



ESPÍRITO SANTO

ATLAS

geoquímico



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

**ATLAS GEOQUÍMICO
DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

**Rio de Janeiro
2018**

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Wellington Moreira Franco

Secretário Executivo

Márcio Felix

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vicente Humberto Lôbo Cruz

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS/
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antonio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti (Interino)

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho (Interino)

Diretor de Administração e Finanças

Juliano de Souza Oliveira (Interino)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

ATLAS GEOQUÍMICO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

FERNANDA GONÇALVES DA CUNHA



**Rio de Janeiro, RJ
2018**

CRÉDITOS TÉCNICOS

Departamento de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia - Geóloga MSc.

Coordenação Nacional

Cássio Roberto da Silva - Geólogo DSc.

Gerência Executiva

Fernanda Gonçalves da Cunha - Geóloga DSc.

Execução Técnica

Fernanda Gonçalves da Cunha – Geóloga

Isao Shintaku – Geógrafo MSc.

Carlos ALberto Ramos - Técnico de Campo

Athadeu Gomes Ornellas - Técnico de Campo

Colaboradores

Laís Almeida da Costa Pessanha - Estagiária em Geografia (2011 e 2012)

Simone Magalhães Silva - Estagiária em Geografia (2013 e 2014)

Thaís Bellot Loureiro - Estagiária em Geologia (2015 e 2016)

Revisão Ortográfica e Gramatical

Gilberto José Machado

Enjôlras de A. Medeiros Lima

Irinéia Barbosa da Silva

Montagem Final

Eduardo Viglio

Julia Quintarelli

Projeto Gráfico e Diagramação

DIEDIG - Divisão de Editoração Geral

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C972a Cunha, Fernanda Gonçalves da.
Atlas geoquímico do estado do Espírito Santo /
Fernanda Gonçalves da Cunha. – Rio de Janeiro : CPRM,
2018.

234 p.

ISBN

1.Geoquímica – Atlas – Brasil. I. Título.

CDD 551.90981

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.....	8
2.1. Geologia e Recursos Minerais	15
2.2. Hidrografia	19
2.3. Solos	24
2.4. Economia	26
2.5. Saneamento Básico e Saúde Pública	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS	30
4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	38
5. MAPAS GEOQUÍMICOS	42
6.ELEMENTOS	180
7.CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	227
8.REFERÊNCIAS	231

APRESENTAÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM tem a grata satisfação de disponibilizar à sociedade mais um produto da série Atlas Geoquímicos Estaduais do Brasil: o Atlas Geoquímico do Estado do Espírito Santo.

Este Atlas concentra informações geoquímicas que, além de permitirem a identificação de prováveis áreas com potencial mineral, são úteis e aplicáveis a vários estudos relacionados a diferentes áreas do conhecimento, tais como agricultura, veterinária, saúde pública e monitoramento ambiental. Diversos tipos de doenças endêmicas têm sido explicados através de estudos de Geologia Médica – ciência que estuda a influência de fatores geológico-ambientais na distribuição geográfica de doenças humanas e de animais e vegetais.

No Atlas são apresentados os mapas geoquímicos, acompanhados de textos explicativos.

No âmbito da geoquímica ambiental e geologia médica, o SGB/ CPRM tem dado destaque à Ação Levantamentos Geoquímicos, com o Projeto Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade no Brasil, em desenvolvimento desde 2008, cujo objetivo é avaliar, em todo o território nacional, a composição do substrato rochoso, dos solos, dos sedimentos ativos de corrente e das águas de drenagem e de abastecimento humano.

A metodologia de amostragem, armazenamento das amostras e análises químicas seguem os padrões geoquímicos estabelecidos pelo projeto IGCP-259 da UNESCO-IUGS, e pelo Working Group on Global Geochemical Baseline, do IUGS-IAGC. Os produtos finais deste projeto são os atlas geoquímicos estaduais e o banco de dados geoquímicos inserido no GeoSGB, disponível na página da SGB/CPRM. A utilização dessas informações estruturadas pode contribuir para a formulação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento regional, assim como apoiar a tomada de decisões em bases sustentáveis.

Antonio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

1. INTRODUÇÃO

A investigação geoquímica do ambiente superficial é fundamentada na determinação dos teores dos elementos químicos em amostras de sedimentos ativos de drenagem, águas, solos, rochas e espécies vegetais. A dispersão dos elementos químicos no ambiente é controlada, inicialmente, pelos processos naturais (intemperismo), porém a presença do homem contribui para a alteração no ambiente geoquímico a partir das atividades industriais e agropecuárias.

A importância e o uso multidisciplinar dos dados e mapas geoquímicos foram enfatizadas por Appleton & Ridgway (1992) – “Mapas geoquímicos regionais mostrando a distribuição dos elementos-traço à superfície, indicam: (1) os níveis naturais de elementos químicos no ambiente, fornecendo informações sobre a distribuição e dispersão; (2) poluição por mineração, fundição e outras atividades; (3) áreas com deficiências e excessos de elementos-traço que podem prejudicar a saúde humana e dos animais”.

Sendo assim, o conhecimento da distribuição geográfica dos elementos químicos e a delimitação de regiões onde haja abundância ou escassez pode ser utilizada como indicadores ou rastreadores de: jazidas minerais; variações naturais no quimismo das litologias, da cobertura do solo, da rede hidrográfica

superficial e até mesmo da biota; focos de poluição industrial, agrícola e doméstica em ambientes rurais e urbanos; extensão da pluma de contaminação das fontes de poluição sobre as águas superficiais e de subsuperfície; e delimitação de regiões de risco à saúde humana e animal.

A geoquímica multielementar apresenta-se como um instrumento de grande importância para constituição de uma base de dados geoquímicos e estudos dos padrões de distribuição dos elementos químicos em nosso país.

O Atlas Geoquímico do Espírito Santo é um produto do Projeto Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade no Brasil e representa um dos volumes que compõem a coletânea “Atlas Geoquímicos Estaduais do Brasil”. Os resultados contribuirão para o enriquecimento do conhecimento geológico e ambiental do estado, com aplicação imediata em inúmeros campos do conhecimento humano, subsidiando as ações governamentais municipais do estado do Espírito Santo com informações quantitativas e qualitativas para o planejamento e a execução de projetos de sustentabilidade ambiental, bem como auxiliar no planejamento das atividades relacionadas ao desenvolvimento econômico do estado do Espírito Santo.

2. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

O estado do Espírito Santo localiza-se no sudeste brasileiro, com uma extensão territorial de 46.077,57 km². Limita-se ao norte com o estado da Bahia, ao sul, com o estado do Rio de Janeiro, a oeste, com o estado de Minas Gerais e com o Oceano Atlântico, a leste (Figura 1). É o quarto menor estado do país, ficando à frente apenas dos estados de Sergipe, Alagoas e Rio de Janeiro. Sua capital é Vitória, e sua maior cidade populosa é Serra, na região metropolitana de Vitória.

Segundo o censo demográfico realizado pelo IBGE (2016, apud Governo do ES, 2017), o estado do

Espírito Santo possui 3.973.697 habitantes, sendo o décimo quarto estado mais populoso do Brasil, representando 1,8% da população brasileira. Segundo esse mesmo Censo, o estado registrou uma taxa de crescimento populacional de 13,59%. A densidade demográfica no estado é de 76,23 hab/km², sendo a sétima maior do Brasil. Segundo o PNAD (2015, apud IJSN, 2016) o grau de urbanização reflete o percentual da população que reside em área urbana. Em 2015, 84,7% da população brasileira e 85,0% da capixaba viviam em áreas urbanas.



Figura 1 – Localização do estado do Espírito Santo

A área do estado está dividida em 78 municípios (Figura 2), que são agrupados em quatro macrorregiões de planejamento: Metropolitana, Norte, Central e Sul (Figura 3), e dez microrregiões de gestão administrativa: Metropolitana, Central-Serrana, Sudoeste-Serrana, Litoral Sul, Central-Sul, Caparaó, Rio Doce, Centro-Oeste, Nordeste e Noroeste (Figura 4). Essas regiões foram criadas pelo governo estadual em 2011, com o objetivo de promover uma atuação regionalizada, visando estimular a participação das

diretrizes e políticas regionais, para o desenvolvimento econômico e social em bases regionais, afirmando o processo de planejamento democrático.

Uma dessas Microrregiões, a “Região Metropolitana da Grande Vitória”, vem sendo progressivamente urbanizada, com incremento médio anual da população de 2,4%. O território estadual possui ainda, municípios que exercem o papel de polos regionais de desenvolvimento, entre eles Cachoeiro de Itapemirim, Colatina, Linhares e São Mateus.



Figura 2 – Municípios do estado do Espírito Santo. Fonte: www.ijsn.es.gov.br

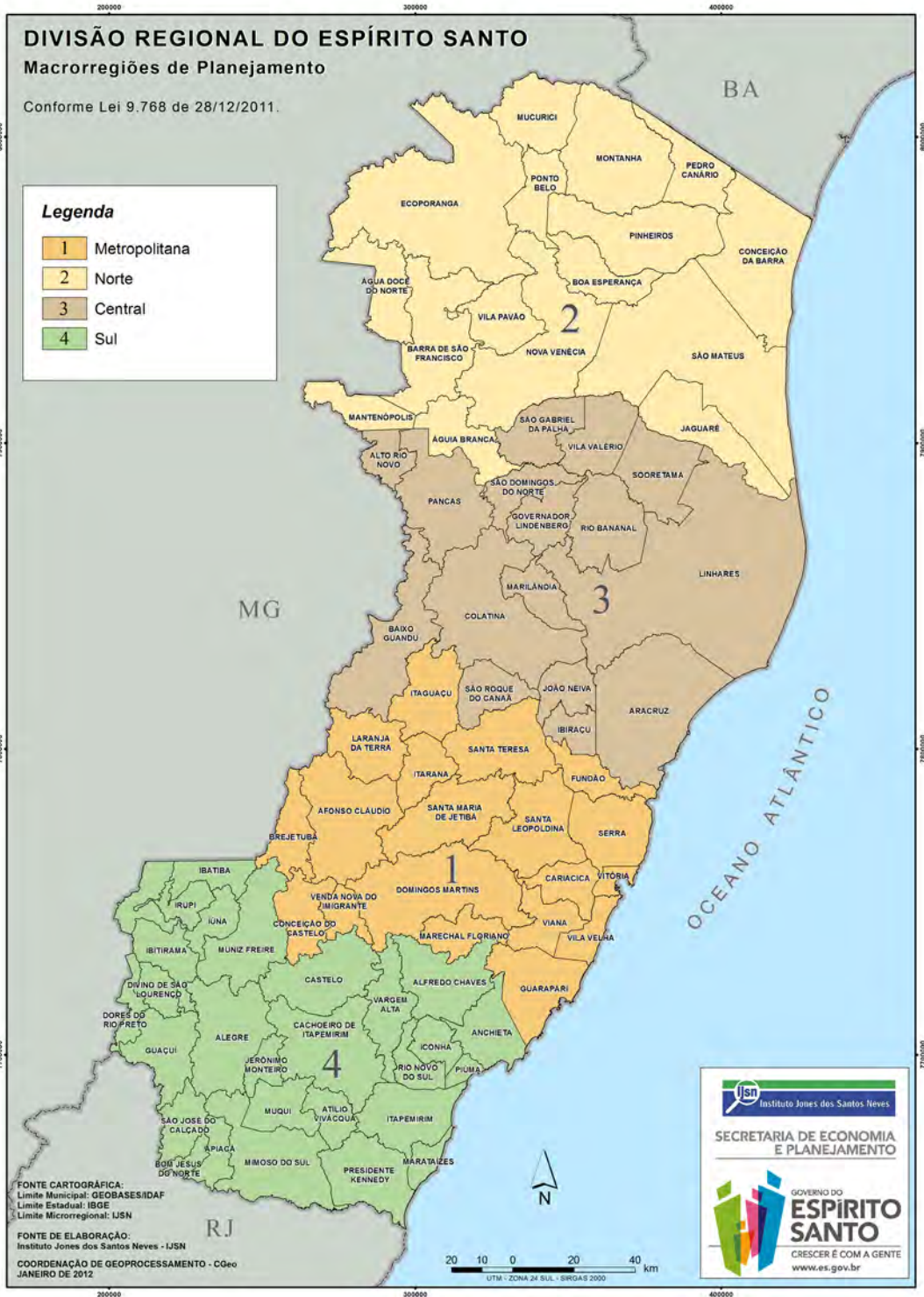


Figura 3 – Divisão estadual em Macrorregiões de Planejamento. Fonte: www.ijsn.es.gov.br

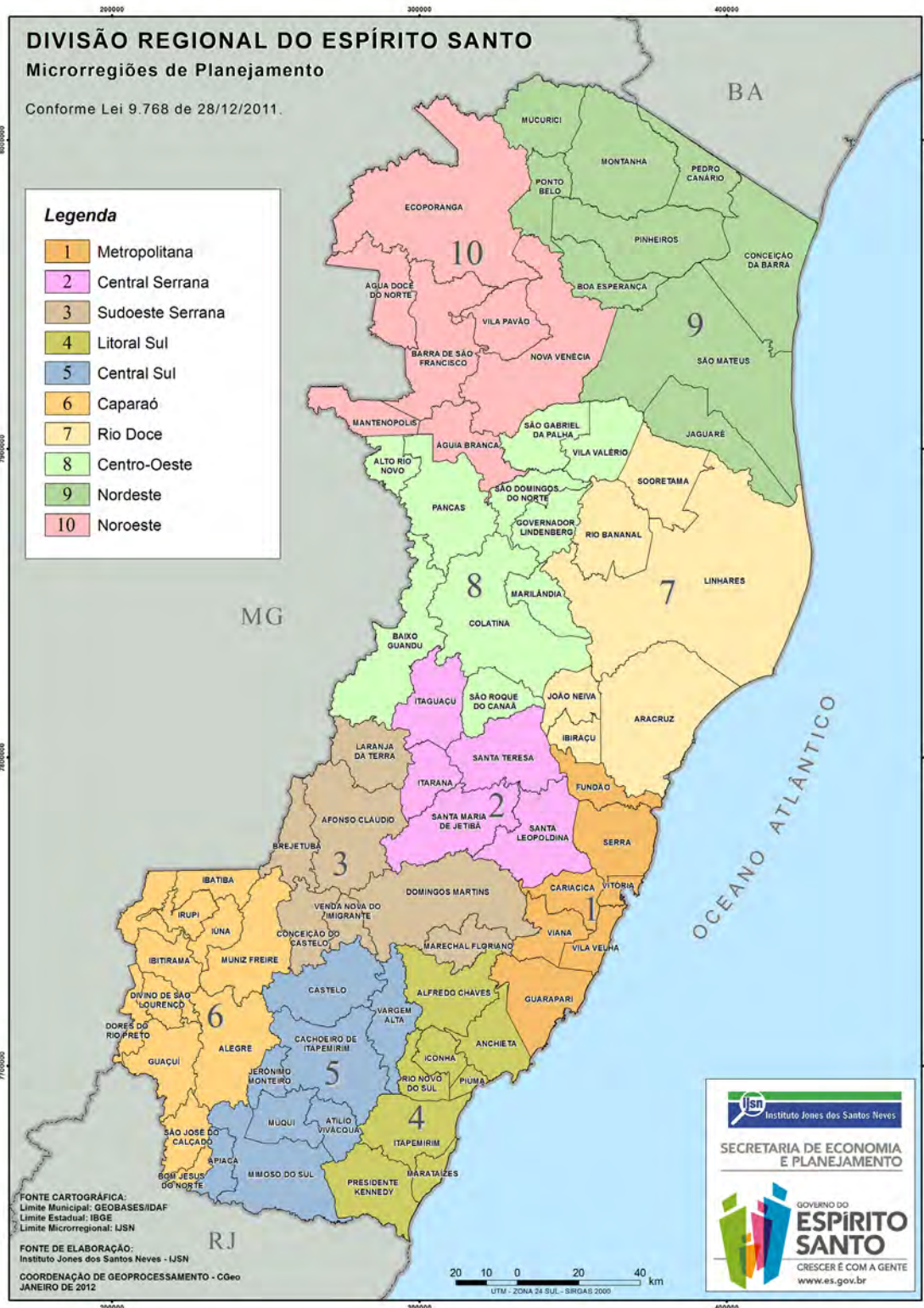


Figura 4 – Divisão estadual em Microrregiões de Planejamento. Fonte: www.ijsn.es.gov.br

O clima no Espírito Santo se divide conforme o relevo característico capixaba. As temperaturas mais baixas ocorrem a oeste, e as temperaturas máximas, nas planícies costeiras. As temperaturas médias anuais são superiores a 18°C, durante todos os me-

ses do ano. No entanto, as partes mais elevadas da região serrana, onde o clima é mesotérmico mediano, as temperaturas atingem médias inferiores a 10°C, nos meses mais frios. A estação seca acontece no outono/inverno, sendo que no litoral são comuns

precipitações relativamente abundantes neste período, causadas por frentes frias provenientes do sul do continente. É perceptível também um aumento das chuvas na região das serras capixabas, notadamente no verão, o que é uma tendência característica do sudeste brasileiro (Amarante, 2009, apud UFSC, 2011).

Quanto à caracterização geomorfológica (Figura 5), o território capixaba compreende duas regiões naturais distintas: uma faixa costeira de 436 km de extensão e o planalto, que representa a maior parte do estado, com cerca de 60% do território, dando origem a região serrana, com altitudes superiores a 2.000 metros, onde se eleva a serra do Caparaó, que possui altitude máxima de 2.892m com o Pico da Bandeira, o terceiro mais alto do país e o mais alto do estado. Na faixa costeira ocorrem afloramentos e promontórios cristalinos pré-cambrianos, tabuleiros terciários da Formação Barreiras e planícies costeiras quaternárias. Destaca-se nesta faixa territorial, o delta do rio Doce, as dunas móveis de Itaúnas e a Ilha de Vitória.

Na região centro-norte do estado, entre as cidades de Pancas e Lajinha, observa-se um relevo de forma bem peculiar, caracterizado por “pontões” e “pães-de-açúcar”, esculpido em rocha nua e configurando um “mar de morros” bastante homogêneo, que reflete as características dos granitoides megaporfíricos, rochas nas quais foram modelados.

Em relação à vegetação, 100% da superfície do território capixaba era coberta por Mata Atlântica, composta por floresta ombrófila, floresta estacional semidecidual, formações pioneiras (brejos, restingas e mangues) e refúgio vegetacional (vegetação de campos) da serra de Caparaó. A zona serrana foi

intensamente explorada, onde desenvolveu uma capoeira de regeneração, alta e rica em imbaúbas. A vegetação litorânea encontra-se dividida entre dois tipos: a vegetação de praias, dunas e restingas e a vegetação dos mangues. Destacam-se os manguezais do rio São Mateus, rio Barra Seca, complexo Piraquê-Açu-Mirim, Baía de Vitória, Baía de Guarapari e dos rios Benevente, Itapemitim e Itabapoana (IBGE, 2004, apud UFSC, 2011; Silva, 2007).

A temperatura é fria na região central-serrana, onde predominam a olericultura e a fruticultura; é amena nas regiões de transição da região serrana para o norte e para sul, onde predomina a cultura do café arábica; quente nas demais regiões, nas quais são predominantes a cultura do café robusta e a pecuária bovina. A umidade varia de seca, na maior parte do estado, a úmida nas regiões central-serrana, na região metropolitana e parte da região sul onde existe a produção de banana e abacaxi, e na região litoral norte, onde se localiza a produção frutícola voltada para exportação. No delta do rio Doce localiza-se a produção cacaueteira do estado, a única região que combina terras planas e férteis, temperatura quente e elevada umidade. Porém, no Espírito Santo a lavoura do café se consolidou como a principal cultura, ao lado da pecuária bovina leiteira, mas outras culturas assumiram também uma maior importância, tais como heveicultura, o mamão, o coco, a cana-de-açúcar e o tomate. Todas essas culturas destinam-se não só ao abastecimento local, mas também a mercados urbanos de outros estados, principalmente ao Rio de Janeiro. Ainda é importante no estado, as matas plantadas, especialmente de eucalipto, para extração de madeira para papel e celulose.

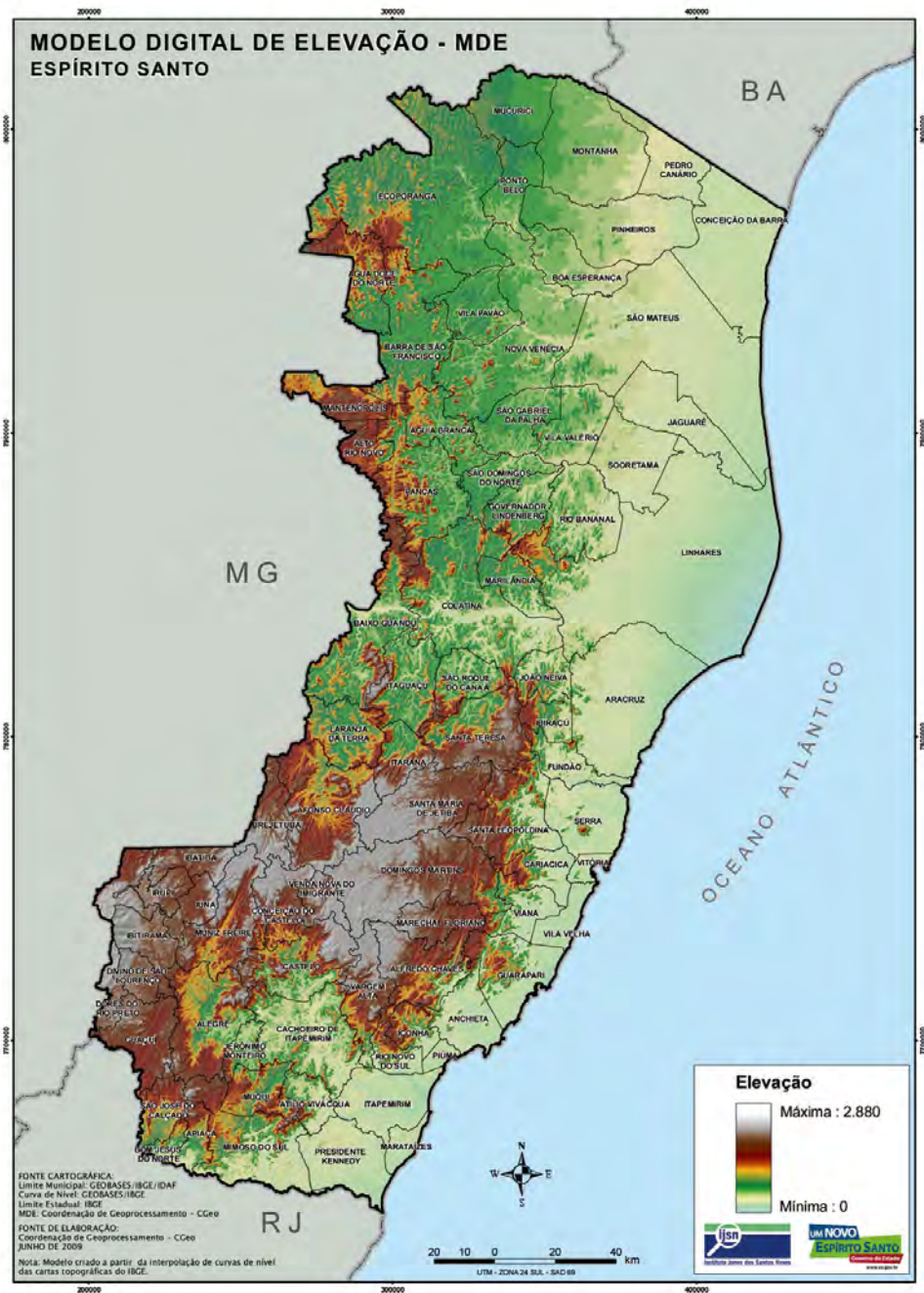


Figura 5 – Geomorfologia do estado do Espírito Santo. Fonte: www.ijns.es.gov.br

Na economia do Espírito Santo, têm destaque a mineração, além da agricultura e pecuária. Na mineração há reservas importantes de granito e mármore para fins ornamentais, além da extração de gás natural e petróleo. O parque industrial do Espírito Santo abriga indústrias químicas, metalúrgicas, alimentícias, de papel e celulose.

A região norte do estado se destaca pelos relevos mais suaves e tendo como principais atividades a pecuária e a silvicultura; a região central pela alta concentração urbana, e a principal atividade eco-

nômica é a industrial, e a região sul pelas grandes variações de altitudes desde paisagens predominantes de serra, passando por paisagens formadas nos platôs litorâneos, onde predominam ondulações suaves, até chegar às falésias, junto ao mar.

Nos centros urbanos da capital e de Cachoeiro de Itapemirim concentram-se praticamente todas as principais unidades da indústria de transformação capixaba. Na grande Vitória, localizam-se as indústrias siderúrgicas Companhia Ferro e Aço de Vitória e usina de pelotização de minério de ferro da Com-

panhia Vale do Rio Doce; madeira, têxtil, de louças, café solúvel, chocolate e frigorífica. No vale do rio Itapemirim, desenvolvem-se indústrias de cimento, de açúcar e álcool e de conservas de frutas.

Salienta-se que na região sul do estado, mas precisamente no polo de Cachoeiro do Itapemirim e Castelo, acha-se instalado o maior parque para processamento industrial de rochas ornamentais do país, sendo o estado responsável por grande parte das exportações brasileiras de produtos pétreos beneficiados.

Nos últimos anos, o Espírito Santo vem se destacando na produção de petróleo e gás natural. Os campos petrolíferos se localizam tanto em terra quanto em mar, em águas rasas, profundas e ultra-profundas, contendo óleo leve e pesado e gás não associado.

Durante o desenvolvimento dos trabalhos de campo foi possível observar vários problemas ambientais no estado do Espírito Santo. A intensa ocupação humana ao longo das margens dos rios, causando poluição, tanto pelo lançamento de esgotos domésticos e industriais sem tratamento, principalmente de matadouros e frigoríficos, dejetos de picilgas, currais e abatedouros de aves, quanto o assoreamento causado pelo desmatamento da mata ciliar e escoamento de grande quantidade de pesticidas, agrotóxicos e herbicidas devido ao manejo incorreto nas lavouras (Fotos 1 a 9). Vê-se ainda a extração clandestina de areia nos leitos dos rios e desequilíbrios causados pela construção de barragens.



Foto 1 - Rio Melgaço (bacia do rio Jucu): curral muito próximo ao leito do rio e esgoto doméstico *in natura* lançado no leito do rio.



Foto 2 - Rio Santa Joana (bacia do rio Doce): desmatamento e ravinamento (gado) levando ao assoreamento do rio.



Foto 3 - Ribeirão Barra do Tijuco Preto (bacia do rio Jucu): desmatamento, ocupação das margens do rio e encostas ocupadas com cultura de café.



Foto 4 - Rio Pau Gigante (bacia do rio Doce): desabamento das margens por ação antrópica.



Foto 5 - Rio Itapira (bacia dos Reis Magos): ação antrópica (assoreamento, cultura de café, banana e coco nas margens), próximo à rodovia BR101.



Foto 6 - Córrego São José (bacia do rio Riacho): região totalmente antropofizada por plantações de café, mamão e eucalipto; região aterrada, descaracterizando e interrompendo o leito do rio, formando uma represa e favorecendo a formação de alagados, com proliferação de aguapés.



Foto 7 - Rio São José, no município de São Gabriel da Palha (bacia do rio Doce): rio muito degradado, com margens e encostas desmatadas, muito lixo doméstico nas margens.



Foto 8 - Rio Muniz (bacia do rio São Mateus): degradação ambiental pelas atividades antrópicas (margens desmatadas e desmorrionamento para o leito do rio, causando assoreamento).



Foto 9 - Construção de açudes para irrigação na região de São Gabriel da Palha e Governador Lindeberg

2.1. GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

O estado do Espírito Santo enquadra-se no contexto da Província Mantiqueira, no domínio da Faixa Móvel Araçuai, de idade neoproterozóica-cambriana, desenvolvida durante o Ciclo Brasileiro (Almeida et al., 1977, apud Silva e Machado, 2014).

O arcabouço geológico do estado apresenta cerca de 2/3 de seu território representado por rochas ígneas e metamórficas de idades neoproterozóicas a cambrianas e, 1/3 por coberturas sedimentares ce-

nozóicas (Figura 6). O embasamento da Faixa Araçuai é pouco exposto no território estadual, aflorando apenas numa pequena área, a sudeste, no limite com o estado de Minas Gerais, representado por rochas de alto grau metamórfico de idade arquena-paleoproterozóica, constituída por uma associação de granulitos de composição enderbítica e charnockítica: o Complexo do Caparaó e serra do Valentim.

As coberturas sedimentares cenozoicas compreendem os tabuleiros terciários da Formação Barreiras, que se estende ao longo de todo litoral, na forma de falésias e terraços de abrasão marinha, de composição arenosa e areno-argilosa e, as planícies sedimentares quaternárias, caracterizadas por serem as formações mais recentes, acompanhando, praticamente, todo o litoral. É mais evidenciada na planície costeira do rio Doce, com manguezais e as praias em todo litoral capixaba.

Segundo Sardou Filho *et al.* (2013) e Vieira et al. (2013), em termos tectono-estrutural, o estado do Espírito Santo está inserido no Sistema Orogênico Mantiqueira, Orógeno Araçuai, de idade neoprote-

rozóica constituída por um cinturão de rochas metamórficas, dobradas e em parte migmatizadas, incluindo suítes granitoides de idades e natureza composicional diversas, evidenciando distintos eventos magmáticos ao longo de sua evolução orogénica (Figura 7).

O embasamento cristalino capixaba encerra uma história geológica desde o Paleoproterozoico ao Recente. Relacionados aos eventos datados do Neoproterozoico tem-se como rochas mais antigas os paragneisses e gnaisses, que compõem o Complexo Nova Venécia, constituído por sillimanita-granada-cordierita gnaisses bandados bem foliados, contendo intercalações calcissilicáticas, quartzíticas e anfibolíticas.

A granitogênese associada ao Orógeno Araçuaí está representada por rochas graníticas intrusivas presentes no embasamento das suítes Carlos Chagas, Ataléia, Montanha e Aimorés. A Suíte Carlos Chagas é formada por leucogranitoides, peraluminosos a calcioalcalinos de alto K. Os corpos da Suíte Montanha são granitos enriquecidos em minerais máficos, constituída por rochas de composição granítica a sienogranítica e mais raramente, monzogranítica. Os plutonitos da Suíte Ataléia compreendem tonalitos a granodioritos, com caráter peraluminoso. As rochas da Suíte Intrusiva Aimorés estão basicamente representadas por charnockitos, gabros, enderbitos e noritos, dos maciços Aracruz, Ibituba e

Itapina. Dentre as maiores exposições de rochas desta suíte salientam-se as grandes intrusões de Barra de São Francisco e Alto Mutum. Em Barra de São Francisco os corpos plutônicos de charnockitos ocorrem associados a sienogranitos e monzogranitos porfiríticos.

As ocorrências de mármore na região sul do estado inserem-se no domínio do Grupo Italva – Unidade São Joaquim, constituídas de mármore calcítico a dolomítico rico em grafita. Estes calcários abrangem os municípios de Castelo e Cachoeiro de Itapemirim.

Litologicamente, no estado do Espírito Santo predominam rochas ígneas e metamórficas de composição granítica. Na região norte ocorre uma extensa faixa de rochas graníticas, gnáissicas e granulíticas (Nova Venécia, Boa Esperança, Nanuque, Ataléia, Mucuri, Mantenópolis, Barra de São Francisco, Pancas, São Gabriel da Palha e Mantena). Atualmente, é a região mais produtora de rochas ornamentais do estado. Na região sul ocorre a mais expressiva suíte cálcio-alcálica caracterizada pela presença de granitoides metaluminosos e de alto teor de potássio (municípios de Conceição do Castelo, Muqui, Castelo e Mimoso do Sul. Nos municípios de Santa Maria de Jetibá, Santa Leopoldina, Domingos Martins, Colatina e Santa Tereza, predominam os gnaisses enderbíticos e charnockíticos, além de noritos.

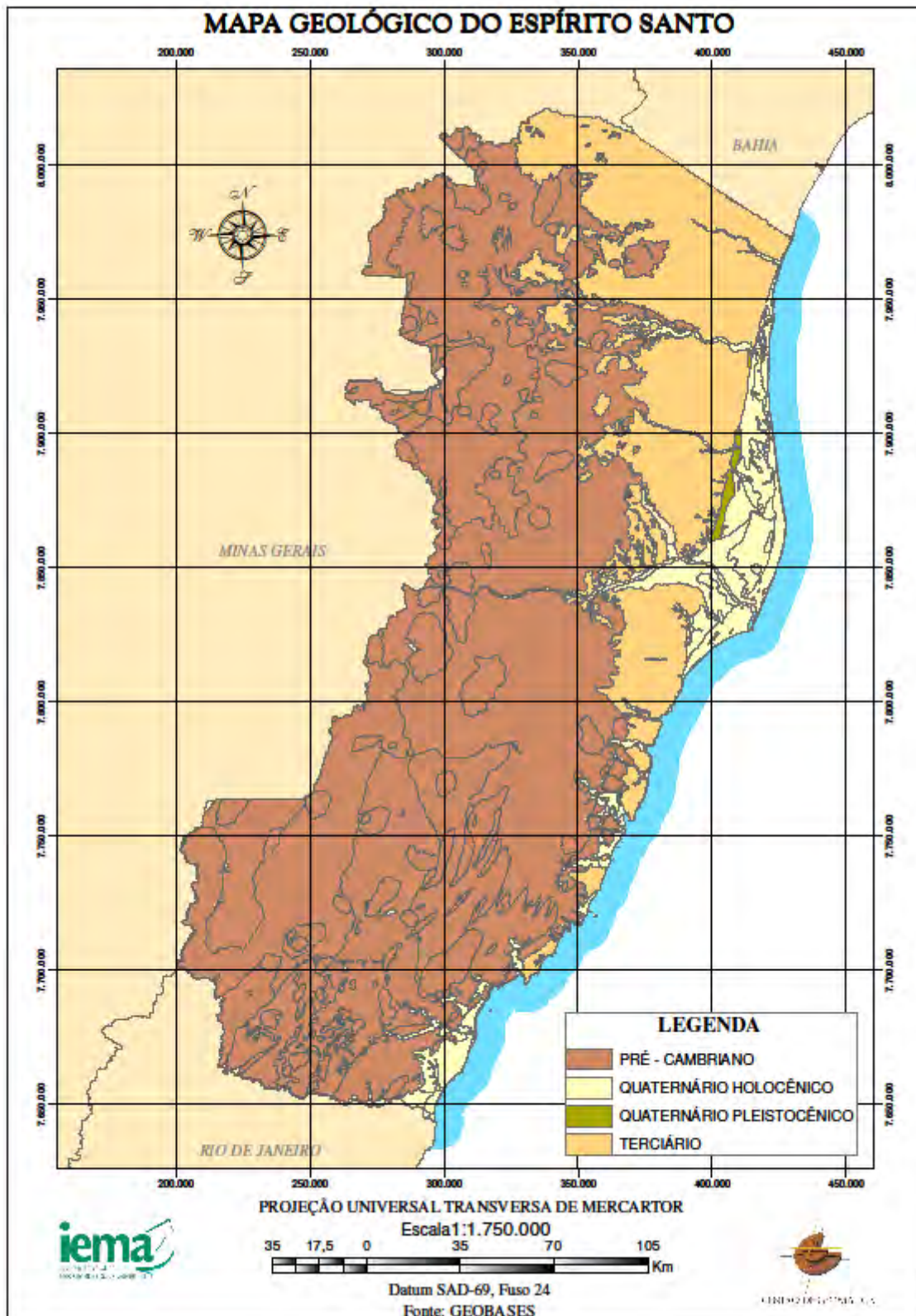


Figura 6 – Geologia do estado do Espírito Santo. Fonte: www.meioambiente.es.gov.br.

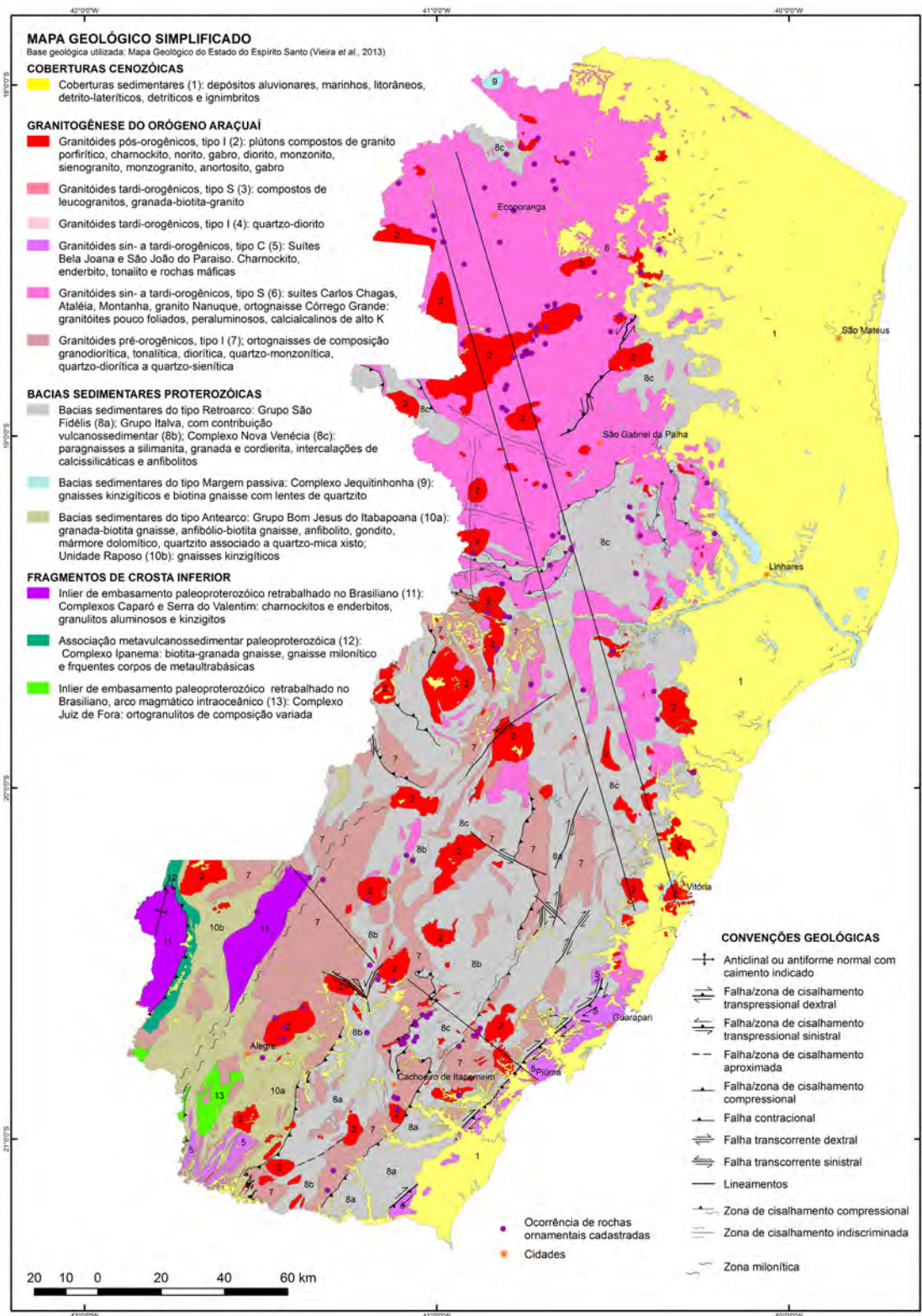


Figura 7 - Mapa Geológico do Estado do Espírito Santo (Vieira et al., 2013)

O Brasil possui cerca de 1,2 mil variedades de rochas ornamentais, sendo o quinto maior exportador de blocos e o oitavo de rochas manufaturadas. O estado do Espírito Santo responde por 83% das rochas manufaturadas exportadas e detém 57% dos teares instalados no país.

O crescimento do setor de rochas ornamentais no estado aconteceu de forma relativamente desordenada, sem planejamento das entidades envolvidas com o setor e das instituições estaduais e municipais.

O estado do Espírito Santo possui uma das maiores reservas de mármore e granito do país, estes últimos com uma variedade de cores bem diversificada. Atualmente, a mineração das rochas encontra-se em dois pólos principais: o mais antigo, na parte sul do estado, no município de Cachoeiro de Itapemirim, abrangendo mais 14 municípios (Vargem Alta, Rio Novo do Sul, Castelo, Atílio Vivácqua, Presidente Kennedy, Mimoso do Sul, Venda Nova do Imigrante, Muqui, Itapemirim, Muniz Freire, Iconha, Guaçuí, Iúna e Alegre) com diversas jazidas de mármore e granito e a maior parte do parque industrial de beneficiamento. O segundo polo localiza-se no município de Nova Venécia, no norte do estado, destaca-se pela produção de granitos em diversas tonalidades, englobando os municípios de Barra de São Francisco, Ecoporanga, Vila Pavão, São Gabriel da Palha, Água Branca e Água Doce do Norte (Baltazar *et al.*, 2010).

Segundo o DNPM (2011), no estado do Espírito Santo destacam-se lavras de rochas ornamentais (granito, mármore, tonalito e granulito), de agregados para construção civil (areia, argila, brita e saibro), exploração de minerais industriais (quartzo, caulim, argila refratária e calcita), de sais (brometos, potássio e iodo) e de granulados bioclásticos marinhos (algas, calcário coralíneo, conchas calcárias e calcário conchífero). Pode-se destacar ainda a exploração de outras substâncias, como fosfato, rutilo, gemas e ouro, além de água mineral (Figura 8).

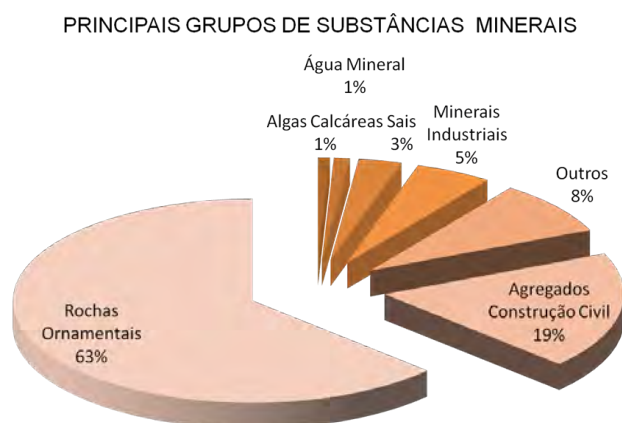


Figura 8 - Principais grupos de substâncias minerais no Espírito Santo (DNPM, 2011) - SINDIROCHAS (www.sindirochas.com.br)

Outro bem mineral explorado no estado é o petróleo/gás, sendo o segundo maior estado produtor do Brasil. Os campos petrolíferos se localizam tanto em terra quanto em mar, em águas rasas, profundas e ultraprofundas, produzindo nos poços em terra,

desde gás até óleos extrapesados, e em mar, óleo leve e gás.

Segundo a Petrobrás (2017), a produção onshore (em terra) conta com aproximadamente 300 poços produtores de óleo e gás, localizados nos municípios de Conceição da Barra, São Mateus, Jaguaré e Linhares. A produção offshore (marítima) ocorre na bacia do Espírito Santo, no litoral sul do Espírito Santo, com produção de gás natural, óleo pesado, óleo leve e operações tanto no pós, quanto no pré-sal e em profundidade de água que varia de 70 a mais de 1.600 metros. Em Linhares e Anchieta estão localizadas as unidades de tratamento de gás, sendo que a de Linhares é responsável pelo tratamento de gás oriundo tanto dos campos terrestres, como dos marítimos, do litoral norte e a de Anchieta, pelo tratamento do gás dos campos de produção marítimos do litoral sul do estado (Portal Marítimo, 2017).

Segundo Benitez *et al.*(2012), o estado do Espírito Santo possui uma gama de minerais gemológicos, a maioria ocorrendo em pegmatitos relacionados a rochas graníticas: (1) em Pancas constitui um importante produtor de berilo (água-marinha) e crisoberilo, encontrados principalmente a partir de terraços aluvionares; (2) na região de Aracruz destaca-se importante depósito de escapolita, correspondendo a um pegmatito lenticular no Morro de Aricanga; (3) a região de Santa Tereza produz praticamente todas as andalusitas do mercado brasileiro e águas marinhas, estas em pequena proporção, extraídas em depósitos aluviais, próximos a Itarana; (4) em pegmatitos na região de Várzea Alegre, são extraídas também águas marinhas; (5) já na região de Mimoso do Sul, ocorre topázio e água-marinha. Todas essas ocorrências são exploradas em lavras rudimentares e muitas já estão abandonadas cedendo espaço para a exploração das encaixantes como rochas ornamentais.

2.2. HIDROGRAFIA

O Espírito Santo possui 12 bacias hidrográficas: cinco são bacias de domínio da União (Doce, Itapemirim, São Mateus, Itabapoana e Itaúnas) e as outras sete, são bacias estaduais, seus limites estão dentro do domínio do estado (Piraquê-Açu, Santa Maria, Guarapari, Reis Magos, Jucu Benevente e Rio Novo). (Quadro 1 e Figura 9)

Quadro 1 – Bacias Hidrográficas do Estado do Espírito Santo

Bacias Hidrográficas	Área (km²)	Principais Afluentes
Rio Benevente	1.260	Lagoa Maembá, Rio Pongal, fluxo e refluxo das marés
Rio Doce	12.000	Rio Guandu, Rio São José, Rio Pancas, Rio Santa Joana, Rio St ^a Maria do Rio Doce, Rio Novo, Rio Cinco de Novembro, Rio Panquinhas
Rio Guarapari	346	Rio Perocão, Rio Una, Rio Jabuti
Rio Itabapoana	2.961	Rio Muribeca, Rio São Pedro, Rio Muqui do Sul, Rio Preto, Rio Calçado, Rio Ribeirão, Rio Barra Alegre, Rio Boa Vista, Córrego São Pedro, Córrego São Bento
Rio Itapemirim	6.000	Rio Castelo, Rio Muqui do Norte, Rio Braço Norte Direito, Rio Braço Norte Esquerdo, Rio do Peixe, Rio Pardo, Rio São João de Viçosa
Rio Itaúnas	4.356	Rio Angelim, Rio Preto, Rio Santana, Rio São Domingos, Rio Dezoito, Córrego Claro, Ribeirão Suzano
Rio Jucu	2.200	Rio Jucu Braço Sul, Rio Barcelos, Ribeirão Tijuco Preto, Rio Ponte, Rio Melgaço, Rio D'Antas, Córrego Biriricas, Rio Jacarandá
Rio Reis Magos	700	Rio Fundão, Rio Itaquantiba, Rio Reis Magos, Lagoa do Juara
Rio Riacho	1.455	Rio Piraquê-Mirim, Águas de Lagoas, Águas de Córregos, Águas de Pântanos
Rio Novo	722	Rio Concórdia, Rio São Francisco, Rio Campinho, Rio Iconha
Rio Santa Maria	1.660	Rio Possmouser, Rio Claro, Rio São Luís, Rio Bonito, Rio da Prata, Rio Timbuí, Rio Mangaraí, Rio das Pedras, Rio Caramuru, Rio Duas Bocas, Rio Triunfo, Rio Jequitibá, Rio Farinhas, Rio Fumaça, Rio São Miguel
Rio São Matheus	13.482	Rio São Francisco, Rio Manteninha, Rio Muniz, Rio Cibrão, Rio Dois de Setembro, Rio Quinze de Novembro, Rio Santa Rita, Rio Peixe Branco, Rio São Domingos, Rio Preto, Rio Mantena, Rio Norte



Figura 9 - Bacias Hidrográficas, adaptado de SEAMA (1980): 1. Itaúnas, 2. São Mateus, 3. Doce, 4. Riacho, 5. Reis Magos, 6. Santa Maria da Vitória, 7. Jucu, 8. Guarapari, 9. Benevente, 10. Rio Novo, 11. Itapemirim e 12. Itabapoana.

Principais características das bacias hidrográficas

A seguir, são disponibilizados alguns aspectos das bacias hidrográficas do estado do Espírito Santo, segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (www.hidroweb.ana.gov.br).

Bacia do rio Itaúnas: É considerada federal, porque abrange áreas dos estados do Espírito Santo e Bahia. No Espírito Santo abrange os municípios de Conceição da Barra, Montanha, Mucurici, Pedro Canário, Pinheiros, Boa Esperança e Ponto Belo, e

Mucuri, na Bahia. A bacia do rio Itaúnas está inserida numa região com baixo índice pluviométrico e densidade de drenagem reduzida, possuindo características de semiárido. A qualidade das águas dos mananciais está comprometida devido ao lançamento de efluentes domésticos, industriais e de atividades agropecuárias, a ocupação das margens dos rios e lagoas, retirada das matas ciliares e a extração de areia no leito dos rios. Os solos da bacia são bem drenados, mas possuem baixa fertilidade natural,

predominando as pastagens e grandes monocultivos de eucaliptos e de cana de açúcar. Porém, outras atividades são desenvolvidas na região desta bacia, como o turismo, pecuária, piscicultura, pesca, indústrias de mineração, madeireira, moveleira, alcooleira e agricultura (banana, cana-de-açúcar, café, coco, feijão, laranja, mandioca, mamão, maracujá, melancia e pimenta-do-reino). Na região são construídas diversas barragens privadas no leito dos rios para utilização na irrigação das lavouras, prejudicando o abastecimento de algumas localidades nos períodos de estiagem.

Bacia do rio São Mateus: Por abranger áreas dos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, é considerada federal. Suas cabeceiras se localizam no estado de Minas Gerais, sendo que 60% de sua área se encontram no estado do Espírito Santo, tendo como principais afluentes os rios Braço Norte ou rio Cotaxé e Braço Sul ou Cricaré. Integram esta bacia, no Espírito Santo, os municípios de Água Doce do Norte, Barra de São Francisco, Boa Esperança, Ecoporanga, Conceição da Barra, Mantenópolis, Mucurici, Nova Venécia, Ponto Belo, São Mateus e Vila Pavão. Hoje, a região está quase desprovida de cobertura vegetal nativa e apresenta muitos focos de erosão, ocorrendo com frequência, muitos deslizamentos de terra. Na foz do rio São Mateus, em Conceição da Barra, pela instabilidade do leito do rio, remoção da restinga e da mata ciliar, constitui um dos principais problemas da faixa estuarina, prejudicando os moradores e pescadores. As atividades econômicas desenvolvidas nesta bacia são constituídas pela agropecuária, indústria de mineração (extração de granito, sal-gema, petróleo e gás natural) e destilaria de álcool. Além disso, há na região extensas áreas de reflorestamento, com eucalipto, da Aracruz Celulose. Os principais usos da água são para abastecimento humano, consumo agroindustrial, dessedentação de animais e para lançamento de esgotos domésticos, efluentes industriais e de lixo.

Bacia do rio Doce e região hidrográfica do rio Barra Seca: A bacia do rio Doce apresenta uma significativa extensão territorial, cerca de 83.400 km², dos quais 86% pertencem ao estado de Minas Gerais e o restante ao estado do Espírito Santo, desaguardo no distrito de Regência, em Linhares. Abrange, total ou parcialmente, áreas de 228 municípios, sendo 202 em Minas Gerais e 26 no Espírito Santo. Antes navegável, hoje o rio sofre com o assoreamento. É possível observar várias ilhas, algumas até mesmo com vegetação. Outros problemas causados, principalmente pela ocupação humana ao longo do leito

do rio, são a poluição, causada tanto pelo esgoto residencial quanto pelo industrial, o uso de agrotóxicos, desequilíbrios causados pela construção de barragens, entre outros. Atualmente 95% da área da bacia é constituída por pastos e capoeiras. As florestas plantadas, constituídas principalmente por espécies do gênero *Eucalyptus* ocupam predominantemente o médio rio Doce.

A bacia hidrográfica do rio Barra Seca é considerada uma subunidade do sistema hidrográfico do rio Doce, no entanto, suas águas não possuem contato direto com esta bacia e deságuam de forma independente no mar, na localidade de Barra Seca, divisa entre os municípios de Linhares e São Mateus. Inclui todas as pequenas bacias litorâneas que ocorrem na área de acumulação quaternária, situadas imediatamente ao norte da foz do rio Doce. O rio Barra Seca nasce no município de São Gabriel da Palha e, depois de percorrer cerca de 120 km, entra em terrenos pantanosos na região de fronteira entre São Mateus e Linhares, conhecida como Suruaca ou pantanal espírito-santense. Os afluentes mais importantes do rio Barra Seca são os córregos do Jundiá, do Caximbau, da Água Limpa, dos Macacos e do Veludo. O rio Barra Seca desagua em uma região caracterizada por vegetação com influência fluvio-marinha, ambiente caracterizado por manguezal e campo salino, 2 metros acima do nível médio do mar, no município de São Mateus, que atualmente encontra-se intensamente antropizada, entrecortada por uma malha complexa de canais artificiais que drenam extensões consideráveis das áreas brejosas para o implemento de atividades pecuárias e petrolíferas.

Na bacia do rio Barra Seca encontra-se um dos maiores remanescentes de mata de tabuleiro do Brasil: a Reserva Biológica de Sooretama com cerca de 24.000 hectares de floresta em estágio avançado/primitivo de conservação, e parte da Floresta de Linhares (ou Reserva da Vale), um outro importante fragmento florestal preservado de Mata Atlântica. Sozinhas, as duas reservas ocupam 21% da área total da bacia (Schneider, 2011).

Bacia do rio Riacho: A região hidrográfica do rio Riacho apresenta uma área de aproximadamente 2.136km². As duas maiores sub-bacias são as dos rios Riacho e Piraquê-Açu. Este, nasce na reserva biológica de Nova Lombardia, em Santa Teresa e recebe vários afluentes, incluindo o rio Piraquê-Mirim, formando o maior manguezal do estado, e quinto da América do Sul. Os rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim se unem, formando a foz que deságua

em Santa Cruz, no município de Aracruz. Abrange parte dos municípios de Aracruz, Ibraçu, João Neiva, Linhares e Santa Teresa. A cobertura vegetal da região hidrográfica é constituída de reflorestamento de eucalipto, utilizado como matéria prima para a Aracruz. Na área são desenvolvidas as seguintes atividades econômicas: indústrias, com destaque para o setor químico e de celulose, e também, atividades vinculadas a indústria do turismo, de exploração de granito, agropecuárias e silvicultura. Os principais fatores de degradação ambiental são: cargas elevadas de esgotos domésticos, efluentes industriais e de atividades agropecuárias, retirada de matas ciliares, extração de areia do leito dos rios e processos erosivos nos solos. Como consequência, observam-se vários impactos na saúde ambiental: contaminação dos mananciais, água e sedimentos, por substâncias orgânicas, metais pesados, assoreamento da calha dos rios, presença de lixo e enchentes.

Bacia do rio Reis Magos: A região hidrográfica do rio Reis Magos é formada pela bacia hidrográfica do rio Fundão/Reis Magos e pela bacia do rio Jacaraípe. Sua área de drenagem é de aproximadamente 916 km², sendo considerada de pequeno porte. O rio Jacaraípe é formado pelas lagoas Juara e Jaconé e sua foz fica no balneário de Nova Almeida, no município de Serra. Integram esta bacia os municípios de Santa Teresa, Santa Leopoldina, Fundão, Ibraçu e Serra. Devido aos desmatamentos das matas ciliares e, conseqüente, assoreamento dos cursos d'água, a região mais baixa do rio Reis Magos, frequentemente sofre inundações. Porém, o município de Santa Teresa ainda apresenta remanescentes de Mata Atlântica, apesar de elevados níveis de degradação predominante ao seu redor, onde as planícies litorâneas estão ocupadas por pastos, agricultura e resquícios de vegetação pioneira (capoeiras, mangues e restingas). Na região mais baixa desta bacia se desenvolve o cultivo de arroz e feijão, porém predomina o cultivo do café.

Bacia do rio Santa Maria da Vitória: O rio Santa Maria da Vitória nasce no município de Santa Maria de Jetibá e suas águas percorrem 122 quilômetros até desaguar na Baía de Vitória. A área de drenagem da bacia hidrográfica é de 1844 km² e abrange cinco municípios do Estado: Santa Maria de Jetibá, Santa Leopoldina, Cariacica, Serra e Vitória. O rio Santa Maria, juntamente com o rio Jucu é responsável pelo abastecimento de água da Grande Vitória. Abastece a parte continental da capital e o município de Serra. Fazem parte desta bacia as usinas hidrelétricas Rio Bonito e Suíça e a represa Duas Bo-

cas. A economia fundamenta-se nas atividades agrícolas de hortifrutigranjeiros, indústrias, turismo e geração hidrelétrica. Como a maioria dos rios capixabas, o Santa Maria enfrenta diversos problemas. Dentre eles, a grande quantidade de agrotóxico despejado em suas águas devido ao manejo incorreto nas lavouras, o assoreamento e a poluição pelo esgoto e lixo.

Bacia do rio Jucu: O rio Jucu nasce no município de Domingos Martins com dois braços: rio Jucu Braço Norte e Braço Sul. Esses dois braços se unem formando um só rio que deságua na Barra do Jucu, em Vila Velha. Nesta bacia está localizada a usina hidrelétrica Jucu. A bacia do rio Jucu abrange cinco municípios: Domingos Martins, Viana, Cariacica, Guarapari e Vila Velha. O rio Jucu é responsável pelo abastecimento de água de 60% da população da Grande Vitória. O rio abastece Vila Velha, Viana, a maior parte de Cariacica e toda a ilha de Vitória (a parte continental da capital é abastecida pelo rio Santa Maria). Mesmo com toda essa importância para a população capixaba, o rio sofre com o esgoto e o assoreamento. Esse assoreamento é causado, principalmente, devido ao desmatamento da mata ciliar. A atividade predominante na bacia é a agropecuária. Na parte baixa da bacia do Jucu, estão localizadas indústrias de derivados do leite, de ração animal e alimentícia. O rio Jucu recebe através de seus tributários a carga orgânica de Domingos Martins e parte de Viana e Vila Velha. Estes fatores causam contaminação das águas, sedimentos e enchentes.

Bacia do rio Guarapari: Possui área de drenagem de aproximadamente 346km², e é constituída por três cursos d'água principais, o rio Perocão, Una e Jabuti. Sendo que este último deságua na baía de Guarapari, onde ocorre uma área rica em manguezais. Integram esta bacia, os municípios de Guarapari, Viana e Vila Velha. As principais atividades econômicas desenvolvidas na área da bacia são turismo, indústria, pesca e agropecuária. As principais culturas são as de banana, café, milho e mandioca. As principais formas de uso da água são o abastecimento urbano e rural, a dessedentação de animais e a irrigação. Os principais fatores de degradação dos mananciais são lançamentos de efluentes domésticos e de atividades agropecuárias, retirada de matas ciliares e extração de areia, o que causa contaminação das águas e sedimentos e enchentes.

Bacia do rio Benevente: Possui área de drenagem de aproximadamente 1.260km². Os municípios de Alfredo Chaves, Anchieta, Iconha, Piúma e Guarapari

integram esta bacia. O rio Benevente recebe vários pequenos tributários, porém destaca-se o rio Pongal, que nele deságua próximo a sua foz, localizada na cidade de Anchieta, onde se situa um dos maiores manguezais do estado. As principais atividades econômicas são turismo, pesca, pecuária e cultivos de subsistência. O rio Benevente recebe cargas de efluentes domésticos, industriais e de atividades agropecuárias. A ocupação de suas margens, com a retirada de matas ciliares, causa contaminação das águas, sedimentos e assoreamento do leito, causando enchentes.

Bacia do rio Novo: Com área de drenagem de 722km², é considerada de pequeno porte. Engloba o município de Rio Novo do Sul e parte dos municípios de Vargem Alta, Piúma, Iconha e Itapemirim. As atividades econômicas de destaque são turismo, pesca, artesanato e agropecuária.

Bacia do rio Itapemirim: Considerada federal, por abranger áreas dos estados do Espírito Santo e Minas Gerais. O rio Itapemirim nasce no Parque Nacional do Caparaó, tem como afluentes principais os rios Braço Norte Direito e Esquerdo. Integram a bacia os municípios de Ibatiba, Irupi, Lúna, Ibitirama, Alegre, Muniz Freire, Castelo, Conceição do Castelo, Jerônimo Monteiro, Muqui, Cachoeiro de Itapemirim, Venda Nova do Imigrante, Vargem Alta, Atilio Vivacqua, Presidente Kennedy, Marataízes e Itapemirim, no Espírito Santo e somente o município de Lajinha, em Minas Gerais. Apesar do uso das águas do rio Itapemirim e de seus tributários serem utilizados para abastecimento urbano e rural, para irrigação e dessedentação de animais, o progressivo desmatamento ocorrido na bacia, ao longo dos anos, causou problemas de degradação ambiental, agravando o assoreamento dos cursos d'água. O lançamento de efluentes domésticos sem tratamentos, associado ao lançamento de rejeitos industriais de mármore, granito, laticínios, álcool e açúcar contribuem para a contaminação da água, sedimentos e assoreamento dos rios, agravando o problema das enchentes. A economia desta região está baseada nas atividades de pesca, agropecuária, mineração de mármore e granito e indústria de açúcar e álcool.

Bacia do rio Itabapoana: Considerada federal, abrangendo áreas dos estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Os municípios que integram esta bacia no Espírito Santo são: Divino São Lourenço, Dolores do Rio Preto, Guaçuí, São José do Calçado, Bom Jesus do Norte, Apiacá, Mimoso do Sul, Presidente Kennedy e Marataízes. O rio Itabapoana nasce na serra de Caparaó, com o nome de

rio Preto e depois da confluência com o rio Verde, muda para Itabapoana, fazendo divisa entre os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo e desaguardando no oceano Atlântico. Ocupa uma área de baixo dinamismo econômico, tendo como principais atividades a pesca, agropecuária, mineração de granito e indústrias. As principais formas de uso da água são: abastecimento urbano e rural, dessedentação animal e mineração. Além da erosão causada pelo desmatamento florestal e da degradação da qualidade das águas causada pelo lançamento de esgotos urbanos e efluentes das agroindústrias, ocorre ainda o carreamento de herbicidas e fungicidas para os corpos d'água.

2.3. SOLOS

Constata-se que 2/3 da área do estado do Espírito Santo é ocupada por rochas cristalinas pré-cambrianas e o restante, por um manto de sedimentos terciários e quaternários, sendo que mais de 66% dos solos pertencem à classe dos Latossolos Vermelhos-Amarelos, quimicamente pobres.

O mapa pedológico simplificado (Figura 10) mostra um domínio de Latossolos (solos profundos, bastante intemperizados-lixiviados, com baixa fertilidade natural e geralmente boas propriedades físicas) na maior parte do estado. Estes são seguidos pelos Argissolos (solos moderadamente profundos, maduros, com fertilidade natural geralmente mais elevada e propriedades físicas não tão boas em comparação aos Latossolos); Cambissolos (solos geralmente mais rasos, jovens, com fertilidade natural variável e propriedades físicas predominantemente desfavoráveis); e os Neossolos Litólicos (solos muito rasos, muito jovens, com fertilidade natural variável e propriedades físicas muito limitantes). Ao longo dos rios principais, sobressaem-se os Neossolos Flúvicos, os quais são muito variáveis à pequenas distâncias, tanto na horizontal quanto na vertical.

Uso e ocupação do solo

A região norte do estado se destaca relevos mais suaves e tendo como principais atividades a pecuária e a silvicultura; a região central pela alta concentração urbana e a principal atividade econômica é a industrial; a região sul, pelas grandes variações de altitudes desde paisagens predominantes de serra, passando por paisagens formadas nos platôs litorâneos (terciário ou tabuleiros), onde predominam ondulações suaves, até chegar às falésias, junto ao mar.

A ocupação do solo para o desenvolvimento de atividades agrícolas, ocorreu, historicamente, de forma predatória, em relação aos recursos naturais, através do desmatamento indiscriminado das áreas, sem o planejamento correto do uso do solo e sem a utilização de práticas conservacionistas adequadas. A degradação do solo nas áreas agrícolas no estado concentra-se nas atividades de pastagens e de café, especialmente na região noroeste devido à fragilidade dos solos, elevada erosividade das chuvas e à

pouca cobertura vegetal nas áreas durante o ano. Nas áreas de pastagens, a degradação do solo ocorre principalmente em função da compactação do solo provocada pela implantação incorreta da pastagem plantada (uso de forrageiras inadequadas, baixo uso de corretivos, plantio morro abaixo, etc.), manejo inadequado relativo à alta taxa de lotação, havendo excessivo pastejo e pisoteio pelo gado bovino.

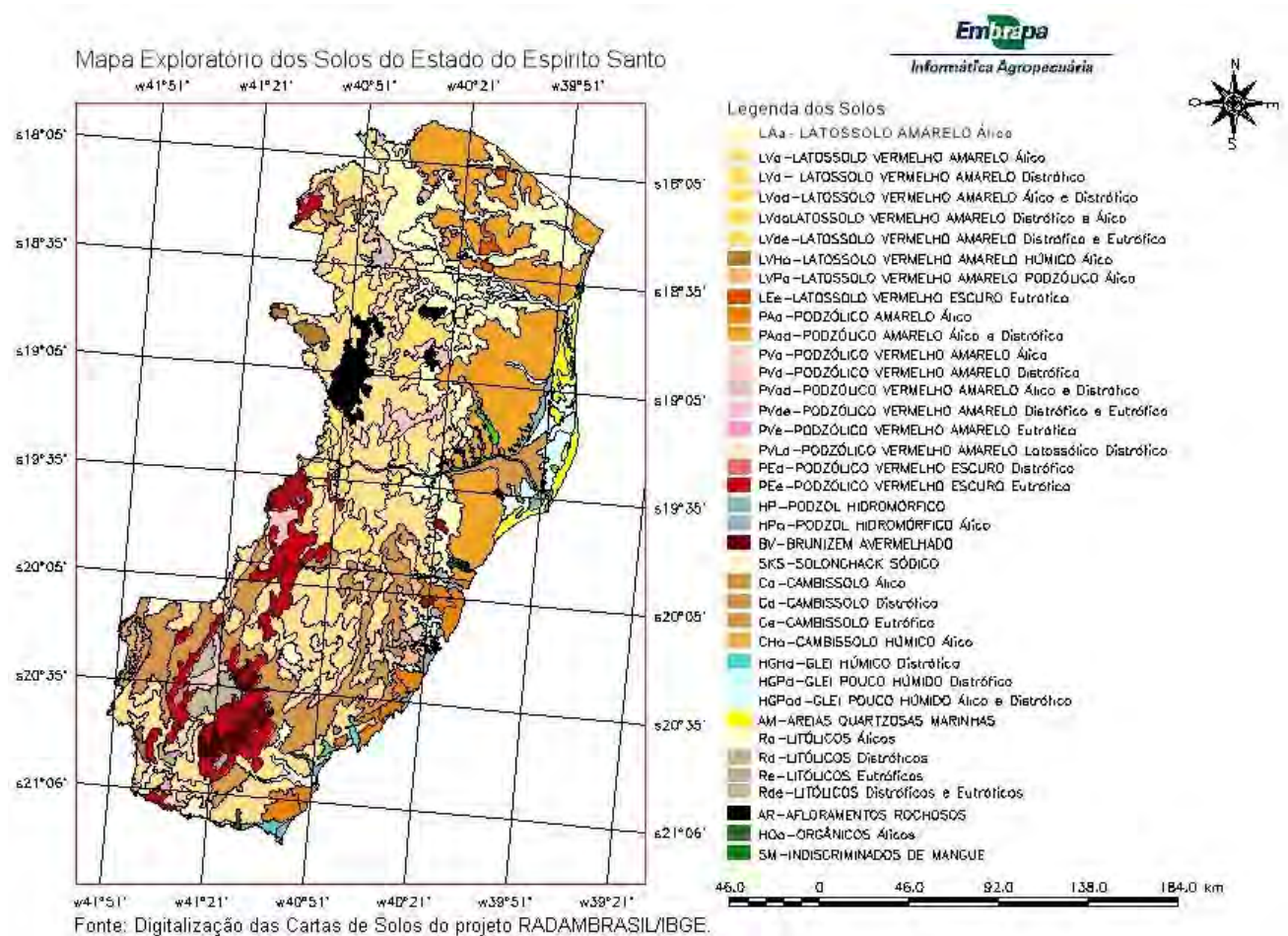


Figura 10 - Mapa pedológico simplificado (agritempo.gov.br/solos/es.jpg)

O estado do Espírito Santo só foi efetivamente povoado no século XIX, graças a expansão da lavoura do café, que se consolidou como sua principal cultura, ao lado da pecuária bovina leiteira. Outras culturas assumiram papel importante na economia do estado: heveicultura, o mamão, o coco, a cana-de-açúcar, o abacaxi e o tomate. No delta do rio Doce localiza-se a produção cacaueteira; a da banana nos municípios periféricos da Grande Vitória; do abacate na região serrana, além do morango em Domingos Martins e Venda Nova dos Imigrantes.

Em relação a pecuária, é destaque a de leite, que está concentrada na região sul do estado (Alegre, Mimoso do Sul, Itapemirim, etc.), onde há algumas cooperativas importantes. Já a pecuária de corte, está presente tanto no sul como no extremo norte do estado, onde estão localizadas as maiores propriedades rurais.

No litoral norte predominam os projetos de empresariais, tais como os de reflorestamento, de cultivo de cana-de-açúcar, de seringueiras e mamão para exportação.

2.4. ECONOMIA

A economia do Espírito Santo é baseada principalmente nas atividades portuárias, de exportação e importação, e na indústria de rochas ornamentais (mármore e granito), na celulose (maior do país), extraída dos pinheiros de eucalipto, na exploração de petróleo e gás natural, além da diversificada agricultura, principalmente do plantio do café.

É importante salientar que na região sul do estado, no polo de Cachoeiro de Itapemirim e Castelo, acha-se instalado o maior parque para processamento industrial de rochas ornamentais do país, sendo o estado responsável por grande parte das exportações brasileiras de rochas ornamentais.

O setor produtivo mais importante, em quase todos os municípios do estado, é o agrícola, responsável por 30% do PIB e empregador de 40% da população ativa no interior. A produção de café e a agricultura familiar têm papéis preponderantes nessa produção, assim como no setor agroturístico.



Foto 10 - O município de Jaguaré, na região norte do Espírito Santo, é o maior produtor de café Conilon do estado.

O setor industrial destaca-se pelos segmentos alimentício, madeireiro, fabricação de celulose, têxtil, moveleiro e siderurgia, destacando-se no município de Serra, a CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão) e as usinas de pelotização da CVRD (Companhia Vale do Rio Doce). Outra indústria importante no ramo siderúrgico é a Samarco, localizada no município de Anchieta e que possui um mineroduto subterrâneo transportando minério a partir de jazidas do estado vizinho de Minas Gerais até à indústria.

O Espírito Santo é grande exportador de pelotas de minério de ferro, aço e rochas ornamentais (granitos e mármore), é também, o segundo produtor de petróleo e gás natural do Brasil, sua produção só

Nos últimos anos, vem se mostrando próspera no estado a exploração de petróleo e de gás natural, principalmente após descobertas ocorridas entre os últimos anos do século XX e início do XXI de novos blocos petrolíferos no mar territorial capixaba.

A agricultura baseia-se no cultivo do arroz, feijão, café, legumes, cana de açúcar, milho e diversas frutas. Na região litorânea há plantações de banana, abacaxi, mamão, maracujá e limão, enquanto na região serrana são cultivados morango e uva. O Espírito Santo é o segundo maior produtor de café em grãos do sudeste, atrás somente de Minas Gerais (Foto 10). Na pecuária, gado de corte e leiteiro (Foto 11).

O café, atualmente, é plantado nas variações Arábica (em grandes altitudes) e Conilon (em pequenas altitudes), sendo o estado o maior produtor nacional da variação Conilon, e segundo maior da variação Arábica.



Foto 11 - Gado leiteiro na região de Caparaó

é inferior ao estado do Rio de Janeiro. Vitória, capital capixaba, abriga os portos de Tubarão e de Vitória, sendo este, importante porto de exportação do minério de ferro e Guarapari é um importante centro de extração de areia monazítica (rica em cério, tório, lantânio e titânio).

Além do petróleo, seus principais recursos minerais são: calcário, mármore, granito, manganês e bauxita. Atualmente, a produção de rochas ornamentais capixaba responde por 7% do PIB estadual. São cerca de 2.500 micros, pequenas e médias empresas que contribuem para geração de empregos diretos e indiretos.

2.5. SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE PÚBLICA

A coleta de lixo compõe junto com o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, os serviços públicos de saneamento, fundamentais para o bem-estar da população.

No Espírito Santo, o percentual de domicílios com abastecimento de água na área urbana foi de 98,4% e na área rural de 19,9% em 2015, porém há um decréscimo na área rural de 2,4% em relação ao ano anterior (PNAD, 2015, apud IJSN, 2016).

O percentual de domicílios particulares permanentes com acesso à rede coletora de esgoto alcançou 78,5% em 2015. No tocante a esse serviço, que também é fundamental para a melhora do bem-estar da população, os dados revelaram que o estado está acima da média nacional e abaixo da média da região sudeste. O serviço de coleta de esgoto, tal como o de abastecimento de água, concentra-se na área urbana (PNAD, 2015, apud IJSN, 2016).

No Espírito Santo, o serviço de coleta de lixo alcançou uma cobertura de 91,5% no ano 2015, acima da cobertura nacional (89,8%) e abaixo da cobertura da região Sudeste (96,4%). Na zona urbana, o serviço de coleta de lixo está praticamente universalizado com 99,8% dos domicílios contemplados em 2015. Na zona rural, o percentual é bem menor, contemplando apenas 42,8% dos domicílios, porém, deve-se registrar o considerável aumento de 23,9% na pres-

tação desse serviço na zona rural observado na série histórica decenal (PNAD, 2015, apud IJSN, 2016).

A Secretaria de Saúde do Estado do Espírito Santo (2012) desenvolveu, através de uma metodologia participativa com a população, “Cadernos de Saúde Regionais”, os quais formam um conjunto de dados e indicadores relacionados à situação de saúde de cada uma das regiões capixabas. Nesses cadernos, ficou evidente que grande parte das crianças adoecem por infecção respiratória aguda, doenças infecciosas e parasitárias e muitas morrem por anomalias congênitas. As infecções respiratórias, em geral, acontecem mais frequentemente nos períodos da colheita do café, e parecem estar relacionadas às queimadas, como ainda em áreas próximas às atividades de mineração. Em adultos, foram citadas ocorrências de neoplasias: mama, colo de útero e tireóide em mulheres e próstata, em homens. Também houve referências sobre câncer de pele e de pulmão. Em relação às doenças ocupacionais, os agravos se devem a infecções respiratórias causadas pelas atividades de mineração e intoxicação por agrotóxicos, como também, acidentes com animais peçonhentos. A esquistossomose e a leishmaniose são doenças endêmicas importantes, principalmente, na região norte do estado.

As figuras 11 e 12 mostram a situação da saúde pública no Espírito Santo referente as taxas de mortalidade geral, segundo o Ministério da Saúde (2013).

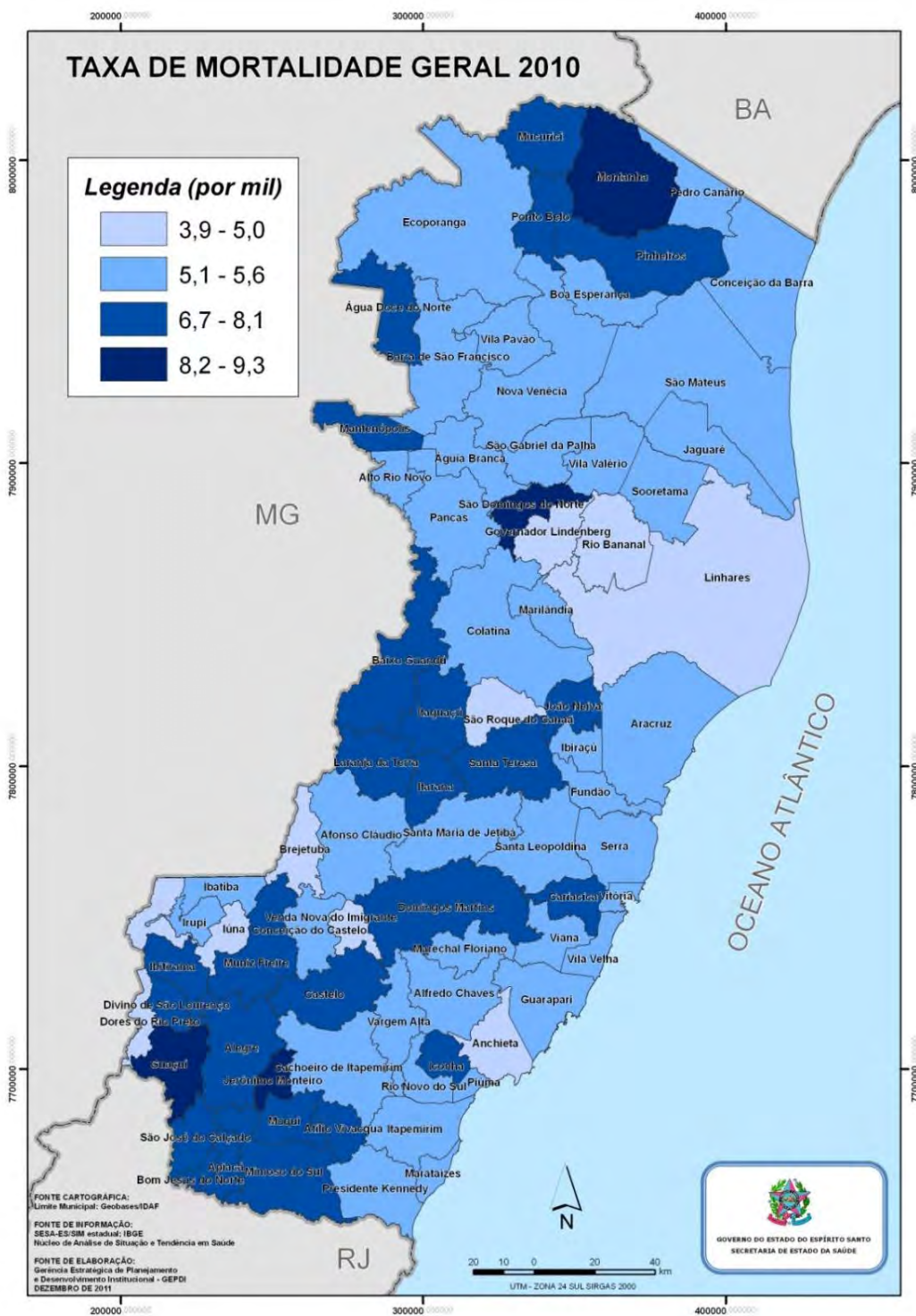


Figura 11 - Distribuição da taxa de mortalidade geral por município. Fonte: SESA-ES - Dados retirados do SINASC e SIM estadual.

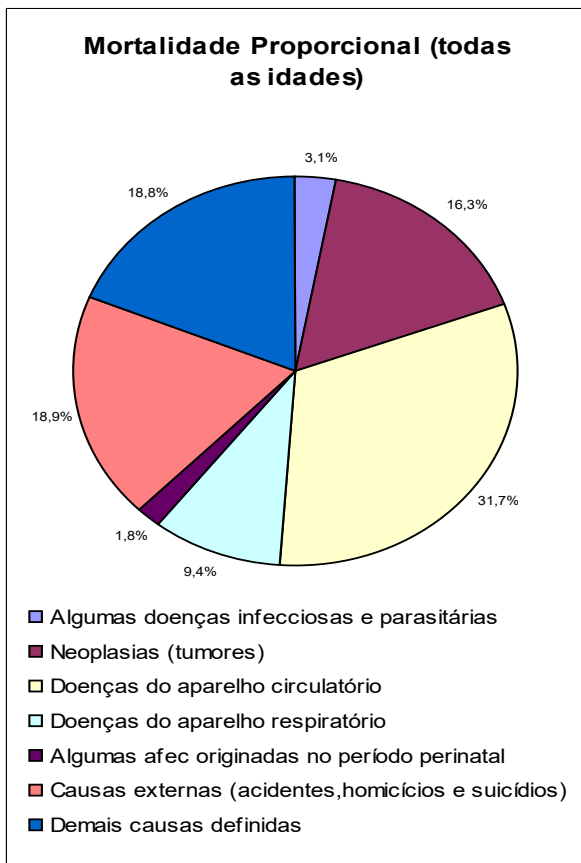


Figura 12 - Distribuição Percentual das Internações por Grupo de Causas - CID10 em 2009. Fonte: Fonte: Sim estadual – SESA.

A Secretaria de Vigilância em Saúde, do Ministério da Saúde, implantou o Projeto VIGISUS, com o objetivo de reduzir a morbimortalidade, bem como os fatores de risco à saúde em relação às águas para consumo humano e aos solos contaminados: VIGIAGUA e VIGISOLO, respectivamente. No VIGISOLO foram cadastradas em 2004, 16 áreas no estado do Espírito Santo, na maioria, com solos contaminados e população exposta. Estas áreas possuíam as seguintes atividades antrópicas: indústrias de celulose e papel, petroquímica, metalurgia e siderurgia, marmoraria e agricultura (agrotóxicos), nos municípios de Anchieta, Aracruz, Cachoeiro de Itapemirim, Cariacica, Guarapari, Serra, Venda Nova do Imigrante, Viana, Vila Velha e Vitória.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A amostragem foi planejada com o objetivo de proporcionar uma completa cobertura do estado do Espírito Santo. A coleta das amostras foi realizada durante os meses de agosto de 2009 a maio de 2011. Foram coletadas amostras de água superficial e de sedimentos de corrente, sendo 01 estação para cada bacia hidrográfica com áreas entre 100 e 200km², amostras de água utilizadas para consumo humano antes do tratamento convencional (1 amostra por sede municipal) e de solos (horizonte B). Todos os pontos de coleta foram georreferenciados.

Coleta das amostras de água, sedimentos de corrente e solos

Nas estações de coleta de água superficial e de consumo humano foi realizada a leitura dos seguintes parâmetros físico-químicos: pH, condutividade elétrica, temperatura e oxigênio dissolvido, utilizando-se uma sonda portátil da Oakton PD650 (Foto 12).

As amostras de água foram introduzidas em unidades filtrantes com 0,45µm, através de uma seringa plástica sem agulha e acondicionadas em dois tubos de polietileno com capacidade de 50ml, para análise de cátions e ânions. Para preservação dos cátions solúveis nas amostras foi adicionado HNO₃ 1:1, com o objetivo de manter o pH menor que 2, enquanto as amostras para análise dos ânions são preservadas sob refrigeração até o momento da análise, segundo Cunha & Machado (2003) (Fotos 13 e 14).

As amostras de sedimentos de corrente foram coletadas nas calhas dos leitos dos rios com as mãos, abaixo do nível de água, nos mesmos locais da coleta das amostras de água. A coleta foi realizada de forma composta ao longo de uma faixa de 100 metros ao longo da drenagem, com peneiramento *in loco*, em peneiras de náilon na fração < 32 mesh (0,5mm) (Foto 15).

As amostras de solo foram coletadas no horizonte B, em áreas sem atividades antrópicas, de forma composta, aproximadamente no centro de cada carta planimétrica em escala 1:50.000, em malha regular de 25km x 25km (Licht, 2002) (Fotos 16 e 17).

No total foram coletadas 325 amostras de sedimentos de corrente, 345 amostras de água superficial, 71 amostras de solos e 78 amostras de água

bruta utilizada para abastecimento público, coletadas nas Estações de Tratamento de Águas – ETAs ou nos pontos de captação das ETAs (Figuras 13 a 16, respectivamente).

O controle da amostragem de campo foi realizado com a coleta de amostras duplicatas, sendo uma duplicata a cada dez amostras coletadas, objetivando observar a variabilidade dos resultados analíticos. Para as amostras de água, foi também, enviada ao laboratório, em cada lote, uma amostra “branco” (água deionizada, que no caso das amostras para análise dos cátions, com adição de ácido nítrico). Todas as amostras-controle receberam numeração sequencial, no lote enviado ao laboratório.



Foto 12 – Medindo os parâmetros físico-químicos no rio Laranjeiras, próximo da sua foz no Oceano Atlântico.

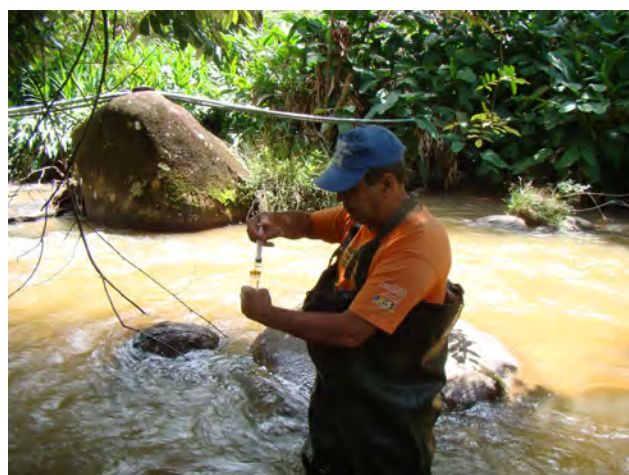


Foto 13 – Coleta de água no rio Benevente (bacia do rio Benevente).



Foto 14 - Medição dos parâmetros físico-químicos e coleta de amostra de água numa ETA.



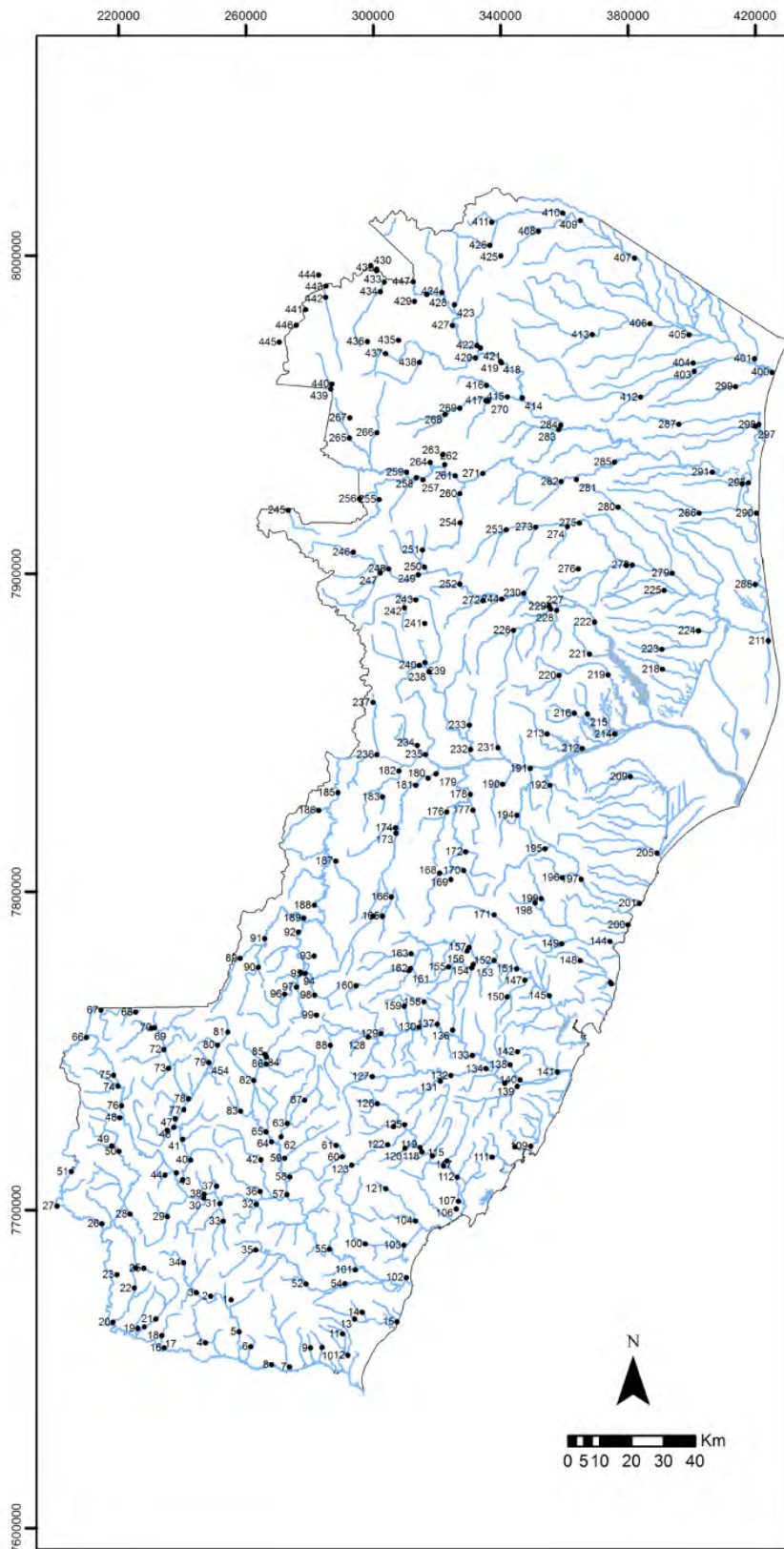
Foto 15 – Coleta de sedimentos de corrente no rio São José, no município de São Gabriel da Palha (bacia do rio Doce).



