela 2.1 – Coordenadas em UTM das 36 estações de amostragem medidas em GPS marca. Garmim. Datum de referência: WGS 84.

SEÇÕES	ESTAÇÕES	COORDENADAS UTM		SEÇÕES	ESTAÇÕES	COORDENADAS UTM	
		Latitude	Longitude			Latitude	Longitude
S1	T1	256865	9363514	S7	T19	253091	9359436
	T2	256473	9363666		T20	253081	9359556
	T3	256142	9363628		T21	253063	9359853
S2	T4	256039	9362842	S8	T22	252093	9359798
	T5	255814	9362960		T23	252259	9360115
	T6	255623	9362971		T24	252324	9360221
S3	T7	255798	9361687	S9	T25	251252	9360224
	T8	255668	9361736		T26	251168	9360391
	T9	255364	9361685		T27	251118	9360543
S4	T10	255566	9360935	S10	T28	250924	9359639
	T11	255497	9360972		T29	250779	9359645
	T12	255263	9361048		T30	250655	9359550
S5	T13	254885	9360032	S11	T31	250909	9358792
	T14	254747	9360183		T32	250883	9358767
	T15	254614	9360355		T33	250678	9358767
S6	T16	253948	9359633	S12	T34	250642	9358008
	T17	253871	9359776		T35	250481	9358055
	T18	253739	9359994		T36	250406	9358153

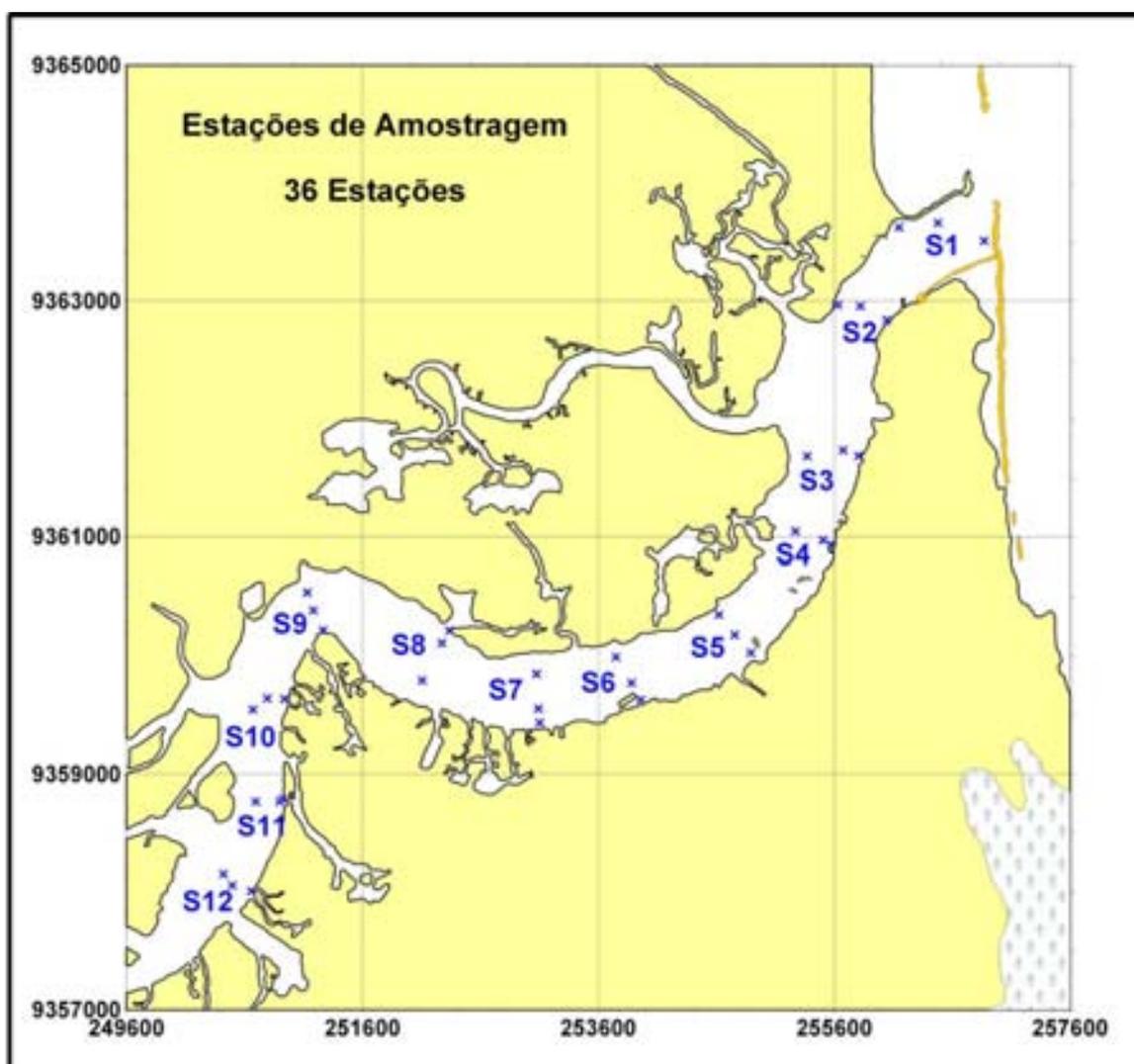


Figura 2.1 – Mapa das estações de amostragem e suas seções.

A **Tabela 2.2** fornece dados da amostragem, incluindo o número de amostras coletadas em cada estação, mostrando que nas seções S6 e S9 as estações foram amostradas em duplicata.

Tabela 2.2 – Dados de campo para a amostragem de sedimento de fundo no estuário Potengi/RN.

SEÇÕES	ESTAÇÕES	DATA DA COLETA	HORA DA COLETA	PROFUNDIDADE (em metros)	Nº DE AMOSTRAS
S1	T1	19/06/2007	08:40	3,3	1
	T2	19/06/2007	09:30	11,0	1
	T3	19/06/2007	10:17	1,8	1
S2	T4	20/06/2007	08:27	4,7	1
	T5	19/06/2007	11:45	11,2	1
	T6	19/06/2007	11:20	2,5	1
S3	T7	20/06/2007	09:02	14,2	1
	T8	20/06/2007	10:07	12,6	1
	T9	20/06/2007	11:04	1,8	1
S4	T10	20/06/2007	11:35	7,0	1
	T11	20/06/2007	12:14	12,0	1
	T12	20/06/2007	12:38	2,8	1
S5	T13	20/06/2007	16:40	1,9	1
	T14	20/06/2007	16:15	8,2	1
	T15	20/06/2007	15:55	2,0	1
S6	T16	19/06/2007	15:25	7,8	2
	T17	19/06/2007	16:09	6,2	2
	T18	20/06/2007	15:15	2,5	2
S7	T19	19/06/2007	08:25	7,8	1
	T20	21/06/2007	09:16	10,0	1
	T21	21/06/2007	10:00	3,5	1
S8	T22	21/06/2007	11:15	3,1	1
	T23	21/06/2007	10:50	8,0	1
	T24	21/06/2007	10:30	1,5	1
S9	T25	21/06/2007	13:49	4,5	2
	T26	21/06/2007	15:09	6,0	2
	T27	21/06/2007	14:40	0,5	2
S10	T28	19/07/2007	10:04	4,6	1
	T29	19/07/2007	10:26	8,2	1
	T30	19/07/2007	10:45	0,5	1
S11	T31	19/07/2007	11:11	8,7	1
	T32	19/07/2007	11:35	8,0	1
	T33	19/07/2007	12:04	0,8	1
S12	T34	19/07/2007	13:03	0,3	1
	T35	19/07/2007	13:34	5,8	1
	T36	19/07/2007	13:15	0,3	1

Para a coleta, utilizou-se a draga *van Veen* (**Figura 2.2a**) confeccionada em aço inoxidável, com o objetivo de minimizar a possível contaminação das amostras por abrasão com o material sedimentar.



Figura 2.2 – Demonstração da amostragem realizada. **(a)** imagem da draga do tipo *van Veen* coletando o sedimento do estuário; **(b)** acondicionamento do sedimento em bandeja de aço inox;

As alíquotas foram acondicionadas em frascos de polietileno de boca larga com tampa rosqueável (respectivamente 200 mL e 400 mL), previamente descontaminados no laboratório com HNO₃ diluído. Outra alíquota foi acondicionada em saco plástico, correspondendo a aproximadamente 500 g de material.

De uma estação para outra, os equipamentos de coleta (amostrador, bandeja, colher e espátula) eram lavados com a própria água corrente do estuário, a seguir secados com papel toalha e depois esfregados com hexano.

2.1.3 Procedimentos Laboratoriais

Os procedimentos laboratoriais tiveram como meta a obtenção da fração <0,063mm dos sedimentos de fundo e a dosagem dos elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb e Zn nessa fração. A escolha dessa fração para análise deve-se ao fato da mesma ser comumente escolhida para estudos ambientais que tratam da fixação de elementos em matrizes geológicas sólidas (solos e sedimentos), inclusive voltados para avaliação de poluição química, já que as frações granulométricas mais finas realçam melhor o registro de possível presença de poluentes (MANTEI; SAPPINGTON,1994; SANTOS *et al.*, 2002; QUEVAUVILLER, 2002).

Após coletadas, foram levadas ao Laboratório de Geoquímica Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, onde foram inicialmente secadas em estufa à temperatura de 40°C. Para se alcançar à completa secagem do material, as amostras permaneceram na estufa por um período que variou de 15 a 20 dias. Após a secagem, cada amostra foi submetida ao peneiramento a seco utilizando-se peneiras de náilon, com o objetivo de se obter a fração <0,063mm, correspondente a fração piltico-argilosa dos sedimentos. Para a realização desse peneiramento foram utilizadas duas peneiras em seqüência, a de 2mm e a de 0,063mm, a primeira utilizada com o objetivo de proteger a segunda e também para garantir uma maior eficiência do peneiramento. Para as amostras que apresentavam-se mais arenosas, foi necessário a utilização do material que se encontrava nos sacos plásticos, com o objetivo de se obter uma quantidade de material <0,063mm que fosse suficiente para as análises.

Com o término do peneiramento foram obtidas as frações de >2mm, <2mm a >0,063mm e <0,063mm. A seguir cada fração foi pesada (**Tabela 2.3**), sendo a fração <0,063mm enviada para análise em laboratório comercial. No caso da estação T32, a quantidade de material não foi suficiente para análise, mesmo após a secagem e peneiramento de todas as três porções coletadas (frascos de 400mL e 200mL e saco plástico com aproximadamente 500g).

Para a análise dos elementos escolhidos, a fração <0,063 mm das amostras foi submetida à digestão com água régia (HCl:HNO₃ ; 3:1) a uma temperatura de 115°C. Trata-se de uma digestão considerada forte, capaz de solubilizar a maioria dos elementos químicos presentes em grande parte de suas formas de ocorrência nas amostras, indo desde as fases fracamente ligadas (adsorvidas) ou facilmente solubilizáveis até as fases quimicamente mais resistentes. Especificamente, essa digestão é capaz de solubilizar os elementos químicos presentes na forma de sais solúveis em meio ácido, nas formas adsorvidas a argilominerais, à matéria orgânica e a óxidos secundários de Fe e Mn. Em conjunto, essas formas de ocorrência representam fases dos elementos químicos que podem ser facilmente remobilizadas para incorporação no meio aquoso e/ou disponibilizadas para absorção pela biota. Essa digestão com água régia solubiliza também os óxidos secundários de Fe, Mn e Al, os argilominerais e a matéria orgânica, essa última exceto em suas formas mais resistentes (celulose, por exemplo). Solubiliza ainda os minerais primários de Fe e Mn e a maioria dos alumino-silicatos. Entretanto, não é capaz de solubilizar alumino-silicatos quando não intemperizados e também alguns óxidos mais resistentes. De qualquer forma, os elementos presentes na estrutura cristalina desses minerais mais resistentes têm chance

desprezível de ser dali retirado para serem incorporados nos sedimentos de fundo em formas ambientalmente disponíveis e/ou preocupantes (HALE; PLANT, 1994).

As soluções obtidas foram dosadas por ICP-OES (espectrometria de emissão ótica em ambiente de plasma gerado por acoplamento induzido) para os elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb e Zn, além de outros 24 elementos não considerados no presente estudo

Tabela 2.3 – Peso das amostras de cada estação de amostragem nas frações >2mm, <2>0,063mm e <0,063mm. Dados em gramas (g).

SEÇÃO	ESTAÇÃO	Fração >2mm		Fração <2>0,063mm		Fração <0,063mm		Total	
		Peso	%	Peso	%	Peso	%	Peso	%
S1	T1	23,5	2,1	1088,4	96,8	12,8	1,1	1124,7	100,0
	T2	71,7	4,2	1615,3	95,3	7,2	0,4	16950	100,0
	T3	5,5	0,7	722,4	97,2	15,3	2,1	743,2	100,0
	T4	43,8	6,6	570,6	86,1	48,4	7,3	662,8	100,0
S2	T5	47,4	4,0	1110,5	94,7	15,3	1,3	1173,3	100,0
	T6	25,4	3,6	654,4	93,3	21,9	3,1	701,7	100,0
	T7	22,6	5,5	359,4	87,5	28,6	7,0	410,7	100,0
S3	T8	9,2	1,7	517,2	93,8	24,9	4,5	551,3	100,0
	T9	50,3	18,8	181,7	67,9	35,5	13,3	267,5	100,0
	T10	79,4	26,7	205,7	69,3	11,6	3,9	296,7	100,0
S4	T11	218,6	7,3	2758,8	92,5	4,1	0,1	2981,6	100,0
	T12	49,8	19,4	174,0	67,7	33,1	12,9	256,8	100,0
	T13	34,2	15,3	165,0	73,8	24,4	10,9	223,6	100,0
S5	T14	35,1	3,2	1042,1	95,4	15,1	1,4	1092,4	100,0
	T15	52,8	14,8	268,9	75,4	34,8	9,7	356,4	100,0
	T16	57,3	11,6	405,7	82,0	31,9	6,4	494,9	100,0
S6	T17	92,8	20,2	347,7	75,8	17,9	3,9	458,4	100,0
	T18	35,3	5,6	585,9	92,5	12,1	1,9	633,3	100,0
	T19	11,8	4,0	250,1	85,2	31,8	10,8	293,6	100,0
S7	T20	100,0	19,3	402,8	77,7	15,7	3,0	518,4	100,0
	T21	8,4	2,0	386,8	91,6	27,2	6,4	422,4	100,0
	T22	45,2	20,4	144,7	65,3	31,9	14,4	221,8	100,0
S8	T23	107,3	25,5	268,9	64,0	43,9	10,4	420,0	100,0
	T24	91,1	48,9	79,6	42,8	15,4	8,3	186,0	100,0
	T25	71,4	16,0	324,1	72,6	50,7	11,4	446,2	100,0
S9	T26	88,4	17,5	384,4	75,9	33,5	6,6	506,4	100,0
	T27	23,0	3,8	557,0	91,3	30,1	4,9	610,1	100,0
	T28	62,4	24,0	178,4	68,7	18,9	7,3	259,7	100,0
S10	T29	137,5	29,9	281,8	61,3	40,6	8,8	459,8	100,0
	T30	71,1	11,8	508,3	84,3	23,6	3,9	603,0	100,0

S11	T31	88,0	18,7	367,2	77,8	16,8	3,5	472,0	100,0
	T32	41,6	2,2	1881,0	97,7	2,57	0,1	1925,2	100,0
	T33	88,7	9,0	878,5	89,5	14,7	1,5	981,9	100,0
	T34	47,3	21,1	152,0	67,8	24,8	11,1	224,1	100,0
S12	T35	112,8	26,7	270,0	63,9	40,0	9,5	422,8	100,0
	T36	40,0	9,1	361,4	82,3	37,9	8,6	439,3	100,0

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta parte são apresentados os resultados e as interpretações dos dados analíticos dos sedimentos de fundo no estuário Potengi. Os dados foram interpretados a partir das seguintes ferramentas: apresentação do sumário numérico; classificação de acordo com o coeficiente de variação; distribuição espacial; comparação com os valores de referência do NOAA, estabelecidos de acordo com o risco toxicológico; comparação com valores de corpos hídricos em outros estudos que trabalharam com a mesma fração granulométrica e ataque químico semelhante.

3.1 Sumário numérico

A **Tabela 3.1** apresenta o sumário numérico dos parâmetros analisados nas amostras de sedimento de fundo. Para cada elemento são apresentados, respectivamente, a unidade utilizada, o valor mínimo, o valor máximo, a média, a mediana, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Tabela 3.1 – Sumário numérico dos parâmetros analisados na fração <0,063mm nas amostras de sedimento de fundo do estuário Potengi com ataque com água régia. Mín: Valor Mínimo; Máx: Valor Máximo; DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação. Dados em mg/kg, exceto Al, Fe e CV que estão em porcentagem.

Parâmetro	Mín	Máx	Média	Mediana	DP	CV
Al	0,36	3,95	1,99	1,79	0,87	43,60
As	0,25	10,20	3,97	4,20	2,95	74,20
Ba	23,00	206,00	103,94	98,00	47,85	46,03
Cd	0,05	0,20	0,06	0,05	0,03	48,50

Cr	22,00	200,00	86,09	78,00	36,87	42,80
Co	1,30	27,90	11,91	10,20	6,87	57,70
Cu	2,10	62,30	26,60	24,50	13,47	50,60
Fe	0,80	5,45	2,90	2,67	1,17	40,40
Hg	0,005	0,25	0,07	0,06	0,06	83,00
Ni	3,50	78,80	34,83	30,00	18,95	54,40
Pb	5,90	32,20	15,02	14,50	5,63	37,40
Zn	9,00	147,00	69,66	65,00	31,01	44,50

3.2 Coeficiente de variação

O coeficiente de variação (CV) foi calculado através da razão entre o desvio padrão e a média e transformada em percentual, para mensurar a variabilidade entre as estações. Valores de zero a 20% são considerados como variabilidade homogênea, entre 20,01% e 50% considerou-se variabilidade média, de 50,01% a 100% foram classificados como variabilidade alta.

O coeficiente de variação (CV) é apresentado na **Tabela 3.1** para diagnosticar a heterogeneidade composicional dos elementos nos sedimentos do estuário Potengi. Elementos com CV baixo retratam uma distribuição homogênea, enquanto os elementos com CV alto refletem variações composicionais contrastantes entre diferentes pontos dos sedimentos de fundo do estuário. A faixa de valores de CV encontrada foi segmentada em alta e média. Os elementos Al, Ba, Cd, Cr, Fe, Pb e Zn apresentaram variação média, enquanto que As, Co, Cu, Hg e Ni apresentaram valores classificados como altos. Os elementos com maiores CVs, seus relevos geoquímicos são mais heterogêneos, indicando que esses elementos podem ser mais sensíveis aos fatores que causam mudanças de composição nos sedimentos de fundo, incluindo o possível aporte de cargas poluidoras.

3.3 Distribuição espacial

Os resultados das concentrações dos elementos analisados no sedimento de fundo podem ser visualizados de duas formas. A primeira delas refere-se a mapas de símbolos, onde os teores estão representados por pontos que variam de tonalidade e de tamanho. A segunda forma de visualização refere-se aos gráficos de linhas considerando os teores individuais das 36 estações e as médias de cada seção.

