

O Ni tem concentração nos sedimentos marinhos variando entre 50 e 100 mg/Kg, enquanto o Co apresenta concentrações muito baixas, entre 0,9 e 0,3 mg/Kg (FORTESCUE, 1980), o que, em comparação aos dados obtidos neste estudo, apontam para um enriquecimento. O padrão da Costa Verde apresenta valores um pouco acima do intervalo identificado por Fortescue (1980), e cada elemento está condicionado pela variação de profundidade e morfologias das baías. Portanto o conceito de altas ou baixas concentrações é relativo, sendo considerado como anômalos apenas quando incrementados por atividades antrópicas.

A origem natural mais usual de Ni é de minerais sulfetados e rochas de caráter máfico, rochas de baixa ocorrência na região, que são, do ponto de vista petrológico, predominantemente ácidas e félsicas. Esse fato sugere que as concentrações obtidas, ainda que pequenas, possam ter importante contribuição antrópica.

A variação entre as concentrações de Mn das enseadas de Angra dos Reis, Ribeira, Mangaratiba e Marambaia, neste estudo, ficou em 23% (coeficiente de variação). Ainda que seja um elemento abundante no ambiente marinho, é caracterizado por um maior enriquecimento na área. Em ambiente marinho esse elemento apresenta concentrações variando entre 20 e 120 mg/Kg (FORTESCUE, 1980), enquanto na área de estudo apresenta concentrações entre 1.600 e 16.100 mg/Kg, ou seja, duas a quatro ordens de magnitude superiores ao máximo em ambiente natural.

O Mn foi considerado o principal contaminante na enseada de Marambaia por Morales (2011), contudo na enseada de Mangaratiba há concentrações mais elevadas, com destaque ao canal da Ilha Grande a partir da Ponta do Leme (Figura 48), ou seja, após a TEBIG e no mesmo sentido da corrente, de maneira que não há como desassociar a TEBIG do fornecimento desse metal. Junto a costa de Mangaratiba a associação pode ser feita com a Ingá, conjuntamente aos centros urbanos. Outra porção, entre Piraquara de Fora e a Ilha Grande, também tem concentrações bem elevadas, e esse comportamento pode, por sua vez, ser atribuído a barreira geoquímica formada pela variação de temperatura dos efluentes da CNAAA.

O Mn já foi associado a atividade do estaleiro Verolme por Ramos (2013), uma vez que sua distribuição espacial está aliada às assinaturas isotópicas ligadas a alta concentração desse elemento o que indicam que TEBIG e estaleiro Verolme sejam as principais fontes desse metal. O comportamento de Mn se assemelha ao do Cr, principalmente na região entre a Ilha

de Tucum e Ilha Grande (Figura 50), bem como se aproxima do comportamento na mesma área do Co e Pb, embora esses elementos tenham altas concentrações em outras porções da Costa Verde.

O que se nota é que Cr, Co, Mn e Pb se comportam de maneira equivalente na Costa Verde, embora o comportamento geoquímico dos elementos se diferencie entre si, pois Mn é mais móvel, enquanto Pb tem baixa mobilidade (GOLDSCHMIDT, 1958). As fontes de Cr são muito variadas, mas por associação ao elemento que melhor representa a contaminação antrópica (Mn), pode estar ligado às fontes antrópicas.

O comportamento de Cr, Cu e Mn não se relaciona a fração granulométrica, ocorrendo em altas concentrações tanto nas proximidades da Ilha da Jipóia como em baixas concentrações no canal da Ilha Grande. A provável principal fonte de Cr é a enseada da Ribeira, pois é onde as mais altas concentrações são encontradas. Esse comportamento só é possível devido aos efluentes da CNAAA que, em função da temperatura, permite sua mobilização até a área de retorno da corrente, onde se precipita. No entanto, na área de maior circulação, existe maior gradiente e maior velocidade de corrente (0,10 m/s), diferentemente das áreas das enseadas, onde a velocidade é aproximada em 0,02 m/s (FRANKLIN, 2011).

Outro fator que não pode ser desprezado é a pluma de elevada temperatura gerada pelos efluentes da CNAAA, onde se observa um alinhamento NW-SE de menor concentração de metais com influência nas concentrações em ambas as enseadas vizinhas (Angra dos Reis e Ribeira).