Foto 16 – Coleta de solo em barranco de estrada na fazenda das Palmas, no município Ibirapu.



Foto 17 – Coleta de solo na Fazenda Deus Dará, no município Montanha.

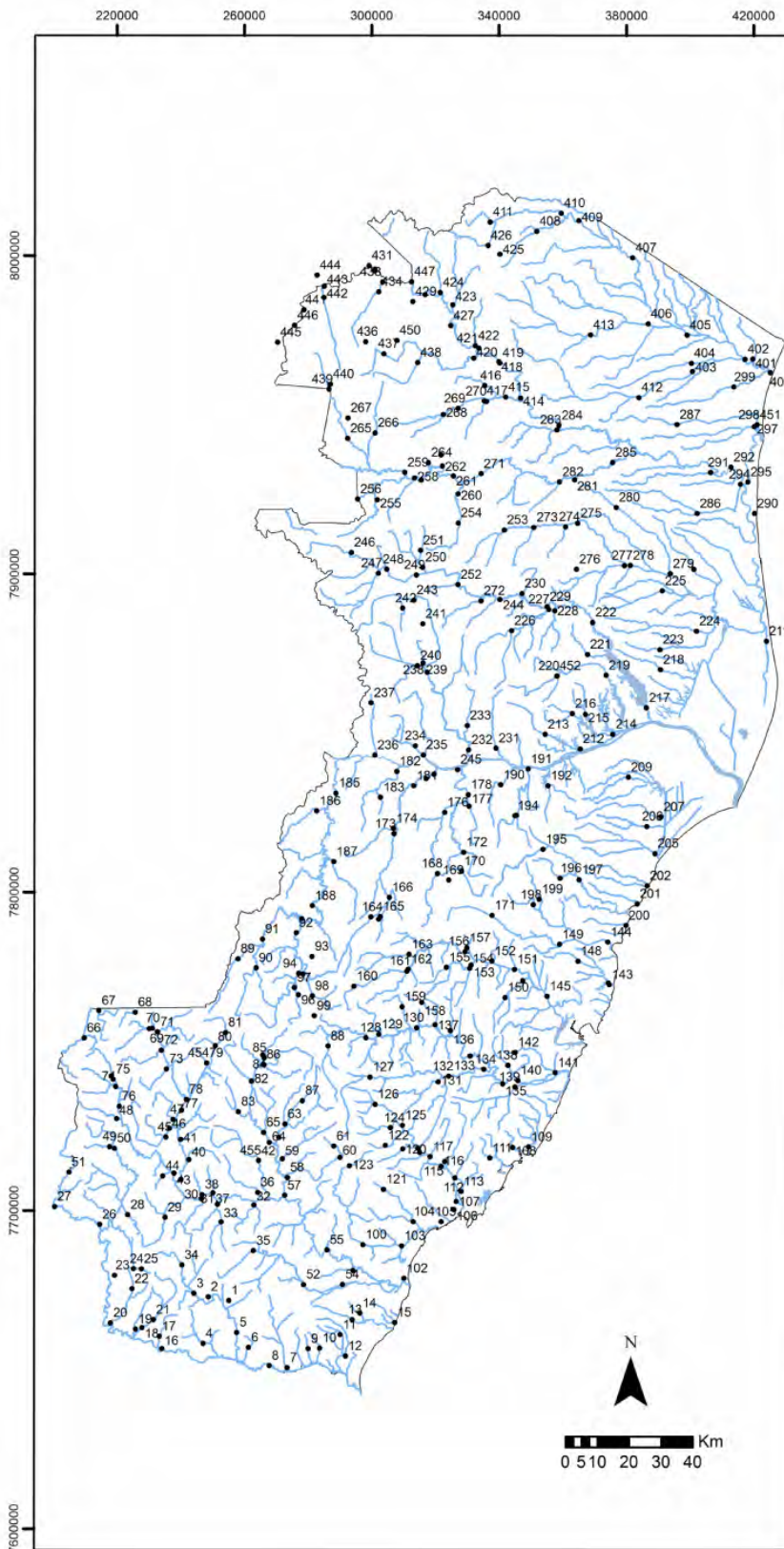


MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM SEDIMENTO

Legenda

- Pontos de Amostragem
- Drenagem

Figura 13 – Localização das amostras de sedimentos de corrente

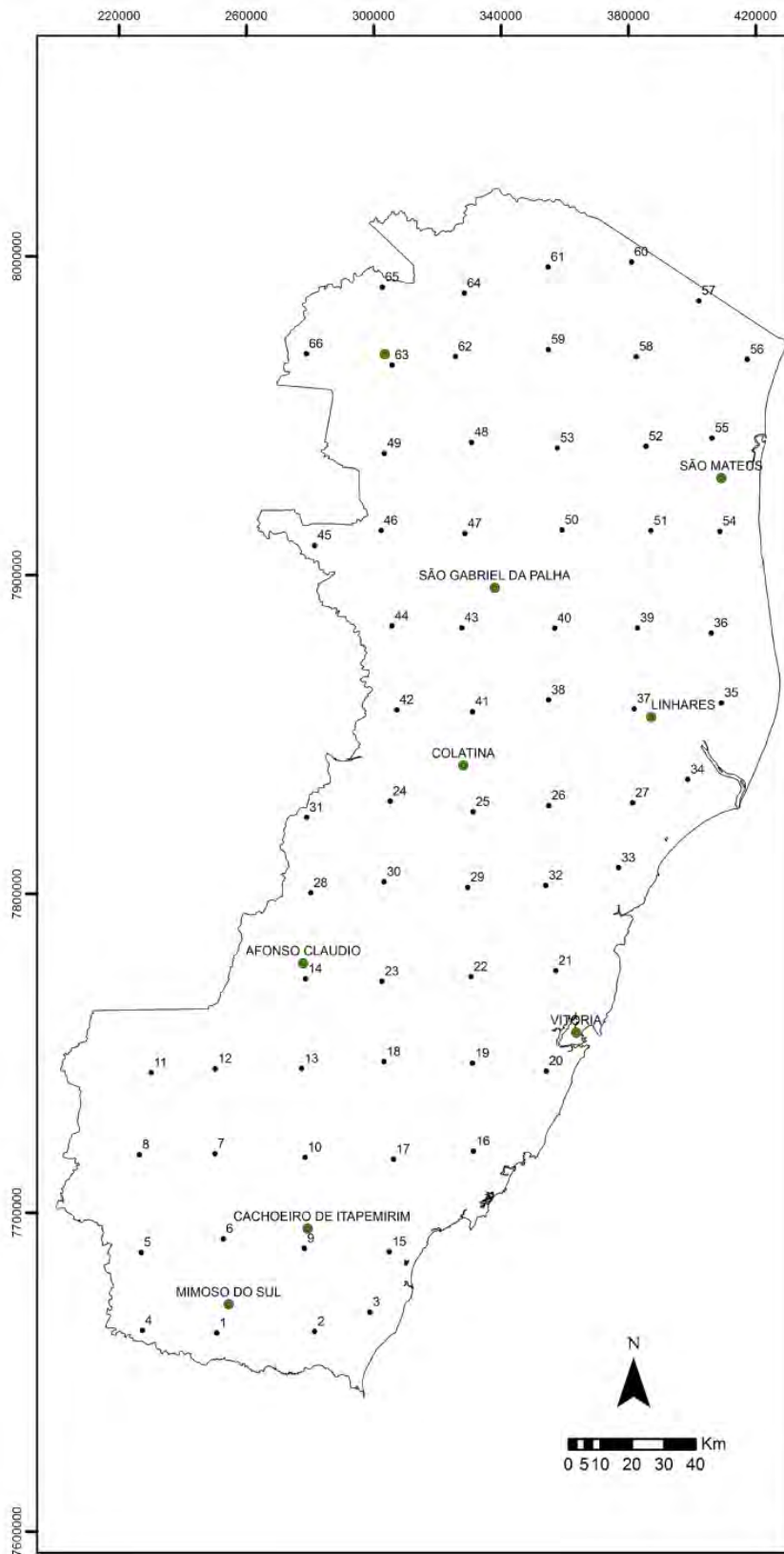


MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM ÁGUA SUPERFICIAL

Legenda

- Pontos de Amostragem
- Drenagem

Figura 14– Localização das amostras de água superficial

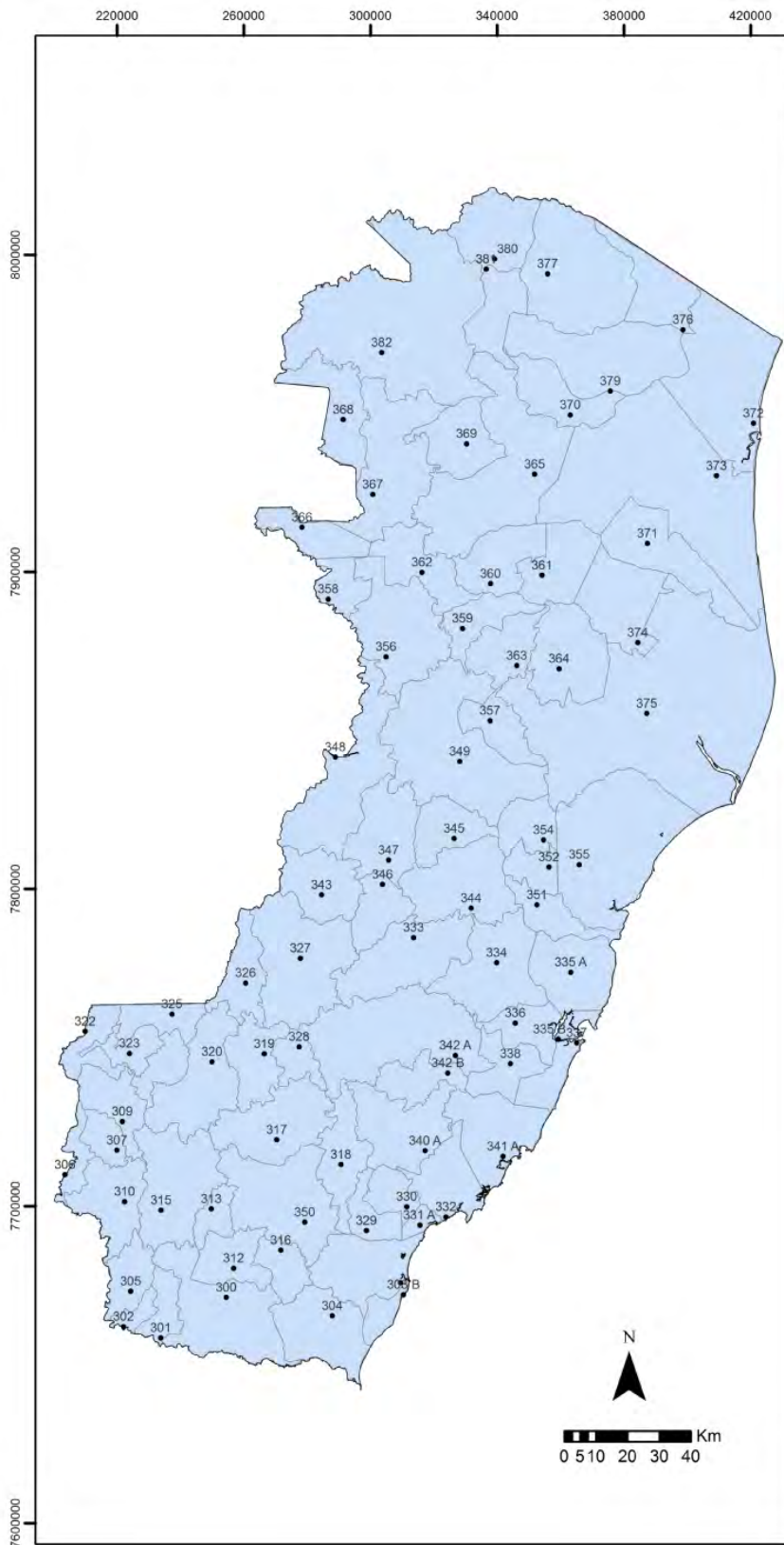


MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM SOLOS

Legenda

- Pontos de Amostragem
- Sede Municipal

Figura 15 – Localização das amostras de solos



**MAPA DE LOCALIZAÇÃO
DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM
ÁGUA DE ABASTECIMENTO**

Legenda

- Pontos de Amostragem
- Limite_Estadual
- Municípios

Figura 16 – Localização das amostras de água bruta utilizada para abastecimento público

Análises químicas

As análises químicas dos cátions e ânions das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Análises Mineraias – LAMIN, da CPRM-RJ e no Laboratório Conti&Silva - TEMA, em Americana, São Paulo, respectivamente. As amostras de sedimentos de corrente e de solos foram analisadas no SGSOL Laboratório Ltda, em Vespasiano, Minas Gerais.

As amostras de solos e sedimentos de corrente foram postas à secagem a 40°C em estufa, homogeneizadas, peneiradas na fração < 80 mesh (0,177 mm) e pulverizadas a 150 mesh. Em seguida, procedeu-se a extração com água-régia (HNO₃/HCl concentrados a 3:1) (USEPA, 2007), que visa determinar o potencial de disponibilidade e mobilidade dos metais pesados.

As metodologias analíticas foram:

a) Água: por ICP-OAS para 28 cátions (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, Zn) e por cromatografia de íons para 7 ânions (fluoreto, cloreto, brometo, nitrito, nitrato, sulfato e fosfato), segundo o *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* (2005).

b) Sedimentos de corrente e solos: para 53 elementos por ICP-OAS e ICP-MS com digestão por água régia para os seguintes elementos: Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr.

Tratamento estatísticos dos dados analíticos

Os elementos químicos, cujos resultados analíticos mostraram teores abaixo dos limites de detecção (LD) ou de quantificação (LQ) em todas as amostras, foram eliminados para fins dos cálculos dos

parâmetros estatísticos e elaboração dos mapas geoquímicos.

Os resultados analíticos foram interpretados utilizando-se os conceitos da estatística básica descritiva: valor máximo, valor mínimo, média aritmética, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação e pela observação da distribuição dos elementos através da determinação dos quartis e percentis, como ainda pela elaboração de gráficos: histograma e *boxplot*.

No cálculo dos estimadores estatísticos, os teores menores que o limite de detecção dos métodos analíticos não foram considerados. Entretanto, para a produção dos mapas geoquímicos, as amostras com teores menores que o limite de detecção, foram arbitrados valores equivalentes à metade do limite de detecção, o que significa atribuir 0,05 mg/L a uma amostra onde a rotina analítica determinou < 0,1 mg/L. Com esse procedimento, foram eliminadas do processo de elaboração dos mapas, apenas as estações sem amostras coletadas, não analisadas ou com teores não detectados.

A elaboração dos *boxplots* somente foi realizada para os elementos que apresentaram concentrações acima de 75% dos teores detectados.

Elaboração dos mapas geoquímicos

Os mapas geoquímicos estão organizados por ordem alfabética do símbolo químico e por meio amostrado.

Através dos parâmetros estatísticos definidos pelos *boxplots* foram delimitados cinco intervalos para representação das curvas de tendência de cada elemento químico. Nos casos onde havia apenas 25 a 75% de amostras acima do limite de detecção (LD) ou de quantificação (LQ) do método analítico, as classes foram definidas utilizando-se como referência os percentis, conforme sumarizado na Tabela 1.

> 75% detectados	25-75% detectados	< 25% detectados
Mínimo-Percentil 25	Mínimo - Mediana	Percentil 75 – Percentil 90
Percentil 25 - Mediana	Mediana - Percentil 75	Percentil 90 – Percentil 98
Mediana - Percentil 75	Percentil 75 – Percentil 90	Percentil 98 – Máximo
Percentil 75 - Limiar	Percentil 90 – Percentil 98	
Limiar - Máximo	Percentil 98 – Máximo	

Tabela 1 – Intervalos de classe em função da proporção de amostras detectadas.

Os mapas geoquímicos foram elaborados utilizando o *software ArcGis 10*. Para os mapas dos sedimentos de corrente e dos solos, o método de interpolação foi o *Inverse Distance Weighted* (IDW), enquanto que para a elaboração dos mapas geo-

químicos das amostras de água superficial e daquelas utilizadas para abastecimento humano, foi adotada simbologia pontual. Na elaboração dos mapas de sedimentos de corrente e de solos quando o elemento foi detectado com o número de amostras

abaixo de 25%, optou-se por utilizar simbologia pontual.

A escolha deste método, o IDW - *Inverse Distance Weighted* (Inverso da Distância Ponderada), levou em consideração a característica de resultar em valores interpolados mais próximos da realidade, em detrimento da suavização propiciada por outros métodos (ANDRIOTTI, 2009).

Nas tabelas da estatística descritiva inseridas no layout dos mapas, estão apresentados os valores de referência para alguns elementos, estabelecidos por legislações ambientais federais. Para os solos, foram utilizados ainda os valores de referência estadual, segundo Paye *et al.* (2010).

Solos: Resolução CONAMA 420 de 28/12/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo em relação às atividades antrópicas – utilizou-se os Valores de Prevenção – VP, representando a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais, tais como: (1) servir como meio básico para sustentação da vida e de habitat para pessoas, animais, plantas e outros organismos vivos; (2) manter o ciclo da água e dos nutrientes; (3) servir como meio para a produ-

ção de alimentos e outros bens primários de consumo e (4) proteger as águas superficiais e subterrâneas.

Sedimentos de corrente: Resolução CONAMA 454 de 01/11/2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras – utilizou-se os níveis de classificação para águas doce, nível 2 (limiar abaixo do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota).

Água superficial e aquela utilizada para abastecimento humano: Resolução CONAMA 357 de 18/03/2005 (utilizou-se como referência os parâmetros para rios de Classe 2), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Para os elementos que não são contemplados nas legislações brasileiras, se utilizou, também, a legislação americana para solos e sedimentos de corrente: *Screening Quik Reference Table for Inorganic in Sediment and in soil* – NOAA/SquiRTs (2008). Foram utilizados os valores de prevenção *Threshold Effects Level* (TEL) para sedimentos de água doce e os valores de prevenção (*Target*) para os solos.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nas tabelas 2, 3, 4 e 5 são apresentados os parâmetros estatísticos descritivos das amostras de sedimentos de corrente, solos, água superficial e de água bruta utilizada para abastecimento público, respectivamente.

Elemento	Unidade	Valor Médio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Mediana	Variância	Desvio Padrão
Ag	ppm	0,051	0,005	0,49	0,03	0,004	0,067
Al	%	1,697	0,03	6,9	1,23	2,429	1,558
As	ppm	1,642	0,5	134	0,5	64,139	8,009
Au	ppm	0,052	0,05	0,2	0,05	0	0,016
B	ppm	5,019	5	11	5	0,111	0,333
Ba	ppm	82,545	2,5	690	51,5	7900,01	88,882
Be	ppm	0,321	0,05	2	0,2	0,085	0,291
Bi	ppm	0,129	0,01	11,12	0,05	0,466	0,683
Ca	%	0,23	0,005	22,5	0,04	3,126	1,768
Cd	ppm	0,053	0,005	4,01	0,02	0,082	0,286
Ce	ppm	164,933	0,025	1500	76,35	70772,874	266,032
Co	ppm	4,15	0,2	29,3	2,5	17,374	4,168
Cr	ppm	25,158	0,32	231	15,5	733,384	27,081
Cs	ppm	0,594	0,025	6,3	0,32	0,493	0,702
Cu	ppm	7,607	0,7	76,5	5,05	58,895	7,674
Fe	%	2,331	0,17	8,43	1,84	2,786	1,669
Ga	ppm	6,75	0,05	28,6	5	35,305	5,942
Ge	ppm	0,117	0,05	4,7	0,05	0,089	0,299
Hf	ppm	0,094	0,025	1,84	0,025	0,024	0,155
Hg	ppm	0,076	0,005	4,01	0,04	0,082	0,287
In	ppm	0,027	0,01	0,22	0,01	0,001	0,027
K	%	0,106	0,005	0,81	0,07	0,011	0,106
La	ppm	80,805	0,4	2631	33,3	34082,195	184,614
Li	ppm	4,014	0,5	23	2	16,846	4,104
Mg	%	0,128	0,005	2,05	0,06	0,035	0,187
Mn	ppm	434,133	7	6640	251	312879,255	559,356
Mo	ppm	0,596	0,1	4,98	0,5	0,199	0,446
Na	%	0,015	0,005	0,29	0,005	0,001	0,032
Nb	ppm	1,802	0,1	13,85	1,545	2,289	1,513
Ni	ppm	6,442	1	50,5	3,9	36,722	6,061
P	ppm	344,266	25	2774	258	120430,885	347,021
Pb	ppm	11,068	0,1	85,6	9,25	119,734	10,942
Pd	ppm	0,071	0,05	0,5	0,05	0,004	0,064
Pt	ppm	0,052	0,05	0,6	0,05	0,001	0,031
Rb	ppm	12,895	0,1	110	7,4	183,444	13,544
Re	ppm	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0
S	%	0,021	0,005	1,11	0,005	0,006	0,074
Sb	ppm	0,086	0,025	1,56	0,06	0,016	0,125
Sc	ppm	4,022	0,05	27,3	2,95	16,296	4,037
Se	ppm	0,593	0,5	8	0,5	0,281	0,53
Sn	ppm	1,932	0,02	82,6	1,2	23,275	4,824
Sr	ppm	20,6	0,1	2654	4,6	25153,097	158,597

Ta	ppm	0,104	0,025	15	0,025	1,015	1,007
Te	ppm	0,059	0,025	2,3	0,025	0,027	0,166
Th	ppm	38,612	0,05	1427	15,45	9015,971	94,952
Ti	%	0,181	0,005	9,3	0,11	0,443	0,666
U	ppm	3,006	0,025	71,83	1,42	31,119	5,578
V	ppm	37,548	0,5	185	25	1461,034	38,223
W	ppm	0,472	0,05	13,2	0,2	1,296	1,138
Y	ppm	10,671	0,05	216,91	6,86	262,176	16,192
Zn	ppm	22,323	0,5	81	17	317,129	17,808
Zr	ppm	1,993	0,25	61	0,25	23,378	4,835

Tabela 2 – Sumário estatístico das amostras de sedimentos de corrente.

Elemento	Unidade	Valor Médio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Mediana	Variância	Desvio Padrão
Ag	ppm	0,046	0,005	0,220	0,03	0,002	0,047
Al	%	3,521	0,2	11,5	2,76	5,592	2,365
As	ppm	2,514	0,5	11	2	3,771	1,942
Au	ppm	0,054	0,05	0,3	0,05	0,001	0,030
B	ppm	5	5	5	5	0	0
Ba	ppm	54,775	2,5	353	25	6046,913	77,762
Be	ppm	0,38	0,05	2,3	0,2	0,216	0,465
Bi	ppm	0,328	0,01	5,65	0,15	0,732	0,855
Ca	%	0,039	0,005	0,27	0,02	0,002	0,045
Cd	ppm	0,042	0,005	0,71	0,01	0,009	0,095
Ce	ppm	56,967	9,13	219,79	47,95	1675,129	40,928
Co	ppm	3,768	0,05	26,3	1,2	24,584	4,958
Cr	ppm	31,972	2	103	21	686,771	26,206
Cs	ppm	1,427	0,05	9,94	0,97	2,795	1,672
Cu	ppm	9,833	0,25	90,1	5,2	178,736	13,369
Fe	%	3,426	0,48	8,1	3,07	2,856	1,690
Ga	ppm	16,952	0,3	39,8	16	58,748	7,665
Ge	ppm	0,058	0,05	0,2	0,05	0,001	0,031
Hf	ppm	0,138	0,025	0,67	0,09	0,018	0,133
Hg	ppm	0,18	0,005	0,87	0,15	0,022	0,148
In	ppm	0,07	0,01	0,2	0,06	0,002	0,043
K	%	0,065	0,005	0,42	0,02	0,011	0,103
La	ppm	21,532	3	113,6	17,9	349,181	18,686
Li	ppm	3,394	0,5	27	1	28,614	5,349
Mg	%	0,06	0,005	0,44	0,02	0,010	0,099
Mn	ppm	257,965	2,5	2466	114	144092,188	379,595
Mo	ppm	0,863	0,025	2,23	0,8	0,154	0,392
Na	%	0,005	0,005	0,02	0,005	0	0,002
Nb	ppm	1,38	0,025	5,53	0,89	1,650	1,285
Ni	ppm	6,996	0,25	45,1	4	55,728	7,465
P	ppm	230,479	25	609	216	24207,253	155,587
Pb	ppm	13,865	1,1	42,5	12,9	75,650	8,698
Pd	ppm	0,063	0,05	0,3	0,05	0,002	0,043
Pt	ppm	0,051	0,05	0,1	0,05	0	0,006
Rb	ppm	16,635	0,1	139	4,3	747,542	27,341
Re	ppm	0,051	0,05	0,1	0,05	0	0,006

S	%	0,021	0,01	0,06	0,02	0	0,013
Sb	ppm	0,106	0,01	0,85	0,08	0,013	0,115
Sc	ppm	7,12	0,05	17,9	5,9	23,711	4,869
Se	ppm	0,711	0,5	3	0,5	0,219	0,468
Sn	ppm	2,474	0,15	12,6	2	3,188	1,786
Sr	ppm	6,724	0,5	56,1	3,8	70,207	8,379
Ta	ppm	0,025	0,025	0,025	0,025	0	0
Te	ppm	0,072	0,025	0,63	0,025	0,009	0,095
Th	ppm	19,394	2,7	53,1	16,3	129,778	11,392
Ti	%	0,066	0,005	0,34	0,04	0,004	0,067
U	ppm	1,414	0,2	8,48	0,96	2,246	1,499
V	ppm	67,246	0,5	200	59	1794,856	42,366
W	ppm	0,444	0,05	8,2	0,2	1,508	1,228
Y	ppm	5,948	0,16	33,14	3,89	51,154	7,152
Zn	ppm	21,289	0,5	100	14	486,626	22,060
Zr	ppm	4,13	0,25	19,8	2,7	21,854	4,675

Tabela 3 – Sumário estatístico das amostras de solos.

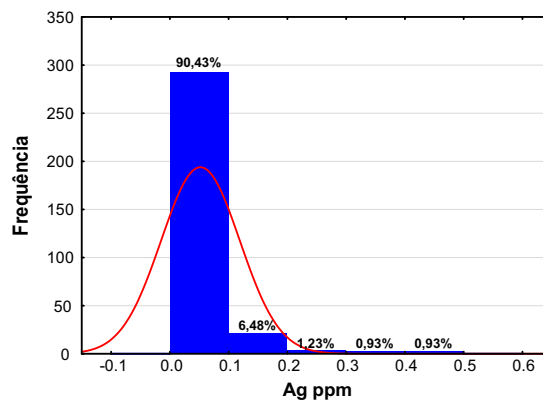
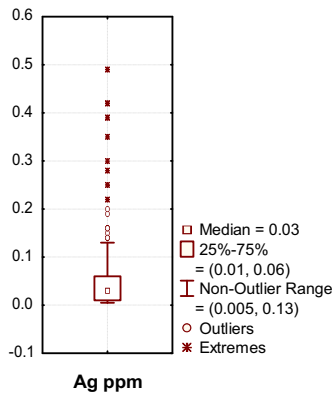
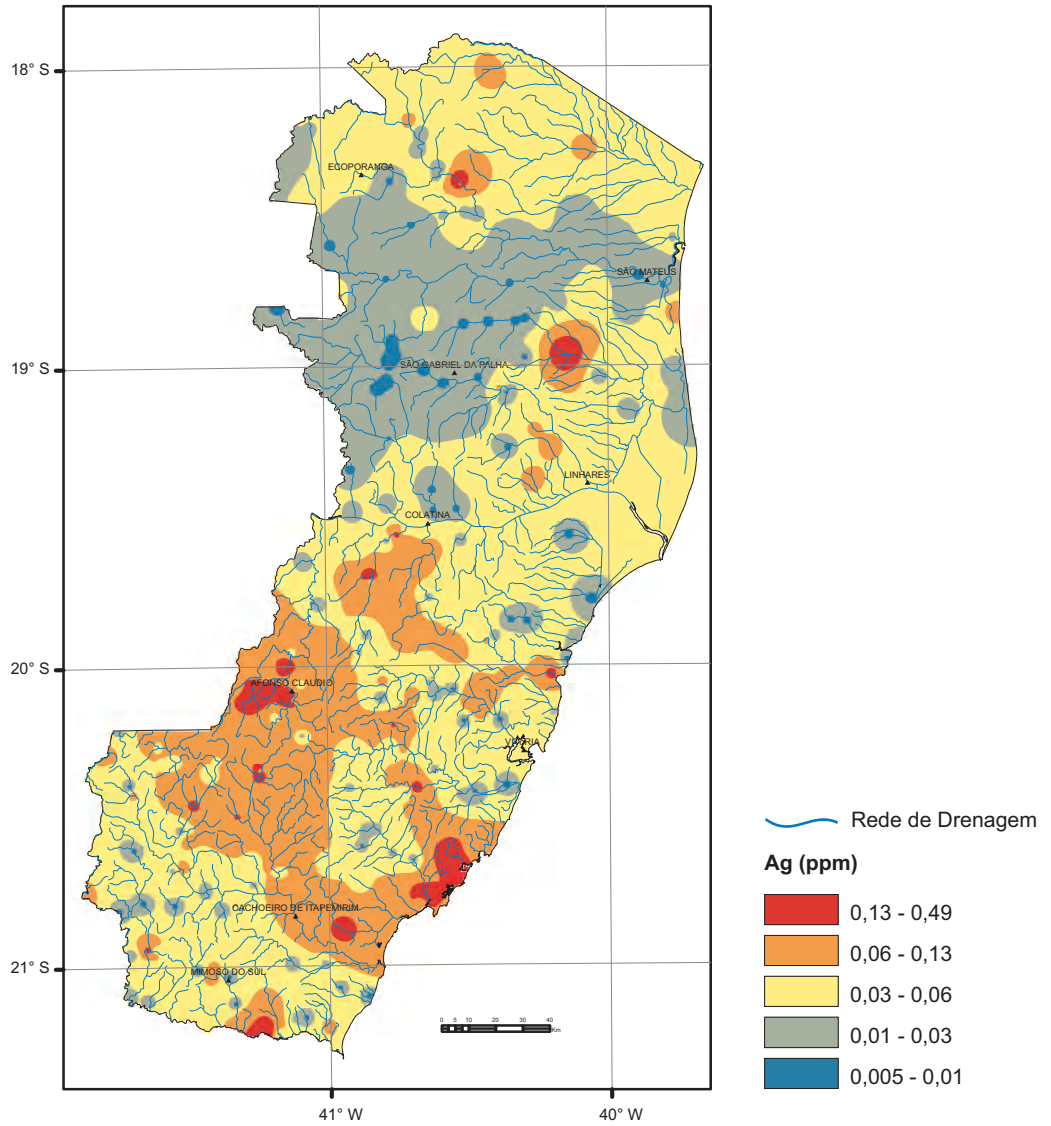
Elemento	Unidade	Valor Médio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Mediana	Variância	Desvio Padrão
pH	-	6,664	5,3	8,5	6,6	0,283	0,53
C.D	mg/L	159,295	4,48	7228	68,1	197280,64	444,16
O.D	μS	7,239	0,09	13,6	7,3	4,878	2,21
T	°C	23,802	16,4	39,5	23,6	10	3,17
Brometo	mg/L	0,142	0,005	17,94	0,02	1,068	1,03
Cloreto	mg/L	53,150	0,005	4718,15	7,63	77158,18	277,77
Fluoreto	mg/L	0,140	0,005	8,43	0,06	0,222	0,47
Fosfato	mg/L	0,069	0,05	2,2	0,05	0,029	0,17
Nitrato	mg/L	4,52	0,005	526,3	1,61	844,31	29,06
Nitrito	mg/L	0,092	0,005	16,6	0,005	0,817	0,90
Sulfato	mg/L	13,797	0,005	987,91	1,77	5003,17	70,73
Al	mg/L	0,09	0,0015	8,369	0,039	0,211	0,46
B	mg/L	0,027	0,0035	1,994	0,01	0,013	0,11
Ba	mg/L	0,039	0,0015	0,428	0,026	0,002	0,04
Ca	mg/L	4,528	0,341	116,9	2,4955	63,08	7,94
Cu	mg/L	0,001	0,001	0,01	0,001	0	0,001
Fe	mg/L	0,459	0,013	5,082	0,371	0,174	0,42
K	mg/L	2,838	0,048	110	1,91	42,63	6,53
Li	mg/L	0,002	0,0005	0,104	0,0005	0,000	0,007
Mg	mg/L	4,216	0,08	375,5	1,41	502,70	22,42
Mn	mg/L	0,034	0,0035	0,68	0,02	0,004	0,06
Na	mg/L	22,002	0,005	1262	6,004	7070,82	84,09
Si	mg/L	5,704	0,867	19,49	4,85	10,14	3,18
Sr	mg/L	0,04	0,005	2,195	0,02	0,017	0,13
Ti	mg/L	0,003	0,0025	0,04	0,0025	0	0,003
Zn	mg/L	0,090	0,01	8,71	0,01	0,38	0,61

Tabela 4 – Sumário estatístico das amostras de água superficial.

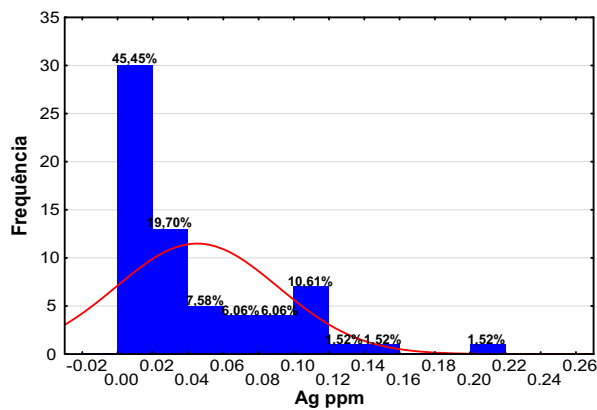
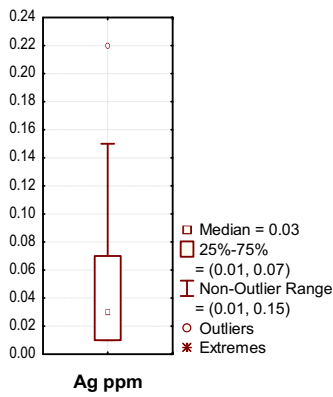
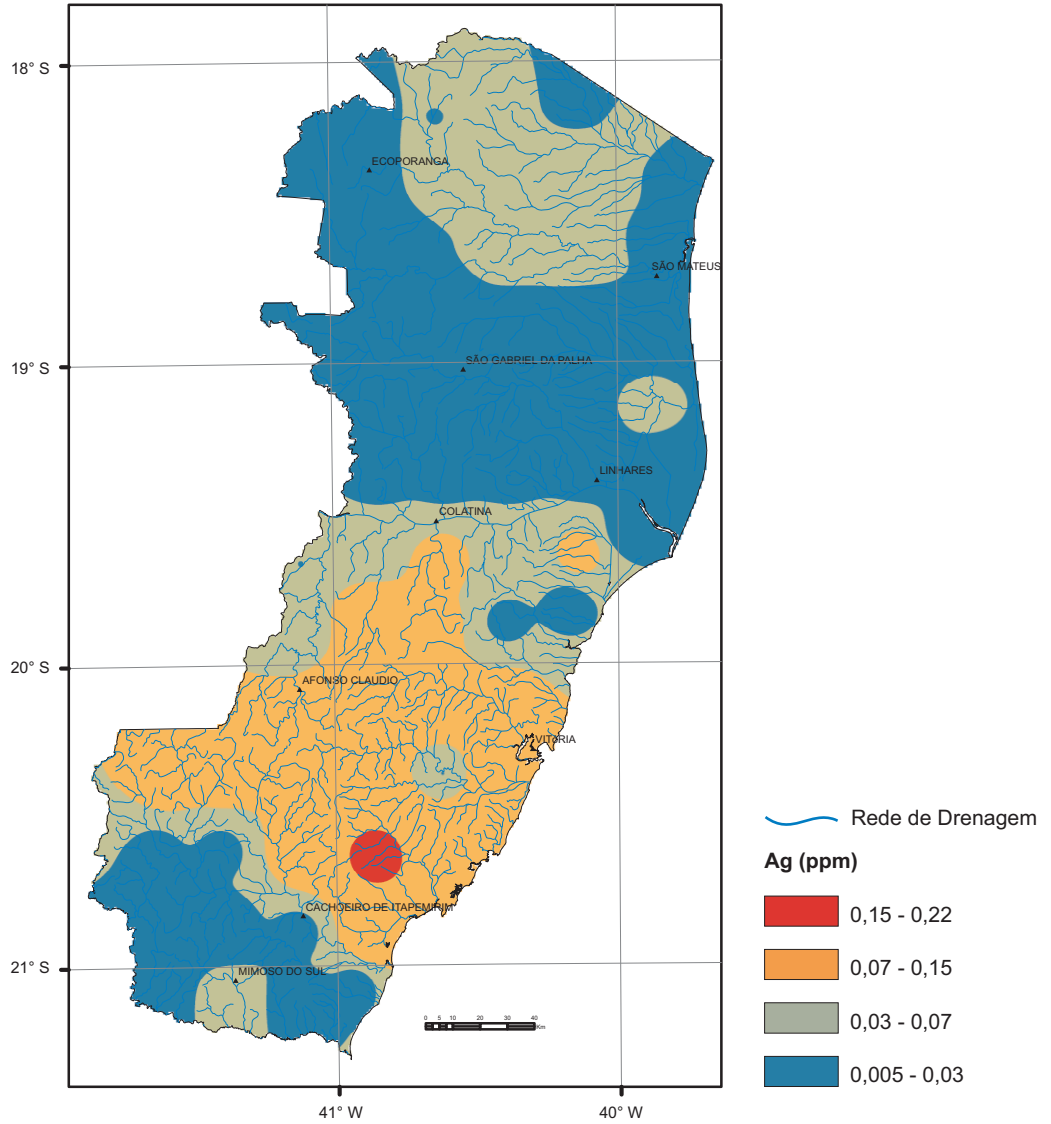
Elemento	Unidade	Valor Médio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Mediana	Variância	Desvio Padrão
pH	-	6,571	5,6	8	6,5	0,222	0,47
C.D	mg/L	74,312	20,24	333,1	52,7	2915,58	54
O.D	µS	6,474	1,14	11,7	6,56	4,737	2,98
T	°C	23,802	18,5	30,8	23,95	6,496	2,55
Brometo	mg/L	0,045	0,005	1,51	0,02	0,031	0,18
Cloreto	mg/L	12,037	0,005	124,8	4,96	365,32	19,11
Fluoreto	mg/L	0,137	0,01	1,54	0,05	0,068	0,26
Nitrato	mg/L	2,36	0,005	10,24	1,845	5,48	2,34
Nitrito	mg/L	0,022	0,005	0,33	0,005	0,002	0,05
Sulfato	mg/L	6,268	0,005	44,98	1,705	101,86	10,09
Al	mg/L	0,07	0,008	0,4405	0,045	0,005	0,07
B	mg/L	0,014	0,004	0,068	0,009	0	0,02
Ba	mg/L	0,032	0,007	0,12	0,024	0	0,02
Ca	mg/L	2,576	0,61	5,961	2,226	1,80	1,34
Fe	mg/L	0,385	0,059	1,388	0,353	0,049	0,22
K	mg/L	2,108	0,512	8,17	1,8045	1,53	1,25
Mg	mg/L	1,366	0,41	3,703	1,1275	0,57	0,77
Mn	mg/L	0,016	0,0035	0,091	0,0089	0	0,02
Na	mg/L	7,641	1,498	56,79	4,228	69,01	8,31
Si	mg/L	5,382	0,292	12,15	4,748	5,48	2,34
Sr	mg/L	0,02	0,001	0,064	0,02	0	0,01

Tabela 5 – Sumário estatístico das amostras de água bruta utilizada para abastecimento público.

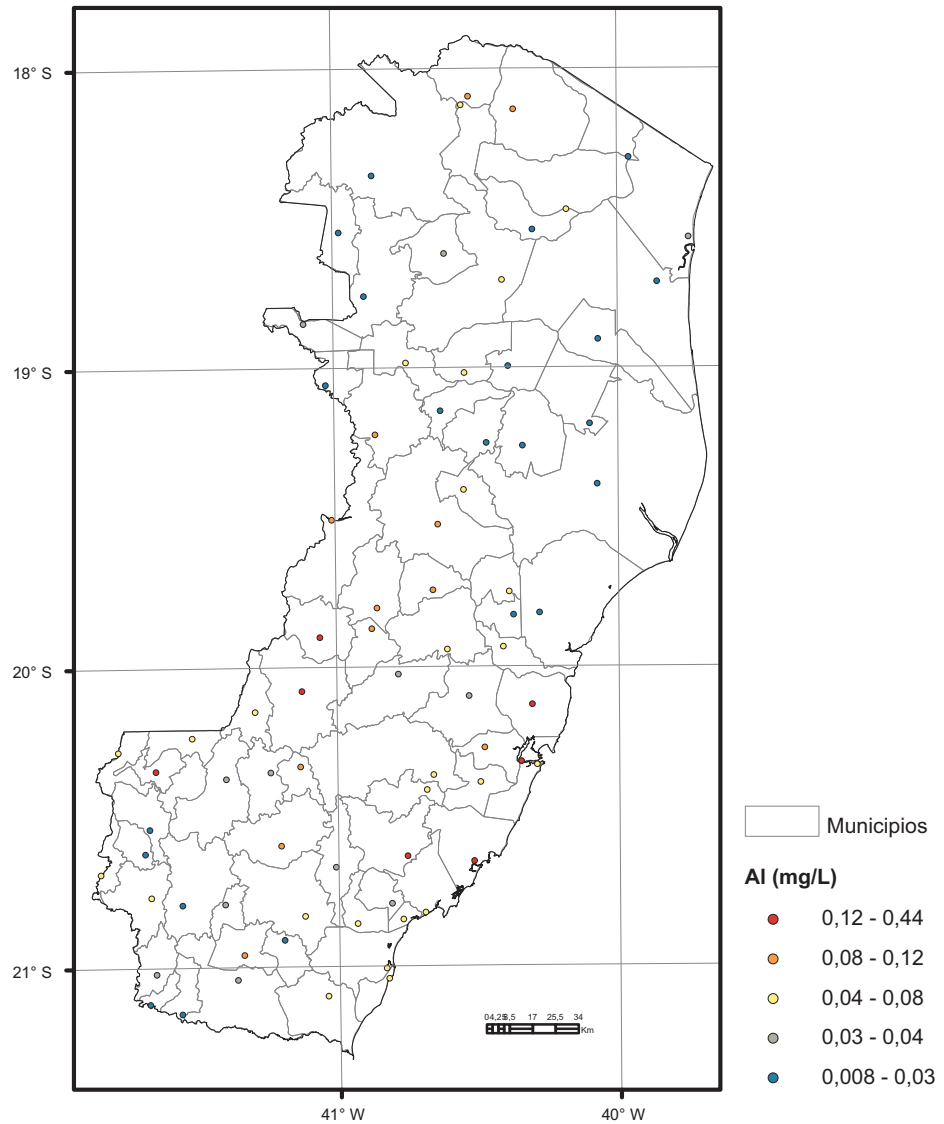
- ■ ■ MAPAS
GEOQUÍMICOS



Estatística Descritiva	
Elemento	Ag (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	268
Valor Médio	0,05
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,49
Desvio Padrão	0,066
Coefficiente de Variação (%)	1,29
Mediana	0,03
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



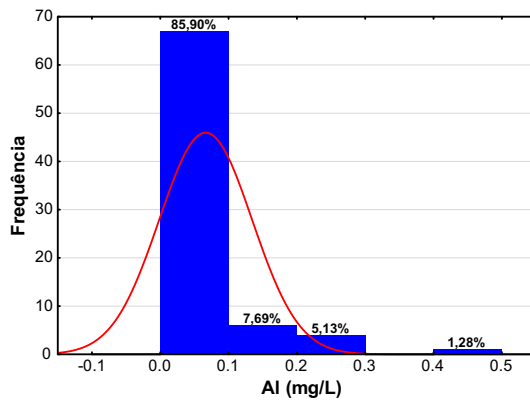
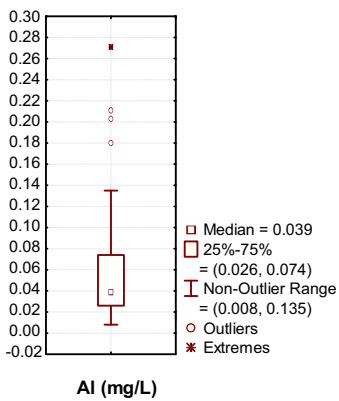
Estatística Descritiva	
Elemento	Ag (ppm)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	52
Valor Médio	0,05
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,22
Desvio Padrão	0,047
Coefficiente de Variação (%)	1,01
Mediana	0,03
CONAMA 420/2009 (VP)	2
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



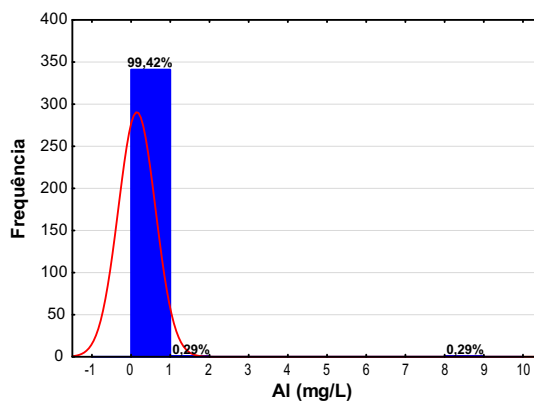
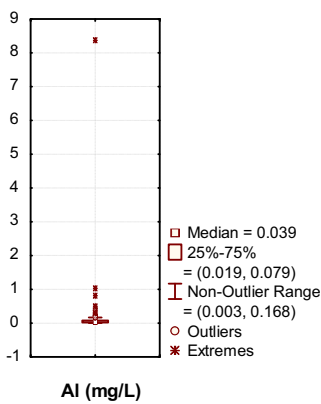
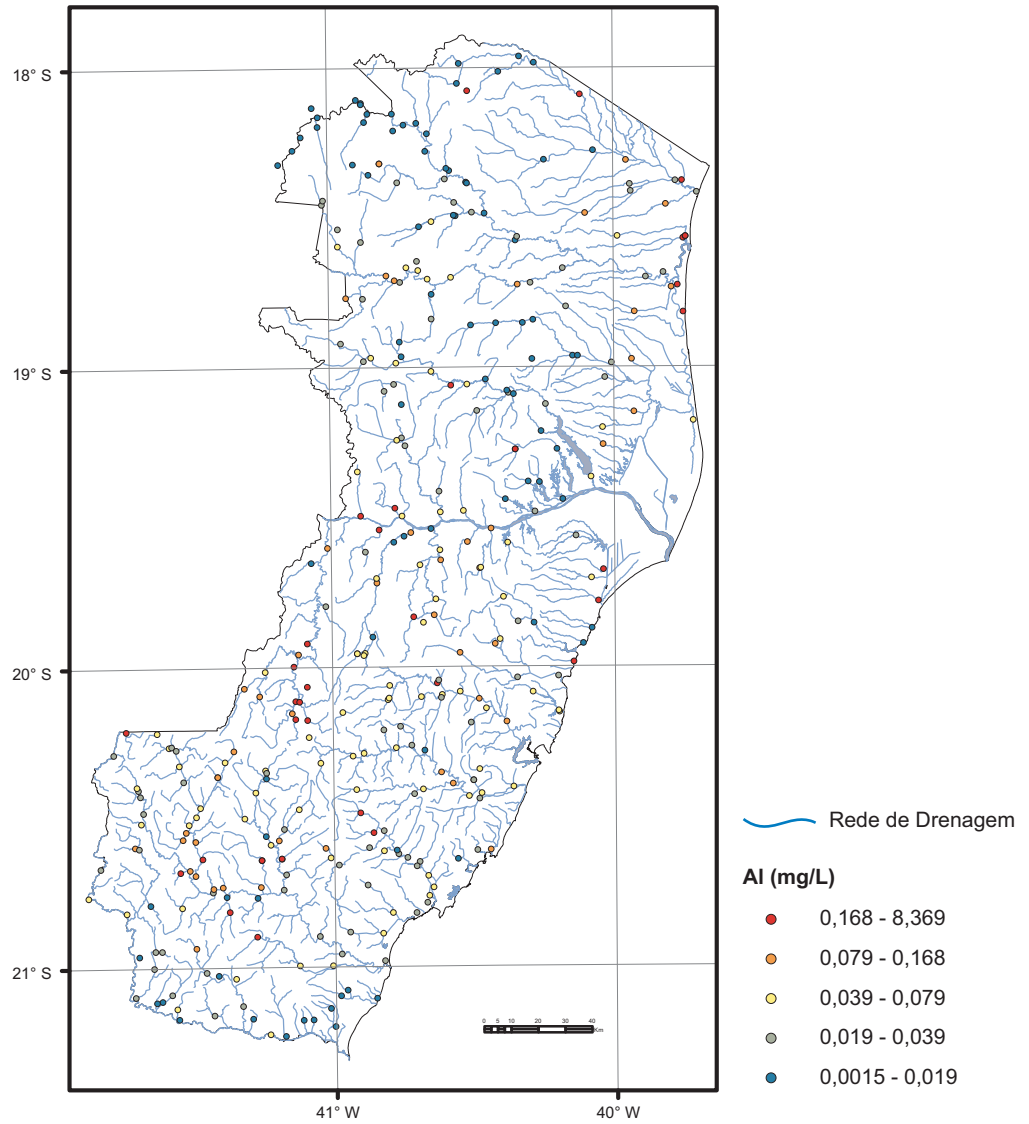
Municípios

Al (mg/L)

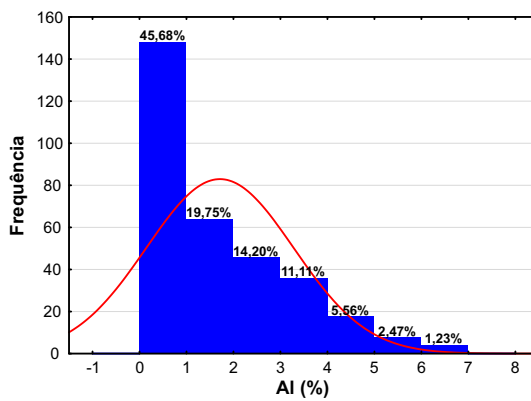
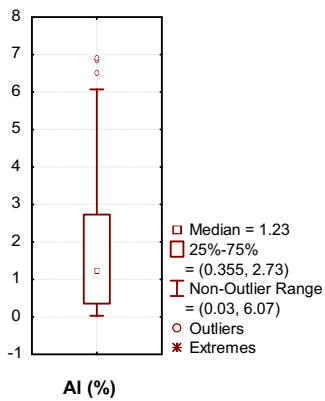
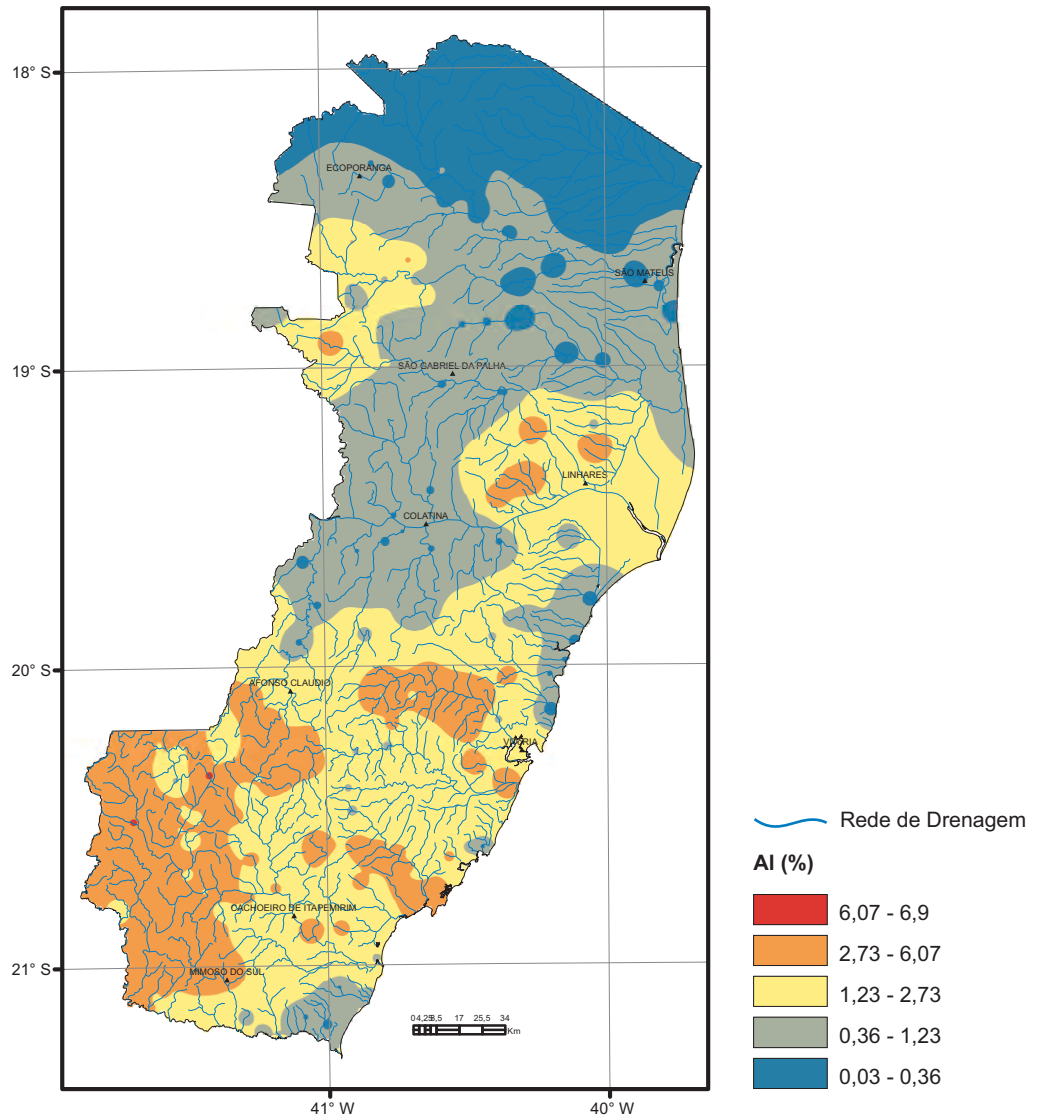
- 0,12 - 0,44
- 0,08 - 0,12
- 0,04 - 0,08
- 0,03 - 0,04
- 0,008 - 0,03



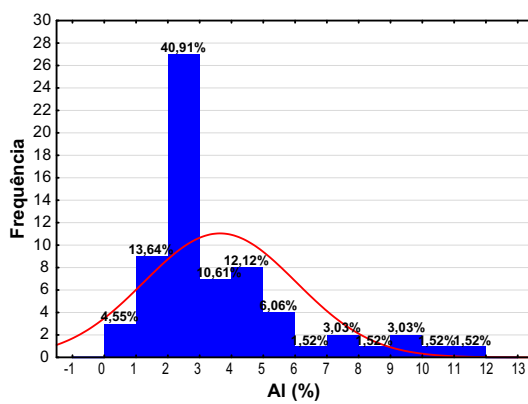
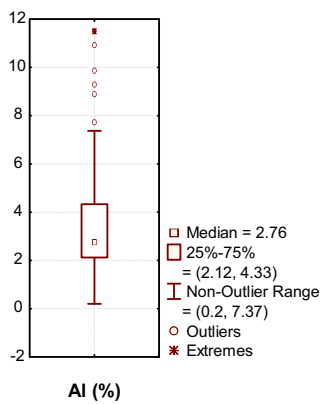
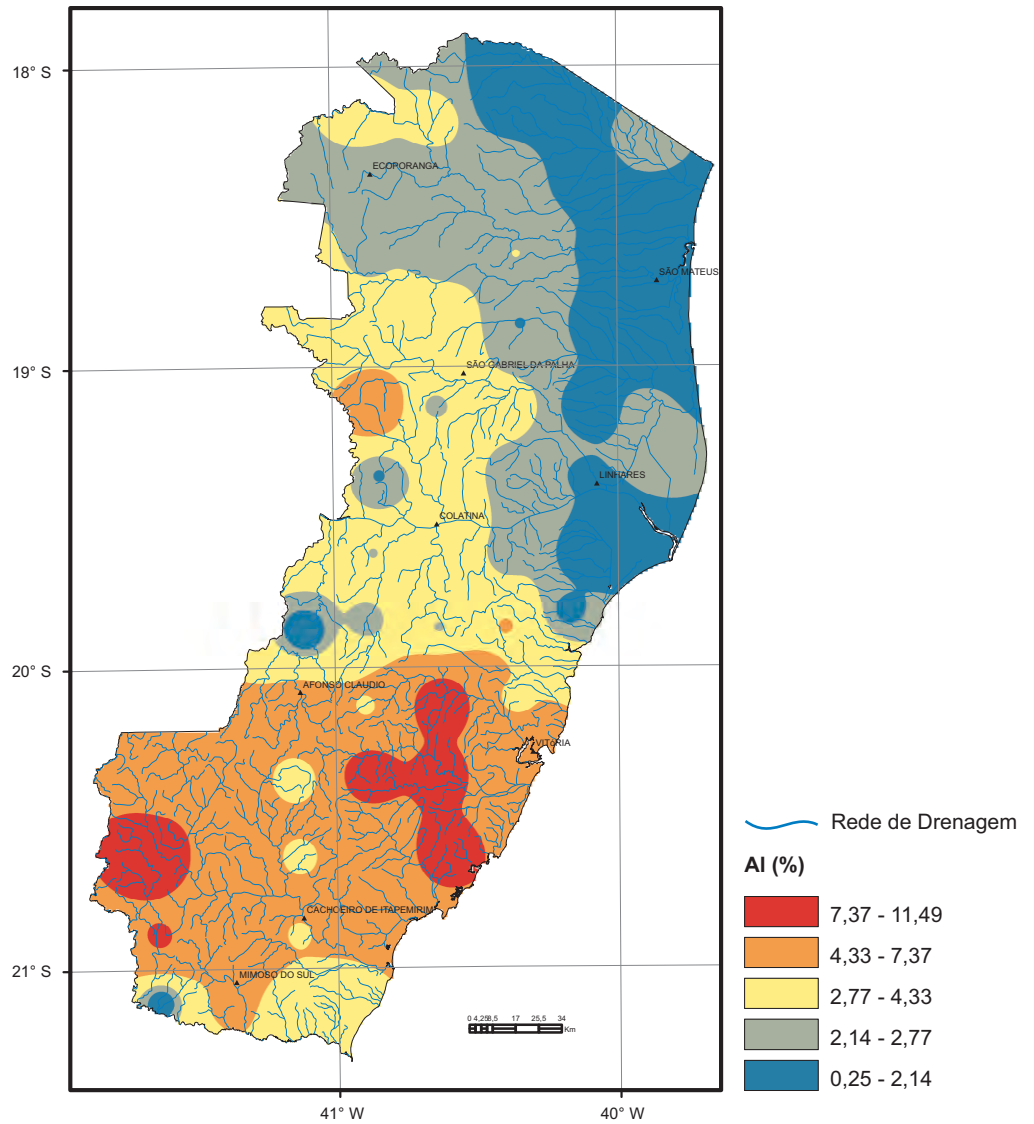
Estatística Descritiva	
Elemento	Al (mg/L)
Limite de Detecção	0,003
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	78
Valor Médio	0,07
Valor Mínimo	0,008
Valor Máximo	0,44
Desvio Padrão	0,07
Coefficiente de Variação (%)	1,04
Mediana	0,045
CONAMA 357/2005	0,1



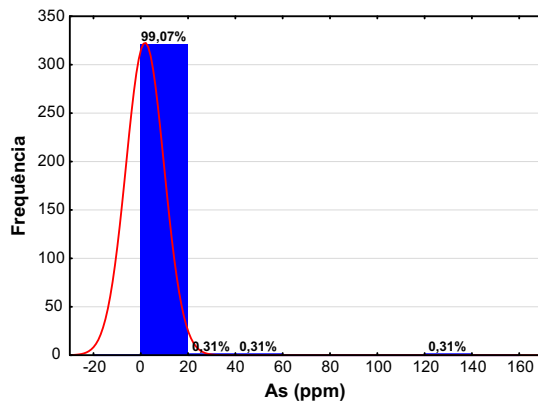
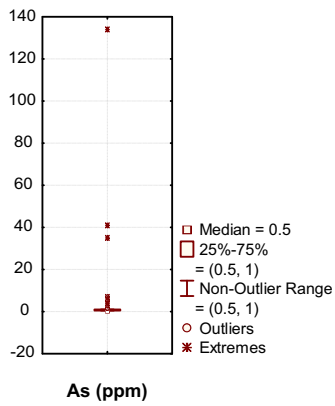
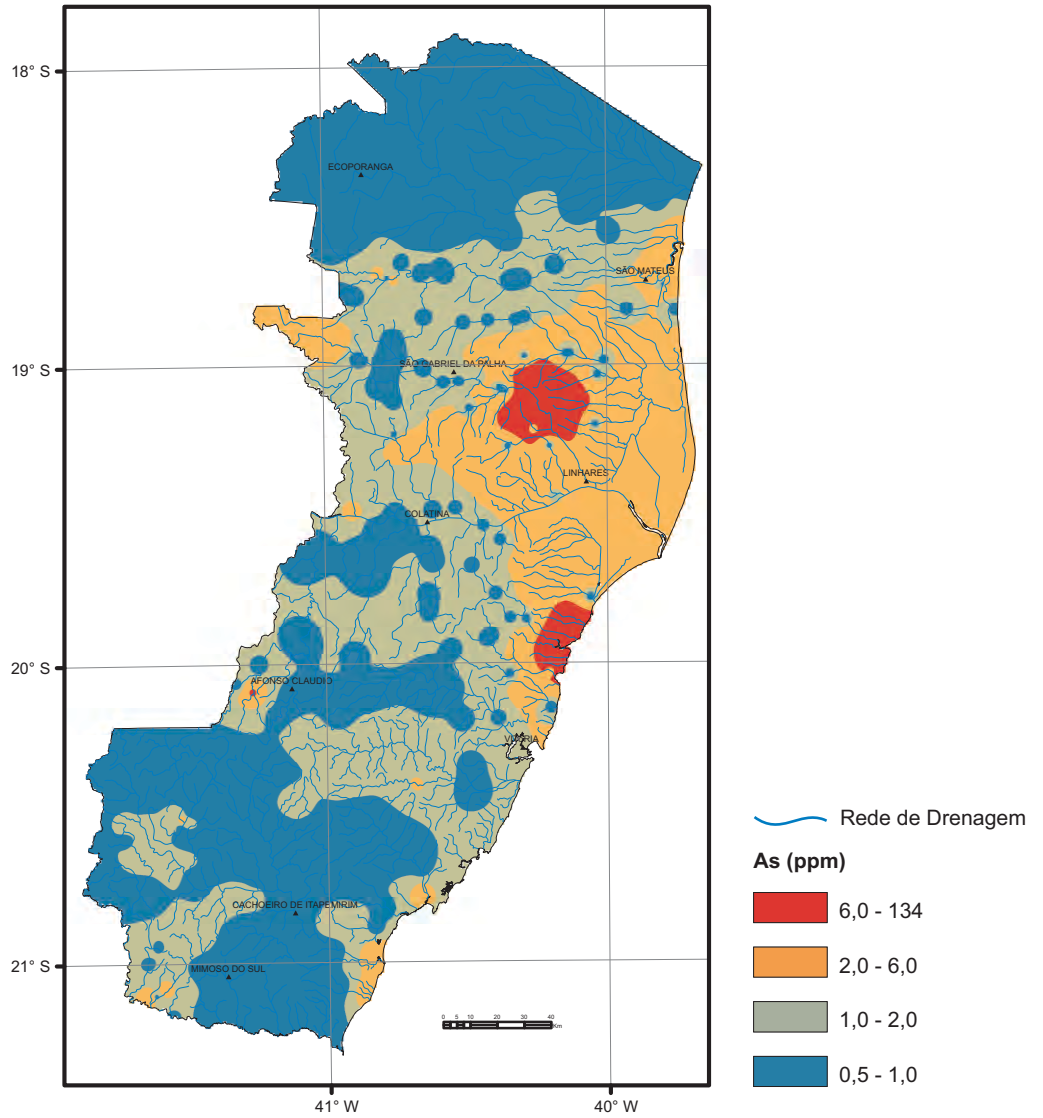
Estatística Descritiva	
Elemento	Al (mg/L)
Limite de Detecção	0,003
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	327
Valor Médio	0,09
Valor Mínimo	0,0015
Valor Máximo	8,37
Desvio Padrão	0,46
Coefficiente de Variação (%)	4,86
Mediana	0,04
CONAMA 357/2005	0,1



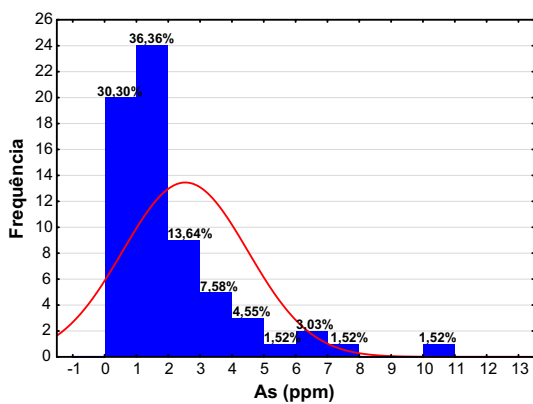
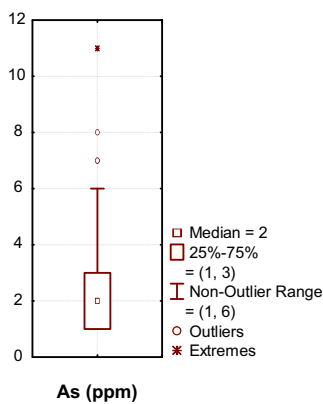
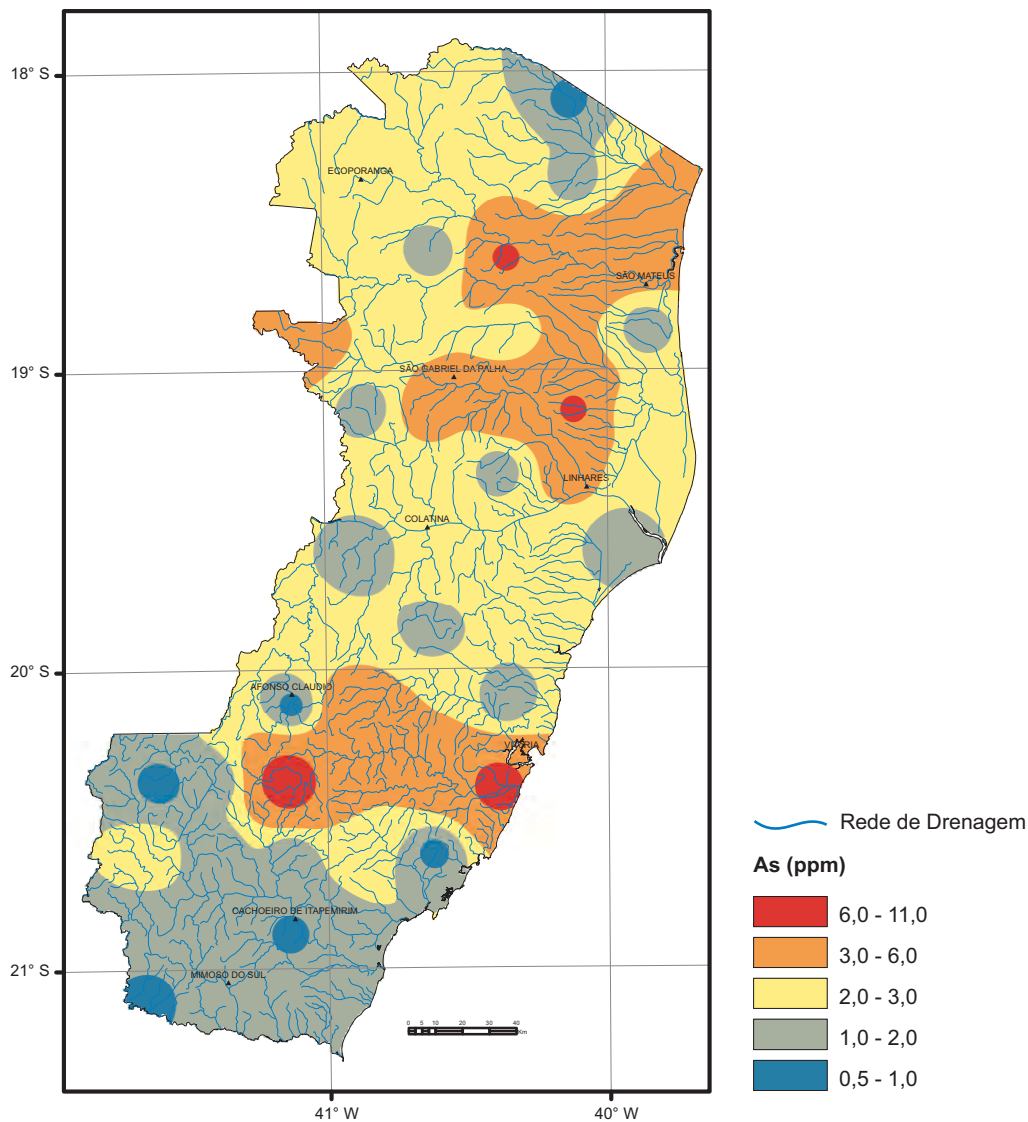
Estatística Descritiva	
Elemento	Al (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	1,70
Valor Mínimo	0,03
Valor Máximo	6,90
Desvio Padrão	1,56
Coeficiente de Variação (%)	0,92
Mediana	1,23
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



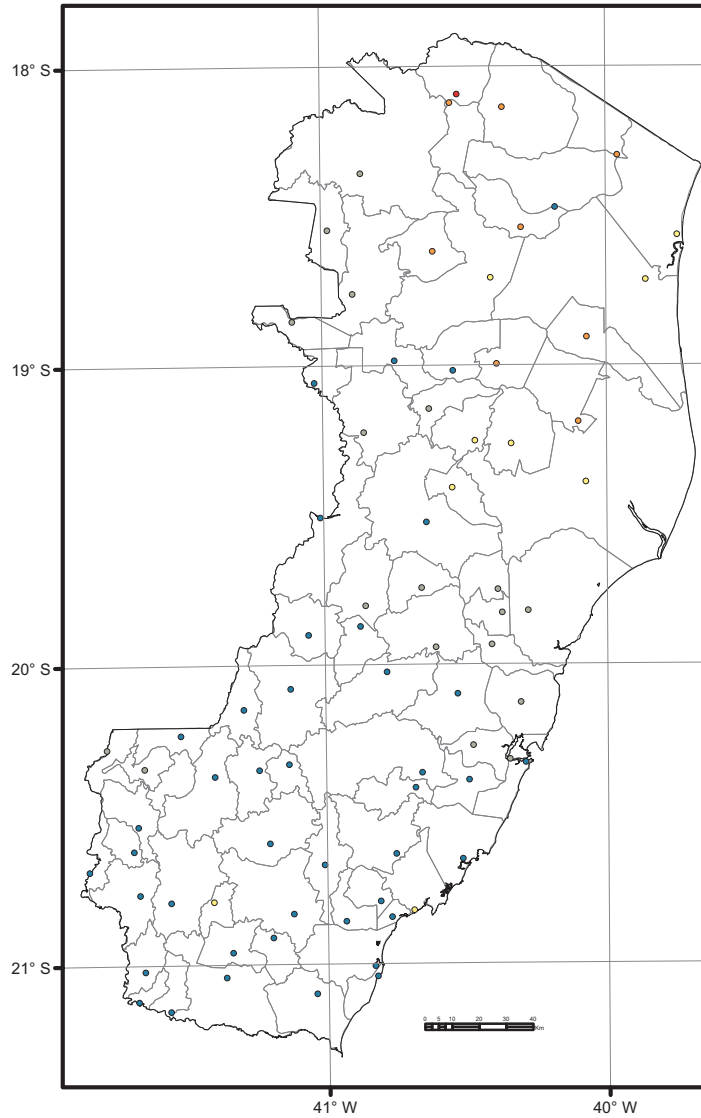
Estatística Descritiva	
Elemento	Al (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	3,52
Valor Mínimo	0,25
Valor Máximo	11,50
Desvio Padrão	2,36
Coefficiente de Variação (%)	0,65
Mediana	2,76
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



Estatística Descritiva	
Elemento	As (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	103
Valor Médio	1,64
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	134,00
Desvio Padrão	8,01
Coefficiente de Variação (%)	4,88
Mediana	0,5
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	17
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	17



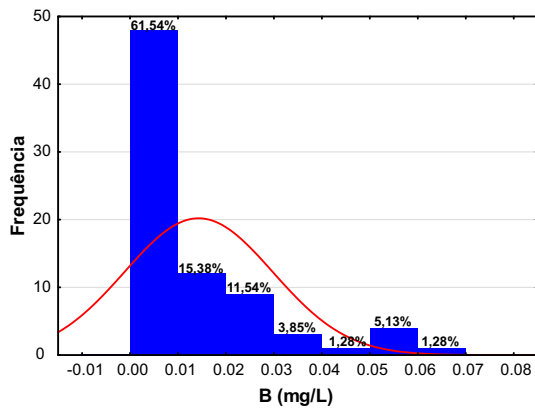
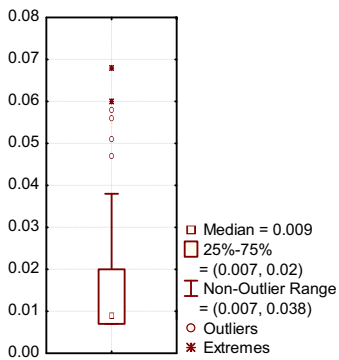
Estatística Descritiva	
Elemento	As (ppm)
Límite de Detecção	1,00
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	64
Valor Médio	2,51
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	11,00
Desvio Padrão	1,942
Coefficiente de Variação (%)	0,77
Mediana	2,00
CONAMA 420/2009 (VP)	15,00
Paye <i>et al.</i> (2010)	<12,83
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	0,90



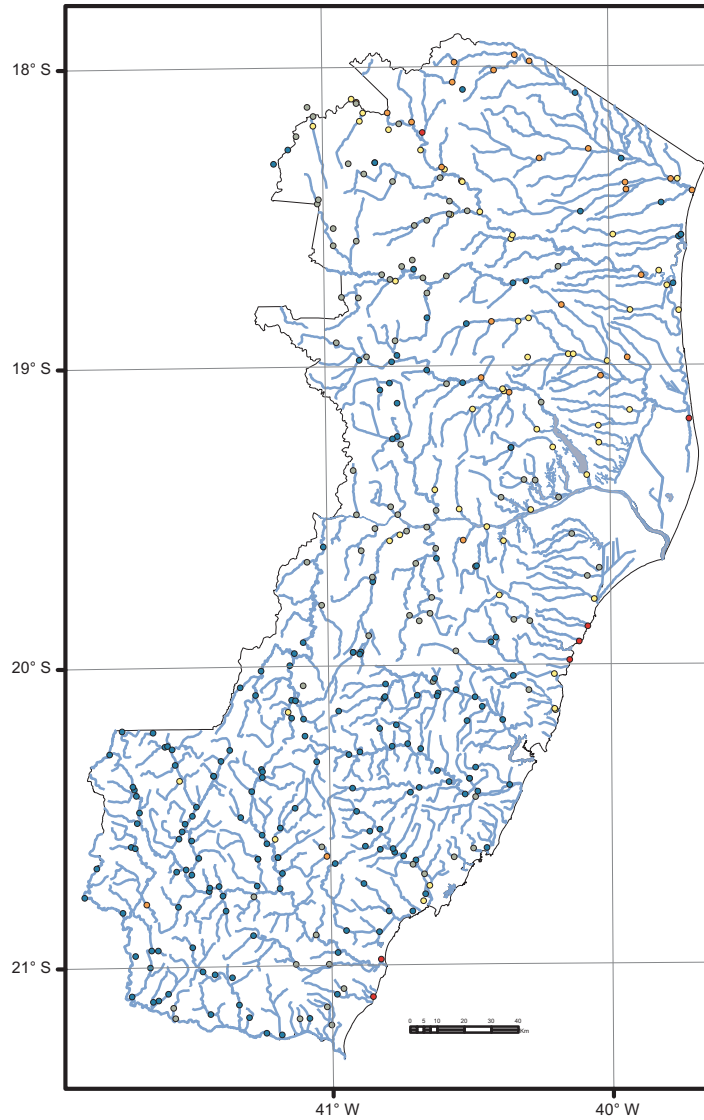
Municípios

B (mg/L)

- 0,06 - 0,068
- 0,03 - 0,06
- 0,02 - 0,03
- 0,009 - 0,02
- 0,0035 - 0,009



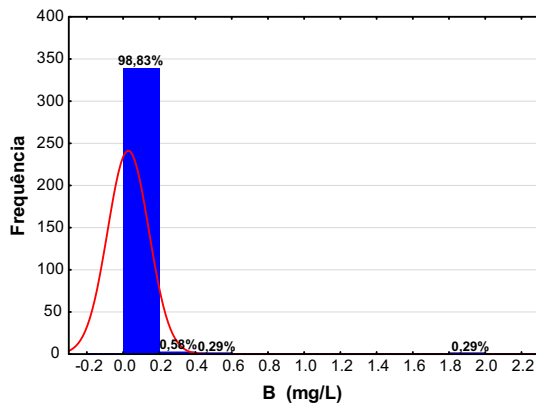
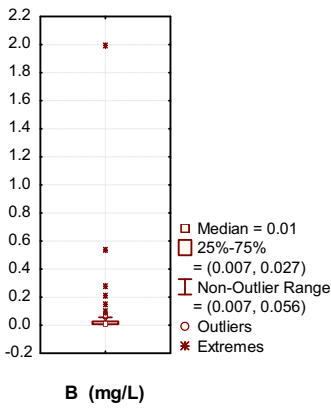
Estatística Descritiva	
Elemento	B (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	45
Valor Médio	0,01
Valor Mínimo	0,0035
Valor Máximo	0,068
Desvio Padrão	0,02
Coefficiente de Variação (%)	1,09
Mediana	0,009
CONAMA 357/2005	0,5



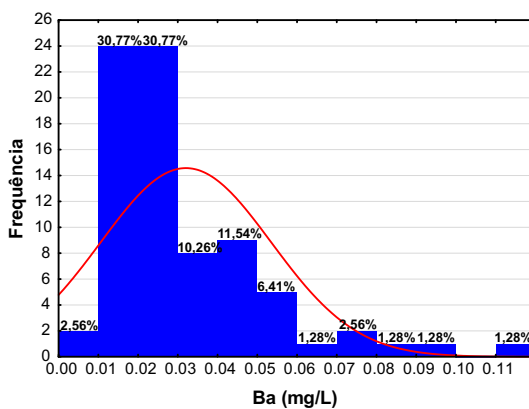
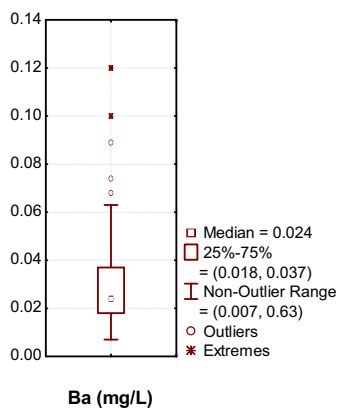
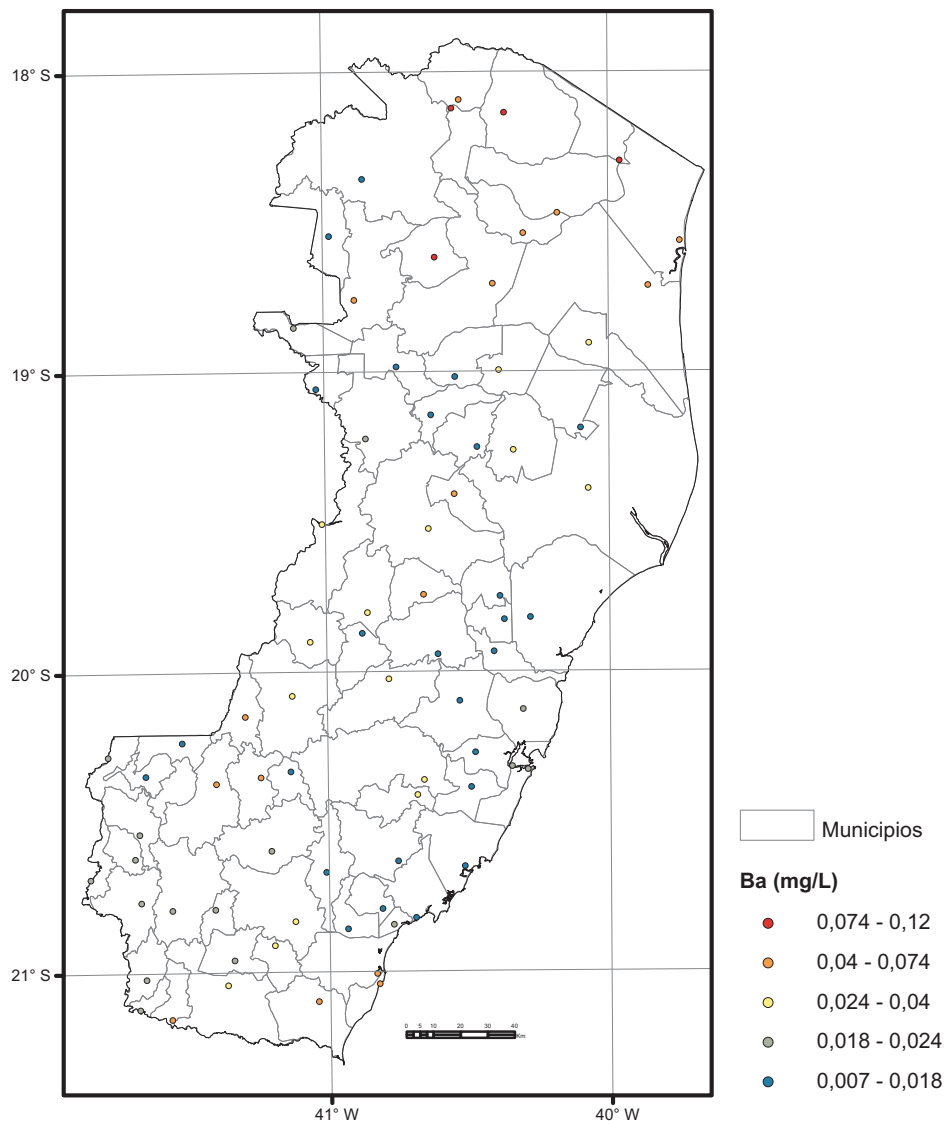
Rede de Drenagem

B (mg/L)

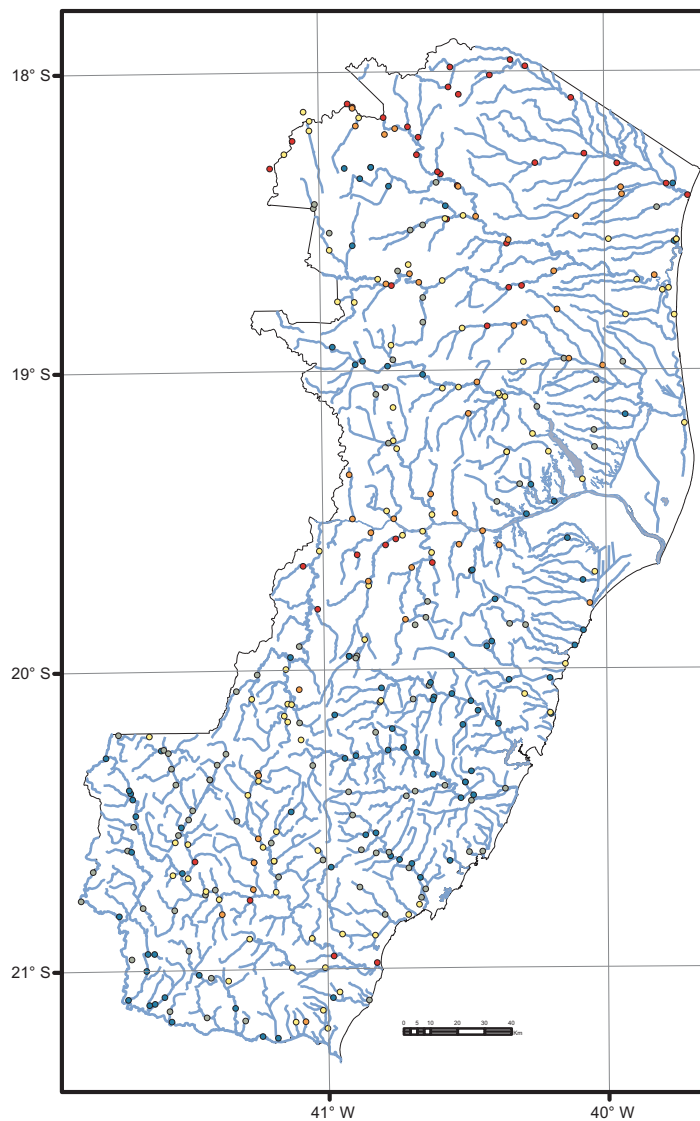
- 0,087 - 1,99
- 0,05 - 0,087
- 0,027 - 0,05
- 0,01 - 0,027
- 0,0035 - 0,01



Estatística Descritiva	
Elemento	B (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	207
Valor Médio	0,03
Valor Mínimo	0,0035
Valor Máximo	1,99
Desvio Padrão	0,11
Coefficiente de Variação (%)	4,20
Mediana	0,01
CONAMA 357/2005	0,5



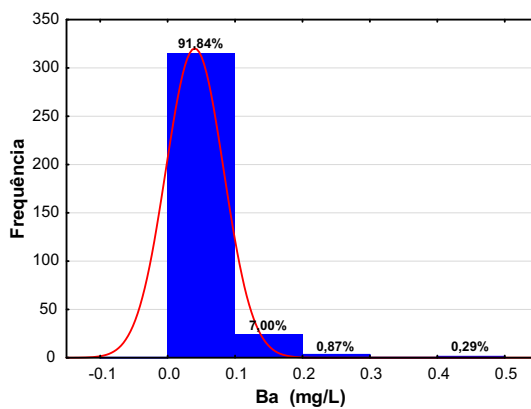
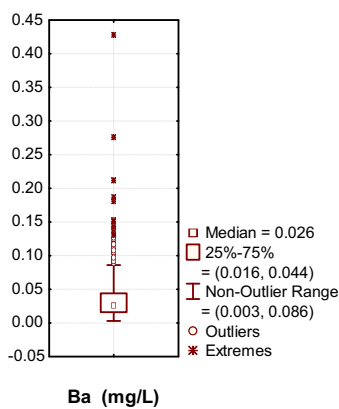
Estatística Descritiva	
Elemento	Ba (mg/L)
Limite de Detecção	0,003
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	78
Valor Médio	0,03
Valor Mínimo	0,007
Valor Máximo	0,12
Desvio Padrão	0,02
Coefficiente de Variação (%)	0,67
Mediana	0,02
CONAMA 357/2005	0,7