A **Figura 3.1** mostra os mapas de símbolos para os 12 elementos considerados. O valor deslocado na **Figura 3.1d** apontado por uma seta na seção S4, corresponde à estação T10, na tentativa de se obter uma melhor visualização da variação desse elemento.

Alumínio: Por se tratar de um elemento da mineralogia de suporte dos sedimentos, os níveis mais altos de Al são interpretados mais como uma possível fonte natural desse elemento no sedimento do estuário do que como possíveis fontes antropogênicas. Suas maiores concentrações foram encontradas nas seções S6, S9 e S12 (**Figura 3.1a**).

Arsênio: Apresentou-se em maiores concentrações de montante para jusante, principalmente nas proximidades da praia urbana da Redinha na foz do estuário Potengi, na seção S2, S3, S4 e margem direita das seções S6 e S7. Essas elevações nas concentrações podem ser explicadas por influências antropogênicas e/ou naturais da própria composição dos solos (**Figura 3.1b**).

Bário: As maiores concentrações desse elemento ocorreram nas seções S6, S8, S9, S10 e S12 (**Figura 3.1c**).

Cádmio: Elevações nos teores desse elemento ocorreram nas seções S4, S10 e S11. Maiores concentrações desse elemento pode ocorrer devido a influências antropogênicas, tais como queima de combustíveis fósseis (como carvão e petróleo), incineração de lixo doméstico, descarte de produtos que utilizam o cádmio e disposição de esgotos que contenham esse metal (**Figura 3.1d**).

Cobalto: Apresentou concentrações maiores nos sedimentos das seções S6, S8, S9 e S12. (**Figura 3.1e**).

Cromo: Esse elemento apresentou concentrações maiores à montante da Ponte de Igapó, seus maiores teores ocorreram possivelmente devido a contaminação por emissões das indústrias, curtumes, lixo urbano e industrial e incineração do lixo (**Figura 3.1f**).

Cobre: Foram observadas elevações nos teores desse elemento nas seções S6 e S7. (**Figura 3.1g**).

Ferro: Os teores de Fe refletem muito mais as variações mineralógicas do que eventuais problemas de poluição, esse elemento foi encontrado em maiores concentrações nas seções S5, S6, S8 e S9. (**Figura 3.1h**).

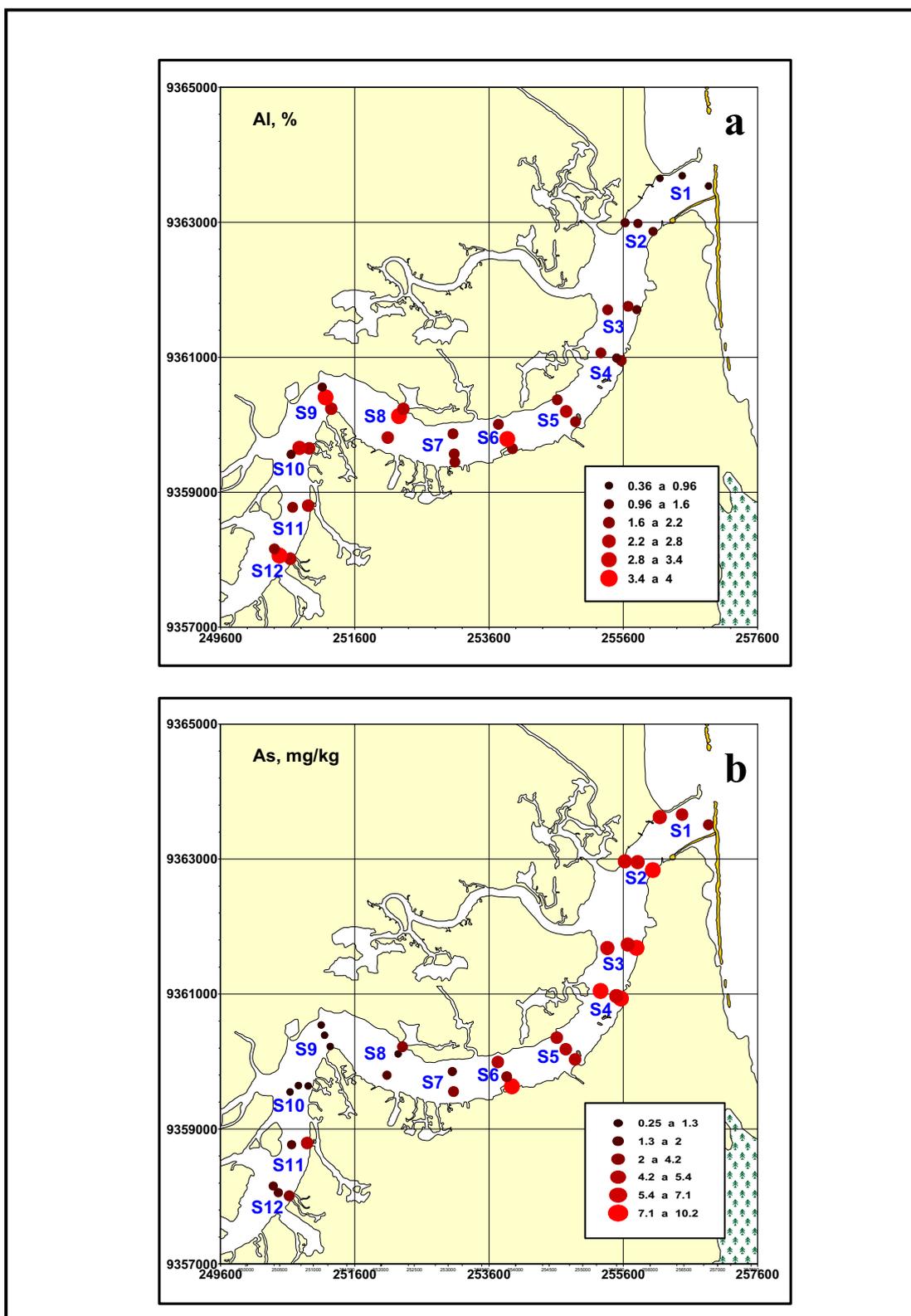


Figura 3.1a e 3.1b – Mapas de símbolos para a distribuição dos teores de Al e As.

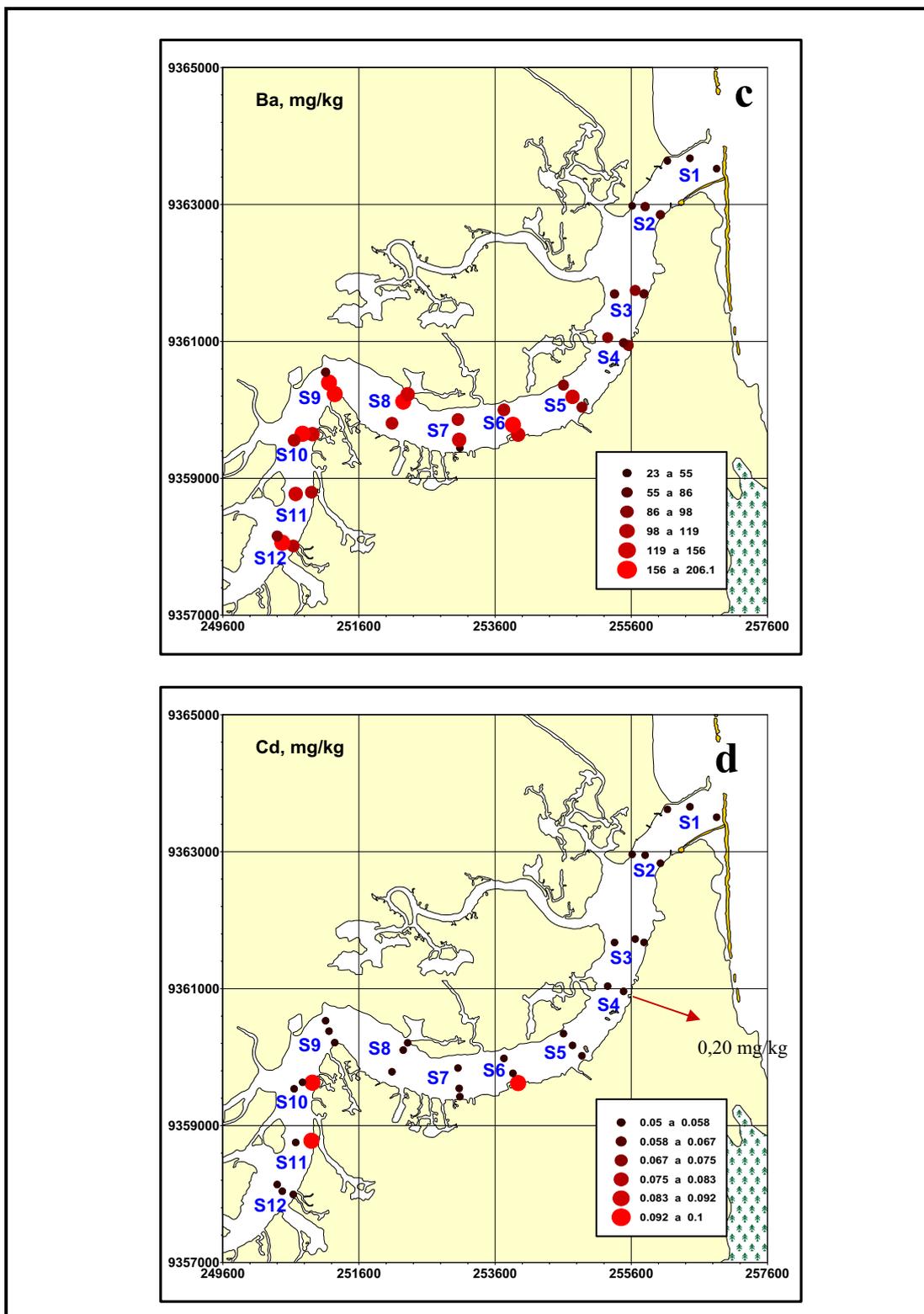


Figura 3.1c e 3.1d – Mapas de símbolos para a distribuição dos teores de Ba e Cd.

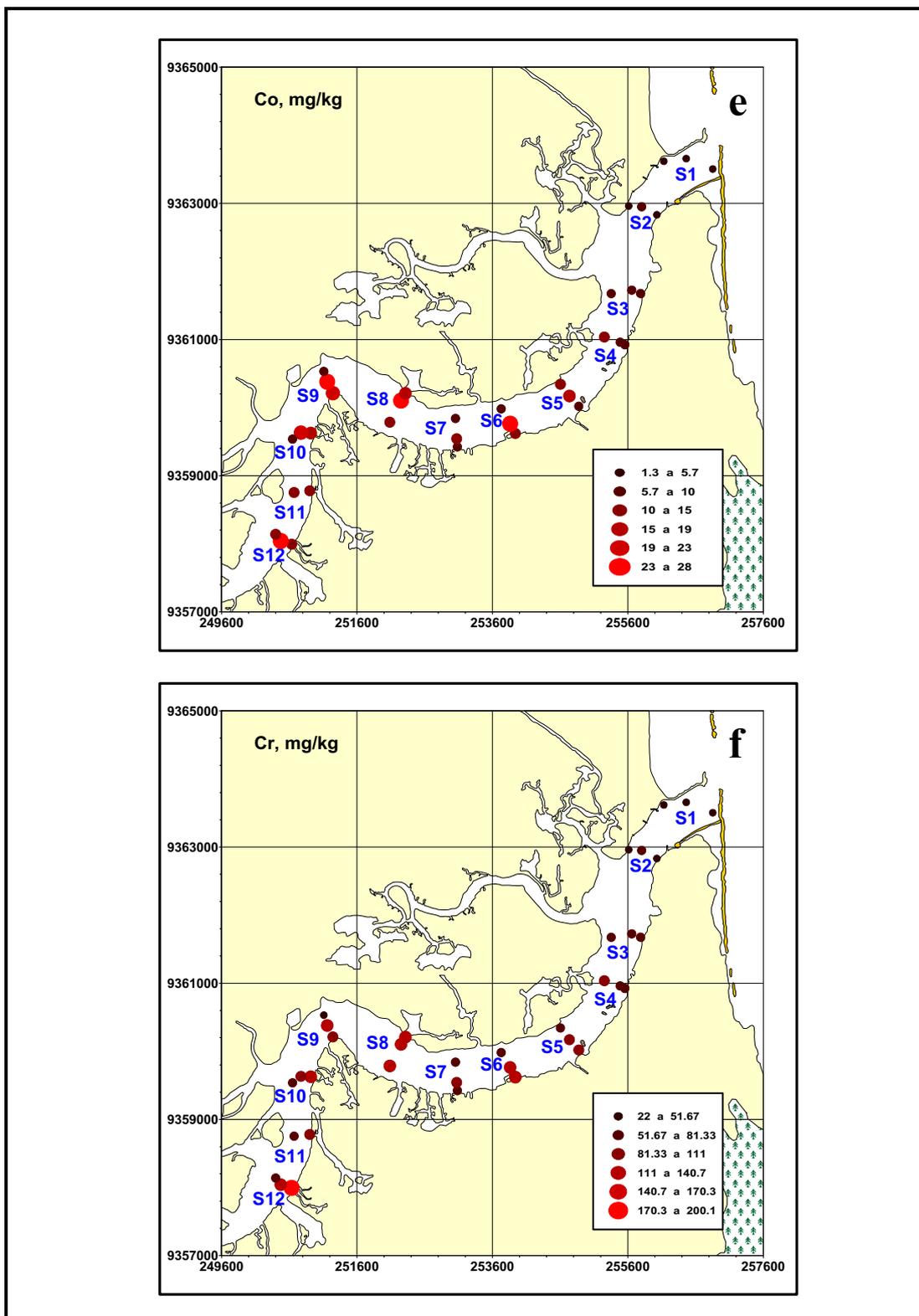


Figura 3.1e e 3.1f – Mapas de símbolos para a distribuição dos teores de Co e Cr.

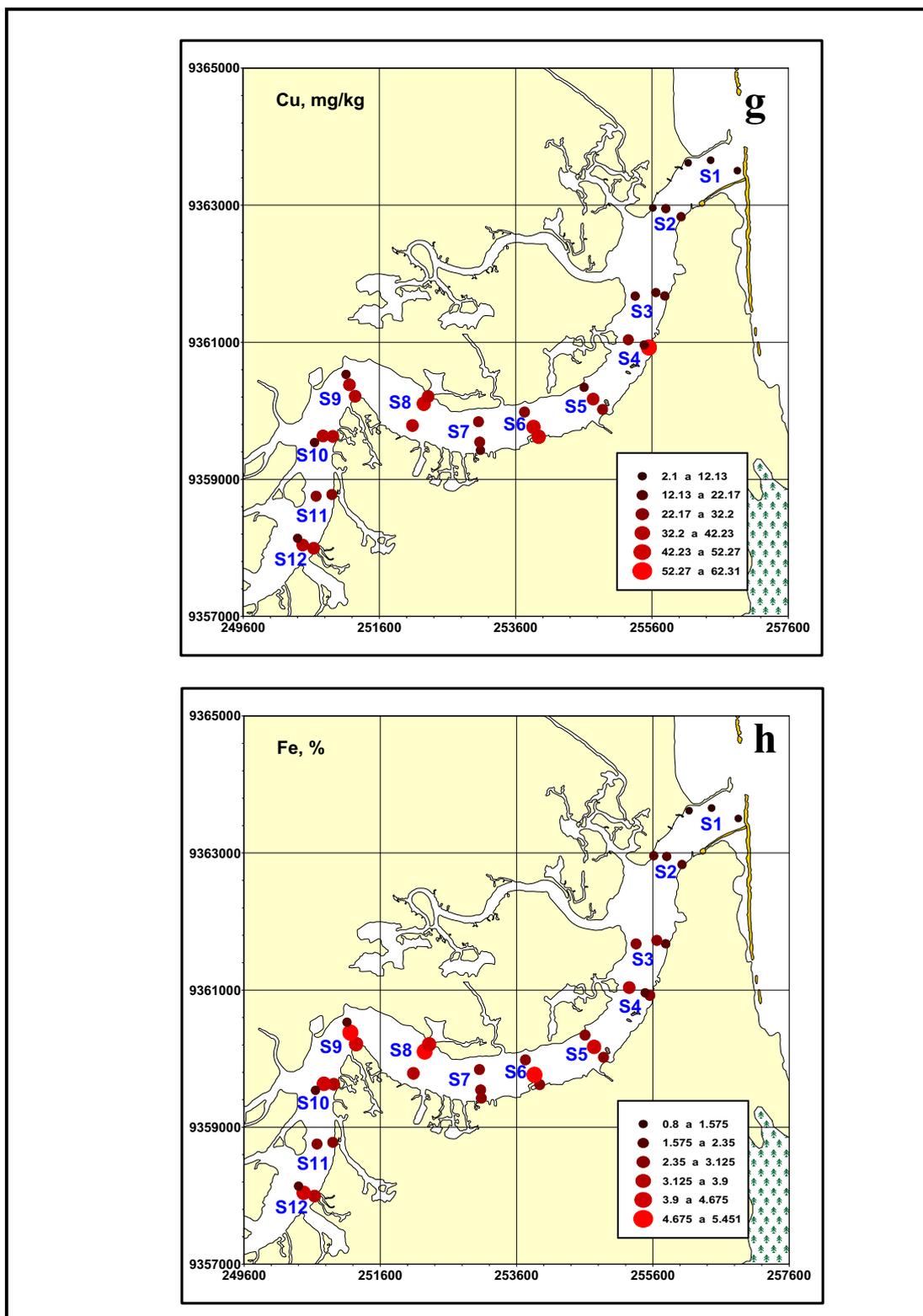


Figura 3.1g e 3.1h – Mapas de símbolos para a distribuição dos teores de Cu e Fe.

CORREA, Tatiana de Lima. Impactos Geoquímicos e Sócio-Ambientais do Estuário do Rio Potengi - Região Metropolitana da Grande Natal/RN. Dissertação de Mestrado.