Com relação à CNAAA, segundo Gomes (2010), os monitoramentos de rotina dos efluentes de CNAAA indicam níveis irrelevantes de atividade radioativa a partir das usinas, e a mistura dos efluentes ocorre em decorrência da turbulência gerada pela descarga em grande volume com uma área de influência dez a cem vezes maiores que a da própria descarga. Por exemplo, a diluição em Piraquara de Fora, pertencente à enseada da Ribeira e onde são descarregados os efluentes de CNAAA, indicam um valor de diluição média de 1:16 do elemento Ra.

Figura 48 - Distribuição das concentrações de manganês na costa verde. Não há dados quanto às concentrações na enseada de Sepetiba.



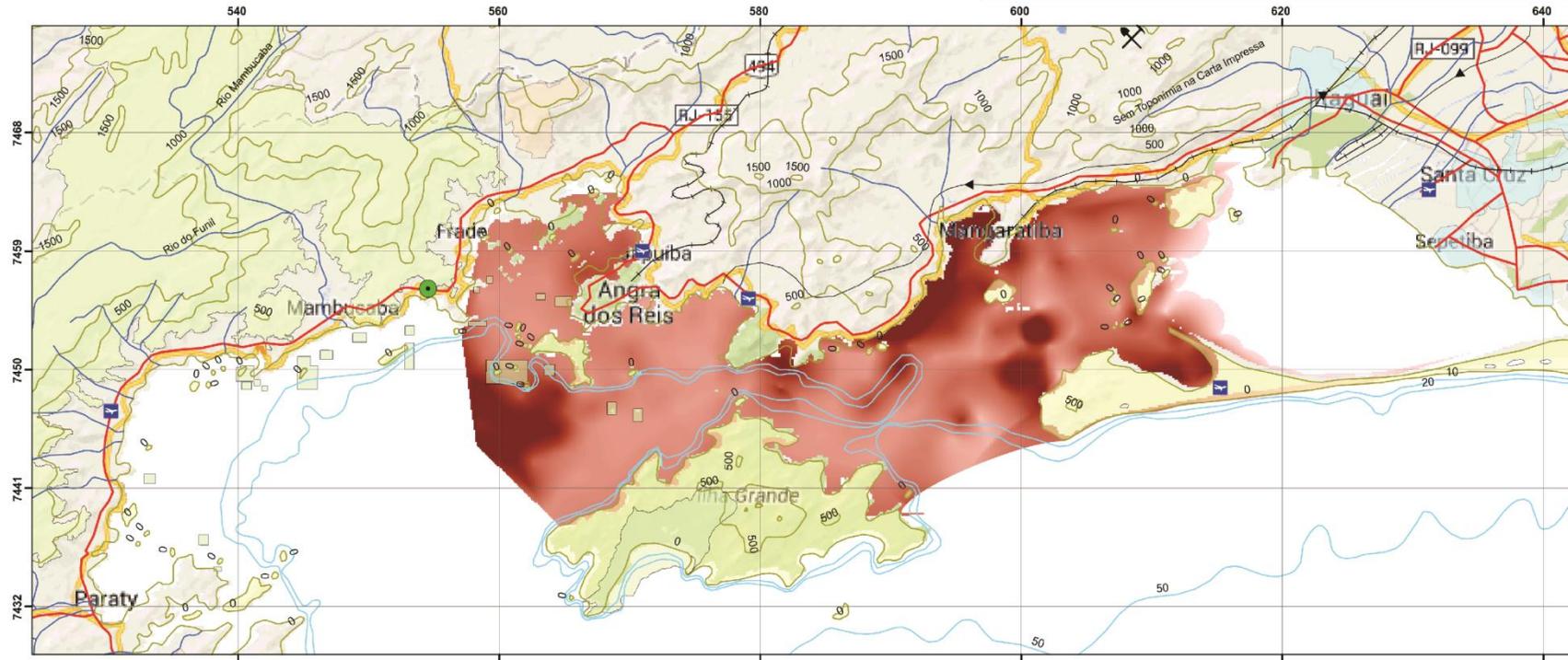
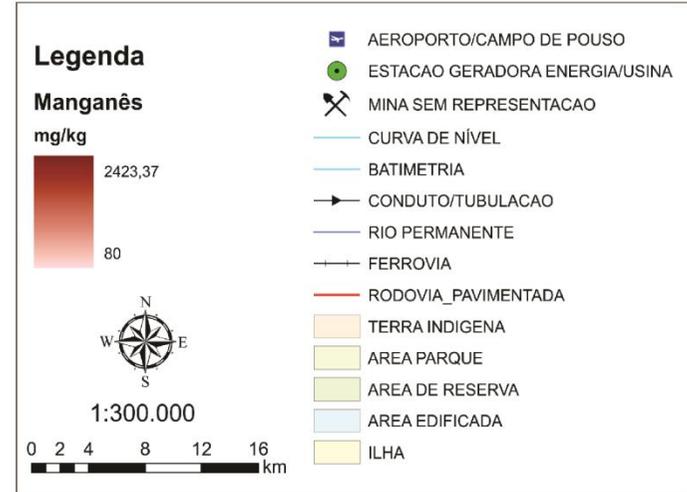
## Estudo isotópico e geoquímico dos sedimentos costeiros da Costa Verde do Estado do Rio de Janeiro para identificação de atividades antrópicas.