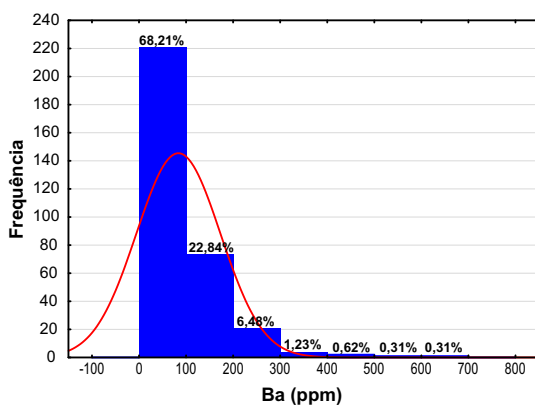
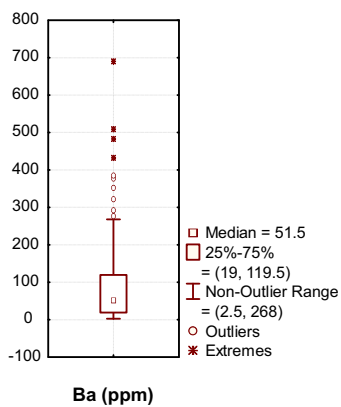
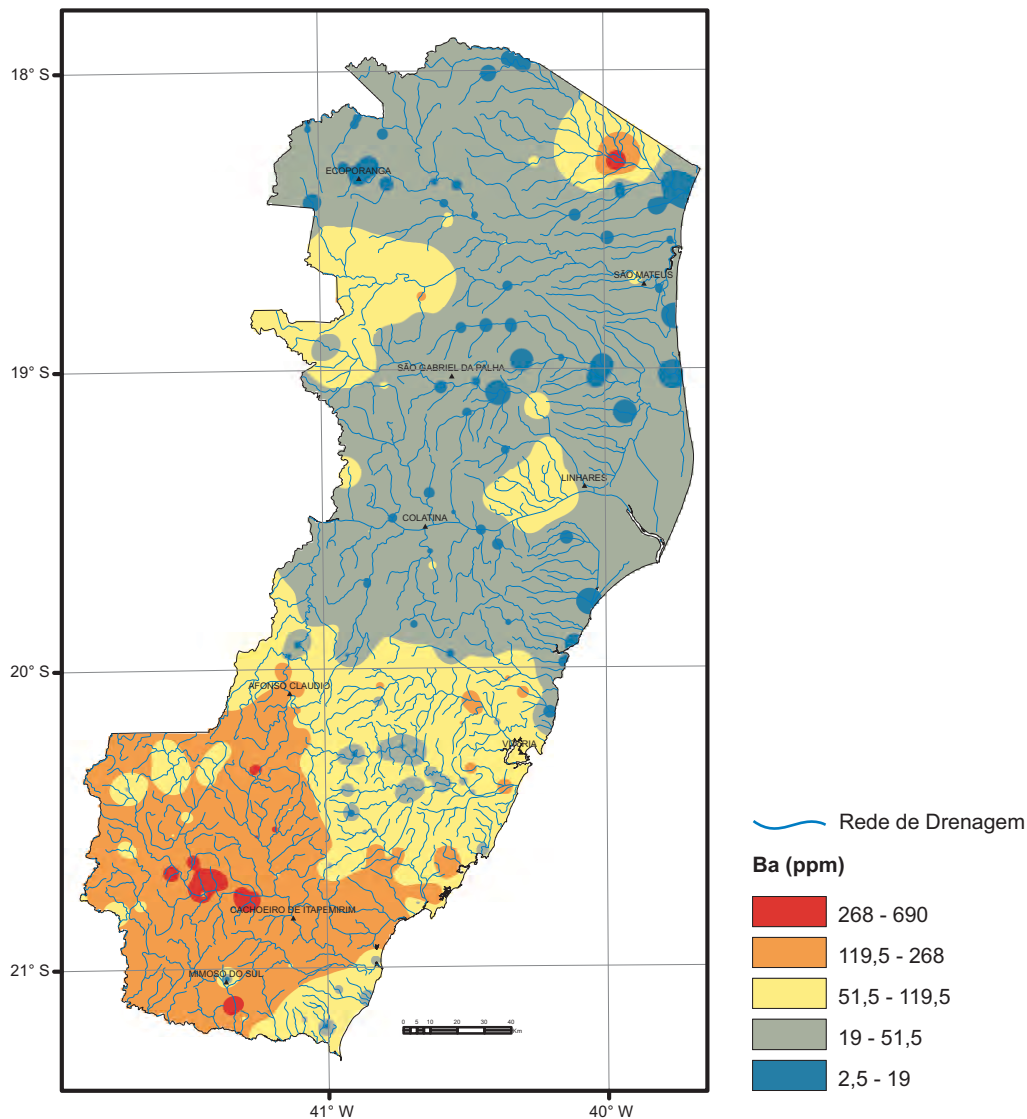
— Rede de Drenagem

Ba (mg/L)

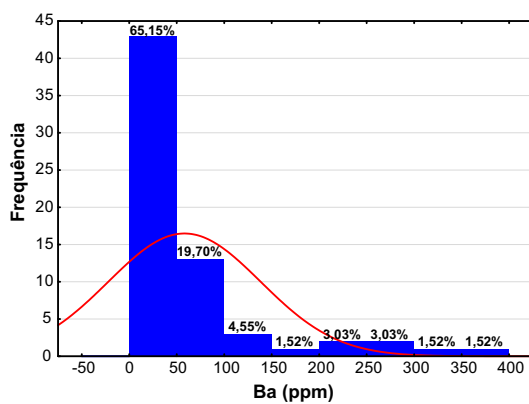
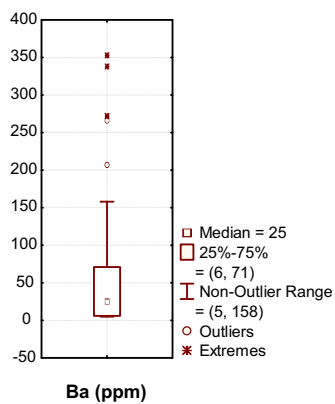
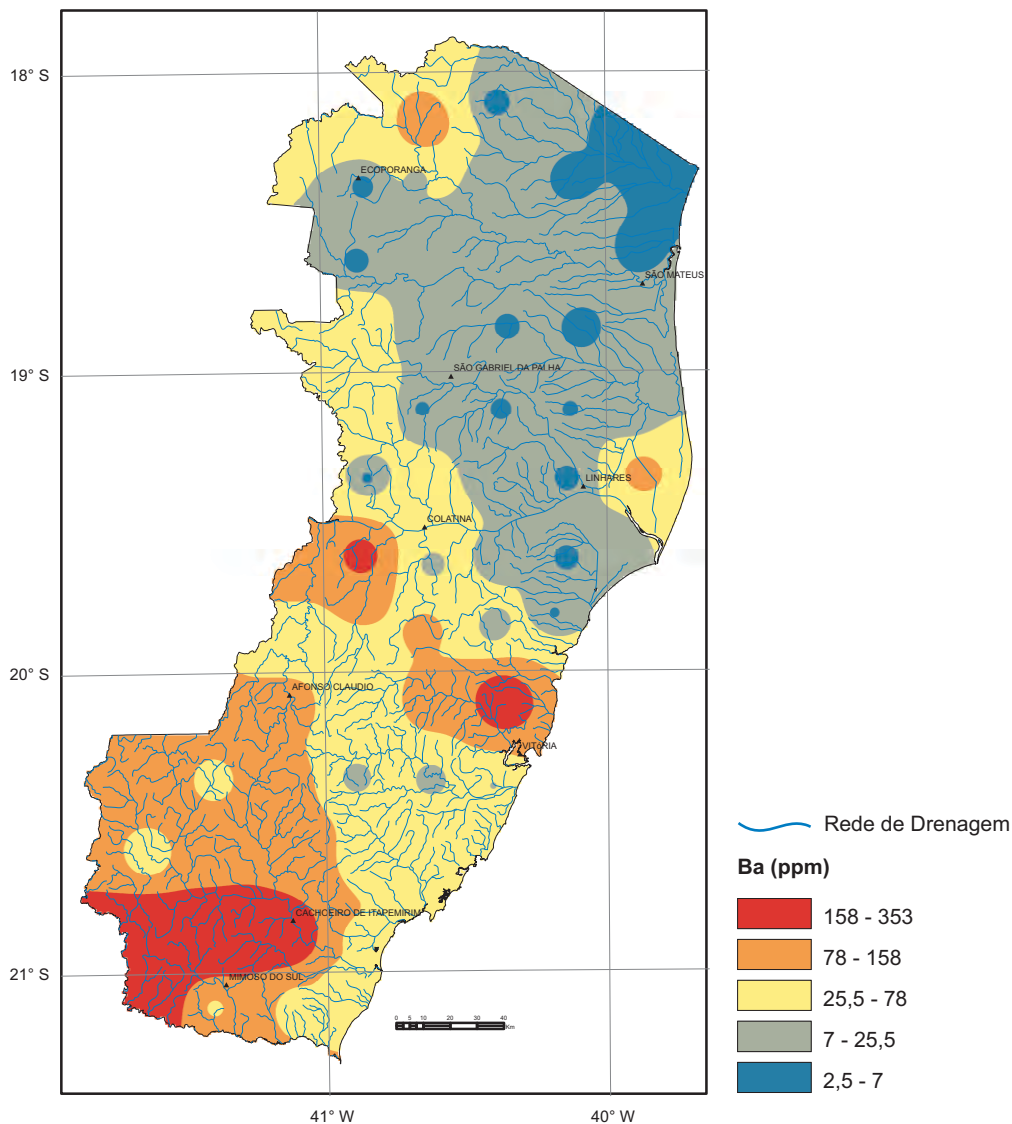
- 0,086 - 0,428
- 0,044 - 0,086
- 0,026 - 0,044
- 0,016 - 0,026
- 0,0015 - 0,016



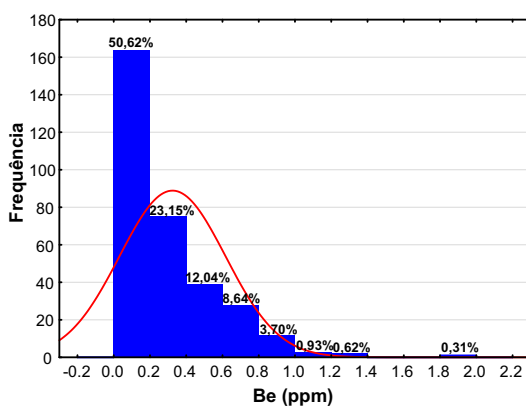
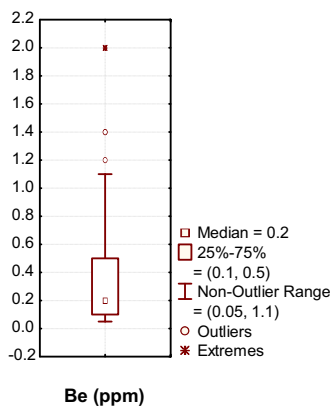
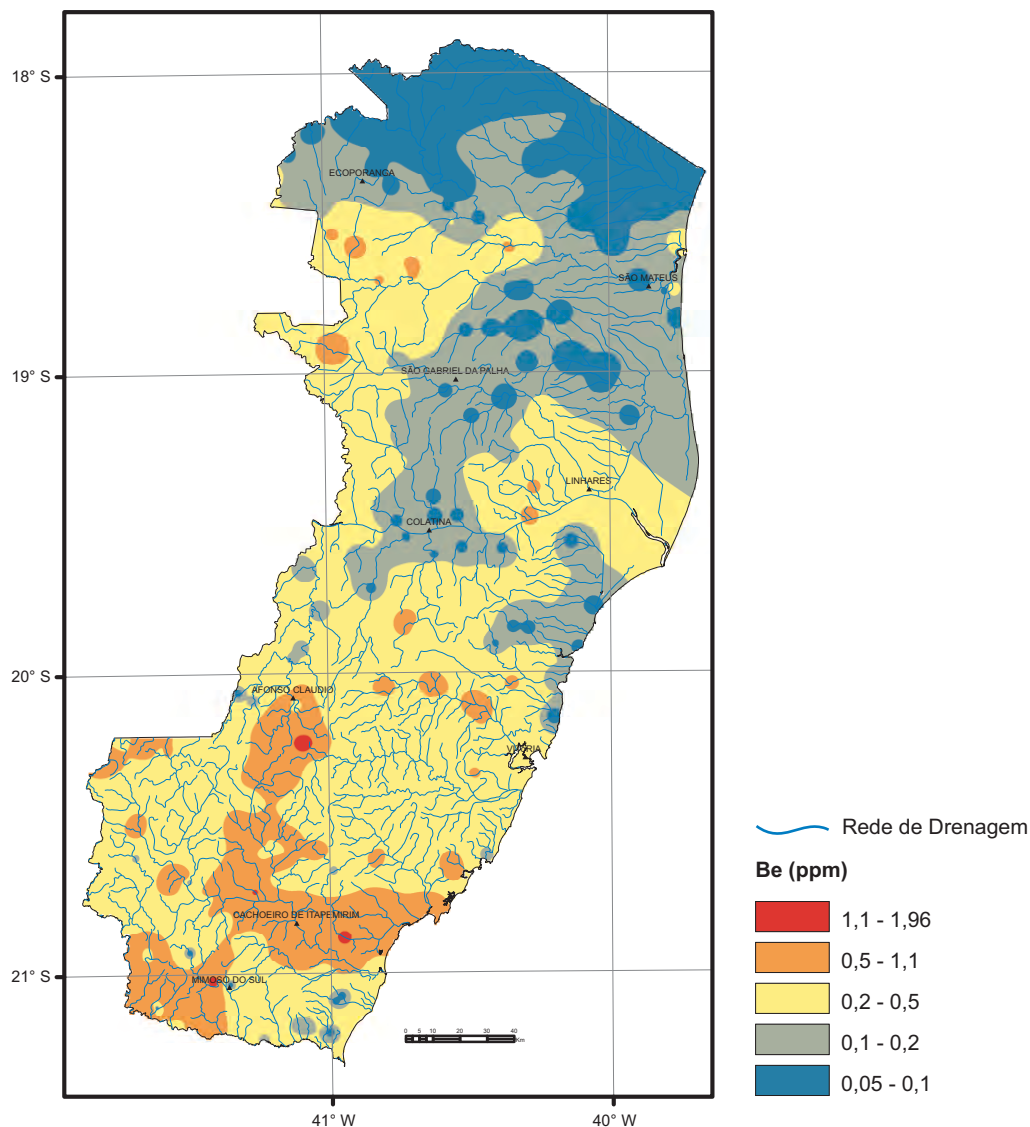
Estatística Descritiva	
Elemento	Ba (mg/L)
Limite de Detecção	0,003
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	343
Valor Médio	0,04
Valor Mínimo	0,0015
Valor Máximo	0,43
Desvio Padrão	0,04
Coefficiente de Variação (%)	1,09
Mediana	0,026
CONAMA 357/2005	0,7



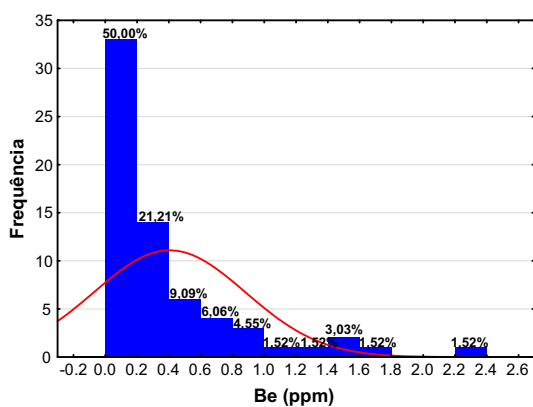
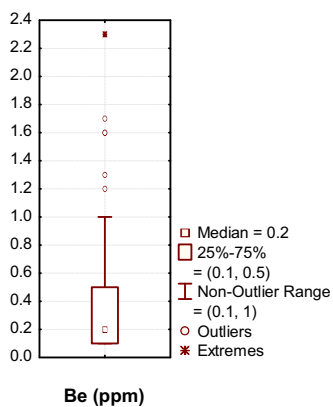
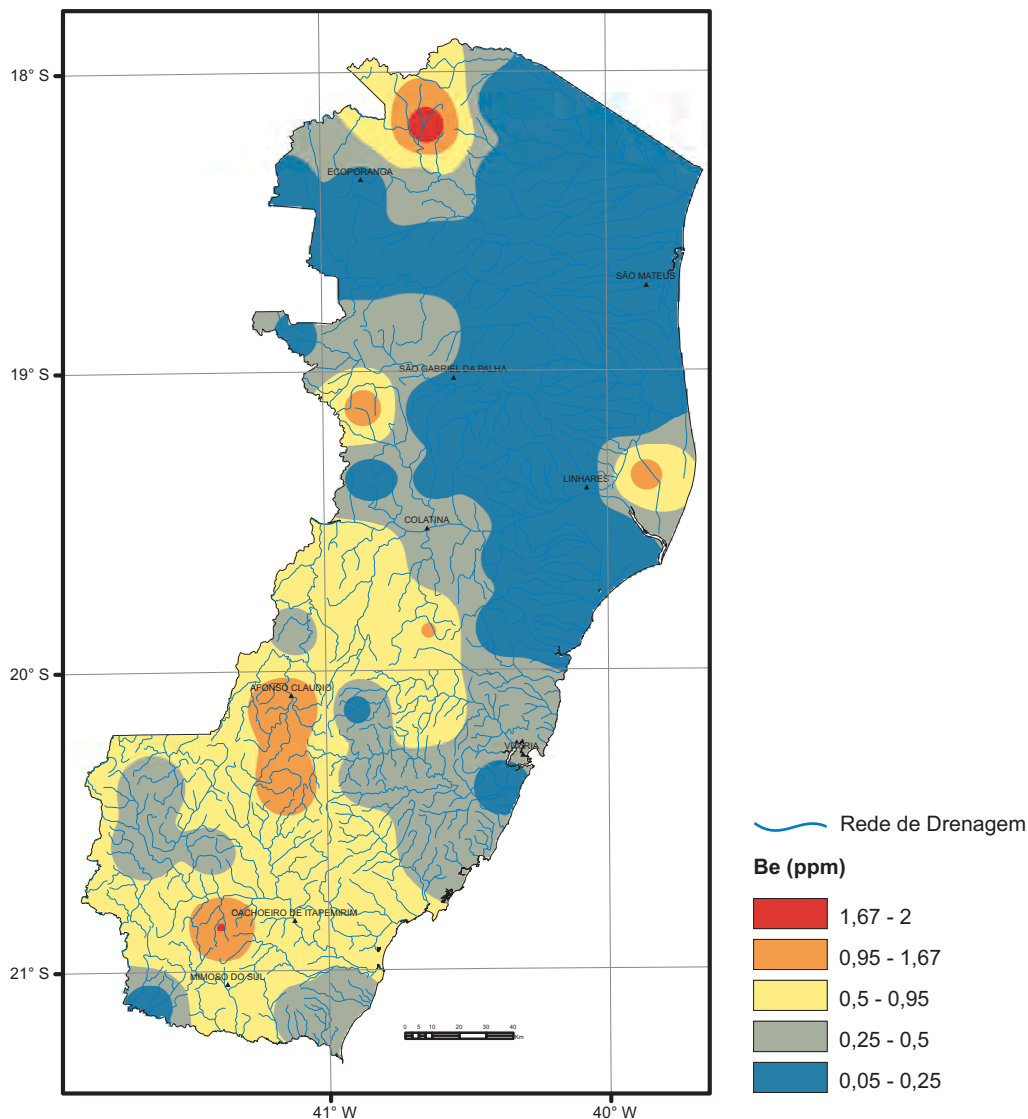
Estatística Descritiva	
Elemento	Ba (ppm)
Limite de Detecção	5,00
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	319
Valor Médio	82,54
Valor Mínimo	2,50
Valor Máximo	690
Desvio Padrão	88,88
Coefficiente de Variação (%)	1,08
Mediana	51,50
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



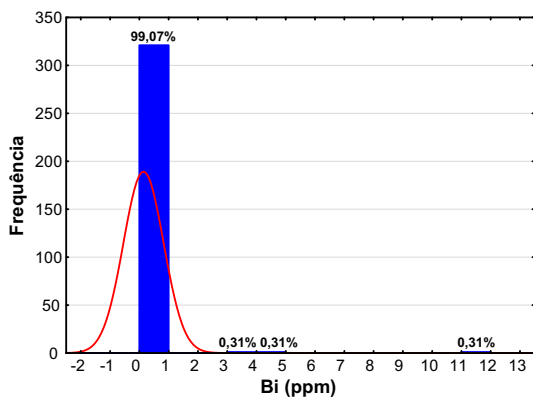
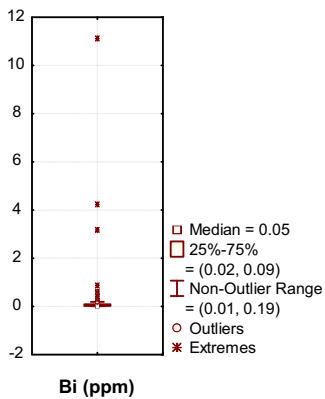
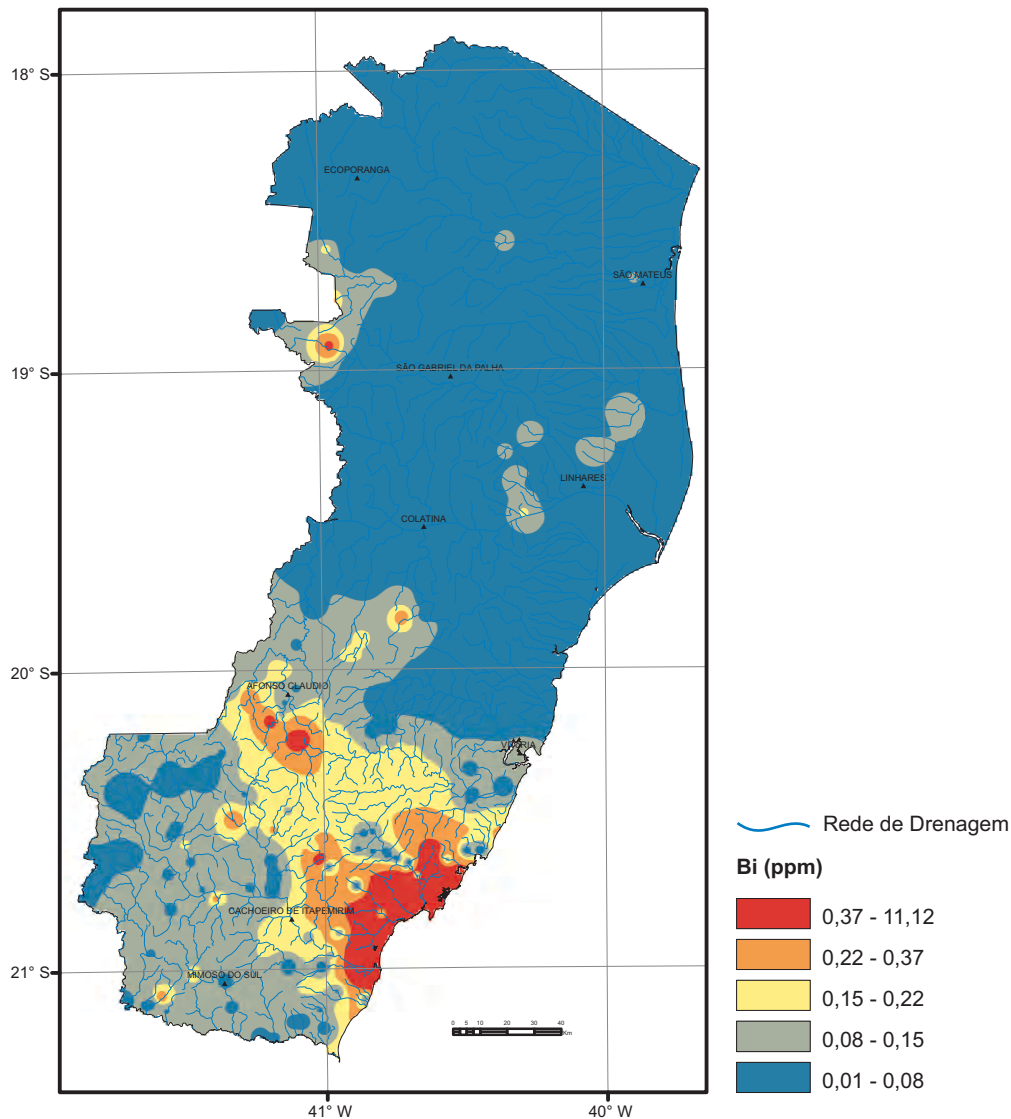
Estatística Descritiva	
Elemento	Ba (ppm)
Limite de Detecção	5,00
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	61
Valor Médio	54,77
Valor Mínimo	2,50
Valor Máximo	353,00
Desvio Padrão	77,76
Coefficiente de Variação (%)	1,42
Mediana	25,00
CONAMA 420/2009 (VP)	150,00
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	160,00



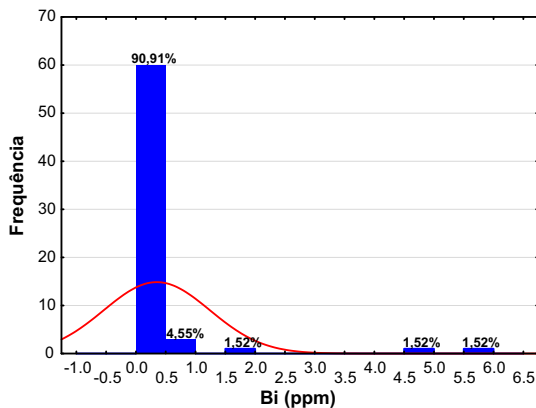
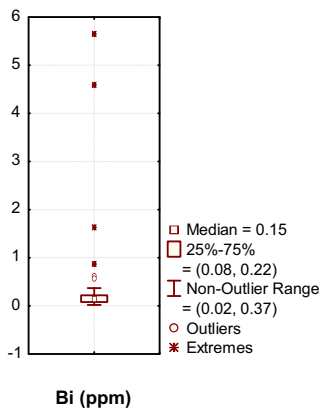
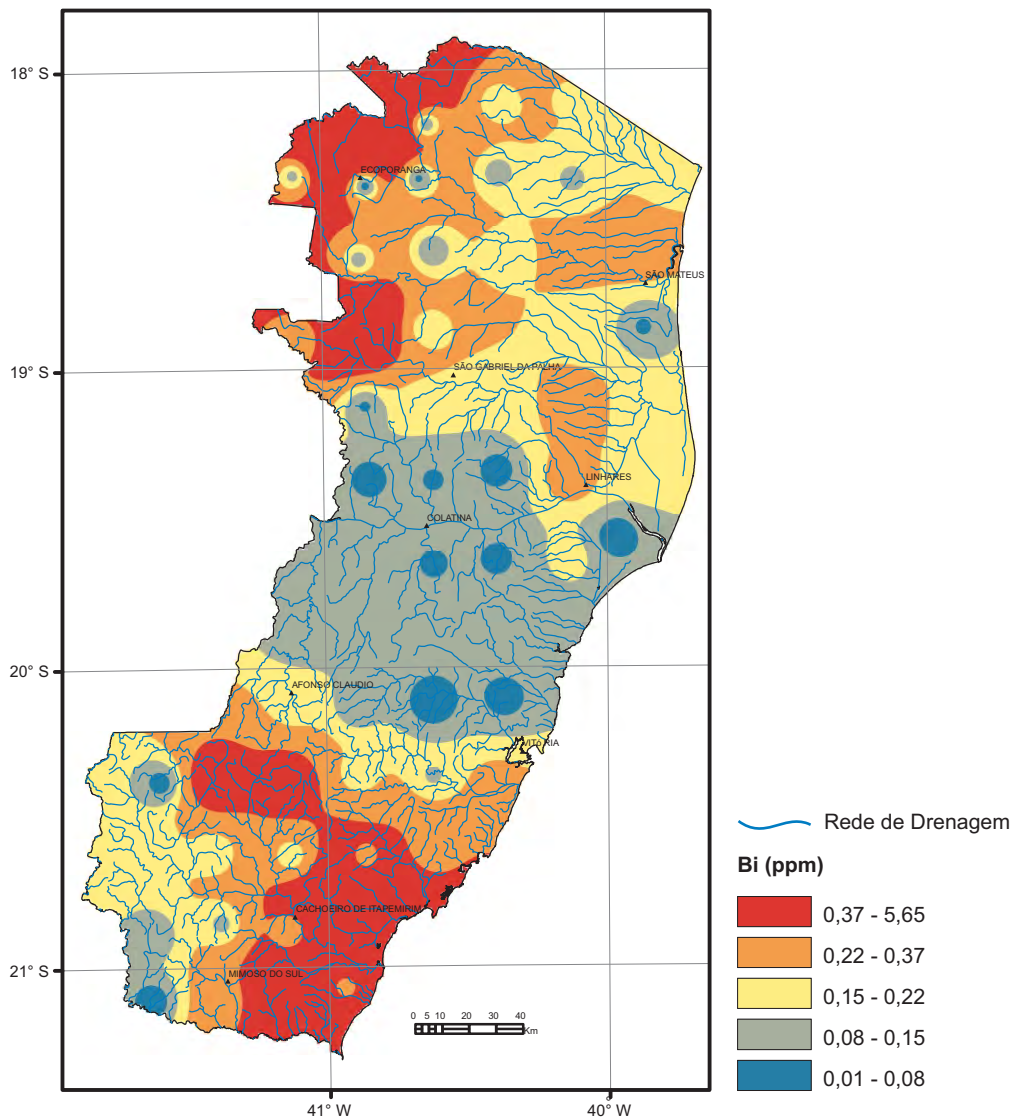
Estatística Descritiva	
Elemento	Be (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	245
Valor Médio	0,32
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	1,96
Desvio Padrão	0,29
Coefficiente de Variação (%)	0,91
Mediana	0,20
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



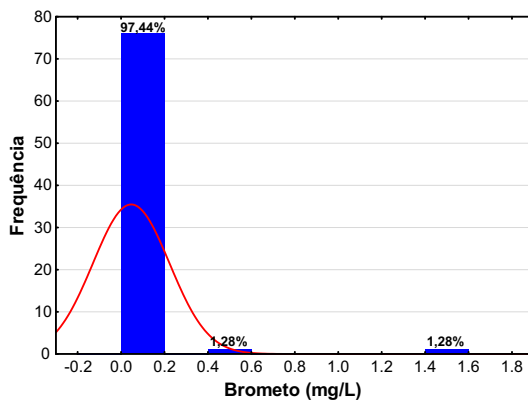
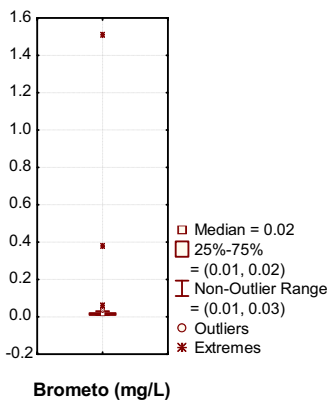
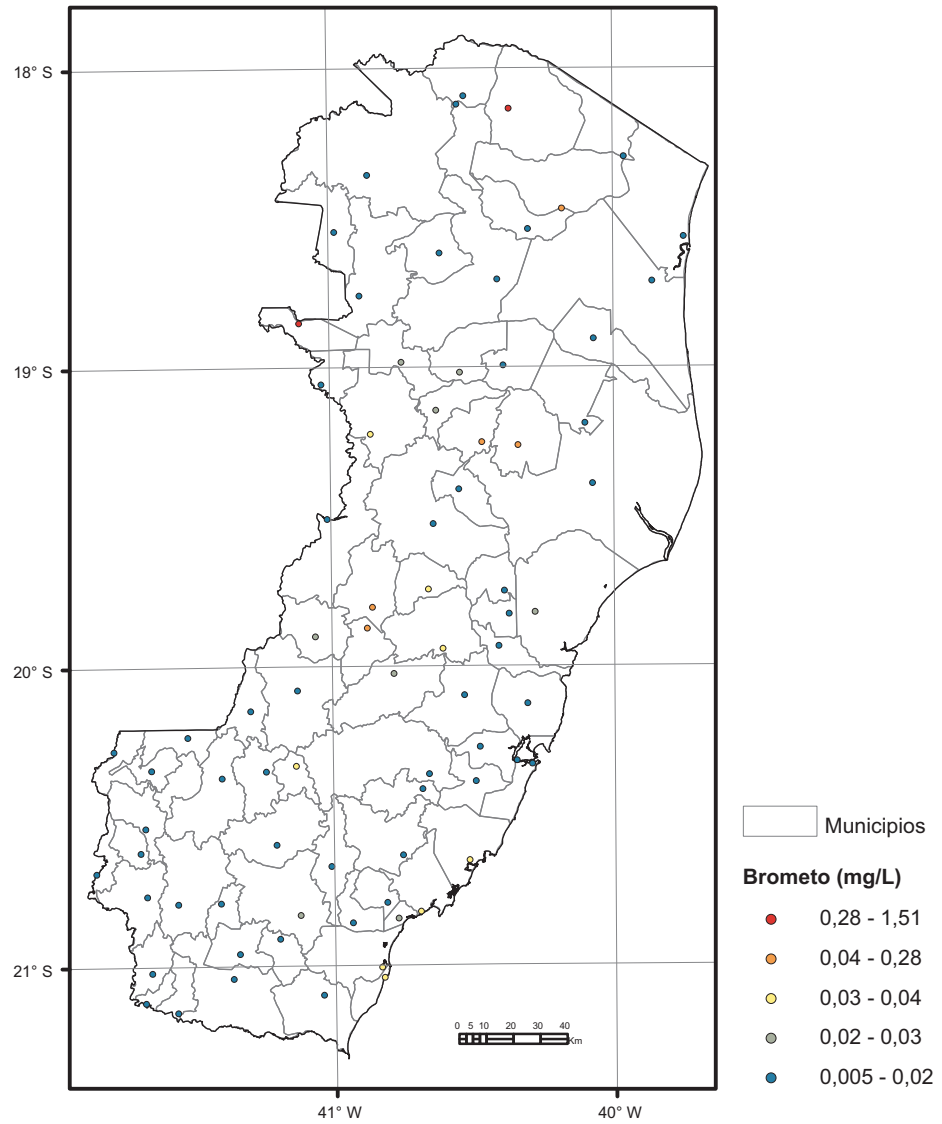
Estatística Descritiva	
Elemento	Be (ppm)
Límite de Detecção	0,10
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	43
Valor Médio	0,40
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	2,30
Desvio Padrão	0,47
Coefficiente de Variação (%)	1,18
Mediana	0,25
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	1,1



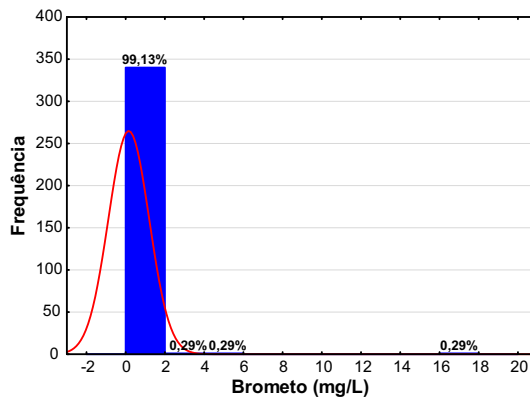
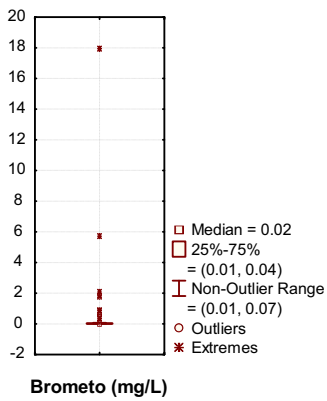
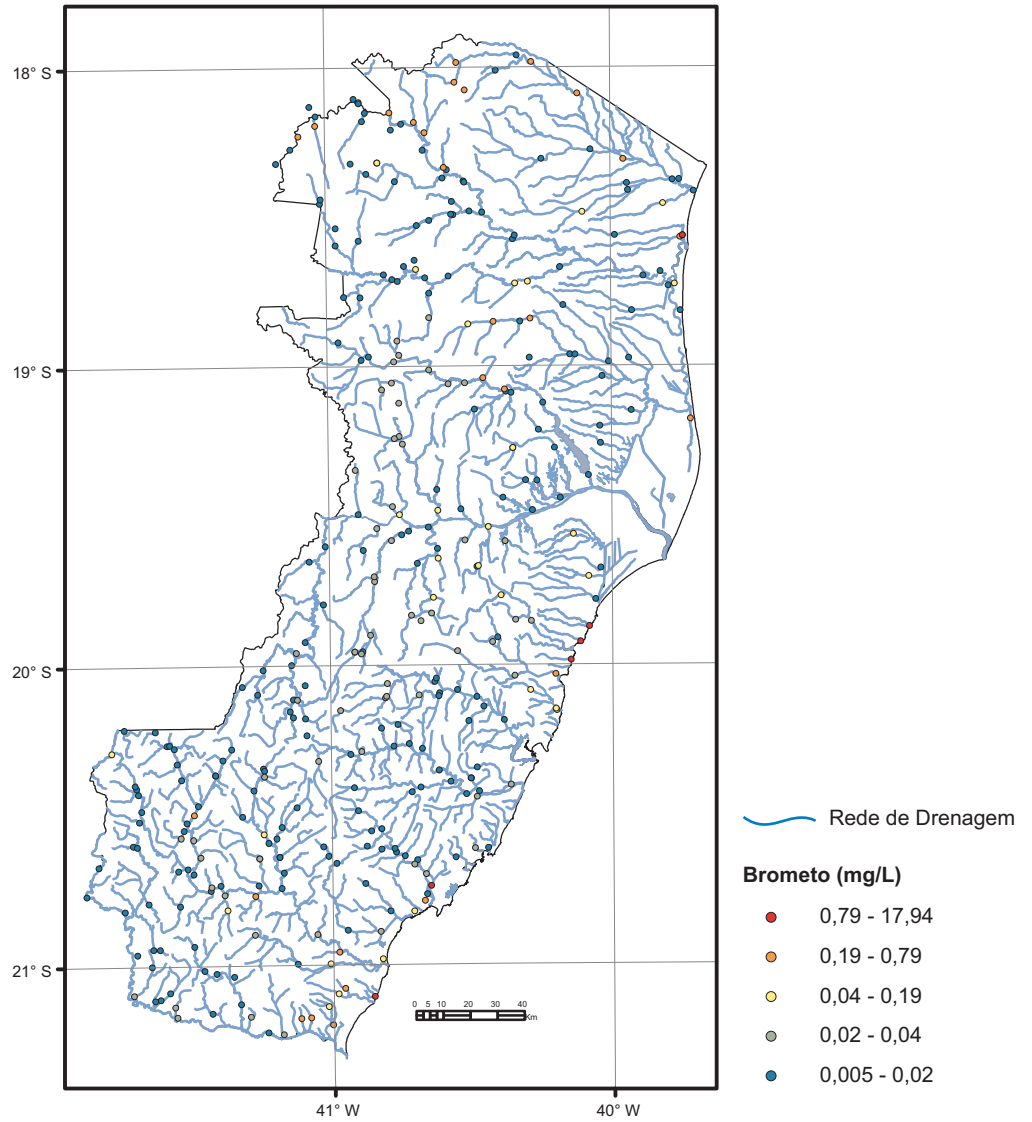
Estatística Descritiva	
Elemento	Bi (ppm)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	324
Valor Médio	0,13
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	11,12
Desvio Padrão	0,68
Coeficiente de Variação (%)	5,28
Mediana	0,05
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



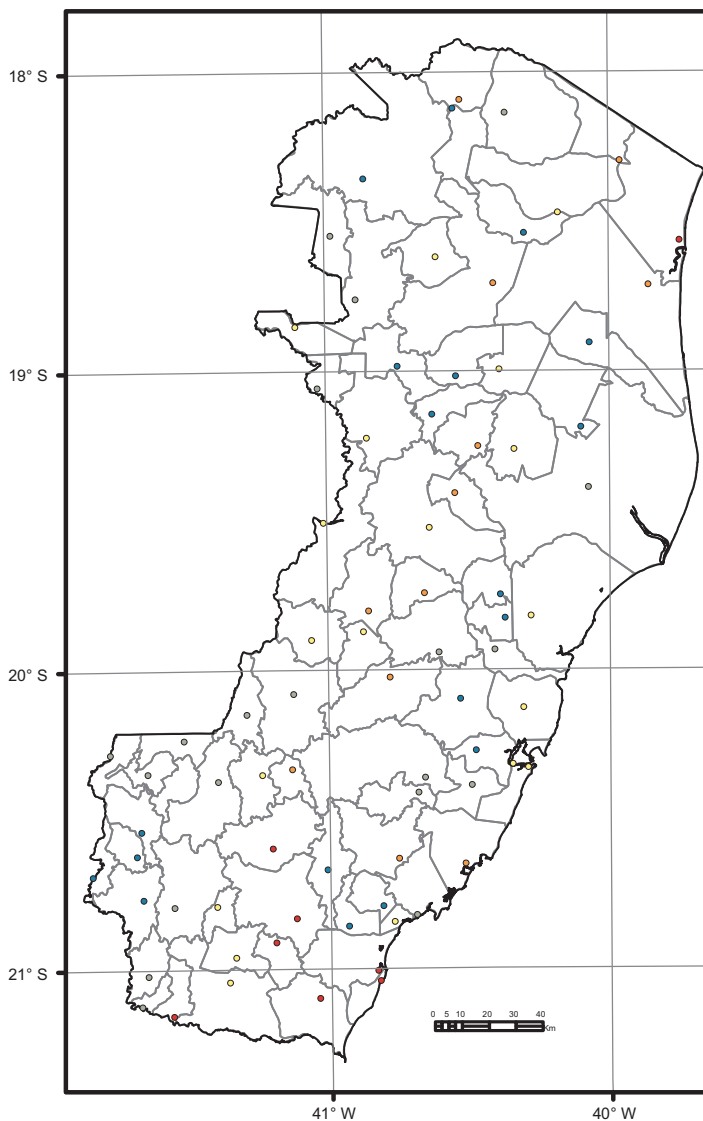
Estatística Descritiva	
Elemento	Bi (ppm)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	70
Valor Médio	0,34
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	5,65
Desvio Padrão	0,855
Coefficiente de Variação (%)	2,60
Mediana	0,15
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



Estatística Descritiva	
Elemento	Brometo (mg/L)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	52
Valor Médio	0,05
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	1,51
Desvio Padrão	0,18
Coefficiente de Variação (%)	3,90
Mediana	0,02
CONAMA 357/2005	-



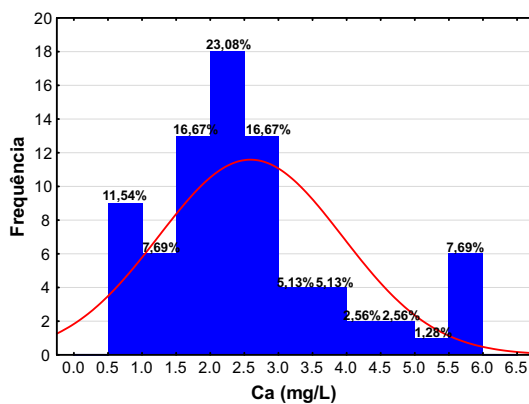
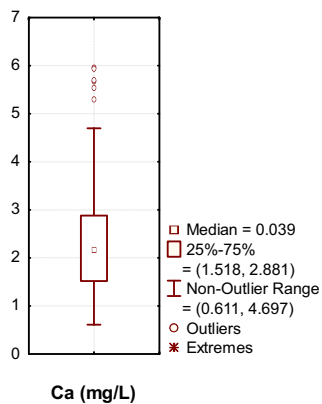
Estatística Descritiva	
Elemento	Brometo (mg/L)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	227
Valor Médio	0,14
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	17,94
Desvio Padrão	1,03
Coefficiente de Variação (%)	7,28
Mediana	0,02
CONAMA 357/2005	-



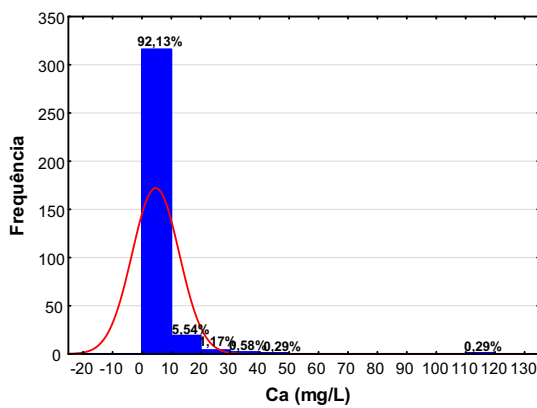
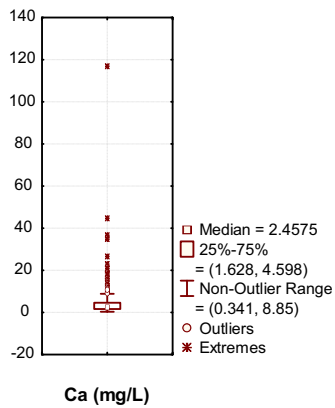
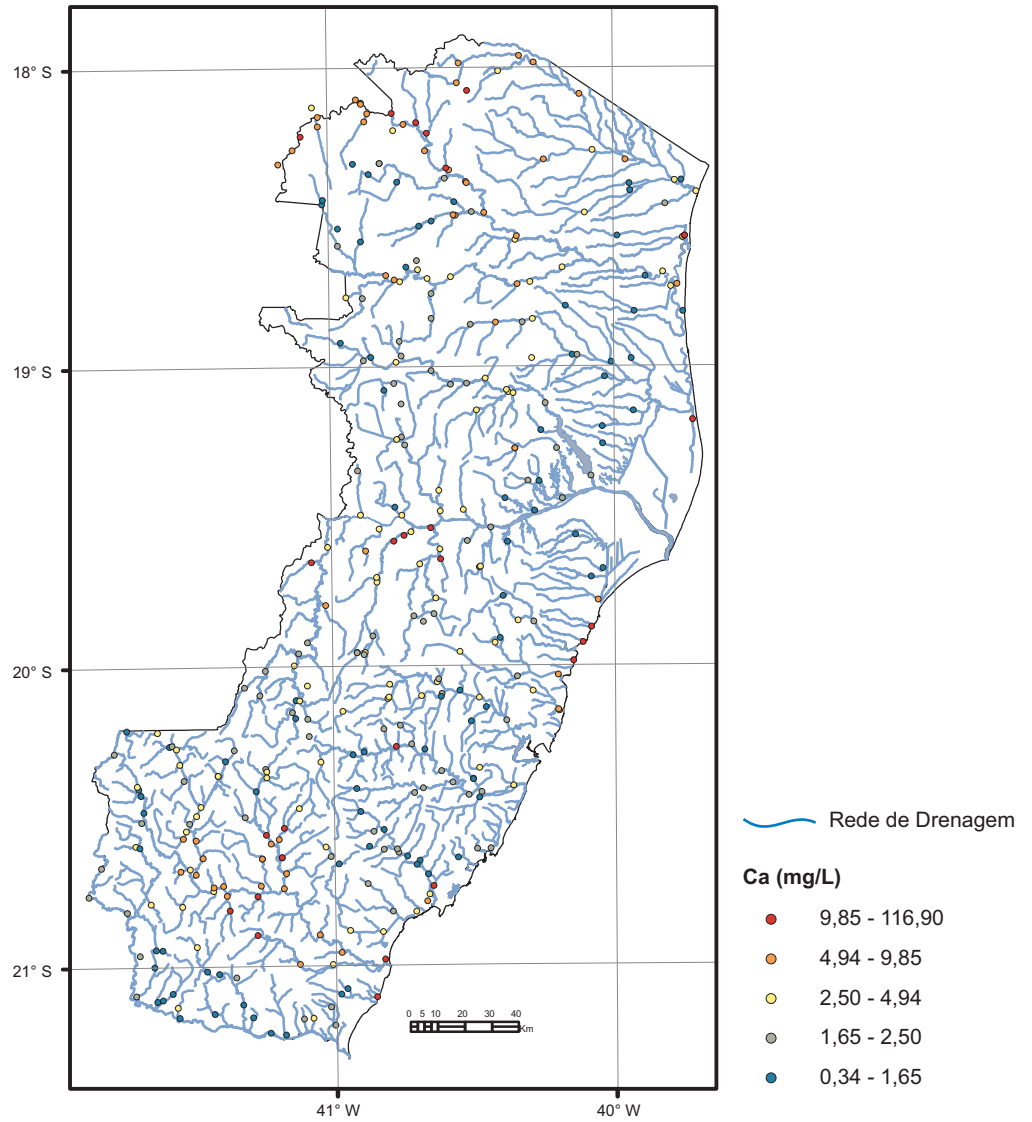
Municípios

Ca (mg/L)

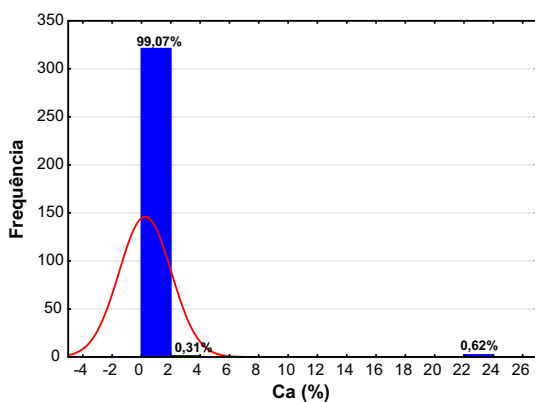
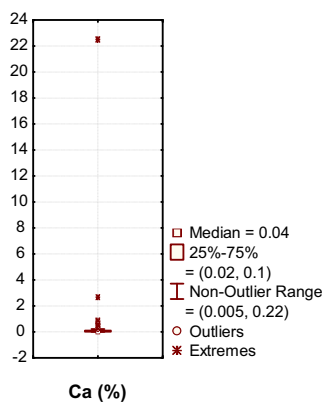
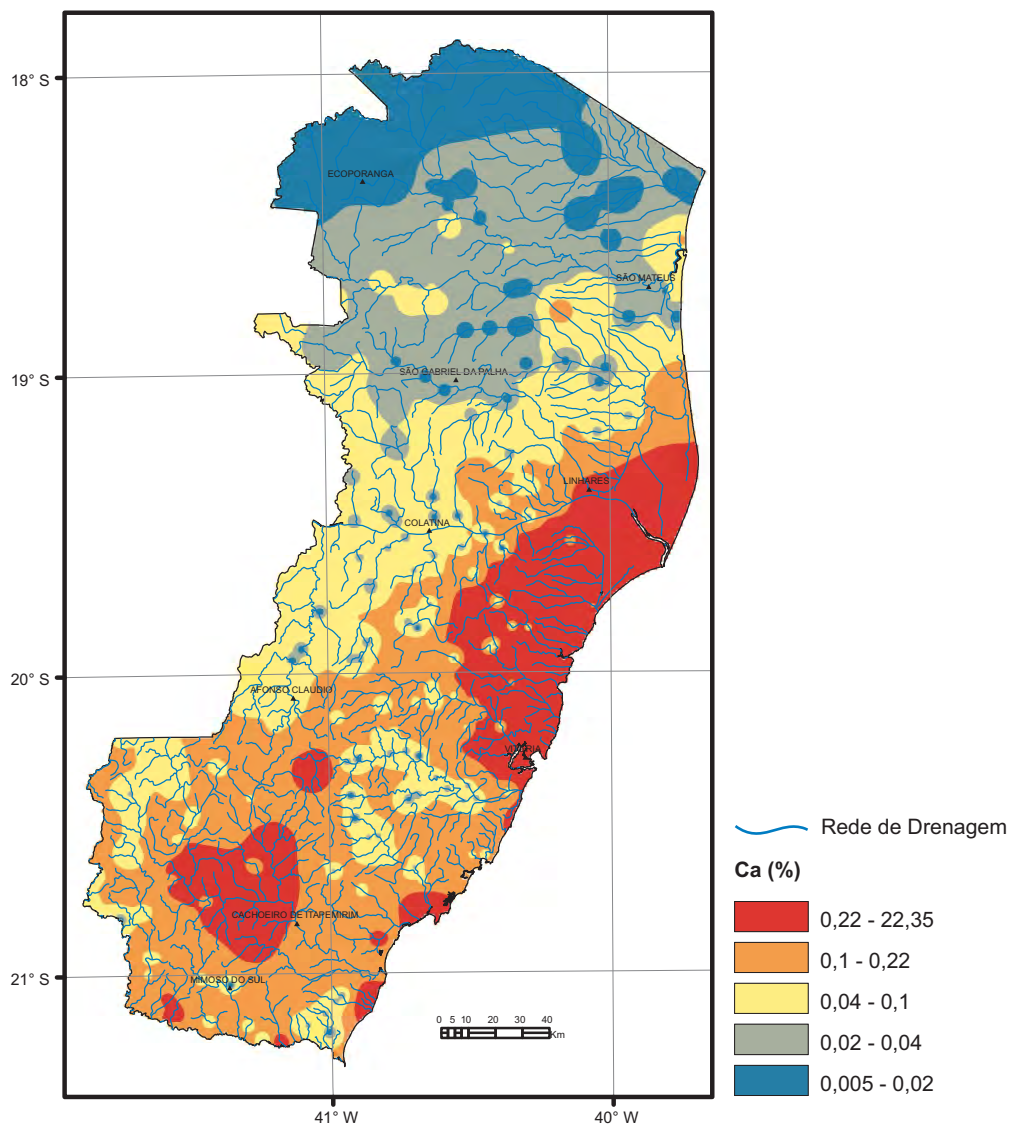
- 4,69 - 5,96
- 2,99 - 4,69
- 2,24 - 2,99
- 1,66 - 2,24
- 0,611 - 1,66



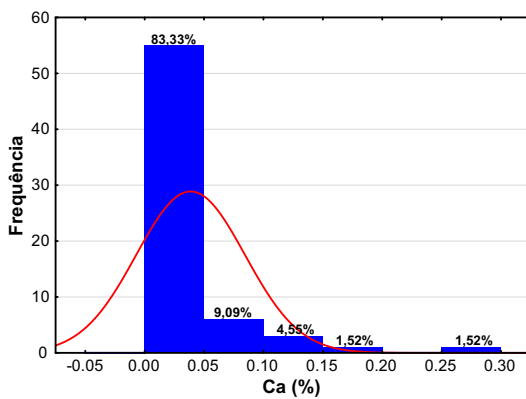
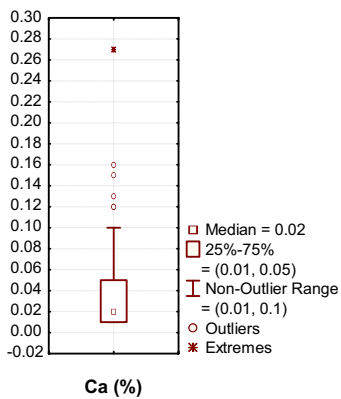
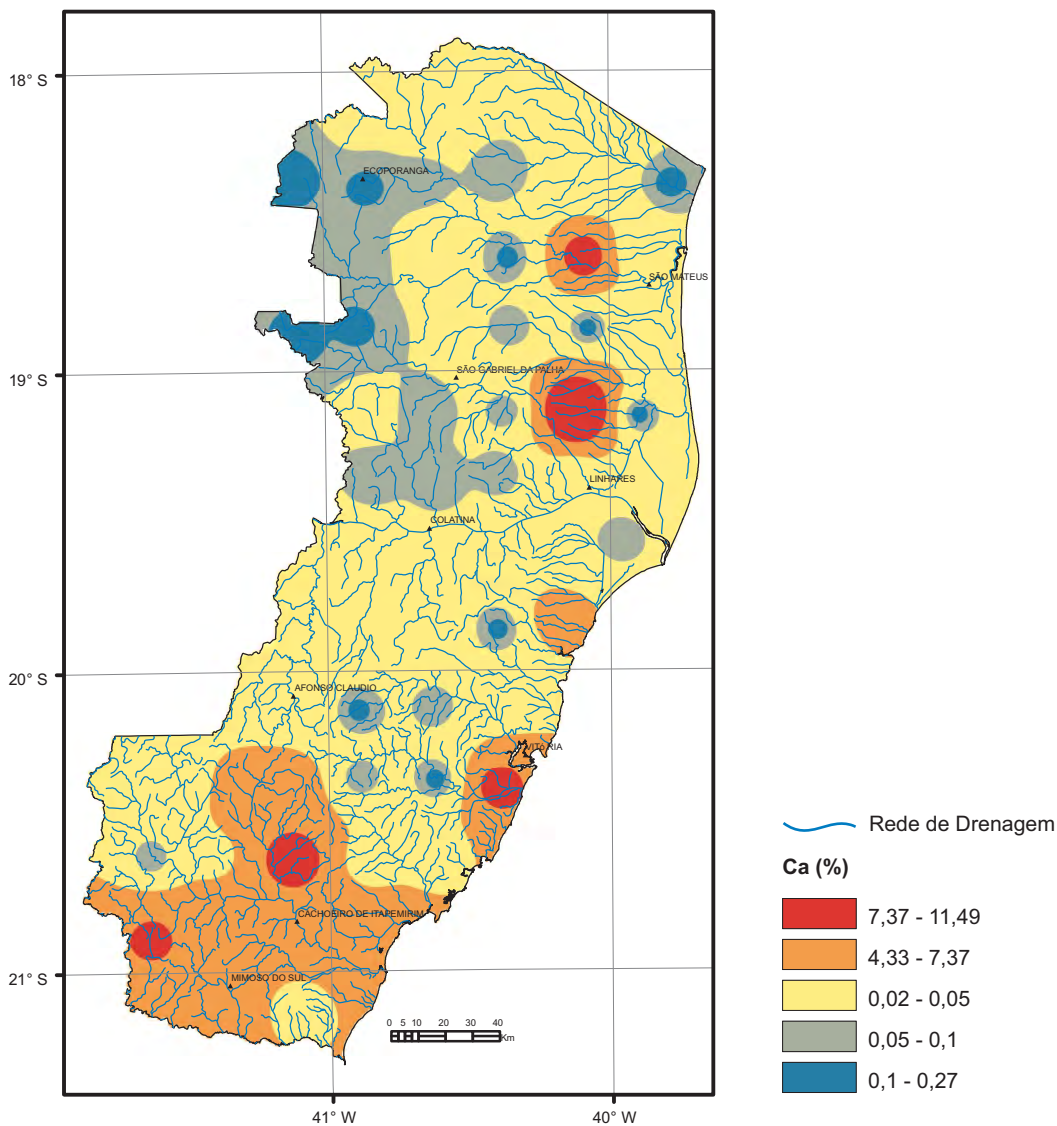
Estatística Descritiva	
Elemento	Ca (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	78
Valor Médio	2,58
Valor Mínimo	0,61
Valor Máximo	5,96
Desvio Padrão	1,34
Coefficiente de Variação (%)	0,52
Mediana	2,23
CONAMA 357/2005	-



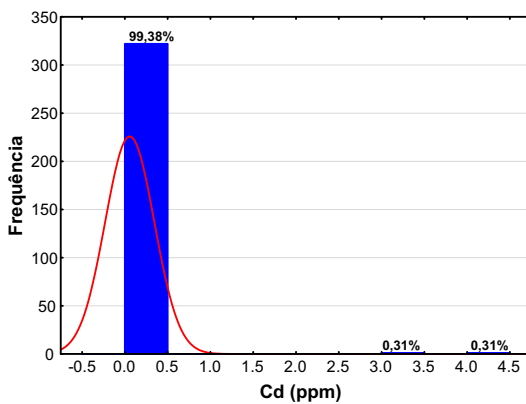
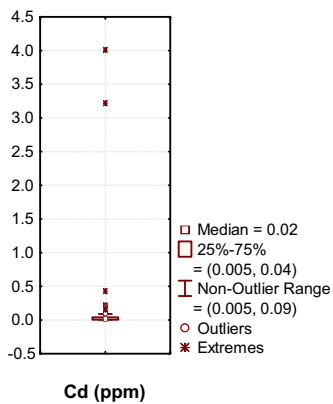
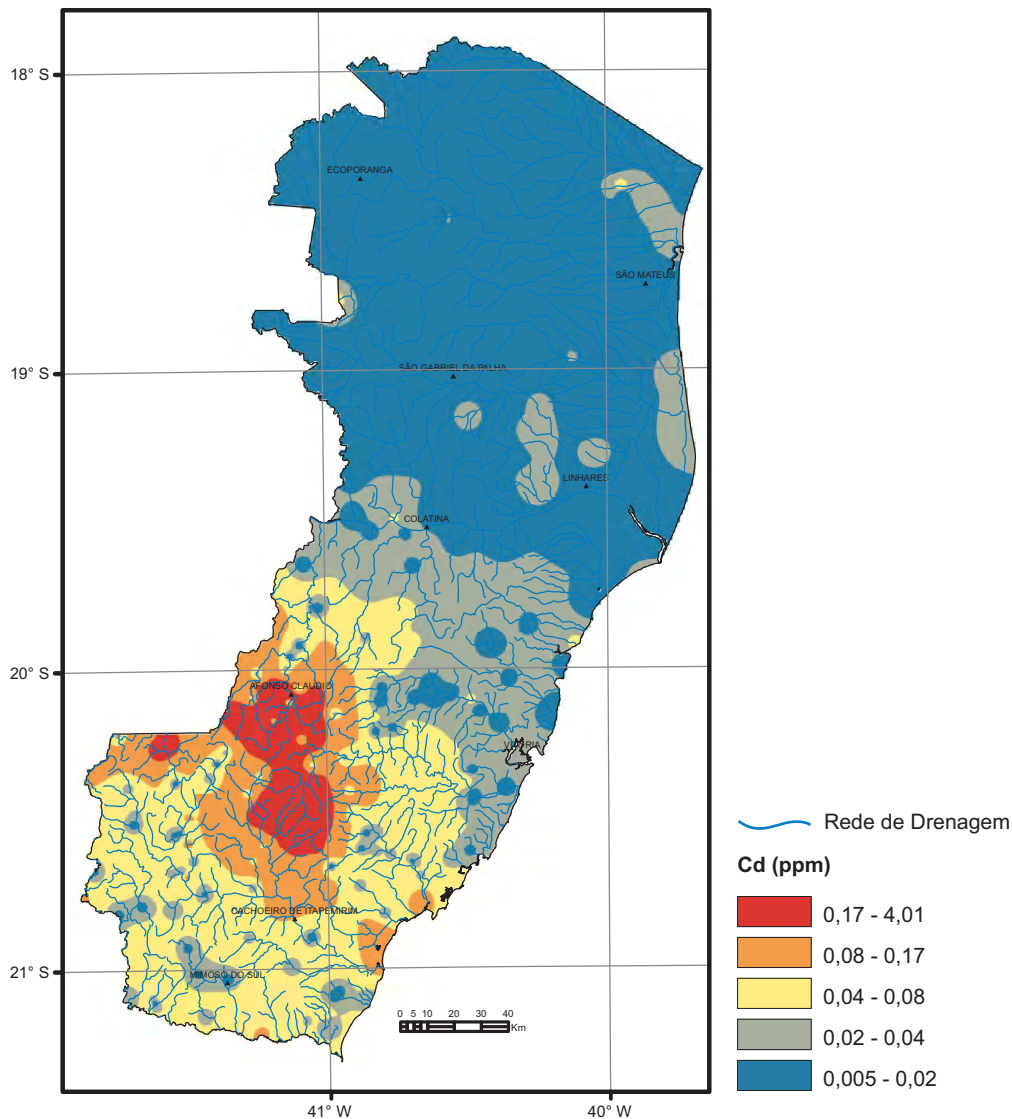
Estatística Descritiva	
Elemento	Ca (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	345
Valor Médio	4,53
Valor Mínimo	0,34
Valor Máximo	116,90
Desvio Padrão	7,94
Coefficiente de Variação (%)	1,75
Mediana	2,50
CONAMA 357/2005	-



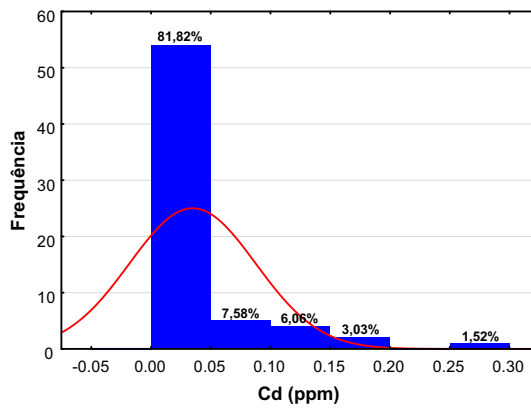
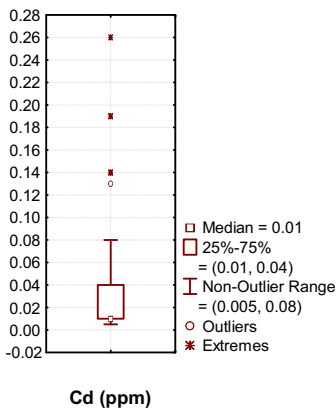
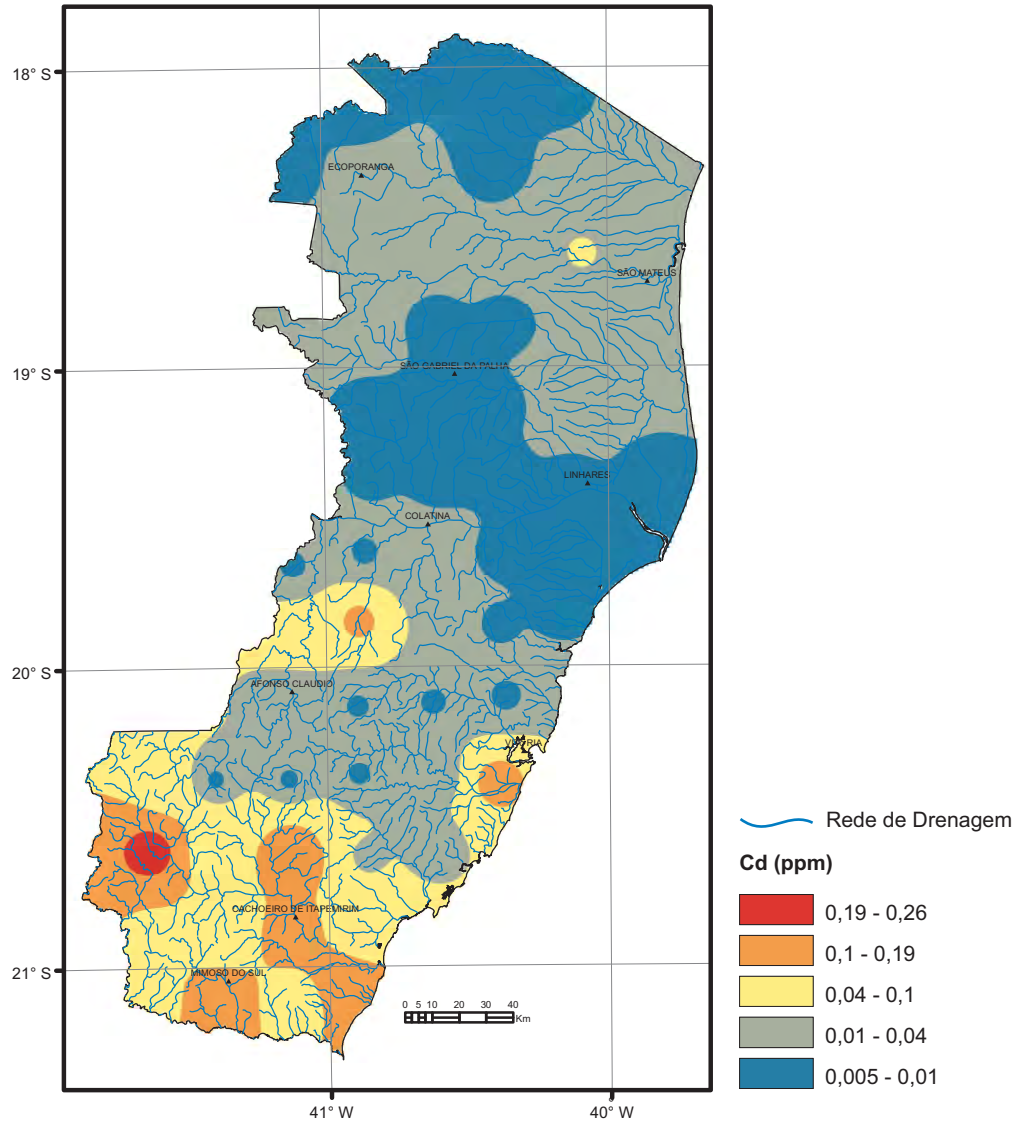
Estatística Descritiva	
Elemento	Ca (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	310
Valor Médio	0,23
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	22,35
Desvio Padrão	1,77
Coefficiente de Variação (%)	7,69
Mediana	0,04
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



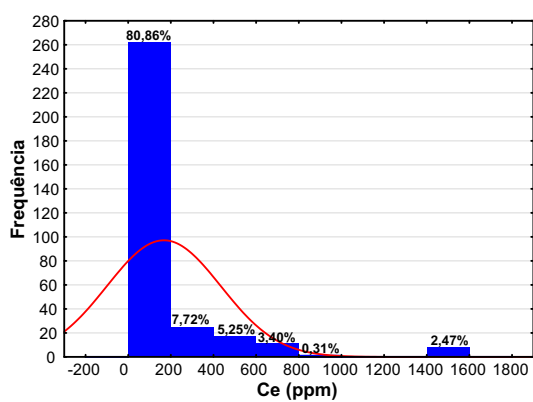
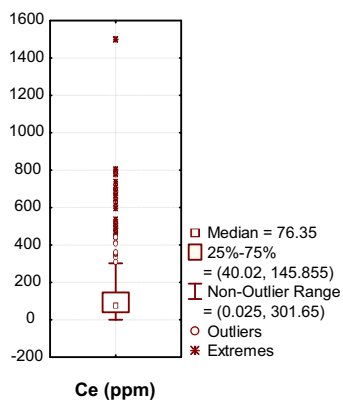
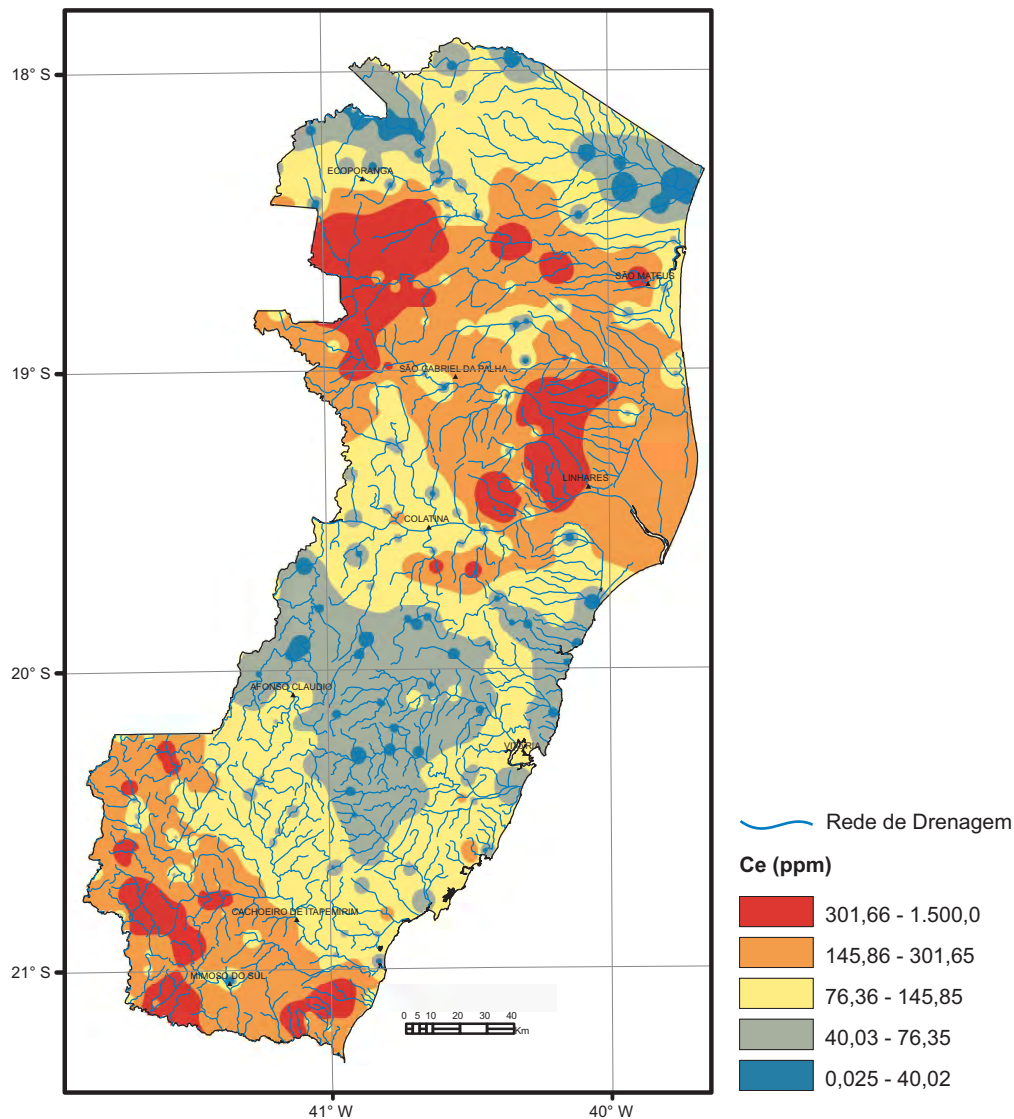
Estatística Descritiva	
Elemento	Ca (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	60
Valor Médio	0,039
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,27
Desvio Padrão	0,045
Coefficiente de Variação (%)	1,15
Mediana	0,02
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiRTs/2008 (Target)	-



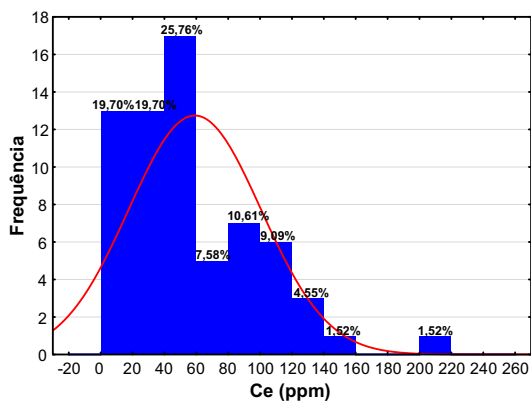
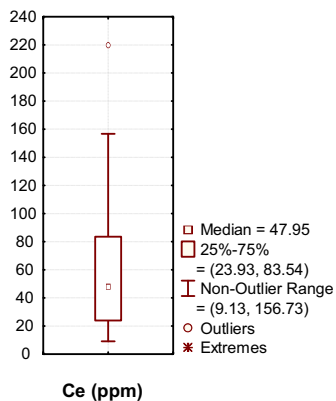
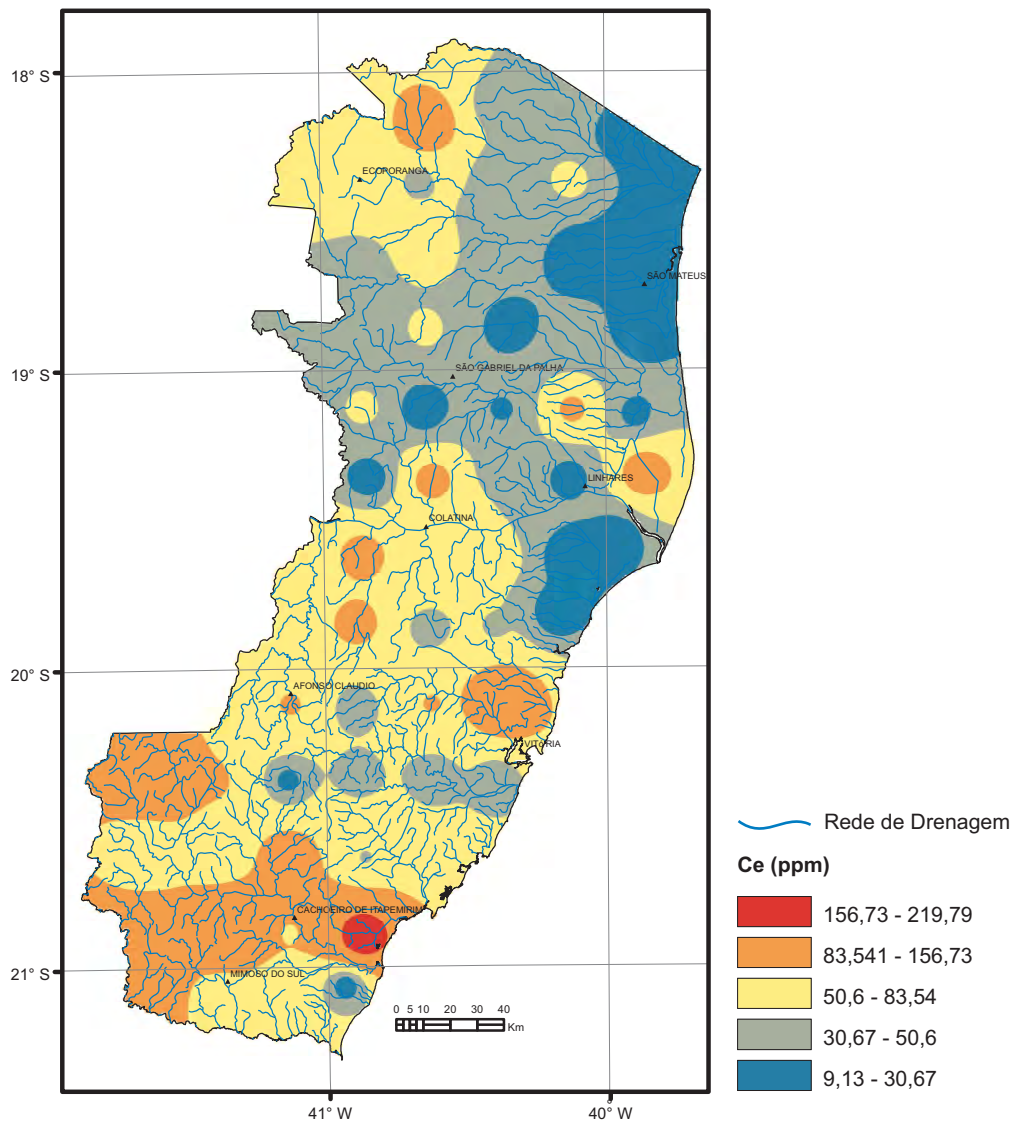
Estatística Descritiva	
Elemento	Cd (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	198
Valor Médio	0,05
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	4,01
Desvio Padrão	0,29
Coefficiente de Variação (%)	5,42
Mediana	0,02
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	3,5
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	3,53



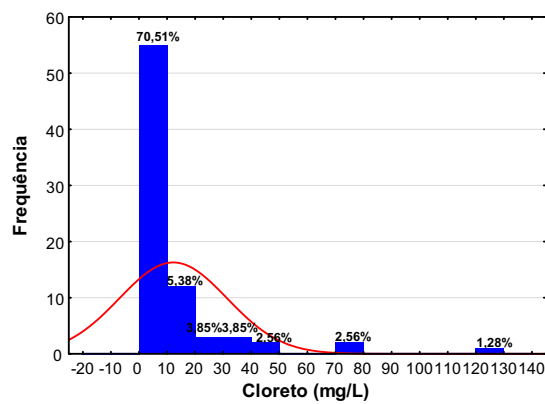
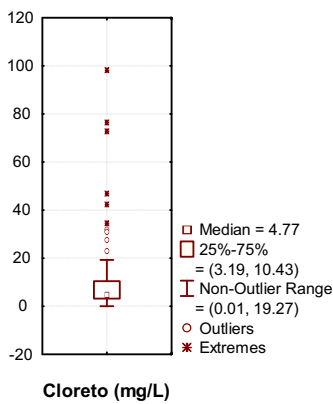
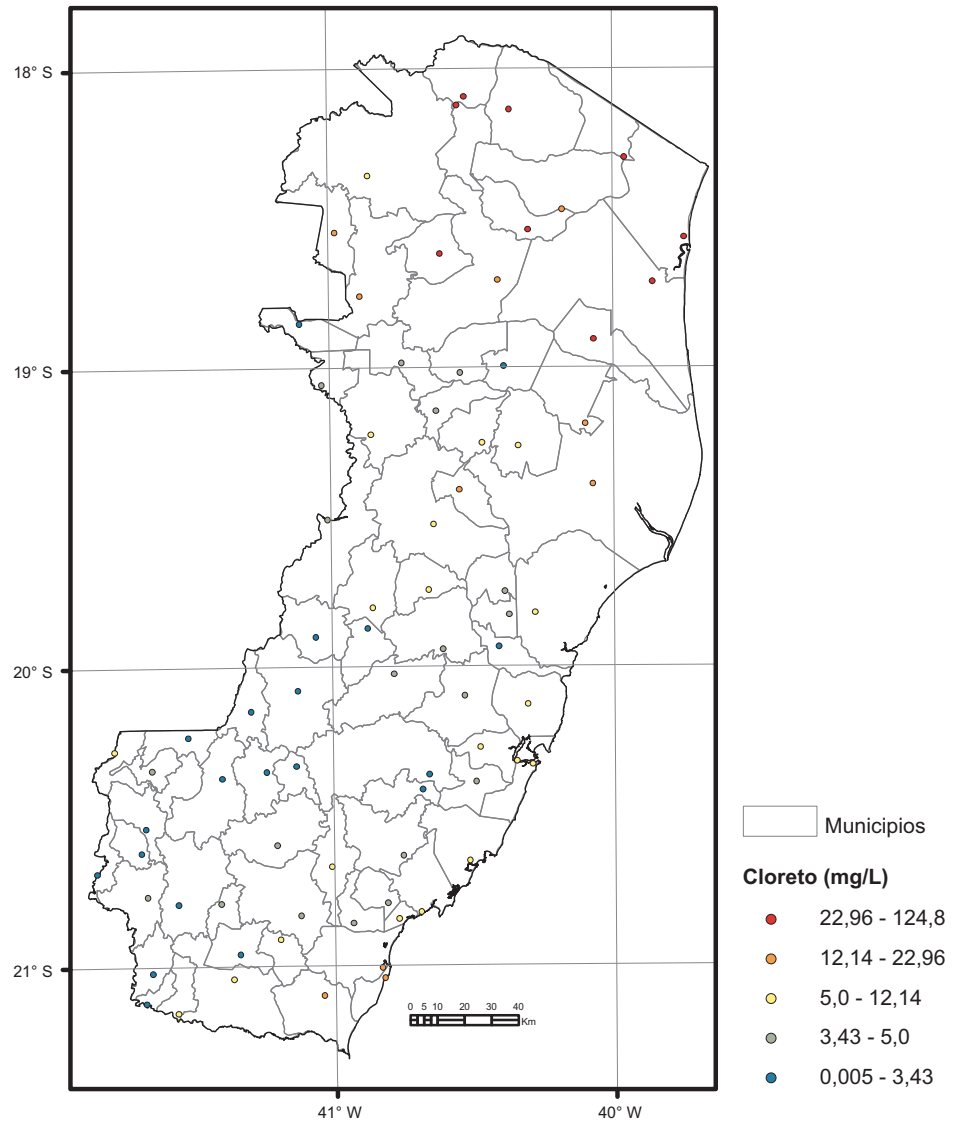
Estatística Descritiva	
Elemento	Cd (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	40
Valor Médio	0,03
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,26
Desvio Padrão	0,05
Coefficiente de Variação (%)	1,54
Mediana	0,01
CONAMA 420/2009 (VP)	1,30
Paye <i>et al.</i> (2010)	<0,13
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	0,80



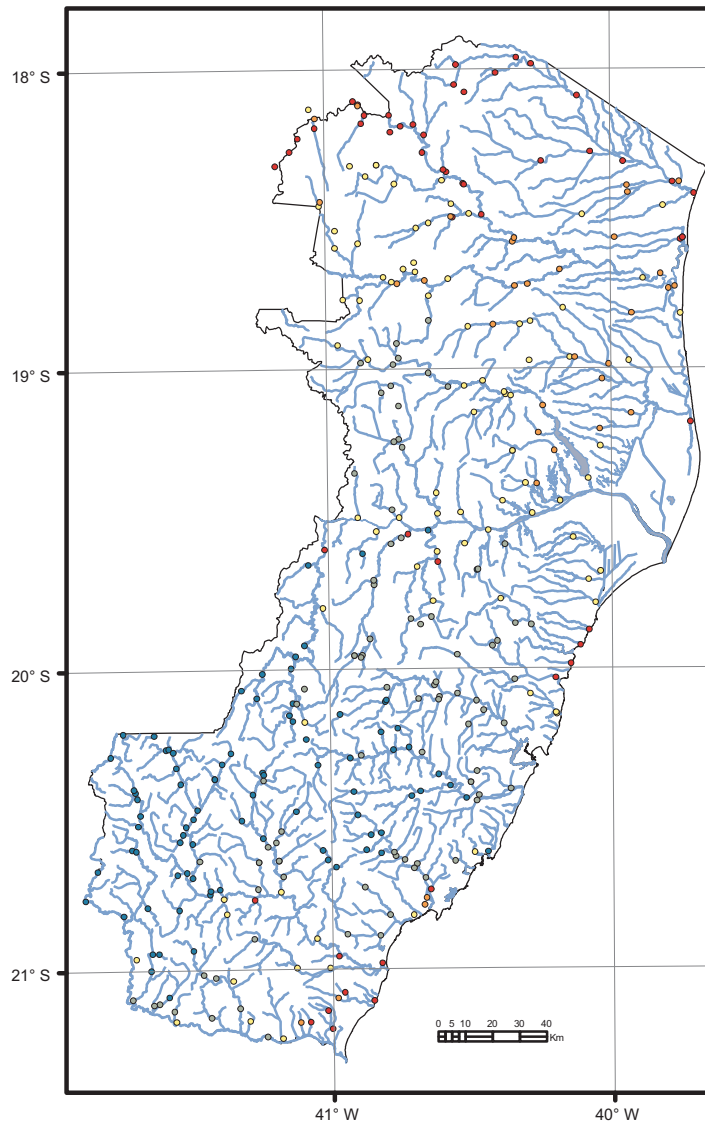
Estatística Descritiva	
Elemento	Ce (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	324
Valor Médio	164,93
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	1500,00
Desvio Padrão	266,03
Coeficiente de Variação (%)	1,61
Mediana	76,35
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



Estatística Descritiva	
Elemento	Ce (ppm)
Límite de Detecção	0,05
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	56,97
Valor Mínimo	9,13
Valor Máximo	219,79
Desvio Padrão	40,928
Coefficiente de Variação (%)	0,72
Mediana	50,60
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



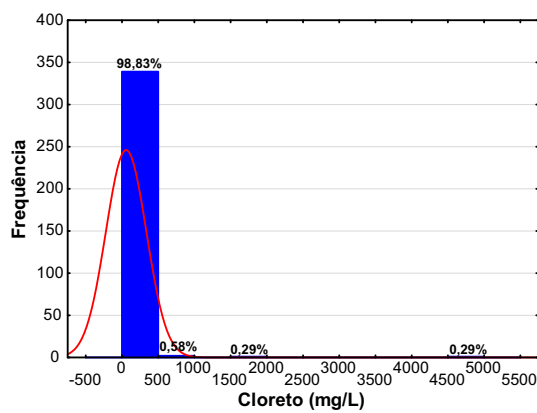
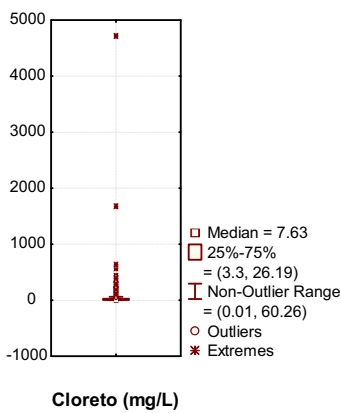
Estatística Descritiva	
Elemento	Cloreto (mg/L)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	77
Valor Médio	12,04
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	124,80
Desvio Padrão	19,11
Coefficiente de Variação (%)	1,59
Mediana	5,00
CONAMA 357/2005	250