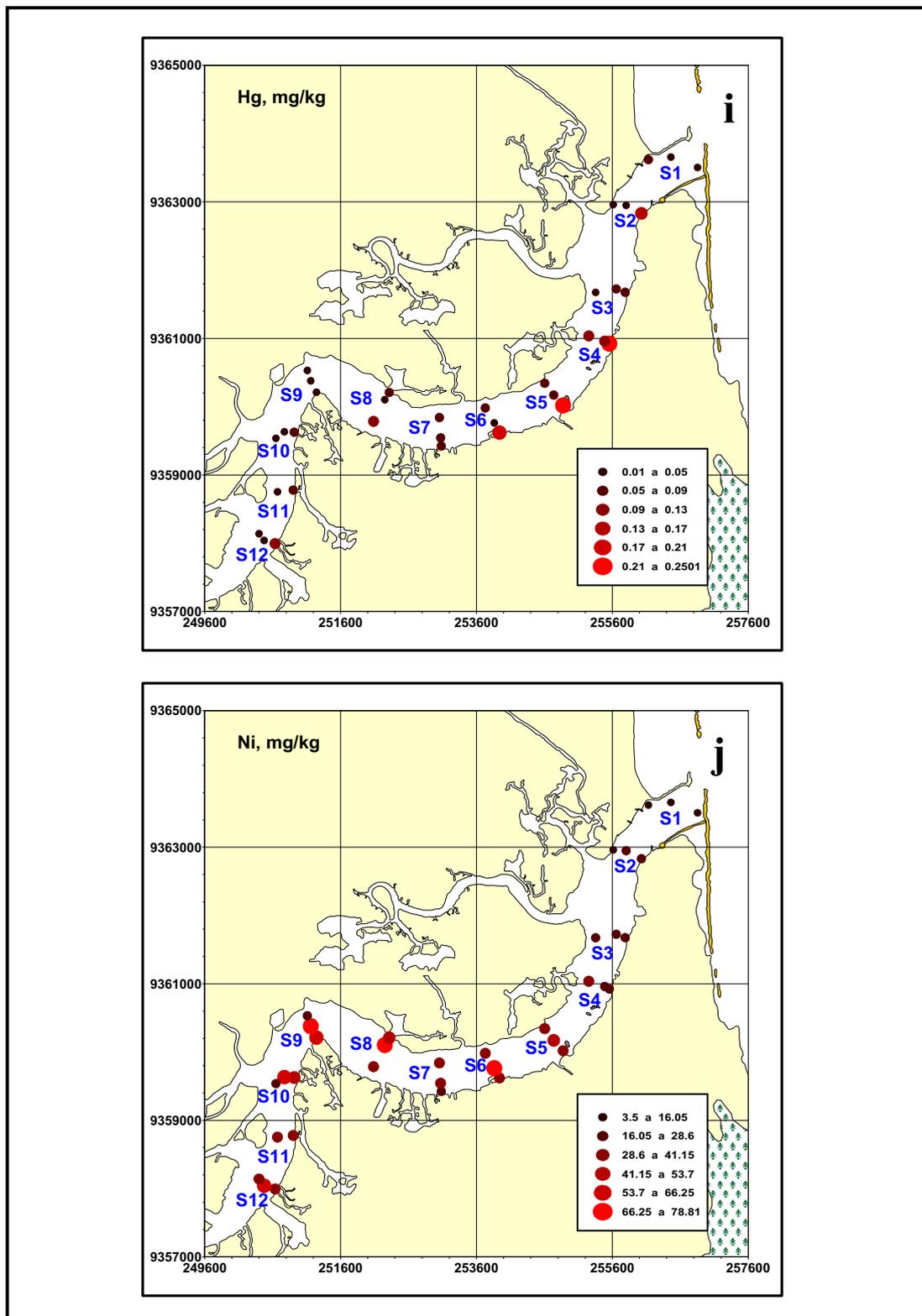


Figura 3.1i e 3.1j – Mapas de símbolos para a distribuição dos teores de Hg e Ni.

CORREA, Tatiana de Lima. Impactos Geoquímicos e Sócio-Ambientais do Estuário do Rio Potengi - Região Metropolitana da Grande Natal/RN. Dissertação de Mestrado.

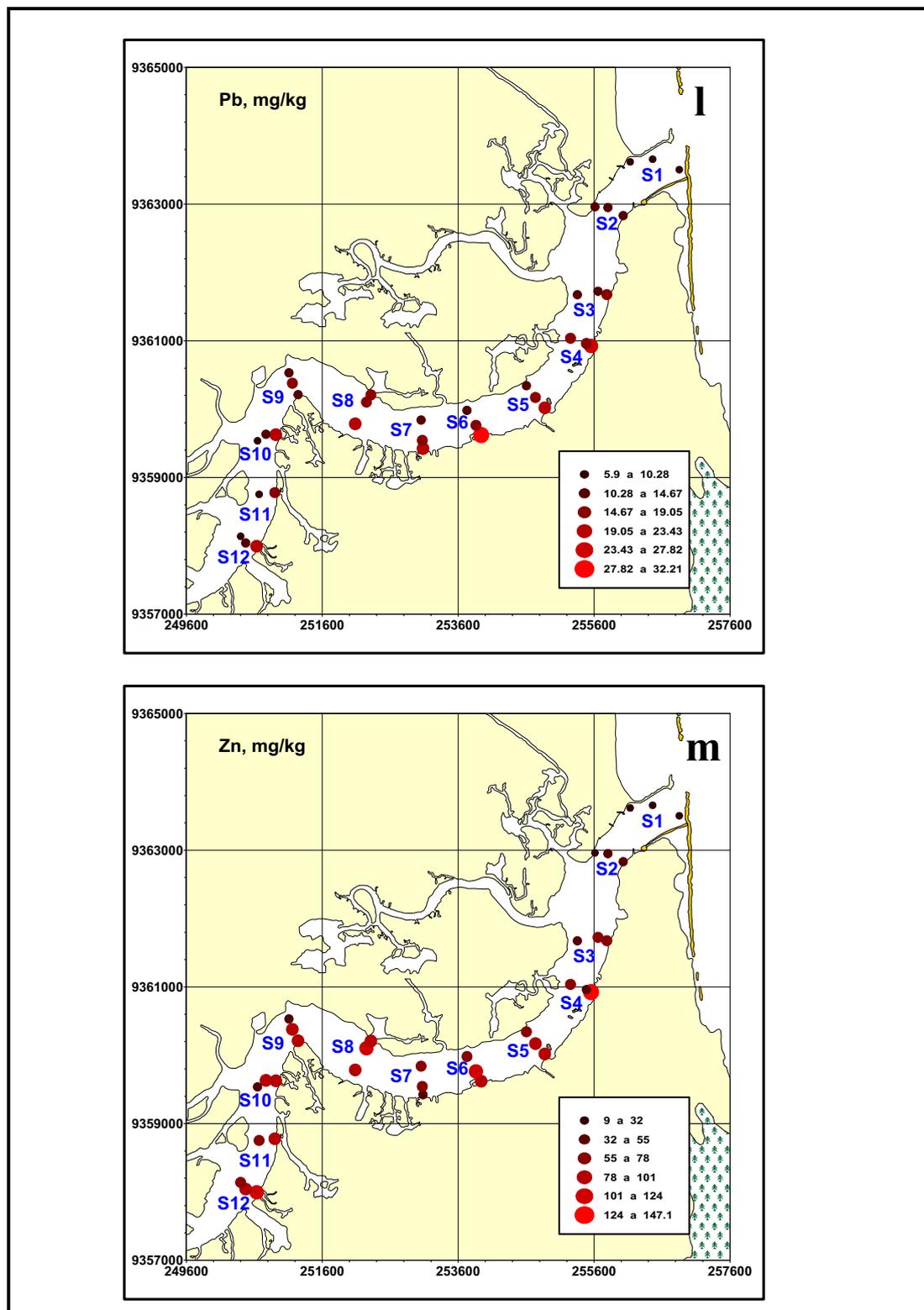


Figura 3.1l e 3.1m – Mapas de símbolos para a distribuição dos teores de Pb e Zn.

CORREA, Tatiana de Lima. Impactos Geoquímicos e Sócio-Ambientais do Estuário do Rio Potengi - Região Metropolitana da Grande Natal/RN. Dissertação de Mestrado.

Mércurio: Esse elemento apresentou concentrações maiores nas seções S4, S5 e S6. A explicação dessa elevada concentração pode ser dada pela presença de navios e/ou embarcações de pequeno porte, vazamentos acidentais durante abastecimento e/ou reparos e da contínua circulação dessas embarcações no estuário (**Figura 3.1i**).

Níquel: Apresentou-se em concentrações elevadas nas seções S6, S8, S9, S10 e S12. Esse enriquecimento deve-se à presença de embarcações, esgotos sanitários e a liberação de resíduos industriais no estuário Potengi (**Figura 3.1j**).

Chumbo: Esse elemento ocorreu em maiores concentrações na margem direita das seções S4, S5, S6, S7, S8, S10 e S12. Essa elevação das concentrações pode ocorrer devido a própria lixiviação do solo ou ligadas à proximidades com áreas de circulação de navios e embarcações de pequeno porte (**Figura 3.1l**).

Zinco: Apresentou-se em maiores concentrações nas seções S4, S6 e S8. (**Figura 3.1m**).

A **Figura 3.2** mostra as variações dos teores na forma de gráficos, tanto considerando os teores individuais das 36 estações quanto à média de cada seção. Nesses gráficos podem-se apreciar melhor as variações ao longo do estuário que apresenta os diagramas de distribuição dos teores no espaço geográfico do estuário Potengi. Nesses gráficos, os teores estão distribuídos por seção, onde cada seção corresponde a três estações de coleta na mesma linha.

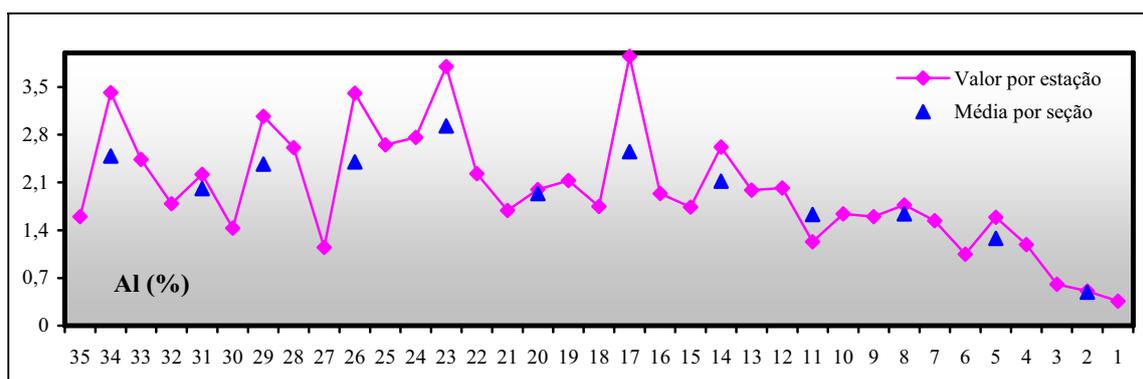


Figura 3.2 – Gráficos de variação espacial dos elementos químicos analisados no sedimento de fundo para ataque com água régia utilizados nesse estudo. O Eixo das abscissas representa as estações de amostragem, no sentido montante → jusante (35 → 1). Eixo das ordenadas expressa escala de valores na unidade correspondente (exemplo: mg/kg). A linha rosa representa a variação espacial dos valores por estação de amostragem e os pontos de cor azul representam a média da variação por seção. Para maiores detalhes vide texto.

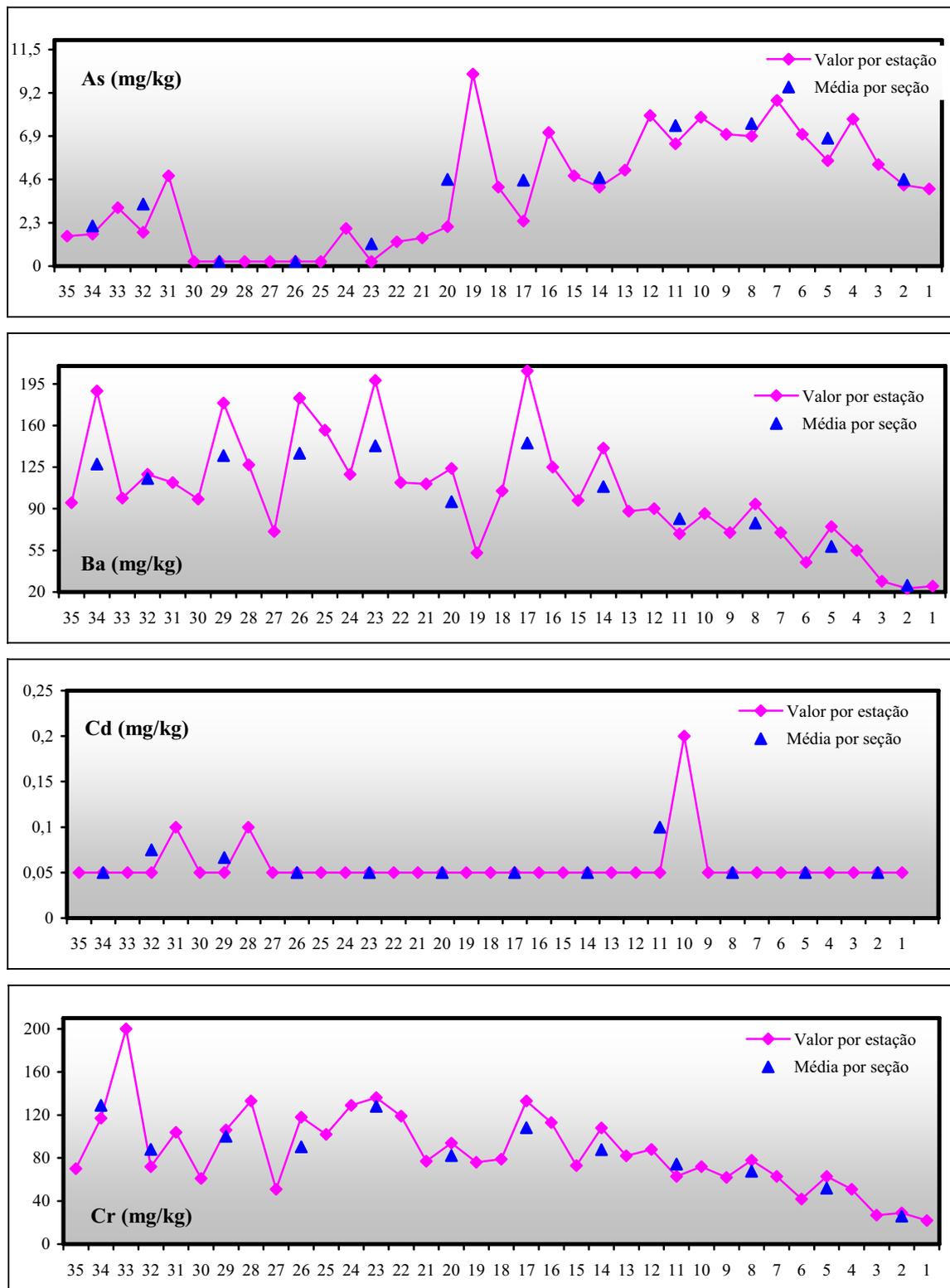


Figura 3.2 – Continuação

CORREA, Tatiana de Lima. Impactos Geoquímicos e Sócio-Ambientais do Estuário do Rio Potengi - Região Metropolitana da Grande Natal/RN. Dissertação de Mestrado.

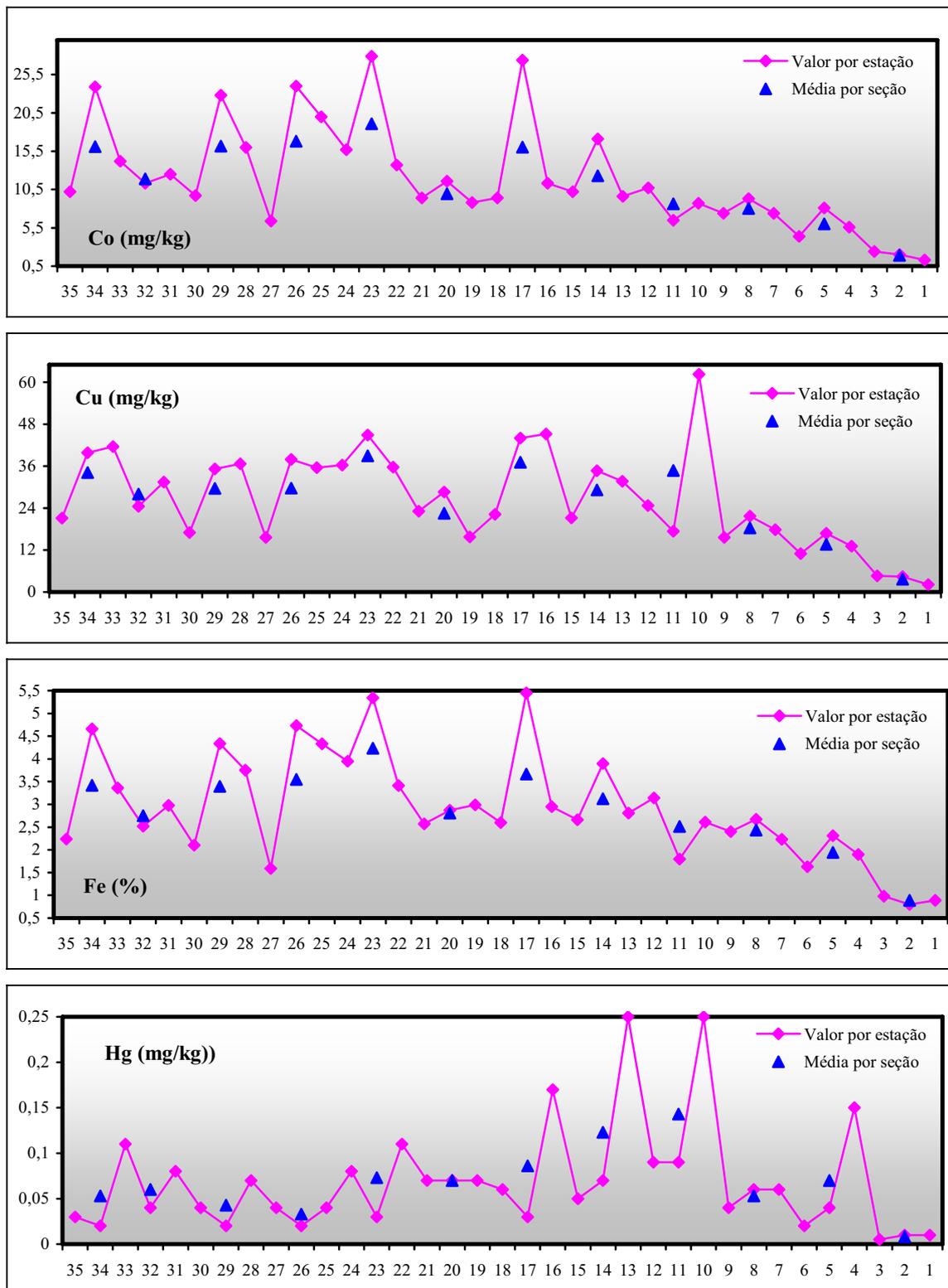


Figura 3.2 - Continuação

CORREA, Tatiana de Lima. Impactos Geoquímicos e Sócio-Ambientais do Estuário do Rio Potengi - Região Metropolitana da Grande Natal/RN. Dissertação de Mestrado.