Ariadne Marra de Souza

Orientador  
Mauro Cesar Geraldes

Programa de pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis  
Área de Concentração: Análise de Bacias

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
Datum vertical: Marégrafo Ibituba, SC  
Datum horizontal: WGS84  
Equidistância das curvas de nível: 500 metros  
Declinação magnética -22°  
Base cartográfica IBGE  
Imagem de satélite - Google Maps  
2015



Fonte: A autora, 2015

Analisando os demais elementos se observa que o coeficiente de variação de Cu entre todas as enseadas atingiu 43%, o que pode ser explicado pela fácil mobilização desse elemento, sobretudo porque sua maior concentração se dá na área mais abrigada – ou seja, na baía de Sepetiba (Figura 49), provavelmente associado aos rejeitos da empresa Ingá. Quando o Cu é bivalente, combina-se com vários ânions e faz com que o processo de oxidação, lixiviação e reprecipitação não apenas resulte em cimentação em depósitos imediatamente abaixo da zona de oxidação, mas também migre sob a forma de soluções de Cu e outros metais (GOLDSCHMIDT, 1958). Nas amostras analisadas o Cu tem preferência para se concentrar pontualmente, principalmente junto aos centros urbanos e, não por acaso, é relacionado a esgotos domésticos.

Na baía da Ribeira as concentrações de Cu podem estar associadas também à granulação do sedimento que variam de argila a areia fina segundo Dias et al. (1990) e Gomes (2010), resultando em maior potencial de adsorção de elementos nas frações mais finas. Na área onde as concentrações de metais são mais baixas, Dias et al. (1990 apud Gomes, 2010) identificou uma granulação franco-arenosa, sendo que, na área estudada, essas areias são compostas preferencialmente por quartzo e, portanto, com baixo poder de adsorção. A mineralogia do sedimento favorece a não fixação dos elementos. As concentrações de Cu obtidas podem ser favorecidas por dois fatores: concentrações elevadas, tanto *in loco* quanto provenientes das enseadas ao redor, em conjunto com a zona de confluência formada entre correntes.

As concentrações de metais encontradas na baía da Ilha Grande se assemelham às encontradas na baía de Sepetiba, conforme o gráfico disponibilizado por Gomes (2010) (Figura 51) e são corroboradas pelos dados desta pesquisa, enfatizando o intercâmbio de metais entre as baías e, principalmente, as fontes equivalentes contribuindo com o aporte de metais. As concentrações obtidas nas enseadas podem estar relacionadas às direções de corrente marinhas, assim como à influência de águas continentais através das desembocaduras dos rios.