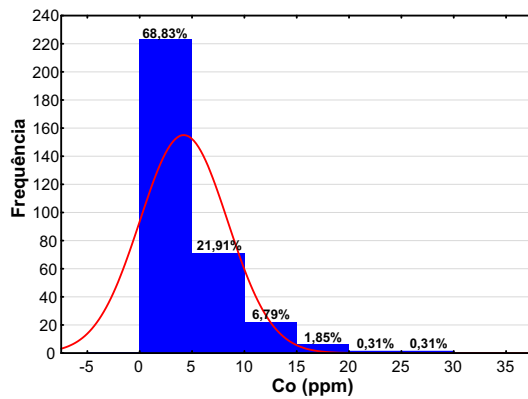
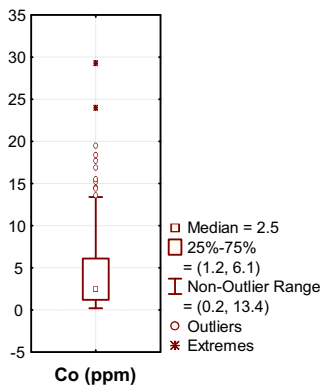
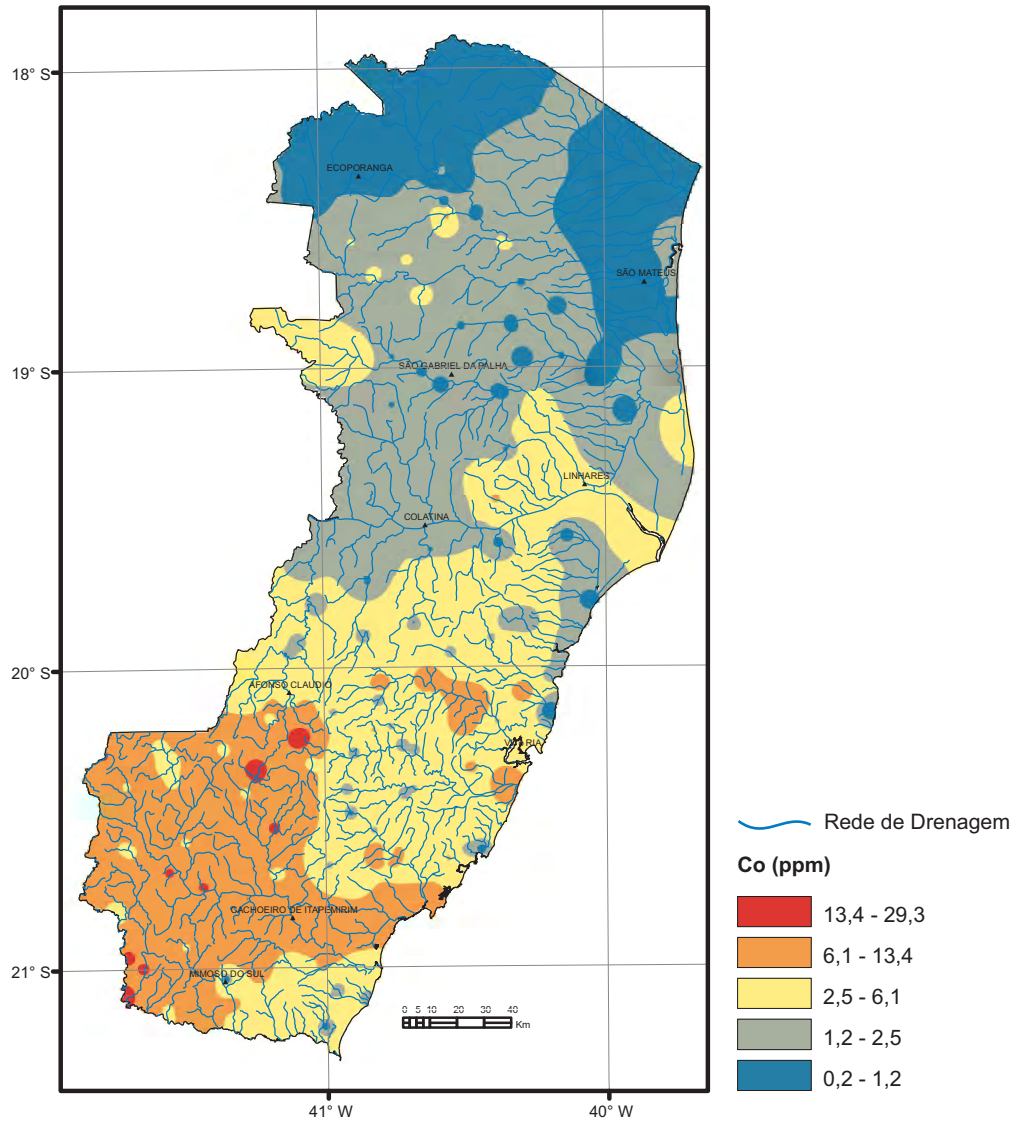
— Rede de Drenagem

Cloreto (mg/L)

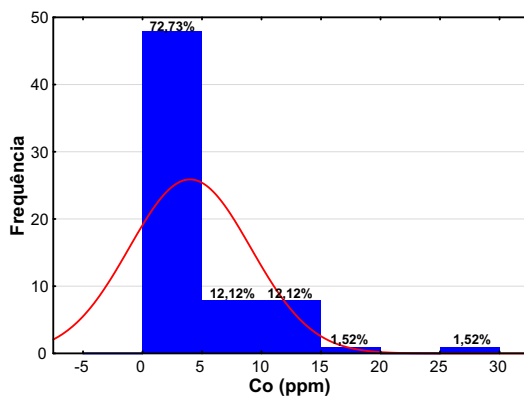
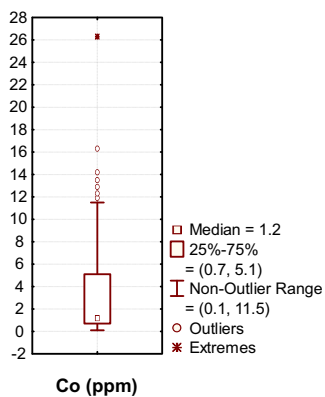
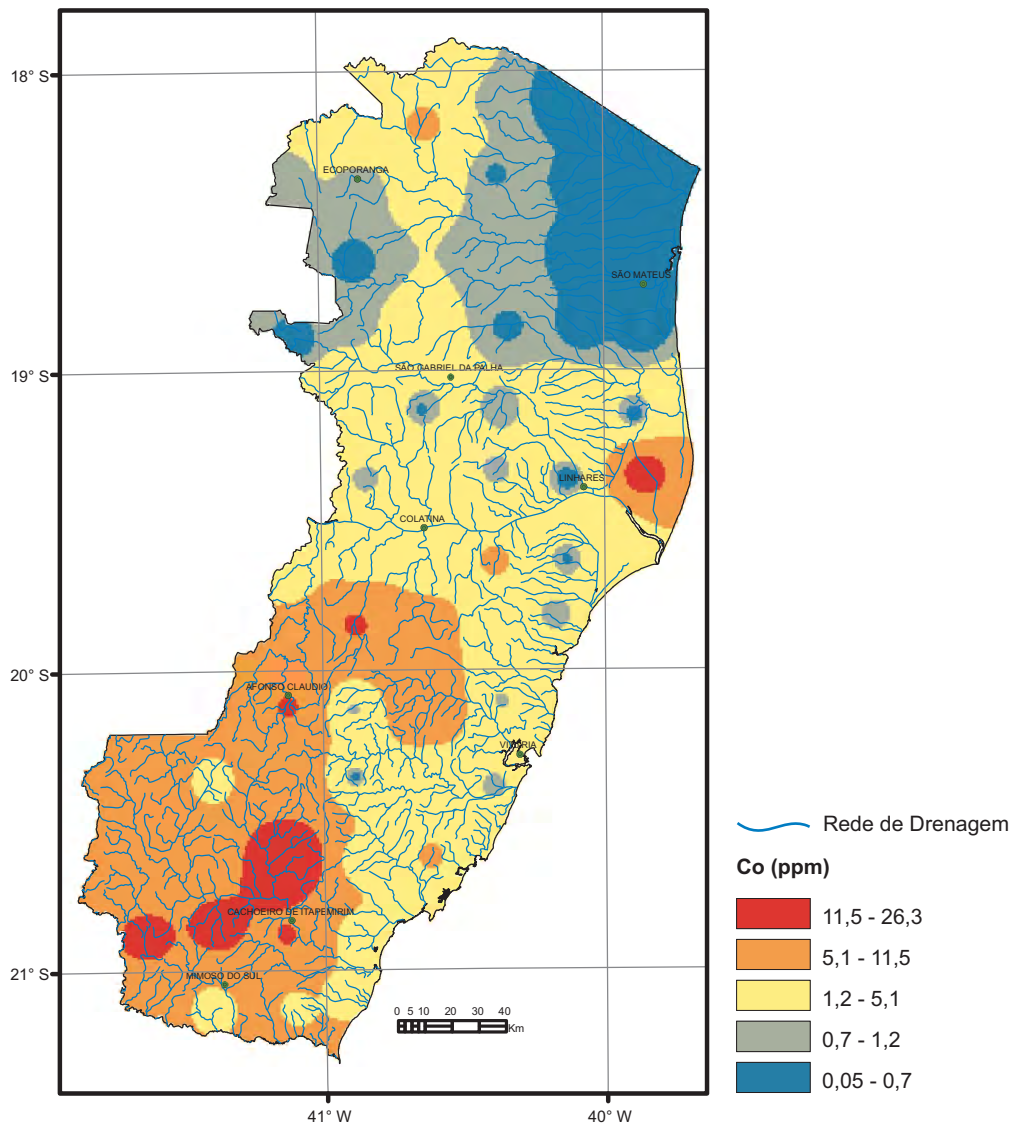
- 60,26 - 4.718,15
- 26,19 - 60,26
- 7,63 - 26,19
- 3,3 - 7,63
- 0,005 - 3,3



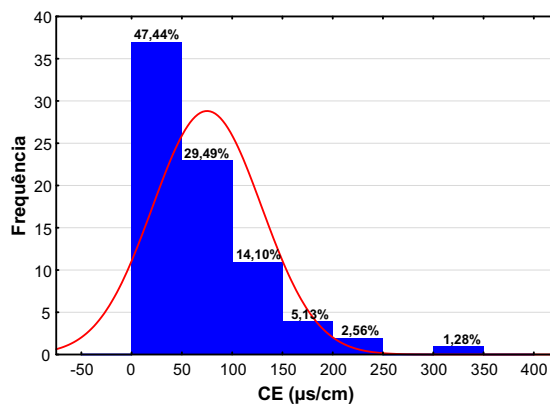
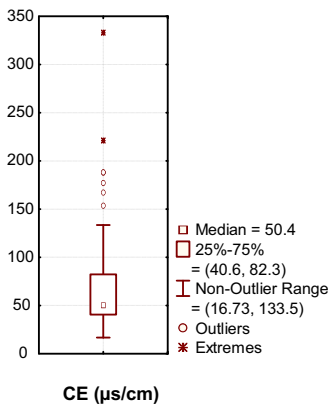
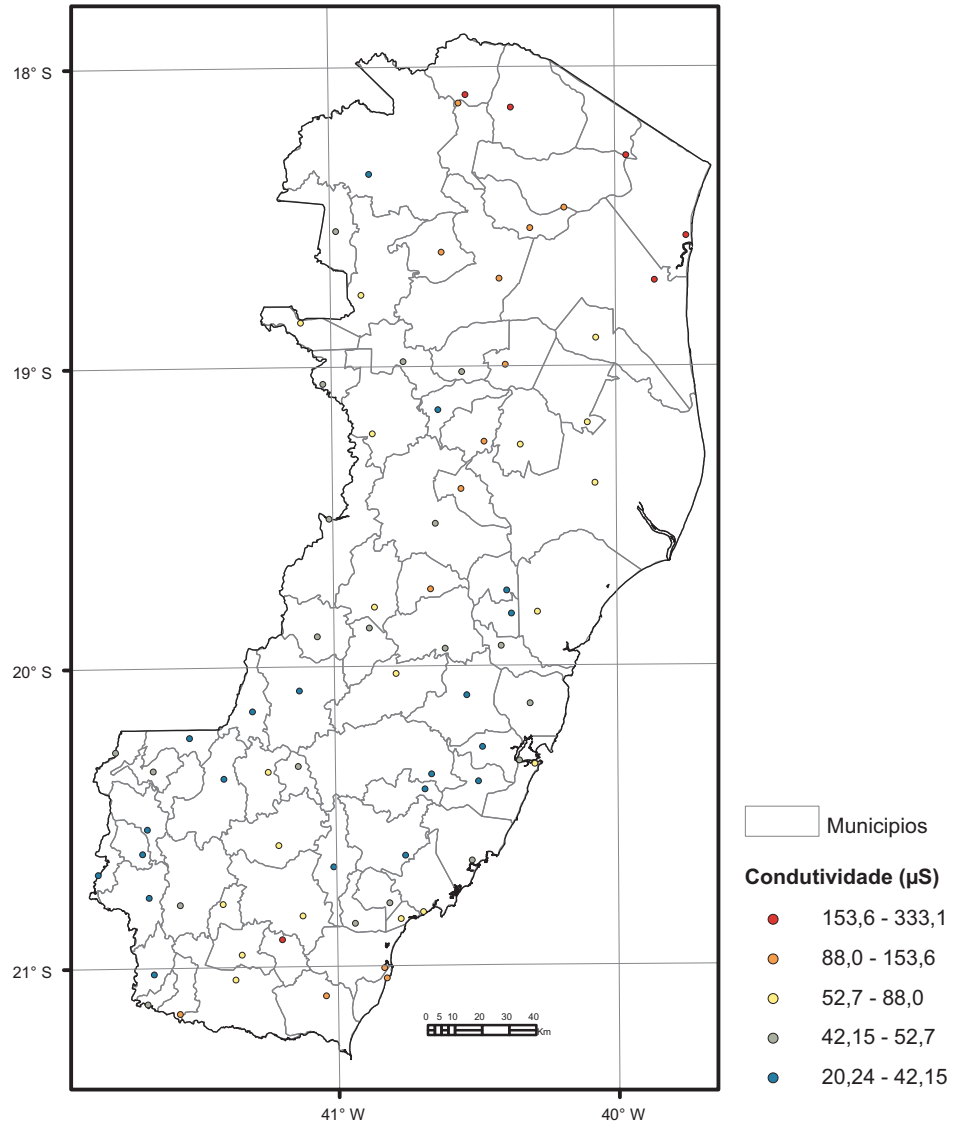
Estatística Descritiva	
Elemento	Cloreto (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	344
Valor Médio	53,15
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	4718,15
Desvio Padrão	277,77
Coefficiente de Variação (%)	5,23
Mediana	7,63
CONAMA 357/2005	250



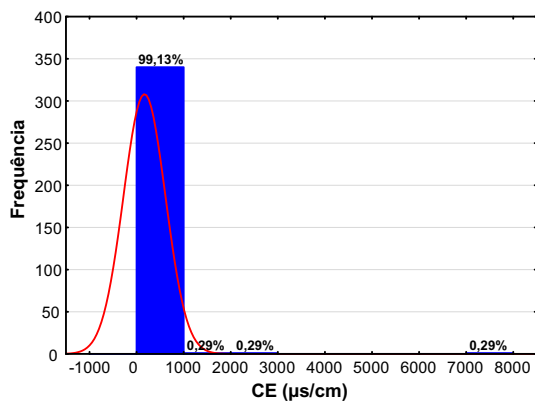
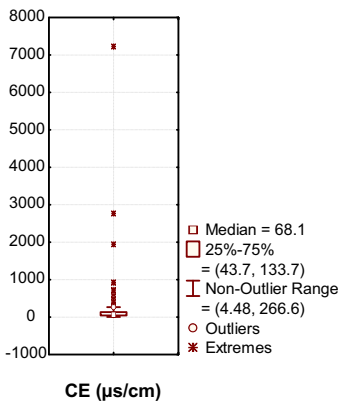
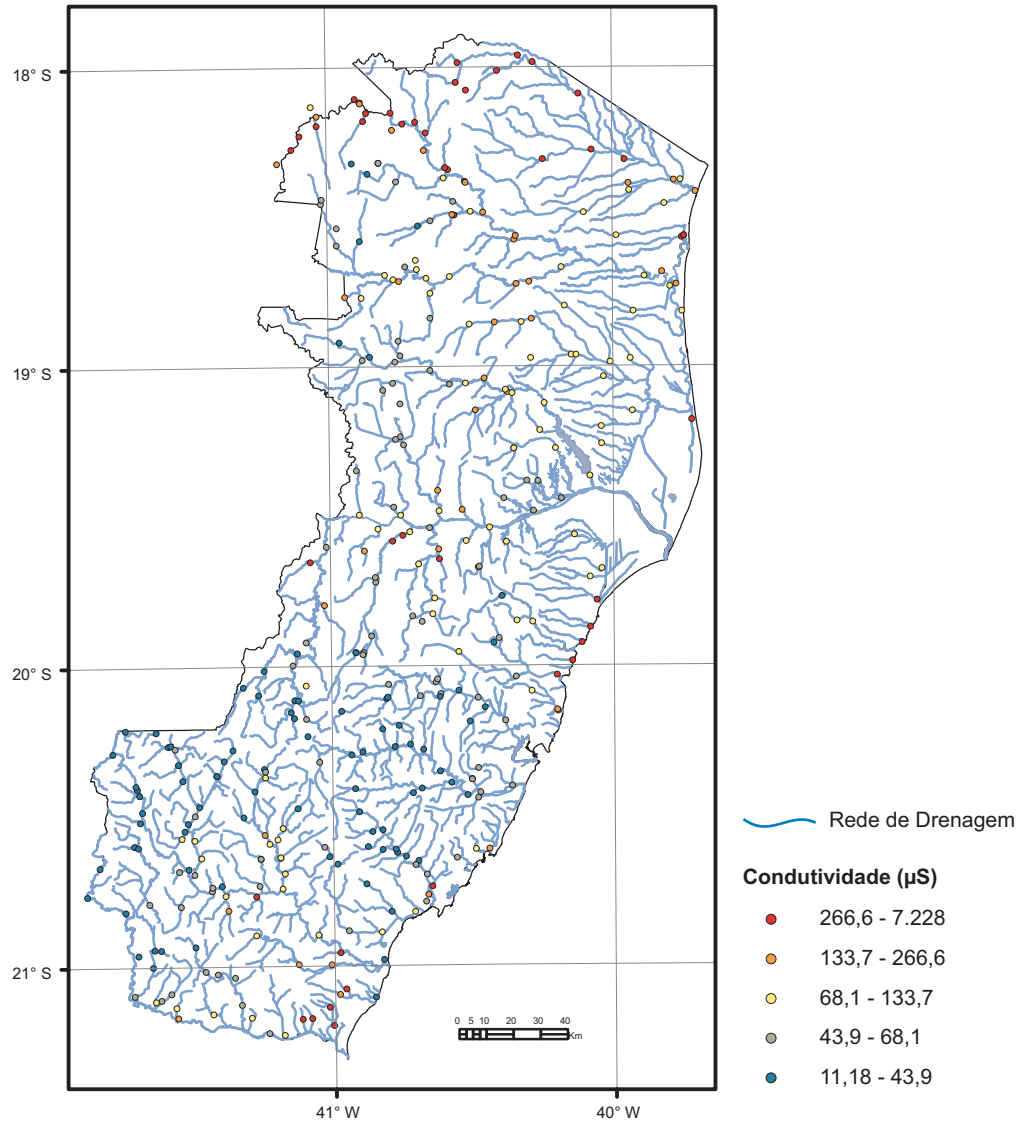
Estatística Descritiva	
Elemento	Co (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	4,15
Valor Mínimo	0,20
Valor Máximo	29,30
Desvio Padrão	4,17
Coefficiente de Variação (%)	1,00
Mediana	2,50
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



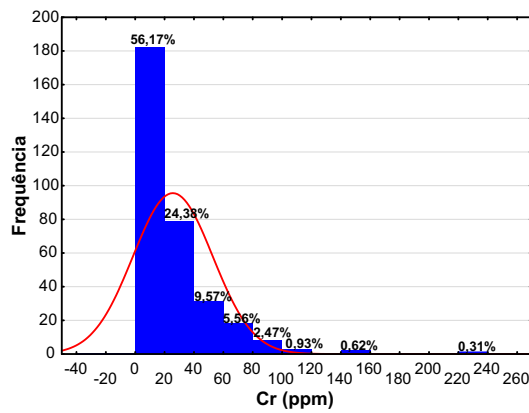
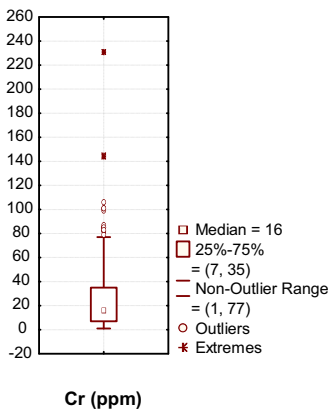
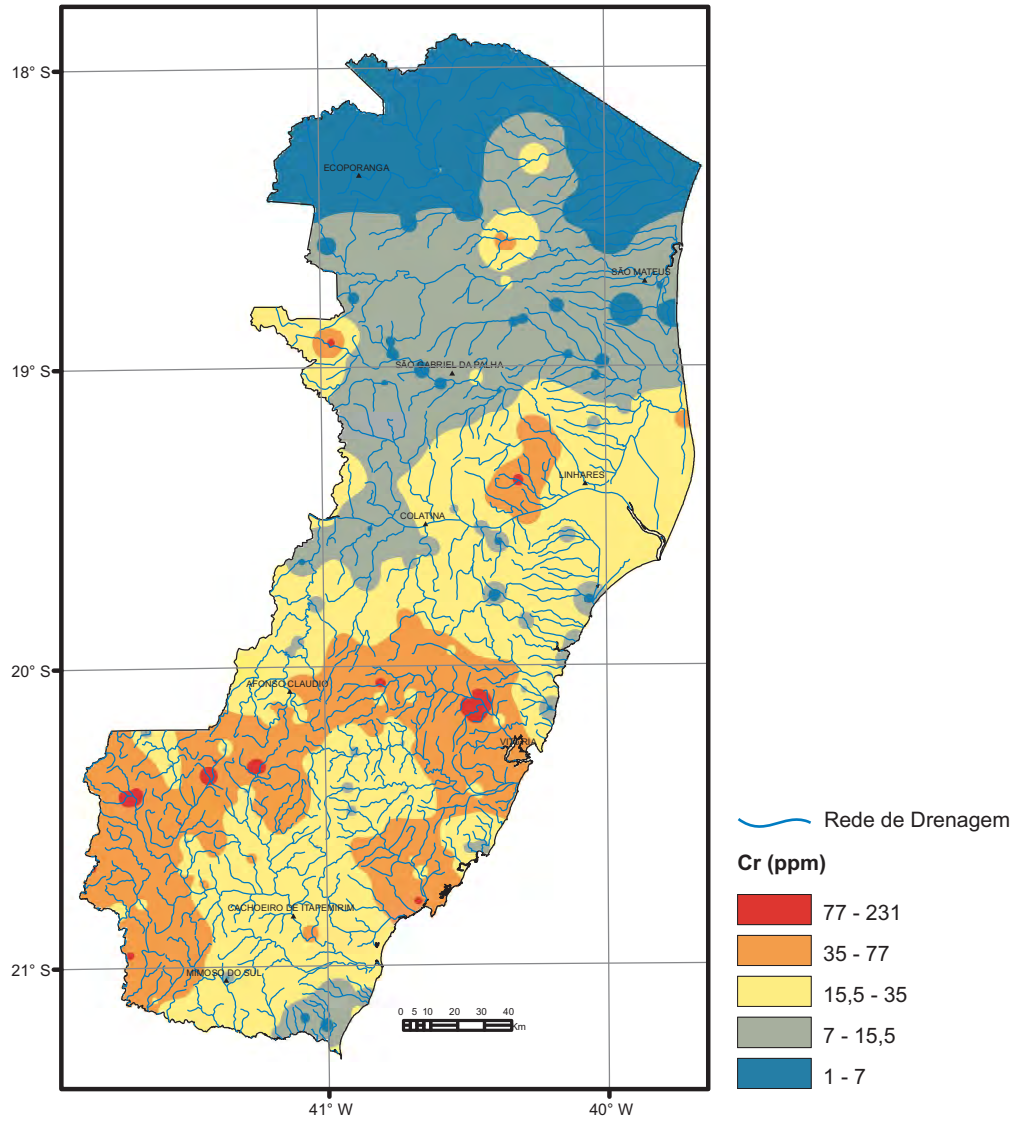
Estatística Descritiva	
Elemento	Co (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	70
Valor Médio	3,77
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	26,30
Desvio Padrão	4,95
Coefficiente de Variação (%)	1,32
Mediana	1,80
CONAMA 420/2009 (VP)	25,00
Paye <i>et al.</i> (2010)	10,21
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	2,40



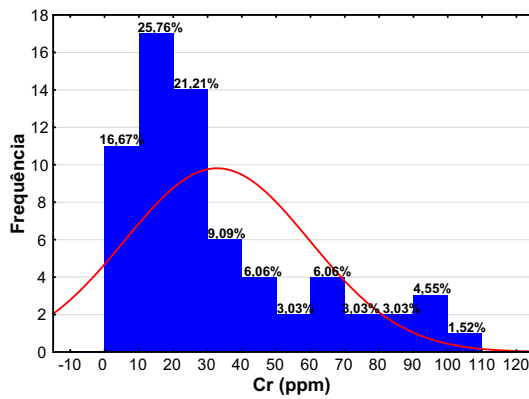
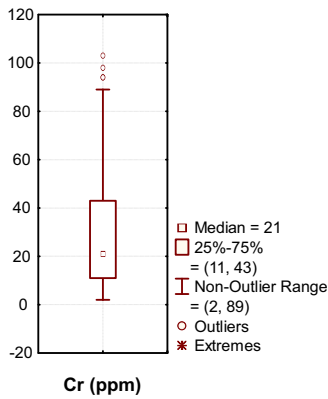
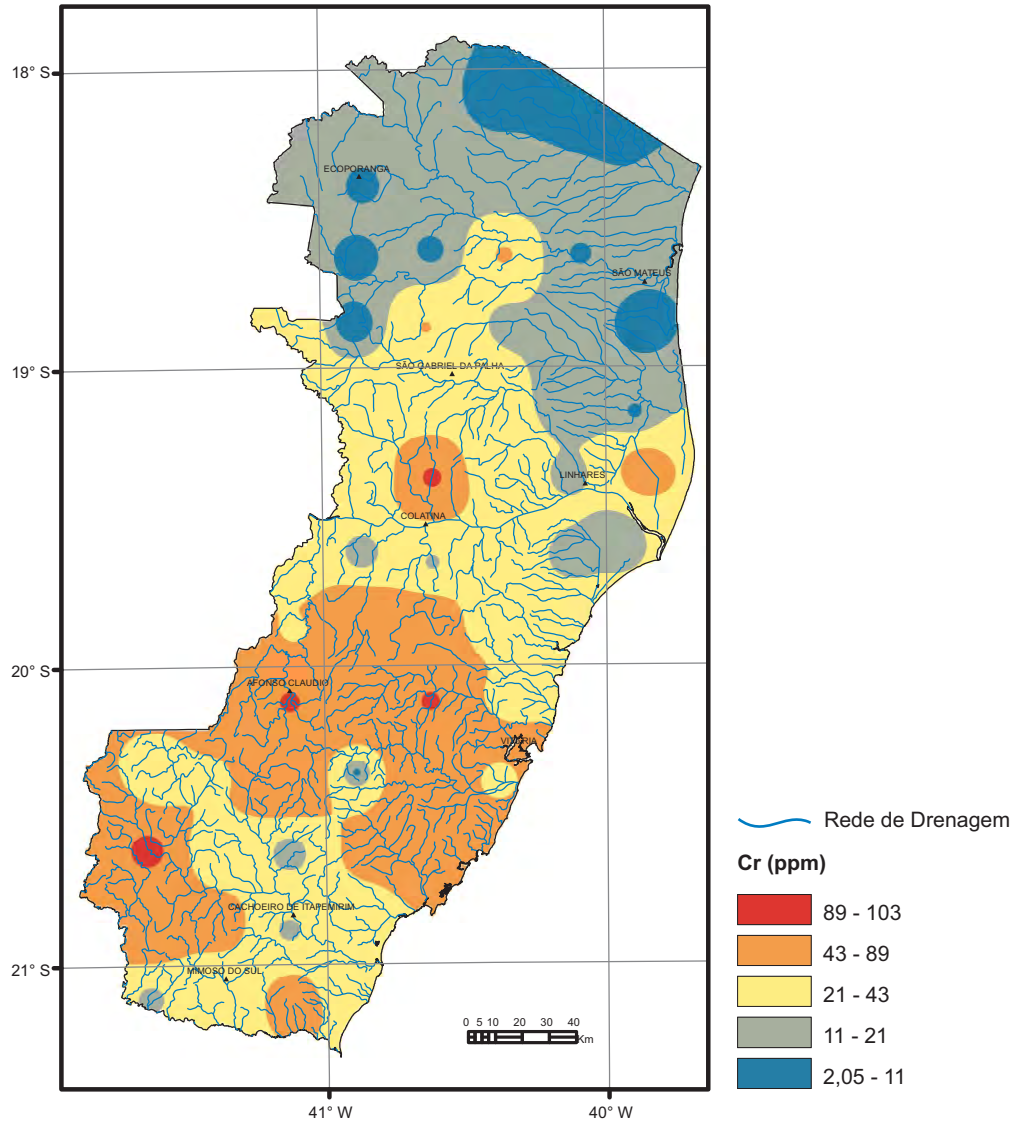
Estatística Descritiva	
Condutividade Elétrica	CD ($\mu\text{S/cm}$)
Limite de Detecção	-
Pontos mensurados	78
Valor Médio	74,31
Valor Mínimo	20,23
Valor Máximo	333,10
Desvio Padrão	54,00
Coefficiente de Variação (%)	0,73
Mediana	52,7
CONAMA 357/2005	-



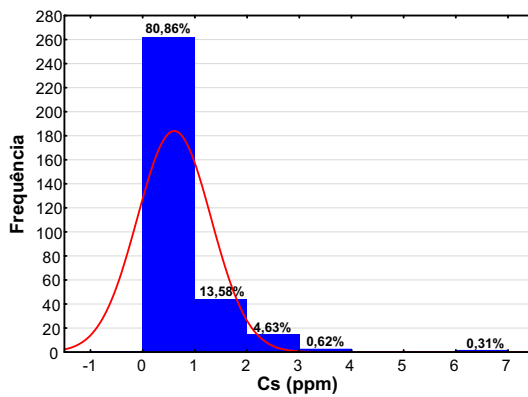
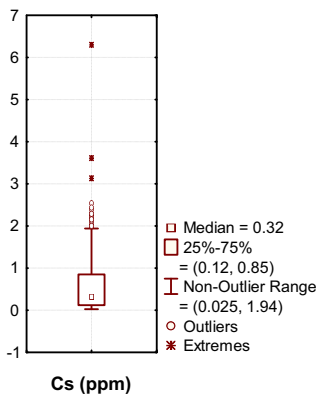
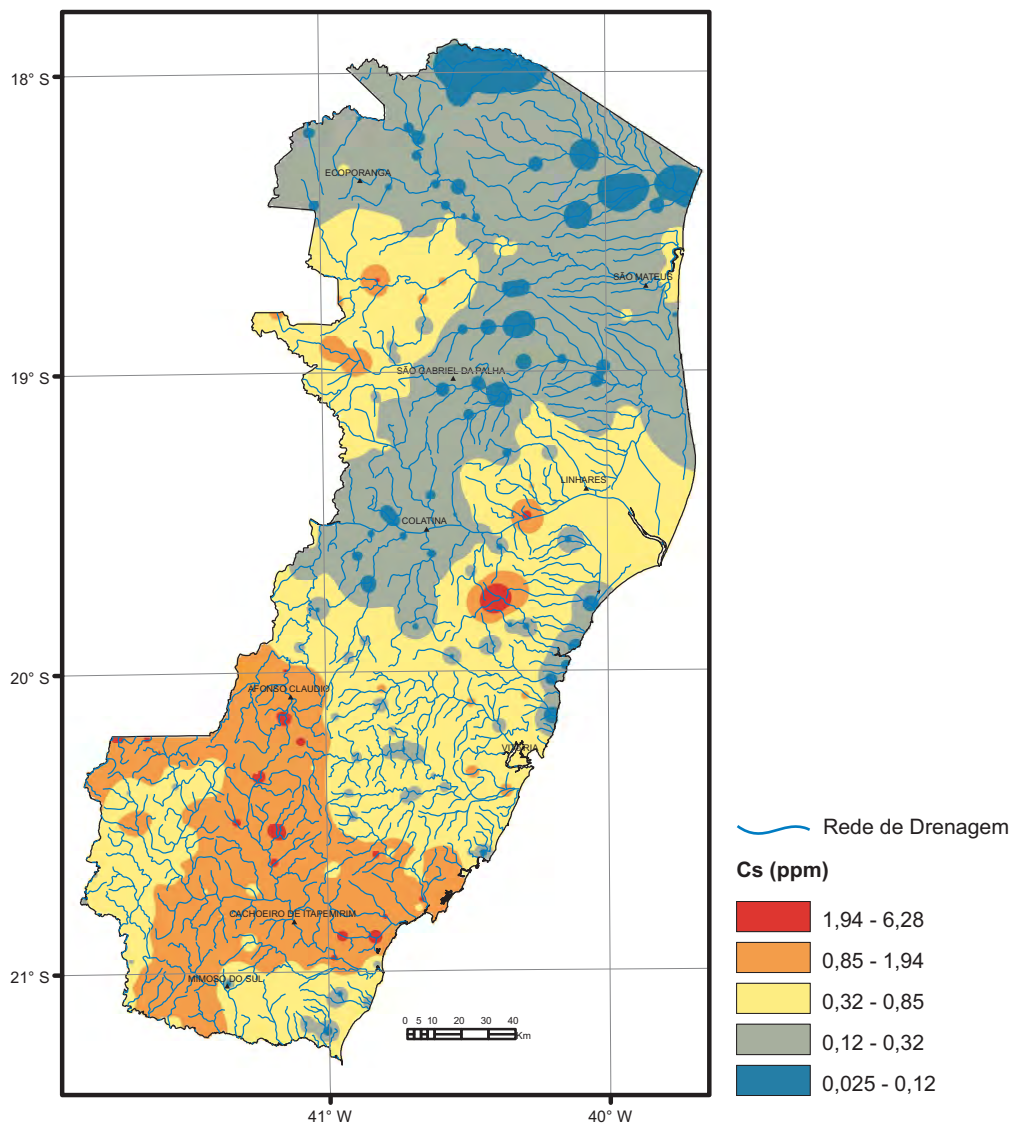
Estatística Descritiva	
Condutividade Elétrica	CD ($\mu\text{S/cm}$)
Limite de Detecção	-
Pontos mensurados	345
Valor Médio	159,30
Valor Mínimo	11,18
Valor Máximo	7228,00
Desvio Padrão	444,16
Coefficiente de Variação (%)	2,79
Mediana	68,10
CONAMA 357/2005	-



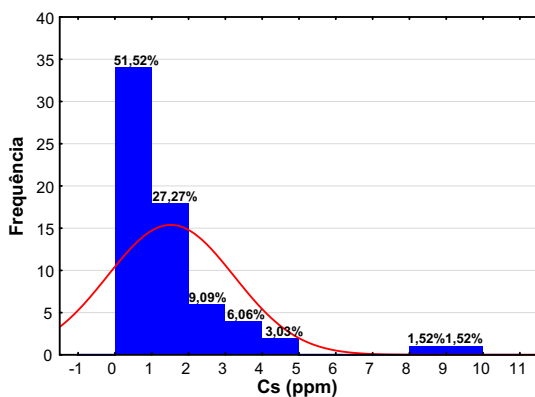
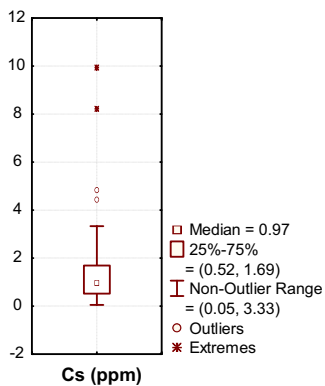
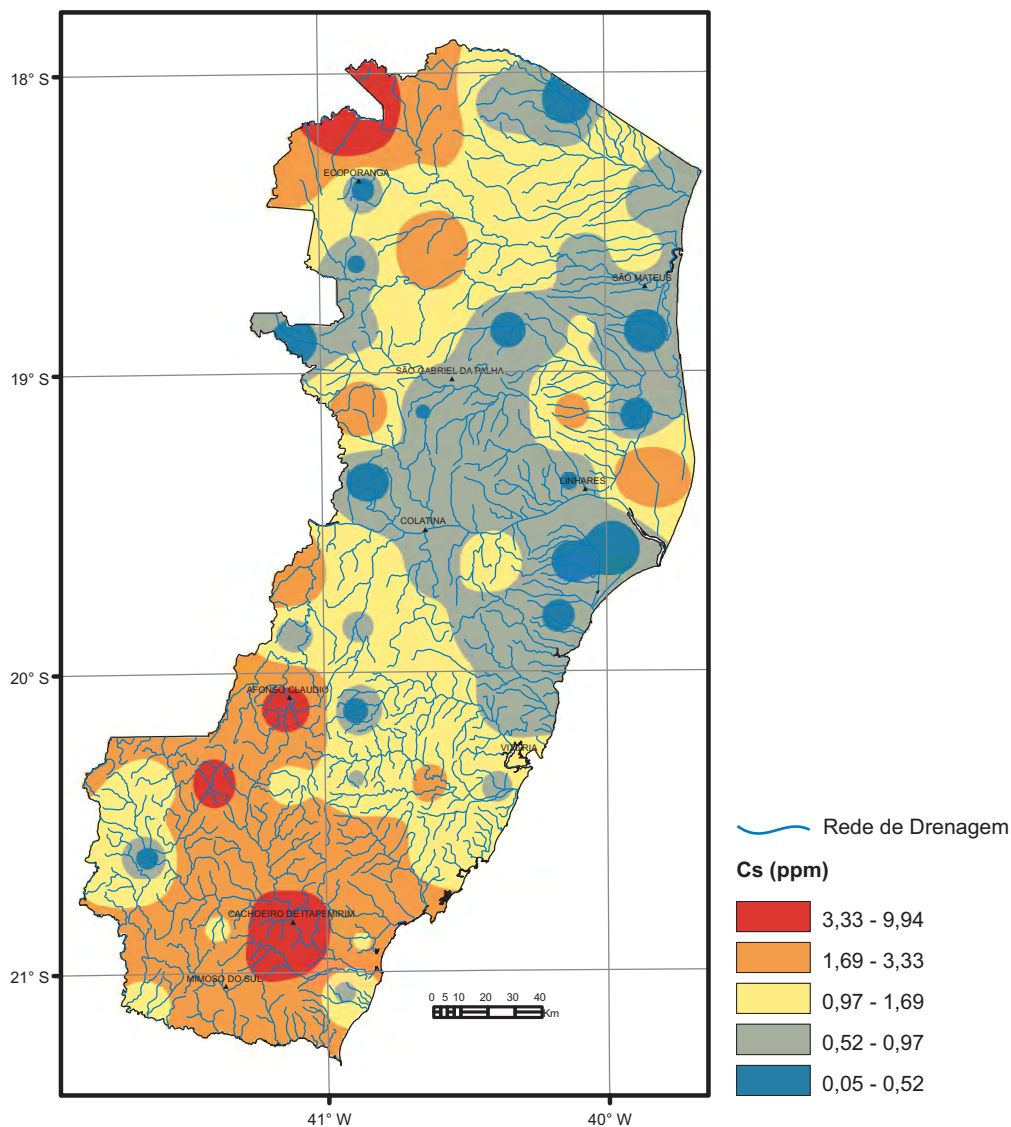
Estatística Descritiva	
Elemento	Cr (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	25,16
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	231,00
Desvio Padrão	27,08
Coefficiente de Variação (%)	1,08
Mediana	16,00
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	90,00
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	90,00



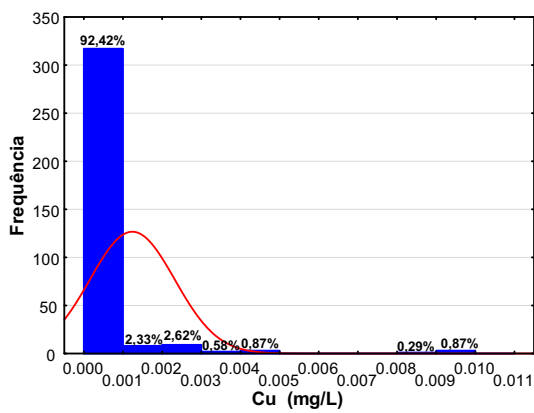
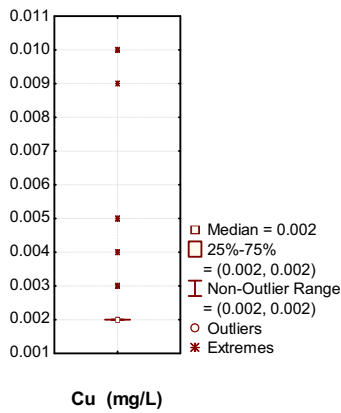
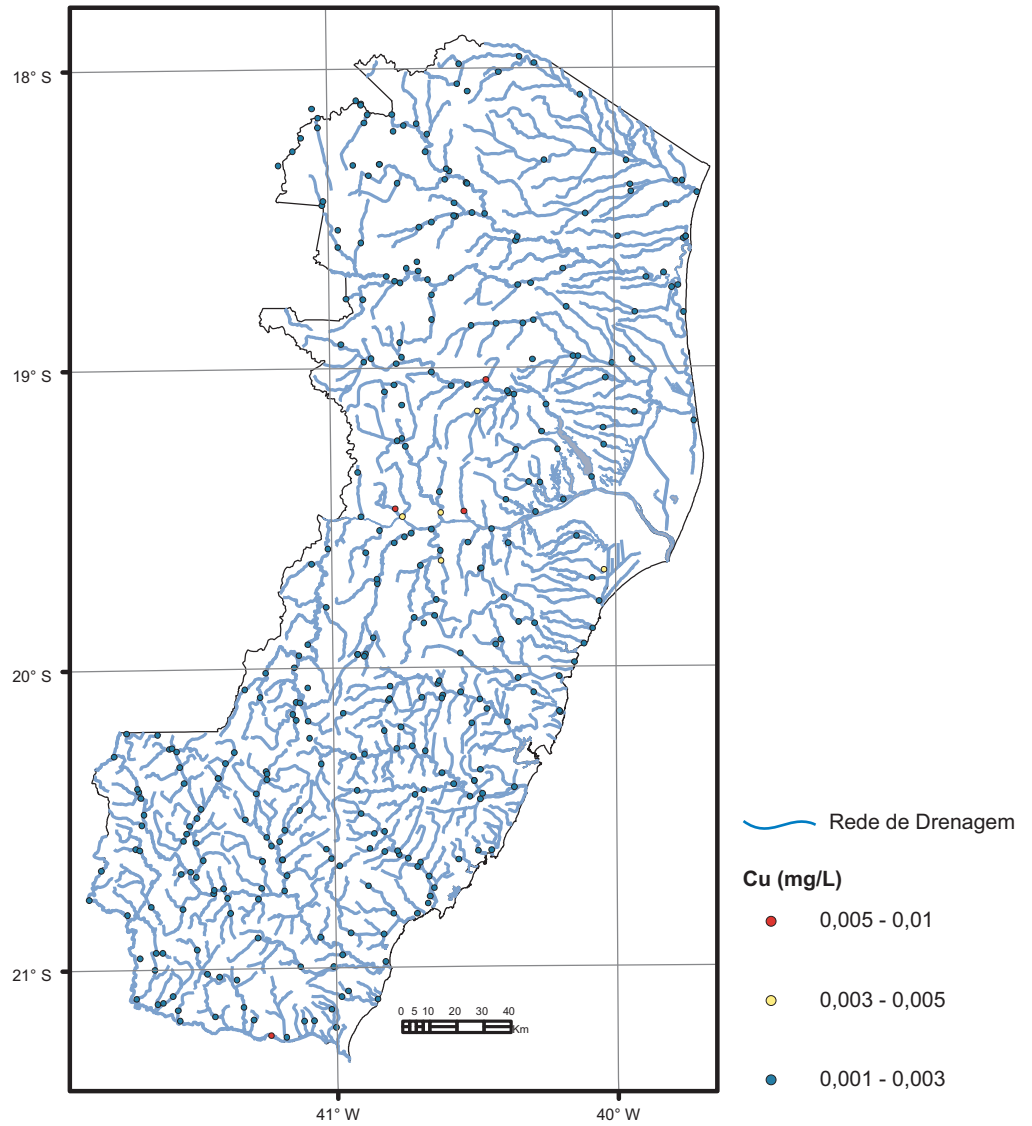
Estatística Descritiva	
Elemento	Cr (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	31,97
Valor Mínimo	2,05
Valor Máximo	103,00
Desvio Padrão	26,21
Coefficiente de Variação (%)	0,82
Mediana	21,00
CONAMA 420/2009 (VP)	75,00
Paye <i>et al.</i> (2010)	54,13
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	0,38



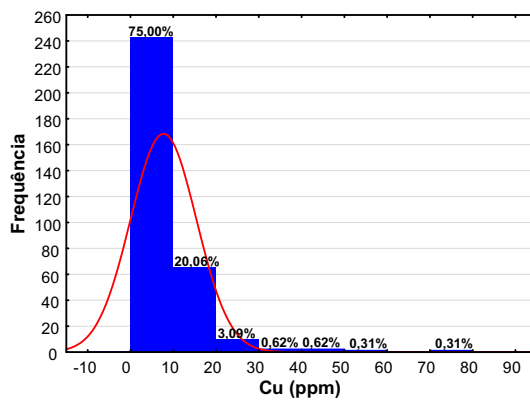
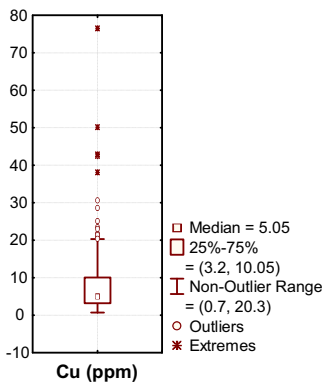
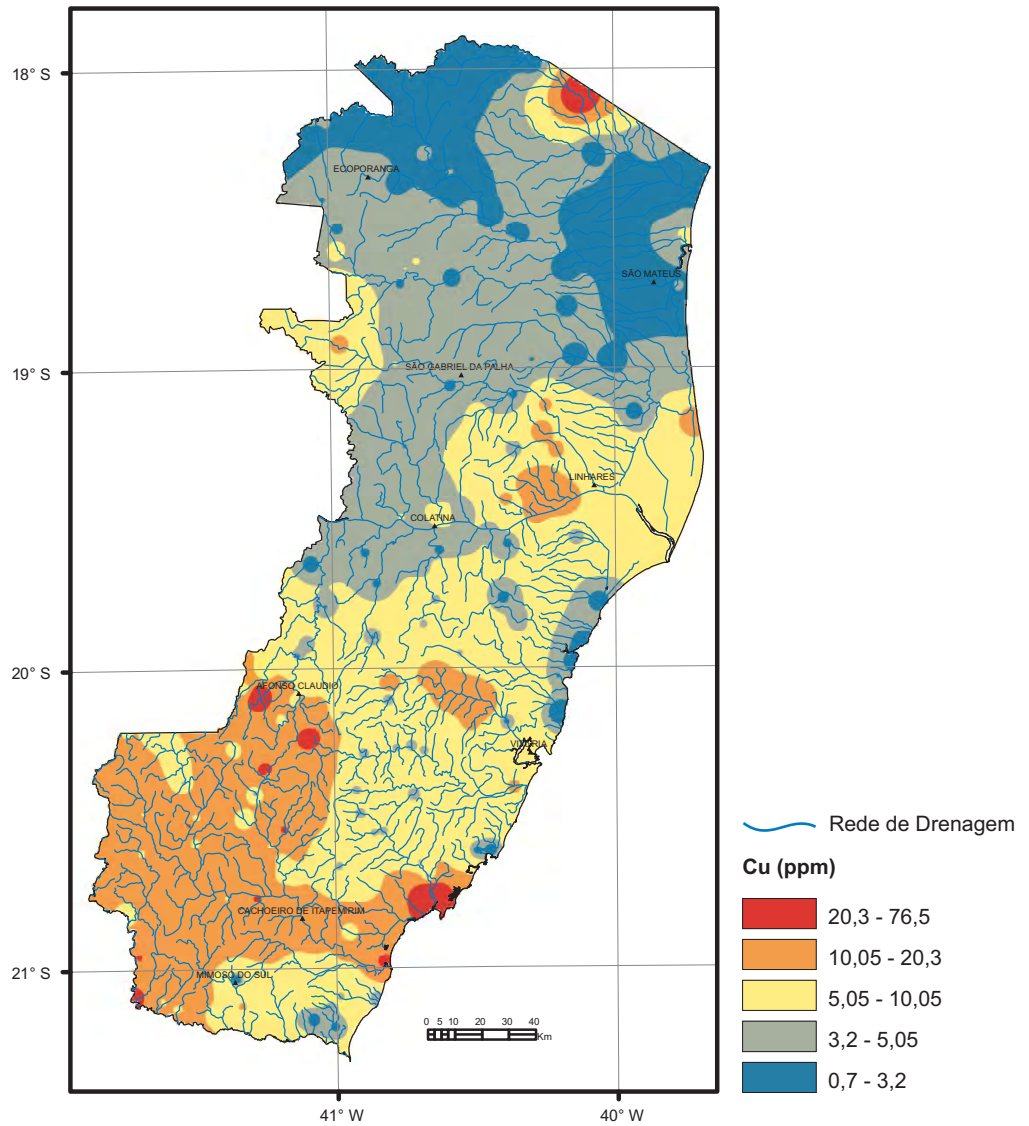
Estatística Descritiva	
Elemento	Cs (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	322
Valor Médio	0,59
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	6,30
Desvio Padrão	0,7
Coefficiente de Variação (%)	1,18
Mediana	0,32
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



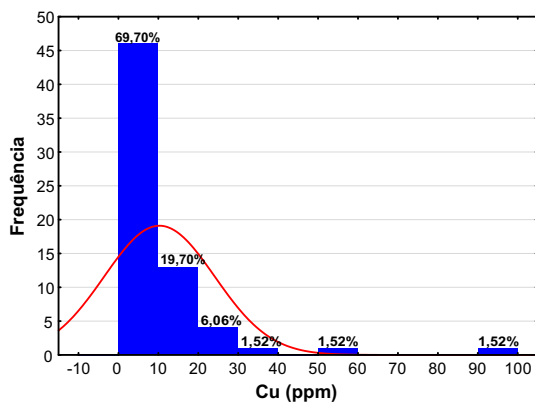
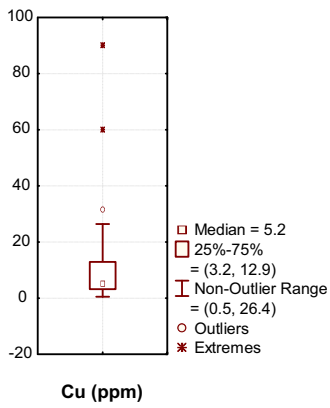
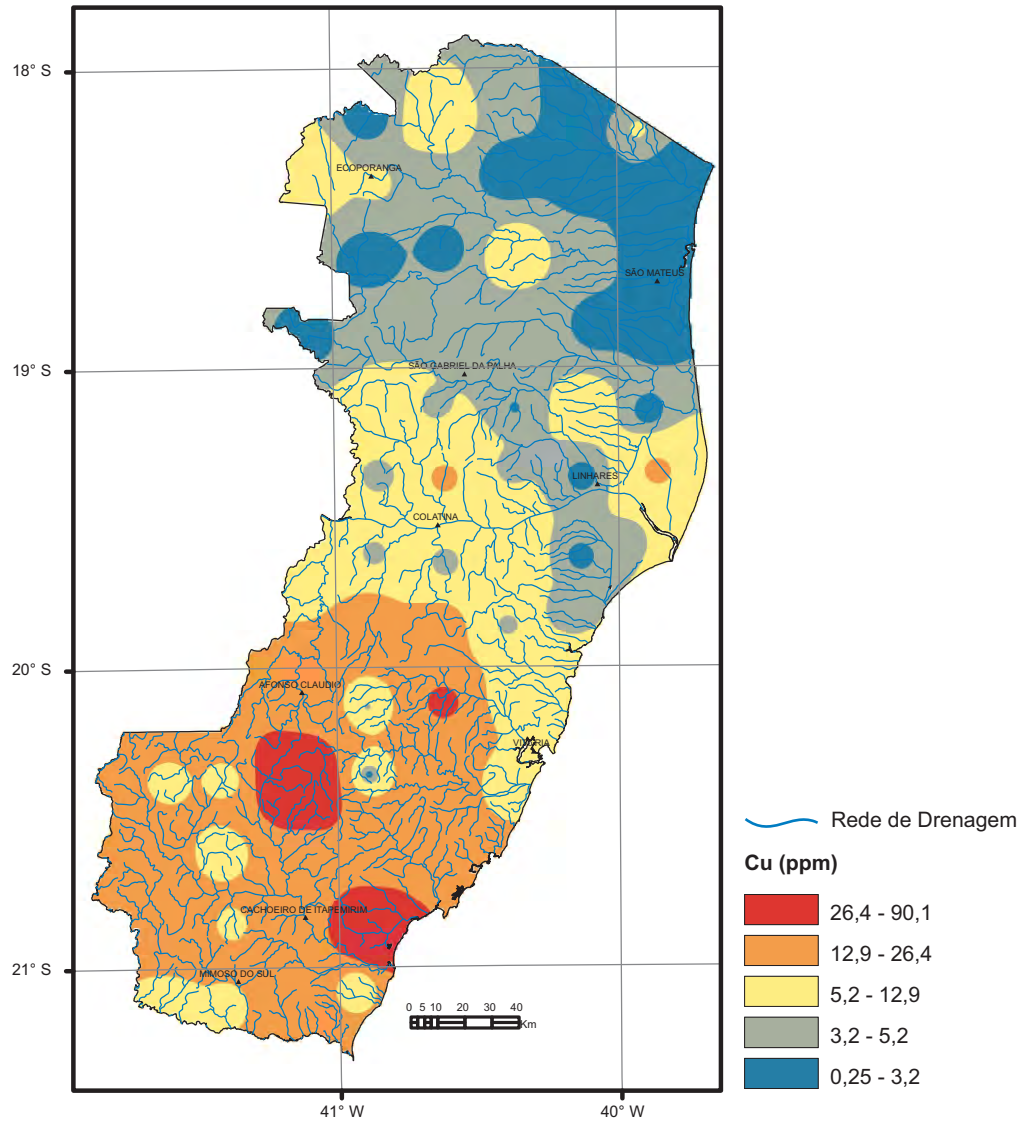
Estatística Descritiva	
Elemento	Cs (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	1,43
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	9,94
Desvio Padrão	1,672
Coefficiente de Variação (%)	1,17
Mediana	0,97
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



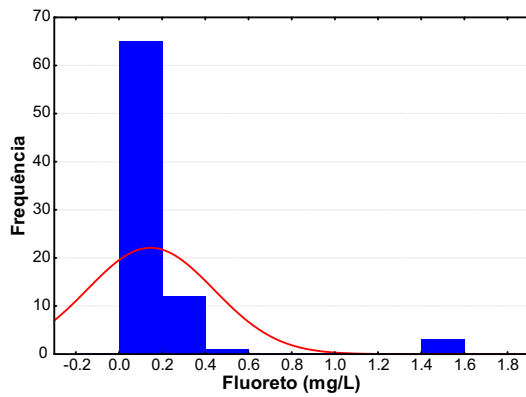
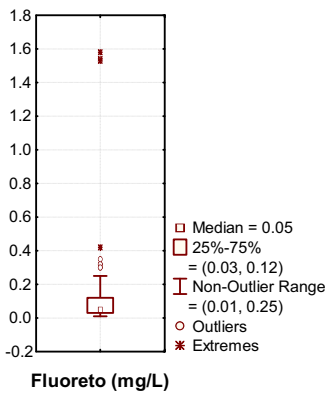
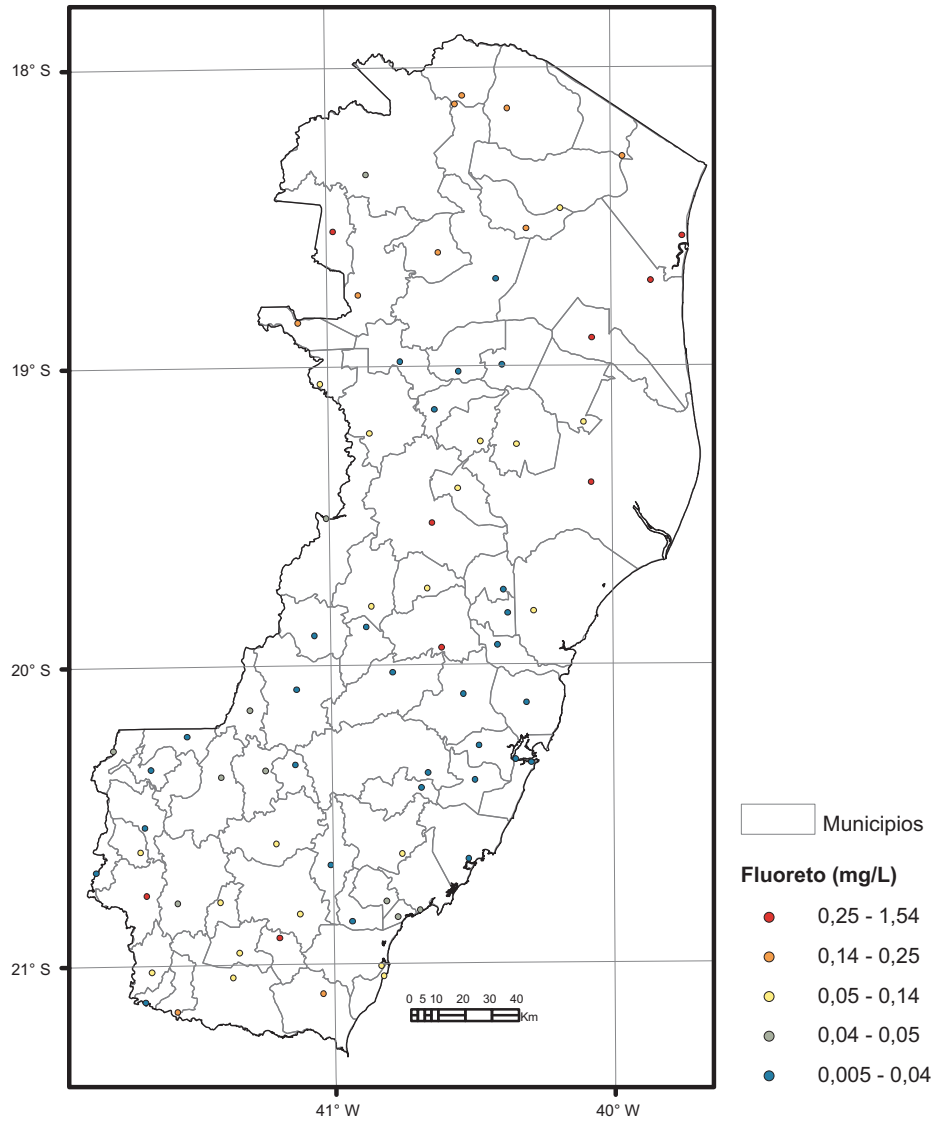
Estatística Descritiva	
Elemento	Cu (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	27
Valor Médio	0,001
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	0,01
Desvio Padrão	0,001
Coefficiente de Variação (%)	0,88
Mediana	0,001
CONAMA 357/2005	0,009



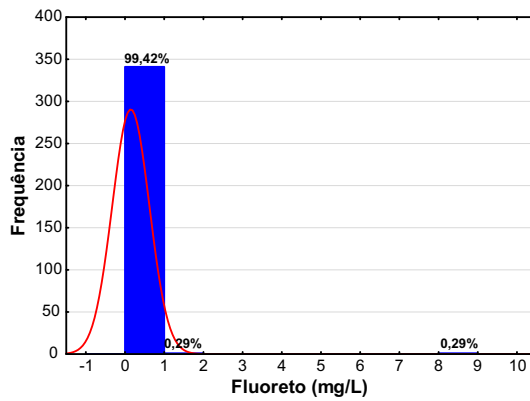
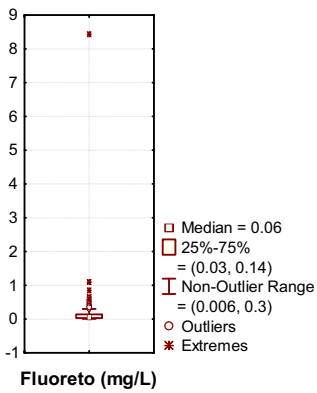
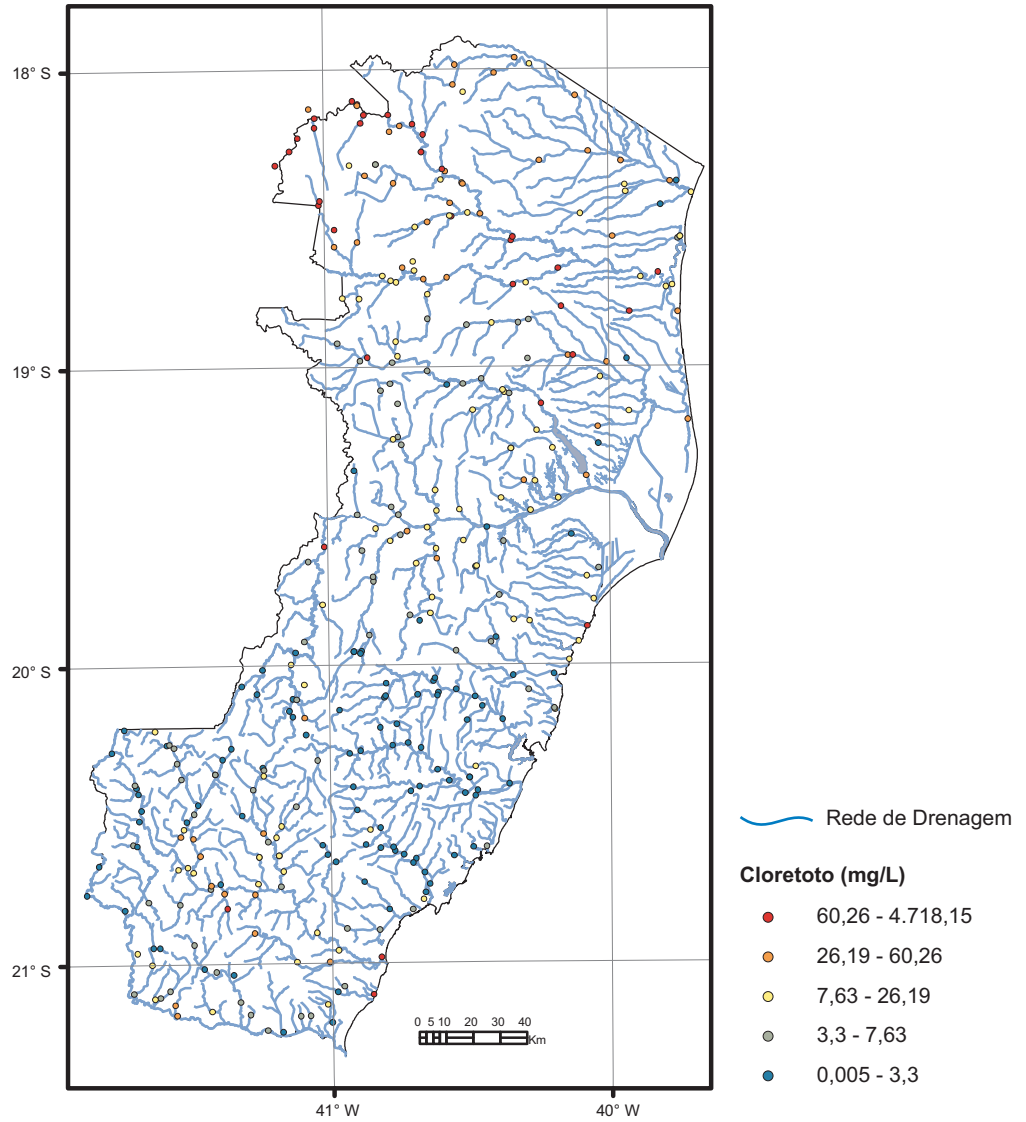
Estatística Descritiva	
Elemento	Cu (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	7,6
Valor Mínimo	0,7
Valor Máximo	76,5
Desvio Padrão	7,67
Coefficiente de Variação (%)	1,01
Mediana	5,05
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	197,00
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	197,00



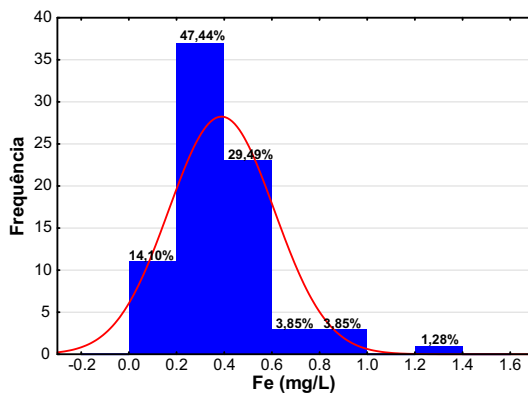
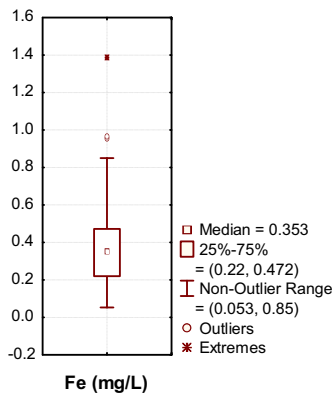
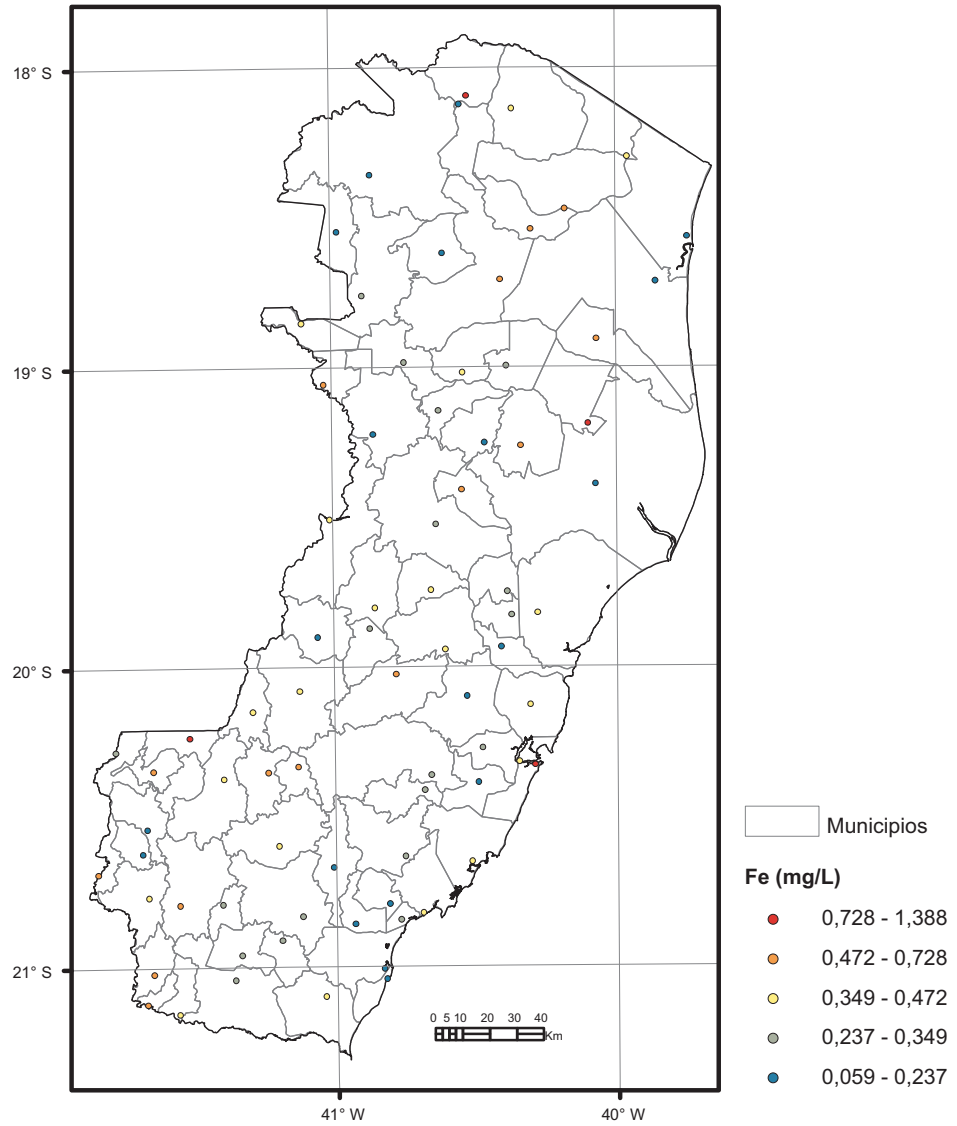
Estatística Descritiva	
Elemento	Cu (ppm)
Limite de Detecção	0,50
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	70
Valor Médio	9,83
Valor Mínimo	0,25
Valor Máximo	90,10
Desvio Padrão	13,36
Coefficiente de Variação (%)	1,36
Mediana	5,45
CONAMA 420/2009 (VP)	60,00
Paye <i>et al.</i> (2010)	5,91
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	3,40



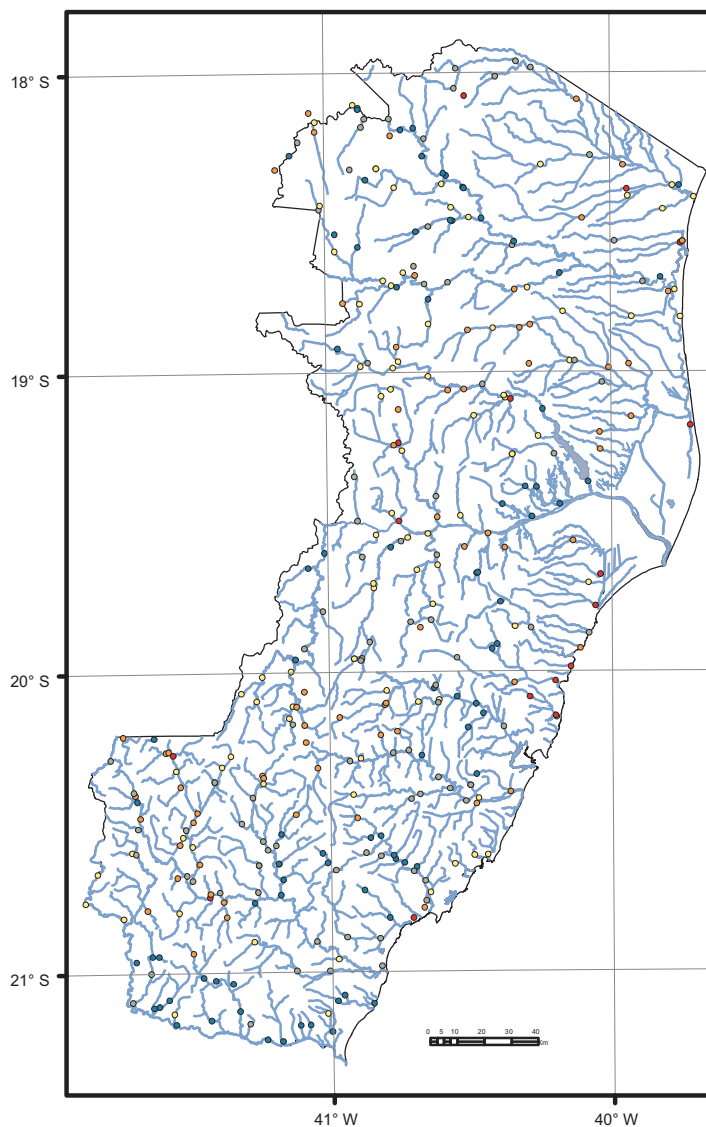
Estatística Descritiva	
Elemento	Fluoreto (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	74
Valor Médio	0,14
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	1,54
Desvio Padrão	0,26
Coefficiente de Variação (%)	1,90
Mediana	0,05
CONAMA 357/2005	1,4



Estatística Descritiva	
Elemento	Fluoreto (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	333
Valor Médio	0,14
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	8,43
Desvio Padrão	0,47
Coefficiente de Variação (%)	3,37
Mediana	0,06
CONAMA 357/2005	1,4



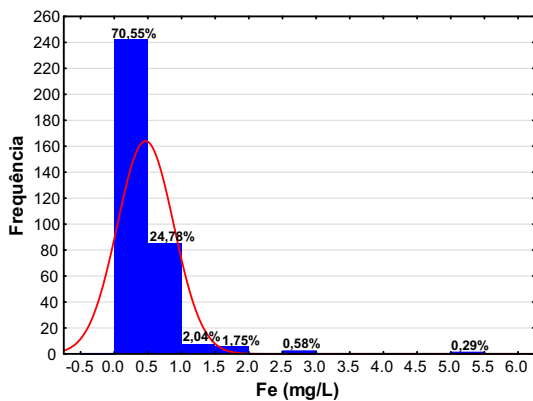
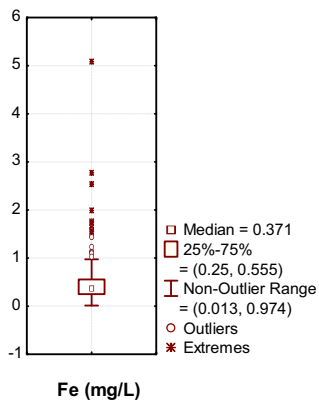
Estatística Descritiva	
Elemento	Fe (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	78
Valor Médio	0,39
Valor Mínimo	0,06
Valor Máximo	1,39
Desvio Padrão	0,22
Coefficiente de Variação (%)	0,57
Mediana	0,35
CONAMA 357/2005	0,3



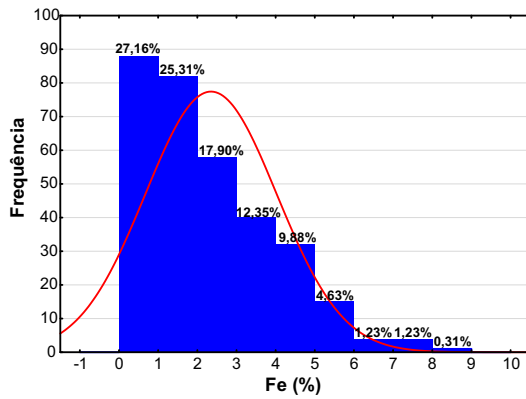
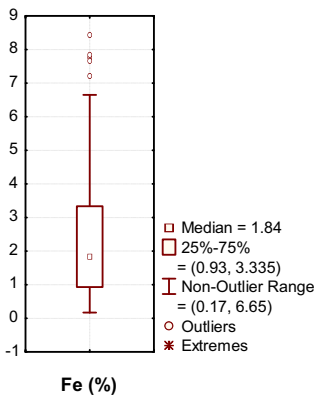
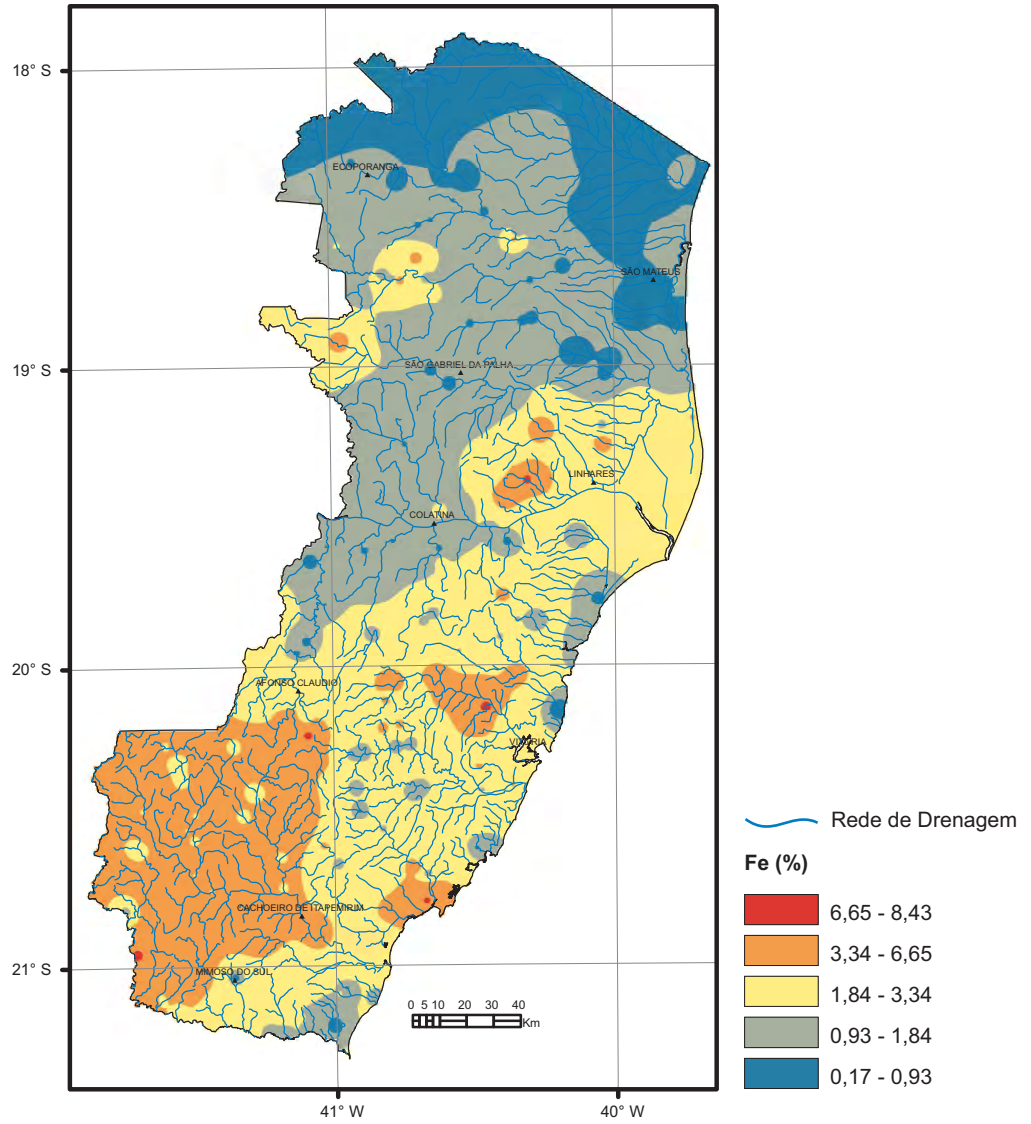
Rede de Drenagem

Fe (mg/L)

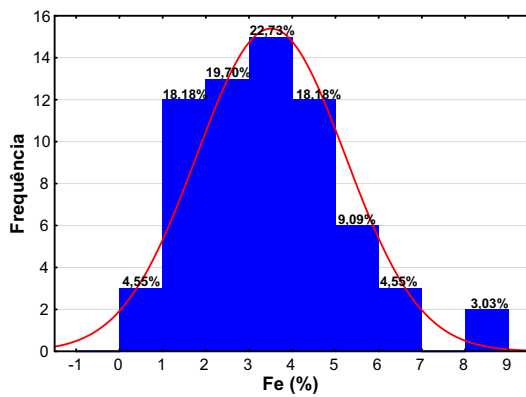
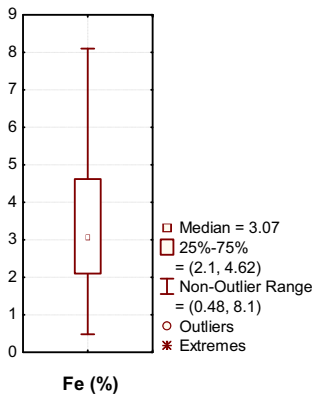
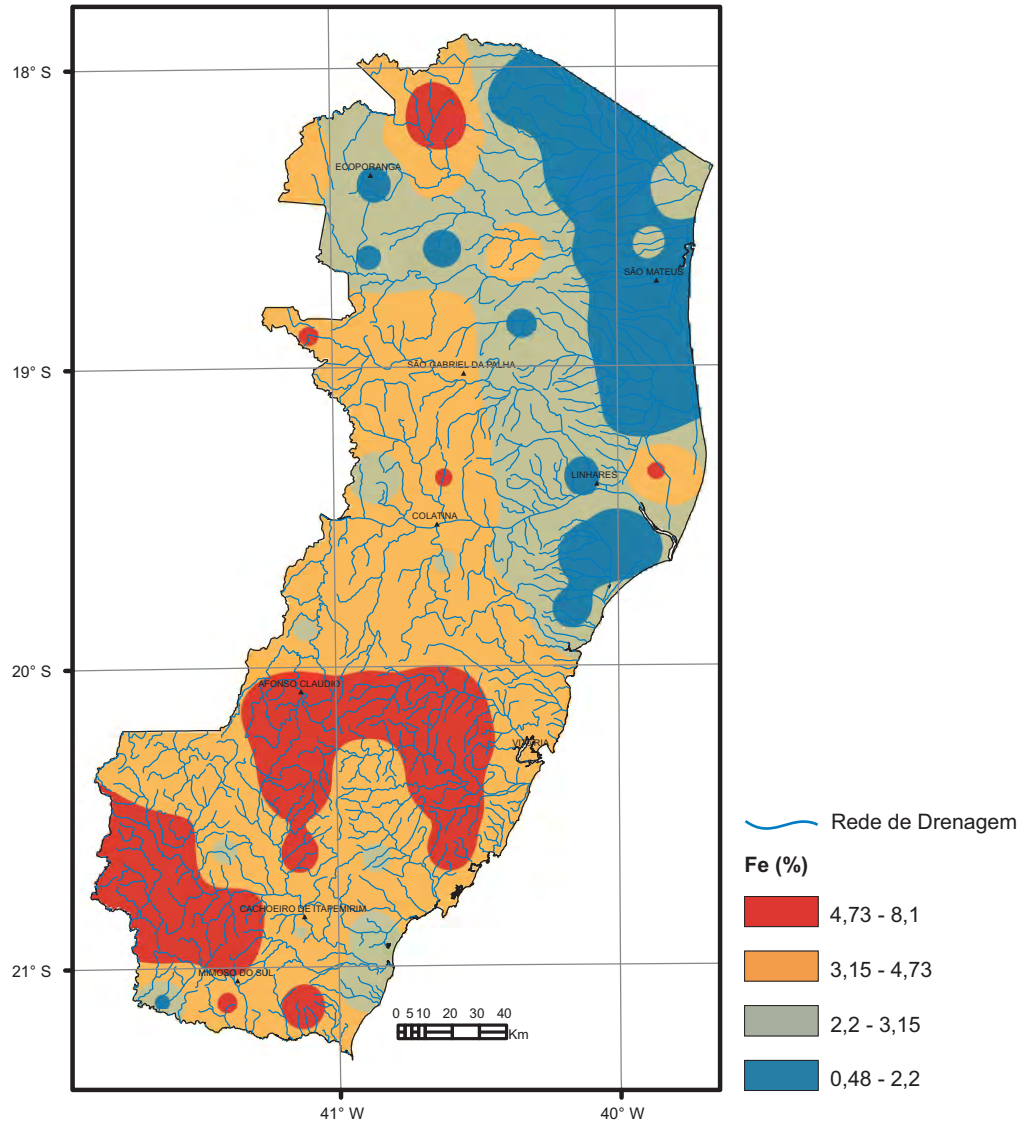
- 0,974- 5,082
- 0,555 - 0,974
- 0,371 - 0,555
- 0,25 - 0,371
- 0,013 - 0,25



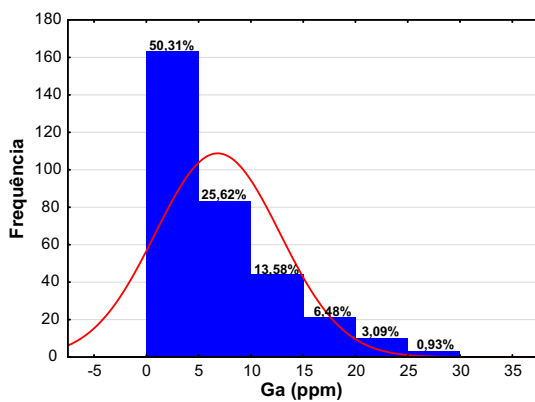
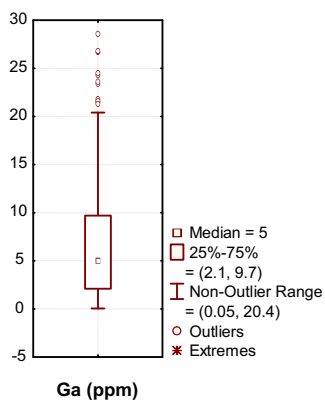
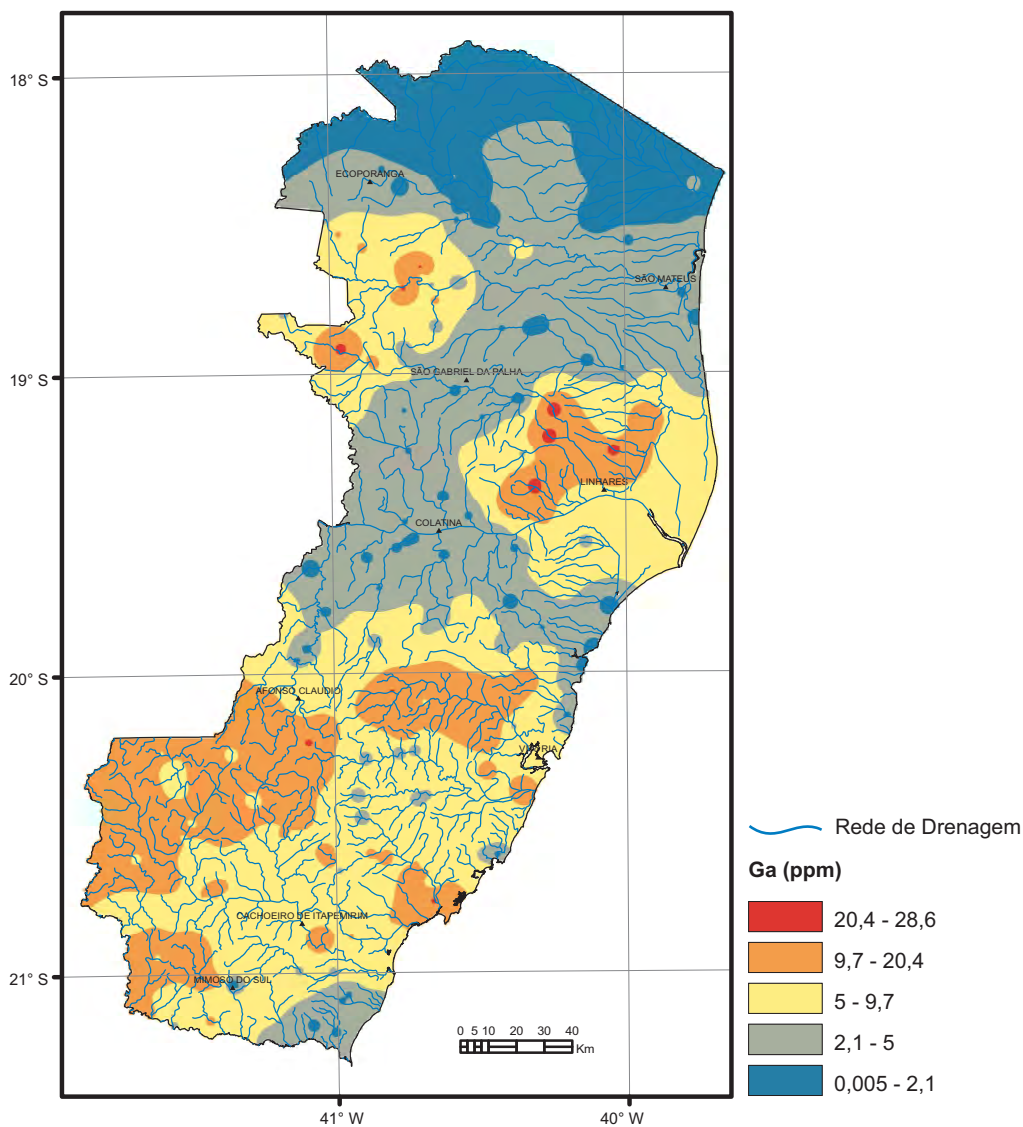
Estatística Descritiva	
Elemento	Fe (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	345
Valor Médio	0,46
Valor Mínimo	0,013
Valor Máximo	5,08
Desvio Padrão	0,42
Coefficiente de Variação (%)	0,91
Mediana	0,37
CONAMA 357/2005	0,3