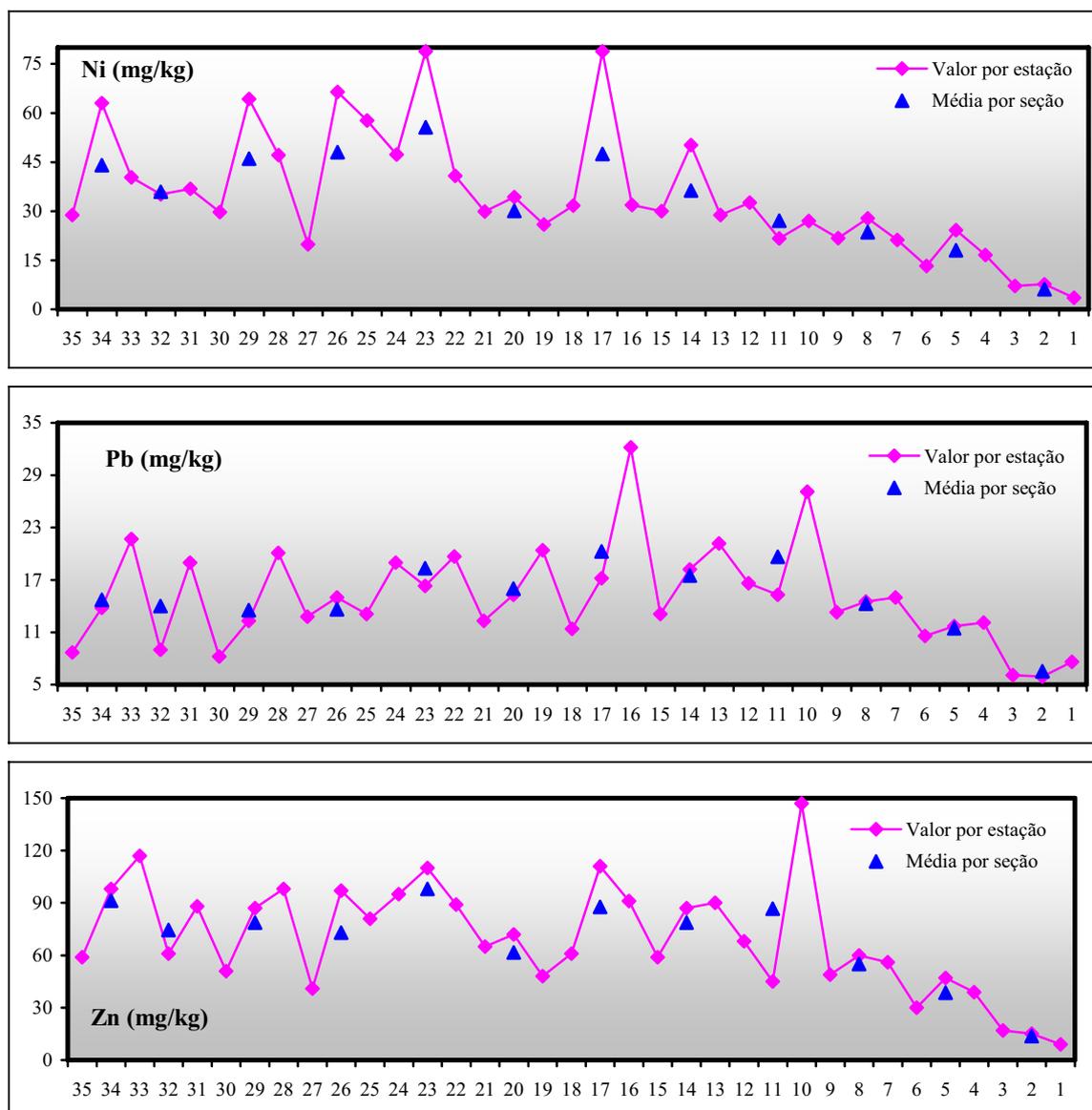


Figura 3.2 – Continuação

Observando as Figuras 3.1 e 3.2 percebe-se que o comportamento presente na maioria dos casos é de que os teores tendem a aumentar quando nos afastamos da foz. Entre os elementos que apresentaram essa característica tem-se Al, Ba, Cr, Co e Ni. Esse aumento da concentração dos elementos em direção à montante culmina talvez com o aumento das atividades antropogênicas, tais como indústrias, empreendimentos de carcinicultura, empresas de limpafossas entre outros fatores na área que podem está subsidiando a presença desses elementos químicos. Há também outra característica presente no comportamento desses gráficos, é que o

CORREA, Tatiana de Lima. Impactos Geoquímicos e Sócio-Ambientais do Estuário do Rio Potengi - Região Metropolitana da Grande Natal/RN. Dissertação de Mestrado.

elemento Cd manteve-se constante em quase todo o prolongamento do estuário em estudo, apresentando-se apenas com picos elevados nas estações 10, 28 e 31 esse incremento pode ser devido à ocorrência de fontes pontuais desse elemento. Os elementos As e Hg, ao contrário dos demais elementos, tendem a apresentar teores mais baixos à medida que os pontos se afastam da foz, ou seja, os maiores teores foram nas proximidades da foz. Outra tendência observada nas figuras foi que os elementos Cu apresentaram-se bastantes irregulares não apresentando uma tendência de crescimento para montante ou para jusante, apenas picos ora elevados ora baixos, caracterizando dessa forma fontes pontuais de incidência desse elemento no sedimento. Já o Zn, Pb e o Fe apesar de tenderem a crescerem para montante, apresentaram-se bastante irregulares.

3.4 Comparação com valores de referência

Para avaliação dos teores potencialmente danosos que os valores dos elementos nos sedimentos de fundo do estuário Potengi possam ter na biota, não existe legislação brasileira que estabeleça limites de tolerância de poluentes em sedimentos de fundo. Dessa forma, foram escolhidos como valores de referência os limites toxicológicos pela National Oceanic & Atmospheric Administration – NOAA para os elementos tratados nesse estudo.

A **Tabela 3.2** apresenta a comparação dos valores mínimos e máximos dos elementos com os valores limite estabelecidos segundo a National Oceanic & Atmospheric Administration – NOAA, que preconiza níveis de classificação de importância toxicológica: TEL (Threshold Effects level) e PEL (Probable Effects Level). O TEL consiste em uma concentração abaixo da qual não são esperados efeitos adversos sobre organismos aquáticos, enquanto que o PEL representa uma concentração acima da qual são geralmente ou sempre observados efeitos adversos nos organismos aquáticos. A oscilação da salinidade ao longo do estuário está entre os valores médios de 28‰ a 34‰ (CUNHA, 1982; FRAZÃO, 2003). Assim sendo, o estuário possui uma salinidade intermediária e por isso achou-se conveniente comparar os dados encontrados neste estudo com um valor intermediário entre água doce e água marinha. Para isso, usou-se o artifício de se calcular a média aritmética dos valores respectivos de TEL e PEL das águas doce e marinha, gerando assim por cálculo um valor intermediário correspondente a água salobra, como mostrado na **Tabela 3.2**.

O elemento As apresentou todos os valores abaixo do PEL, 10 acima do TEL e os demais abaixo do TEL para o valor calculado. O Cd e o Pb apresentaram todos os seus valores abaixo do TEL e PEL comparado com o valor calculado (água salobra). Apesar do Cd ter apresentado picos de elevação nas estações 10, 28 e 31 (**Figura 3.2**) essas elevações não estão apresentando efeitos adversos à biota, embora estejam indicando possíveis fontes pontuais desse elemento no sedimento de fundo.

Tabela 3.2 – Comparação dos valores mínimos e máximos no Estuário Potengi para o sedimento de Fundo (ataque com água régia) com os valores de referência TEL e PEL, segundo os padrões dos Norte-americanos (NOAA). Mín: Valor Mínimo em mg/kg; Máx: Valor Máximo em mg/kg; TEL: Threshold Effects level; PEL: Probable Effects Level. Os valores para água salobra foram calculados de acordo com a explicação no texto.

Elemento	Mín.	Máx.	NOAA				CALCULADO	
			Água doce		Água marinha		Água salobra	
			TEL	PEL	TEL	PEL	TEL	PEL
Al (%)	0,36	3,95	–	–	–	–	–	–
As	0,25	10,2	5,9	17	7,24	41,6	6,57	29,3
Ba	23	206	–	–	–	–	–	–
Cd	0,05	0,20	0,596	3,53	0,676	4,21	0,636	3,87
Cr	22	200	37,3	90	52,3	160,4	44,8	125,2
Co	1,3	27,9	–	–	–	–	–	–
Cu	2,1	62,3	35,7	197	18,7	108,2	27,2	152,6
Fe (%)	0,8	5,5	–	–	–	–	–	–
Pb	5,9	32,21	35	91,3	30,24	112,18	32,62	101,74
Hg	0,005	0,25	0,174	0,486	0,130	0,696	0,152	0,591
Ni	3,5	78,8	18	35,9	15,9	42,8	16,95	39,35
Zn	9	147,1	123,1	315	124	271	123,55	293

O valor máximo encontrado para o Cr excedeu 1,59 vezes o PEL calculado, o que representa riscos adversos à biota. Os valores foram excedidos nas estações T17, T23, T24, T28 e T34 (**Figura 3.1f**). As concentrações elevadas desse elemento nessas estações possivelmente

estão associadas a fontes antropogênicas, visto que estas se encontram em áreas próximas a movimentação de embarcações, viveiros de camarões, efluentes domésticos e sanitários do riacho das Quintas e efluentes industriais advindos do Centro Industrial Avançado de Macaíba e do Distrito Industrial de Natal que podem ter sido carregados para o interior do estuário.

O Cu, Hg e Zn apresentaram valores inferiores ao PEL calculado, porém apresentaram valores acima do TEL calculado. O Cu apresentou-se elevado em 16 estações, o Hg em três e o Zn apresentou apenas um valor isolado comparado com os valores TEL calculados (água salobra).

O Ni apresentou-se com valores acima do PEL calculado. Dessa forma, representam geralmente ou sempre efeitos adversos nos organismos aquáticos. Apresentou valores elevados nas estações T14, T17, T22, T23, T24, T25, T26 e T28, localizadas em áreas próximas a efluentes domésticos e sanitários, empreendimentos de carcinicultura, tráfego intenso de veículos, efluentes industriais além de estar inserido na zona urbana possibilitando o carregamento desse elemento para o interior do estuário. Os esgotos domésticos decorrentes do riacho do Baldo e do riacho das Quintas podem ter influenciado o incremento desse metal no sedimento. A presença e a movimentação de embarcações na Marinha do Brasil podem ser um fator que deve ser levado em consideração, além de empreendimentos de carcinicultura e efluentes industriais advindos do Centro Industrial Avançado de Macaíba e do Distrito Industrial de Natal, que podem ter sido carregados.

3.5 Comparação com os valores de outros estudos

A comparação dos elementos químicos mostra a seguir as duas situações encontradas para sedimento de fundo: a comparação com áreas com trecho não preocupantes e a comparação com áreas com trechos preocupantes. Os elementos químicos corresponderam a estudos feitos no Brasil, os quais foram realizados em sedimentos de fundo usando-se a mesma fração granulométrica (<0,063mm; ou material de granulometria similar) e ataques químicos semelhantes ao usado no presente estudo (água régia). Foram comparados 12 elementos químicos. Os valores comparativos dos parâmetros analíticos obtidos nos cinco estudos e no presente estudo estão demonstrados na **Tabela 3.3**.

O estudo realizado por GUIMARÃES SEGUNDO (2002) no rio Pitimbu-RN constou de um diagnóstico geoquímico ambiental em todos os 34 km de extensão do rio, através da análise do sistema água-sedimento de fundo, com o objetivo de avaliar as condições desse sistema. Foram amostradas 34 estações para sedimento de fundo. As amostras de sedimento de fundo foram analisadas para 93 parâmetros químicos, englobando 36 elementos químicos e compostos orgânicos. Os elementos químicos analisados em sedimento de fundo (na fração <0,063mm) foram extraídos através da digestão por ataque a quente com água régia. Na **Tabela 3.3** estão destacadas a estação representativa daquelas consideradas minimamente afetadas por atividade antropogênica e também a estação que o autor elegeu como a mais preocupante.

Já OLIVEIRA (2006) usou para obtenção dos seus dados as amostras de 12 estações tanto para água quanto para sedimento de fundo ao longo de toda a extensão da lagoa de Extremoz-RN. Embora esse estudo tenha sido realizado sem separação granulométrica (“fração total”), a comparação com os seus dados é justificável, uma vez que os sedimentos de fundo coletados na lagoa de Extremoz-RN são do tipo lamoso, portanto comparáveis à fração granulométrica <0,063mm. No seu estudo os sedimentos foram tratados por dois métodos de ataque químico, um considerado multiácido considerado total ($\text{HF} + \text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{HCl}$) e outro com cloridrato de hidroxilamina, este considerado mais específico para espécies biodisponíveis e solubilizáveis a partir de mudanças nas condições redox do sistema água-sedimento de fundo. Dos dois ataques, o primeiro é mais comparável com aquele usado neste estudo, embora tenda a fornecer resultados superiores ao ataque com água régia (este estudo). Já que OLIVEIRA (2006) não destaca estações com diferentes graus de influência antropogênica possível, foram transferidos para a **Tabela 3.3** os valores mínimo e máximo encontrados.

GUEDES (2003) realizou um diagnóstico geoquímico-ambiental no sistema água-sedimento de fundo do rio Jundiá. Foram analisados nesse trabalho os metais Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V e Zn. Esse autor utilizou 10 estações de coleta, divididas em três intervalos ao longo do trecho do rio, o primeiro constando das estações situadas à montante do perímetro urbano da cidade de Macaíba; o segundo intervalo compreendendo as estações dentro do perímetro urbano; e outro intervalo à jusante da área urbana. Posteriormente, foram amostradas três estações suplementares à montante da barra do rio, objetivando conhecer o “background” da região. O ataque utilizado no referido estudo foi realizado com água régia. Na **Tabela 3.3** estão destacadas a faixa dos valores correspondentes ao trecho com variados graus de

influência antropogênica encontrado por GUEDES (2003) bem como a faixa correspondente ao trecho de *background*.

JESUS *et al* (2004) estudou a variabilidade espacial e sazonal da concentração de elementos-traço em sedimentos do sistema estuarino da Ilha da Vitória no Espírito Santo. Em seu trabalho, foram definidos 29 pontos de amostragem ao longo de todo o sistema estuarino da ilha. Para determinação de metais (exceto Hg) foi adotado o método no qual utiliza mineralização ácida ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCl}$ a quente) e para a análise de mercúrio utilizou-se a digestão com água-régia. Na **Tabela 3.3** estão destacados os valores mínimos e máximos encontrados no referente estudo, visto que o autor não destaca os diferentes graus de influência antropogênica, embora faça referência a ambientes com menores concentrações dos teores para determinados elementos.

Em SOARES (2006) foram coletados sedimentos de fundo na bacia hidrográfica do rio Doce, sendo 6 estações de coletas (PS-01 a PS-06) ao longo do rio Doce, situadas à jusante da Lagoa de Extremoz, e 2 estações (PS-07 e PS-08) situadas à montante da referida lagoa, que serviram como referência (*background*), de ambientes, provavelmente, não contaminados. A abertura química das amostras foi realizada com água régia, pela adição de 1 ml de ácido nítrico (HNO_3) concentrado e 3 ml de ácido clorídrico (HCl) concentrado a 0,5g de amostra. As espécies químicas escolhidas para análise foram Al, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn. Na determinação das espécies químicas nas amostras dos sedimentos, foi utilizado um Espectrômetro de Absorção Atômica da marca Varian e modelo SpectrAA 110. Na **Tabela 3.3** está destacadas a faixa dos valores correspondentes ao trecho com variados graus de influência antropogênica encontrado por SOARES (2006) bem como a faixa correspondente ao trecho de *background*.

Outra literatura estudada foi o trabalho realizado no sistema estuarino de Santos-Cubatão de autoria de SILVA *et al.* (2006). As análises químicas foram realizadas após digestão em água régia. Na **Tabela 3.3** foram destacados os trechos com variados graus de influência antropogênica, um com teores elevados do elemento Hg e outro com valores altos para os demais elementos. Também foi destacado o trecho de *background* geoquímico.

Em BIRCH; TAYLOR (1999) foram coletadas aproximadamente 1700 amostras do sedimento de fundo superficial do estuário Jackson. Foi considerada apenas a fração lamosa do sedimento. As análises químicas foram realizadas após digestão em água régia. Na **Tabela 3.3** está destacadas a faixa dos valores correspondentes ao trecho com variados graus de influência

antropogênica encontrado por BIRCH; TAYLOR (1999) bem como a faixa correspondente ao trecho de *background*.

WAKIDA *et al* (2007) selecionou dez locais ao longo de 14 quilômetros do rio Tecate no México. Foi utilizada a fração <0,063mm. Para a preparação das amostras foi utilizado à digestão em água régia e na determinação das espécies químicas nas amostras dos sedimentos, foi utilizado um Espectrômetro de Absorção Atômica. Na **Tabela 3.3** encontram-se os valores mínimos e máximos encontrados nas estações.

ABRAHIM *et al* (2006) coletou 36 amostras ao longo do estuário de Tamaki na Nova Zelândia. A análise química para metais pesados utilizou-se da fração mais fina (<0,063mm) das amostras pela extração ácida que é baseado na digestão do ácido 4HNO₃, sendo analisado por absorção atômica. Na **Tabela 3.3** encontram-se os valores mínimos e máximos encontrados nas estações.

Na comparação com esses estudos, será priorizado o valor máximo e mínimo encontrado no estuário Potengi e os valores máximos e mínimos para a literatura estudada, de modo que o estuário em estudo será considerado com níveis preocupantes se seu valor máximo for superior aos valores da literatura. A seguir será discutida a comparação dos dados da literatura com os resultados do presente trabalho, conforme mostrado na **Tabela 3.3**.

Alumínio (Al): Apresentou valores superiores aos encontrados na literatura. Os valores encontrados no estuário Potengi são superiores aos encontrados na estação mais preocupante do rio Pitimbu/RN e nos trechos mais preocupantes dos rios Jundiá e do sistema estuarino de Santos-Cubatão/SP. Por se tratar de um elemento da mineralogia de suporte dos sedimentos, os níveis mais altos de Al nos sedimentos do Potengi são interpretados como um possível enriquecimento maior em argilominerais, comparado com a proporção desses minerais na fração <0,063 mm dos outros estudos.

Arsênio (As): Apresentou teores superiores apenas na estação mais preocupante encontrada por GUIMARÃES SEGUNDO (2002) no seu estudo no rio Pitimbu/RN. Nos demais casos o estuário Potengi apresentou teores inferiores.

Bário (Ba): Apresentou valores superiores aos observados por GUIMARÃES SEGUNDO (2002) e SILVA (2006). Os demais estudos apresentaram valores superiores aos encontrados no estuário Potengi.

Tabela 3.3 – Comparação entre as concentrações dos metais de sedimento, em trabalhos da literatura estadual com os resultados encontrados neste estudo. Mín: Valor mínimo em mg/kg; Máx: Valor máximo em mg/kg; <LD: Menor que o limite de detecção.