Figura 49 - Concentrações de cobre ao longo da Costa Verde



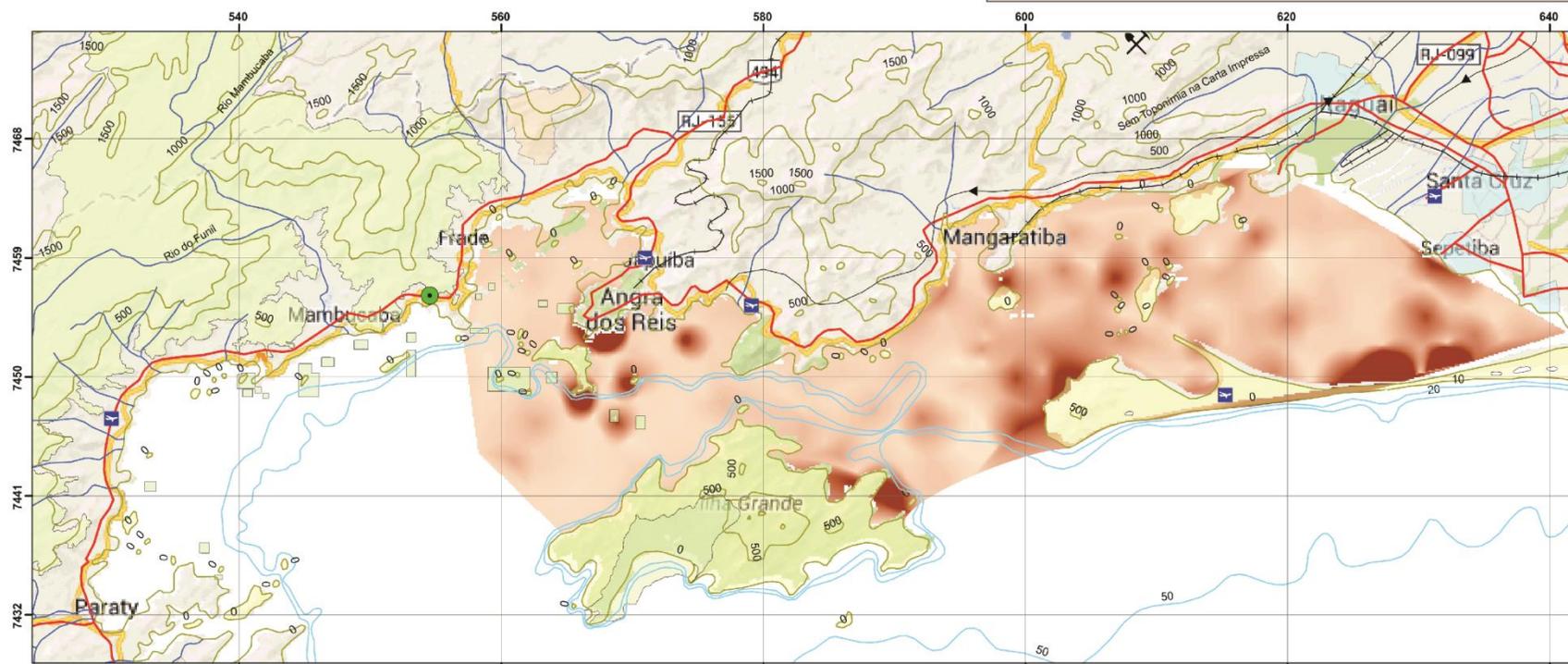
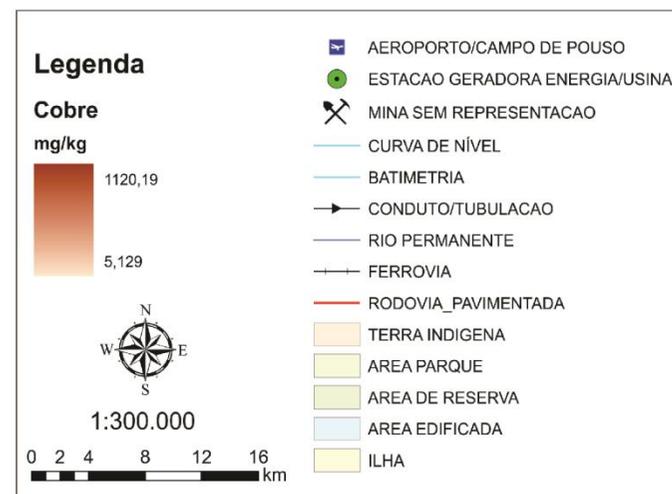
## Estudo isotópico e geoquímico dos sedimentos costeiros da Costa Verde do Estado do Rio de Janeiro para identificação de atividades antrópicas.