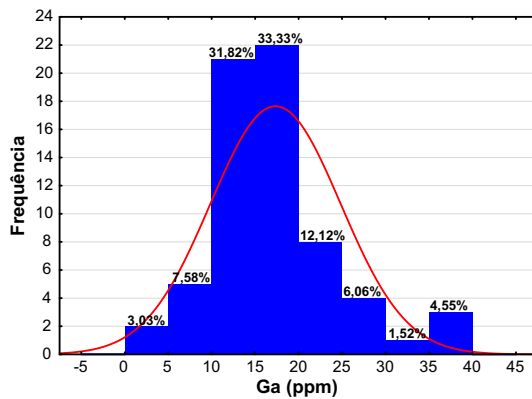
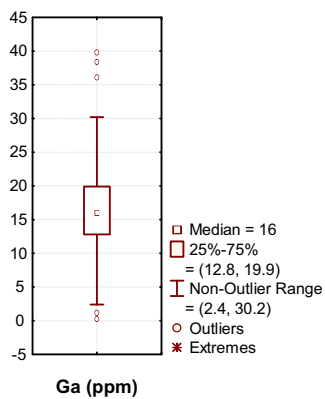
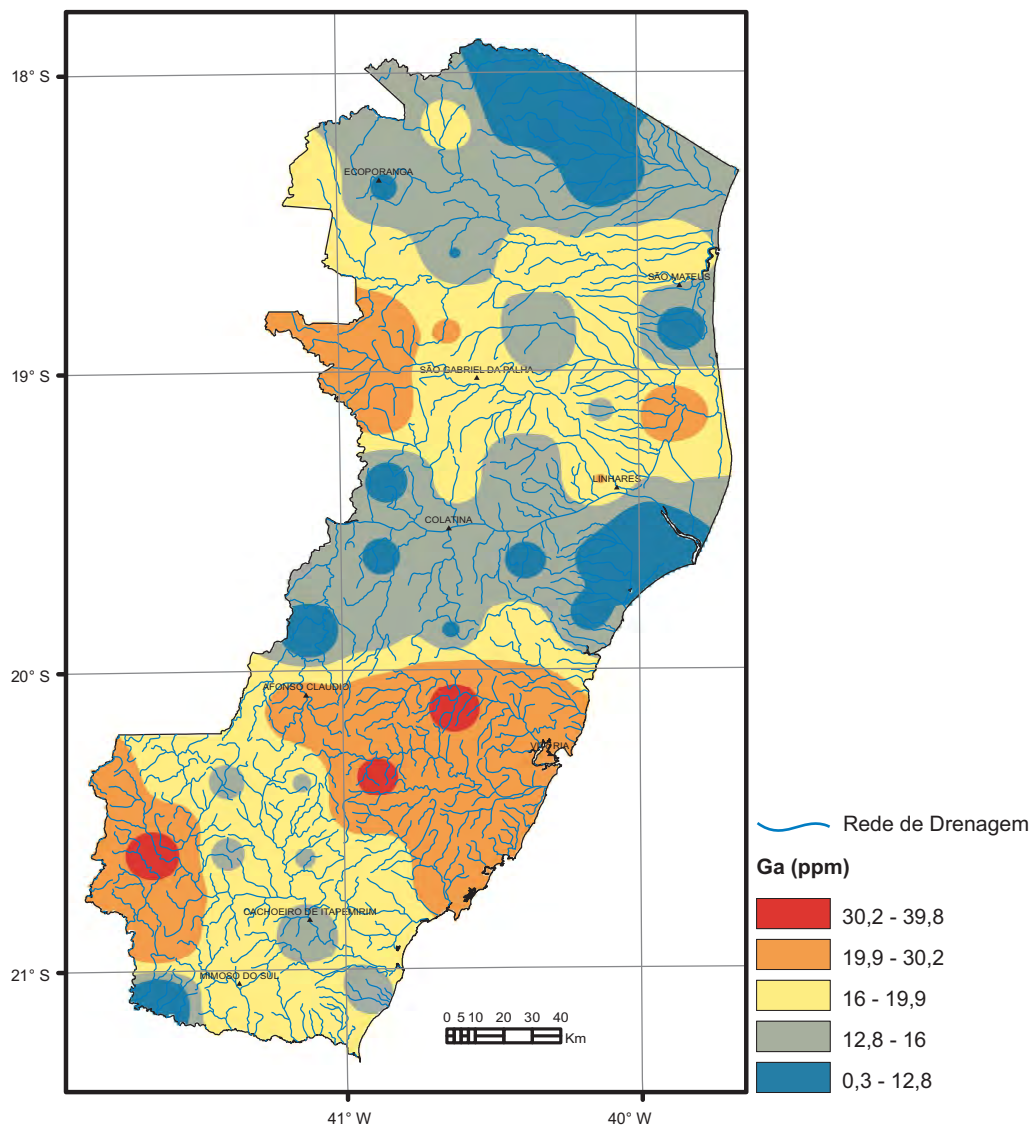
Estatística Descritiva	
Elemento	Fe (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	2,33
Valor Mínimo	0,17
Valor Máximo	8,43
Desvio Padrão	1,67
Coefficiente de Variação (%)	0,72
Mediana	1,84
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



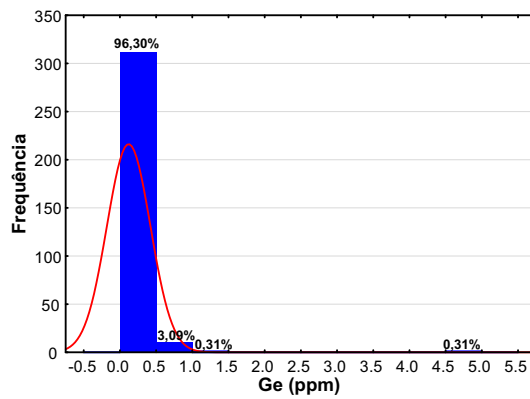
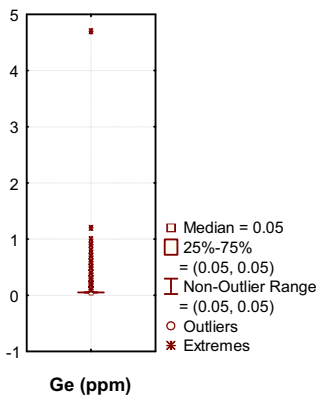
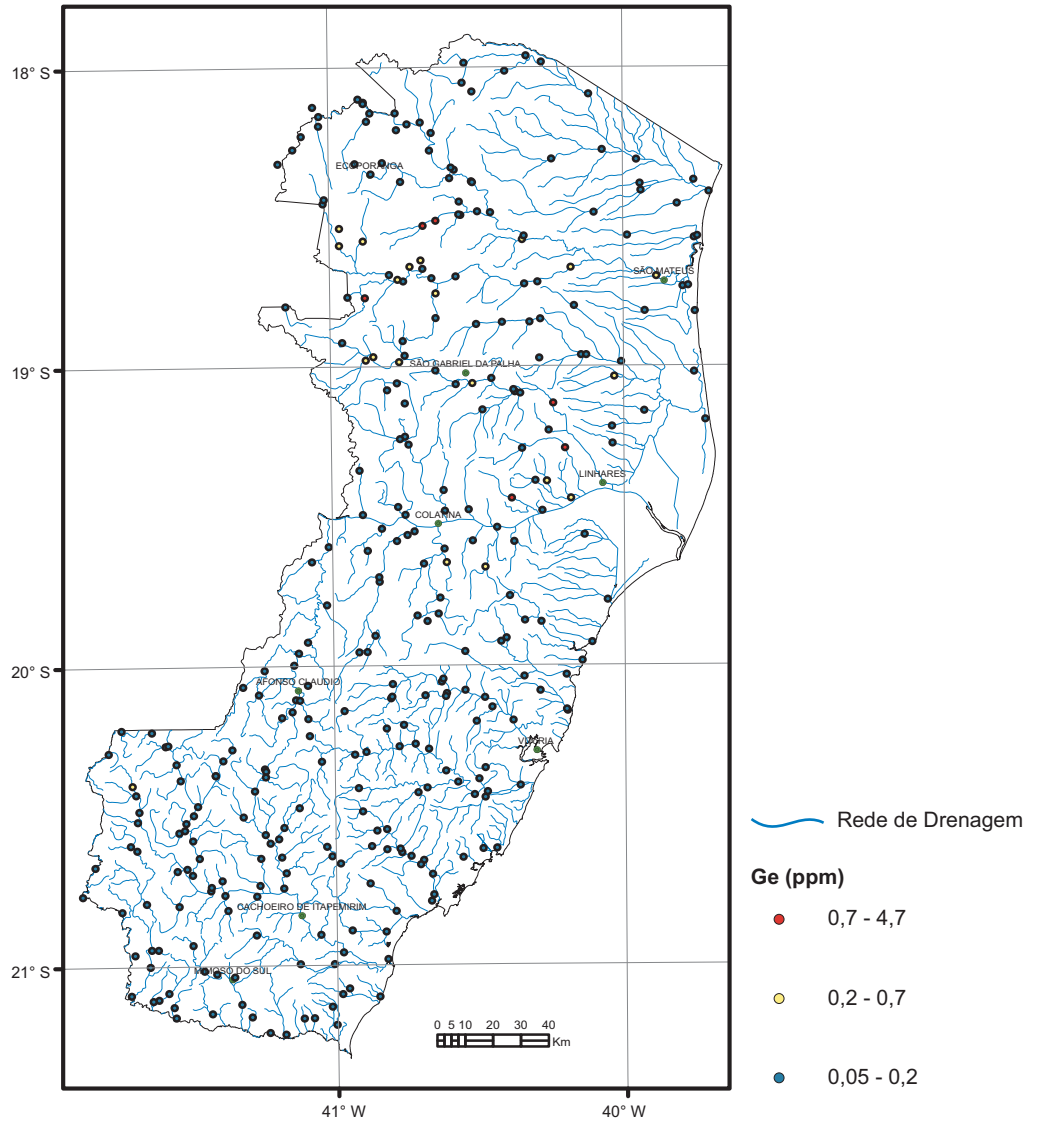
Estatística Descritiva	
Elemento	Fe (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	3,43
Valor Mínimo	0,48
Valor Máximo	8,10
Desvio Padrão	1,69
Coefficiente de Variação (%)	0,49
Mediana	3,07
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



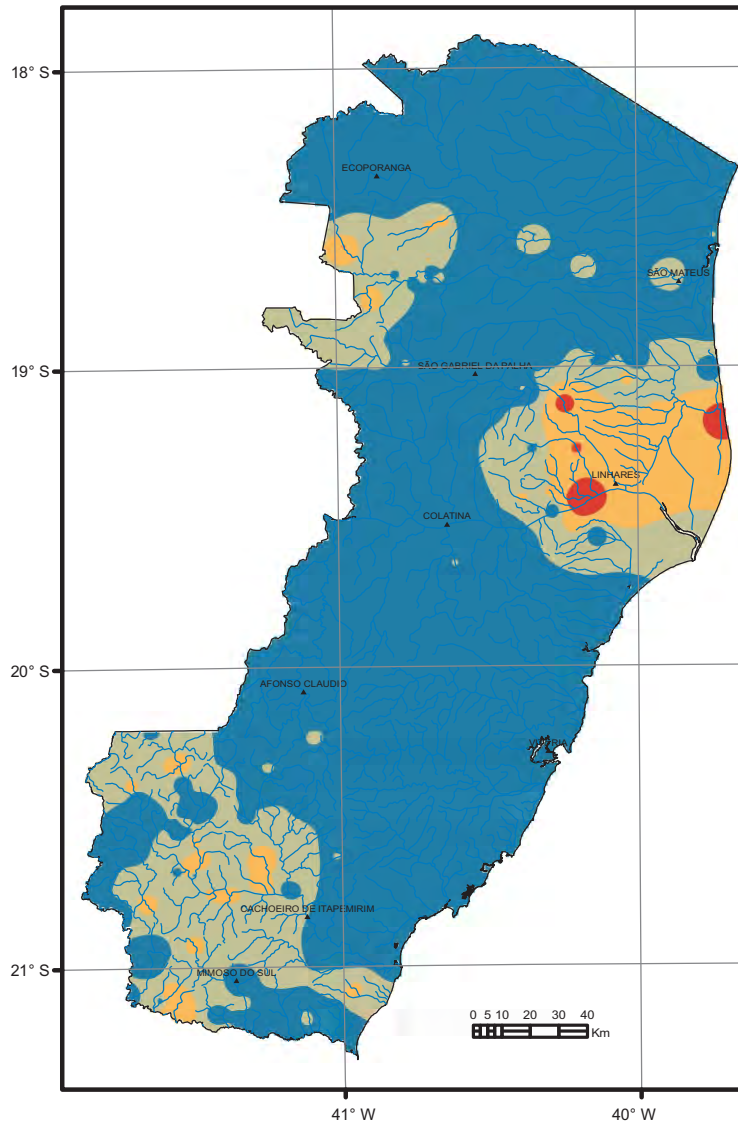
Estatística Descritiva	
Elemento	Ga (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	324
Valor Médio	6,75
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	28,60
Desvio Padrão	5,94
Coefficiente de Variação (%)	0,88
Mediana	5,00
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



Estatística Descritiva	
Elemento	Ga (ppm)
Límite de Detecção	0,10
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	16,95
Valor Mínimo	0,3
Valor Máximo	39,8
Desvio Padrão	7,66
Coefficiente de Variação (%)	0,45
Mediana	16,15
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-

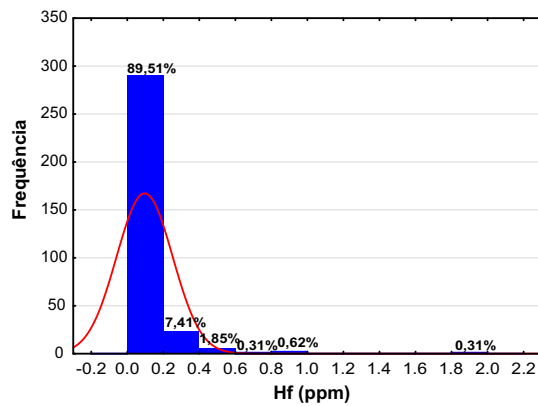
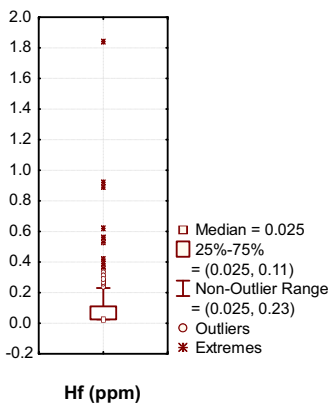
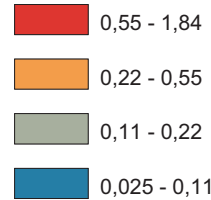


Estatística Descritiva	
Elemento	Ge (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	54
Valor Médio	0,12
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	4,70
Desvio Padrão	0,3
Coefficiente de Variação (%)	2,57
Mediana	0,05
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-

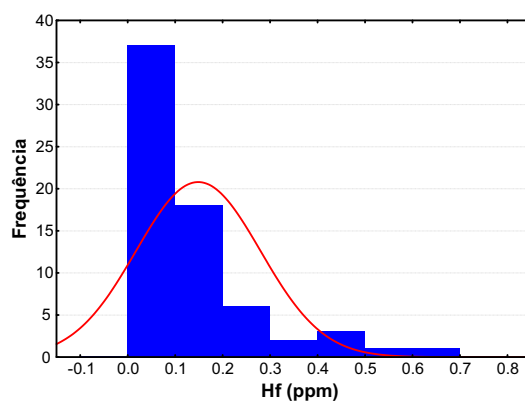
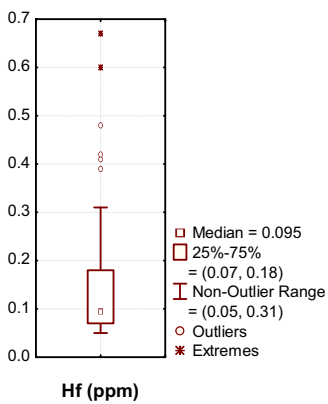
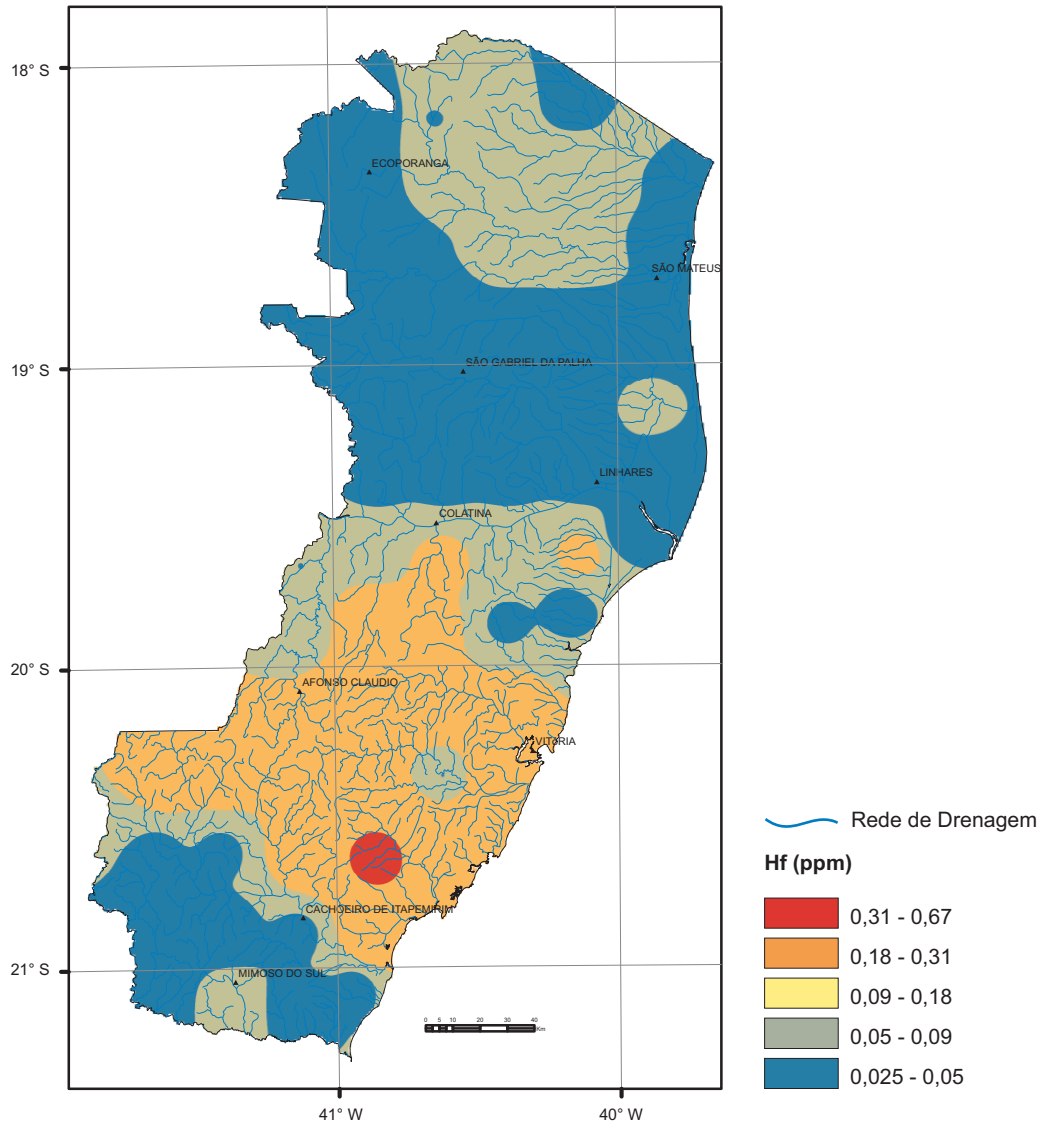


Rede de Drenagem

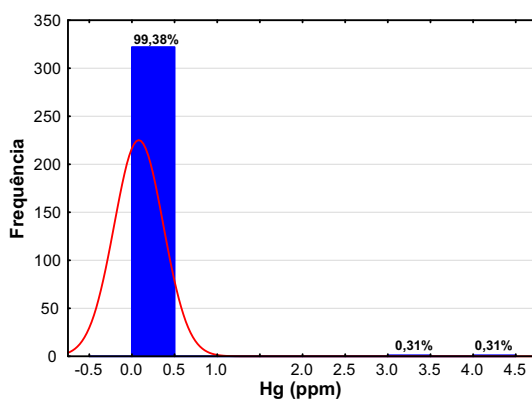
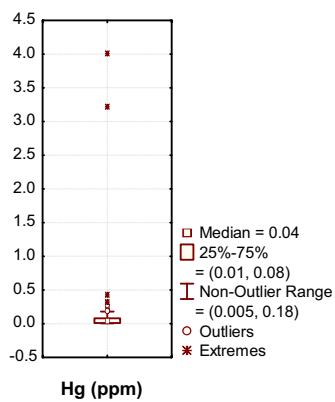
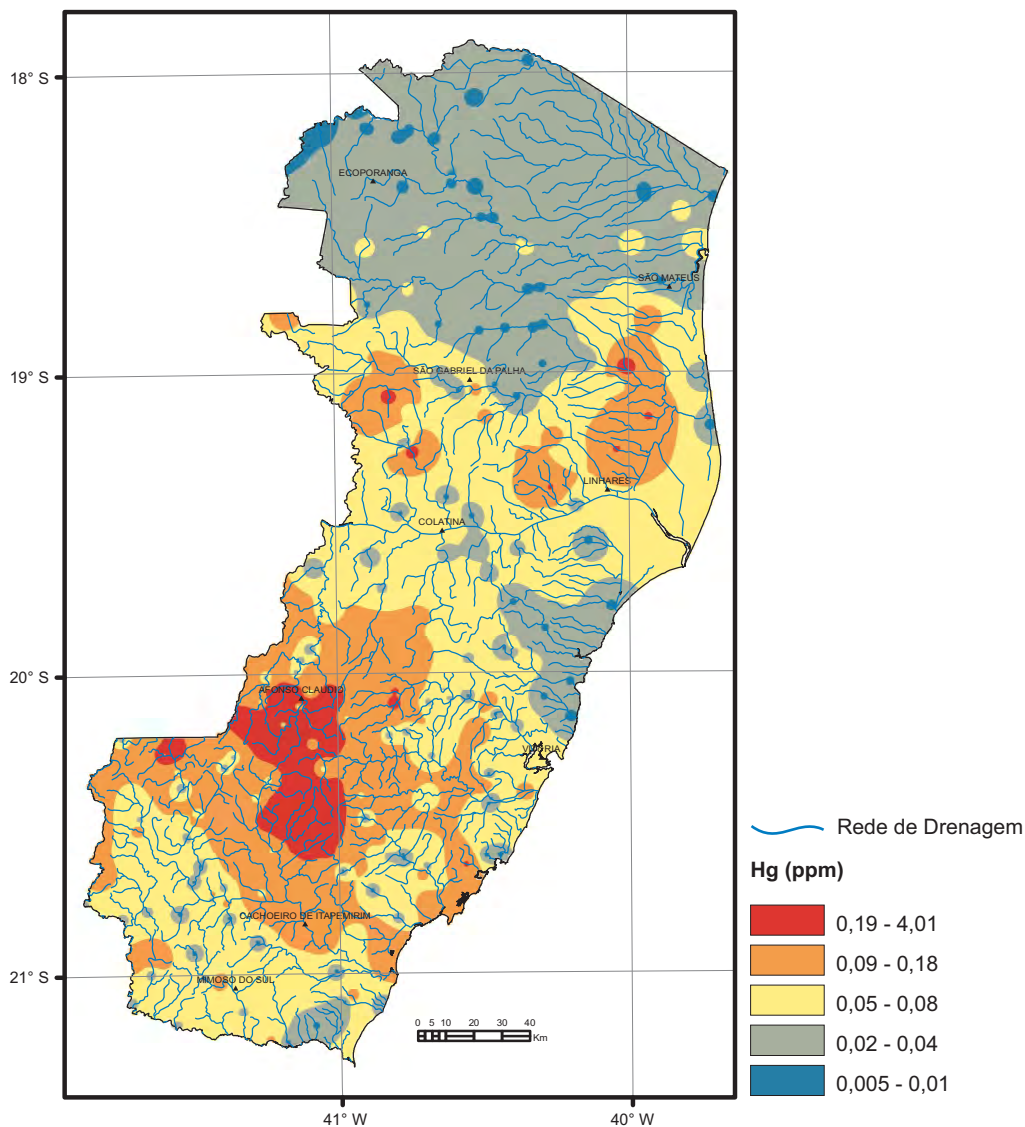
Hf (ppm)



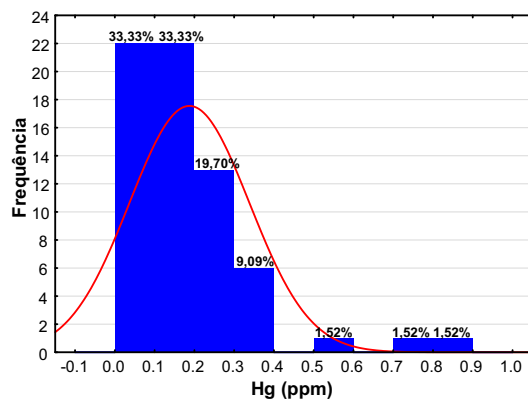
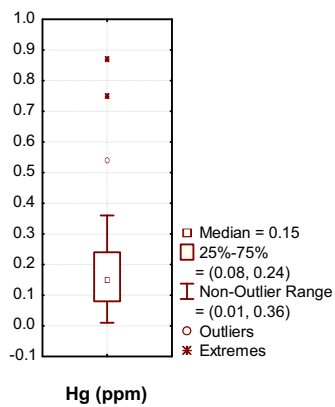
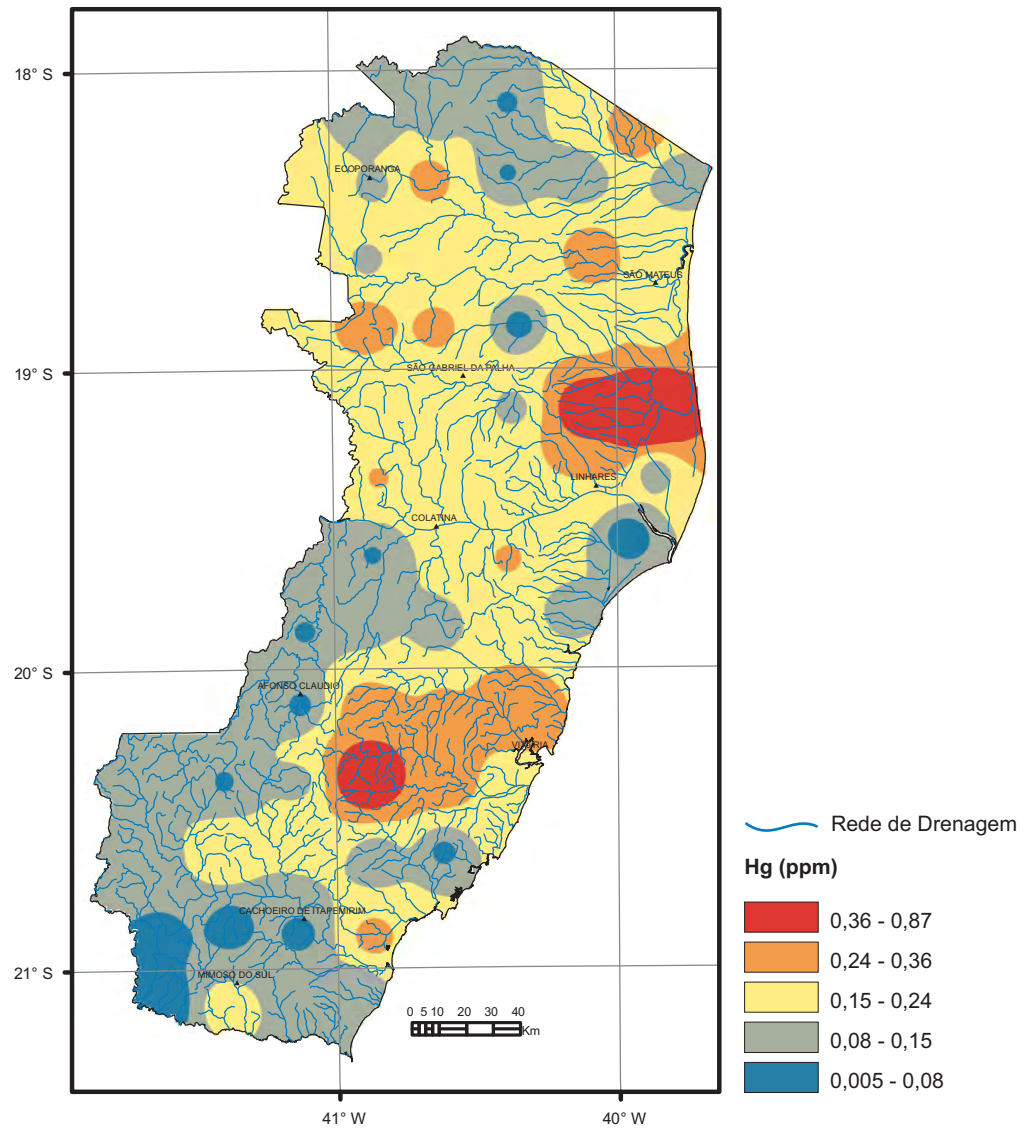
Estatística Descritiva	
Elemento	Hf (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	161
Valor Médio	0,09
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	1,84
Desvio Padrão	0,15
Coeficiente de Variação (%)	1,64
Mediana	0,025
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



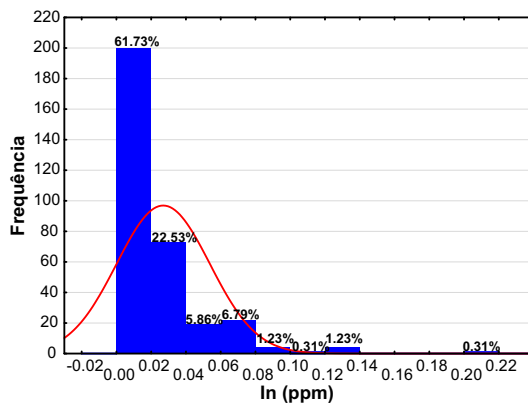
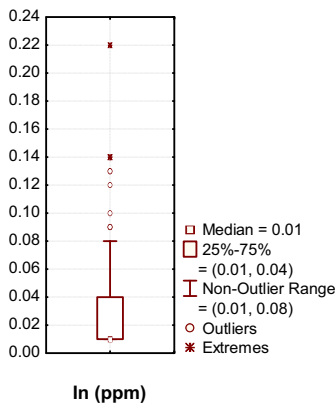
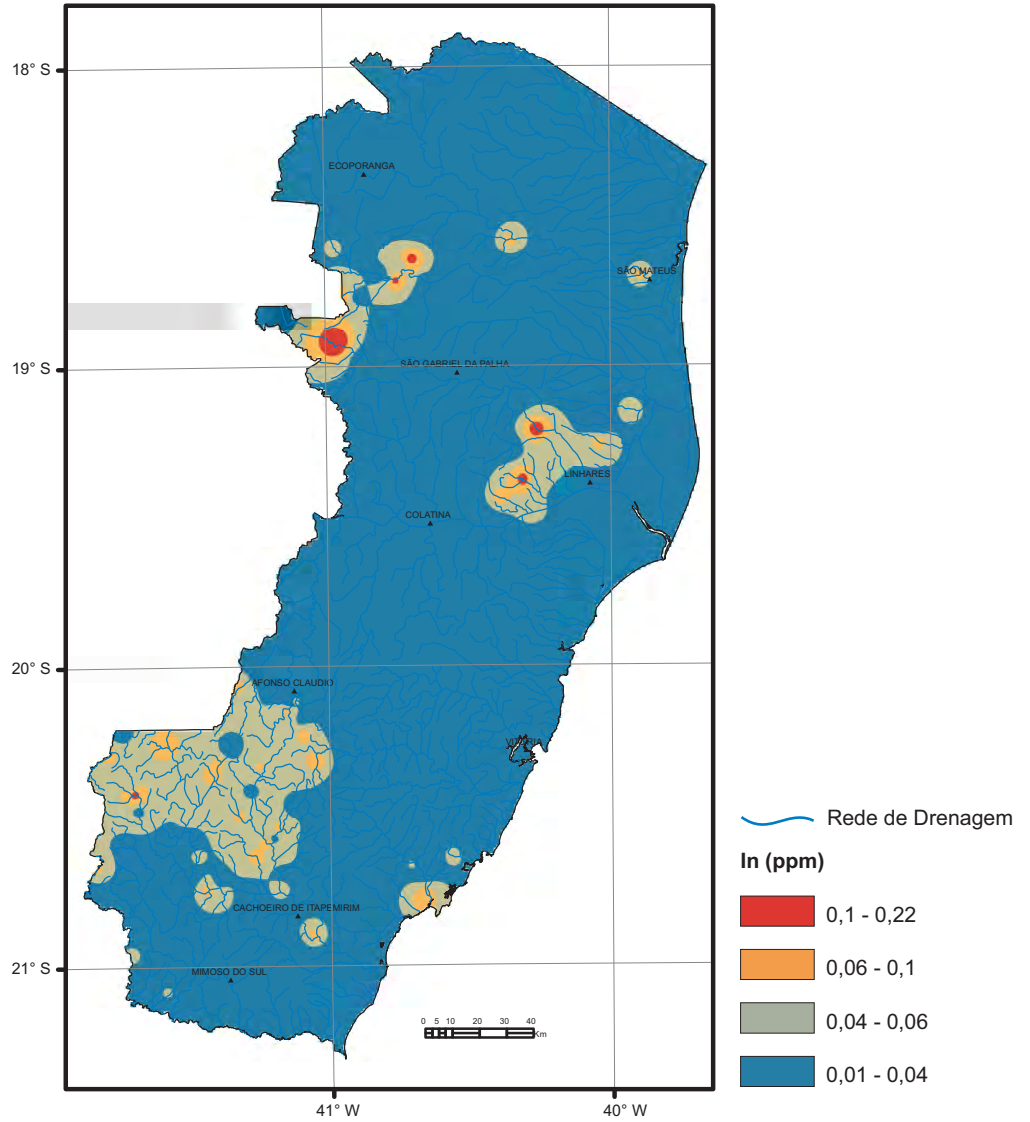
Estatística Descritiva	
Elemento	Hf (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	56
Valor Médio	0,14
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	0,67
Desvio Padrão	0,13
Coefficiente de Variação (%)	0,96
Mediana	0,09
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



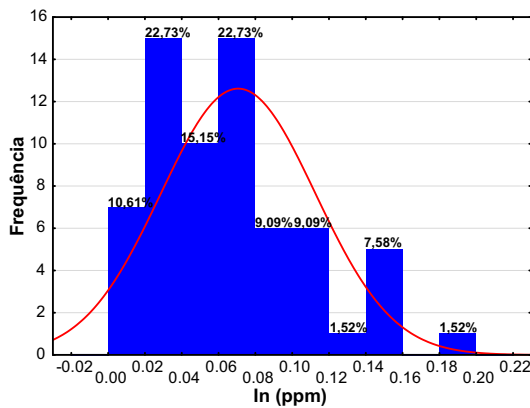
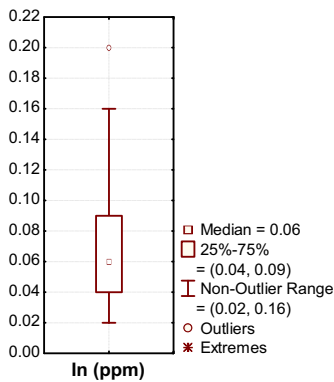
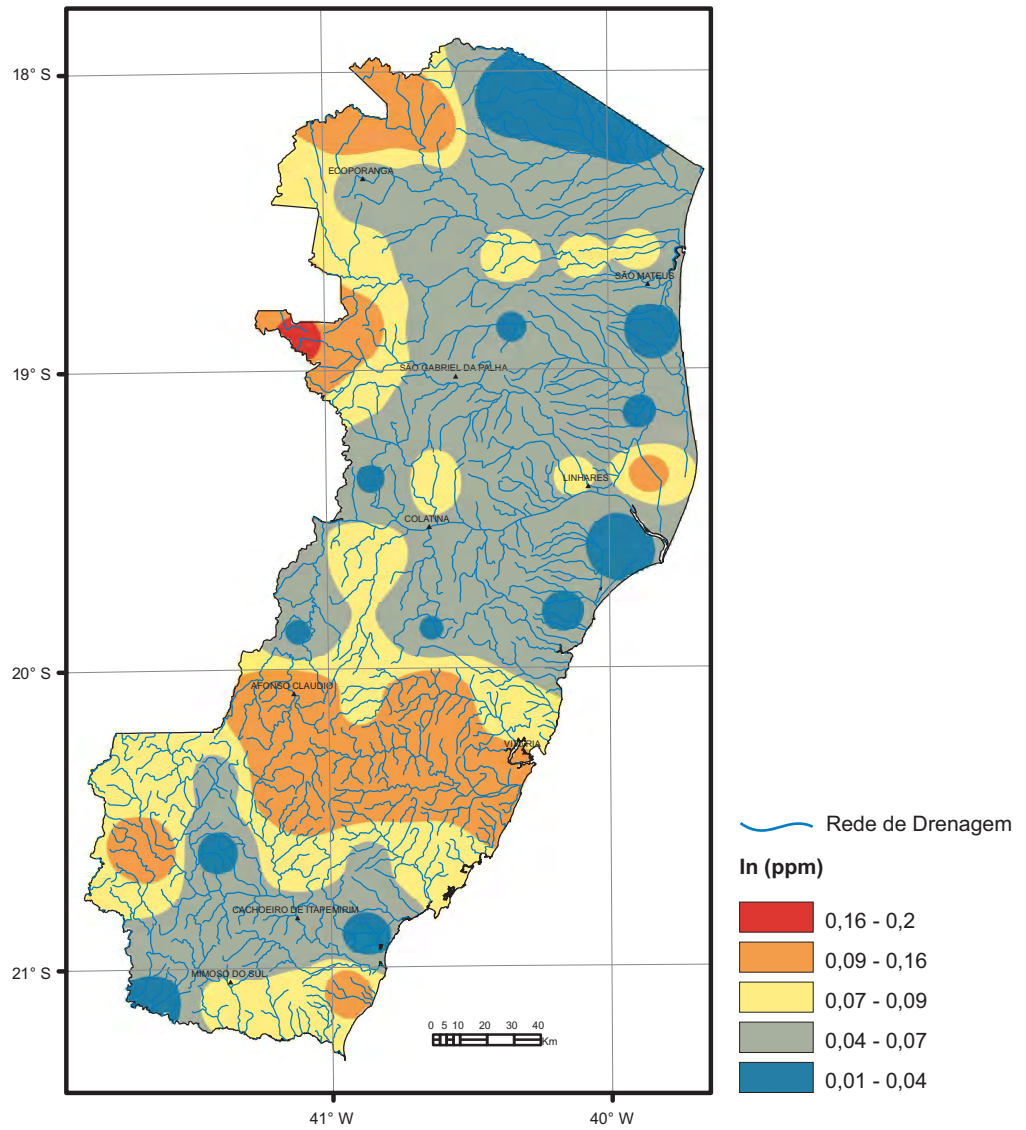
Estatística Descritiva	
Elemento	Hg (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	247
Valor Médio	0,08
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	4,01
Desvio Padrão	0,29
Coefficiente de Variação (%)	3,77
Mediana	0,04
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	0,48
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	0,48



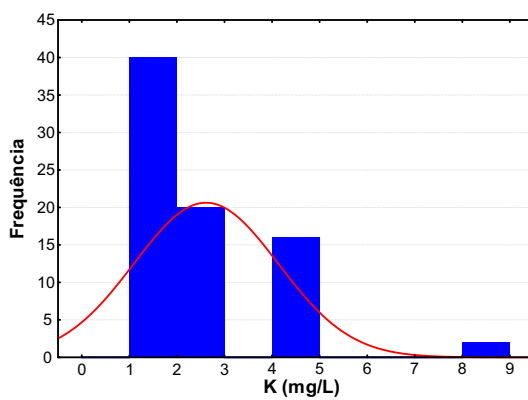
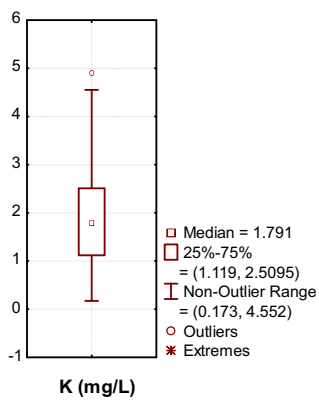
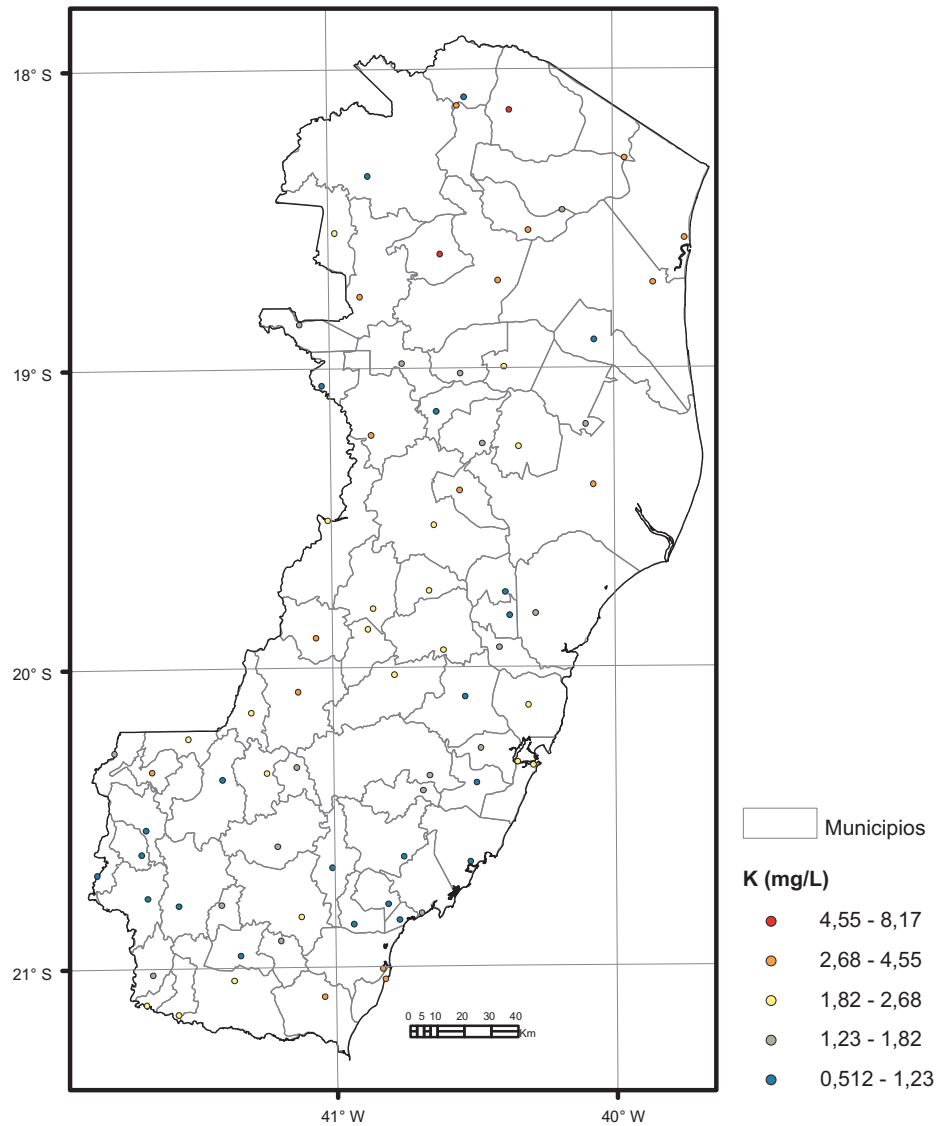
Estatística Descritiva	
Elemento	Hg (ppm)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	68
Valor Médio	0,18
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,87
Desvio Padrão	0,16
Coefficiente de Variação (%)	0,82
Mediana	0,15
CONAMA 420/2009 (VP)	0,50
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	0,30



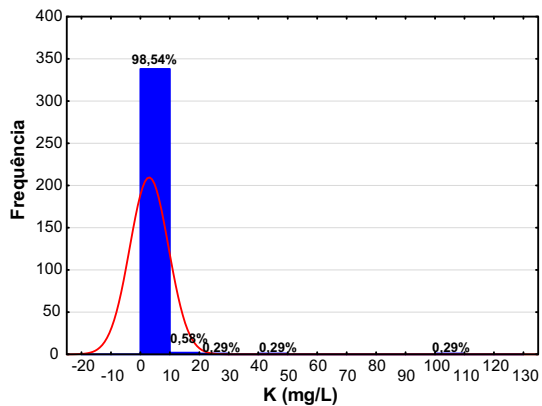
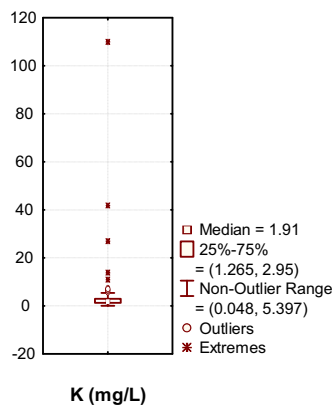
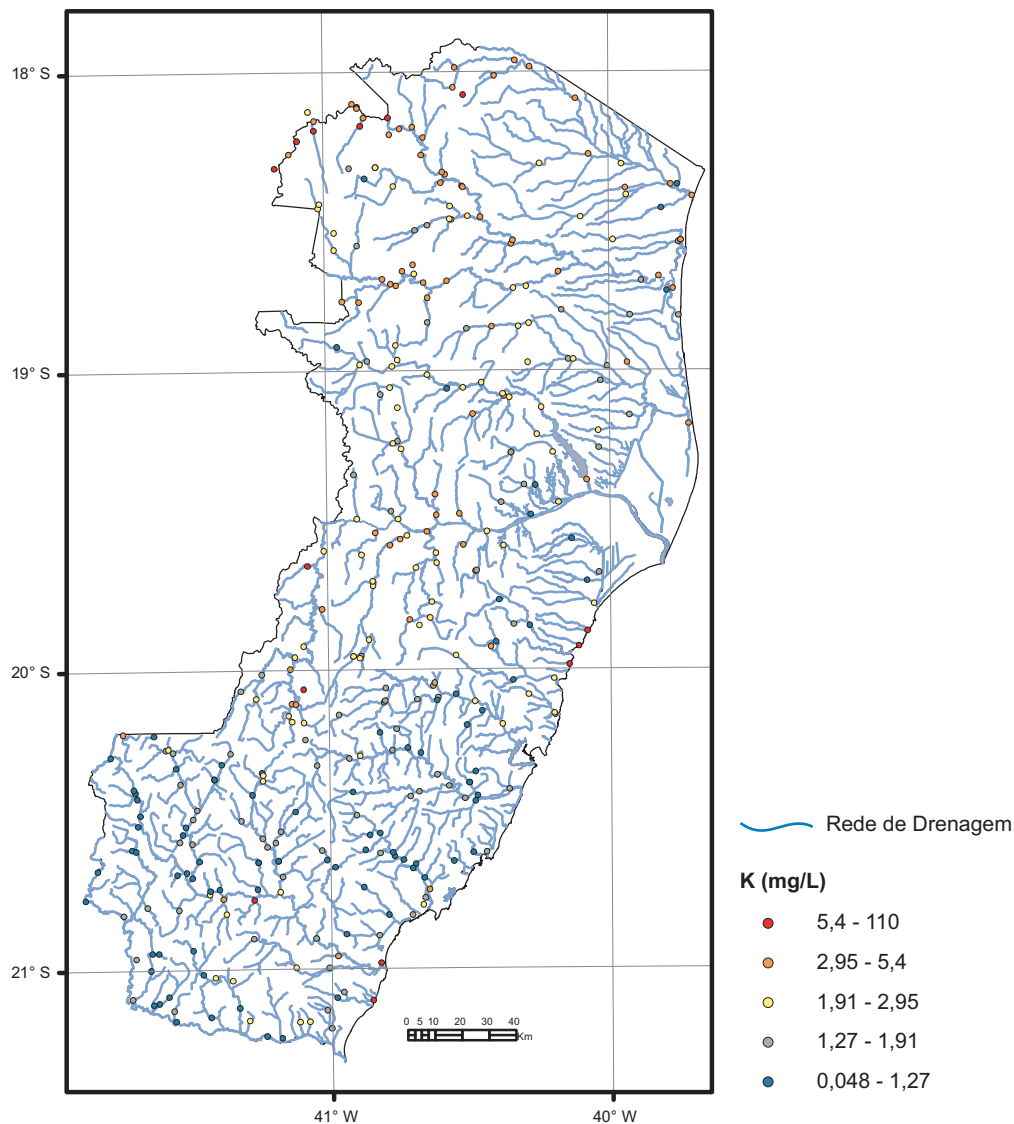
Estatística Descritiva	
Elemento	In (ppm)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	148
Valor Médio	0,03
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,22
Desvio Padrão	0,03
Coefficiente de Variação (%)	1
Mediana	0,01
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



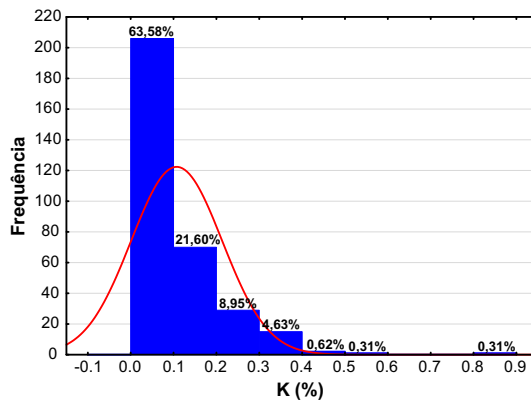
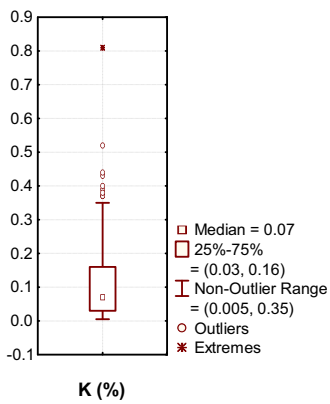
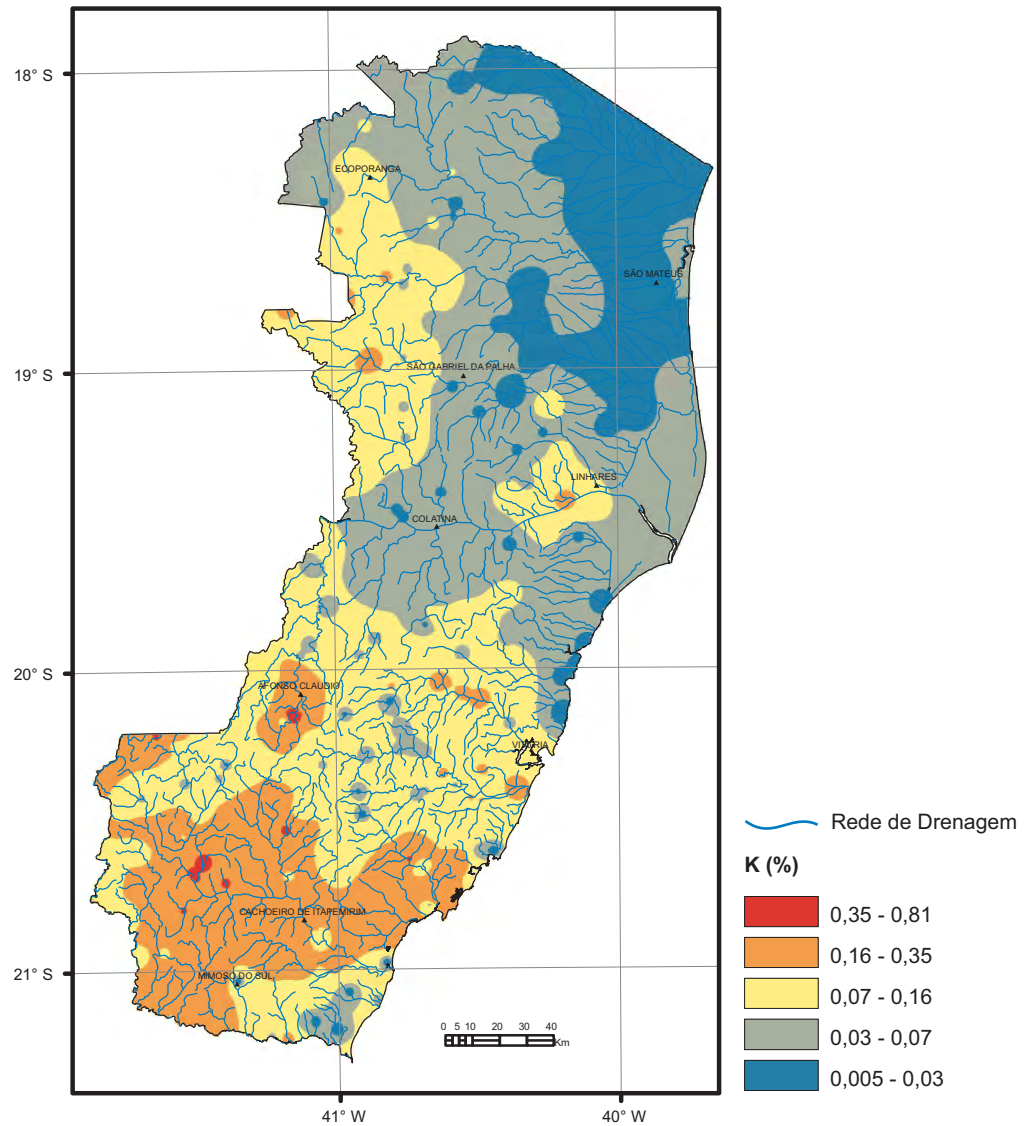
Estatística Descritiva	
Elemento	In (ppm)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	64
Valor Médio	0,07
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,20
Desvio Padrão	0,04
Coefficiente de Variação (%)	0,61
Mediana	0,06
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



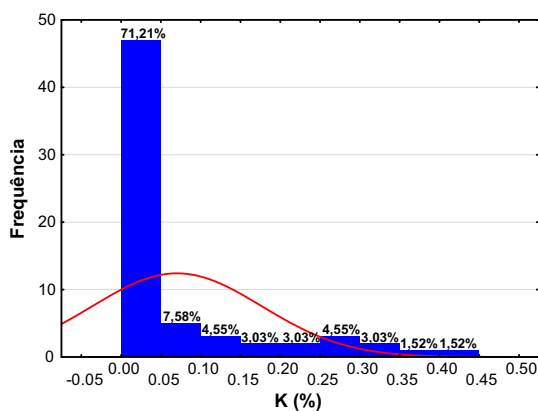
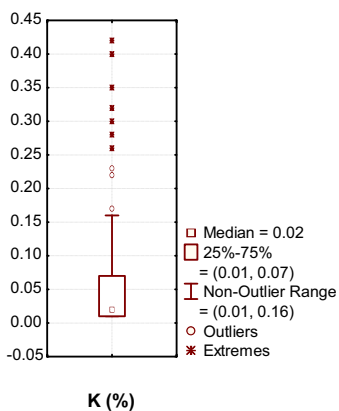
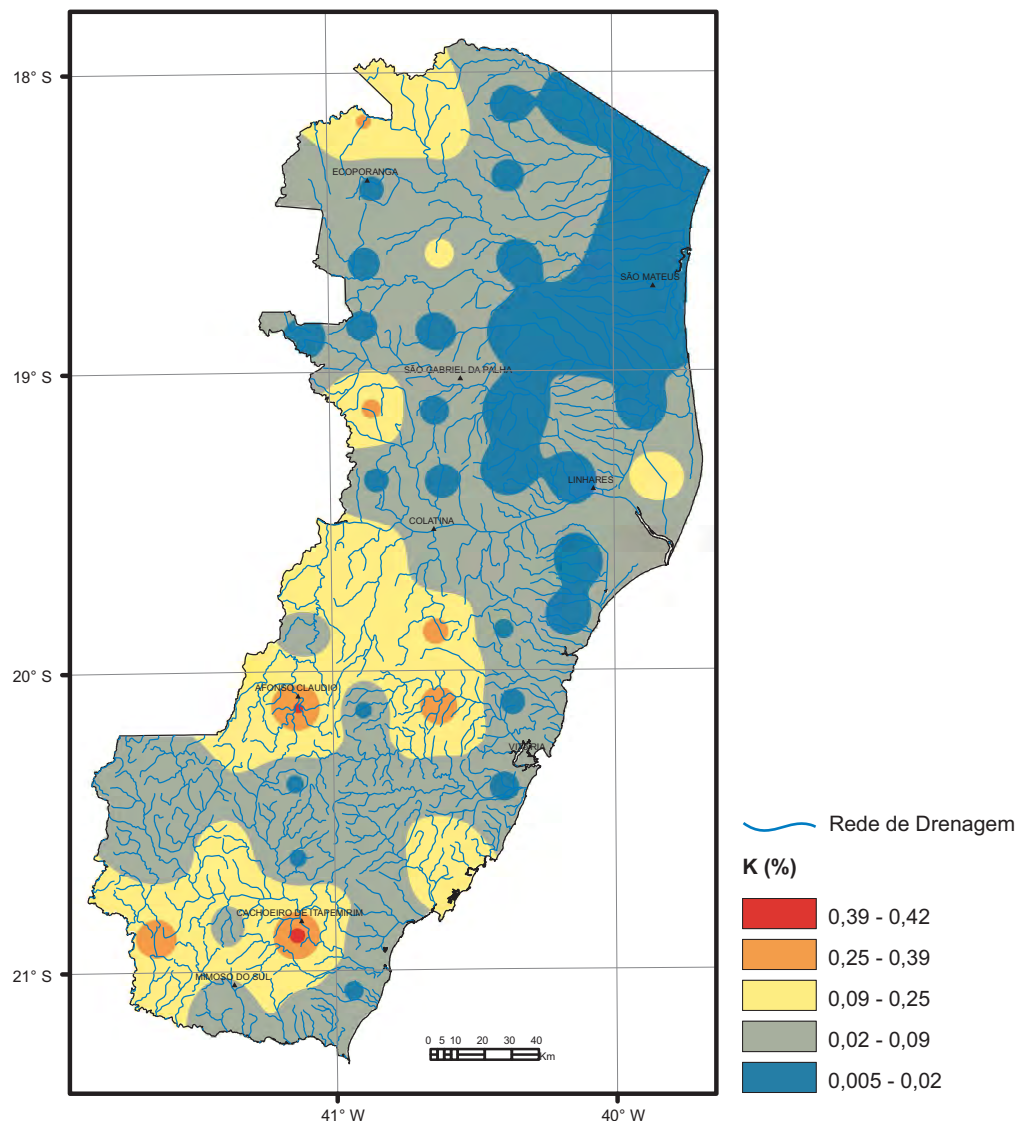
Estatística Descritiva	
Elemento	K (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	78
Valor Médio	2,11
Valor Mínimo	0,51
Valor Máximo	8,17
Desvio Padrão	1,25
Coefficiente de Variação (%)	0,59
Mediana	1,80
CONAMA 357/2005	-



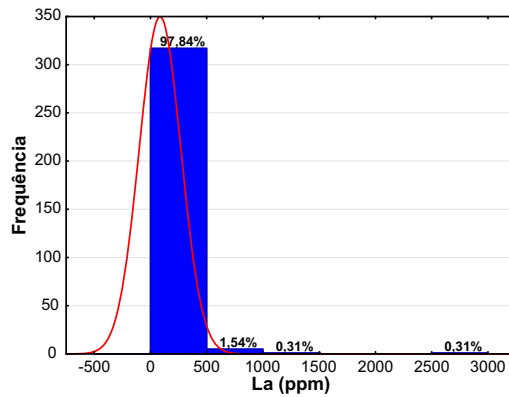
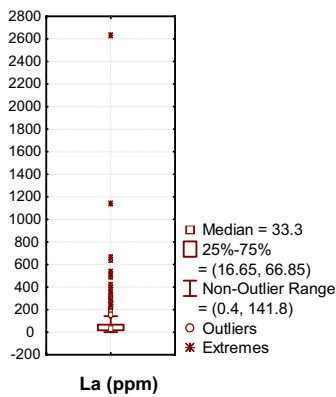
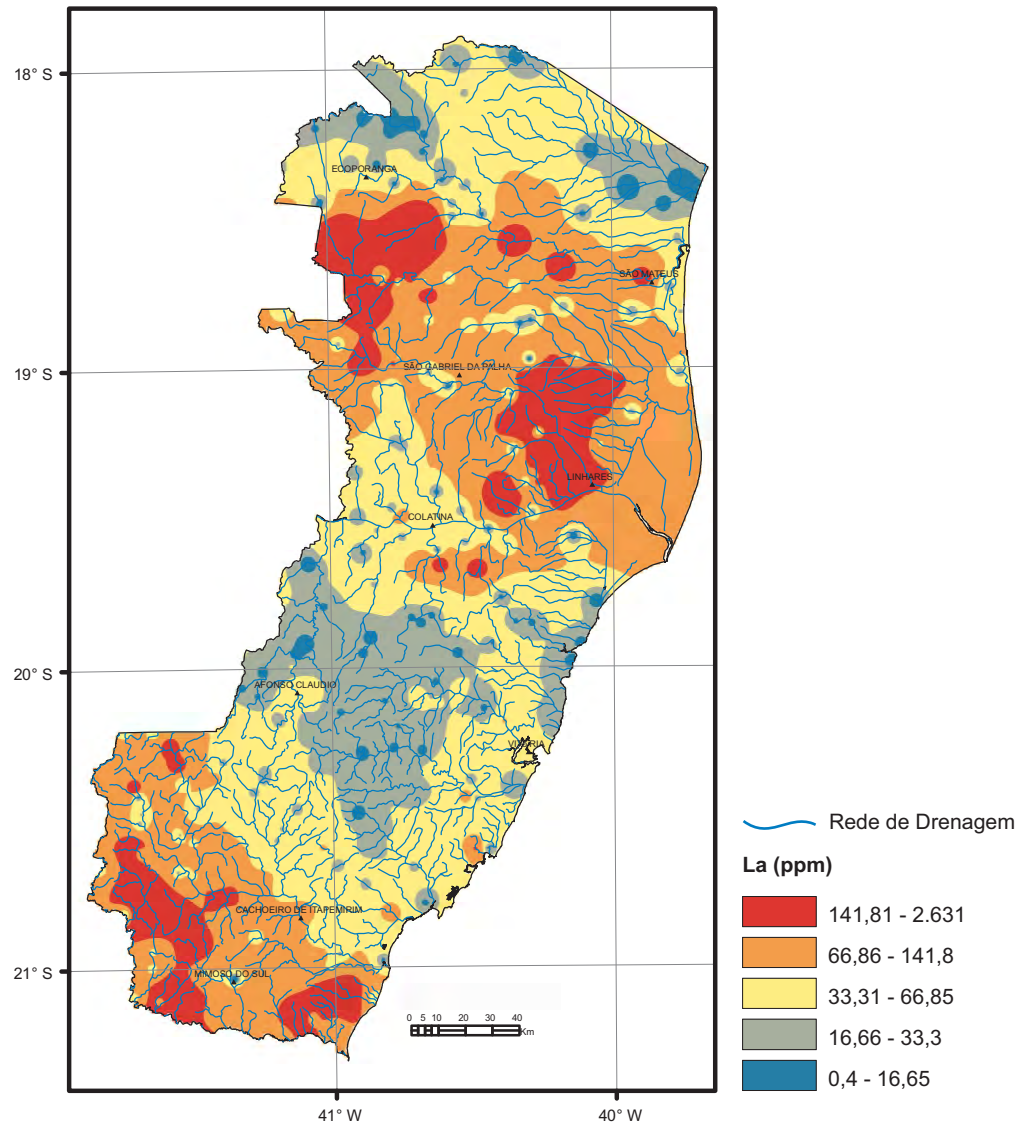
Estatística Descritiva	
Elemento	K (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	345
Valor Médio	2,84
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	110,00
Desvio Padrão	6,53
Coefficiente de Variação (%)	2,30
Mediana	1,91
CONAMA 357/2005	-



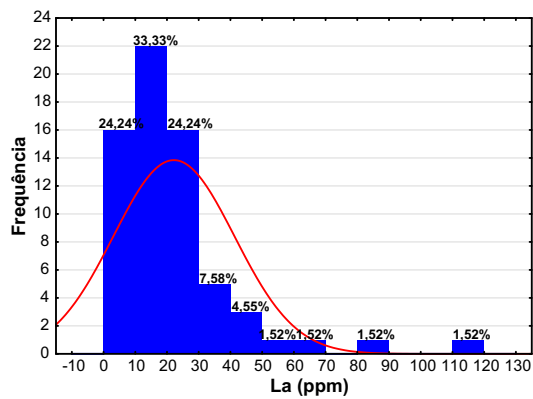
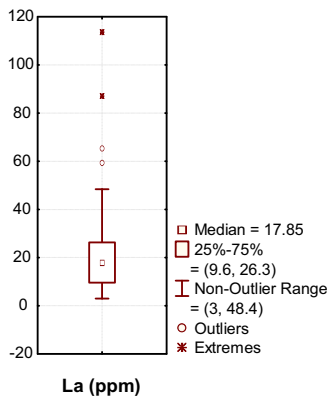
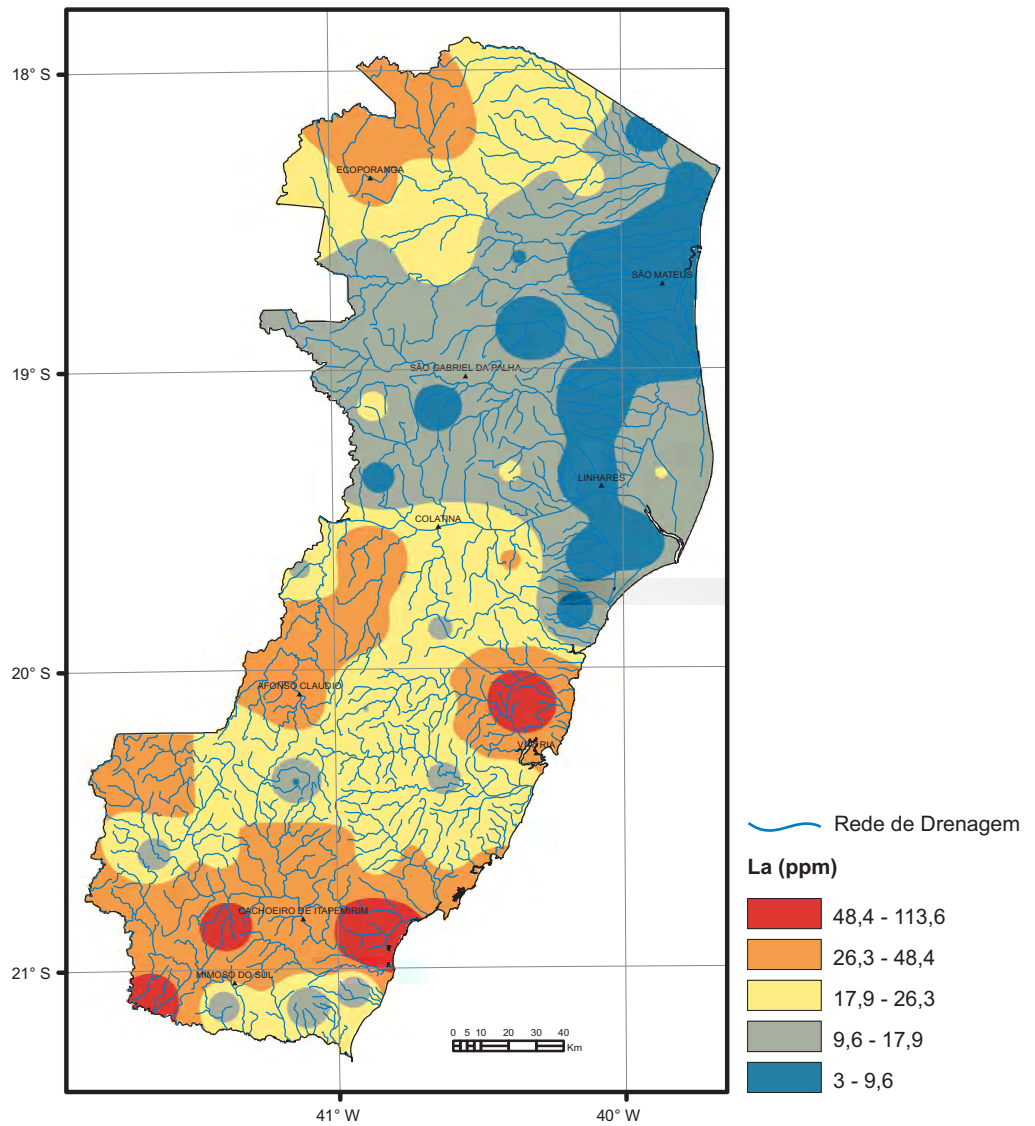
Estatística Descritiva	
Elemento	K (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	297
Valor Médio	0,10
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,81
Desvio Padrão	0,11
Coefficiente de Variação (%)	1
Mediana	0,07
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



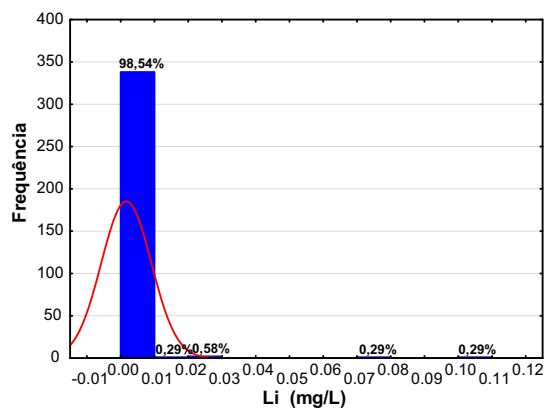
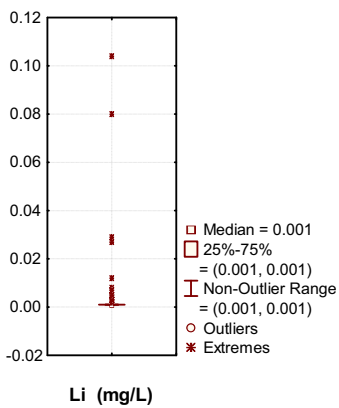
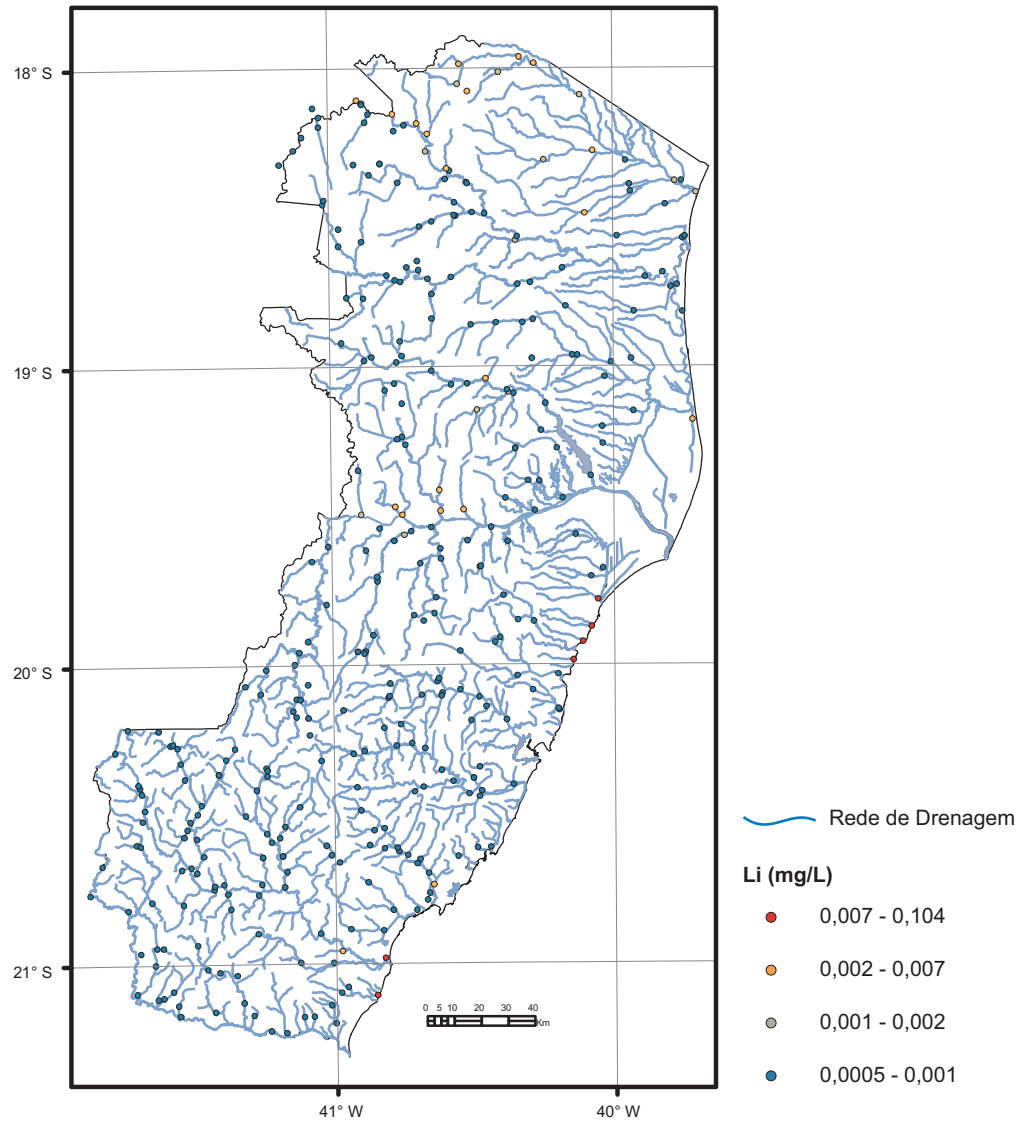
Estatística Descritiva	
Elemento	K (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	50
Valor Médio	0,07
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,42
Desvio Padrão	0,11
Coefficiente de Variação (%)	1,53
Mediana	0,02
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



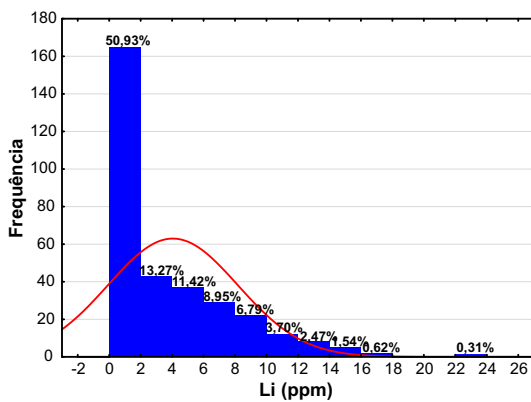
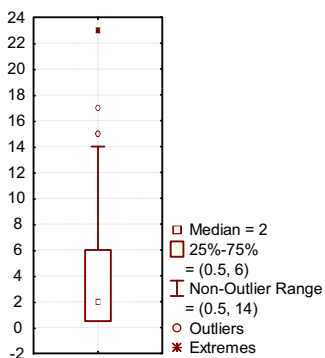
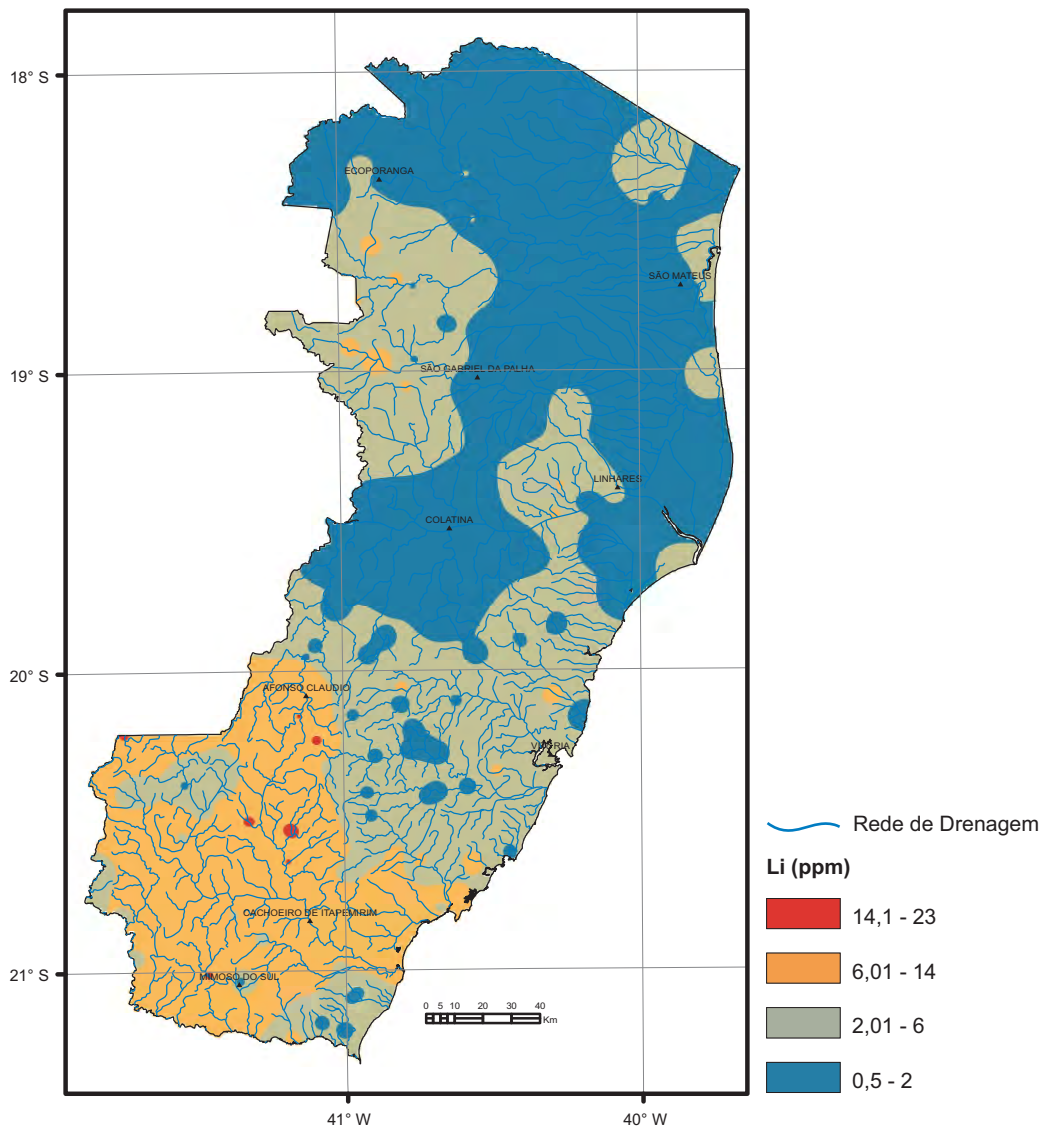
Estatística Descritiva	
Elemento	La (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	80,80
Valor Mínimo	0,40
Valor Máximo	2631,00
Desvio Padrão	184,61
Coeficiente de Variação (%)	2,28
Mediana	33,30
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



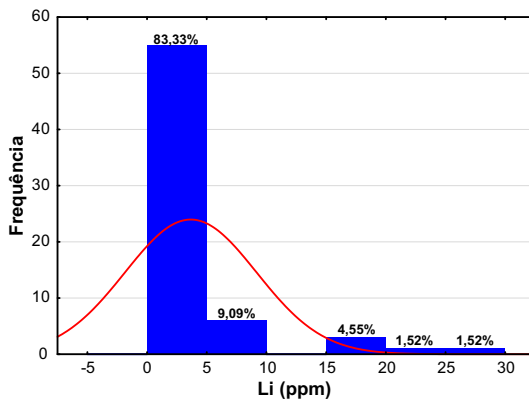
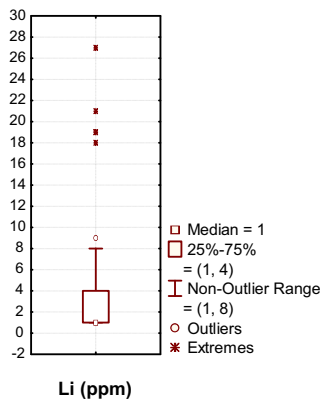
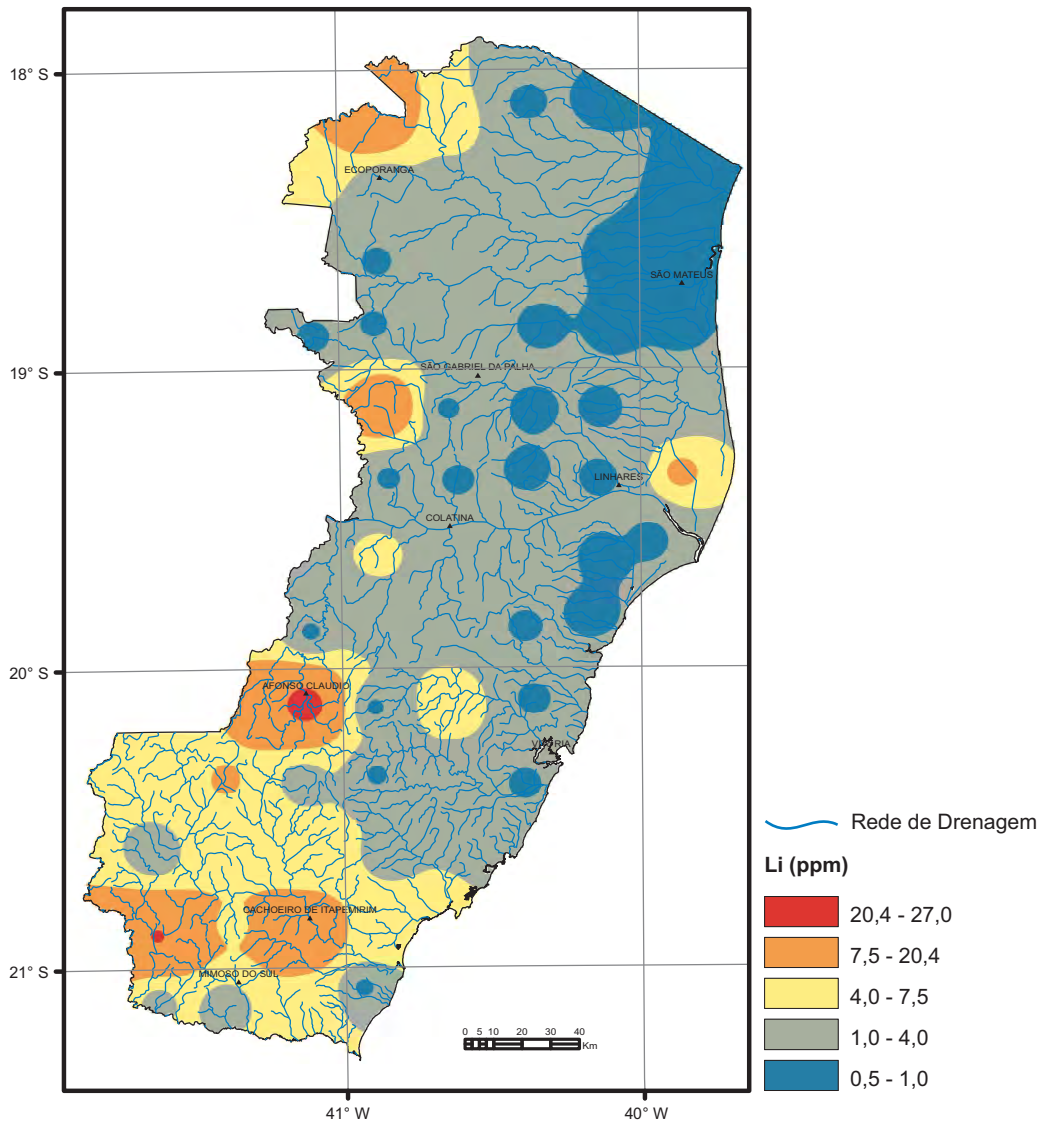
Estatística Descritiva	
Elemento	La (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	21,53
Valor Mínimo	3,00
Valor Máximo	113,60
Desvio Padrão	18,69
Coefficiente de Variação (%)	0,87
Mediana	18,25
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



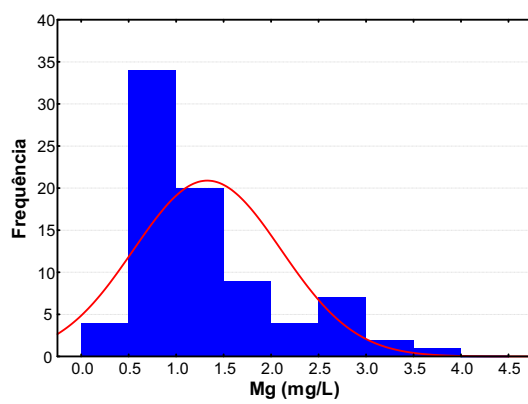
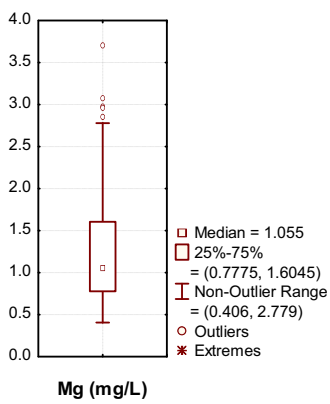
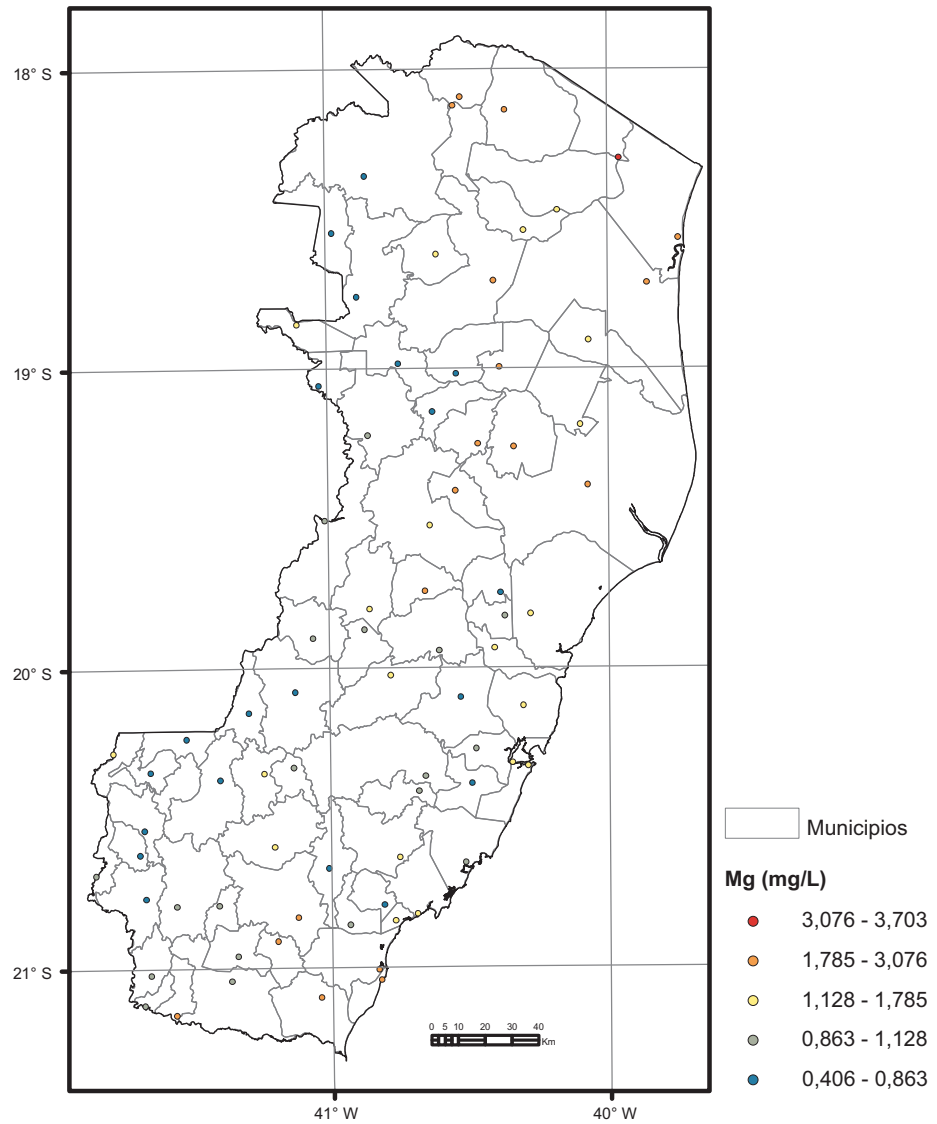
Estatística Descritiva	
Elemento	Li (mg/L)
Limite de Detecção	0,001
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	88
Valor Médio	0,002
Valor Mínimo	0,0005
Valor Máximo	0,104
Desvio Padrão	0,01
Coefficiente de Variação (%)	4,67
Mediana	0,0005
CONAMA 357/2005	2,5