Elemento	Al(%)	As	Ba	Cd	Cr	Co	Cu	Fe(%)	Hg	Ni	Pb	Zn
Rio Pitimbu/RN (GUIMARÃES SEGUNDO, 2002)	Valor 2,58	1,2	104	0,8	97	3	109	0,64	0,334	19	130	303
Estação menos preocupante	Valor 1,66	1,0	113	0,2	16	1	43	0,18	0,052	6	23	6
Lagoa de Extremoz/RN (OLIVEIRA, 2006)	Mín; Máx 6,53; 9,25	5,6; 15	200; 300	0,16; 0,32	72; 148	9,3; 25,9	9,7; 14,4	2,73; 13,25	0,03; 0,06	40,2; 70,4	17,40; 28,2	51; 96
Trecho preocupante	Mín; Máx 0,96; 2,12	<LD; <LD	57; 595	<LD; <LD	37; 85	5; 23	12; 61	1,5; 2,69	0,01; 0,35	23; 113	14; 91	20; 143
Background	Mín; Máx 0,66; 8	2; 13	50; 580	<LD; <LD	26; 90	5; 19	8; 45	0,98; 4,72	0,01; 0,04	15; 68	12; 20	26; 95
Ilha da Vitória/ES (JESUS <i>et al</i> , 2004)	Mín; Máx 41; 122	-	-	-	35; 280	-	5; 660	16; 150	0,03; 0,82	6; 245	5; 292	27; 812
Trecho preocupante	Mín; Máx 51,89; 281,5	-	67,5; 225,3	ALD; 2,5	6,3; 47,7	-	5,1; 14,4	134,2; 1554,6	-	22,5; 100,4	26,1; 76,4	16,8; 41,1
Background	Mín; Máx 56,7; 57,3	-	53,9; 379,1	ALD; ALD	ALD; ALD	-	2,0; 4,5	160,5; 172,3	-	20,1; 27,6	18,3; 31,7	6,4; 14,5
Trecho preocupante (para Hg)	Mín; Máx 2,3; 3,9	5; 12	38; 184	<0,2; 0,3	30; 55	7; 13	18; 57	2,7; 5,2	0,54; 6,77	15; 27	14; 28	56; 118
Trecho preocupante (demais elementos)	Mín; Máx 1,8; 3,1	5-13	166; 196	0,2; 1,6	117; 138	12; 14	68; 109	<10	0,37; 0,58	33; 39	92; 127	406; 476
Background	Mín; Máx 2,1; 2,2	12; 14	30; 30	0,11; 0,12	31; 31	7,3; 8	12; 14	2,7; 3	0,08; 0,17	13; 16	14; 15	50; 52

•

Elemento	Al(%)	As	Ba	Cd	Cr	Co	Cu	Fe(%)	Hg	Ni	Pb	Zn
Estuário Port Jackson, Austrália BIRCH; TAYLOR, 1999	Mín; Máx	-	-	ALD; 24,3	2,2; 54	9,3; 1053	0,5; 10,6	-	5; 245	37,9; 3604	108; 7622	
	<i>Background</i>	Mín; Máx	-	-	-	12; 31	-	-	-	20; 47	48; 88	
Rio Tecate, México WAKIDA et al, 2007	Valores	Mín; Máx	-	ALD; 5,24	1,62; 12,7	-	-	-	ALD; 16,6	ALD; 28	-	-
	Valores	Mín; Máx	-	0,04; 0,5	-	-	14; 113	-	-	35; 80	91; 366	
Estuário de Famaki, Nova Zelândia ABRAHIM et al, 2006	Mín	0,36	0,25	23,00	1,30	22,00	0,05	0,80	0,01	3,50	5,90	9,00
	Máx	3,95	10,00	206,00	27,90	200,00	0,20	5,50	0,25	78,80	32,21	147,10

Cádmio (Cd): Apresentou valores inferiores aos encontrados por GUIMARÃES SEGUNDO (2002), OLIVEIRA (2006), SOARES (2006), SILVA (2006), BIRCH; TAYLOR (1999), ABRAHIM *et al* (2006) e WAKIDA *et al* (2007) apresentando-se superior apenas ao teor encontrado no trecho menos preocupante do sistema estuarino de Santos-Cubatão estudado por SILVA *et al* (2006).

Cromo (Cr): Apresentou valores superiores a quase todos os estudos da literatura. Mostrou valores elevados comparados com a estação tida como a mais preocupante encontrada por GUIMARÃES SEGUNDO (2002) no rio Pitimbu/RN, com os valores encontrados por OLIVEIRA (2006) na lagoa de Extremoz/RN, com os teores encontrados no trecho mais preocupante do rio Jundiaí, também apresentou-se elevado comparado aos trechos preocupantes do sistema estuarino de Santos-Cubatão/SP e rio Doce/RN e também quando comparado às concentrações encontradas por WAKIDA *et al* (2007) no Rio Tecate no México. Apresentou-se inferior apenas aos valores encontrados por JESUS *et al* (2004). Por meio dessa comparação, pode-se dizer que o estuário Potengi apresenta trechos preocupantes, principalmente a montante da barra do estuário, principalmente devido a processos naturais e as atividades antropogênicas, como efluentes domésticos e industriais, como já discutido anteriormente (**Figura 3.1f**).

Cobalto (Co): Apresentou-se superior a todos os estudos, com exceção do estuário Jackson estudado por BIRCH; TAYLOR (1999). Para a estação mais preocupante e a menos preocupante no rio Pitimbu/RN, para a lagoa de Extremoz/RN, para o rio Jundiaí em ambos os trechos e para o sistema estuarino de Santos-Cubatão/SP em todos os trechos, esses locais foram inferiores aos encontrados nesse estudo. Os demais estudos não analisaram esse elemento. A explicação dessa elevação pode ser dada pela composição mineralógica das rochas e solos encontradas na área estudada ou a montante dela, embora possa significar uma possível contaminação ou poluição oriunda de perturbações antropogênicas.

Cobre (Cu): Foi analisado em quase todos os estudos, assim como o alumínio. Para o trecho preocupante do rio Jundiaí/RN e rio Doce o cobre apresentou teores mais elevados. Nos demais casos os teores encontrados no presente estudo foram inferiores.

Ferro (Fe): Apresentou valores inferiores aos obtidos por JESUS *et al* (2004) no sistema estuarino da Ilha da Vitória, por OLIVEIRA (2006) na lagoa de Extremoz/RN, por SOARES (2006) no rio Doce/RN e BIRCH; TAYLOR (1999). Nos demais estudos apresentaram valores superiores aos encontrados na literatura. Como no caso do alumínio, trata-se de um elemento de

suporte da mineralogia, de modo que seus teores podem refletir muito mais as variações mineralógicas do que eventuais problemas de poluição.

Mercúrio (Hg): para a maioria dos estudos o mercúrio apresentou valores inferiores aos encontrados na literatura. Comparado com o trecho preocupante (somente para Hg) no sistema estuarino Santos-Cubatão/SP o valor encontrado supera 27 vezes o valor encontrado no estuário Potengi.

Níquel (Ni): Foi analisado também em quase todos os estudos, onde os teores obtidos são geralmente inferiores aos do estudo atual, com exceção do rio Jundiaí, do sistema estuarino da Ilha da Vitória/ES e estuário Jackson na Austrália estudado por BIRCH; TAYLOR (1999). A razão para a elevação de níquel pode estar associada à influência dos efluentes industriais, domésticos e sanitários no segmento do estuário Potengi onde esse elemento foi encontrado, conforme foi discutido anteriormente (**Figura 3.1j**).

Chumbo (Pb): Foi analisado em quase todos os estudos. Para a maioria dos estudos os valores máximos do Potengi foram inferiores aos encontrados naqueles estudos, embora tenha apresentado valores superiores comparados aos encontrados na lagoa de Extremoz/RN, no trecho preocupante (somente para Hg) do sistema estuarino de Santos/Cubatão/RN e no rio Tecate no México estudado por WAKIDA *et al* (2007).

Zinco (Zn): Foi analisado também em todos os trabalhos. Apresentou valores inferiores aos encontrados na estação mais preocupante do rio Pitimbu/RN, no sistema estuarino da Ilha da Vitória/ES, no trecho mais preocupante do sistema estuarino de Santos-Cubatão/SP, no estuário Jackson na Austrália estudado por BIRCH; TAYLOR (1999) e ABRAHIM *et al* (2006) no estuário Tamaki na Nova Zelândia. Nos demais casos apresentou teores máximos superiores nesse estudo, até mesmo quando comparado aos valores encontrados no trecho mais preocupante do rio Jundiaí/RN e rio Doce/RN.

A comparação acima entre os dados dos elementos individuais do presente estudo e os dados correspondentes da literatura mostrou que o estuário Potengi possui causas reais para preocupação, visto que ocorreram em muitos casos teores mais elevados do que os encontrados na literatura, mostrando, de uma forma geral, que o mesmo encontra-se com níveis preocupantes para alguns elementos, tais como Cromo, Cobalto e Níquel.

Considerando também as comparações com os valores de referência PEL e TEL realizadas no item anterior, pode ser notado que o estuário Potengi apresenta indícios evidentes

de enriquecimento em alguns elementos, que pode ter sua causa em processos de poluição. Há preocupação especial para o caso dos elementos cromo e níquel, pois eles revelaram valores mais elevados do que o PEL. Dessa forma, os elementos analisados com teores elevados podem estar associados a processos e produtos antropogênicos diversos, sejam estes devido a despejos de efluentes domésticos, industriais ou sanitários no estuário em estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diferentes aspectos usados na avaliação dos dados obtidos para o estuário Potengi permitem diagnosticar a situação atual do estuário em estudo quanto à possível ocorrência de poluição.

As concentrações médias dos elementos encontrados para sedimento de fundo do estuário Potengi refletiram a contribuição de origem natural, associada à geologia local, bem como a contribuição antrópica pelo descarte de efluentes domésticos e industriais. Nesse último caso, o aumento da concentração de alguns elementos pode ser atribuído principalmente a ausência de uma infra-estrutura de saneamento básico, abrangendo o tratamento e destinação final adequada dos esgotos domésticos e industriais coletados na Região Metropolitana de Natal, aliada a falta de controle mais eficiente dos resíduos oriundos das indústrias e empreendimentos de carcinicultura. As maiores concentrações dos elementos ocorreram nas margens de áreas portuárias, próximas às comunidades ribeirinhas, locais expostos ao tráfego intenso de veículos e proximidade com possíveis descargas de efluentes industriais e/ou domésticos.

O comportamento presente na maioria dos casos é que os teores tendem a aumentar à montante da barra do estuário. Entre os elementos que apresentaram essa característica tem-se Al, Ba, Cr, Co e Ni. Outra característica presente foi que o Cd manteve-se constante em quase todo o prolongamento do estuário em estudo, apresentando-se apenas com picos elevados em decorrência do provável incremento de fontes pontuais desse elemento no sedimento de fundo. E os elementos As e Hg, ao contrário dos demais elementos, tendem a apresentar teores menores à montante, ou seja, os maiores valores foram encontrados à jusante da barra do estuário. Outra tendência foi que os elementos Cu e Pb apresentaram-se bastantes irregulares. Já o Zn e o Fe apesar de tenderem ao enriquecimento para montante, apresentaram-se também de forma bastante desigual.

Observou-se que os elementos Ni e Cr apresentaram teores no sedimento de fundo acima dos níveis de efeitos tóxicos sobre a biota (PEL), enquanto os elementos As, Cu, Hg e Zn apresentaram-se acima do TEL. Enquanto que o Cd e o Hg apresentaram todos os seus teores abaixo do TEL e PEL.

Na comparação com trabalhos da literatura estudados, englobando, quando possível, trechos preocupantes e trechos não preocupantes. Dos 12 elementos químicos comparados, 11 elementos apresentaram valores superiores a alguns dos teores preocupantes encontrados para os referidos estudos, dos quais apenas Cd não apresentou valores de comparação preocupantes.

Os elementos Cr, Co e Ni apresentaram-se como os mais preocupantes quando comparados a outros estudos da literatura. A origem desses elementos pode ser natural da própria geoquímica da região, antropogênica ou uma associação das duas alternativas. Embora acredite-se que a sua presença seja, essencialmente, devido a descartes de efluentes industriais.

Em síntese, deve-se considerar que as maiores concentrações obtidas devem ser influenciadas predominantemente pelas atividades antropogênicas, associadas principalmente a ausência de uma infra-estrutura de saneamento básico, abrangendo o tratamento e destinação final adequada dos esgotos domésticos e industriais coletados na cidade de Natal e redondezas, aliada a falta de controle mais eficiente dos resíduos oriundos das indústrias, ou ainda ao crescimento do número de indústrias e empreendimentos de carnicultura na região, ou ainda a falta de esclarecimento por parte das populações que moram em suas margens de noções de meio ambiente saudável, visto que muitas dessas populações descartam lixo e dejetos nas margens do estuário em estudo. Toda essa problemática acarreta em problemas para as populações de seres vivos que dependem direta ou indiretamente do estuário para viver, incluindo aí o ser humano.

REFERENCIAS

ABRAHIM, G. M. S.; PARKER, R. J.; NICHOL, S. L.. Distribution and assessment of sediment toxicity in Tamaki Estuary, Auckland - New Zealand, **Environmental Geology**, 2006, p. 1315-1323.

BIRCH, Gavin; TAYLOR, Stuart. Source of heavy metals in sediments of the Port Jackson estuary, Australia, **The Science of the Total Environment**, 1999, p. 123-138.

CUNHA, E.M.S. **Caracterização e planejamento ambiental do estuário Potengi**. 1982. Tese (Doutorado em Hidrologia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

FRAZÃO, E. P.. **Caracterização Hidrodinâmica e morfo-sedimentar do estuário potengi e áreas adjacentes: subsídios para o controle e recuperação ambiental no caso de derrames de hidrocarbonetos de petróleo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

GUEDES, Josiel de Alencar. **Diagnóstico Geoquímico-Ambiental do Rio Jundiaí, nas Imediações da Cidade de Macaíba/RN**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

GUIMARÃES SEGUNDO, José Edílson de Albuquerque. **Diagnóstico Geoquímico Ambiental de Água e Sedimento de Fundo do Rio Pitimbu, Região Sul da Grande Natal (RN)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

HALE, M.; PLANT, J.A.; Drainage Geochemistry, **Elsevier**, Amsterdam,1994.

IDEMA, **Mapeamento Geoambiental dos Estuários dos rios Potengi e Ceará-Mirim em escala 1: 10.000 com base nas imagens Ikonos II**, 2004

JESUS, Honerio Coutinho de; COSTA, Elza de Abreu; MENDONÇA, Antonio Sergio Ferreira. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES, São Paulo, **Química Nova**,v.27,n.3, maio/jun, 2004, p. 378-386.

MANTEI, E.J.; SAPPINGTON, E.J.. Heavy metal concentrations in sediments of streams affected by a sanitary landfill: A comparison of metal enrichment in two size sediment fractions, **Environmental Geology**, 1994, p. 287- 292.

OLIVEIRA, Jeane Barbosa de. **Avaliação geoquímica de água e sedimento de fundo da lagoa de Extremoz - Região da Grande Natal/RN**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

QUEVAUVILLER, P. (Editor). Methodologies for Soil and Sediment Fractionation Studies, **The Royal Society of Chemistry**, London, 2002.

SANTOS, A.R.L.; MELO JÚNIOR, G.; GUIMARÃES SEGUNDO, J.E.A.. Concentração de Metais Pesados em Frações Granulométricas de Sedimentos de Fundo do Rio Pitimbu - Região Sul da Grande Natal (RN): Implicações para Levantamentos Ambientais, **Revista de Geologia do DG/UFCE**, 2002, p.01-08.

SILVA, Wanilson Luiz; MATOS, Rosa Helena Ribeiro; KRISTOSCH, Wilson Machado. Variabilidade espacial e sazonal da concentração de elementos-traço em sedimentos do sistema estuarino de Santos-Cubatão (SP), São Paulo, **Química Nova**,v.29,n.2, mar./abr, 2006, p. 256-263.

SOARES, R.C. Soares, R.C. **Diagnóstico e Avaliação Geoquímico-Ambiental da Zona de Proteção Ambiental 9 (ZPA-9), baixo curso do Rio Doce, Natal/RN**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

WAKIDA, F. T. *et al*, Heavy metals in sediments of the Tecate River, México, **Environmental Geology**, 2007, p.637-642.

CAPÍTULO 2

PERCEPÇÃO SÓCIO-AMBIENTAL DAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS DO ESTUÁRIO POTENGI NA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE NATAL

Texto submetido à avaliação do Comitê Editorial do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (NEPAM) – UNICAMP para publicação em *Ambiente & Sociedade*.

RESUMO

PERCEPÇÃO SÓCIO-AMBIENTAL DAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS DO ESTUÁRIO POTENGI. Este trabalho visa identificar os problemas enfrentados pelas populações ribeirinhas do estuário Potengi, destacando sua percepção com relação ao ambiente, bem como na avaliação do arranjo institucional que atua no local. Foram aplicados questionários em cinco comunidades ribeirinhas e realizadas entrevistas com os agentes dos órgãos públicos e colônias de pescadores. Há pouca compreensão da necessidade de se preservar o meio ambiente e fragilidade na aplicação dos mecanismos de regulação.

Palavras-chaves: degradação ambiental, percepção ambiental, políticas públicas.

ABSTRACT

SOCIO-PERCEPTION OF THE ENVIRONMENTAL RIVERINE COMMUNITIES OF THE ESTUARY POTENGI. The present work studied the problems faced riverine populations of the estuary Potengi, detaching its perception with regard to the environment, as well as in the evaluation of the institutional arrangement that acts in the place. Questionnaires were used in five riverine communities and conducted interviews with agents of public agencies and colonies of fishermen. There is little understanding of the needing to preserve and weakness in the application of the regulation mechanisms.

Key words: environmental degradation, environmental perception, public politics.

1 INTRODUÇÃO

Cada indivíduo percebe, reage e responde diferentemente em relação ao meio em que vive, o comportamento decorrente desse modo de pensar e agir e resultado dessas percepções que podem ser individuais ou coletivas, essa percepção funciona como uma expectativa, julgamento e vivência individual ou coletiva. Estudos de percepção ambiental permitem compreender melhor a inter-relação do homem com o ambiente, suas vontades, seus julgamentos e suas condutas, inseridos em um contexto sócio-econômico. A degradação das áreas litorâneas, o aumento da urbanização, o turismo desordenado e o colapso das atividades pesqueiras, bem como também do avanço sobre os manguezais de empreendimentos de carcinicultura, contribuem de forma considerável para a destruição desses ambientes (PACHECO, 2006).

Os seres humanos operam no ambiente em que vivem a partir de uma representação que cada um deles cria do mundo, uma espécie de mapa ou modelo que é usado para gerar o seu comportamento. Assim sendo, as representações das populações sobre um determinado objeto podem ser apreendidas, dissecadas e compreendidas (MACEDO, 2003). Desta forma, o estudo da percepção ambiental é de fundamental importância para que possamos compreender melhor as inter-relações entre o homem e o ambiente, suas expectativas, anseios, satisfações e insatisfações, julgamentos e condutas. A percepção nunca é igual e pode variar de acordo com a condição sócio-econômica. Ela retrata e capta bem um fato, um fenômeno ou uma realidade, como num processo de construção do conhecimento (SILVA, 2006).

Este estudo pretende analisar a percepção das comunidades ribeirinhas quanto aos problemas de poluição do estuário Potengi, bem como avaliar o arranjo institucional que pretende dar conta desse tema. Para atingir o objetivo pretendido foi preciso operar uma série de procedimentos que estão estabelecidos e agrupados em diversas etapas sucessivas. O estuário Potengi (**Figura 1**) é um dos maiores receptores de efluentes líquidos *in natura* do Estado do Rio Grande do Norte. São residências, indústrias, empreendimentos de carcinicultura a emitir diariamente em suas águas dejetos de suas atividades. Em contrapartida, muitas pessoas ainda vivem do rio como alternativa e meio de vida. Comunidades ribeirinhas existentes em suas

margens dependem economicamente desse meio para viver e obter alimento. Trata-se de comunidades carentes de infra-estrutura urbana e social que dependem, de alguma forma, do estuário (ÁMERICO, 2006).