Ariadne Marra de Souza

Orientador  
Mauro Cesar Geraldes

Programa de pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis  
Área de Concentração: Análise de Bacias

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
Datum vertical: Marégrafo Ibituba, SC  
Datum horizontal: WGS84  
Equidistância das curvas de nível: 500 metros  
Declinação magnética -22°  
Base cartográfica IBGE  
Imagem de satélite - Google Maps  
2015



Fonte: A autora, 2015

Figura 50 - Mapa de concentração de cromo na Costa Verde



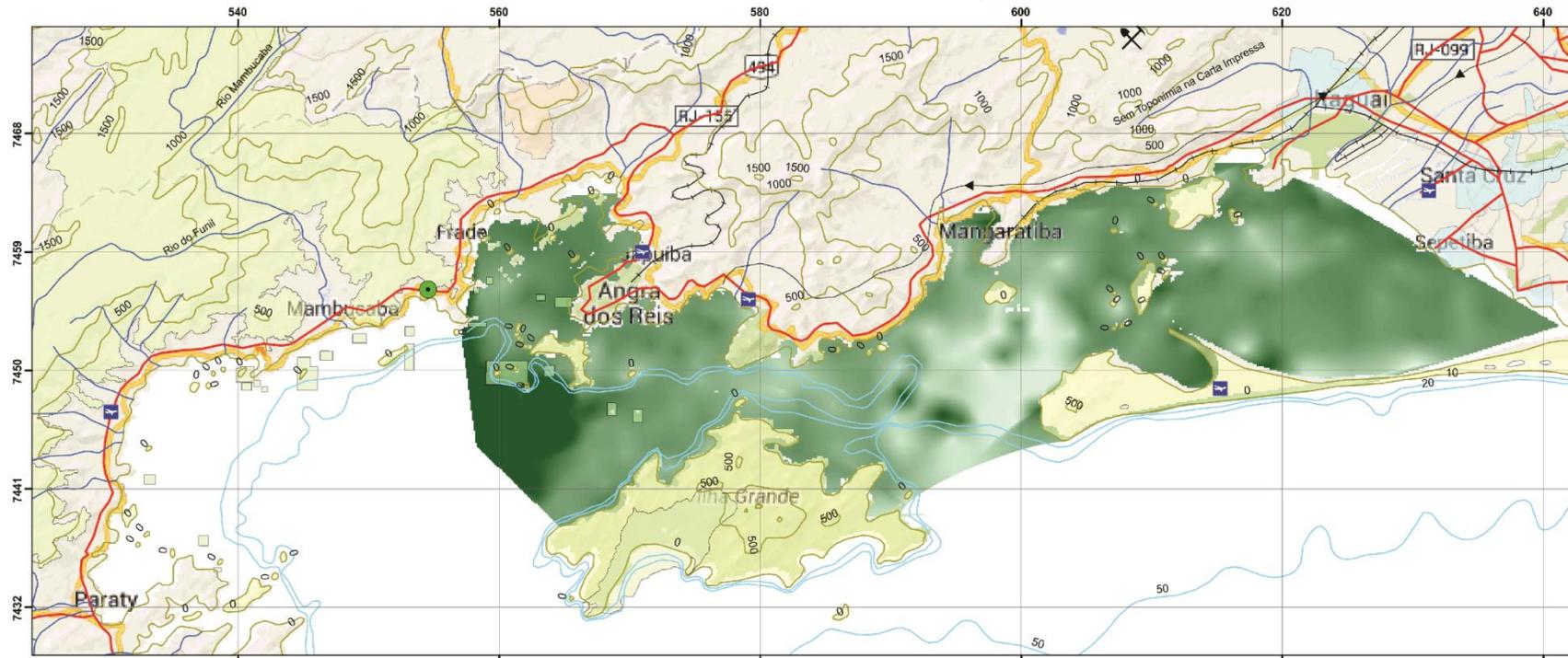
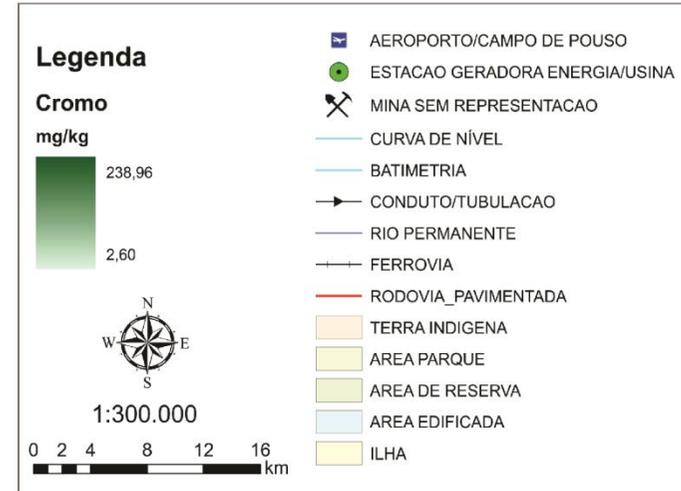
## Estudo isotópico e geoquímico dos sedimentos costeiros da Costa Verde do Estado do Rio de Janeiro para identificação de atividades antrópicas.