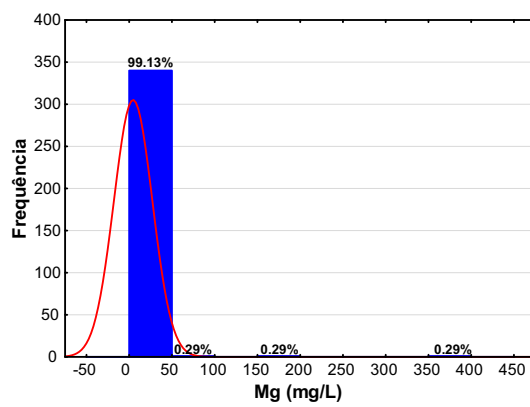
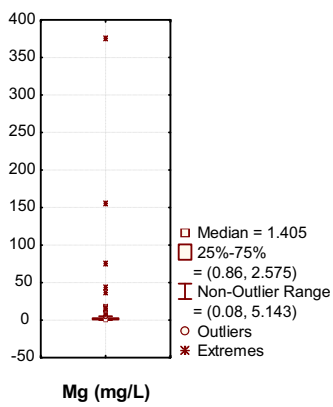
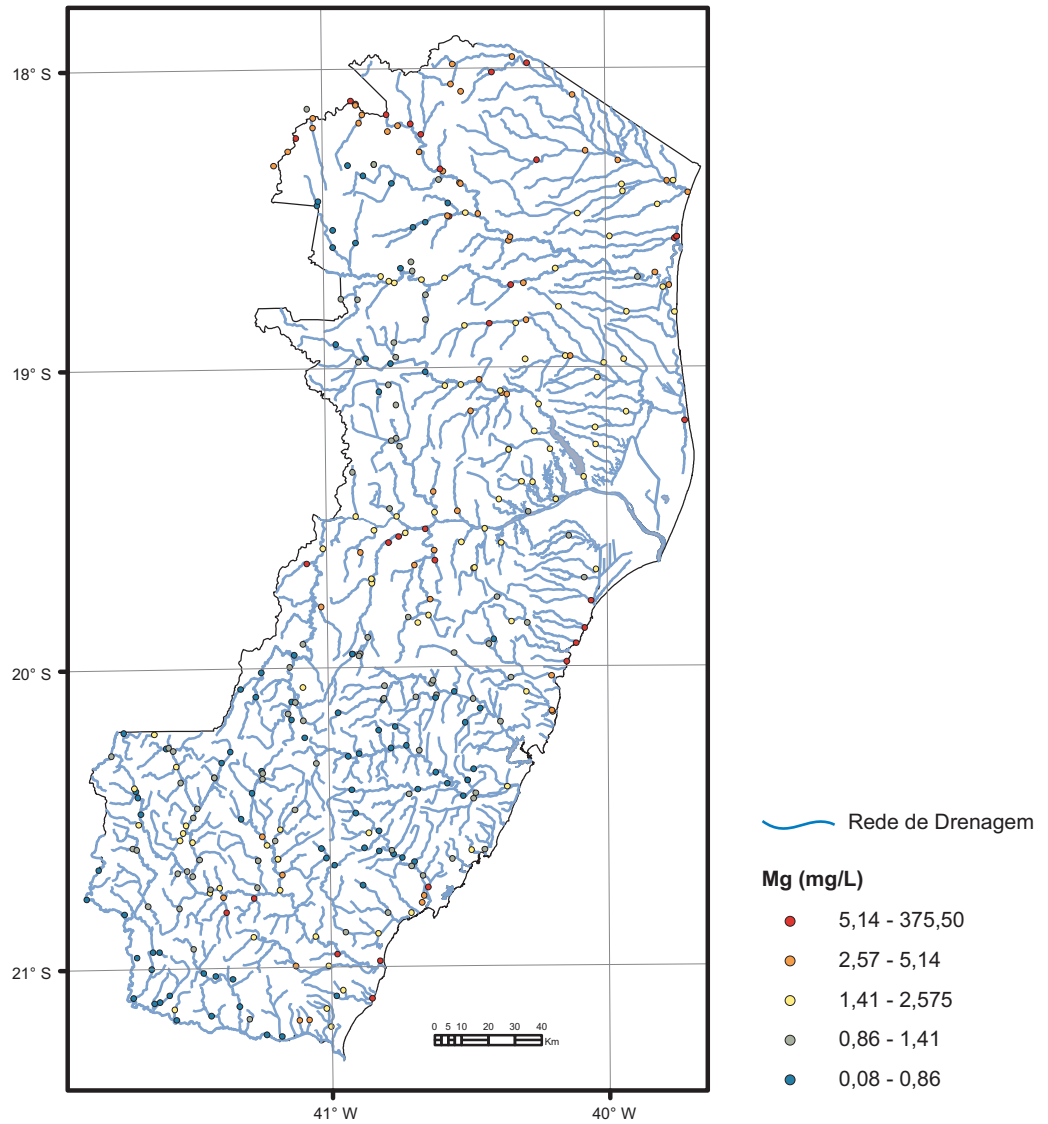
Estatística Descritiva	
Elemento	Li (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	224
Valor Médio	4,01
Valor Mínimo	0,5
Valor Máximo	23,0
Desvio Padrão	4,1
Coefficiente de Variação (%)	1,02
Mediana	2,0
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



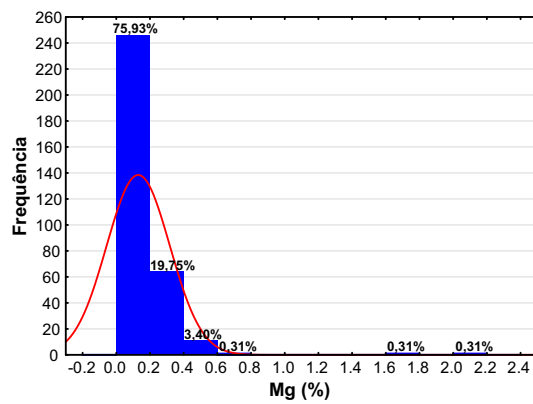
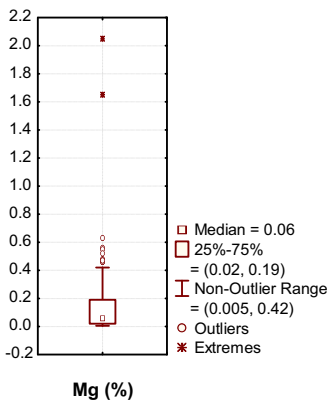
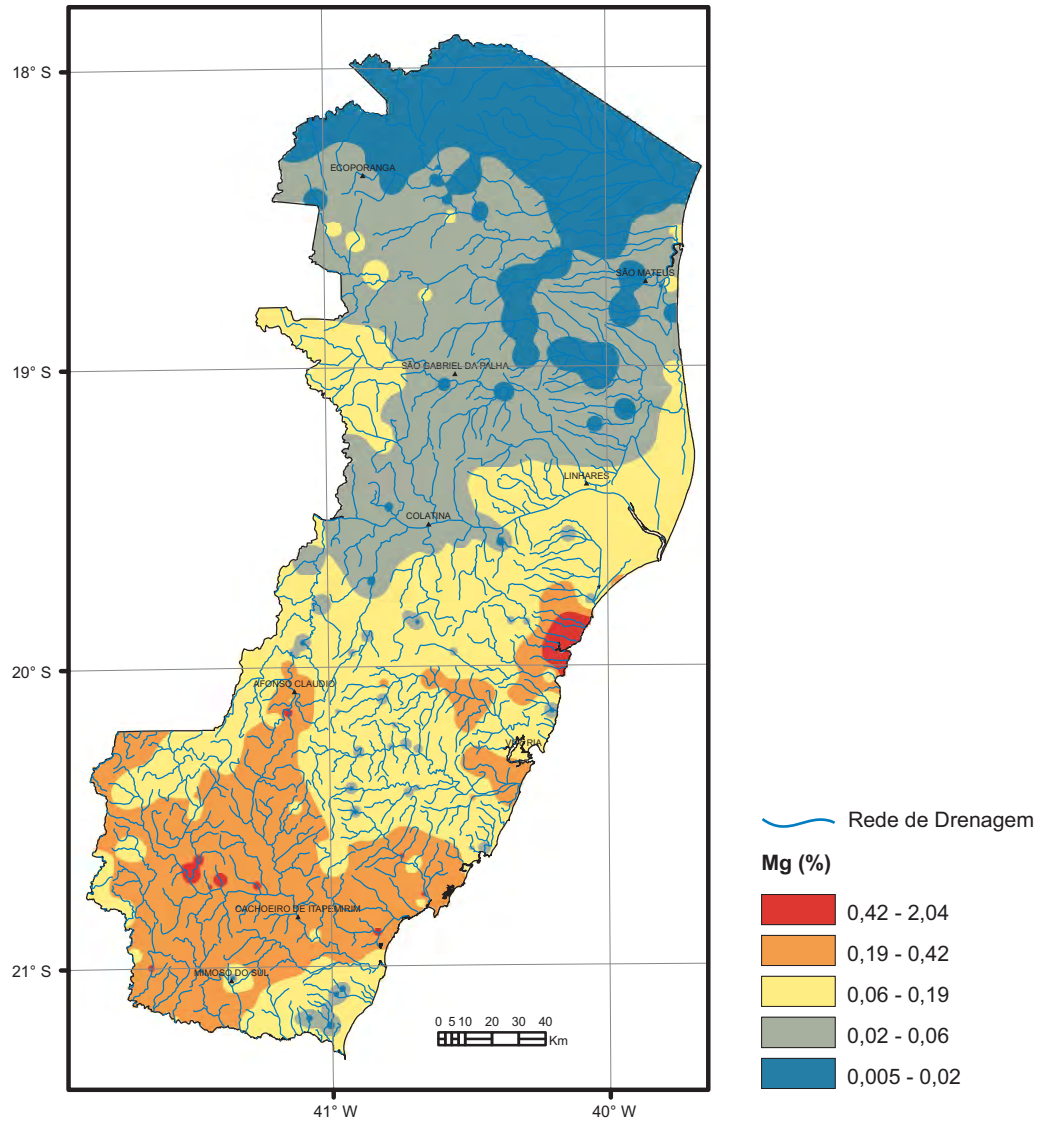
Estatística Descritiva	
Elemento	Li (ppm)
Limite de Detecção	1
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	39
Valor Médio	3,39
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	27,00
Desvio Padrão	5,35
Coefficiente de Variação (%)	1,52
Mediana	1,00
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuITRs/2008 (Target)	-



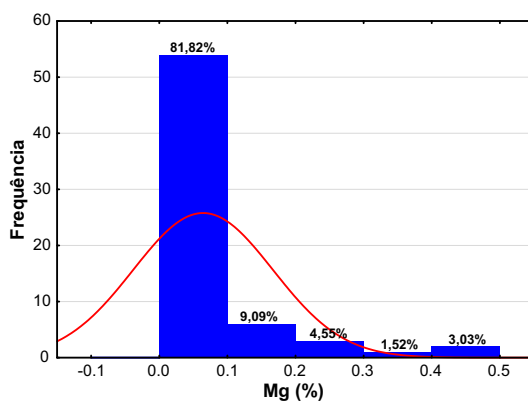
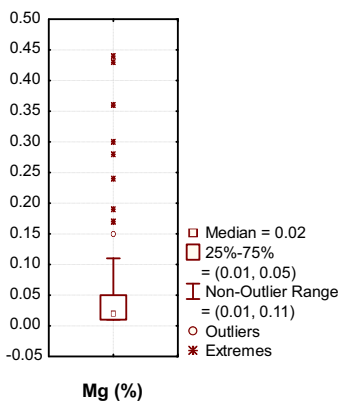
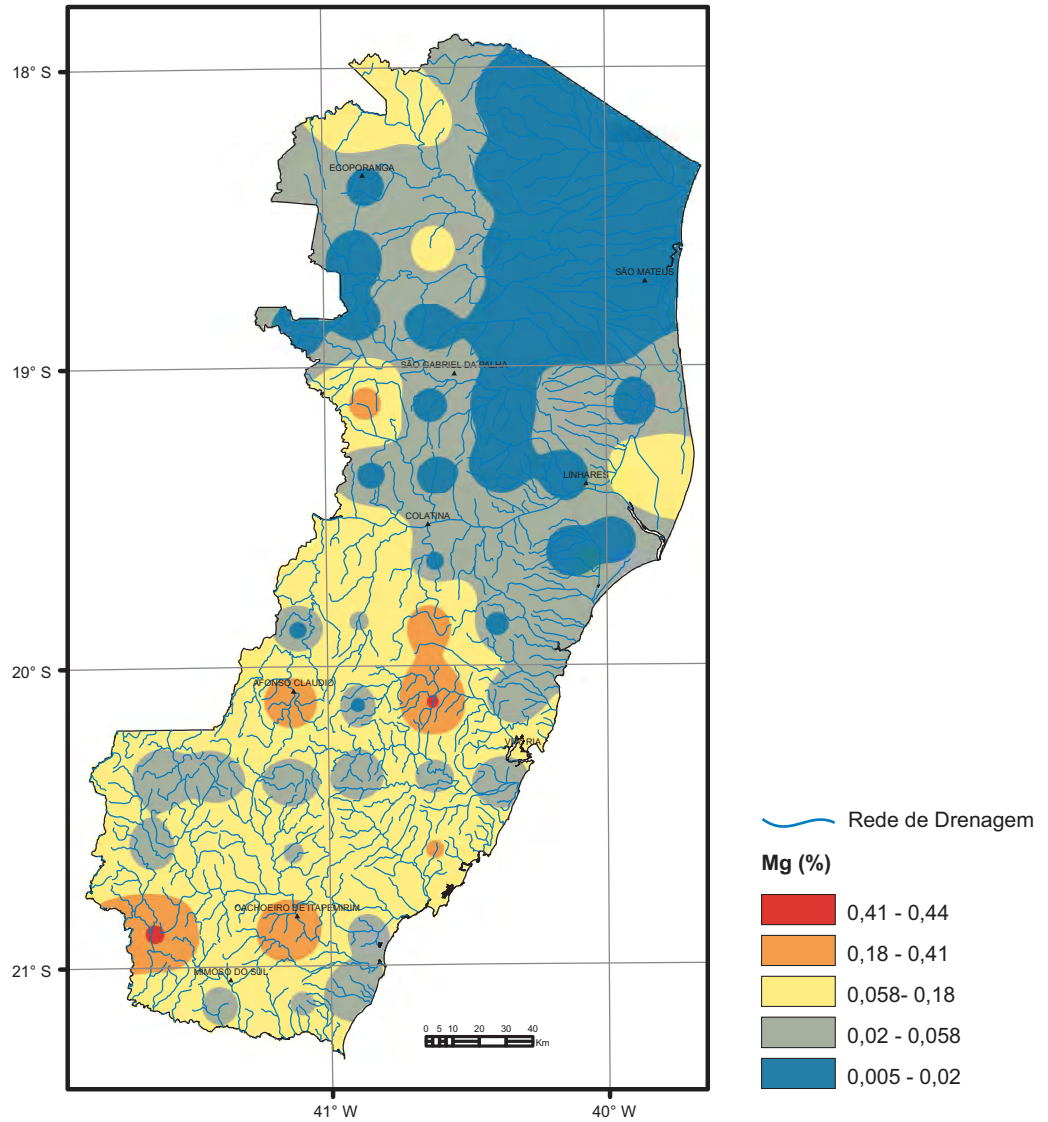
Estatística Descritiva	
Elemento	Mg (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	78
Valor Médio	1,37
Valor Mínimo	0,41
Valor Máximo	3,70
Desvio Padrão	0,77
Coefficiente de Variação (%)	0,56
Mediana	1,13
CONAMA 357/2005	-



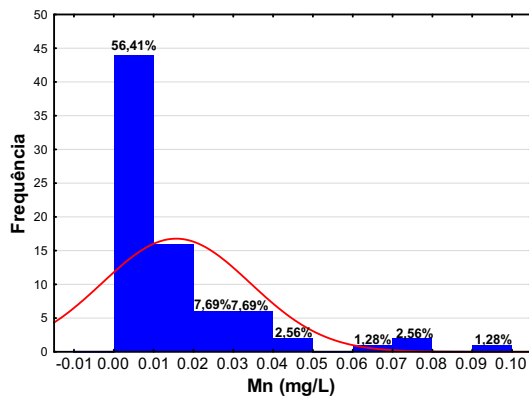
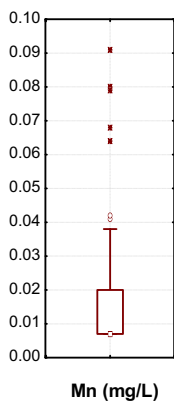
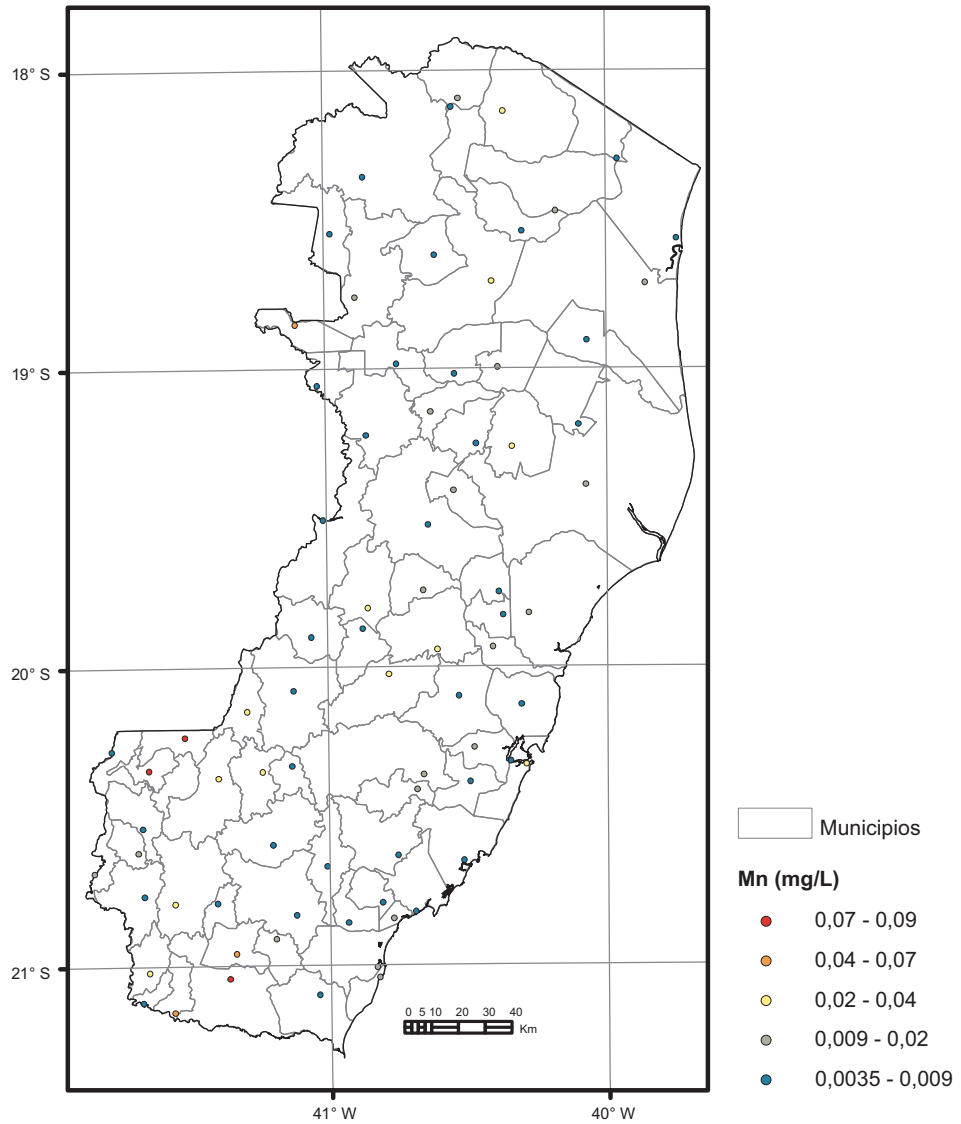
Estatística Descritiva	
Elemento	Mg (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	345
Valor Médio	4,21
Valor Mínimo	0,08
Valor Máximo	375,5
Desvio Padrão	22,42
Coefficiente de Variação (%)	5,33
Mediana	1,41
CONAMA 357/2005	-



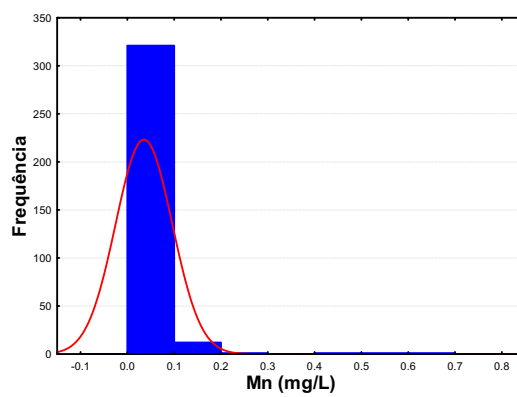
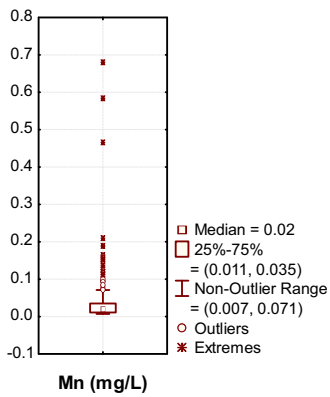
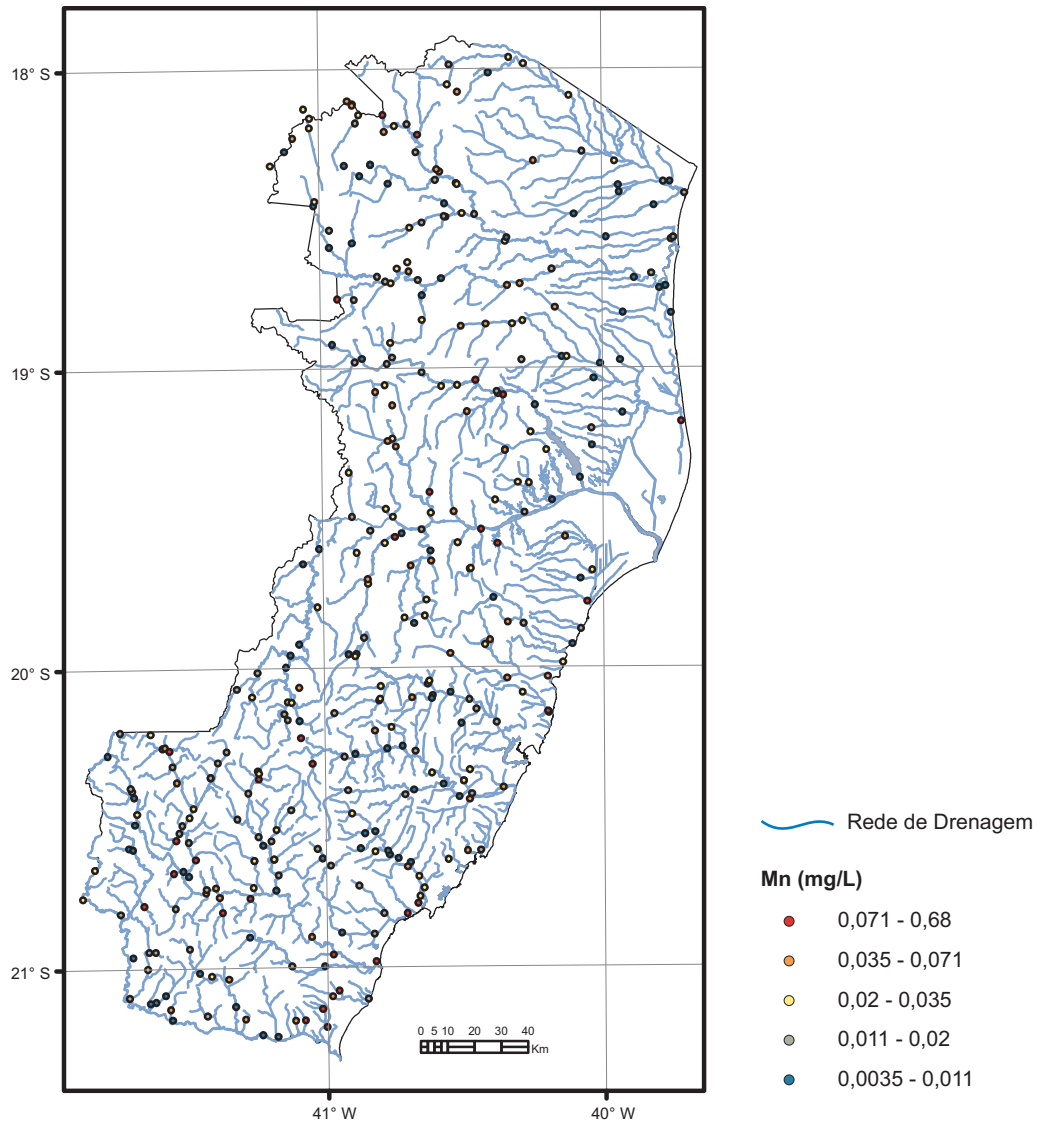
Estatística Descritiva	
Elemento	Mg (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	273
Valor Médio	0,13
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	2,05
Desvio Padrão	0,19
Coefficiente de Variação (%)	1,46
Mediana	0,06
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



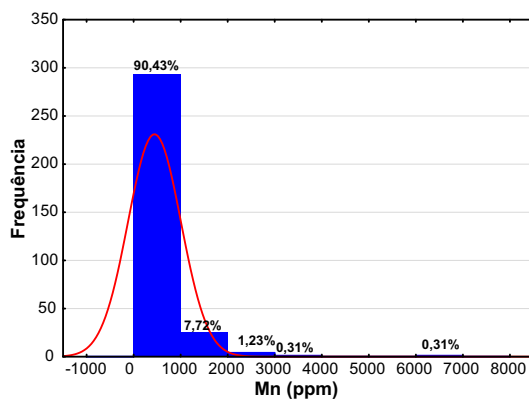
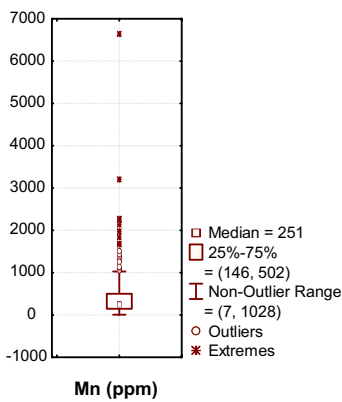
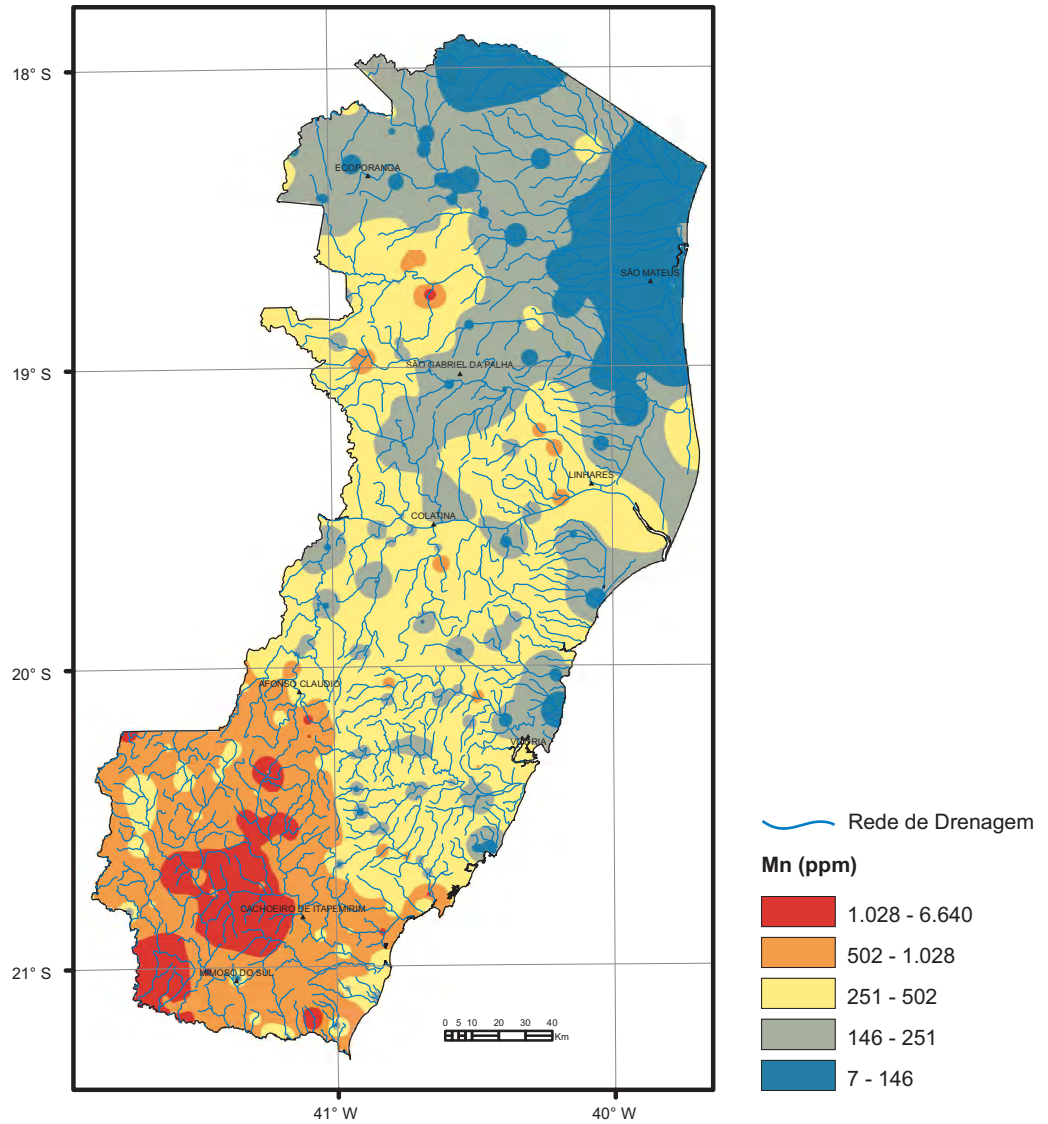
Estatística Descritiva	
Elemento	Mg (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	43
Valor Médio	0,06
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,44
Desvio Padrão	0,099
Coefficiente de Variação (%)	1,61
Mediana	0,02
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



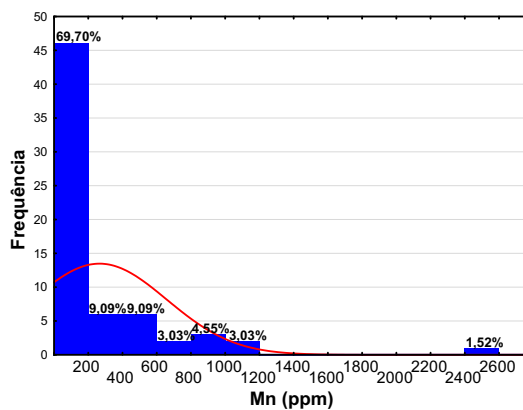
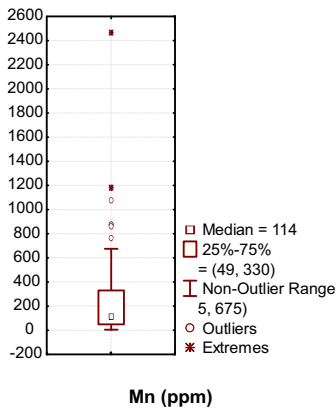
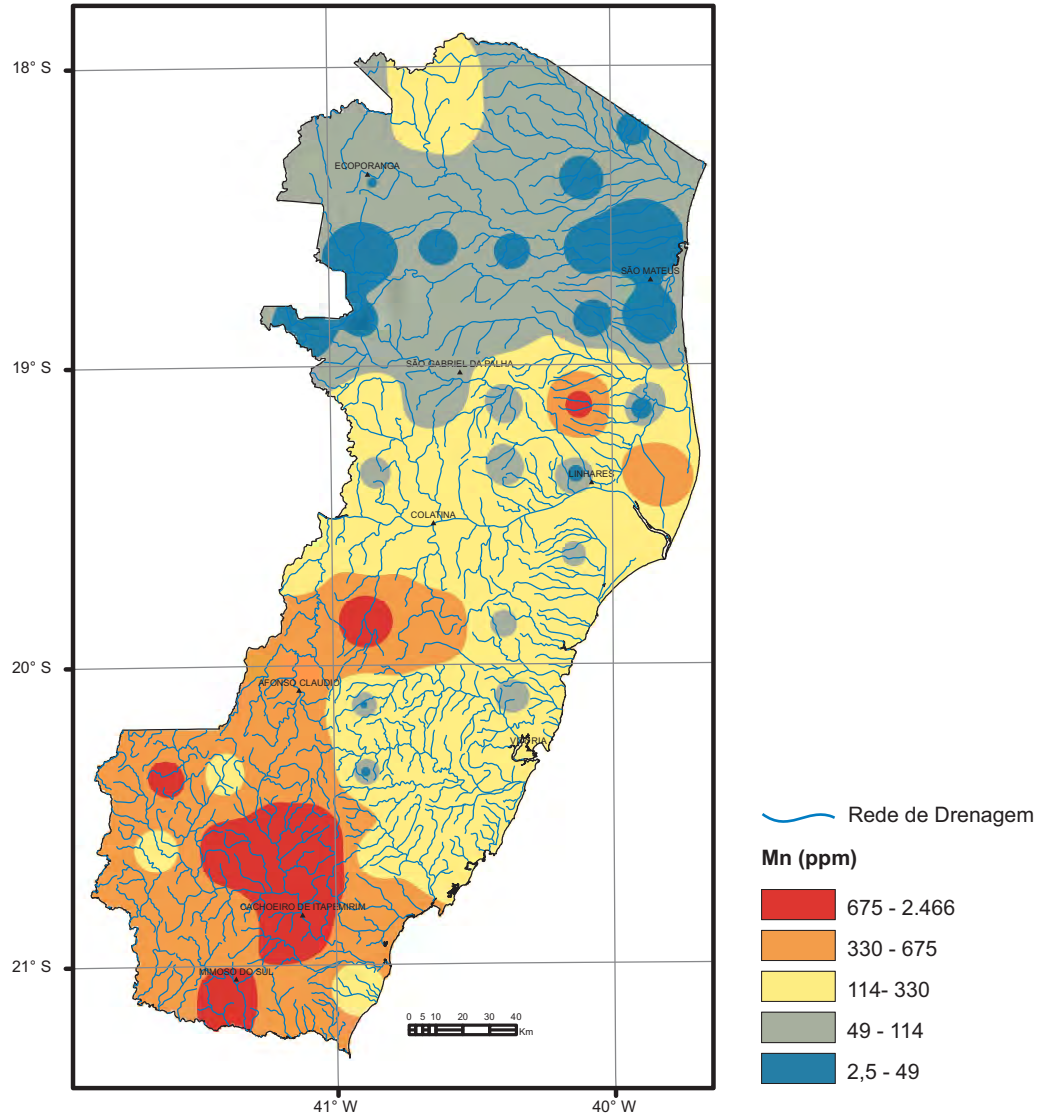
Estatística Descritiva	
Elemento	Mn (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	43
Valor Médio	0,02
Valor Mínimo	0,0035
Valor Máximo	0,091
Desvio Padrão	0,02
Coefficiente de Variação (%)	1,20
Mediana	0,009
CONAMA 357/2005	0,1



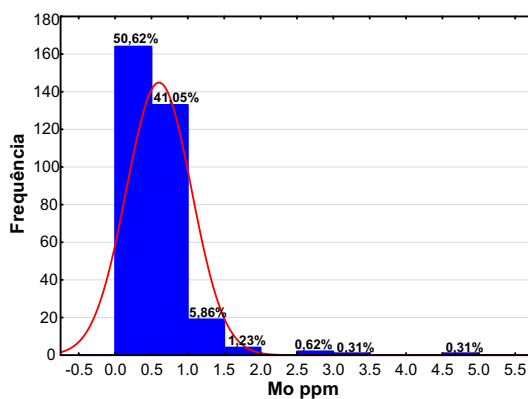
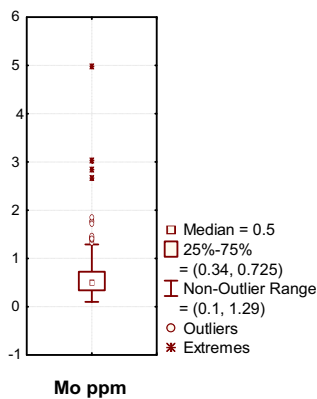
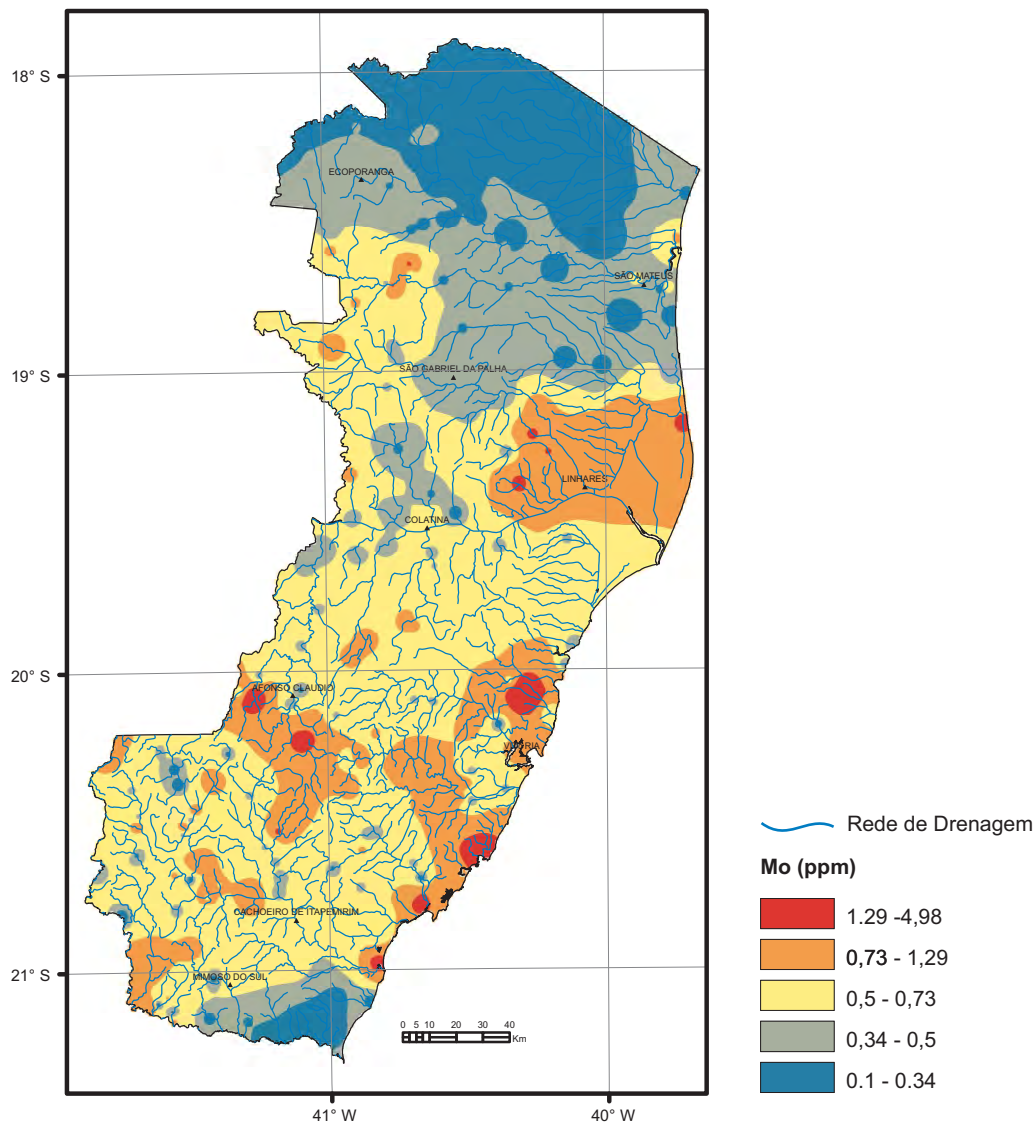
Estatística Descritiva	
Elemento	Mn (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	302
Valor Médio	0,034
Valor Mínimo	0,0035
Valor Máximo	0,68
Desvio Padrão	0,06
Coefficiente de Variação (%)	1,76
Mediana	0,02
CONAMA 357/2005	0,1



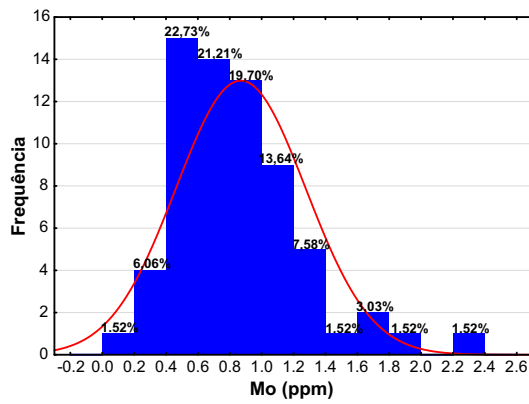
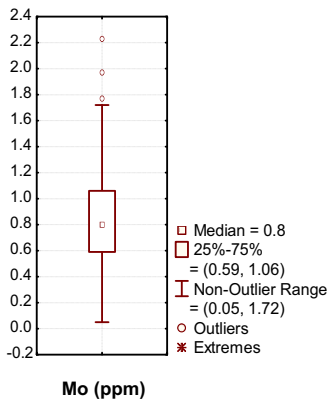
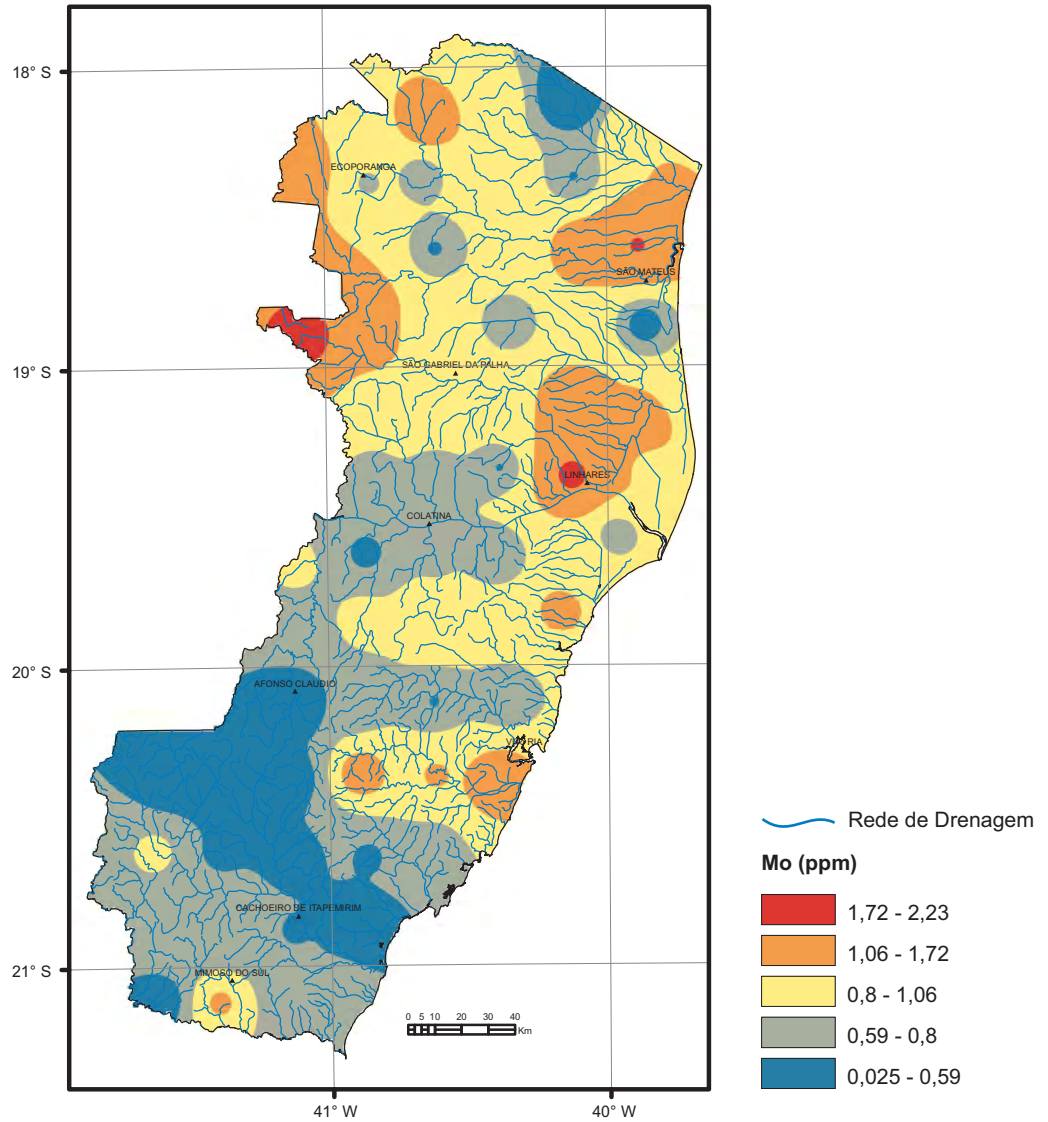
Estatística Descritiva	
Elemento	Mn (ppm)
Limite de Detecção	5,00
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	434,13
Valor Mínimo	7,00
Valor Máximo	6640,0
Desvio Padrão	559,4
Coefficiente de Variação (%)	1,29
Mediana	251,0
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



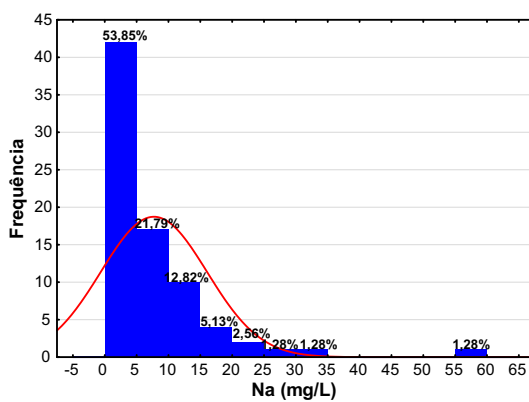
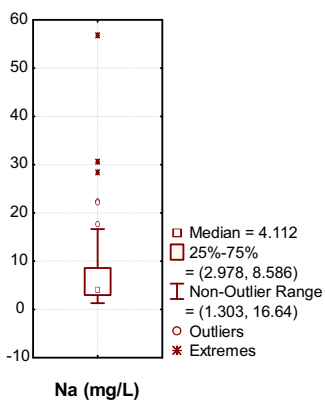
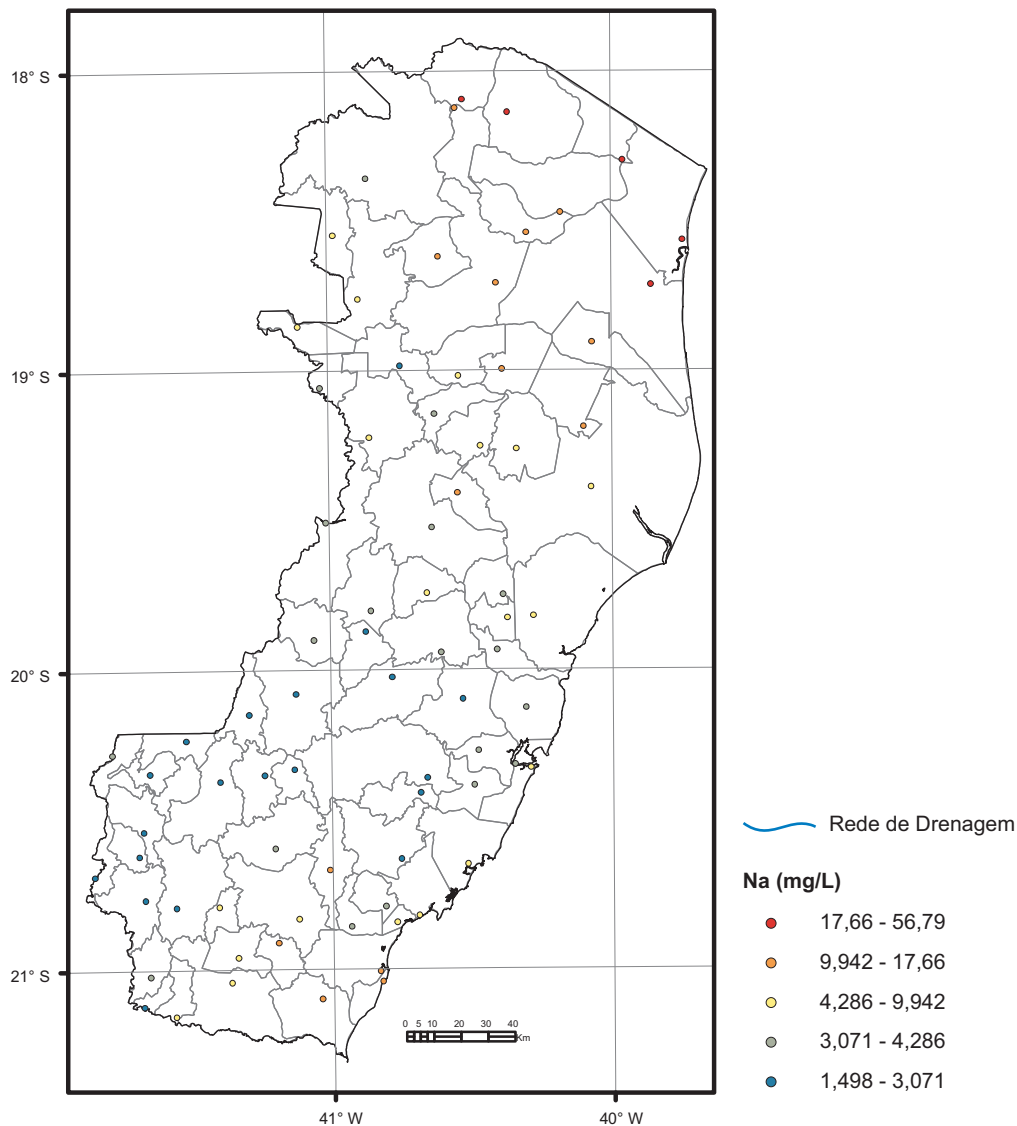
Estatística Descritiva	
Elemento	Mn (ppm)
Limite de Detecção	5,00
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	70
Valor Médio	256,97
Valor Mínimo	2,50
Valor Máximo	2466,0
Desvio Padrão	379,59
Coefficiente de Variação (%)	1,48
Mediana	114,00
CONAMA 420/2009 (VP)	-
Paye <i>et al.</i> (2010)	137,80
NOAA-SQuITRs/2008 (Target)	-



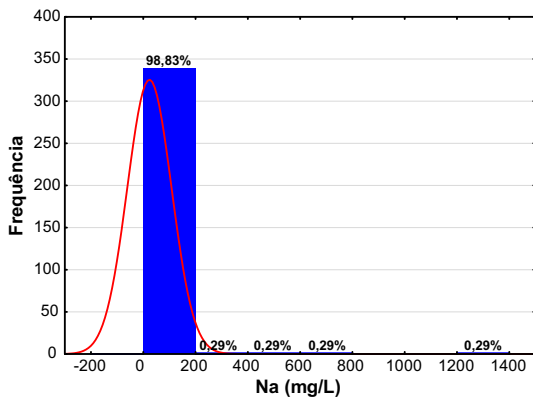
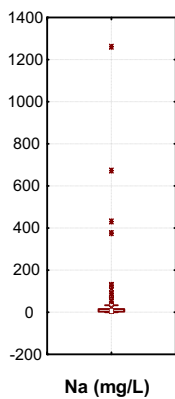
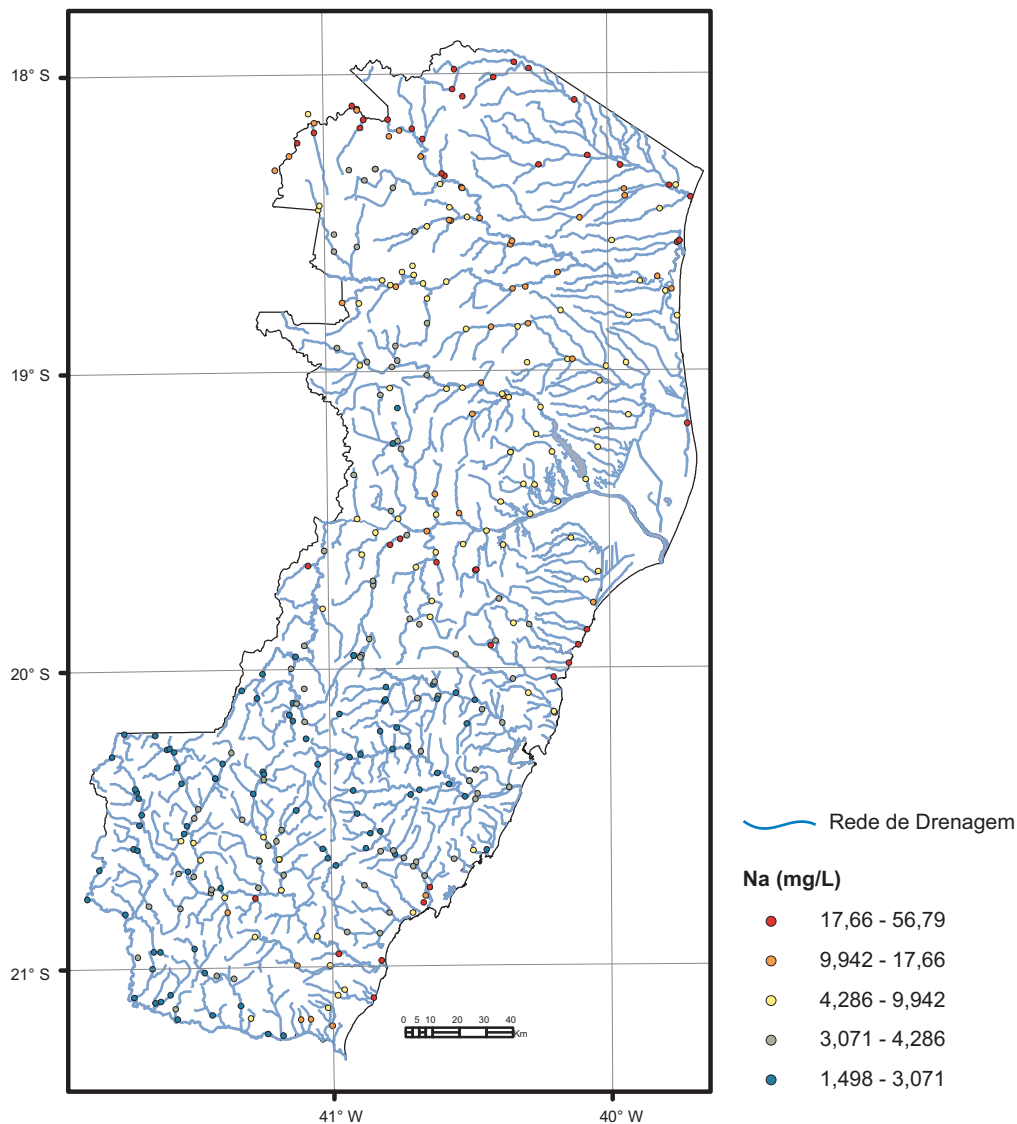
Estatística Descritiva	
Elemento	Mo (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	0,59
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	4,98
Desvio Padrão	0,45
Coefficiente de Variação (%)	0,75
Mediana	0,50
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



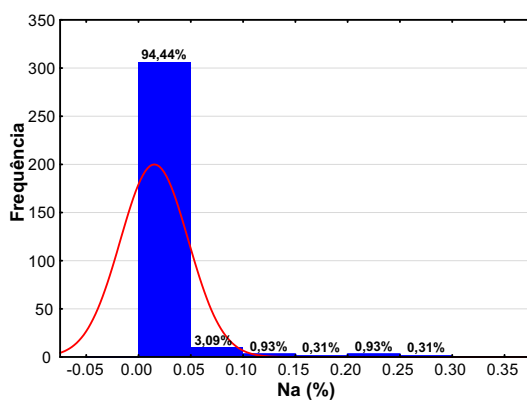
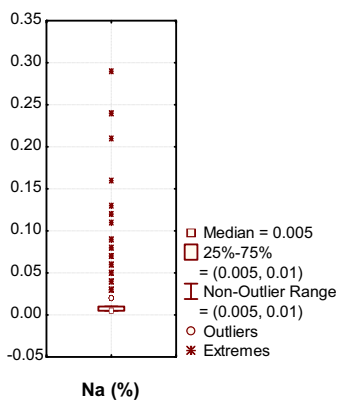
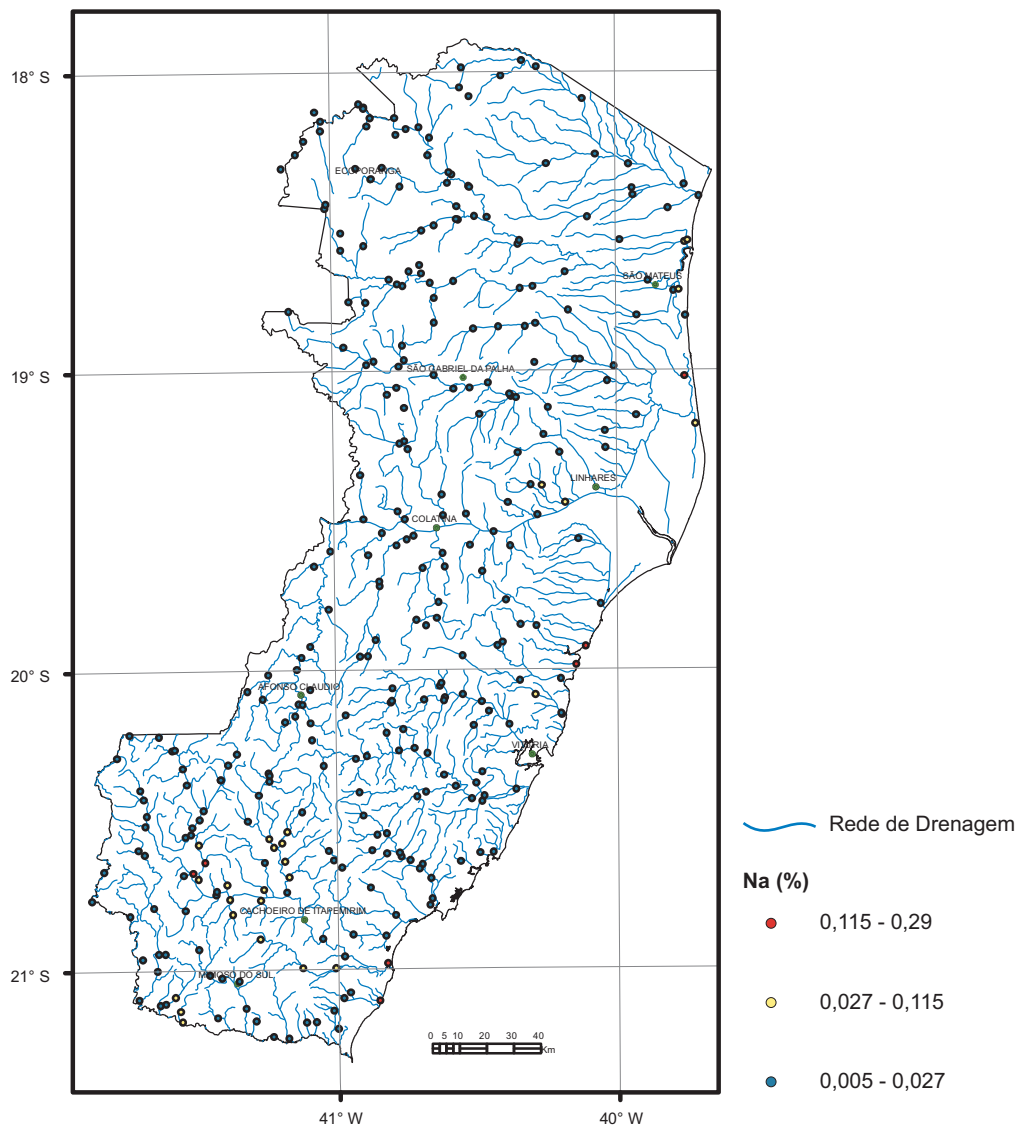
Estatística Descritiva	
Elemento	Mo (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	70
Valor Médio	0,86
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	2,23
Desvio Padrão	0,39
Coefficiente de Variação (%)	0,47
Mediana	0,80
CONAMA 420/2009 (VP)	30,00
Paye <i>et al.</i> (2010)	1,74
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	3,00



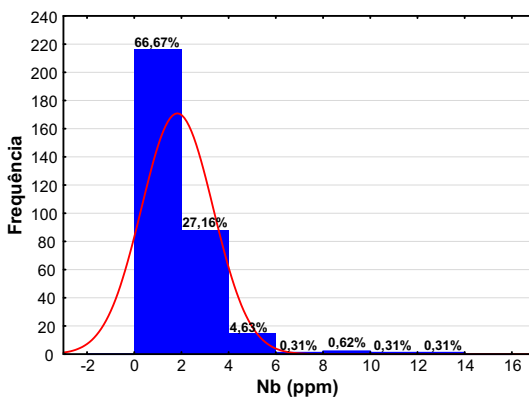
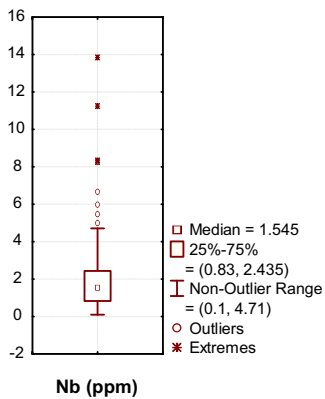
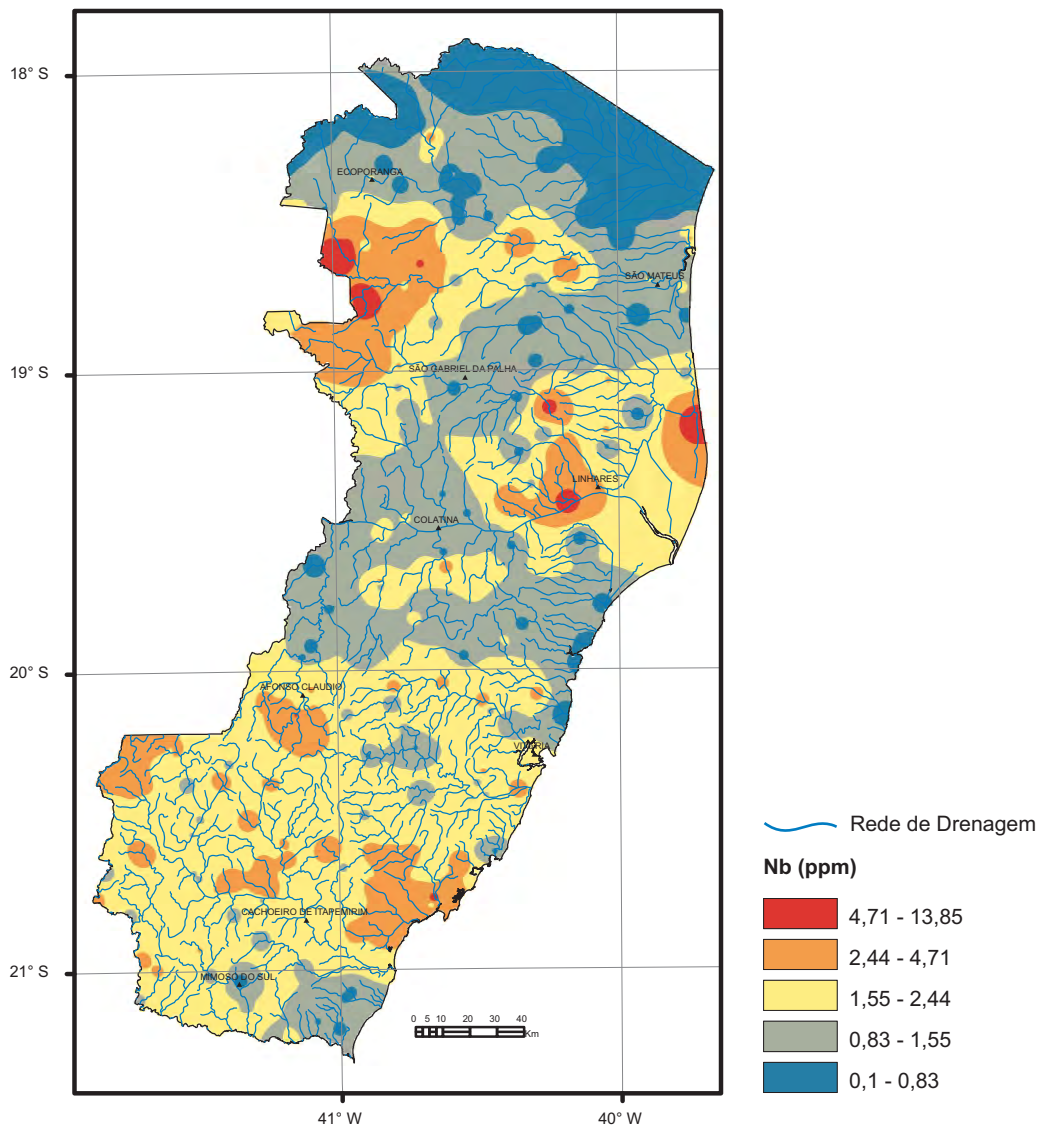
Estatística Descritiva	
Elemento	Na (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	78
Valor Médio	7,64
Valor Mínimo	1,49
Valor Máximo	56,79
Desvio Padrão	8,31
Coefficiente de Variação (%)	1,09
Mediana	4,23
CONAMA 357/2005	-



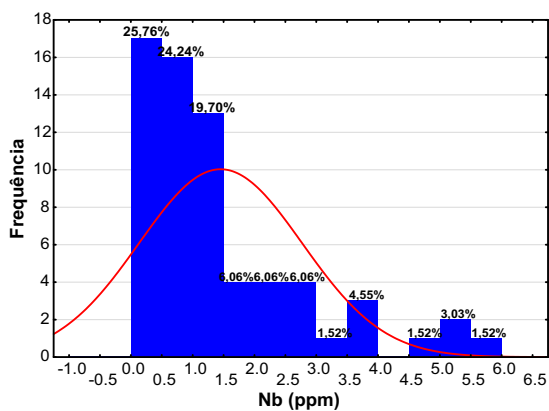
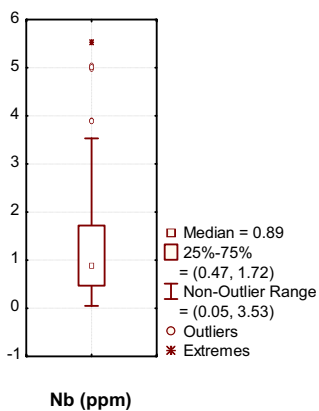
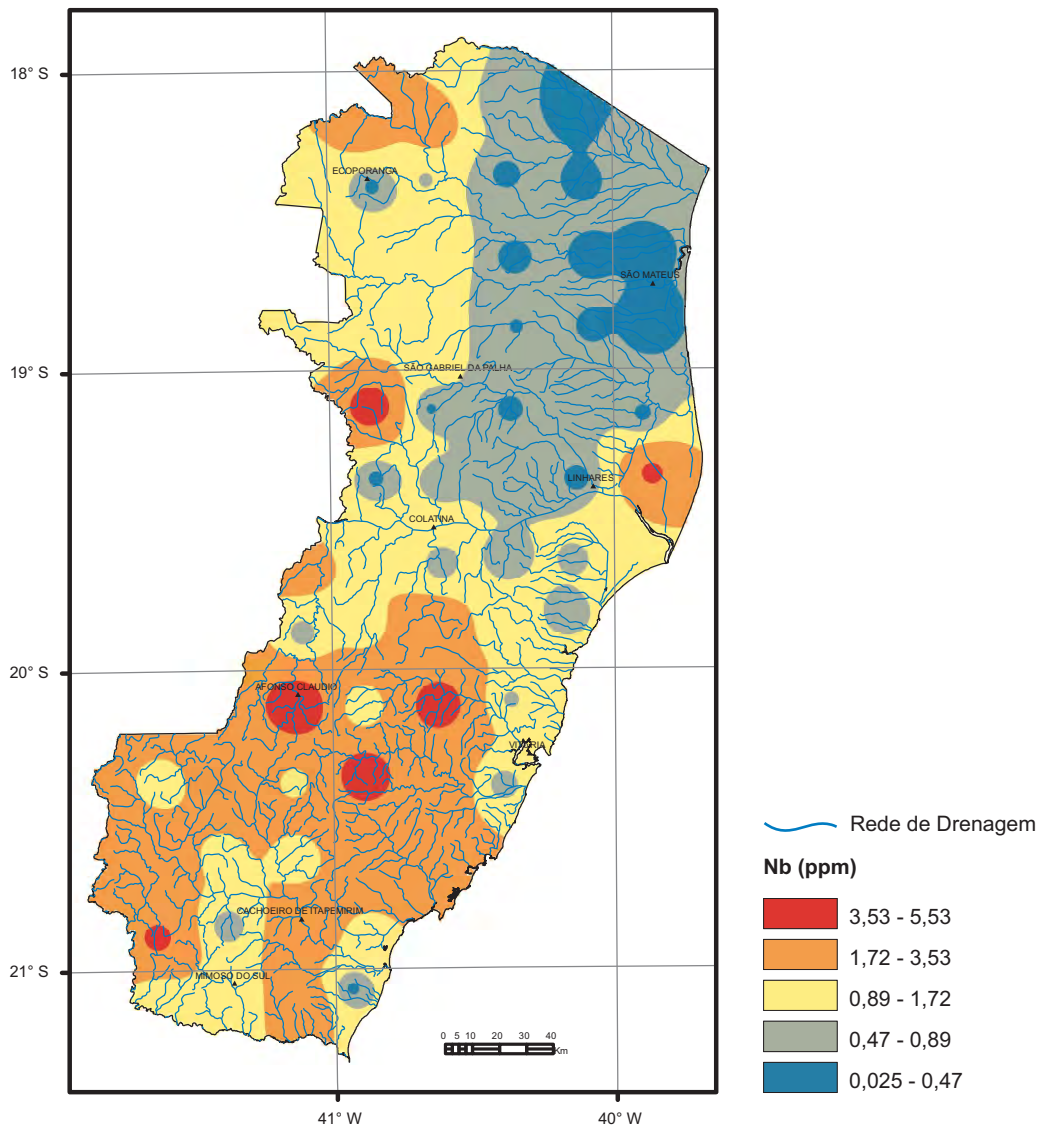
Estatística Descritiva	
Elemento	Na (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	343
Valor Médio	22,00
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	1262,0
Desvio Padrão	84,09
Coefficiente de Variação (%)	3,82
Mediana	6,00
CONAMA 357/2005	-



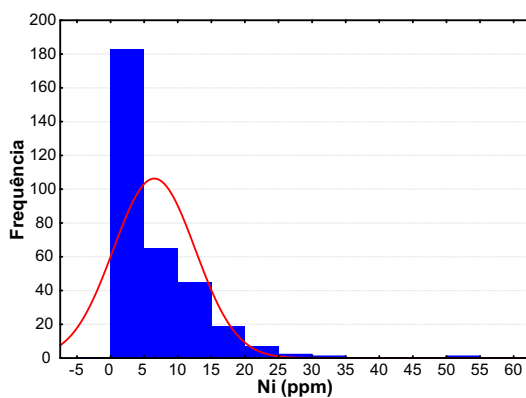
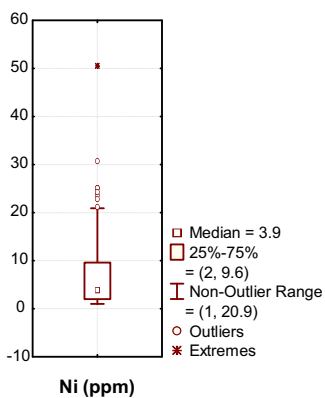
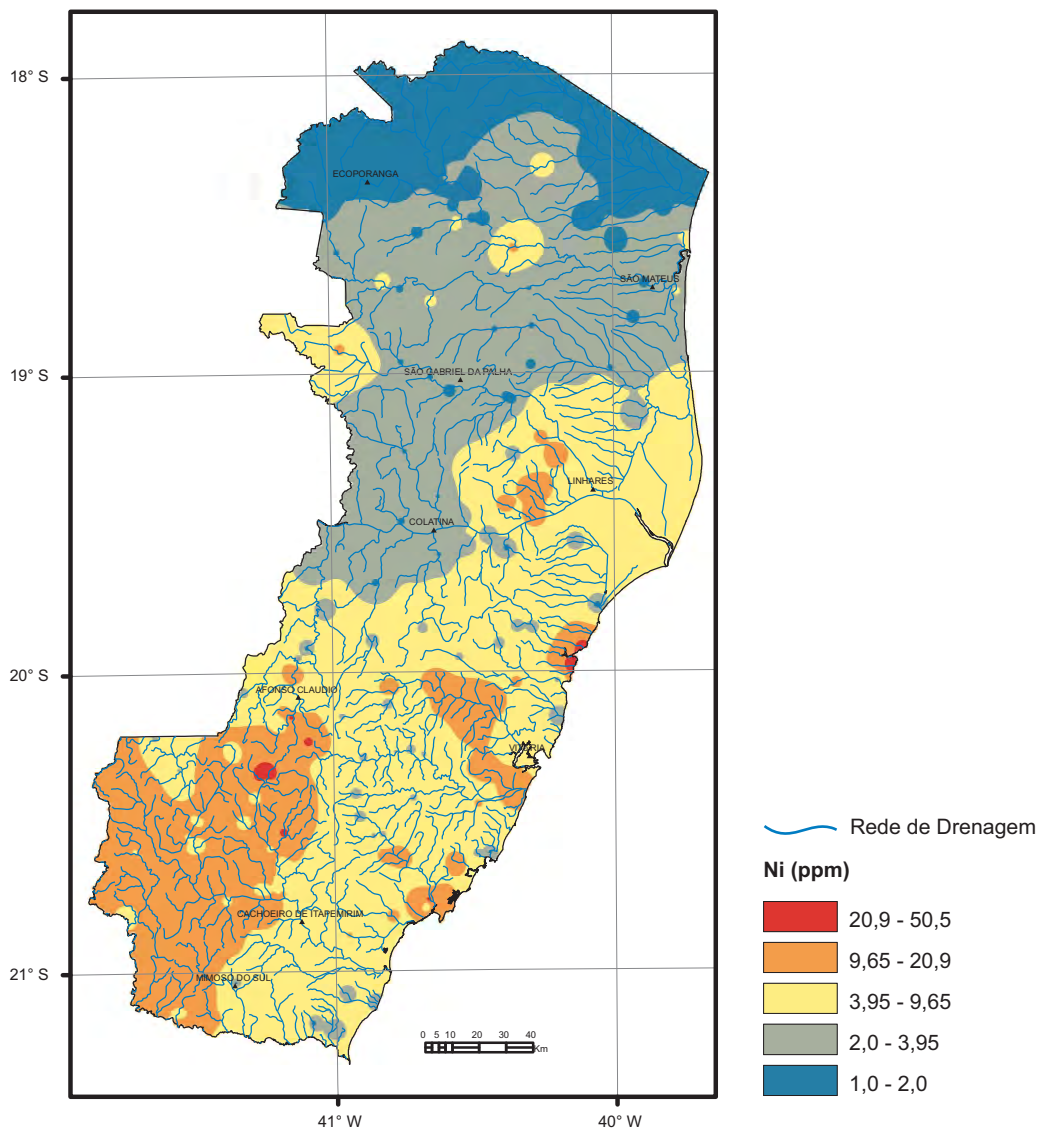
Estatística Descritiva	
Elemento	Na (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	96
Valor Médio	0,015
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,29
Desvio Padrão	0,03
Coefficiente de Variação (%)	2,2
Mediana	0,005
CONAMA 454/2012 (VP)	-
NOAA-SQuiRTs/2008 (Target)	-



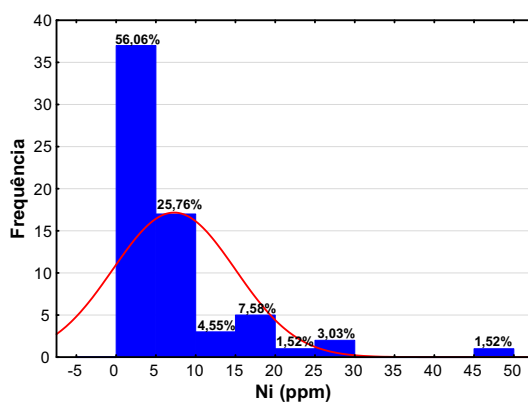
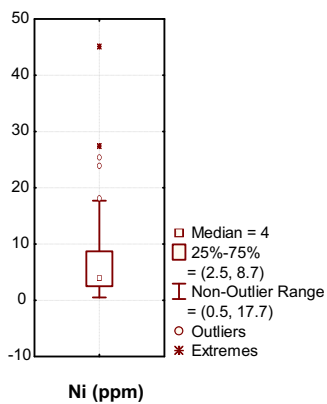
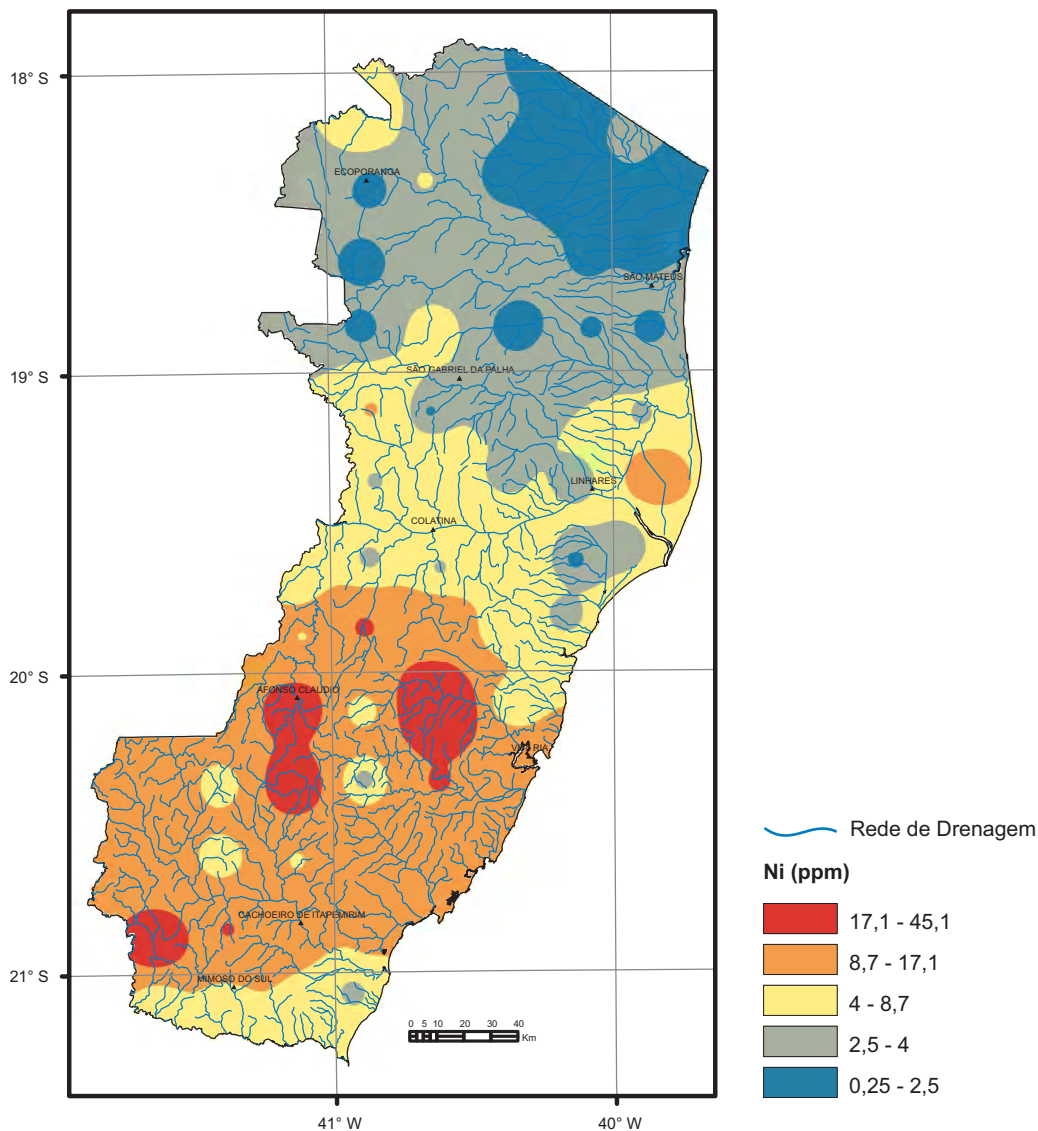
Estatística Descritiva	
Elemento	Nb (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	1,80
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	13,85
Desvio Padrão	1,51
Coeficiente de Variação (%)	0,84
Mediana	1,54
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



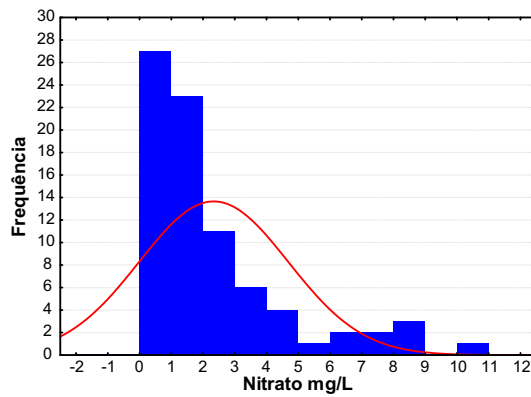
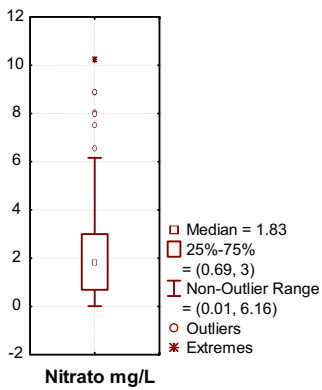
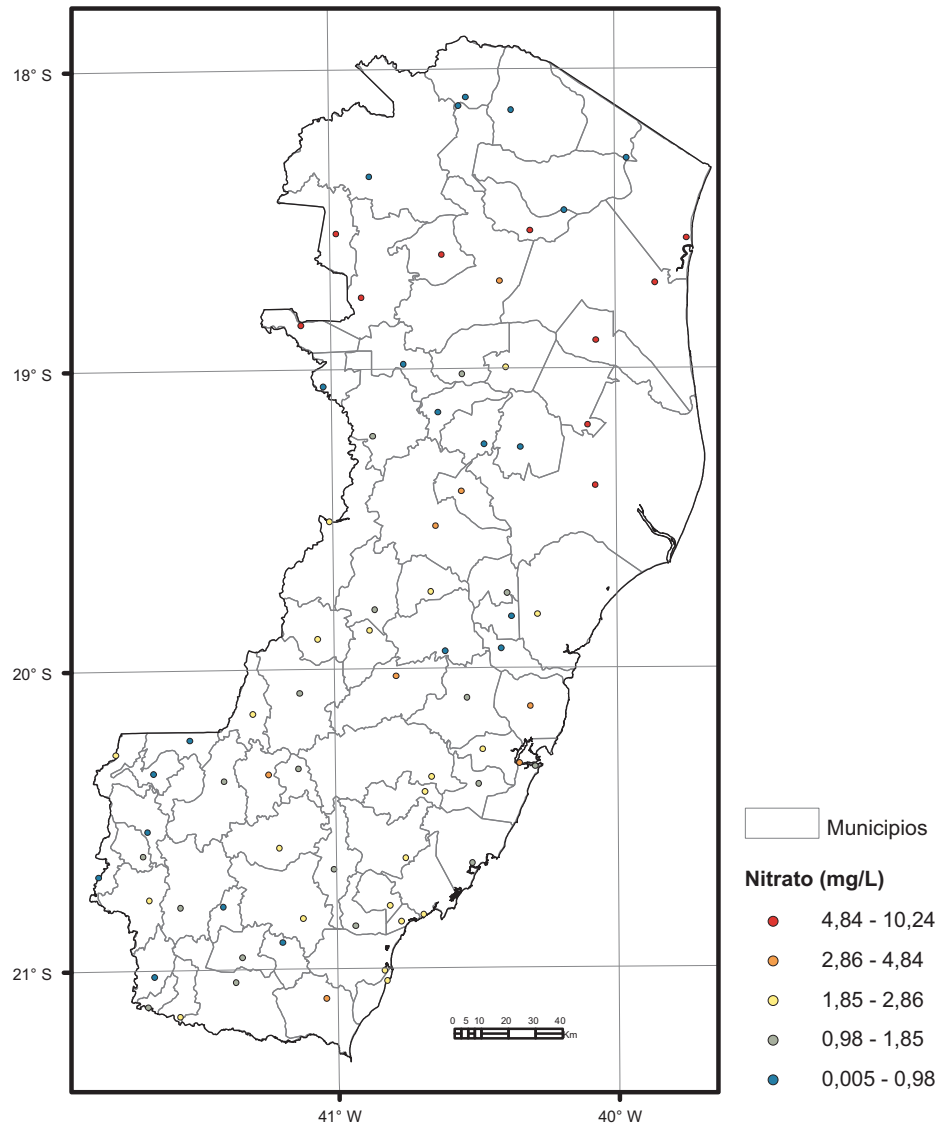
Estatística Descritiva	
Elemento	Nb (ppm)
Límite de Detecção	0,05
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	70
Valor Médio	1,38
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	5,53
Desvio Padrão	1,28
Coefficiente de Variação (%)	0,93
Mediana	0,89
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