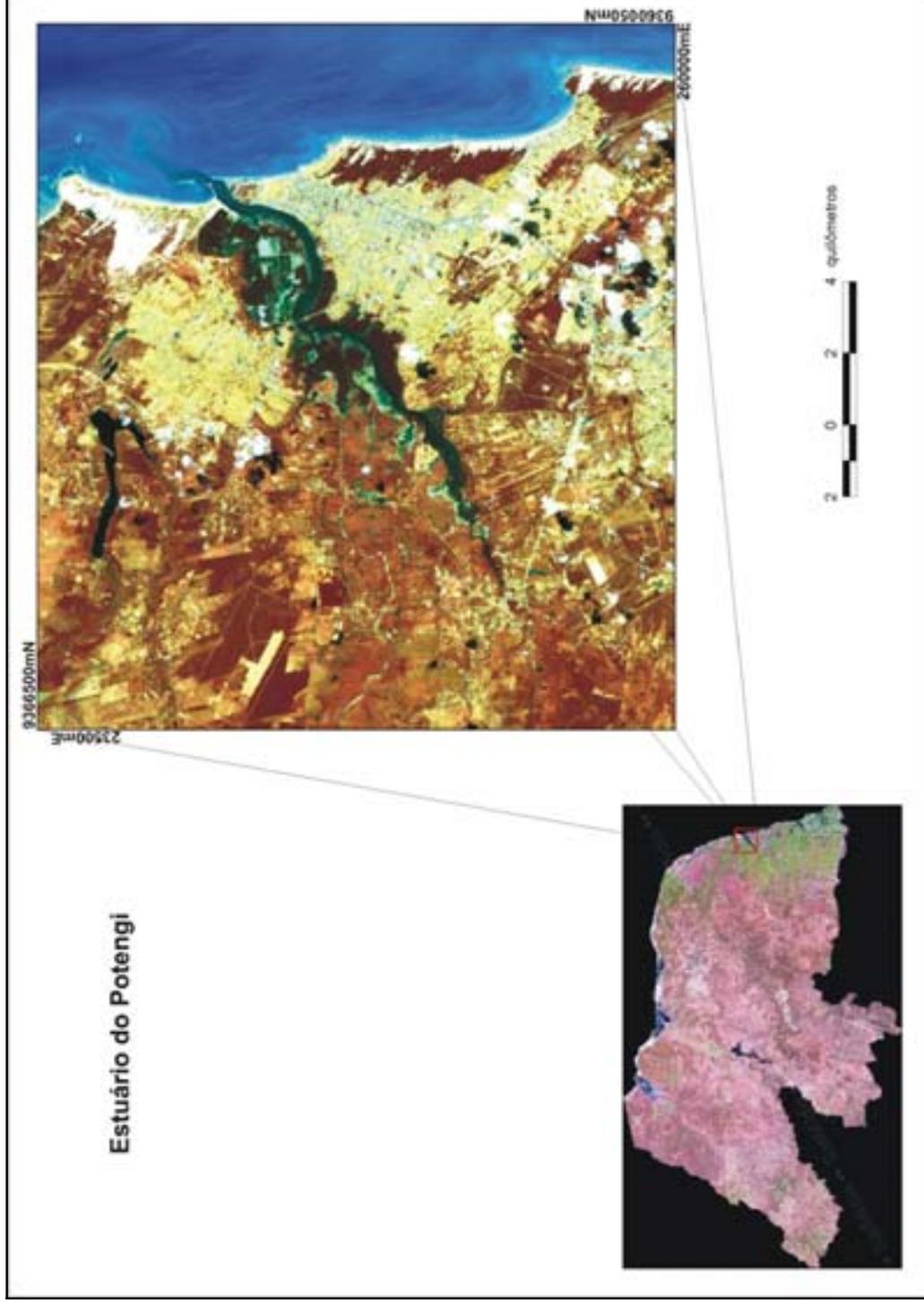


Figura 1.0 - Mapa de localização geográfica do estuário Potengi, com a cidade de Natal no seu entorno (e parte dos municípios de São Gonçalo do Amarante e Macaíba). FONTE: IDEMA, 2004.

2 MATERIAIS E METODOS

A metodologia adotada para realizar este estudo compreendeu pesquisa documental, pesquisa bibliográfica, visitas *in locu* e a aplicação de questionários dirigidos aos moradores de comunidades ribeirinhas do Potengi e a realização de entrevistas com os agentes dos órgãos públicos do estado.

Através da pesquisa documental obteve-se um contato inicial com a área a ser investigada. Neste momento buscaram-se trabalhos anteriores que situassem a área do estuário Potengi, Natal/RN, quanto aos aspectos físicos, demográficos, sanitários, humanos, econômicos e culturais. Foram consultados também mapas e imagens de satélite, por meio dos quais ficaram evidenciadas diversas alterações ambientais, dentre as quais, as mais nítidas retratam o desmatamento da floresta de manguezal e o adensamento urbano nas suas margens.

A aplicação dos questionários foi realizada nos meses de junho a julho do ano 2007, nas comunidades do Passo da Pátria no bairro de Cidade Alta, Maruím nas Rocas e Beira Rio nas Salinas e mais duas pertencentes à cidade de São Gonçalo do Amarante, - comunidade de Pajuçara e a comunidade de Uruçu de Baixo. O critério de seleção foi a proximidade com o estuário, maior número populacional, além de optar por comunidades de pescadores, locais de concentração de viveiros de camarão ou outras atividades.

Os questionários com 14 perguntas fechadas e 12 abertas foram aplicados aleatoriamente nas residências, obedecendo a uma distância regular entre as casas e ruas, observando e respeitando o direito de privacidade e a garantia de que as informações prestadas não teriam outra serventia. Foi entrevistada uma única pessoa em cada casa, mais adequada para dar informações sobre todos os demais membros da residência. Optou-se pela leitura das perguntas para evitar constrangimentos, visto que um percentual dos entrevistados era analfabeto ou sabia ler pouca coisa. Nas comunidades do município de Natal foram aplicados 10 (dez) questionários em cada local e nas comunidades de São Gonçalo do Amarante foram aplicados 5 (cinco) em cadauma delas, totalizando 40 questionários.

As observações de campo ocorreram simultaneamente a aplicação do questionário, o que permitiu apreender a realidade a partir de fatos verificados no momento da aplicação das perguntas, bem como durante todo o trabalho, especialmente no tocante à infra-estrutura urbana oferecida e sua apropriação pelas comunidades.

Foram entrevistados os agentes dos órgãos públicos e colônias de pescadores no mês de setembro do ano 2007, para a qual foi utilizado um gravador mp3 portátil, resultando em aproximadamente 154 minutos de gravação. Os órgãos públicos envolvidos foram: IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis); IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente); e SEMURB (Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo), e a “Colônia de Pescadores de Macaíba”, no município de Macaíba e a “Colônia de Pesca e Aqüicultura de Natal José Bonifácio”, na comunidade do Maruí, nas Rocas.

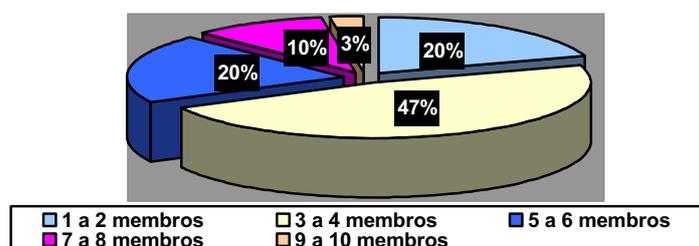
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os métodos e as técnicas aplicadas na área de estudo, durante os meses de junho a setembro de 2007, resultaram na coleta dos dados, apresentados a seguir através de quadros e gráficos. Na seqüência, os resultados obtidos encontram-se agrupados em perfil-sócio-econômico e percepção ambiental da população em relação ao ambiente em que vivem e como o percebem. Em seguida, procede-se a análise das entrevistas realizadas com os órgãos públicos e colônias de pescadores e algumas discussões a respeito.

Perfil sócio-econômico

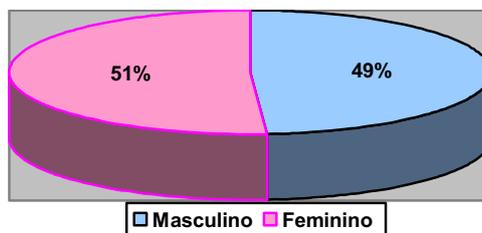
No **Gráfico 1** é possível observar a composição da estrutura familiar nas comunidades ribeirinhas do estuário Potengi submetidas ao questionário. Verifica-se que 47% das famílias são compostas por 3 a 4 membros.

Gráfico 1 – Visualização da composição numérica das famílias entrevistadas.



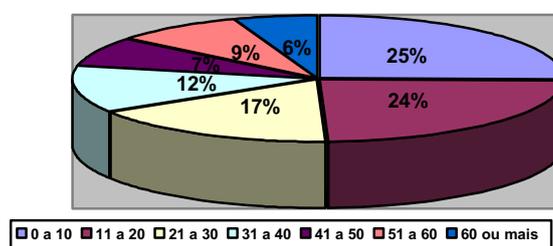
No **Gráfico 2**, encontra-se descrito o universo de entrevistados por gênero. É possível observar que o número de homens e mulheres quase que se equivale.

Gráfico 2 – Representação do gênero no universo entrevistado.



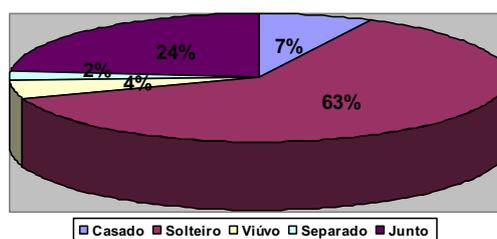
No **Gráfico 3** temos as faixas etárias da população entrevistada, divididas em 7 (sete) extratos para melhor compreensão dos fenômenos estudados. A faixa etária predominante entre os moradores das comunidades ribeirinhas submetidas ao questionário é de 0 a 20 anos, totalizando 49%, revelando-se uma população predominantemente jovem, embora o número de pessoas acima dos 60 anos seja de 25%.

Gráfico 3 - Representação da faixa etária do universo entrevistado.



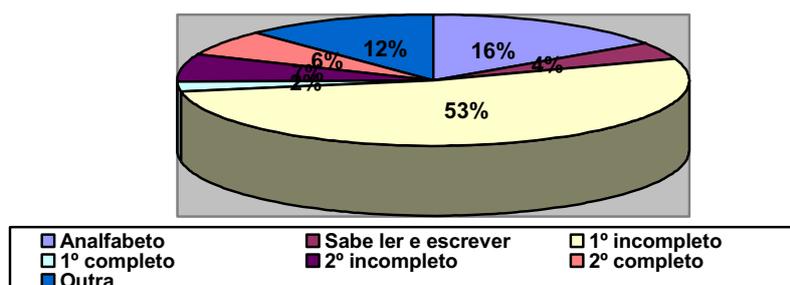
O **Gráfico 4** a seguir apresenta o estado civil da população submetida ao questionário. Da população entrevistada, 63% é solteira. E 24% corresponde a casais juntos, enquanto os casamentos legais correspondam a 7% do total das famílias entrevistadas.

Gráfico 4 - Representação do estado civil no universo entrevistado.



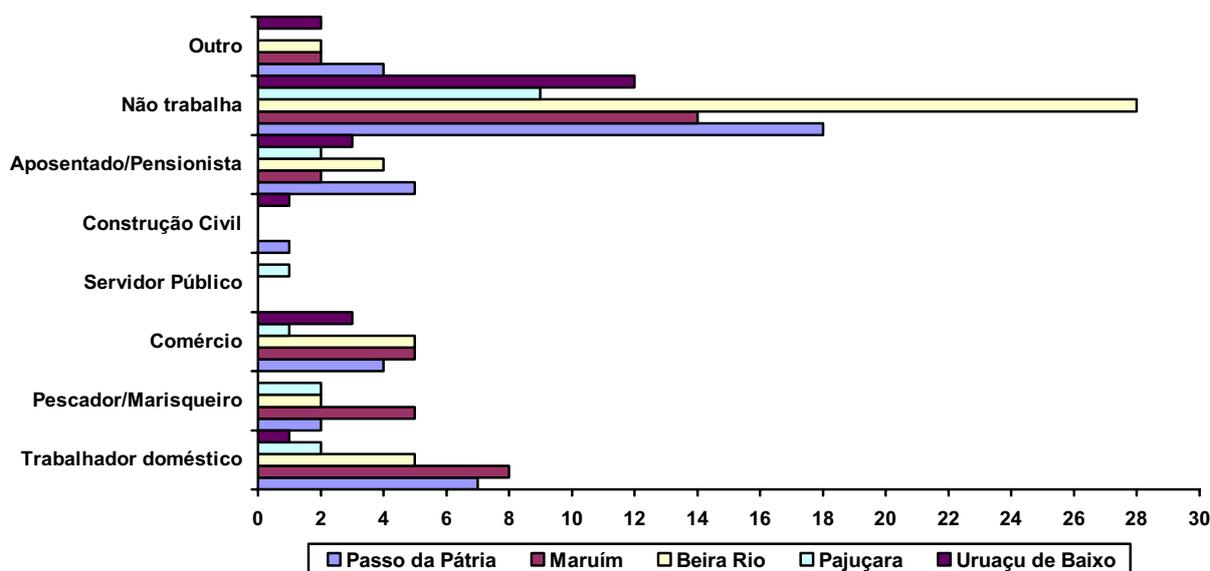
Através dos dados que compõem o **Gráfico 5**, deduz-se que é predominante, quanto à escolaridade, a interrupção dos estudos ainda no primeiro grau, visto que a maioria dos moradores entrevistados na categoria de 1º grau incompleto.

Gráfico 5 - Representação da escolaridade no universo.



Com relação à situação profissional, podemos observar que 69,12% dos membros das famílias entrevistadas em todas as comunidades é composta por pessoas que ainda não trabalham ou que estão desempregadas. Um percentual de 11% é pescador ou marisqueiro e 22% correspondem a trabalhadores domésticos (**Gráfico 6**).

Gráfico 6 – Categorias profissionais mais frequentes na área estudada, entre os entrevistados, distribuídas por comunidades, na região do estuário Potengi, Rio Grande do Norte.



No **Gráfico 7**, destaca-se a estrutura das residências onde foram realizadas as entrevistas, revelando que a sua maioria (95%) são de alvenaria. Com relação ao número de cômodos evidencia-se que 72% corresponde a residências com 3 a 6 cômodos (**Gráfico 8**).

Gráfico 7 – Estrutura das residências do(a)s moradore(a)s entrevistado(a)s das comunidades ribeirinhas ao estuário Potengi.

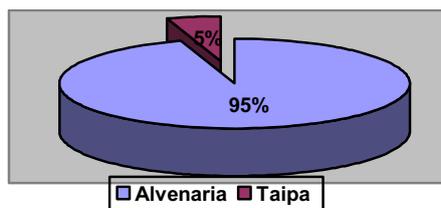
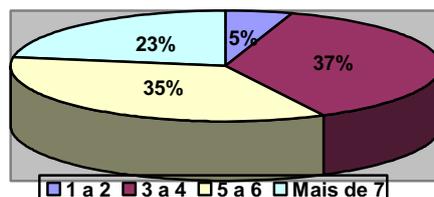


Gráfico 8 – Número de cômodos das residências do(a)s moradore(a)s entrevistado(a)s das comunidades ribeirinhas ao estuário Potengi.



Na **Figura 2.0** observa-se a vala de dejetos, a céu aberto, na comunidade do Passo da Pátria e o estado em que se encontrava a comunidade durante as obras de urbanização. Fica caracterizado, dessa forma, um dos problemas vivenciados no estuário Potengi: o lançamento de efluentes domésticos e sanitários nas margens do estuário, o que pode vir a provocar doenças nas populações mais pobres que vivem próximas às margens.



Figura 2.0 (a) vista da vala de dejetos a céu aberto na comunidade Passo da Pátria; (b) vista dos esgotos a céu aberto na comunidade Passo da Pátria durante as obras de urbanização – Cidade Alta.

Com relação aos dados obtidos para o abastecimento energético, 97,5% dos entrevistados afirmaram possuir rede elétrica em suas residências. Embora grande parte destes afirmem que a rede elétrica é constituída de um “gato”, ou seja, uma ligação clandestina.

Com relação ao abastecimento de água, 92,5% dos entrevistados afirmaram possuir água encanada em suas residências, enquanto um pequeno percentual de 7,5% ainda retira água para abastecimento de uma torneira pública próxima de suas casas.

No que diz respeito ao tipo de escoamento sanitário, 82,5% afirmaram possuir algum tipo de fossa presente em suas residências. Não foi possível distinguir a cerca de fossa séptica por desconhecimento desse termo por parte da população. Assim, optou-se apenas em identificar a presença ou não de fossa. Dos entrevistados 7,5% afirmaram não possuir banheiros e jogam os seus dejetos diretamente na maré ou valas, utilizando-se de baldes.

Quanto à coleta do lixo, verificou-se que a maioria dos entrevistados, em um universo de 95%, dispõem deste serviço. Em cerca de 5% dos questionários, os entrevistados afirmaram que depositam o lixo em uma caçamba existente nas proximidades de suas casas.

Com relação à água que as populações entrevistadas utilizam para beber, 85% afirmaram beber a água da distribuidora local, ou seja, da CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte) e SAAE (Serviço de Abastecimento de Águas e Esgotos de São Gonçalo do Amarante). O demais 10% utilizam água mineral para beber e 5% utilizam água de poço. Os que utilizam água de poço e água da distribuidora local afirmam ferver ou filtrar a água para consumi-la.

Percepção ambiental

Os problemas mais citados pelos entrevistados na comunidade, foram classificados em nove categorias (**Tabela 1**). A falta de saneamento e segurança foram às categorias mais citadas pelos entrevistados. A categoria “outros” corresponde a respostas diversas tais como: falta d’água, contaminação por detritos por inundações em períodos chuvosos do ano.

Tabela 1 – Problemas sócio-ambientais mais comuns nas comunidades ribeirinhas.

Problemas		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Passo da	Nº	9	0	11	0	0	2	5	0	0
Pátria	%	33,33	0,00	40,74	0,00	0,00	7,41	18,52	0,00	0,00
Maruim	Nº	7	3	1	0	0	1	4	2	1
	%	36,84	15,79	5,26	0,00	0,00	5,26	21,05	10,53	5,26
Beira	Nº	5	2	0	1	2	1	8	0	0
Rio	%	26,32	10,53	0,00	5,26	10,53	5,26	42,11	0,00	0,00
Pajuçara	Nº	2	1	2	3	0	2	3	2	0
	%	13,33	6,67	13,33	20,00	0,00	13,33	20,00	13,33	0,00
Uruaçu	Nº	2	2	0	2	0	1	3	1	0
de Baixo	%	18,18	18,18	0,00	18,18	0,00	9,09	27,27	9,09	0,00

1 - Esgoto/Lama; **2** – Lixo; **3** – Falta de calçamento; **4** – saúde precária; **5** – poluição/mau-cheiro da maré; **6** – presença de insetos e ratos; **7** – criminalidade/drogas/falta de policiamento; **8** - outros; **9** – não souberam responder.

Na **Tabela 2** estão classificados também por categorias, na percepção dos entrevistados, as principais causas dos problemas sócio-ambientais presentes no estuário Potengi, que prejudicam as comunidades ribeirinhas. A categoria mais citada foi a dos viveiros de camarão.

Tabela 2 – Causas dos problemas sócio-ambientais mais comuns no estuário Potengi que prejudicam as comunidades ribeirinhas.