Ariadne Marra de Souza

Orientador  
Mauro Cesar Geraldes

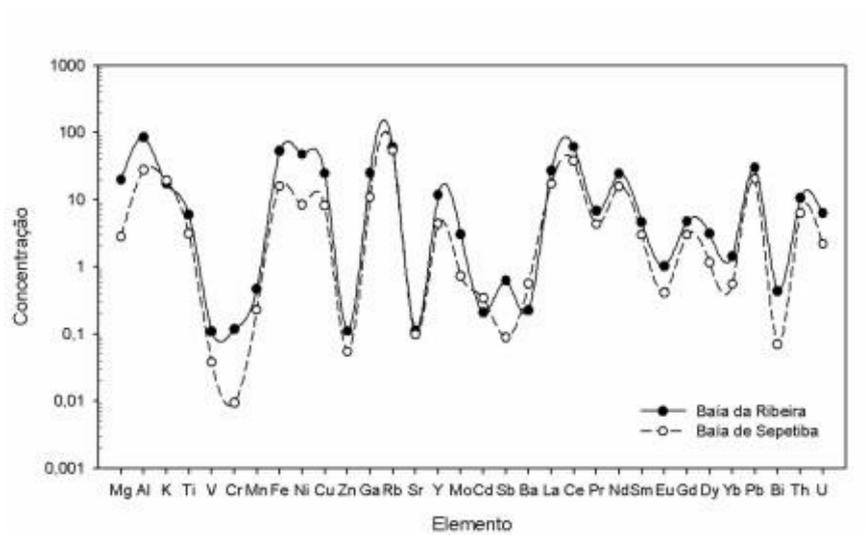
Programa de pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis  
Área de Concentração: Análise de Bacias

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
Datum vertical: Marégrafo Ibituba, SC  
Datum horizontal: WGS84  
Equidistância das curvas de nível: 500 metros  
Declinação magnética -22°  
Base cartográfica IBGE  
Imagem de satélite - Google Maps  
2015



Fonte: A autora, 2015

Figura 51 - Concentrações média do perfil de sedimentos em g/kg para Al, Mg, K, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Zn, Sr e Ba, em mg/Kg para os demais elementos



Fonte: GOMES (2010)

Por fim, a região onde o Sr (Figura 52) mais se precipita é onde existem maior temperatura e fração sedimentar mais fina, de maneira que seu comportamento está intimamente ligado a esses dois fatores, além de pode ter relação com a formação de organismos com carapaças carbonáticas.

Os parâmetros citados, temperatura, profundidade, corrente, morfologia da costa e fração granulométrica, funcionam como barreiras geoquímicas e/ou física influenciando na precipitação e dispersão dos metais sem, contudo desconsiderar o comportamento geoquímico dos metais e as variáveis pH e Eh.

Figura 52 - Concentração de estrôncio para a Costa Verde. Não há dados para a enseada de Setepitba