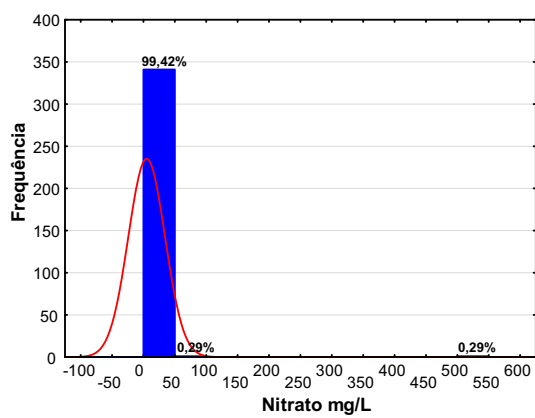
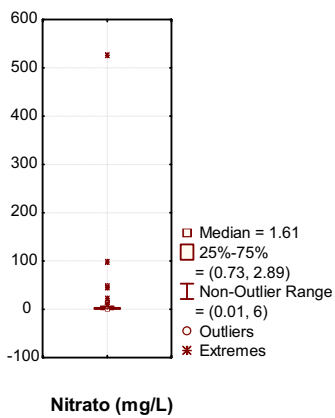
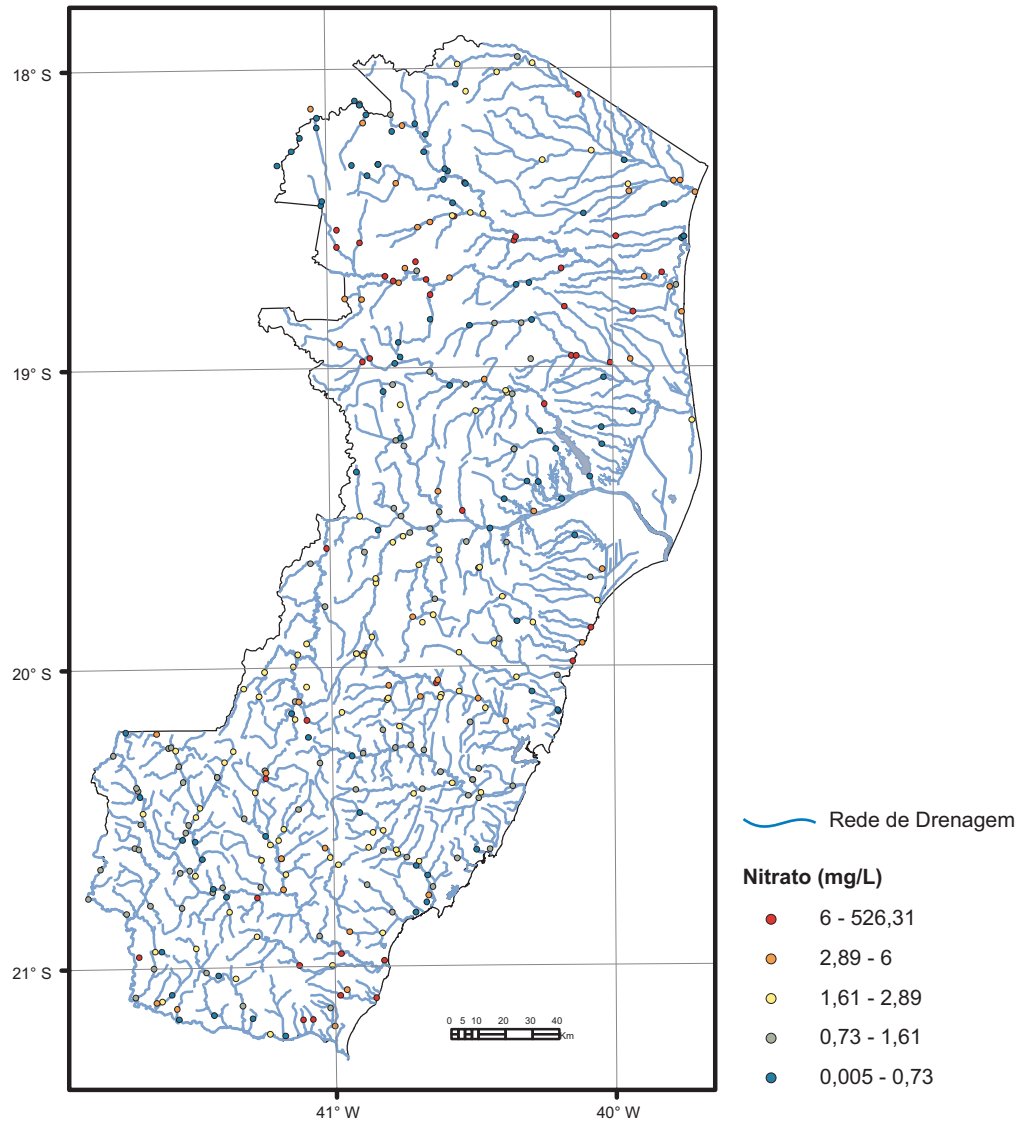
Estatística Descritiva	
Elemento	Ni (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	6,44
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	50,50
Desvio Padrão	6,06
Coefficiente de Variação (%)	0,94
Mediana	3,90
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	35,9
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	36,0



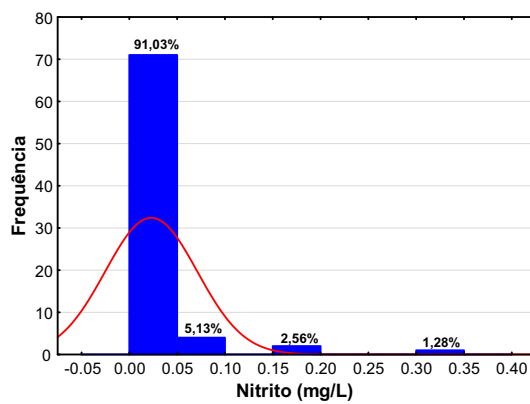
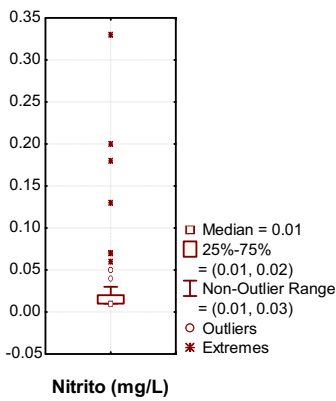
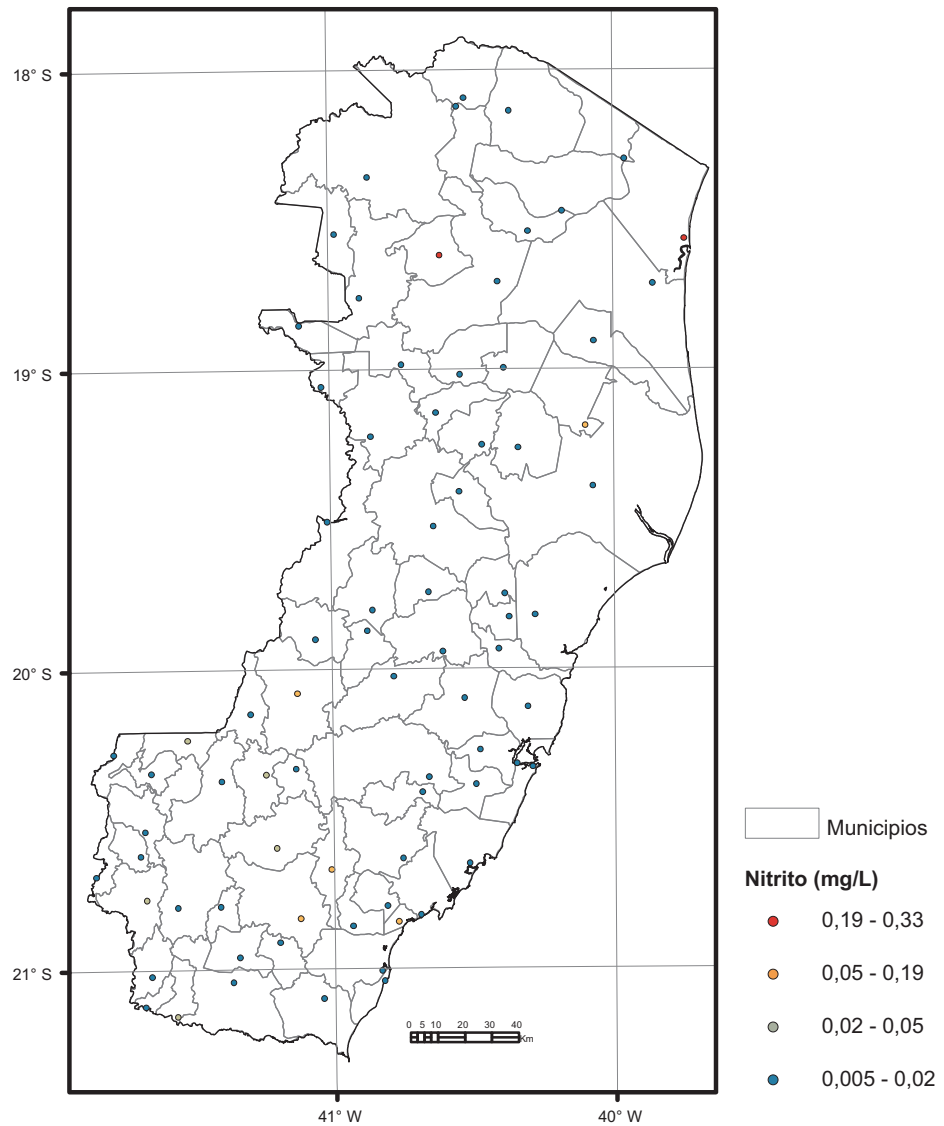
Estatística Descritiva	
Elemento	Ni (ppm)
Limite de Detecção	0,50
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	70
Valor Médio	6,99
Valor Mínimo	0,25
Valor Máximo	45,10
Desvio Padrão	7,46
Coefficiente de Variação (%)	1,07
Mediana	4,05
CONAMA 420/2009 (VP)	30,00
Paye <i>et al.</i> (2010)	9,17
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	0,26



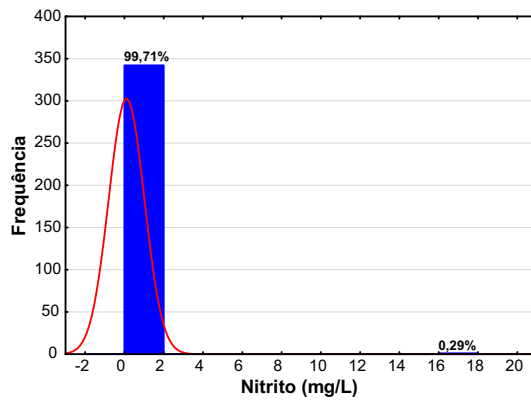
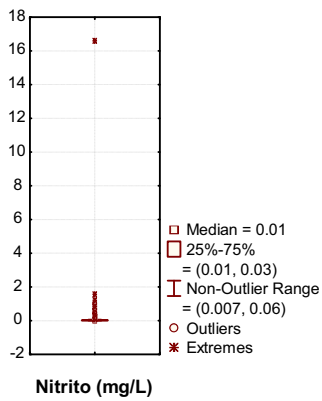
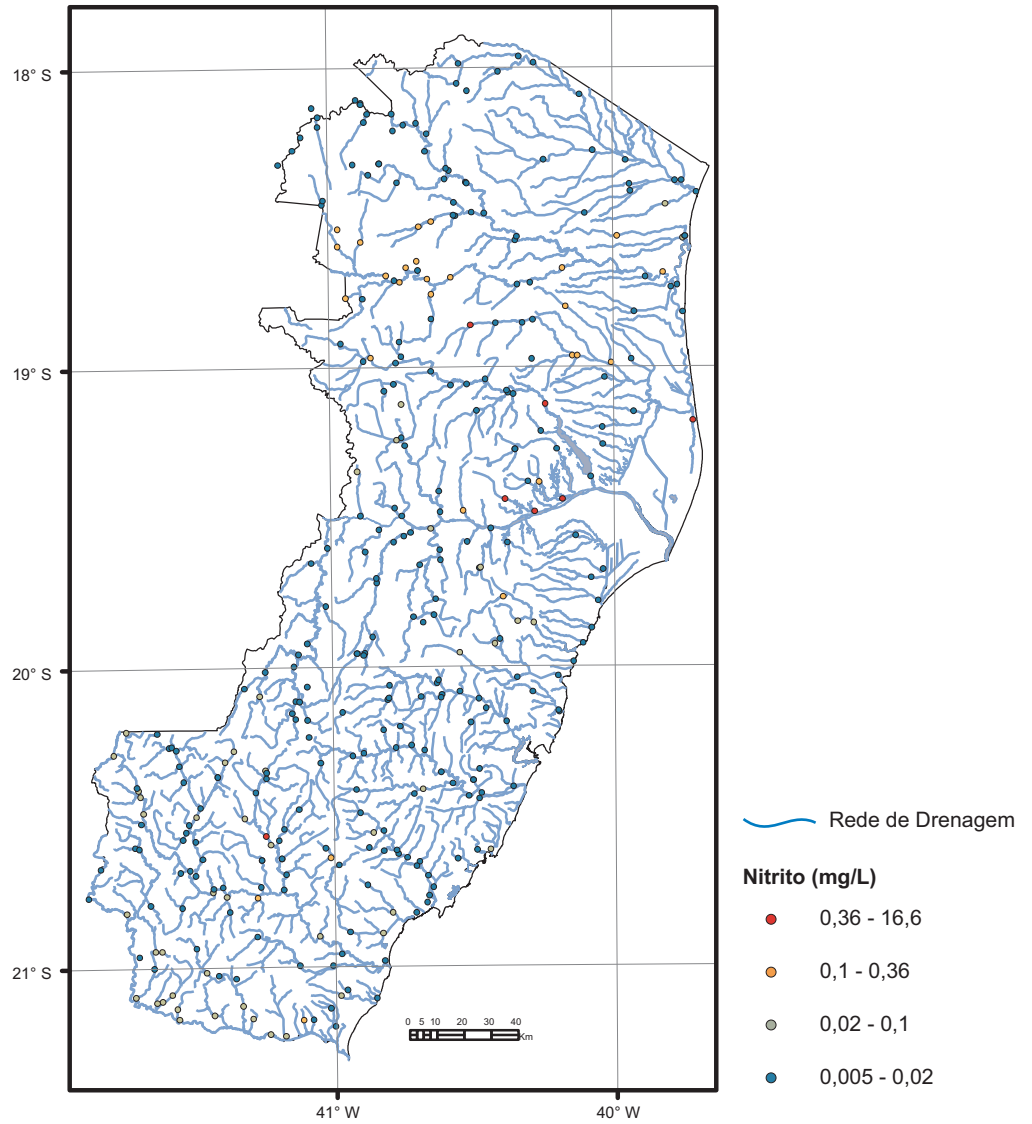
Estatística Descritiva	
Elemento	Nitrato (mg/L)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	2,36
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	10,24
Desvio Padrão	2,34
Coefficiente de Variação (%)	0,99
Mediana	1,845
CONAMA 357/2005	10 N
WHO (2011)	50mg/L NO_3^-



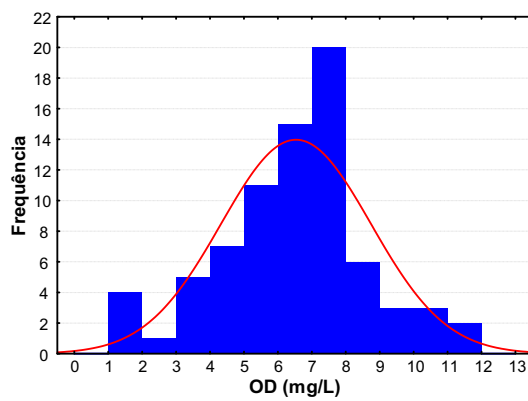
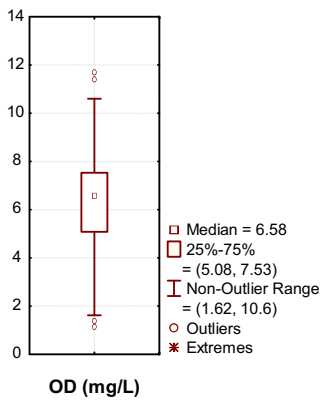
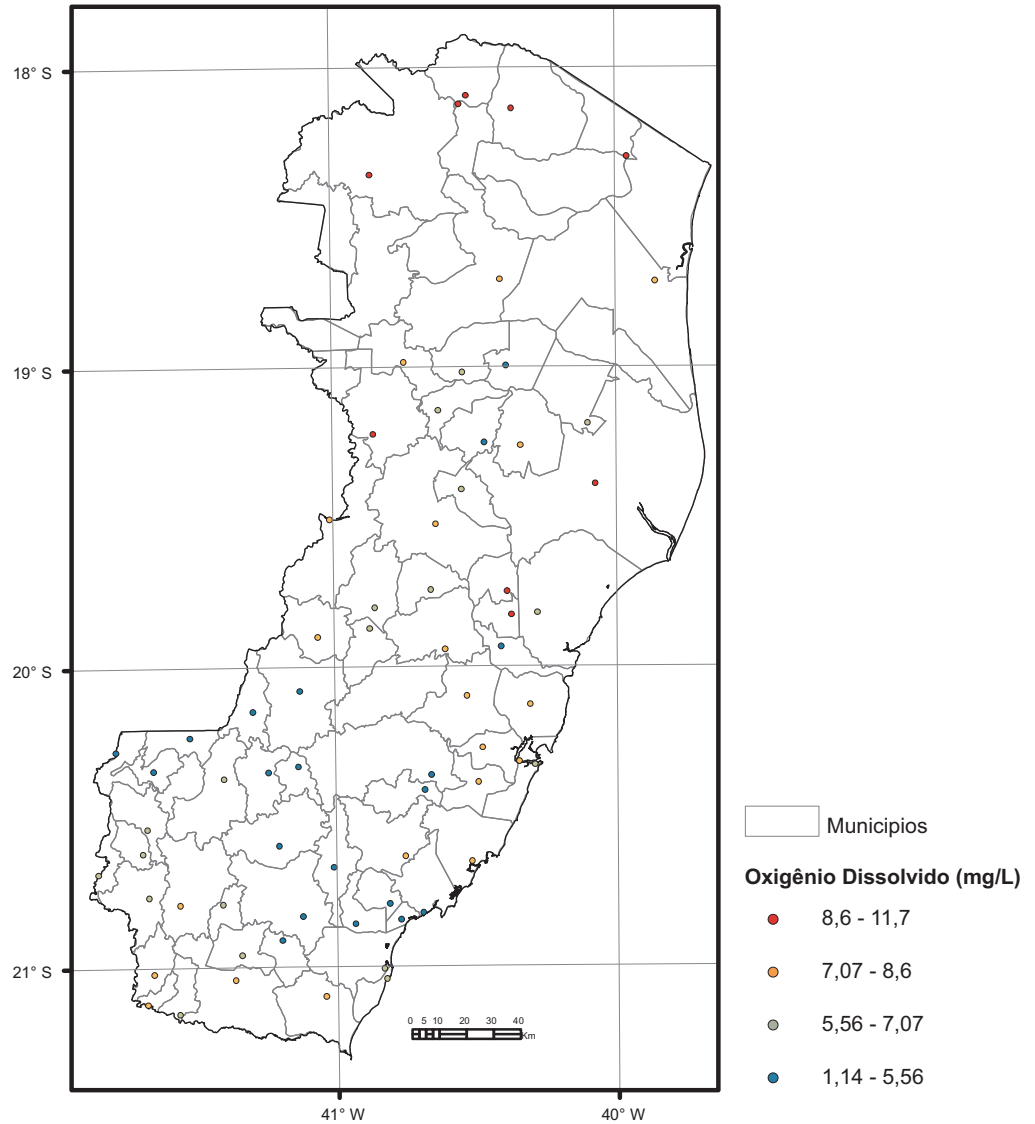
Estatística Descritiva	
Elemento	Nitrato (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	312
Valor Médio	4,52
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	526,31
Desvio Padrão	29,06
Coefficiente de Variação (%)	6,43
Mediana	1,61
CONAMA 357/2005	10 N
WHO (2011)	50mg/L NO_3^-



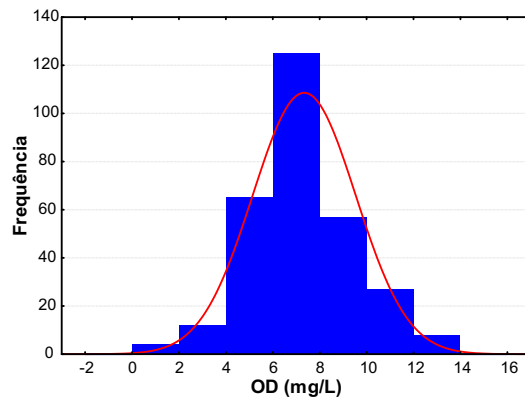
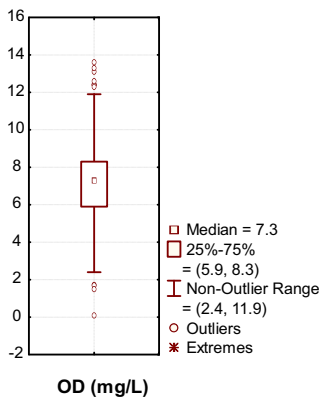
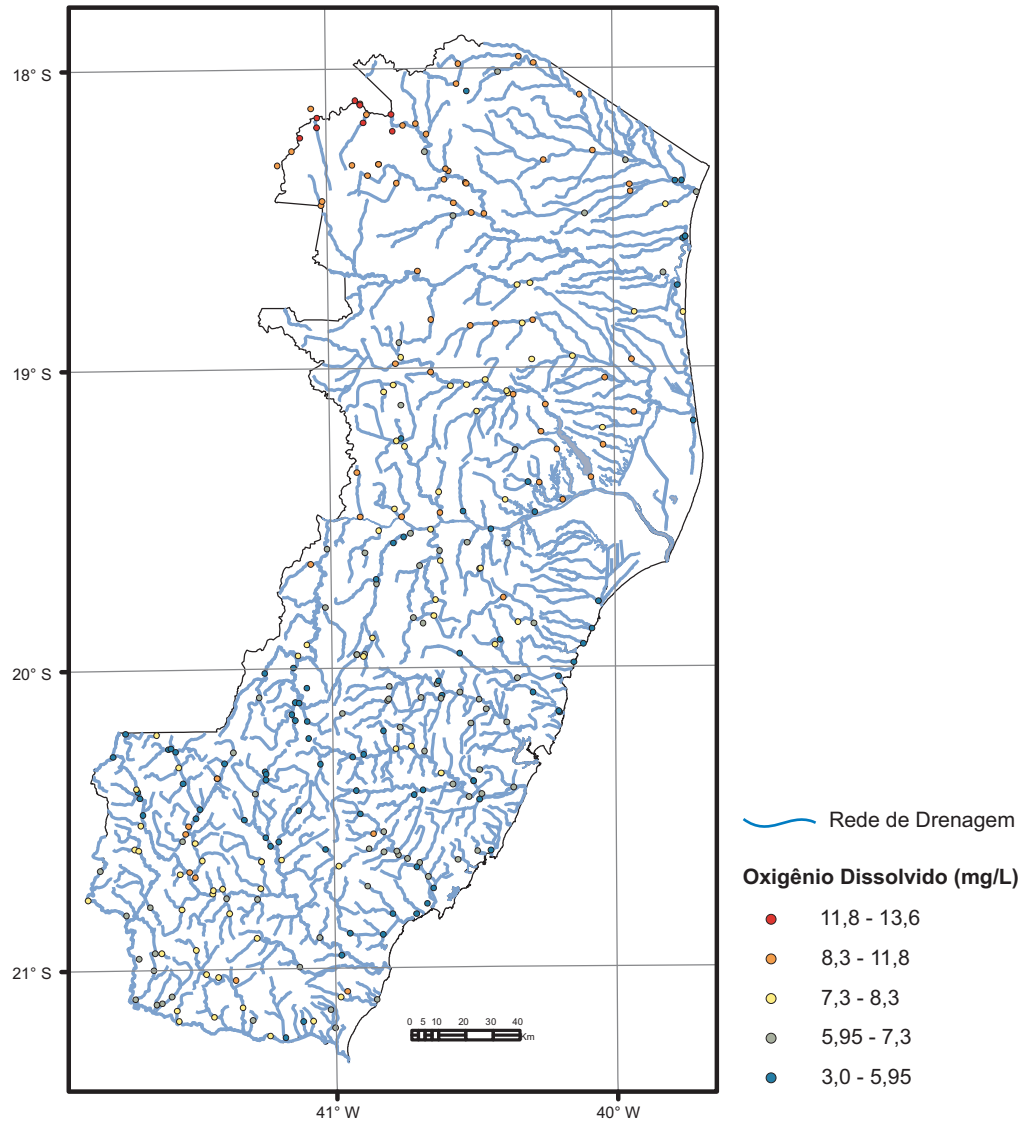
Estatística Descritiva	
Elemento	Nitrito (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	35
Valor Médio	0,02
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,33
Desvio Padrão	0,05
Coefficiente de Variação (%)	2,14
Mediana	0,005
CONAMA 357/2005	1 N
WHO (2011)	3mg/L NO_2^-



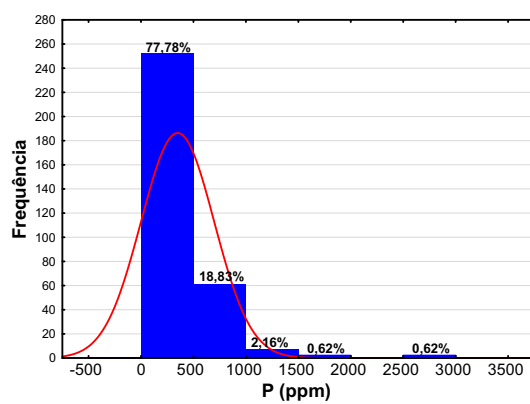
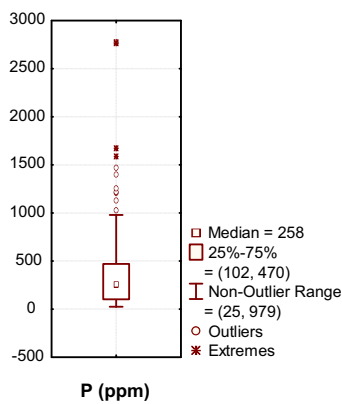
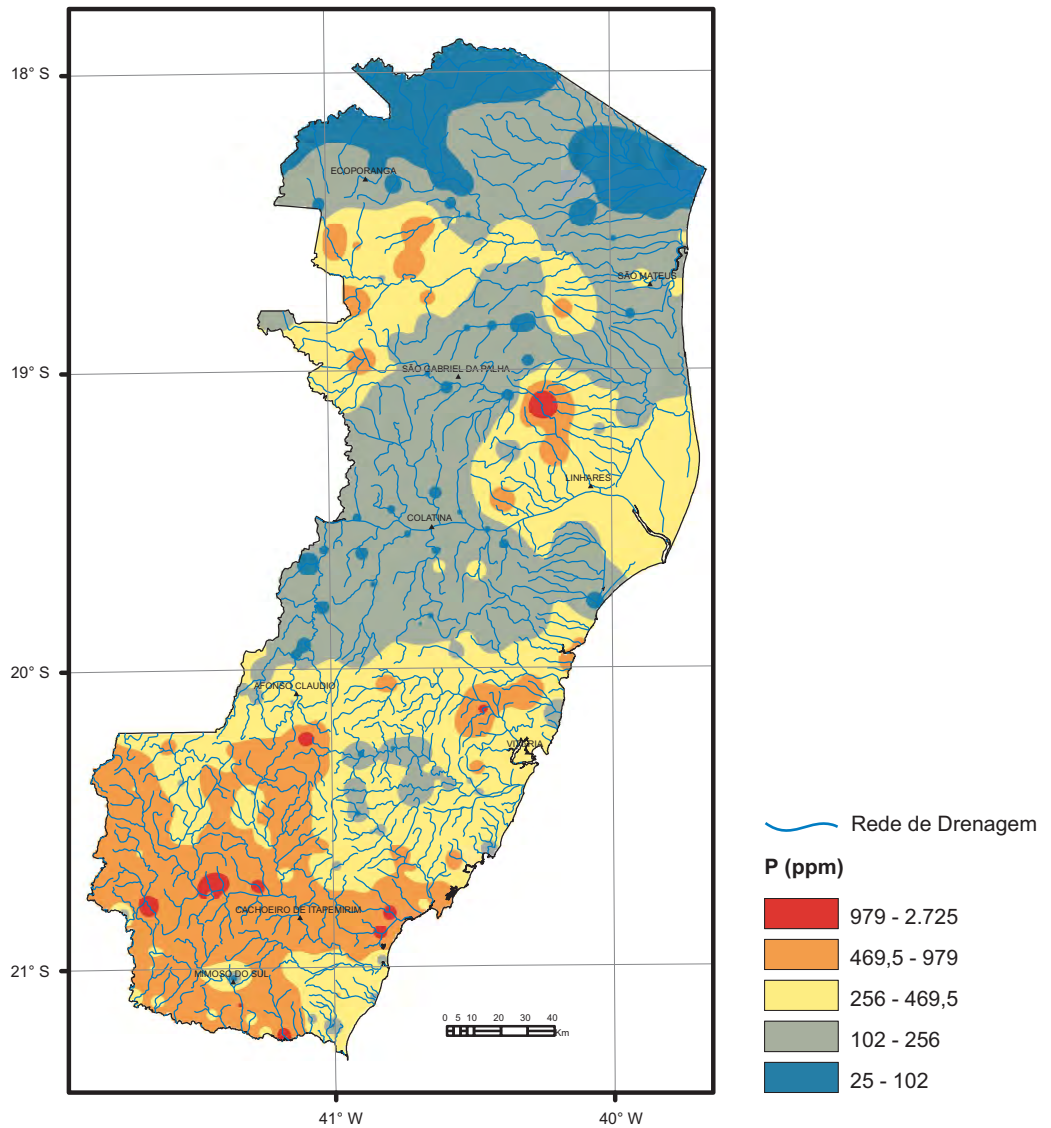
Estatística Descritiva	
Elemento	Nitrito (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	147
Valor Médio	0,09
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	16,6
Variância	0,82
Desvio Padrão	0,90
Coefficiente de Variação (%)	9,81
Mediana	0,005
CONAMA 357/2005	1 N
WHO (2011)	3mg/L NO_2^-



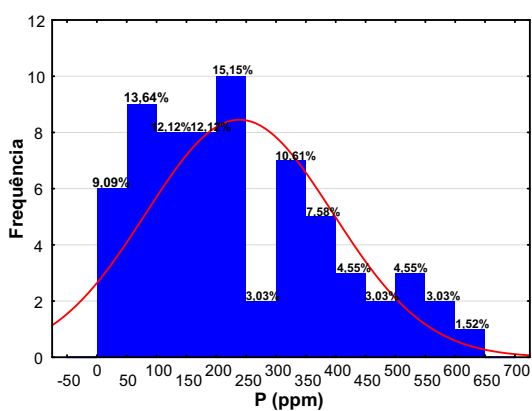
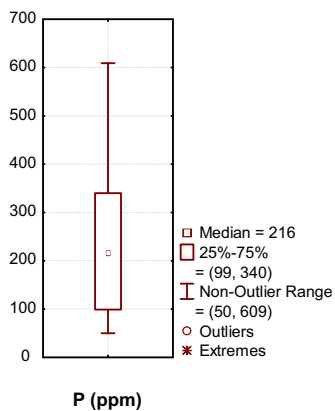
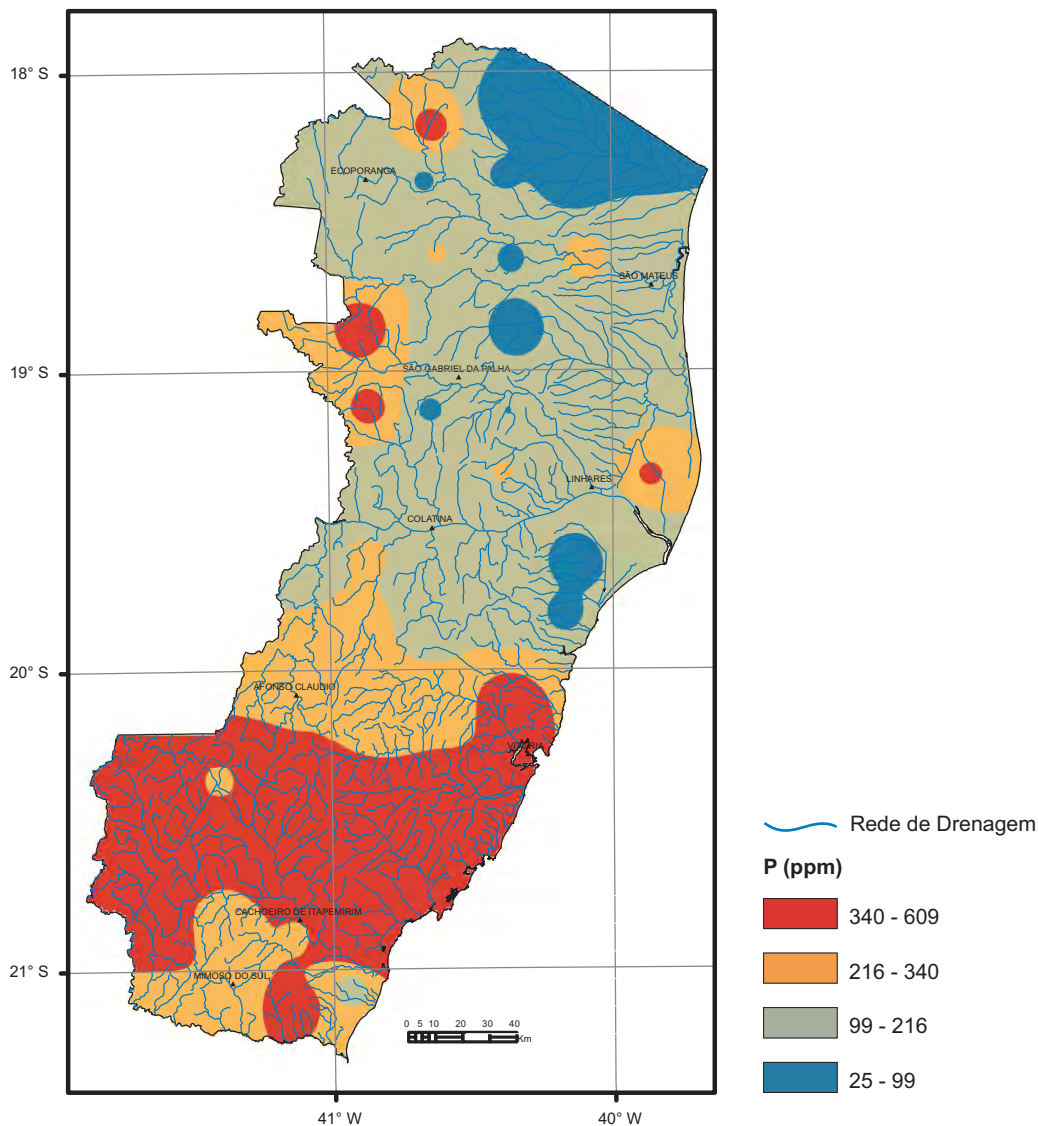
Estatística Descritiva	
Oxigênio Dissolvido	OD (mg/L)
Limite de Detecção	-
Pontos mensurados	68
Valor Médio	6,47
Valor Mínimo	1,14
Valor Máximo	11,70
Desvio Padrão	2,98
Coefficiente de Variação (%)	0,46
Mediana	6,56
CONAMA 357/2005	> 5



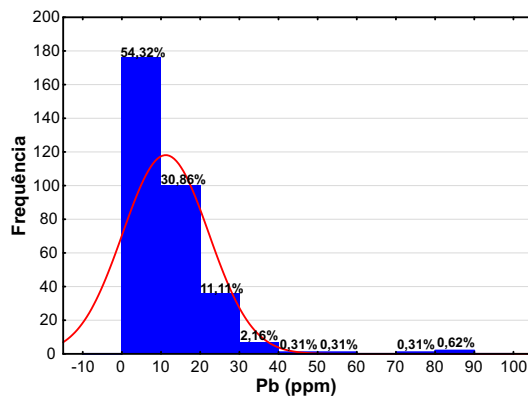
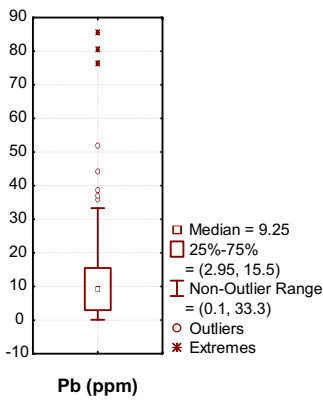
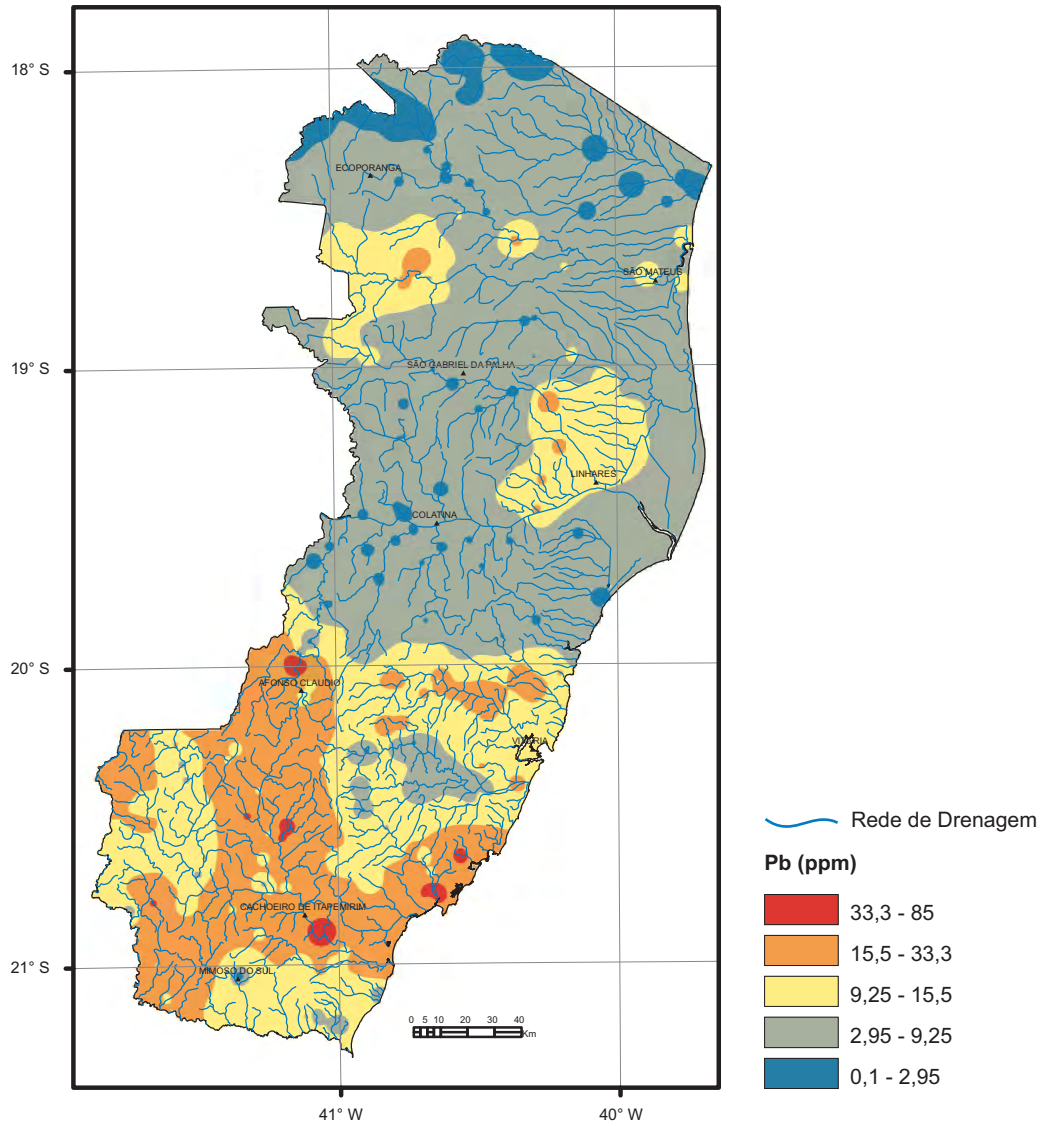
Estatística Descritiva	
Oxigênio Dissolvido	OD (mg/L)
Limite de Detecção	-
Pontos mensurados	305
Valor Médio	7,24
Valor Mínimo	0,09
Valor Máximo	13,6
Desvio Padrão	2,21
Coefficiente de Variação (%)	0,31
Mediana	7,30
CONAMA 357/2005	> 5



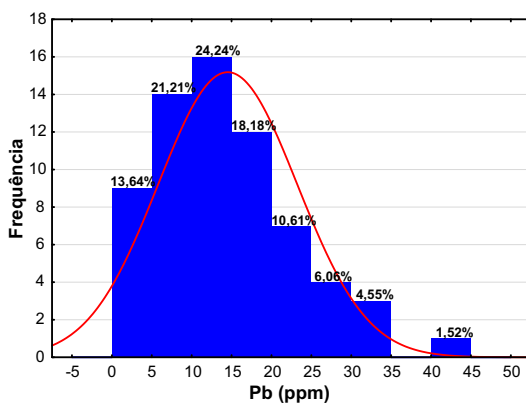
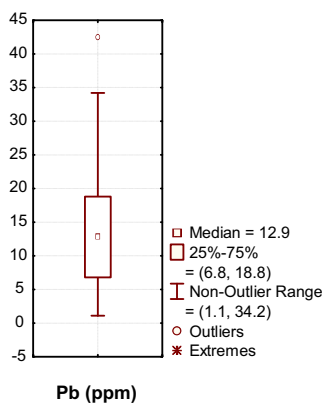
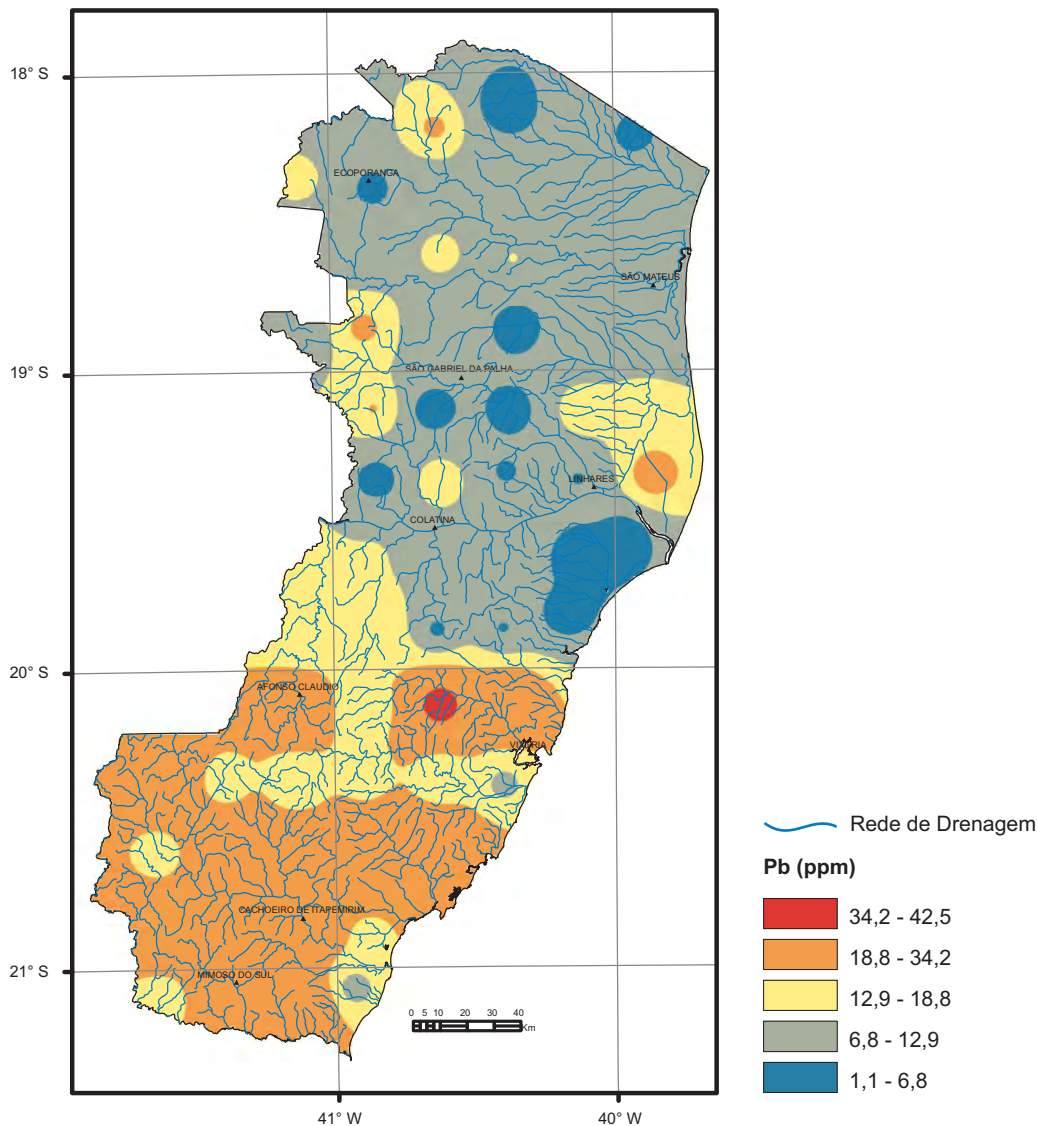
Estatística Descritiva	
Elemento	P (ppm)
Limite de Detecção	50
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	296
Valor Médio	344,27
Valor Mínimo	25,00
Valor Máximo	2725,0
Desvio Padrão	347,02
Coefficiente de Variação (%)	1,01
Mediana	256,00
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



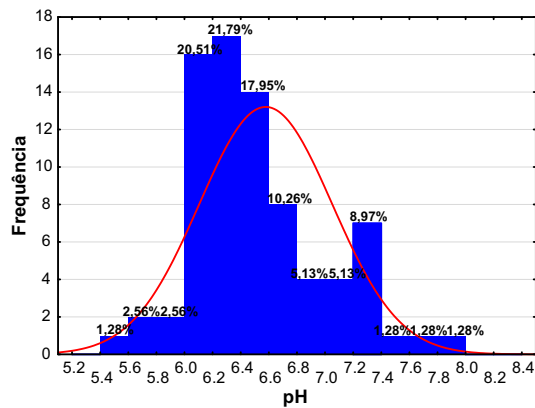
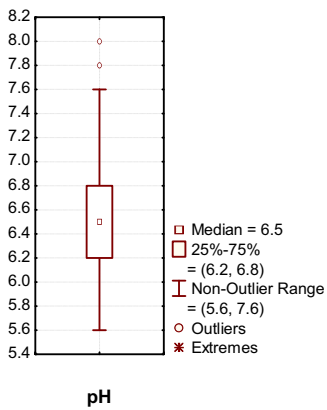
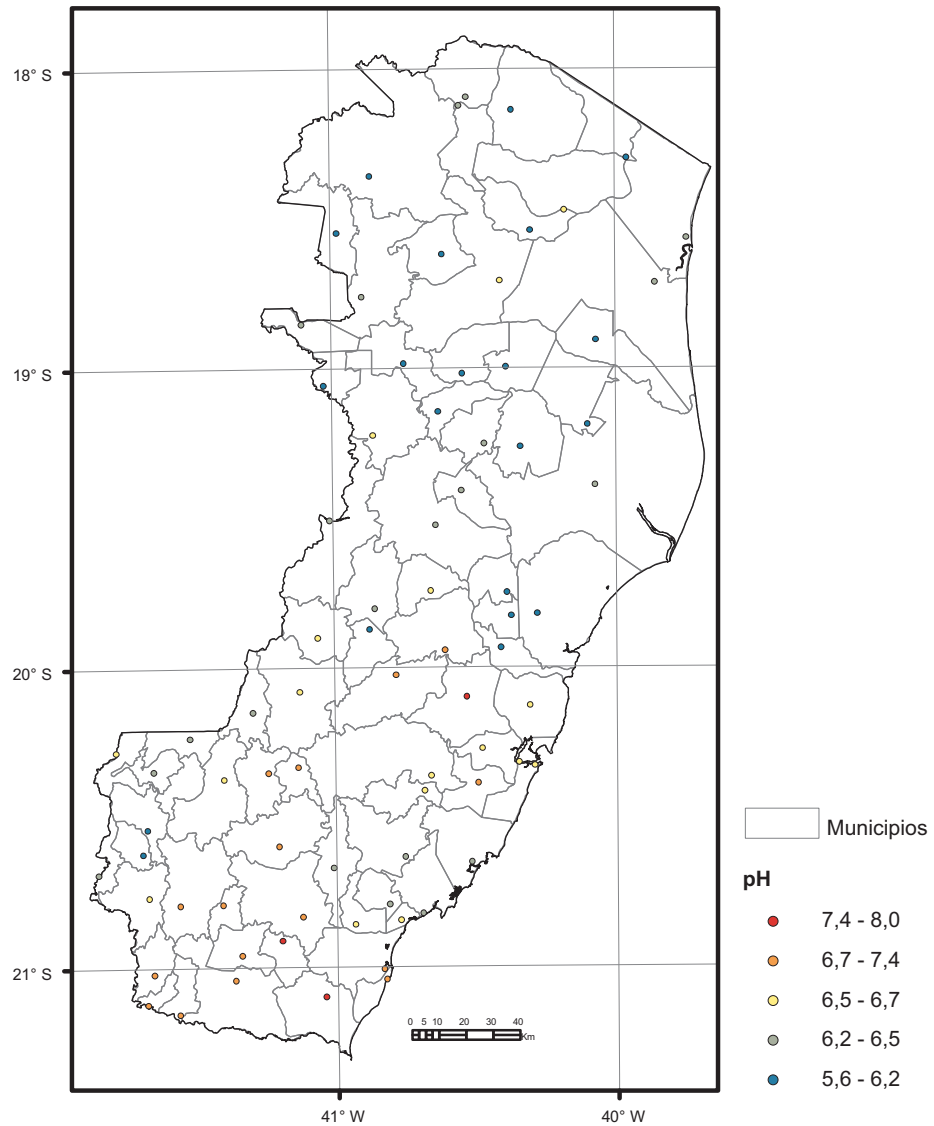
Estatística Descritiva	
Elemento	P (ppm)
Límite de Detecção	50
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	63
Valor Médio	230,48
Valor Mínimo	25,00
Valor Máximo	609,00
Desvio Padrão	155,58
Coefficiente de Variação	0,68
Mediana	216,50
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



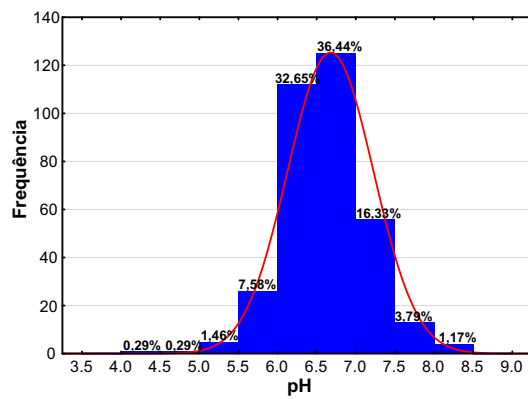
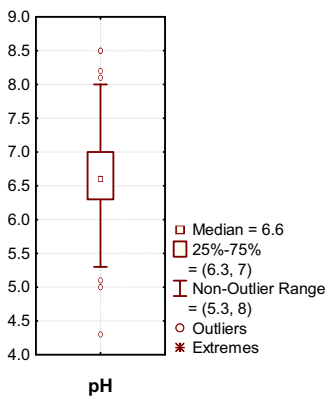
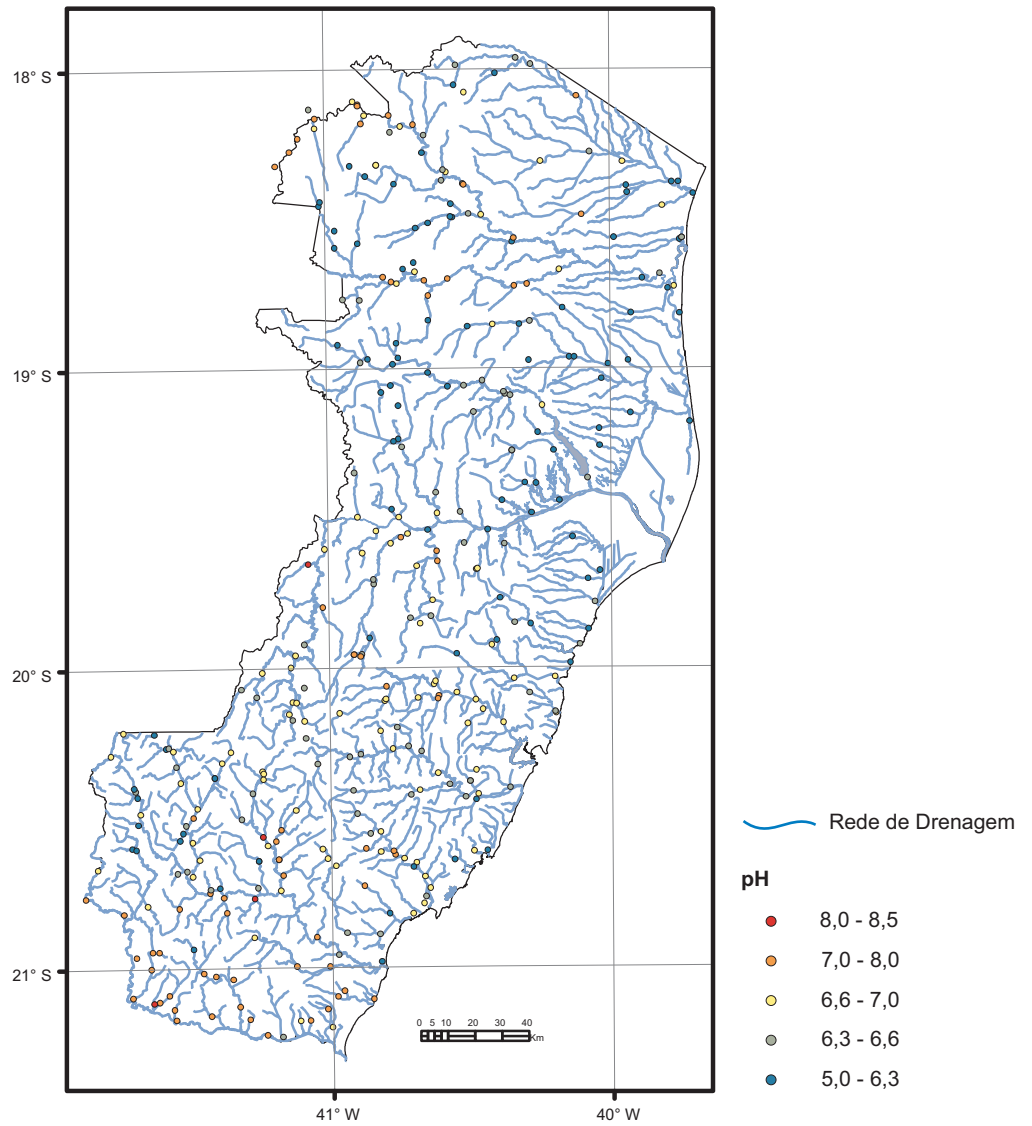
Estatística Descritiva	
Elemento	Pb (ppm)
Limite de Detecção	0,2
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	324
Valor Médio	11,07
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	85,60
Desvio Padrão	10,94
Coefficiente de Variação (%)	0,99
Mediana	9,25
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	91,3
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	91,3



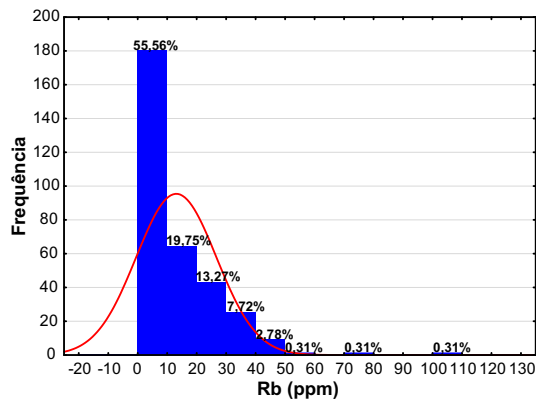
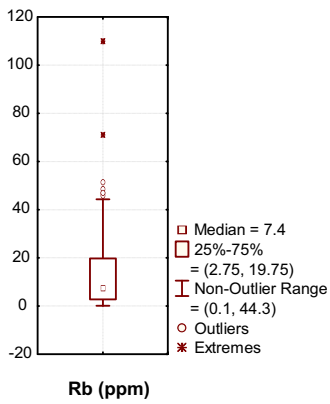
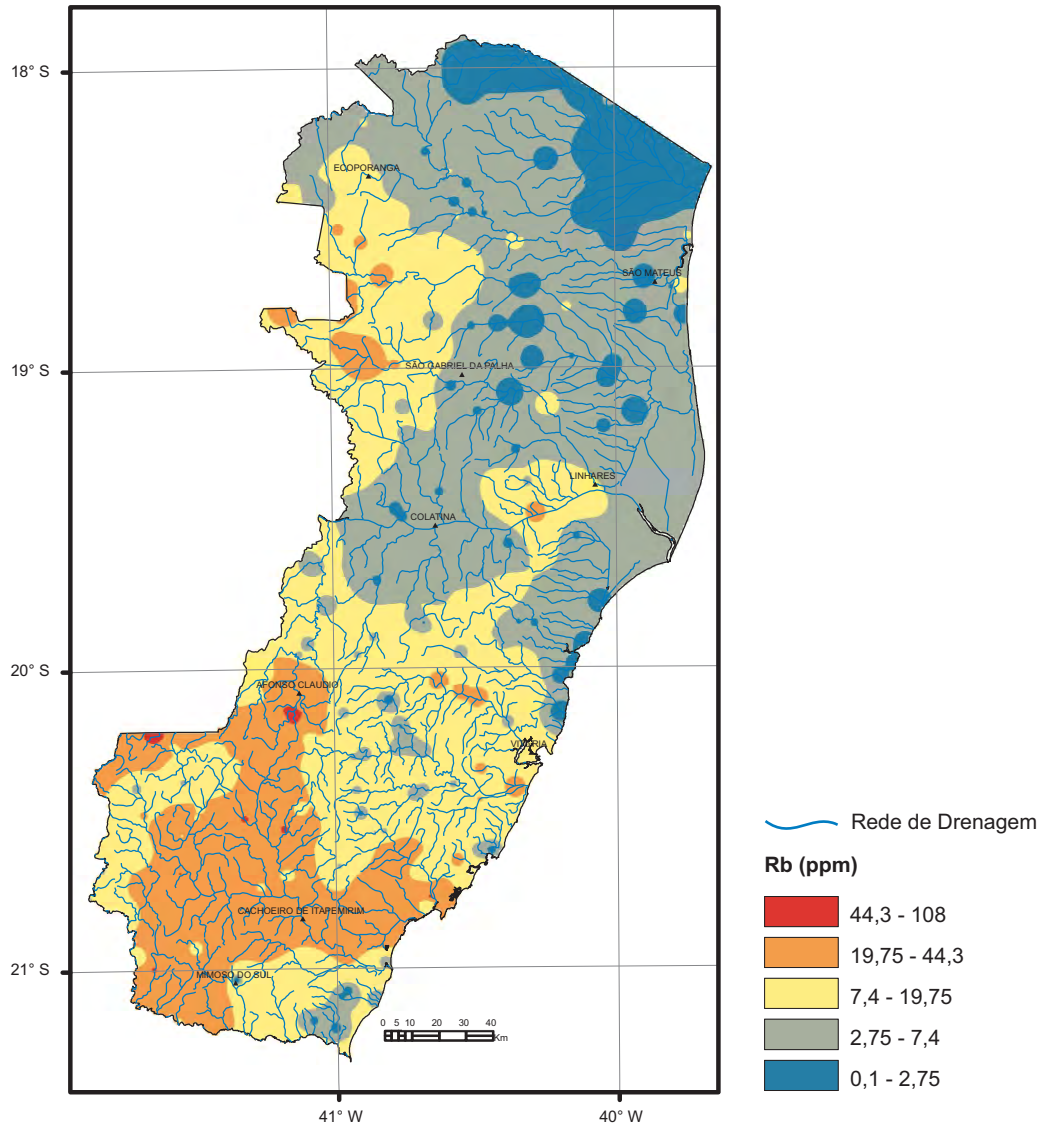
Estatística Descritiva	
Elemento	Pb (ppm)
Limite de Detecção	0,20
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	13,87
Valor Mínimo	1,10
Valor Máximo	42,50
Desvio Padrão	8,69
Coefficiente de Variação (%)	0,63
Mediana	13,10
CONAMA 420/2009 (VP)	72,00
Paye <i>et al.</i> (2010)	<4,54
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	55,00



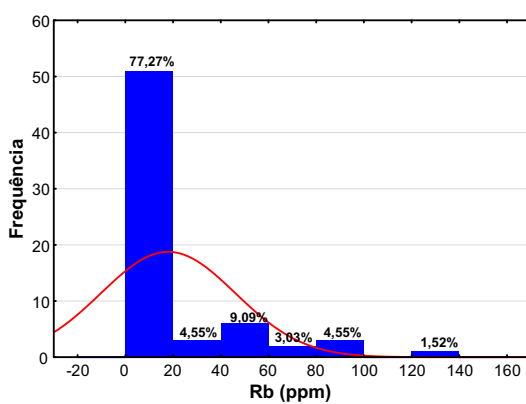
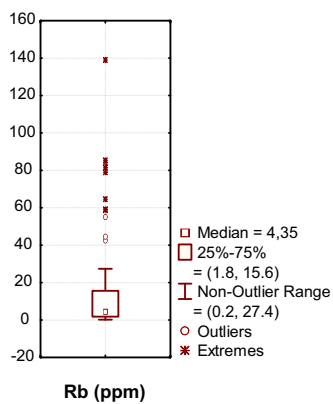
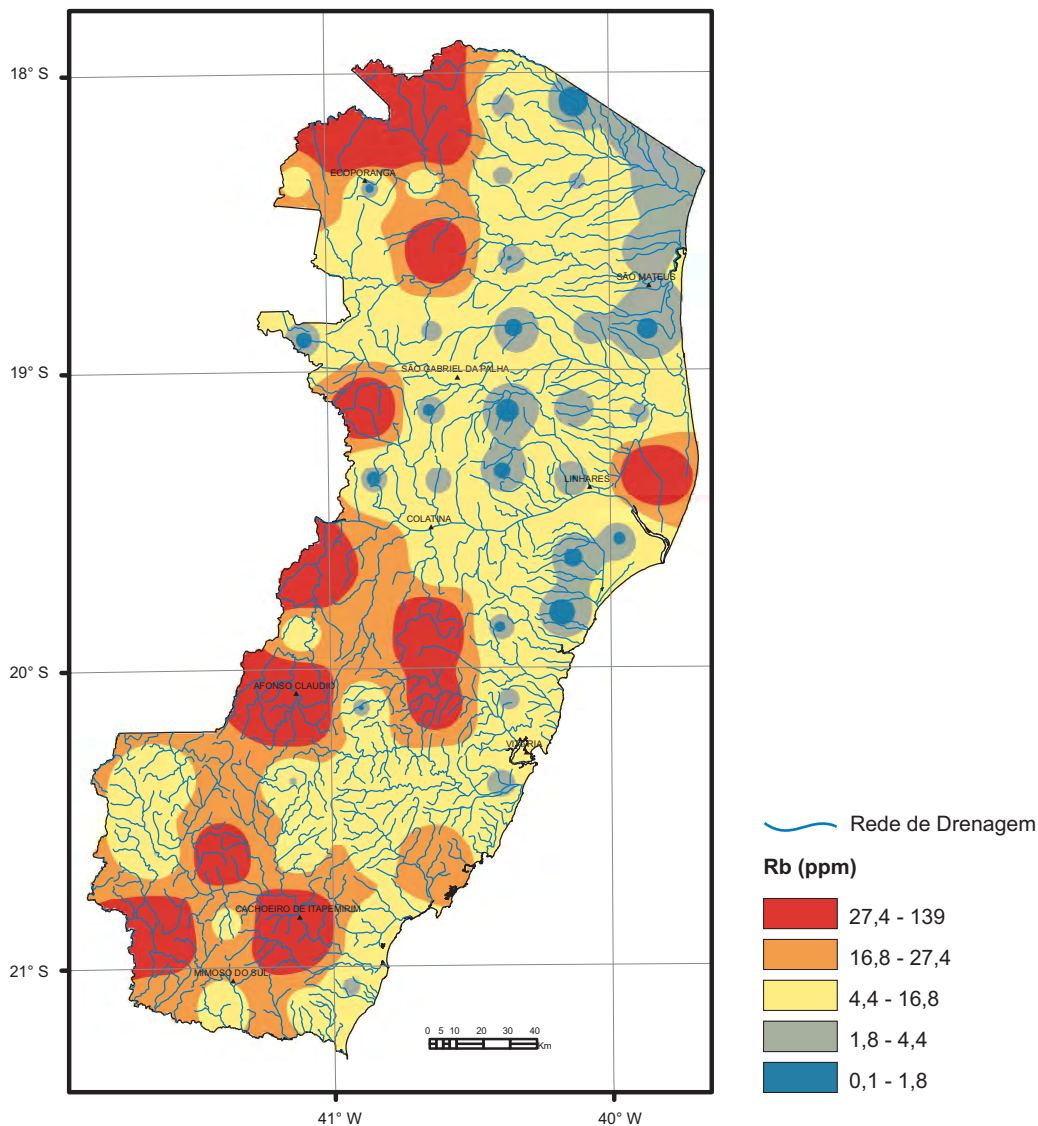
Estatística Descritiva	
Potencial Hidrogeniônico	pH
Limite de Detecção	-
Pontos mensurados	78
Valor Médio	6,6
Valor Mínimo	5,60
Valor Máximo	8,00
Desvio Padrão	0,47
Coefficiente de Variação (%)	0,07
Mediana	6,50
CONAMA 357/2005	6 - 9



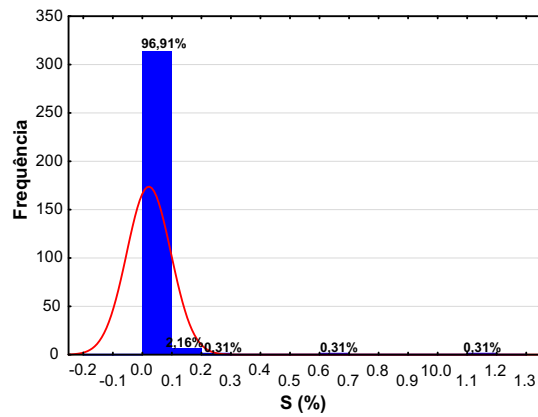
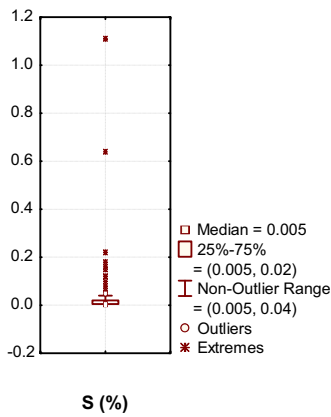
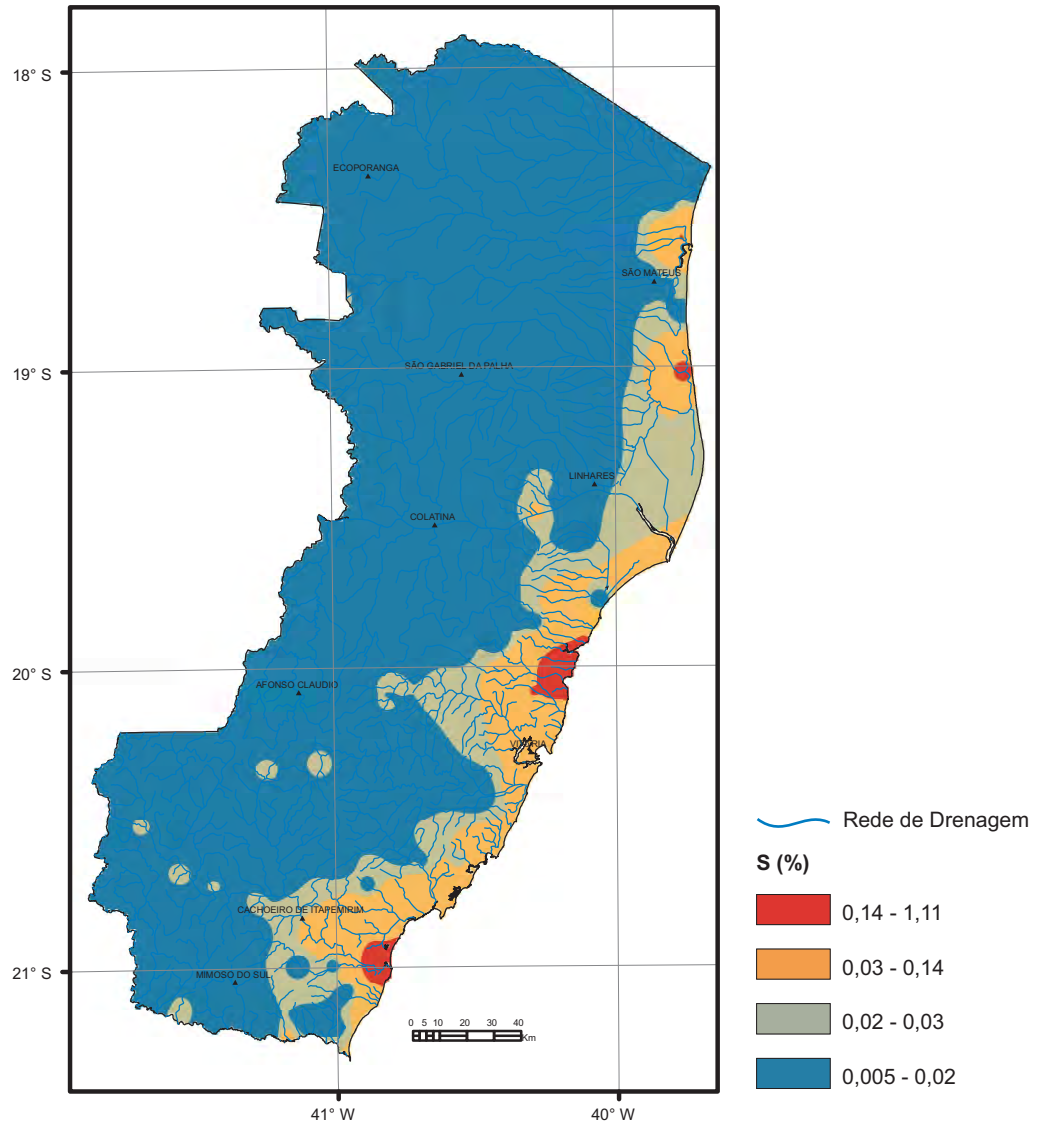
Estatística Descritiva	
Potencial Hidrogeniônico	pH
Limite de Detecção	-
Pontos mensurados	345
Valor Médio	6,7
Valor Mínimo	4,3
Valor Máximo	8,5
Desvio Padrão	0,53
Coefficiente de Variação (%)	0,08
Mediana	6,6
CONAMA 357/2005	6 - 9



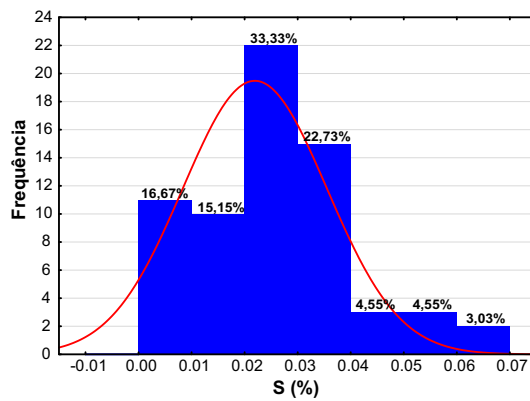
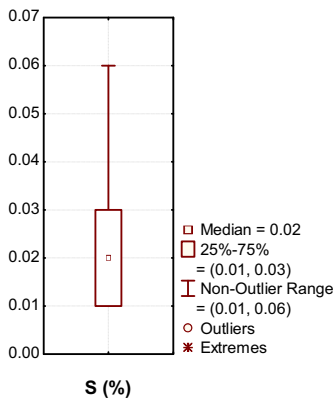
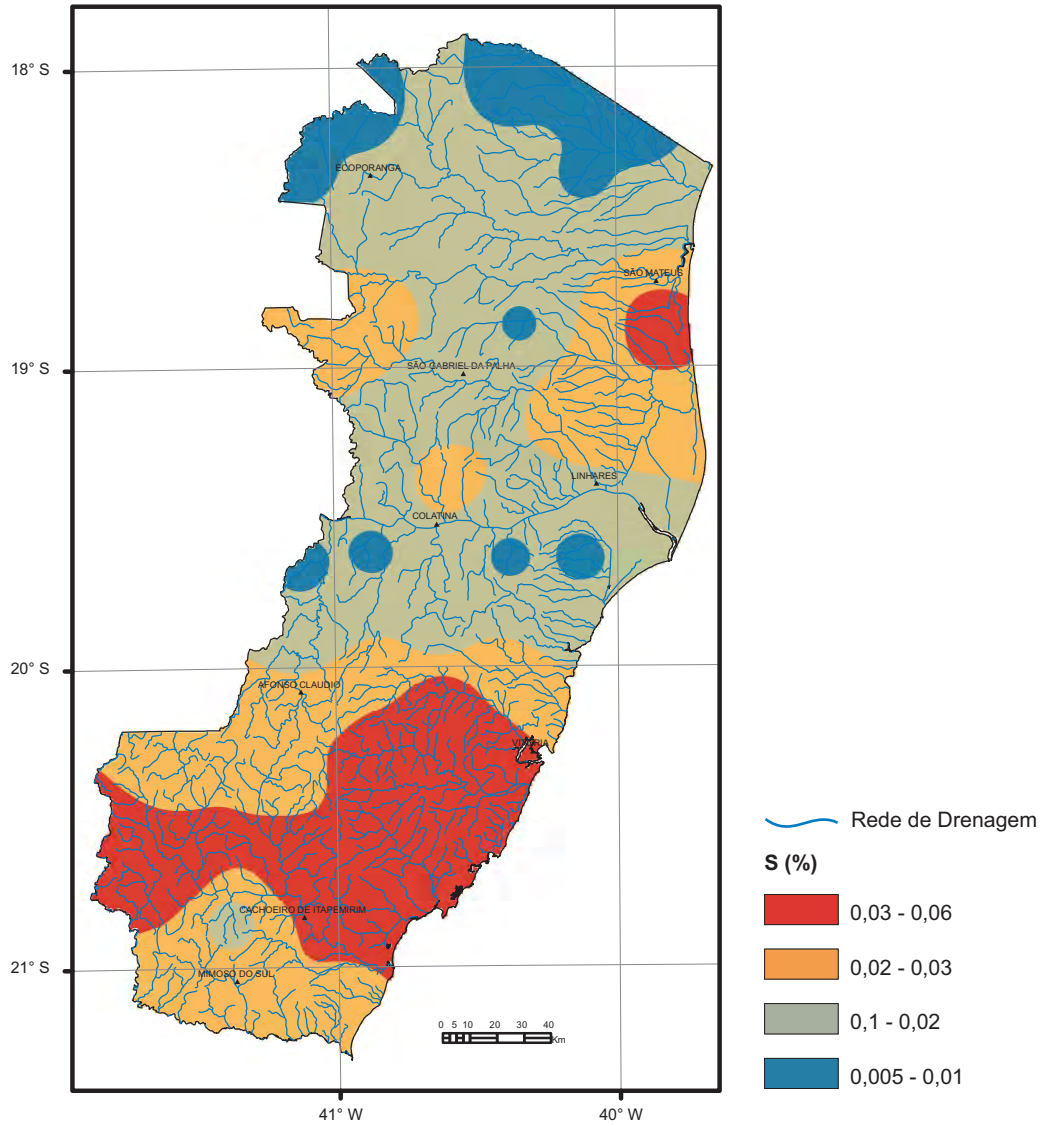
Estatística Descritiva	
Elemento	Rb (ppm)
Limite de Detecção	0,2
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	321
Valor Médio	12,90
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	110,00
Desvio Padrão	13,54
Coefficiente de Variação (%)	1,05
Mediana	7,40
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



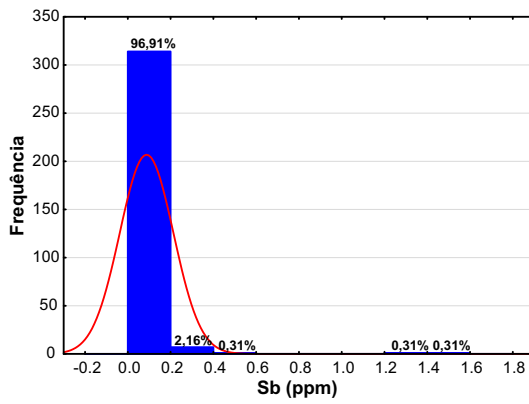
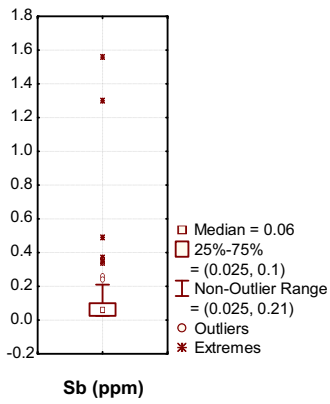
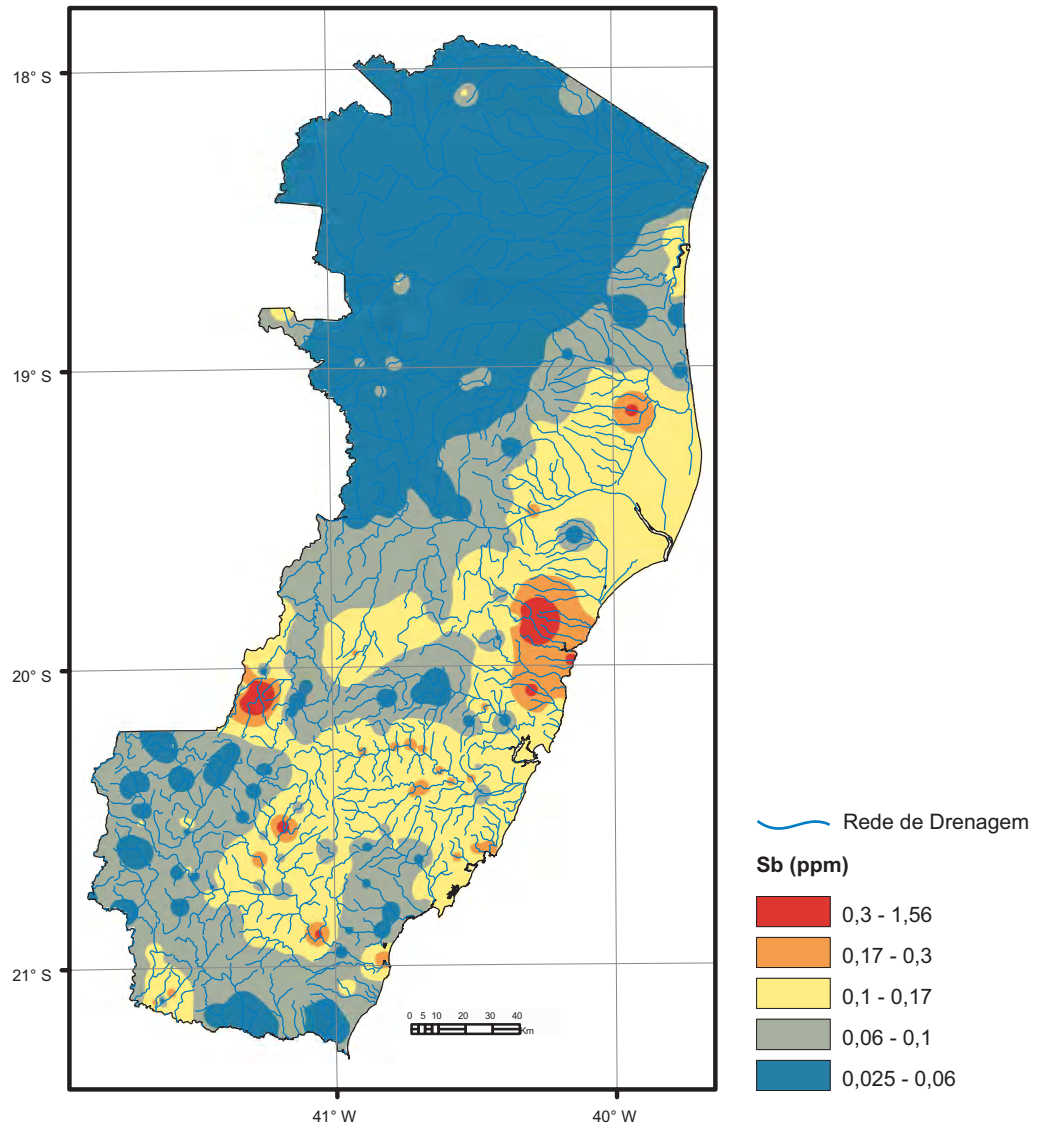
Estatística Descritiva	
Elemento	Rb (ppm)
Limite de Detecção	0,2
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	69
Valor Médio	17,72
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	139,00
Desvio Padrão	28,06
Coefficiente de Variação (%)	1,58
Mediana	4,40
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



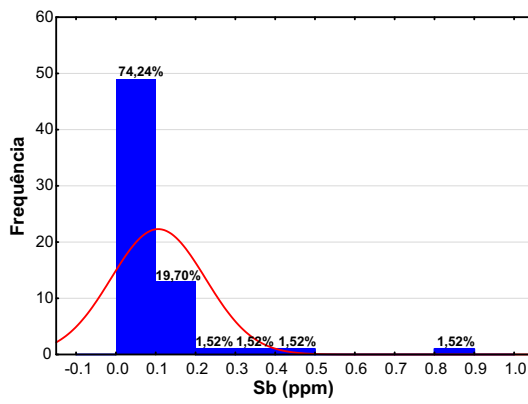
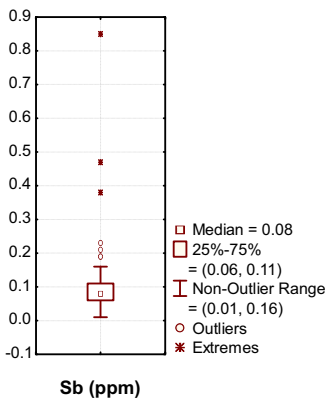
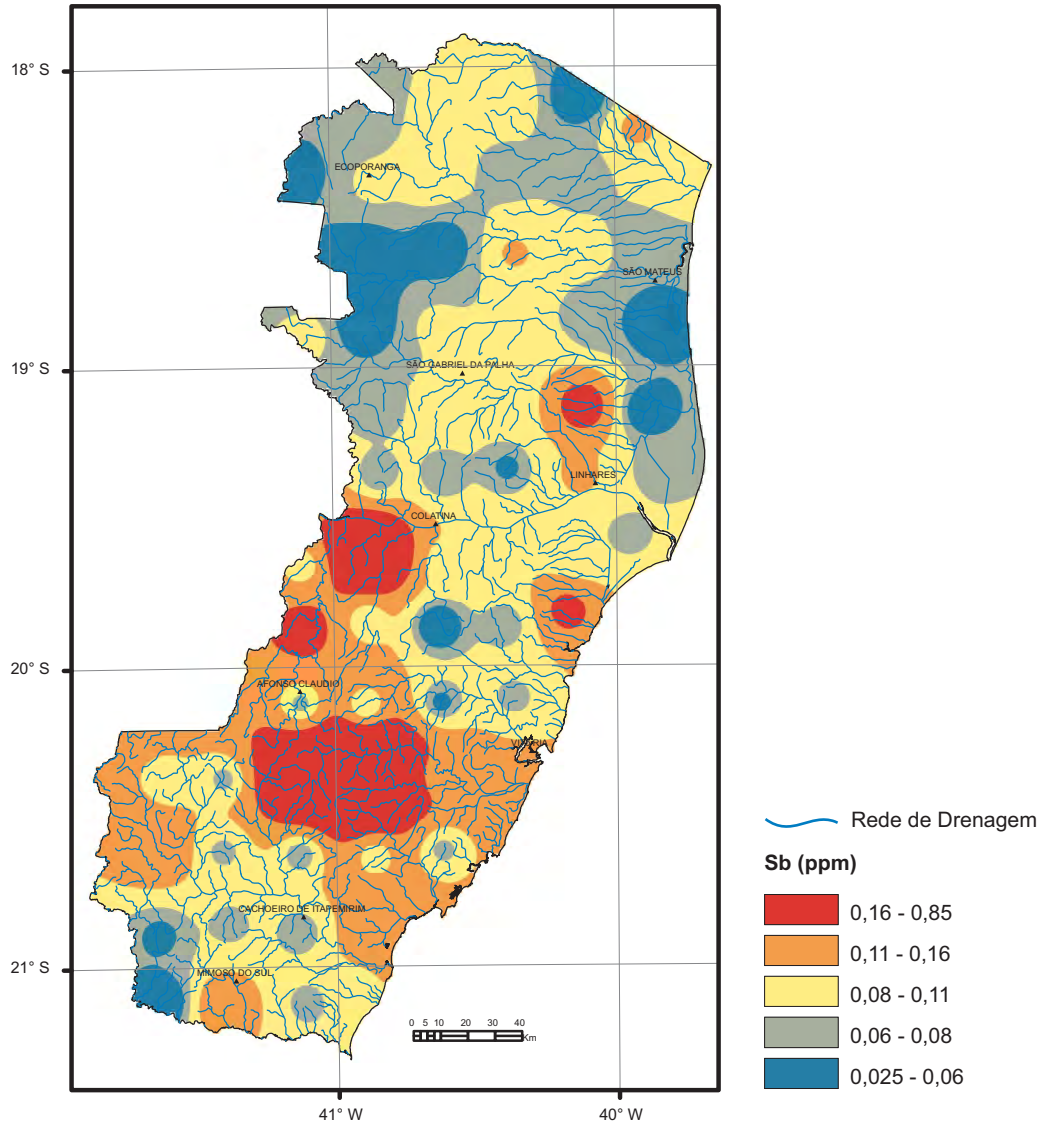
Estatística Descritiva	
Elemento	S (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	144
Valor Médio	0,02
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	1,11
Desvio Padrão	0,07
Coeficiente de Variação (%)	3,5
Mediana	0,005
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiRTs/2008 (PEL)	-



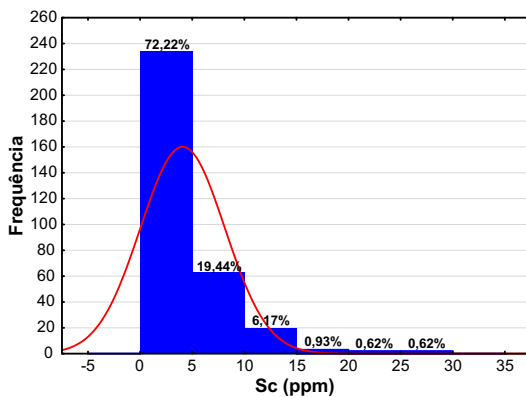
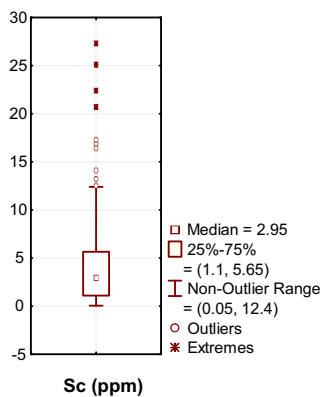
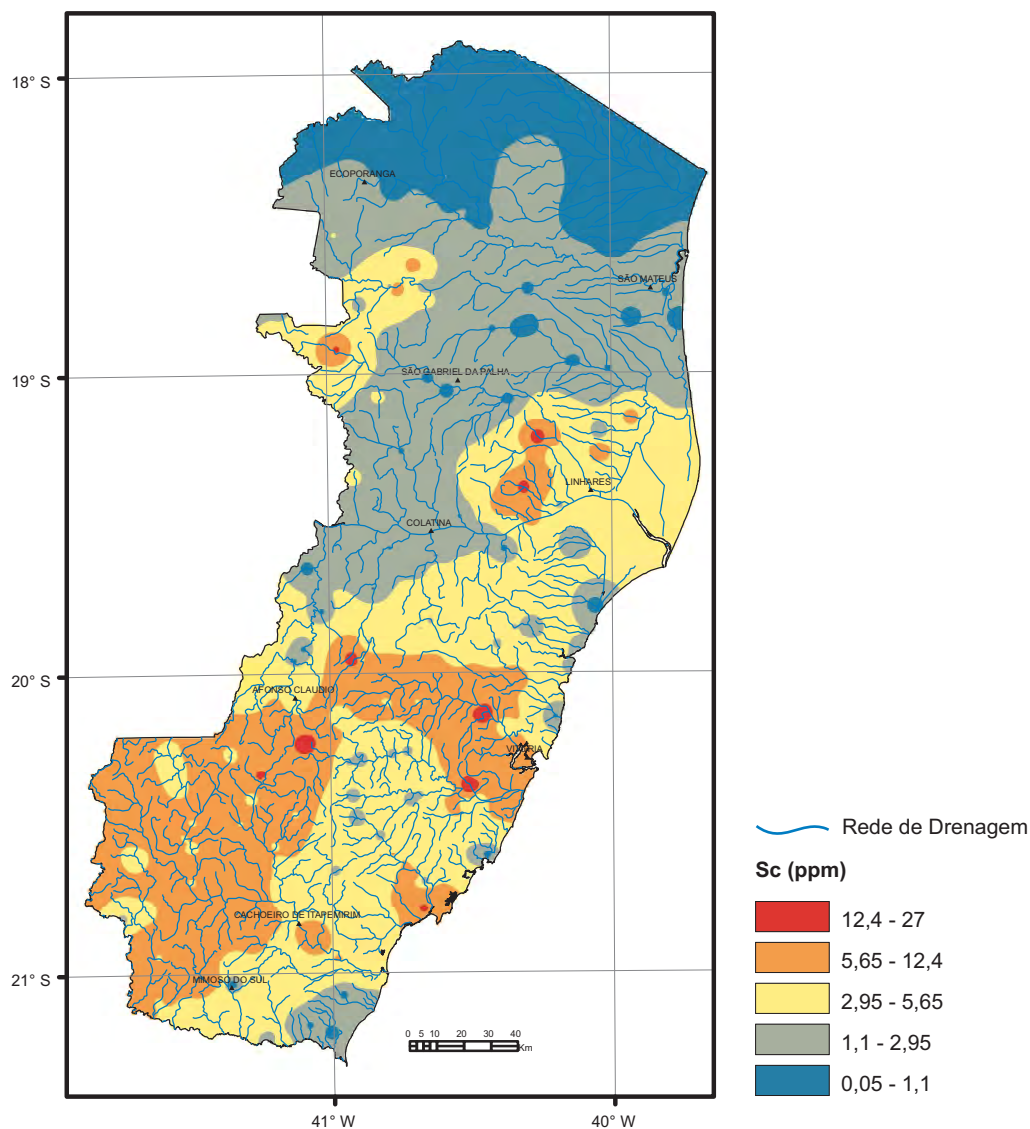
Estatística Descritiva	
Elemento	S (%)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	58
Mediana	0,02
Valor Médio	0,02
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,06
Desvio Padrão	0,013
Coefficiente de Variação (%)	0,62
Mediana	0,02
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