Problemas		Viveiros	Esgotos/Lama/	Lixo	Não existe	Não
Passo da	Nº	7	0	4	1	0
Pátria	%	58,33	0,00	33,33	8,33	0,00
Maruim	Nº	7	0	1	2	1
	%	63,64	0,00	9,09	18,18	9,09
Beira Rio	Nº	4	4	3	0	2
	%	30,77	30,77	23,08	0,00	15,38
Pajuçara	Nº	2	2	1	1	1
	%	28,58	28,58	14,28	14,28	14,28
Uruaçu	Nº	0	0	0	4	1
de Baixo	%	0,00	0,00	0,00	80,00	20,00

Quando questionadas com relação aos aspectos do estuário Potengi que mais afetaram as comunidades, a falta de pescado foi citada como a mais importante, por prejudicar principalmente os pescadores da região (**Tabela 3**).

Tabela 3 – Representação dos problemas existentes no estuário Potengi na percepção das comunidades ribeirinhas.

Problemas existentes		Avanço da maré	Falta peixe	Problemas de saúde	Compromete lazer	Não existe	Não soube responder
Passo da	Nº	1	3	2	0	5	0
Pátria	%	9,09	27,27	18,18	0,00	45,45	0,00
Maruim	Nº	0	5	0	0	6	0
	%	0,00	45,45	0,00	0,00	54,55	0,00
Beira Rio	Nº	0	5	2	1	1	1
	%	0,00	50,00	20,00	10,00	10,00	10,00
Pajuçara	Nº	0	4	0	0	1	0
	%	0,00	80,00	0,00	0,00	20,00	0,00
Uruaçu	Nº	3	0	0	0	1	1
de Baixo	%	60,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00

Na comunidade Beira Rio a presença de uma Estação Elevatória de Esgotos (EEEs) da CAERN é um dos principais problemas levantados pela população. De acordo com os

entrevistados, a presença da Estação Elevatória de Esgotos - CAERN acarreta diversos inconvenientes (impactos negativos), não só para a comunidade como também para o estuário. Nas figuras que se seguem podemos observar a presença de lixo e de encanações que levam ao mangue águas residuais no entorno dessas EEEs (**Figura 3.0**).



Figura 3.0 – (a) Estação Elevatória de Esgotos– CAERN na comunidade Beira Rio; (b) cor da água da Estação Elevatória de Esgotos – CAERN na comunidade Beira Rio; (c) lixo ao lado da Estação Elevatória de Esgotos – CAERN na comunidade Beira Rio; (d) encanações que são jogadas diretamente no mangue sem nenhum prévio tratamento na comunidade Beira Rio.

Foi comentado pelos moradores da comunidade Beira Rio, que, no passado, as crianças brincavam e tomavam banho na maré do Potengi e que nos dias de hoje não mais o fazem, pois todas às vezes retornavam com a pele vermelha e com prurido. As tubulações de EEEs estão vazando e jorrando efluentes domésticos nas margens do estuário Potengi (**Figura 4.0**).



Figura 4.0 – (a) perfuração nas encanações da CAERN; (b) perfuração nas encanações da CAERN.

A **Tabela 4** demonstra que a maioria da população acredita que o governo é o culpado dos problemas existentes, porque não faz nada para resolvê-los. Mas outra parcela da população crê que os moradores são os grandes responsáveis pelo lixo jogado nas ruas, terrenos baldios e/ou maré, usando muitas vezes frases do tipo: “se eu faço a minha parte e o outro não faz não adianta”, “os próprios moradores são os culpados pelos problemas porque eles não fazem o certo”, ou, por exemplo, “eu faço, mas os outros não fazem o certo”.

Tabela 4 – Causas dos problemas no estuário Potengi na percepção dos entrevistados.

Causas		Governo	Moradores	Moradores	Fábricas	Novas	Outros	Não soube
Passo da	Nº	3	4	1	0	0	2	2
Pátria	%	25,00	33,33	8,33	0,00	0,00	16,67	16,6
Maruim	Nº	5	2	1	0	1	1	0
	%	50,00	20,00	10,00	0,00	10,00	10,00	0,00
Beira Rio	Nº	3	4	3	0	0	3	1
	%	21,43	28,57	21,43	0,00	0,00	21,43	7,14
Pajuçara	Nº	1	1	1	3	0	0	1
	%	14,29	14,29	14,29	42,86	0,00	0,00	14,29
Uruaçu de	Nº	2	0	0	0	0	0	3
Baixo	%	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,00

No que diz respeito aos responsáveis pela solução dos problemas das comunidades, uma das principais respostas é que o poder público, de qualquer instância, deveria resolver porque detém o poder nas mãos (**Tabela 5**)

Tabela 5 – Representação do universo de quem deveria resolver os problemas existentes no estuário na percepção das comunidades entrevistadas.

Quem deve resolver os problemas		Moradores	Associações de bairros	Empresários /industriais	Governo	Outros	Não soube responder
Passo da Pátria	Nº	0	1	0	9	2	1
	%	0,00	7,69	0,00	69,23	15,38	7,69
Maruim	Nº	2	0	0	9	1	0
	%	16,67	0,00	0,00	75,00	8,33	0,00
Beira Rio	Nº	3	0	0	7	1	1
	%	25,00	0,00	0,00	58,33	8,33	8,33
Pajuçara	Nº	0	0	1	4	0	1
	%	0,00	0,00	16,67	66,67	0,00	16,67
Uruaçu de Baixo	Nº	0	0	1	4	0	1
	%	0,00	0,00	16,67	66,67	0,00	16,67

Refletindo alguns problemas vivenciados pela comunidade de Uruaçu de Baixo na **Figura 5.0** vê-se o grau de emissão de fumaça, de uma cerâmica local, em dias úteis.

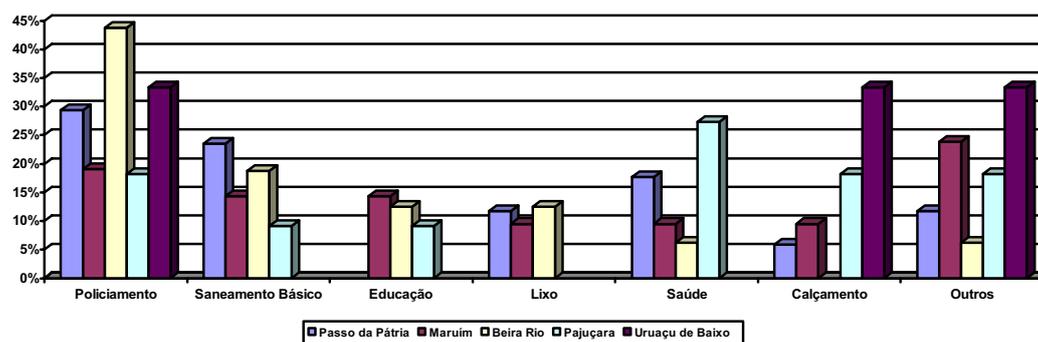


Figura 5.0 - (a) foto de uma das cerâmicas na comunidade de Uruaçu de Baixo; (b) foto de uma cerâmica na comunidade de Uruaçu de Baixo que joga toda a fumaça para as residências sendo um fator de incomodo para parte da população.

O **Gráfico 9** representa os principais problemas que as populações gostariam de solucionar. A categoria “outros” corresponde às respostas de pessoas que optaram por construções de equipamentos de lazer, passarelas, melhorias no transporte urbano e

profissionalização dos jovens. Nessa categoria também está inserida as respostas do tipo “não sei” ou “nada é preciso fazer”.

Gráfico 9 – Representação dos principais problemas que as populações ribeirinhas gostariam que fossem solucionados pelo governo.



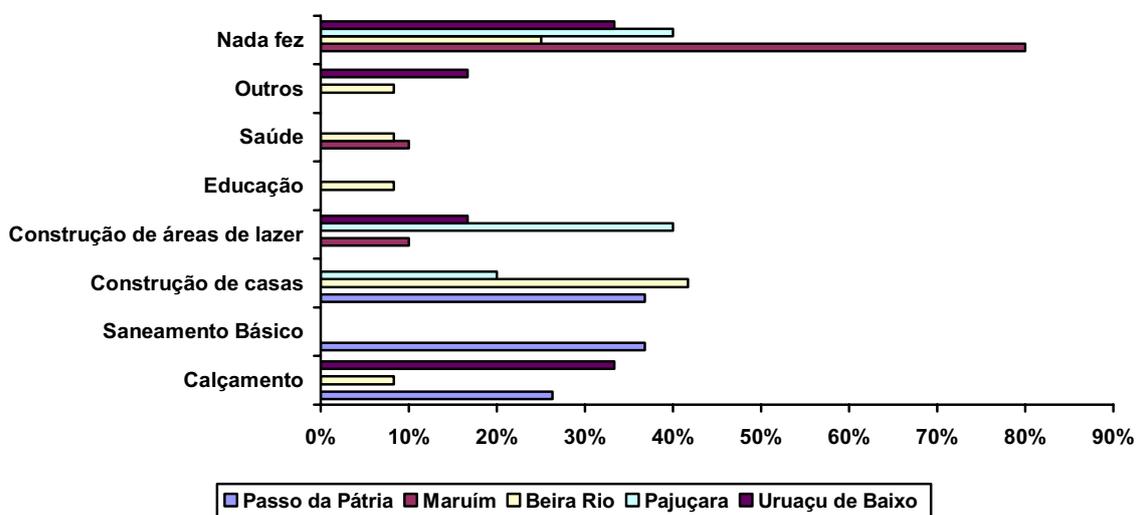
De acordo com os entrevistados o problema da descarga de efluentes domésticos e sanitários no estuário Potengi é antigo e perturba principalmente quem mora nas proximidades. Na **Figura 6.0** podemos observar uma tubulação que lança efluentes na maré.



Figura 6.0 – (a) fotografia de uma encanação que despeja efluentes domésticos na maré. A foto foi tirada em frente ao Mercado do Peixe, na comunidade do Maruim; (b) encanação que despeja efluentes domésticos na maré do Estuário Potengi.

No que diz respeito às mudanças que o Estado realizou nas comunidades foi identificando um maior percentual de respostas afirmando que nada o governo nada fez nas comunidades em questão, seguida por melhorias no calçamento e construções de casas de moradia. (**Gráfico 10**).

Gráfico 10 - Problemas solucionados pelo Estado, segundo as comunidades entrevistadas.



A explicação para respostas positivas no Passo da Pátria, afirmando melhorias como, por exemplo, construções de casas e saneamento básico devem-se as obras de urbanização e saneamento que estavam sendo realizadas durante a aplicação dos questionários com os moradores, embora ainda existam casas sem banheiros e dejetos *in natura* na maré (**Figura 7.0**).

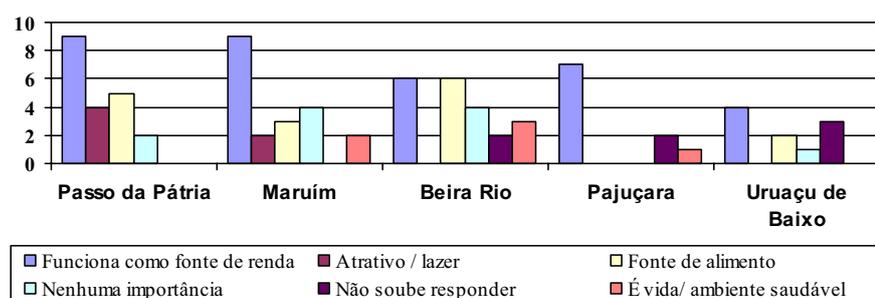


Figura 7.0 – (a) efluentes provenientes do canal do Baldo; (b) situação em que se encontra algumas ruas da comunidade Passo da Pátria durante a obra de urbanização.

O que foi percebido *in locu* no Passo da Pátria é que muitos moradores não demonstraram nenhum grau de insatisfação, afirmando “agora a situação vai melhorar”. Apesar de afirmarem que há muito lixo, lama e quando realizada a obra tudo irá se resolver. Em todas as comunidades

percebemos que o rio funciona como fonte de renda para as populações de pescadores e fonte de alimento, mesmo para quem não pesca, por oportunizar a compra do pescado (**Gráfico 11**).

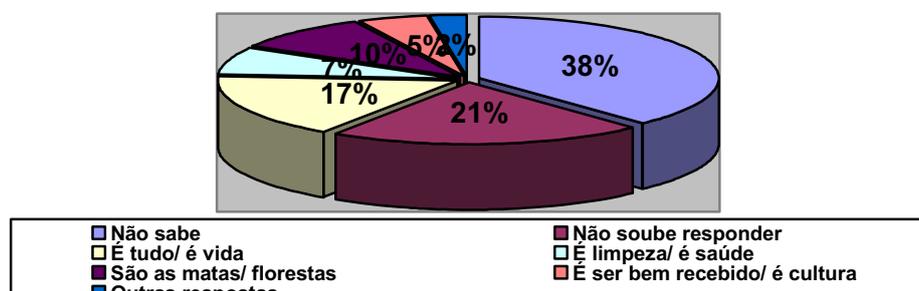
Gráfico 11 – Percepção dos moradores quanto à importância do rio e do mangue.



Obs.: O gráfico pode exceder os 100%, pois mais de uma resposta pode ter sido citada pelo entrevistado.

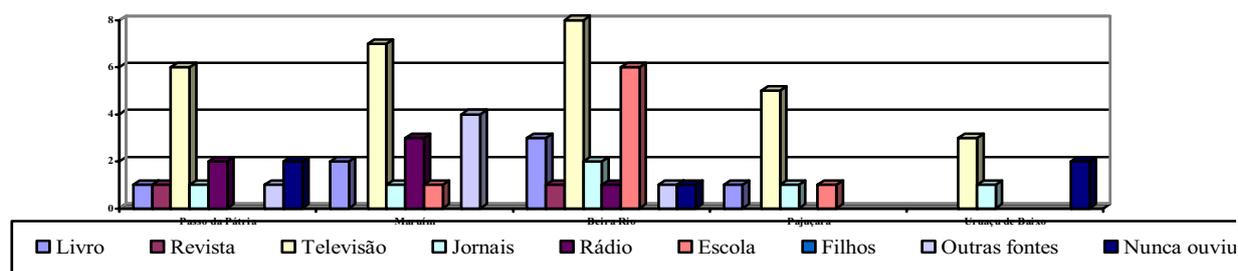
Questionados se já ouviram falar em “meio ambiente”, 82% dos entrevistados afirmaram já terem ouvido falar em meio ambiente, 15% nunca ouviram falar e 3% não souberam responder. No **Gráfico 12** observa-se as principais respostas no que diz respeito ao conhecimento que as famílias têm de Meio Ambiente, onde 59% dos entrevistados afirmaram que não sabem ou não souberam responder o que viria a ser meio ambiente. Talvez a falta de conhecimento sobre o assunto seja reflexo da ausência de políticas de educação que abordem questões como meio ambiente, processos de degradação e necessidade de preservação.

Gráfico 12 - Percepção que as populações ribeirinhas do estuário Potengi têm a respeito do conceito de Meio Ambiente.



No **Gráfico 13** observa-se as fontes de informação nas quais as famílias ouviram falar de meio ambiente. A televisão foi o veículo mais citado nos questionários, como sendo um meio confiável e que comunica rotineiramente o que está acontecendo com o meio em que vivemos. No campo “outras fontes” foram citadas palestras oferecidas por órgãos públicos e universidades.

Gráfico 13–Meio pelo qual as populações ribeirinhas tomaram conhecimento do termo “meio ambiente”.



Obs.: O gráfico pode exceder os 100%, pois mais de uma resposta pode ter sido citada pelo entrevistado.

O perfil sócio-econômico ambiental do estuário do rio Potengi traçado pelas famílias pesquisadas, indica o grau de degradação ambiental a que foi e está sendo submetido esse ecossistema, frente da crescente degradação por que vem passando. Assim, algumas famílias afirmaram que antes retiravam do rio o seu sustento e podia ter no rio um meio de lazer e conforto. O lançamento de efluentes diversos e de fontes poluidoras das mais diferentes é responsável pela morte de espécimes ou pela redução do número destas. No Passo da Pátria, por exemplo, todos os dejetos correm a céu aberto por uma vala possibilitando as crianças e os adultos entrarem em contato com esses dejetos, provenientes de diversos bairros da cidade de Natal. Com a obra de urbanização do Passo da Pátria, de imediato, muitos problemas se agravaram.. O riacho do Baldo e os esgotos passaram a correr pelas ruas, agravando mais a situação com a ocorrência das chuvas, quando as valas existentes alagam as casas, mesmo assim, as pessoas residentes no local constata melhoria, provavelmente fruto da expectativa dessa obra.

Isto posto, observa-se que a degradação ambiental constitui um dos maiores problemas por que estão passando as famílias nessas comunidades. Durante a aplicação do questionário as pessoas entrevistadas afirmaram ter conhecimento do termo “poluição” embora não compreendesse o seu significado. Já na comunidade de Beira Rio, na Zona Norte de Natal,

algumas respostas atestam que o rio está poluído e acusam a própria CAERN e os empreendimentos de carcinicultura por isso. Percebem essa situação porque não conseguem mais pescar peixe, camarão, sururu e caranguejo, como antigamente. Acrescentam que vêem peixes e caranguejos mortos no mangue com frequência e que não se banham mais nas águas por serem vítimas de coceiras e vermelhidão.

O termo poluição foi explicitado, por exemplo, em algumas falas de moradores transcritas como se segue, personificando esta expressão como algo negativo e pejorativo, tais como peixes mortos, mau-cheiro, lixo, fazendas de camarão entre outros.

“Poluição do rio é devido ao esgoto que vai para lá”

“O povo joga o lixo na maré”

“O povo joga o lixo direto no rio. E os viveiros de camarão tão acabando com o rio”

“A fossa e o lixo vão direto para a maré”

“O peixe do lado de cá não presta, só presta o do outro lado”

“Os esgotos descem para o rio. O do Hospital desce pela vala”

“A gente que pesca é que sabe, cai os detritos no rio e ainda tem gente que joga. A gente não pesca aqui perto, quando joga a rede só sai lixo”

“O esgoto vai para o rio, o pessoal não tem banheiro, defeca na beira do rio e os que tem banheiro vai tudo para a vala que vai também para o rio”

“Desordenação dos viveiros, tem viveiro que é dentro da maré, tem muita fazenda de camarão e elas destroem o mangue. A poluição que vem do rio Jundiaí vem com muito esgoto e contamina o rio Potengi, às vezes fede muito, mas agora melhorou um pouco”

Podemos perceber pelos depoimentos acima transcritos que a população entrevistada entende os elementos periféricos de representação, a possível poluição das águas, a degradação do manguezal, a redução do pescado, os esgotos industriais e domésticos e os viveiros de camarões. Assim sendo, devido às constantes ações impactantes no estuário, as referências aos causadores desses impactos parecem ter suplantado os aspectos positivos por referências negativas de representação do rio.

Embora a lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 estabeleça as diretrizes nacionais para o saneamento básico e considere saneamento básico como um conjunto de serviços, infra-estrutura e instalações operacionais de abastecimento; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e também drenagem e manejo das águas pluviais urbanas na cidade do Natal o que existe é uma carência de saneamento na cidade, isso é um agravante, visto que apenas 32,1% da cidade é saneada o que se reflete na qualidade de vida da população, principalmente nas comunidades mais marginalizadas. (BRASIL, 2007).