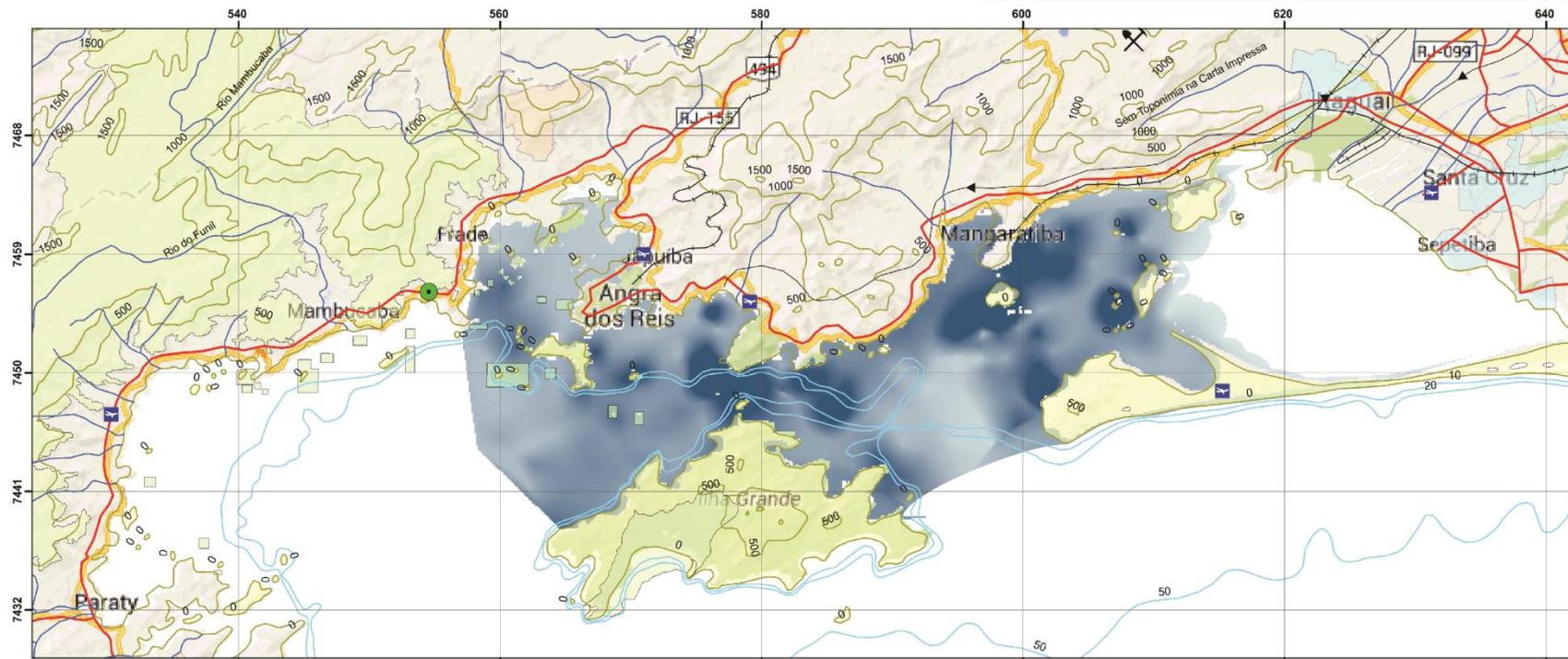
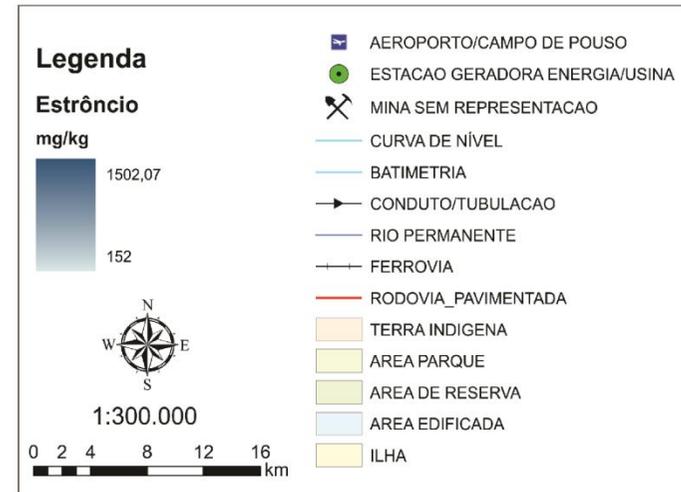
## Estudo isotópico e geoquímico dos sedimentos costeiros da Costa Verde do Estado do Rio de Janeiro para identificação de atividades antrópicas.

Ariadne Marra de Souza

Orientador  
Mauro Cesar Geraldés

Programa de pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis  
Área de Concentração: Análise de Bacias

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
Datum vertical: Marégrafo Ibituba, SC  
Datum horizontal: WGS84  
Equidistância das curvas de nível: 500 metros  
Declinação magnética -22°  
Base cartográfica IBGE  
Imagem de satélite - Google Maps  
2015



Fonte: A autora, 2015