Uma outra fonte de poluição são os empreendimentos de carcinicultura. Eles contribuem para a devastação do mangue, além de possivelmente acentuarem a contaminação do estuário. A Resolução nº 303, de 20 de março de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA dispõe sobre parâmetros, definições e limites de preservação permanente. Este marco legal determina que as áreas de manguezais são APP – Áreas de Preservação Permanente. Essa mesma resolução, no seu artigo 3º e inciso X, afirma que o manguezal em toda a sua extensão é área de preservação permanente (BRASIL, 2007). Paradoxalmente, o órgão ambiental permite a construção de fazendas de camarão dentro dos limites de uma Área de Preservação Permanente, contrariando o que a Lei determina.

Análise das entrevistas

Outro instrumento aplicado foram as entrevistas realizadas com os agentes de órgãos públicos (IBAMA, IDEMA e SEMURB) e das colônias de pescadores. Entrevistando a presidente da “Colônia de Pesca e Aqüicultura de Natal José Bonifácio”, esta afirmou que “o rio Potengi é um dos principais meios de sobrevivência dos pescadores do local”. Na colônia existem 2500 pescadores e desses, 40% pescam no mar e o restante no rio Potengi, sendo que desde o ano de 1999 vem ocorrendo uma redução muito grande na oferta do pescado, seja este de caranguejos, peixes, sururus, ostras, entre outros. Conversando com uma pescadora que se encontrava na colônia, esta afirmou que “eu, quando pescava por gosto, eu chegava em casa com cada peixe, era cada pescado [...]. Por gosto eu pescava, eu pescava de noite, eu pescava de dia. Agora, você vai e pega só aquela coisinha”.

Em entrevistas realizadas com o responsável pelo monitoramento ambiental do IDEMA e com um analista ambiental do IBAMA, ambos mencionaram terem conhecimento do problema e que a grande dificuldade que enfrentam é a falta de pessoal técnico e qualificado. O analista ambiental do IBAMA auferiu que a “ocupação da área de mangue, por carcinicultura ou por moradias e o lançamento de efluentes no estuário e provavelmente o seu assoreamento, já é uma consequência da ocupação de toda a bacia do entorno. Tudo isso são pressões antrópicas”.

O responsável pelo monitoramento ambiental do IDEMA fez menção a questão afirmando que o problema de poluição no estuário “é decorrente dos constantes lançamentos de esgotos, tanto no riacho do baldo, como no riacho das lavadeiras e em outros pontos do rio”. Em seguida afirmou que “há também o Distrito Industrial de Natal, onde somente é feito um pré-tratamento pelas próprias indústrias, que enviam esses efluentes para a Estação de Tratamento de Esgotos (ETEs), esta ainda inoperante” e que “a CIA, Centro Industrial de Avançado em Macaíba, tem colocado que faz o tratamento antes de jogar os efluentes no rio Jundiá”. No entanto, o agente do IDEMA alega que “é preciso saber se o tratamento que se faz é realmente correto, por que se não for feito da maneira correta esse também constituirá como uma fonte de poluição no estuário”. Comenta que há também o problema da concentração desordenada de efluentes em áreas de APP – Áreas de Proteção Permanente, decorrentes não só de empreendimentos de carcinicultura como também provenientes de dejetos das populações ribeirinhas.

Durante entrevista na SEMURB – Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo, o geógrafo entrevistado revela outro aspecto do problema. Segundo ele, “muitas vezes a própria população não colabora com a preservação, contribuindo para agravá-la ainda mais”. Pelas palavras do geógrafo “as pessoas ainda não têm muito concreto que a lei tem que ser cumprida” e “ainda há uma resistência muito grande no cumprimento dessa legislação”. Acrescenta ainda que “O grande problema, hoje ao meu ver, são os lançamentos de corpos estranhos ao ecossistema, citando-se aí o metabisulfito pelo carcinicultor, óleos e graxas pelas aquelas empresas que ficam ali no entorno, os efluentes industriais que são lançados por algumas empresas que ficam na região metropolitana”.

O presidente da colônia de Pescadores de Macaíba, afirmou que muita coisa mudou da década de 80 até os dias de hoje. “A poluição foi pouco a pouco acabando com o pescado e a culpa disso foi das indústrias, dos empreendimentos de carcinicultura e das imunizadoras”.

Dando continuação a entrevista afirmou: “A solução acima de tudo é saneamento básico, tanto para Natal quanto para Macaíba e São Gonçalo do Amarante”

O analista ambiental do IBAMA afirmou: “é preciso uma sociedade consciente para que se possa fazer cobranças e denúncias - é necessário ter consciência e atitude perante o Meio Ambiente”. Muitas vezes as populações se colocam como vítimas de uma situação, quando na verdade, elas mesmas são as causadoras de determinados problemas existentes, e em vez de procurar solucioná-los, culpam os poderes públicos pelos males. Os problemas citados nesse trabalho pelas pessoas entrevistadas, não giram somente em questões de consciência ambiental, refletem também a falta de estrutura a qual está submetida às populações marginalizadas, já carentes de outros serviços como educação, transporte, segurança e saúde.

O processo de ocupação extensiva e desordenada do espaço urbano tem produzido um ambiente degradado, ambiental, espacial e socialmente, provocando a falta de qualidade de vida de seus habitantes. Essa dinâmica de crescimento urbano reflete, sobretudo a falta de oportunidades numa sociedade capitalista, induzindo, dessa forma, à seletização dos espaços (KASHIWAGI, 2004).

A ocupação desordenada das margens do estuário tem ocasionado transformações perceptíveis de serem analisadas, pois em locais onde antes estavam presentes manguezais, hoje são ocupados por comunidades, empreendimentos de carcinicultura, fábricas, etc. Estes fatores ocasionam o comprometimento das águas do estuário por efluentes industriais e domésticos, bem como por outras fontes-poluentes, provocando um maior incremento nos índices de coliformes fecais e poluição por metais pesados, trazendo doenças e outros prejuízos para as populações. Todos esses problemas vêm a reforçar que a população sente e sofre as reações do meio ambiente às ações antrópicas indiscriminadas. Apesar disso, ainda é remota a perspectiva dessas populações de compreenderem o ambiente em que vivem e do modo como elas se apropriam do meio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aspectos aqui discutidos dizem respeito aos processos ambientais envolvidos na presença urbana e a conseqüente degradação ambiental no estuário do rio Potengi. A utilização do instrumento de coleta de dados junto à população permitiu uma visualização da real situação

das populações ribeirinhas e por consequência do pescador, que dependem direta ou indiretamente do estuário Potengi. A população, em sua maioria, não se mostrou plenamente satisfeita tanto com a vida que leva quanto e com o local onde mora.

Diante do que foi visto, pode-se concluir que os processos de uso e ocupação do solo conferem a cada comunidade uma particularidade no que diz respeito à percepção que as mesmas têm do meio em que vive. O morador avalia seu meio mais por aspectos qualitativos do que quantitativos, em termos de deficiências de equipamentos urbanos locais. Já os representantes dos órgãos gestores, por estarem envolvidos em outra realidade perceptiva e de pertencerem a um determinado grupo social cujas condições de vida não são as mesmas das populações ribeirinhas, dão informações que apenas se voltam aos seus interesses imediatos e com certo receio de se comprometerem. De modo geral, afirmam que o grande problema é o número insuficiente de pessoal técnico e de qualificação para o trabalho, transferindo assim para outras instancias. Embora, demonstrem ter consciência da poluição do estuário e da falta de qualidade de vida das comunidades que vivem no seu entorno, acham que já estão sendo propostas alternativas de solução. Já as populações locais, por outro lado, não vêem nenhuma iniciativa do governo e muito menos dos seus gestores no sentido de melhorar a qualidade de vida das comunidades menos favorecidas.

Há um descompasso entre a percepção da população e a dos órgãos públicos, mesmo que coincidam quanto a realidade encontrada pelos moradores no ambiente onde vivem. Aliás, tais deficiências foram muito bem retratadas pelos presidentes das Colônia de Pescadores, confirmando que os órgãos públicos não atentam para as necessidades das populações e nem para os seus problemas, parecendo não ser intrínseca de suas tarefas a preocupação com o social e com o ambiental, transferindo suas dificuldades para as limitações institucionais. Muitas vezes prevalece a compreensão de que os problemas ambientais são externalidades, portanto, estão fora das possibilidades de interferência das pessoas em geral, julgando-se que a solução estaria fora da esfera de atuação desses organismos – mais precisamente no setor público que tudo pode se resolver com a organização da sociedade civil.

A violência, a criminalidade, a precariedade da saúde e da educação, o lixo, a falta de saneamento e a poluição, foram os elementos mais importantes referenciados pelas famílias submetidas aos questionários.

Aliado a essa problemática tem-se a questão da descaracterização da paisagem devido à degradação, seja pela localização irregular das populações à margens do estuário e pelo mau uso do solo em si.. As comunidades ali instaladas são ao mesmo tempo sujeito – executam também ações depredativas, e objeto, porque as conseqüências das depredações recaem sobre si.

Enfim, a problemática da degradação do estuário Potengi e como conseqüência a diminuição da qualidade de vida das populações ribeirinhas é muito mais complexa que aparenta a realidade. É necessário, que se aprofundem os estudos a partir de sua base compreendendo o cotidiano dos indivíduos para que se consiga reverter os efeitos dessa crescente degradação.

Desta forma, os órgãos públicos têm a possibilidade de através do Plano Diretor adaptado ao Estatuto da Cidade, investir em projetos especiais para recuperar a qualidade do meio ambiente e prevenir a sua deterioração, mobilizando para isso, as próprias comunidades ribeirinhas objeto da ação pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICO, Maria da Conceição Oliveira. **Processos sócio-ambientais relacionados às situações de degradação na região do rio doce**. 2006. Dissertação (Mestrado no PRODEMA). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

BRASIL. Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Publicada no Diário Oficial da União em 08 de janeiro de 2007.

BRASIL. Resolução 303, de 20 de março de 2002. Publicada no Diário Oficial da União em 13 de maio de 2002.

IDEMA, **Mapeamento Geoambiental dos Estuários dos rios Potengi e Ceará-Mirim em escala 1: 10.000 com base nas imagens Ikonos II**, 2004.

KASHIWAGI, HELENA MIDORI. **O processo de percepção e apropriação do espaço nas comunidades marginais urbanas: o caso da favela do Parolin em Curitiba –PR**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MACEDO, Maria Derleide de Paiva. **Alterações ambientais do rio Potengi na concepção das populações ribeirinhas: um paralelo entre o saber do senso comum e o saber científico**. 2003. Monografia. (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.

PACHECO, Rodrigo Stolze. **Aspectos da ecologia de pescadores residentes na península de Marajú –BA: pesca, uso de recursos marinhos e dieta**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, Cássia Milena Souza da. **A percepção ambiental de moradores de comunidades carentes – a ZEEIS Brasilit**. Monografia, (Graduação em Ciências Biológicas). Centro Federal de Educação tecnológica, Recife..

ANEXO

ROTEIRO DE ENTREVISTA

a) Órgãos Públicos

I. Identificação da Entrevista **Número:** _____

1. Município pesquisado: _____

2. Órgão (local/regional): _____

3. Endereço: _____

_____ Tel: _____

4. Data da Entrevista: ____/____/____

5. Entrevista gravada: Sim Não

II. Dados Gerais do Entrevistado

1. Nome completo: _____

2. Telefone: _____ E-mail: _____

3. Função desempenhada: _____

4. Nível de instrução: _____

5. Profissão: _____

6. Capacitação: _____

7. Tempo de trabalho na função: _____

8. Tempo executando a função local: _____

III – Arranjo institucional

- Quais as funções do órgão que representa?
- Quais as dificuldades que o órgão encontra para realizar suas tarefas?
- O quadro do pessoal técnico é suficiente? Qualificado?
- Os métodos dos quais o órgão utiliza é adequado e tem dado resultados?
- Que outros organismos desenvolvem atividades na área? Como tem desempenhado o seu trabalho?
-

IV – Participação do órgão na solução dos problemas ambientais

- Qual o papel da sociedade civil na proteção ambiental? O que tem feito o órgão no sentido de informar a sociedade?
- Como a questão ambiental é tratada dentro do órgão?
- O que tem sido feito na prática?
- A educação ambiental é um instrumento para aprofundar a consciência em relação à proteção do meio ambiente?
- Qual a importância do estuário do rio Potengi?
- O órgão tem algum projeto que aborde especificamente a problemática do estuário do rio Potengi?
- O que você acha das populações ribeirinhas que dependem direta ou indiretamente do estuário do Potengi?(quanto a preservação)
- Há algum tipo de fiscalização sistemática no estuário Potengi?
- Quais os problemas mais comuns encontrados no estuário do rio Potengi?
- Quais são as principais fontes poluidoras do estuário do rio Potengi? Quais os tipos de dejetos são jogados nas águas do mesmo?
- A que se deve o problema de poluição do estuário potengi?

V – Perspectivas de novas alternativas

- Diante dos problemas que se apresenta, quais as expectativas do estuário Potengi?

ROTEIRO DE ENTREVISTA

b) Colônia de Pescadores

I. Identificação da Entrevista Número: _____

1. Município pesquisado: _____

2. Órgão (local/regional): _____

3. Endereço: _____

_____ Tel: _____

4. Data da Entrevista: ____/____/____

5. Entrevista gravada: Sim Não

II. Dados Gerais do Entrevistado

6. Nome completo: _____

7. Nível de instrução: _____

8. Cargo: _____

III – Conhecimento da região onde atua

- Para p pescador, o que é o rio Potengi?
- Ocorreu ou ocorre alguma mudança no ao rio Potengi? Se sim, como essas mudanças se revelam/ acontecem?
- Quais seriam então as possíveis causas dessas mudanças?

IV– Percepção ambiental

- Para você o que é a questão ambiental?

- Existe algum tipo de articulação entre os órgãos públicos e a colônia de pescadores? Se sim, quais e para que?
- Qual a opinião que a colônia de pescadores tem sobre os órgãos que tratam da questão ambiental? Há alguma expectativa no que diz respeito às ações do órgão no rio Potengi?
- Qual é o órgão responsável pela problemática ambiental? Como ele tem realizado essa tarefa?
- Qual o nível de dependência dos pescadores na atividade pesqueira? Eles exercem outras atividades para complementar sua renda?
- Na colônia, é realizado algum tipo de ação de informação sobre os problemas ambientais, tais como, palestras, mini-cursos etc? Se sim, quais? Que resultados tem sido obtidos com essas ações?

V – Perspectivas Futuras

- Há algum tipo de perspectiva quanto ao futuro da atividade pesqueira? Pretendem continuar na atividade?
- Qual o principal problema que os pescadores encontram na atividade?
- O rio Potengi está ou não poluído? Se sim, qual seria a causa dessa poluição? Qual seria a solução para a mesma?

ESTUDO DOS IMPACTOS SOCIO-AMBIENTAIS NO ESTUÁRIO DO RIO POTENGI NA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE NATAL/RN

QUESTIONARIO N°

Data: ____/____/____ Hora do inicio da entrevista: _____

Município: _____

Localidade: _____

Nome do Entrevistado (a): _____

I - FAMILIA E TRABALHO

1. Caracterização da família (relacionar também os membros da família que, morando ou não no domicílio, contribuem ou dependem com/da renda familiar).

N°	Nome	Sexo (A)	Idade	Estado civil (B)	Grau de instrução (C)	Ocupação Principal (D)	Local onde trabalha (E)	Ocupação secundária (F)	Local onde trabalha (G)
01									
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
(A) 1- Feminino 2- Masculino		(B) 1- Casado 2- Solteiro 3- Viúvo 4- Separado 5- Divorciado 6- Junto (a) 98- Outros		(C) 1- Analfabeto 2- Sabe ler e escrever 3- 1º Grau incompleto 4- 1º Grau completo 5- 2º Grau incompleto 6- 2º Grau completo 7- Curso técnico 8- 3º Grau incompleto 9- 3º Grau completo 98- Outra		(D) e (F) 1- Trabalhador (a) doméstico 2- Pescador (a) 3- Marisqueiro (a) 4- Comércio 5- Servidor público 6- Construção civil 7- Aposentado / Pensionista 8- Não trabalha 98- Outro			

(E) e (G)

- 1- Na própria casa (do lar)
- 2- Na própria casa em atividade comercial
- 3- Na própria casa em outras atividades
- 4- No próprio domicílio e fora em outras atividades
- 5- No próprio domicílio e fora em atividade comercial
- 6- No próprio domicílio e fora em atividade pesqueira
- 7- Fora do domicílio em outras atividades
- 8- Fora do domicílio em atividade pesqueira
- 9- Fora do domicílio em atividade comercial
- 10- Não trabalha
- 98- Outros

II – ASPECTOS GERAIS DA RESIDENCIA

2. Qual o principal tipo de energia (luz) utilizado?

a) Rede elétrica	b) Cata-vento	c) Gerador	d) Outro (especificar)

3. Qual a principal forma de abastecimento de água utilizada?

a) Rede Geral	b) Carro-pipa	c) Poço / Nascente	d) Torneira Pública	e) Cisterna	f) Rio / Açude / Barreiro	g) Outra (especificar)

4. Qual o principal tipo de escoamento sanitário utilizado?

a) Fossa - séptica	b) Fossa comum (rudimentar)	c) Rede geral	d) Outro (especificar)

5. Onde a comunidade despeja o lixo? A prefeitura faz a coleta? Se sim, com que frequência?

6. De onde é a água que a comunidade utiliza para beber?

a) CAERN b) Rio c) Cisterna d) açude / lagoa e) Poço

f) Outra (especificar): _____.

7. De onde é a água utilizada para as outras atividades (lavar louça, tomar banho, lavar roupa etc)?

a) CAERN b) Rio c) Cisterna d) açude / lagoa e) Poço

f) Outra (especificar): _____.

8. Qual o principal material utilizado na construção da residência?

a) Alvenaria b) Madeira c) Taipa d) Outros(especificar):

_____.

9. Qual o principal material utilizado na cobertura da residência?

a) Palha () Telha () Telha de barro () Outra (especificar):

_____.

10. Número de cômodos que a residência possui: _____.

III- PROBLEMAS, ATITUDES E PERSPECTIVAS FUTURAS

11. Participa de alguma organização social?

Tipo	Sim	Não
a) Sindicato		
b) Associações de bairros		
c) Igreja		
d) Outros		

12. Quais são os problemas mais comuns do seu bairro ou comunidade?

13. Desses problemas enumerados acima quais você acha que prejudica o rio?

14. Os problemas existentes no rio Potengi prejudicam a sua comunidade? De que jeito?

- d) () A comunidade unida (moradores)
- e) () O povo como um todo
- f) () As associações de bairros
- g) () As escolas
- h) () Os empresários, os industriais
- i) () O governo
- j) () Outras (especificar): _____.
- l) () Não sei

20. Quais os problemas que você gostaria que o governo solucionasse na sua comunidade? Através de que tipo de ação?

21. Você tem percebido alguma mudança na sua comunidade que seja resultado de ações do governo?

22. Qual a importância que o rio tem na sua vida e na da comunidade local?

23. O que o mangue representa na sua vida? Qual a sua importância?

24. Você já ouviu falar em Meio Ambiente?

a) sim não não soube responder

25. O que o meio ambiente representa (significa) para você?

26. Você costuma ter informações a respeito de meio ambiente por meio de:

a) livros

b) revistas

c) televisão

d) jornais

e) rádio

f) escola

g) filhos

g) outras fontes (especificar): _____.

Hora do término da entrevista: _____