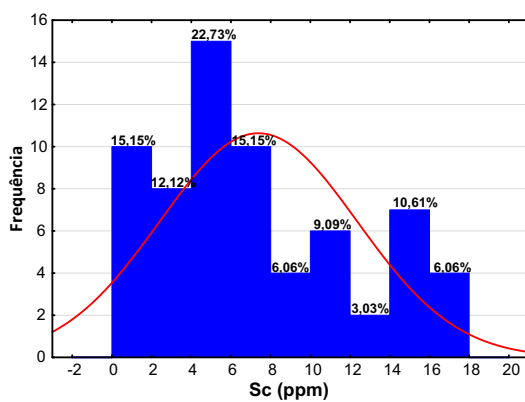
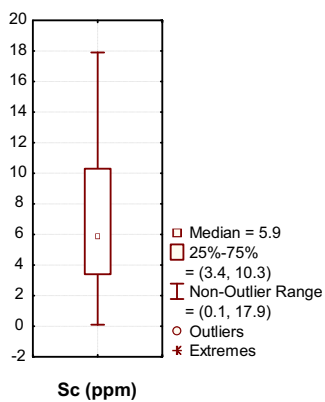
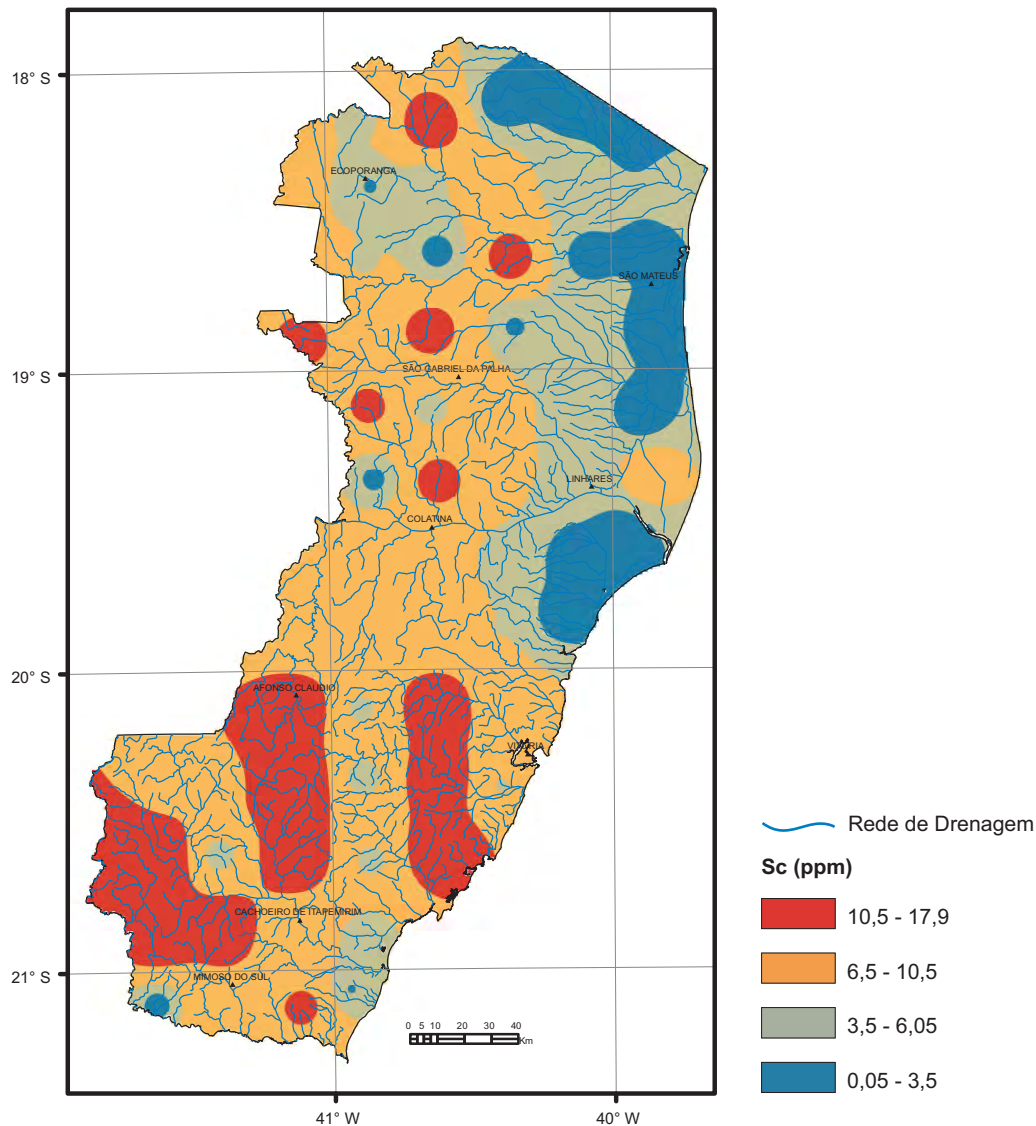
Estatística Descritiva	
Elemento	Sb (ppm)
Limite de Detecção	0,005
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	203
Valor Médio	0,09
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	1,56
Desvio Padrão	0,12
Coefficiente de Variação (%)	1,33
Mediana	0,06
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiRTs/2008 (PEL)	-



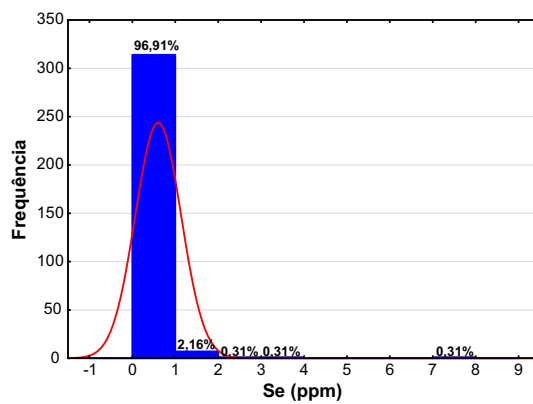
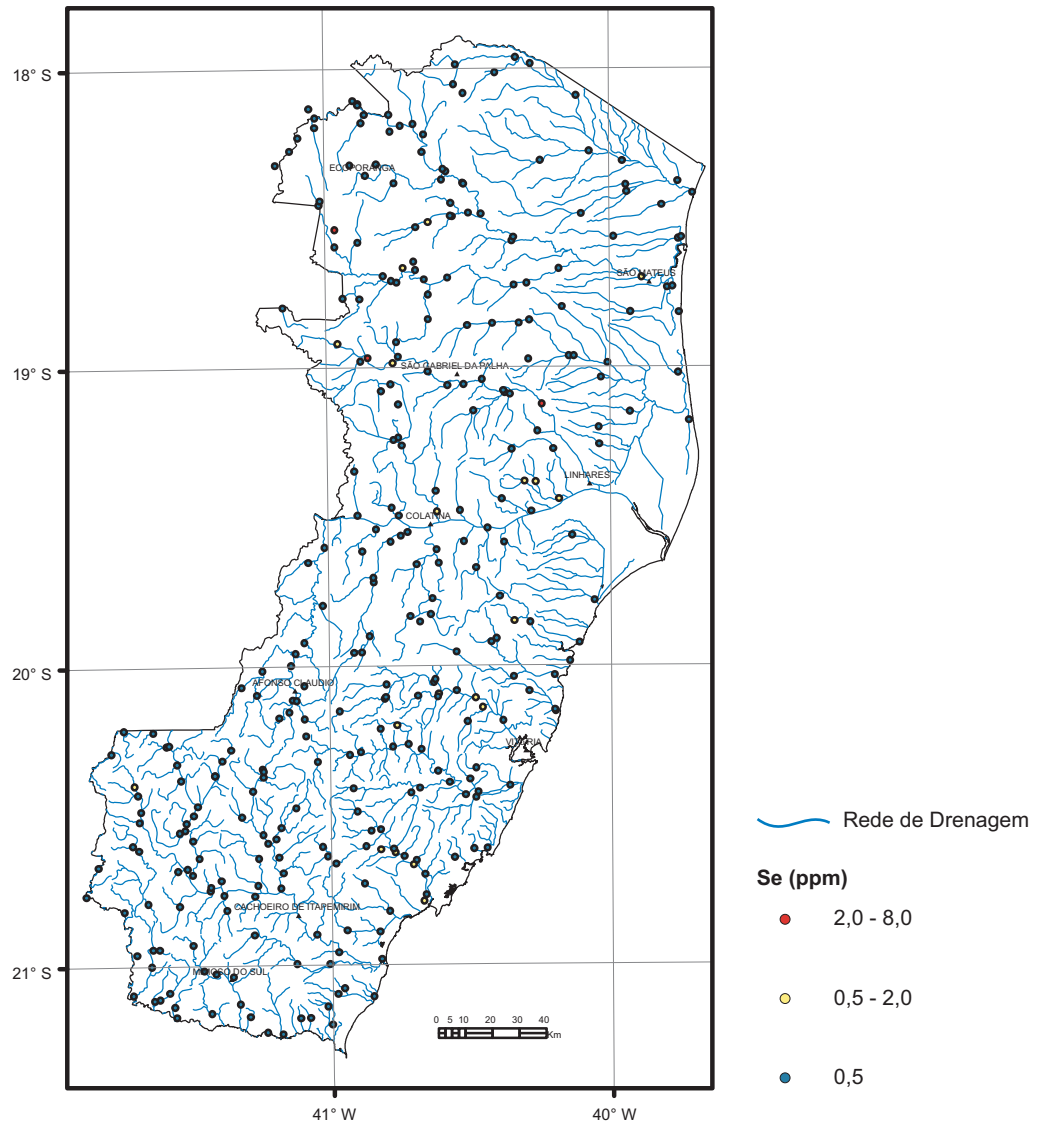
Estatística Descritiva	
Elemento	Sb (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	64
Valor Médio	0,15
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	0,85
Desvio Padrão	0,11
Coefficiente de Variação (%)	1,08
Mediana	0,08
CONAMA 420/2009 (VP)	2,00
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	3,00



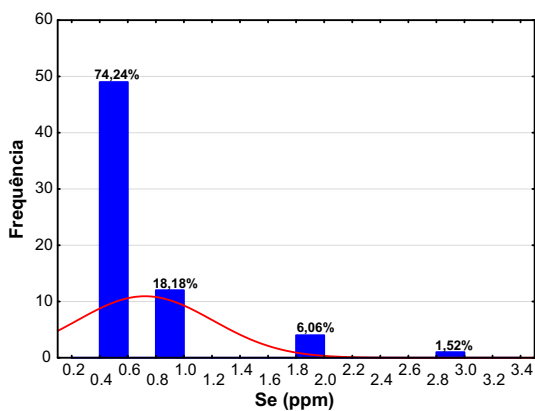
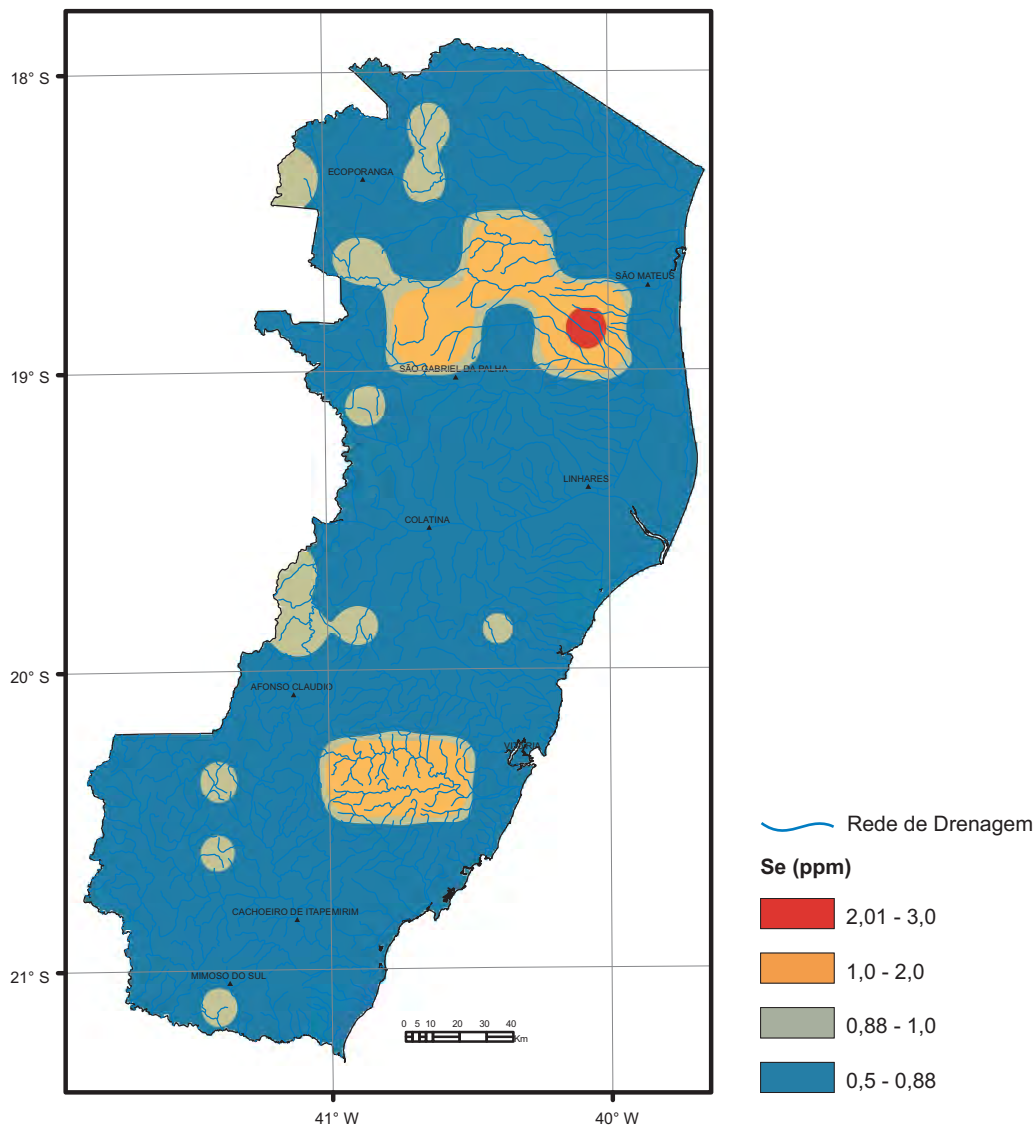
Estatística Descritiva	
Elemento	Sc (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	324
Valor Médio	4,02
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	27,3
Desvio Padrão	4,03
Coefficiente de Variação (%)	1,00
Mediana	2,95
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



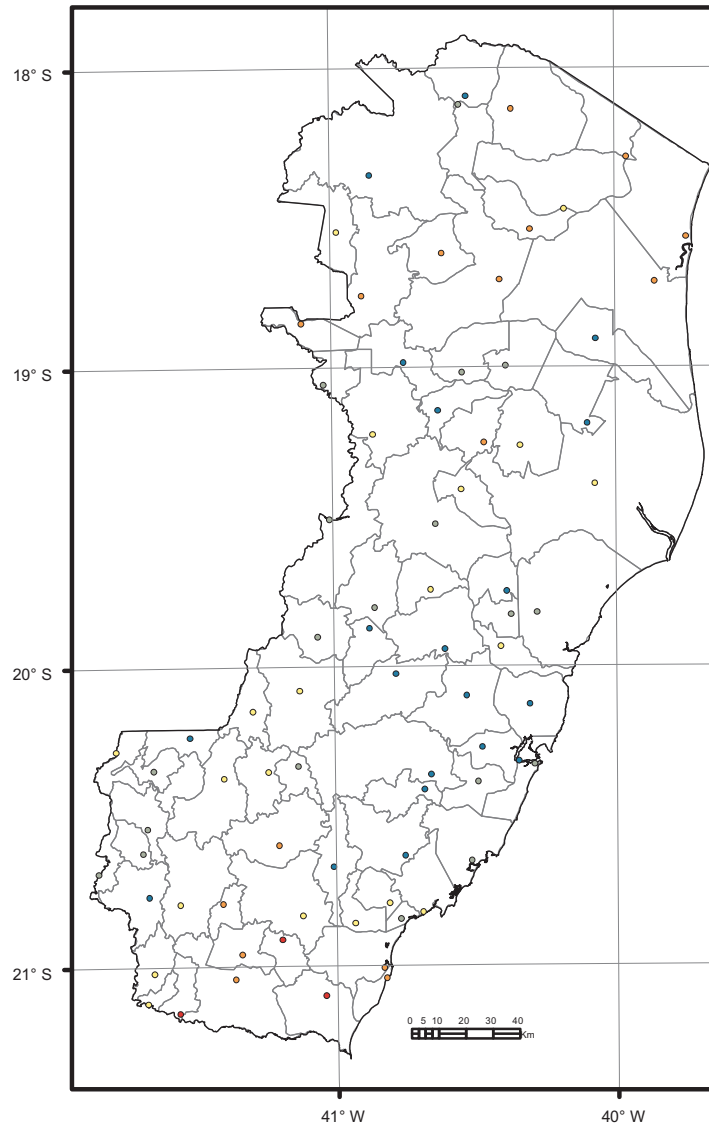
Estatística Descritiva	
Elemento	Sc (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	70
Valor Médio	7,12
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	17,9
Desvio Padrão	4,87
Coeficiente de Variação (%)	0,68
Mediana	6,05
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



Estatística Descritiva	
Elemento	Se (ppm)
Limite de Detecção	1
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	23
Valor Médio	0,59
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	8,00
Desvio Padrão	0,53
Coefficiente de Variação (%)	0,89
Mediana	0,50
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



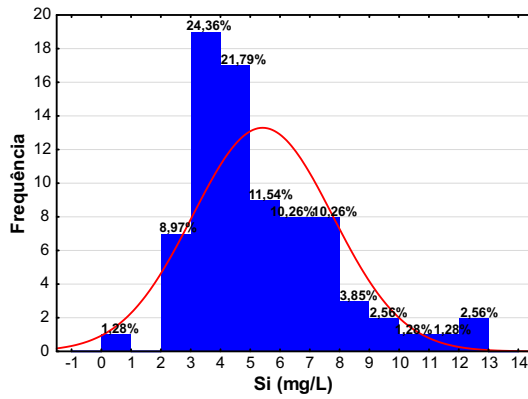
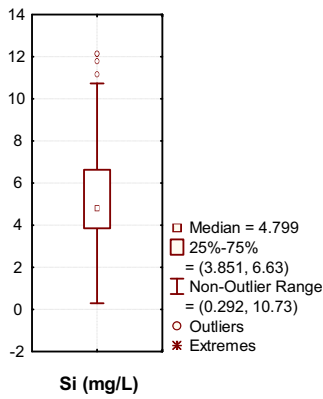
Estatística Descritiva	
Elemento	Se (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	22
Valor Médio	0,72
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	3,00
Desvio Padrão	0,48
Coefficiente de Variação (%)	0,67
Mediana	0,50
CONAMA 420/2009 (VP)	5,00
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	0,70



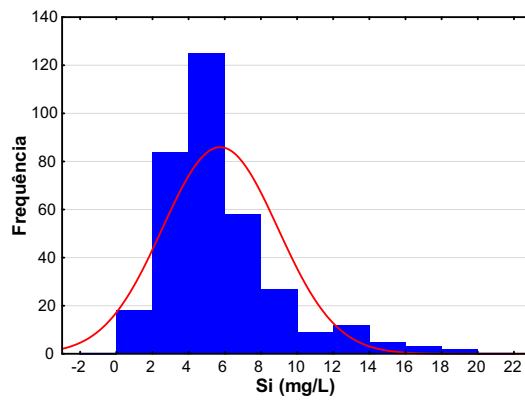
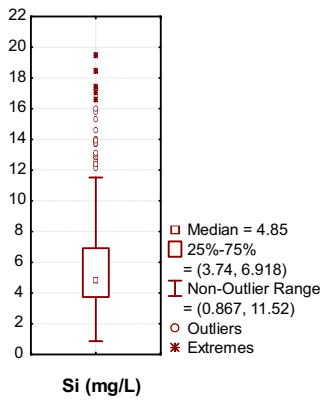
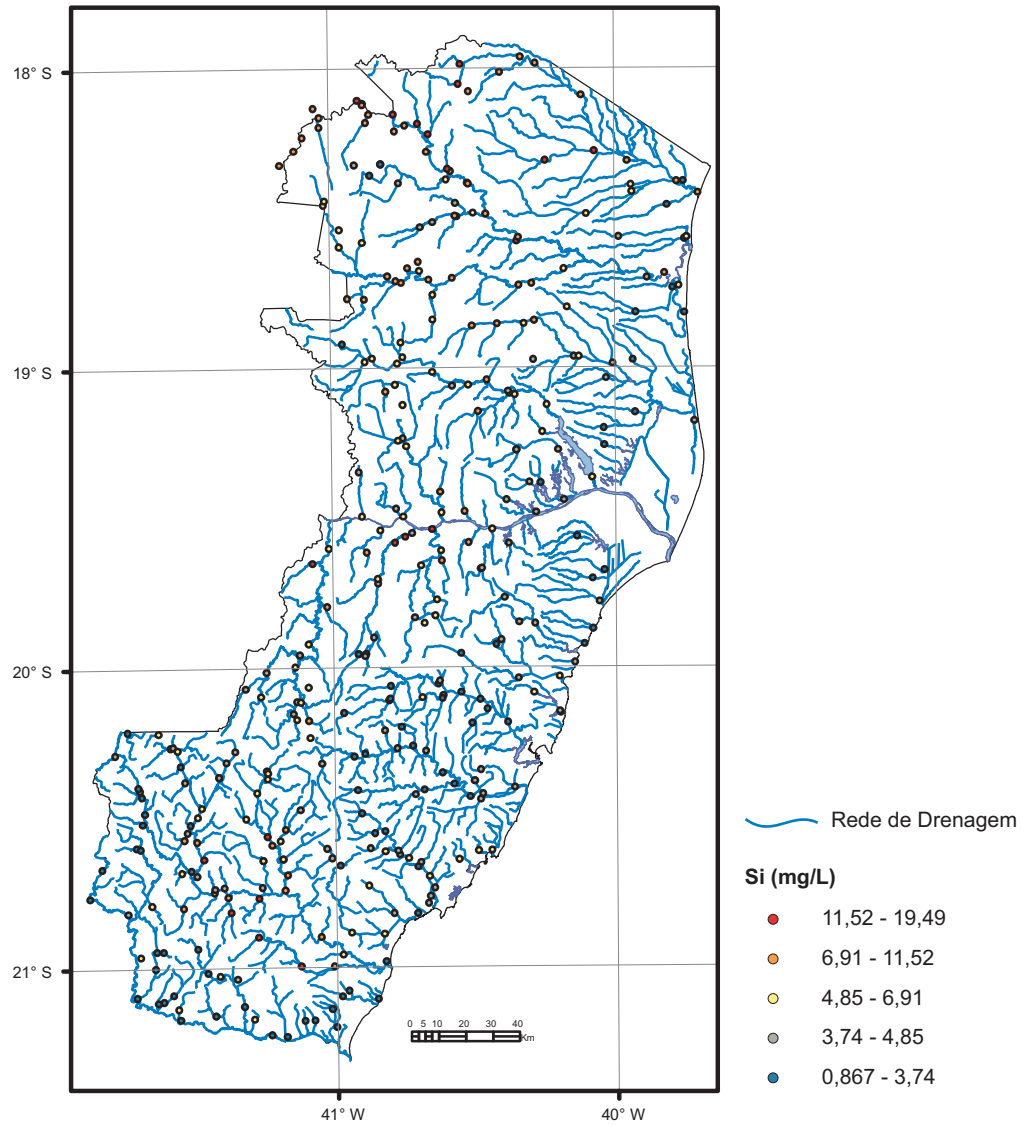
Municípios

Si (mg/L)

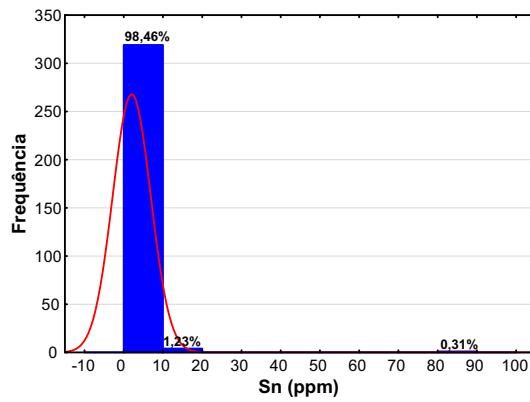
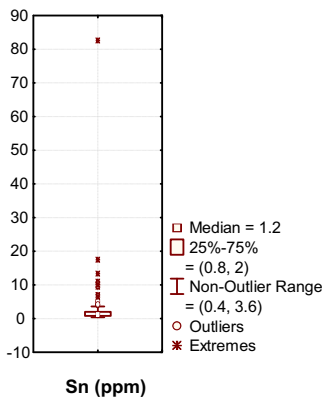
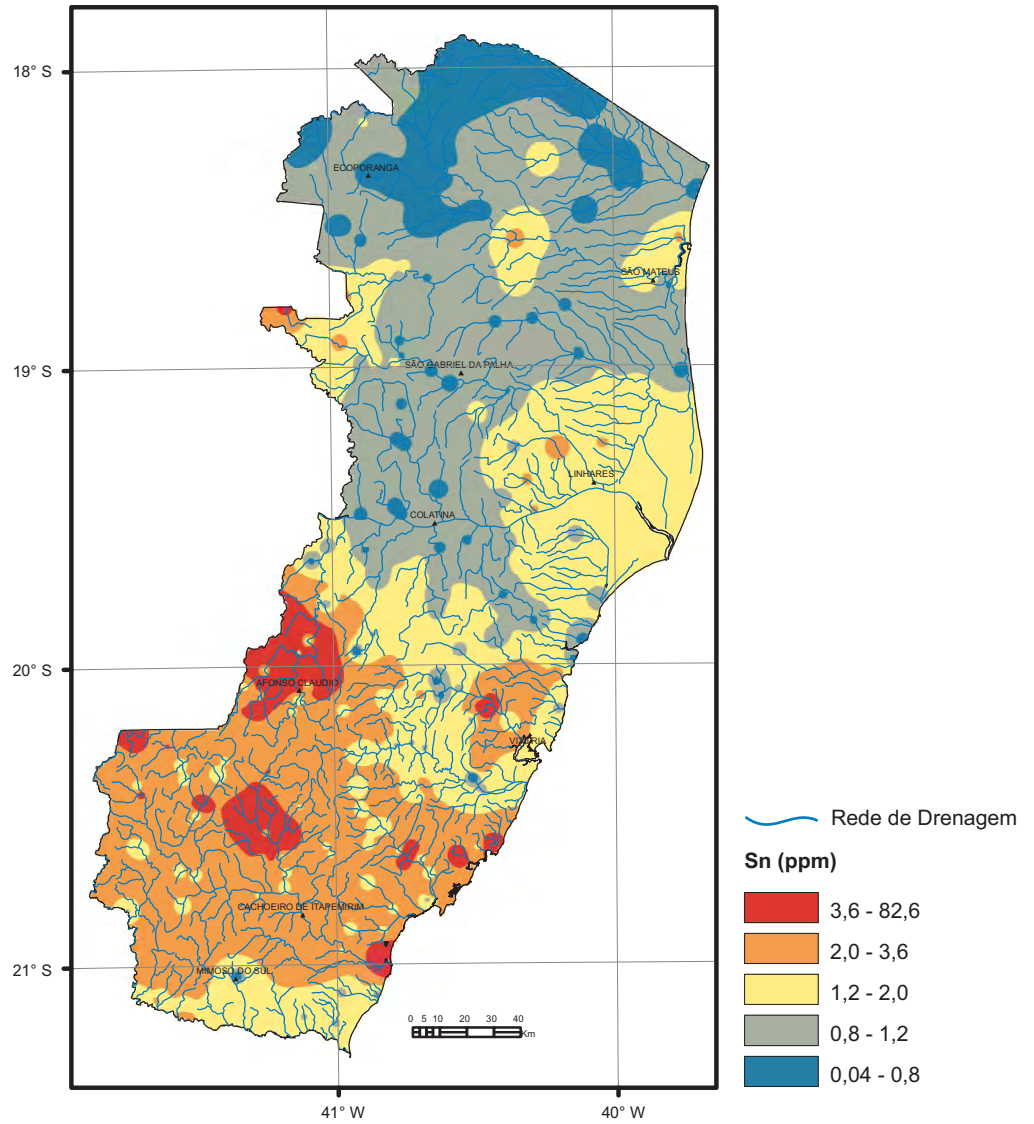
- 10,73 - 12,15
- 6,63 - 10,73
- 4,762 - 6,63
- 3,776 - 4,762
- 0,292 - 3,776



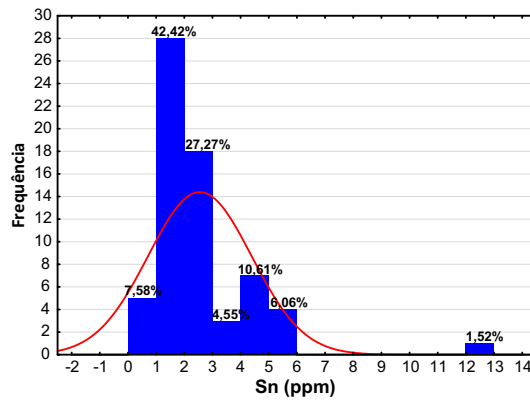
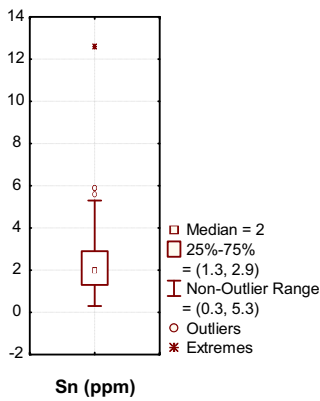
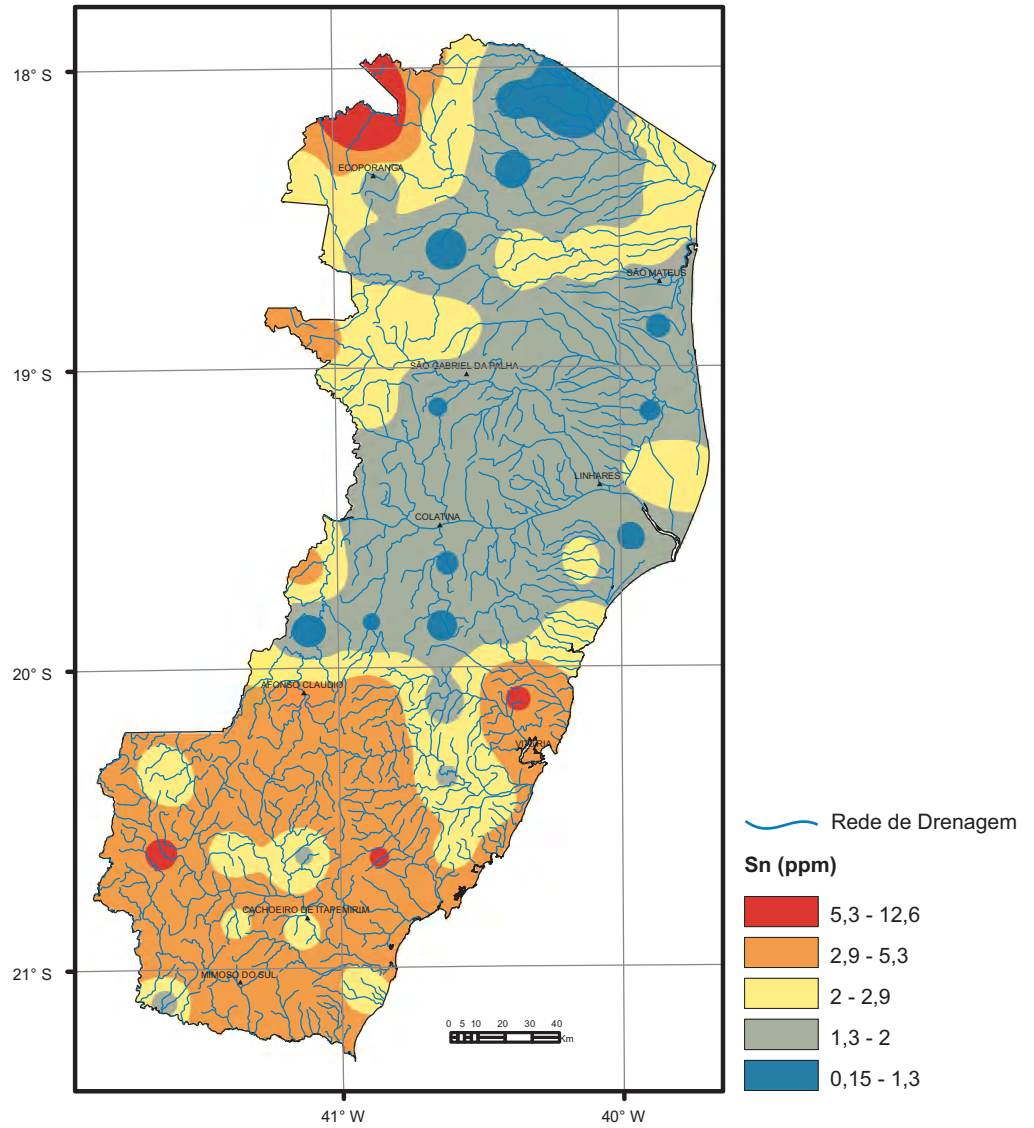
Estatística Descritiva	
Elemento	Si (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	78
Valor Médio	5,38
Valor Mínimo	0,29
Valor Máximo	12,15
Desvio Padrão	2,34
Coefficiente de Variação (%)	0,43
Mediana	4,75
CONAMA 357/2005	-



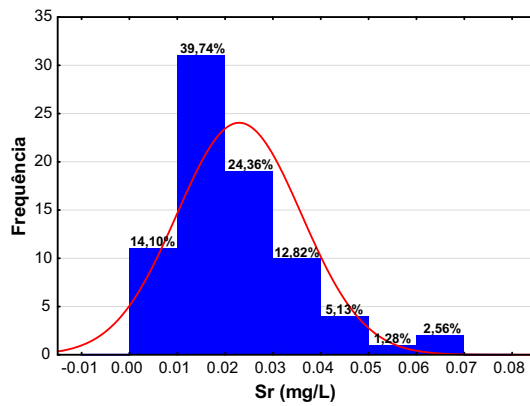
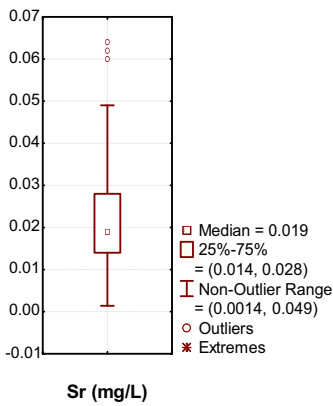
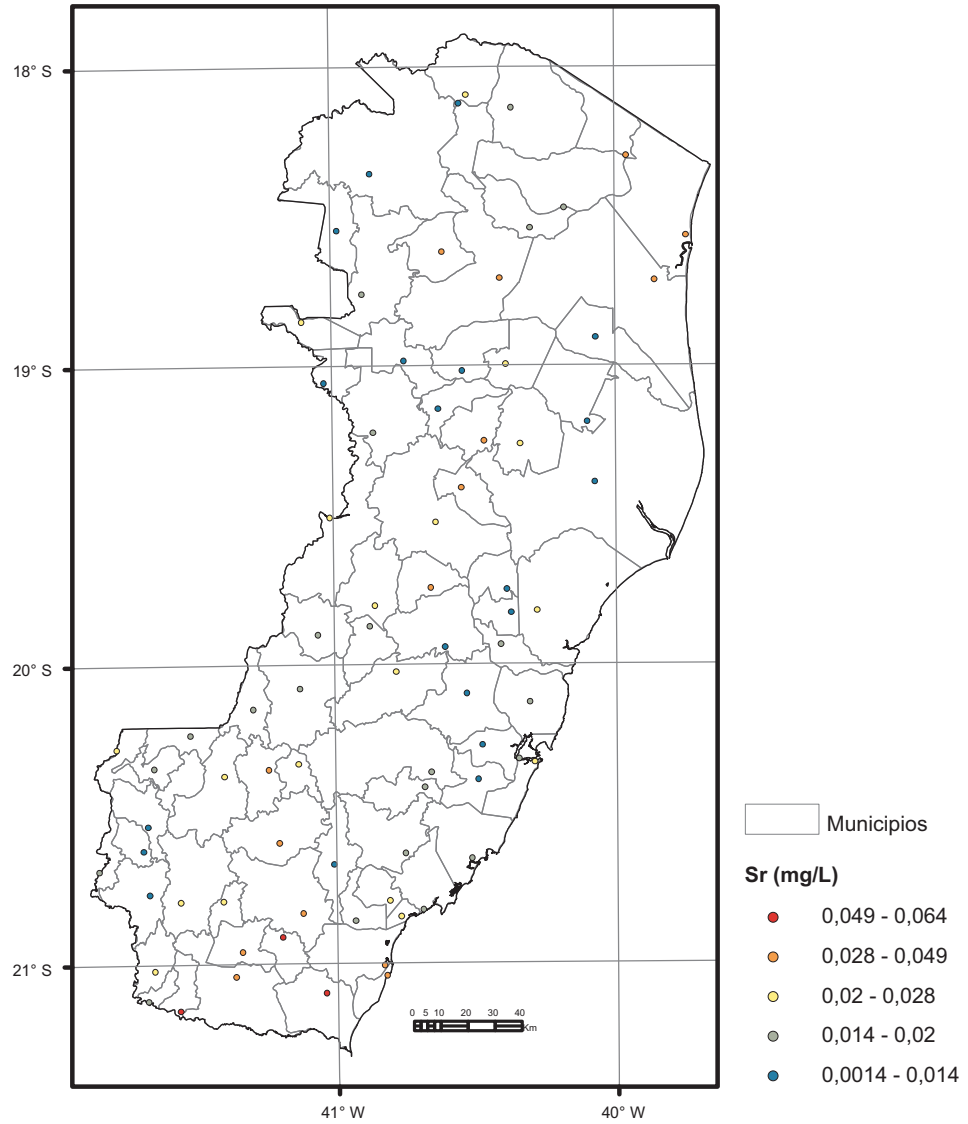
Estatística Descritiva	
Elemento	Si (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	345
Valor Médio	5,7
Valor Mínimo	0,86
Valor Máximo	19,49
Desvio Padrão	3,18
Coefficiente de Variação (%)	0,56
Mediana	4,85
CONAMA 357/2005	-



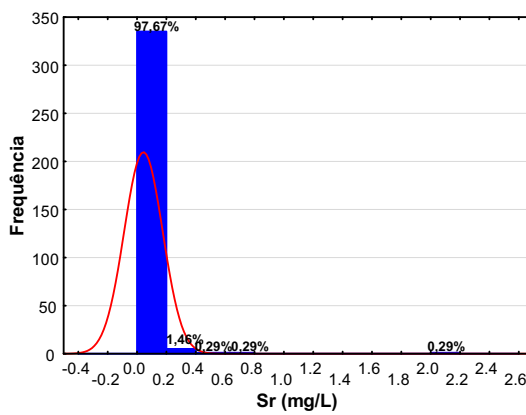
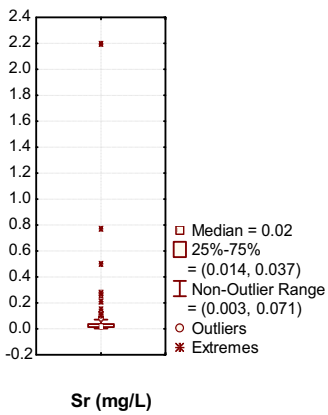
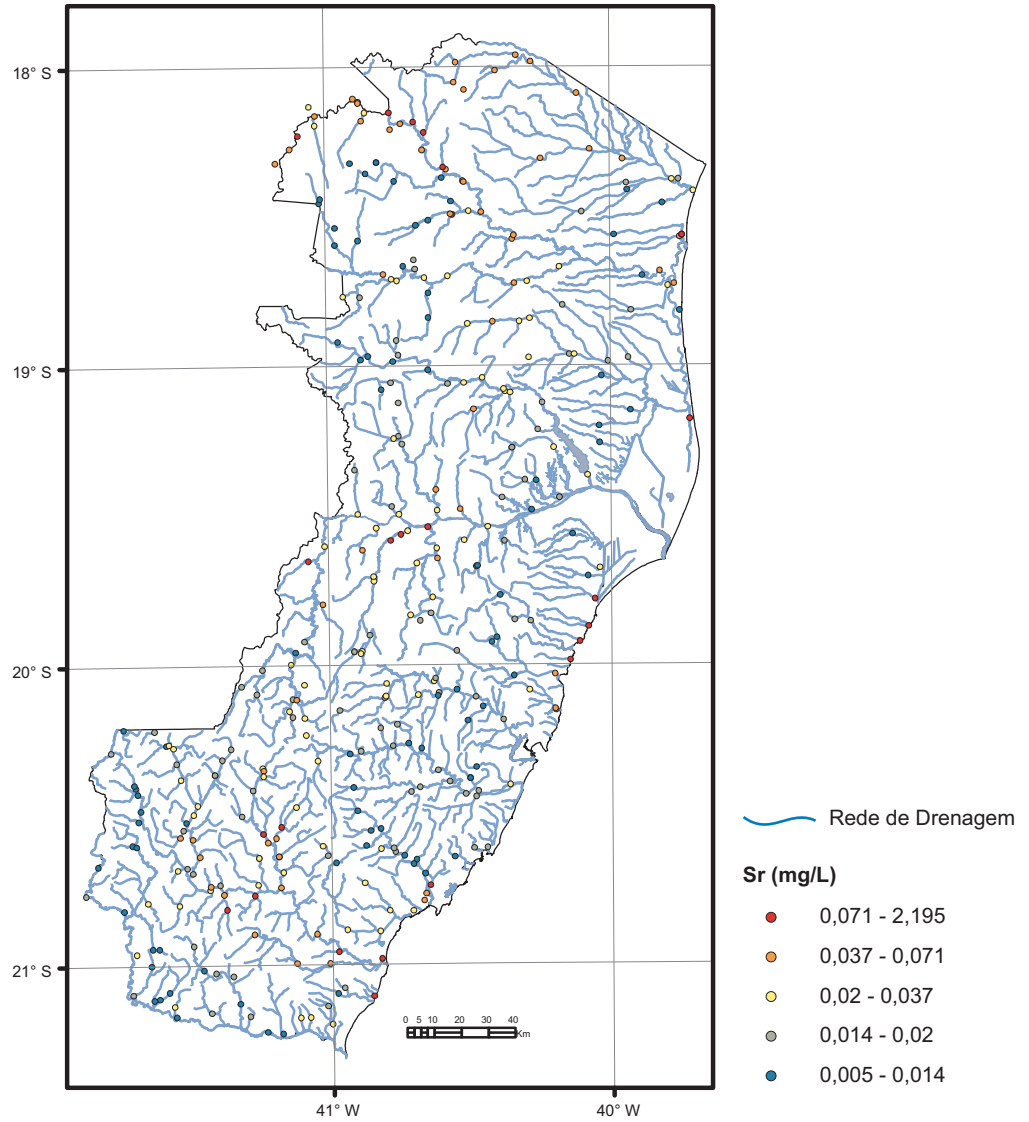
Estatística Descritiva	
Elemento	Sn (ppm)
Limite de Detecção	0,3
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	1,95
Valor Mínimo	0,40
Valor Máximo	82,6
Desvio Padrão	4,82
Coefficiente de Variação (%)	2,47
Mediana	1,2
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



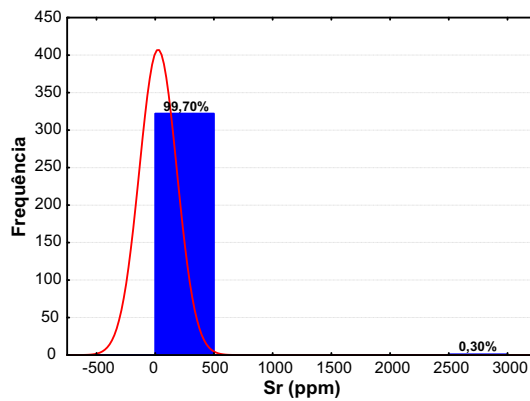
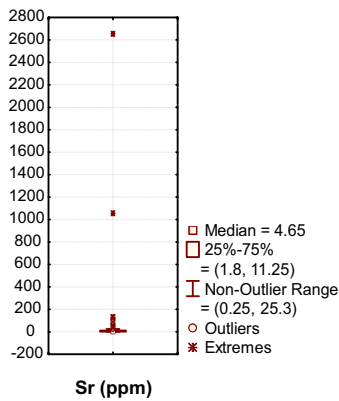
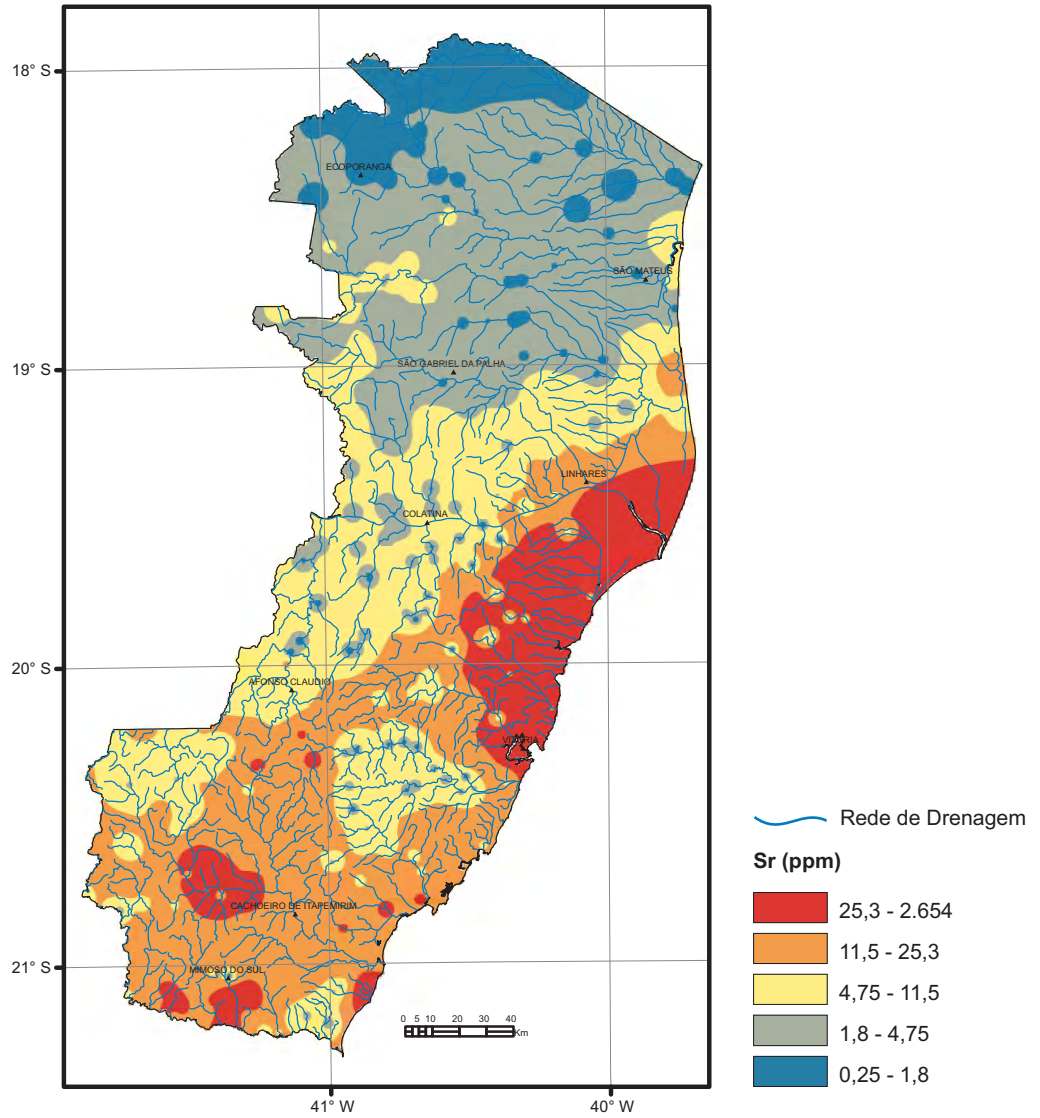
Estatística Descritiva	
Elemento	Sn (ppm)
Limite de Detecção	0,3
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	70
Valor Médio	2,47
Valor Mínimo	0,15
Valor Máximo	12,60
Desvio Padrão	1,79
Coefficiente de Variação (%)	0,72
Mediana	2,05
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	19,00



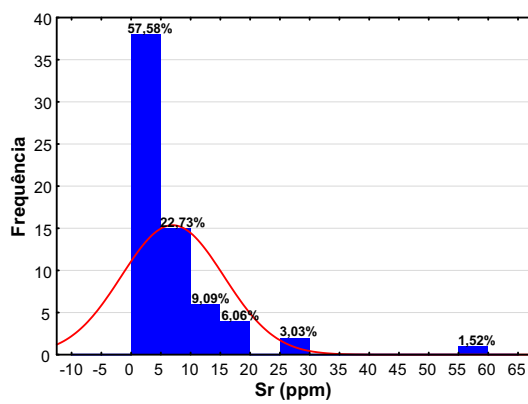
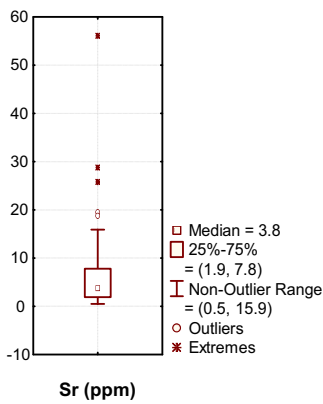
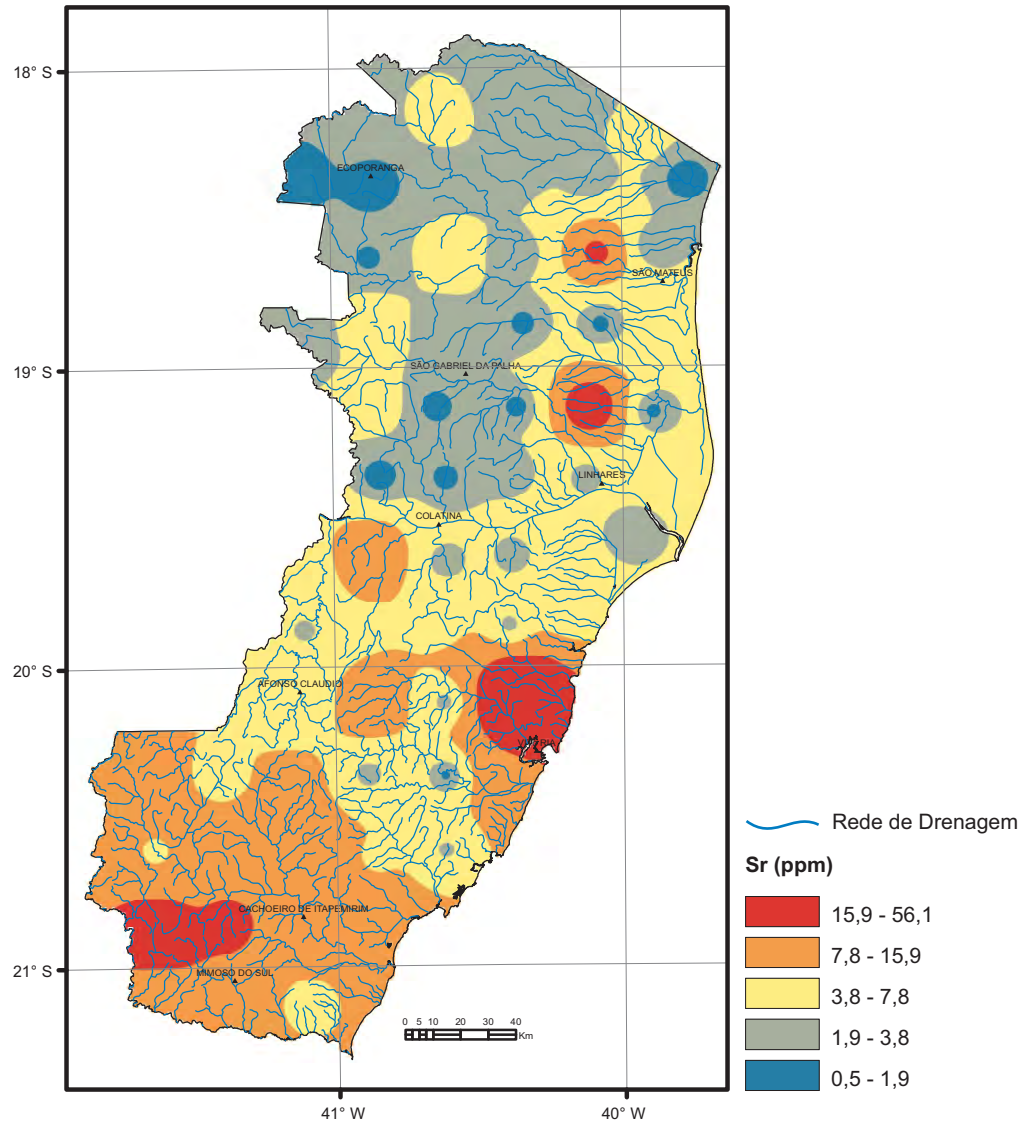
Estatística Descritiva	
Elemento	Sr (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	78
Valor Médio	0,02
Valor Mínimo	0,0014
Valor Máximo	0,064
Desvio Padrão	0,01
Coefficiente de Variação (%)	0,57
Mediana	0,02
CONAMA 357/2005	-



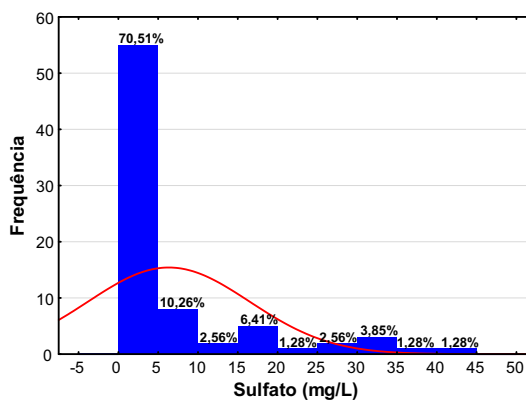
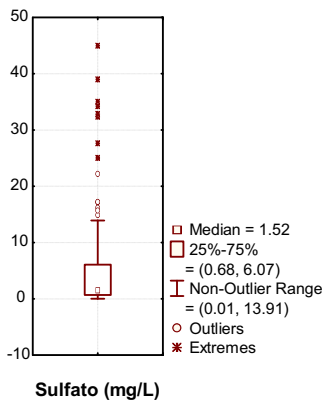
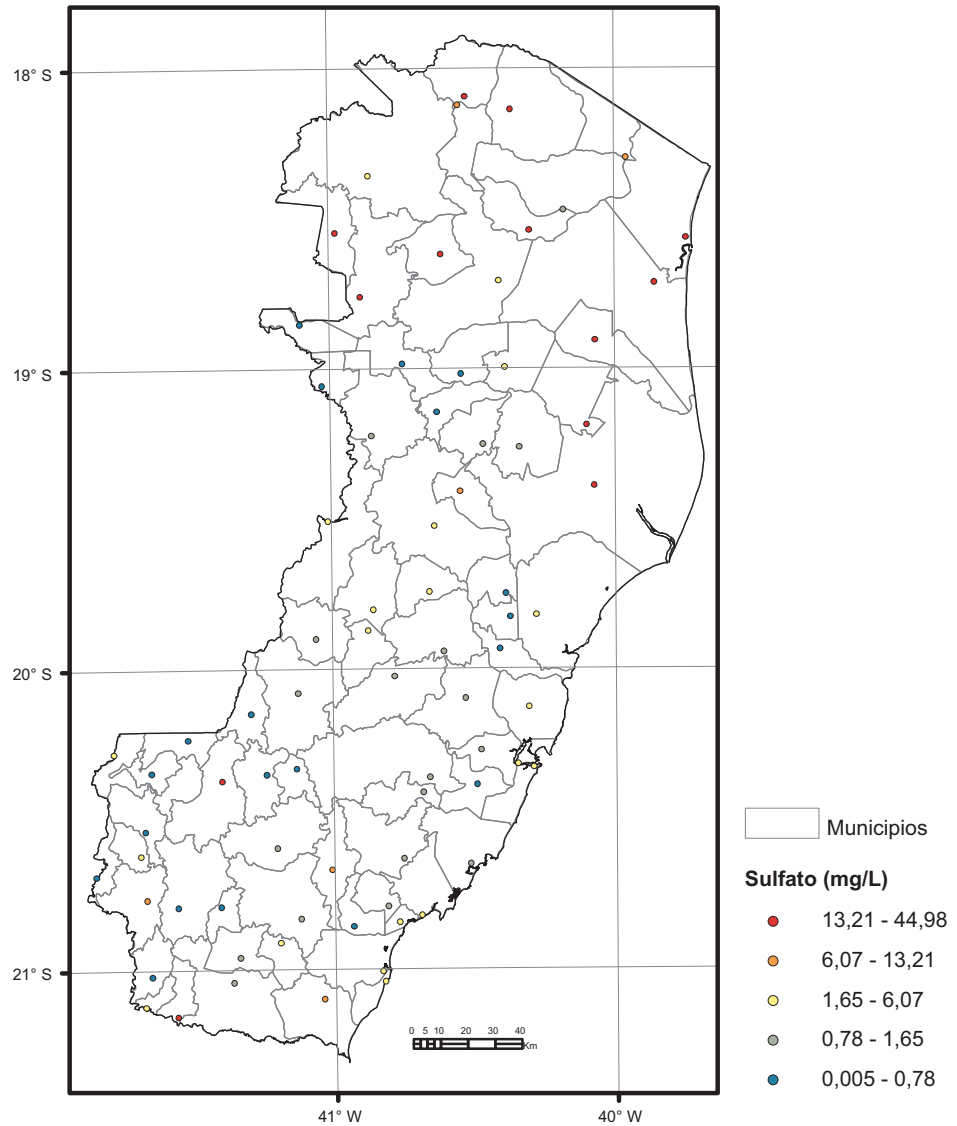
Estatística Descritiva	
Elemento	Sr (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	319
Valor Médio	0,04
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	2,19
Desvio Padrão	0,13
Coefficiente de Variação (%)	3,19
Mediana	0,02
CONAMA 357/2005	-



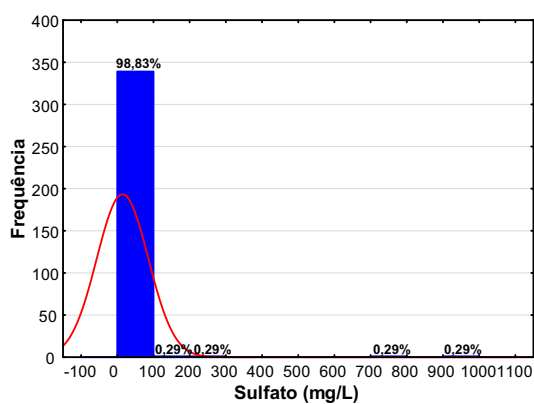
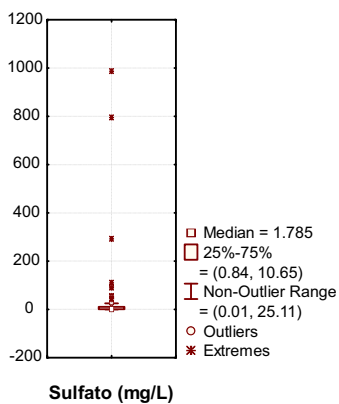
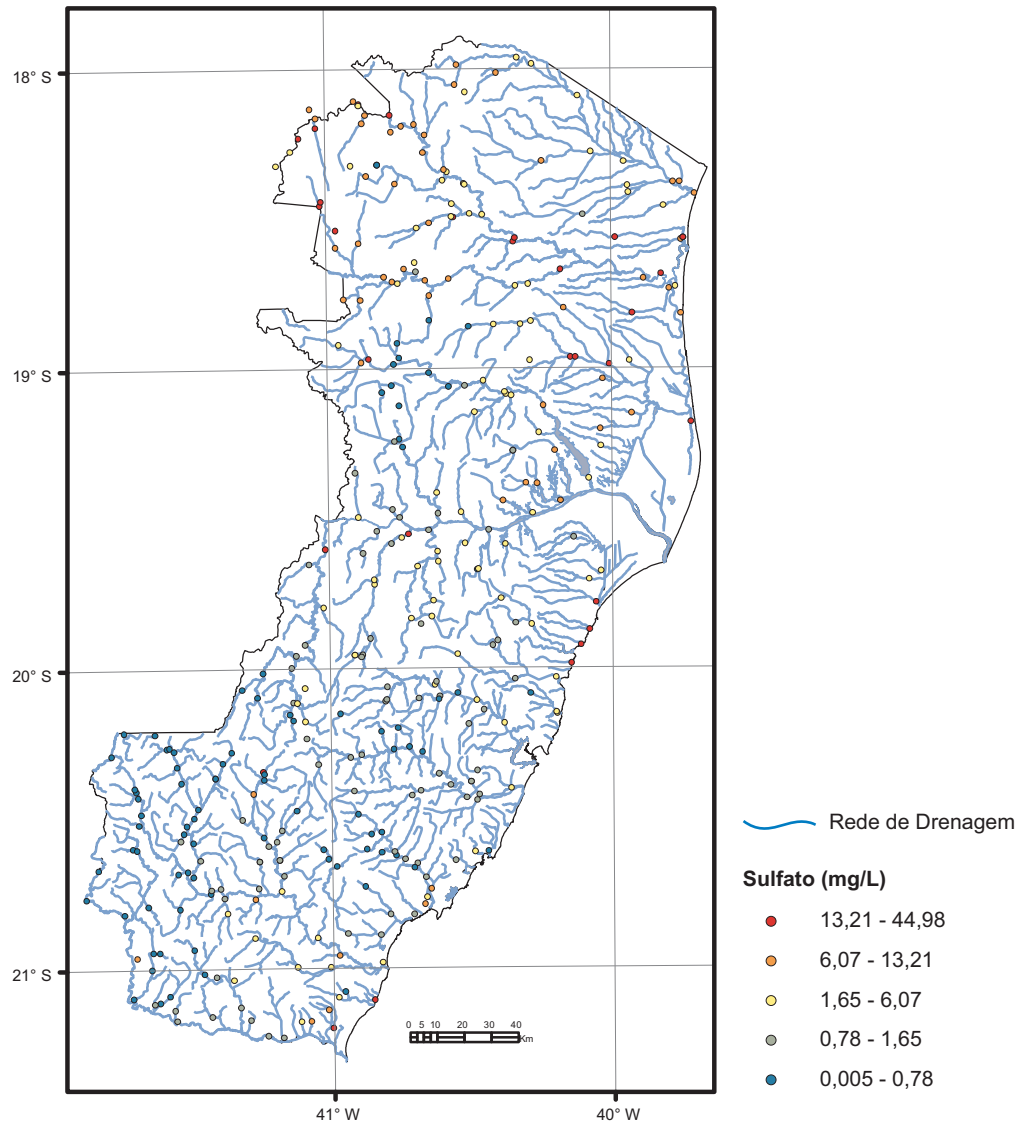
Estatística Descritiva	
Elemento	Sr (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	319
Valor Médio	20,65
Valor Mínimo	0,25
Valor Máximo	2654,0
Desvio Padrão	158,6
Coefficiente de Variação (%)	7,68
Mediana	4,75
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuTRs/2008 (PEL)	-



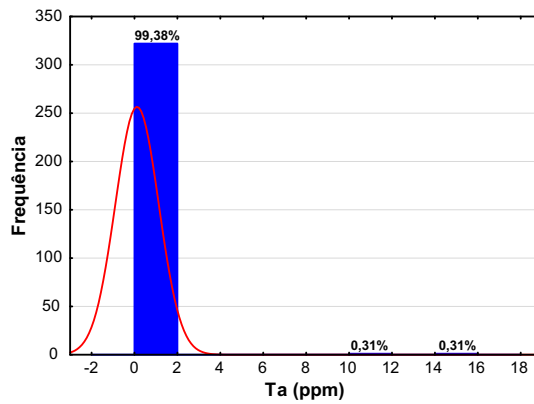
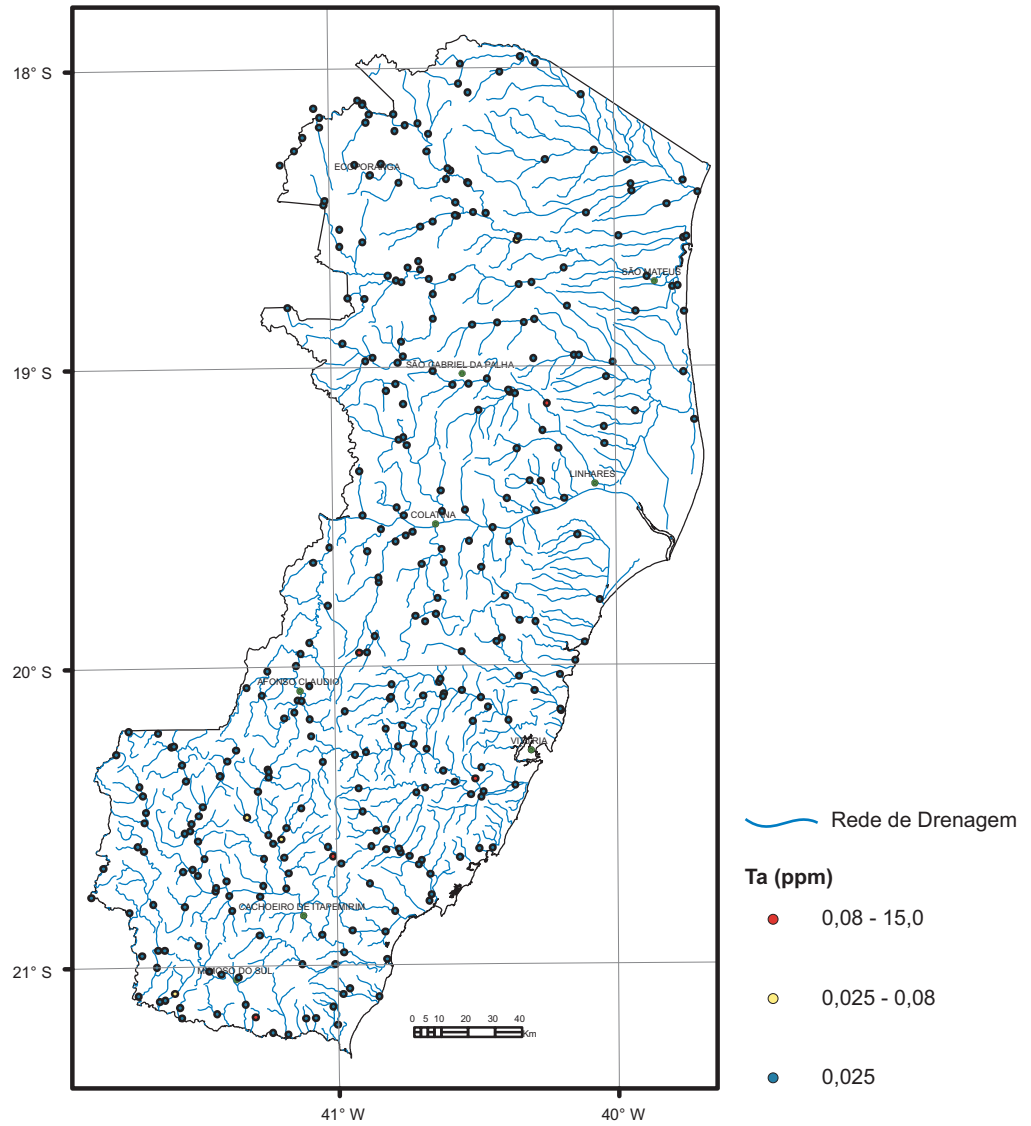
Estatística Descritiva	
Elemento	Sr (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	6,72
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	56,10
Desvio Padrão	8,38
Coeficiente de Variação (%)	1,25
Mediana	3,85
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



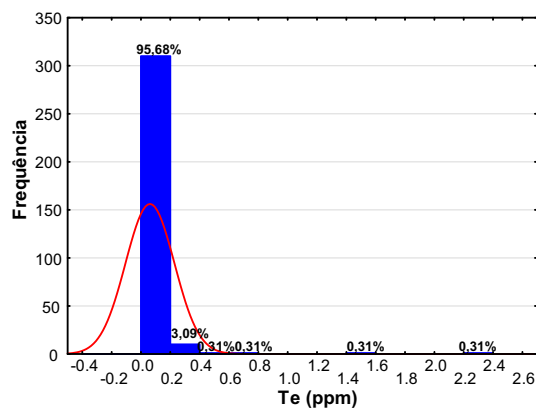
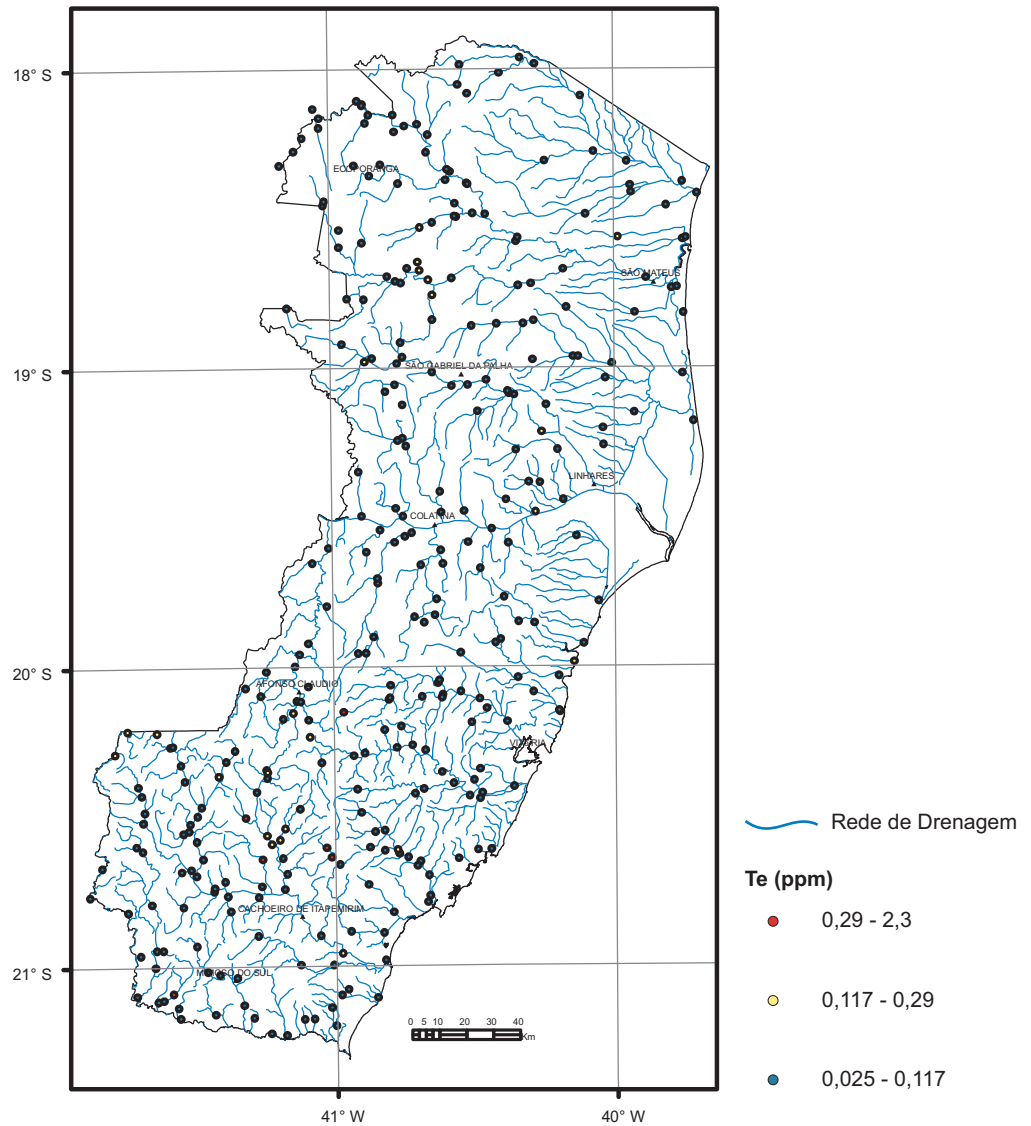
Estatística Descritiva	
Elemento	Sulfato (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	78
Result > Lim Detec	73
Valor Médio	6,27
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	44,98
Desvio Padrão	19,11
Coefficiente de Variação (%)	1,59
Mediana	1,65
CONAMA 357/2005	250



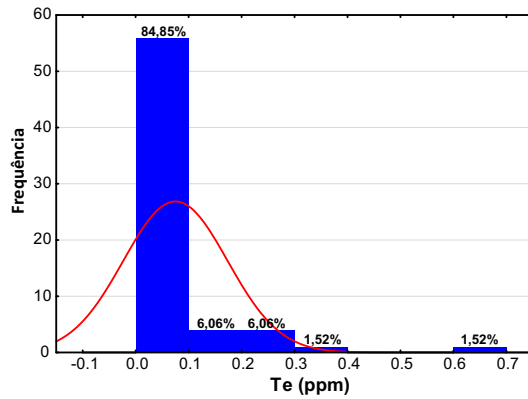
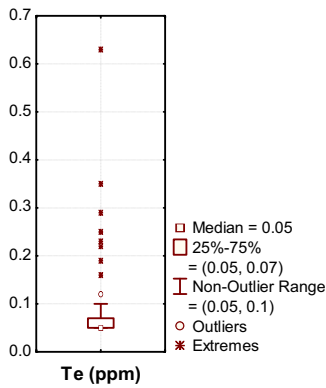
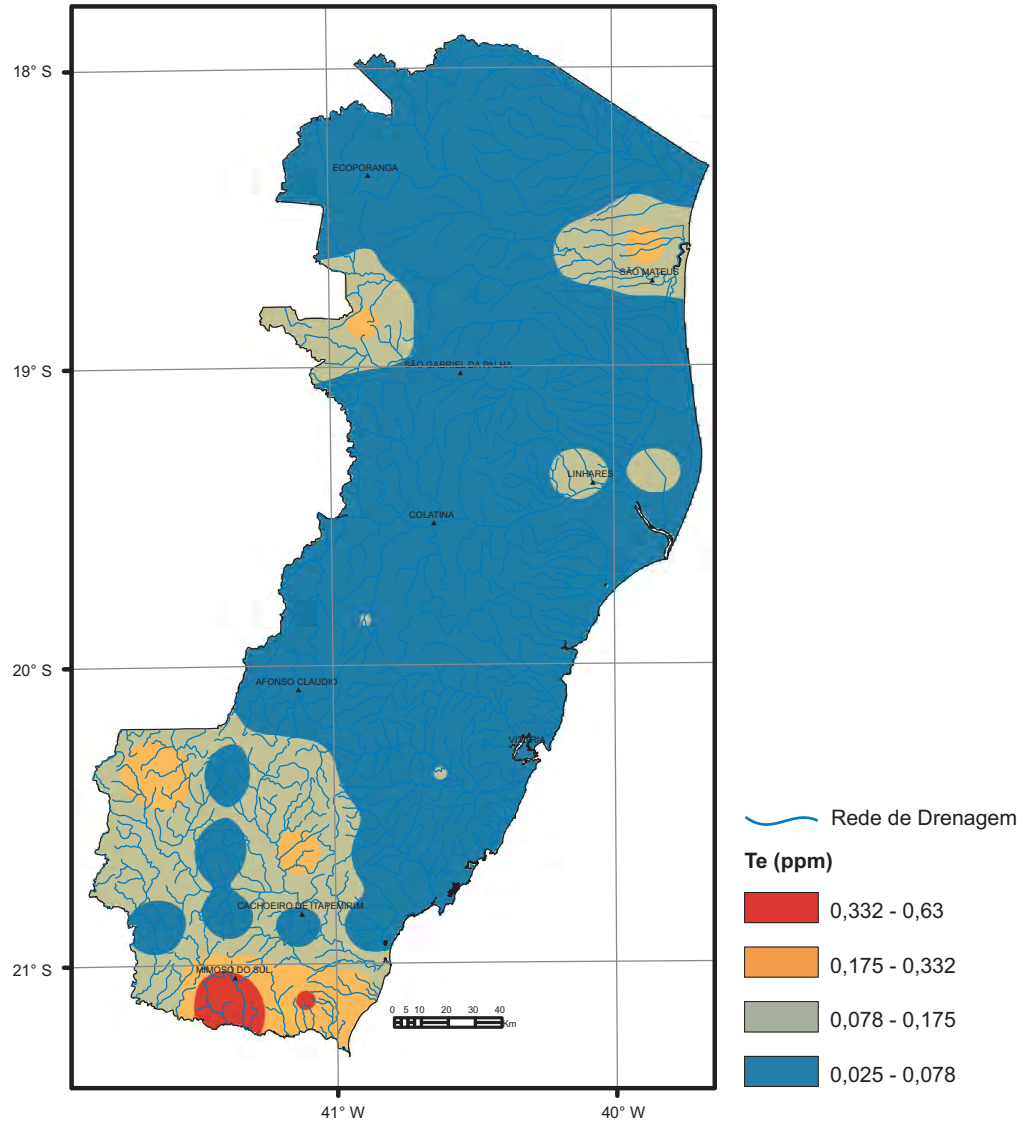
Estatística Descritiva	
Elemento	Sulfato (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	341
Valor Médio	13,80
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	987,91
Desvio Padrão	70,73
Coefficiente de Variação (%)	5,13
Mediana	1,77
CONAMA 357/2005	250



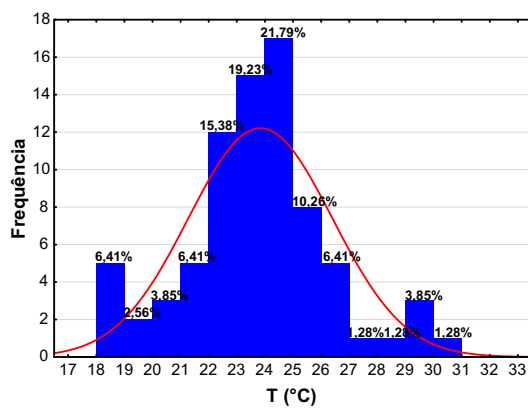
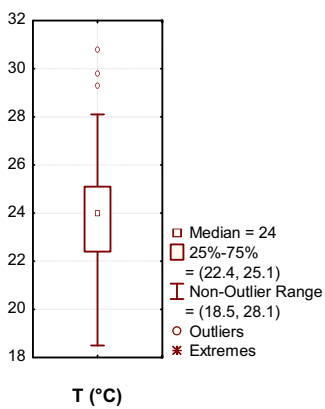
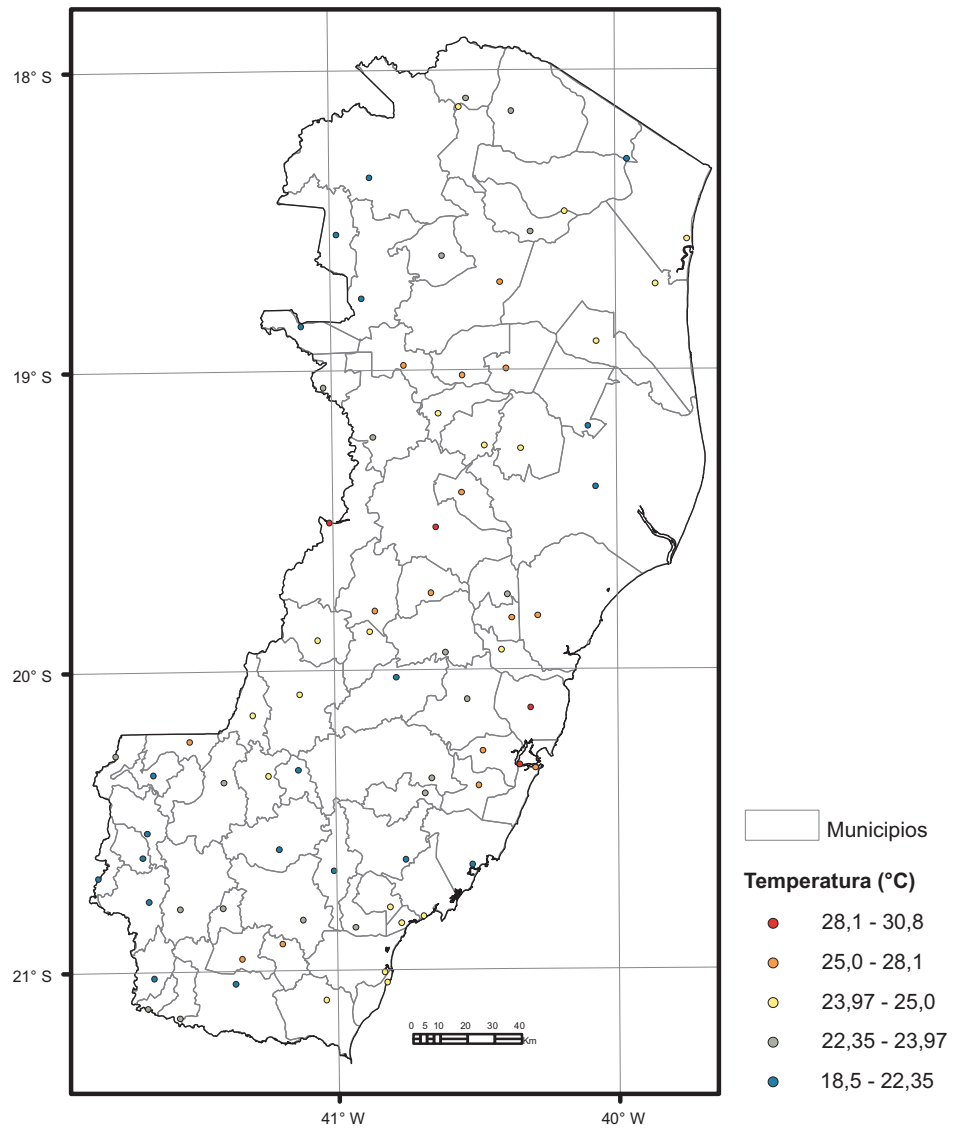
Estatística Descritiva	
Elemento	Ta (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	10
Valor Médio	0,10
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	15,00
Desvio Padrão	1,01
Coefficiente de Variação (%)	9,68
Mediana	0,025
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



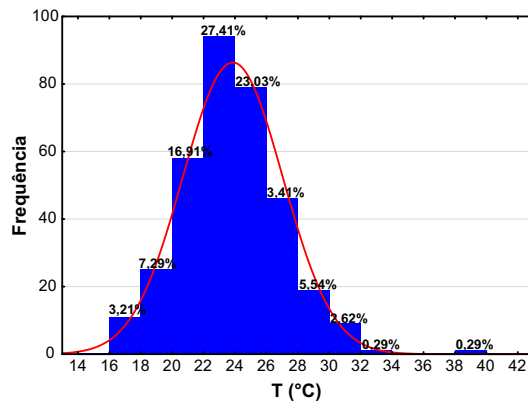
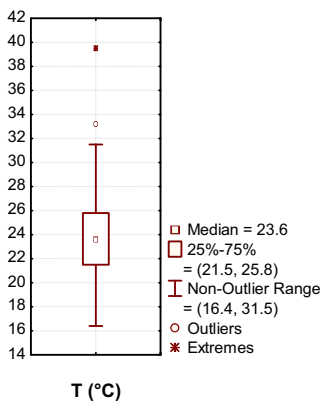
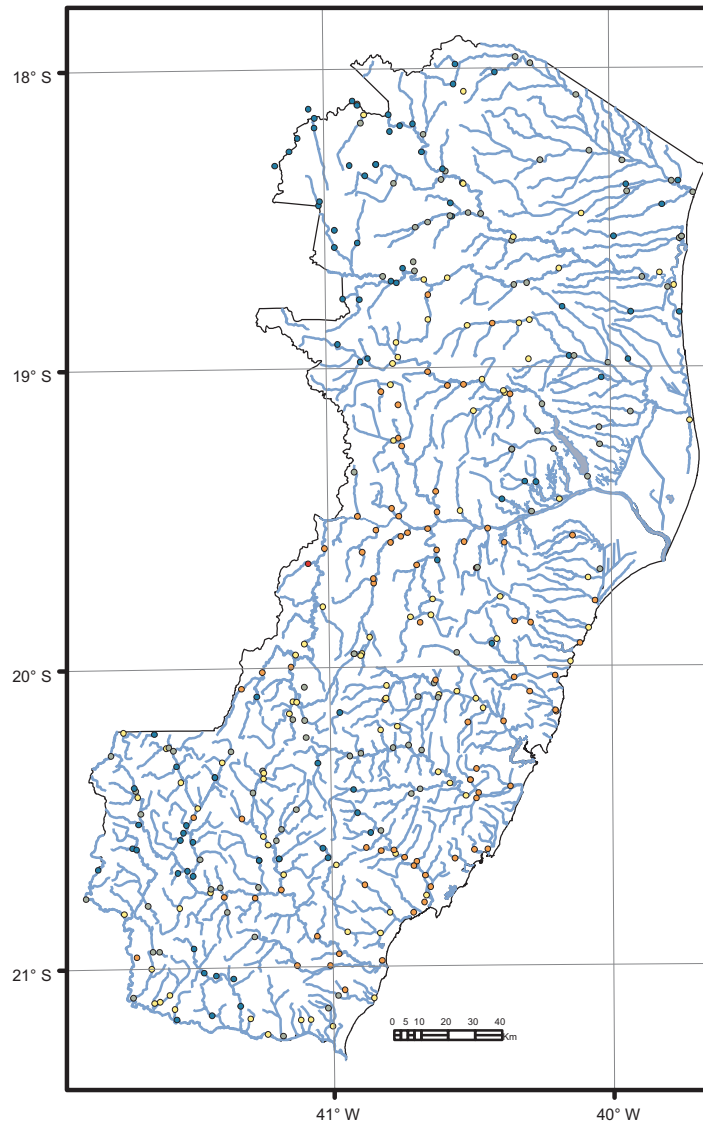
Estatística Descritiva	
Elemento	Te (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	56
Valor Médio	0,06
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	2,30
Desvio Padrão	0,17
Coefficiente de Variação (%)	2,77
Mediana	0,025
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



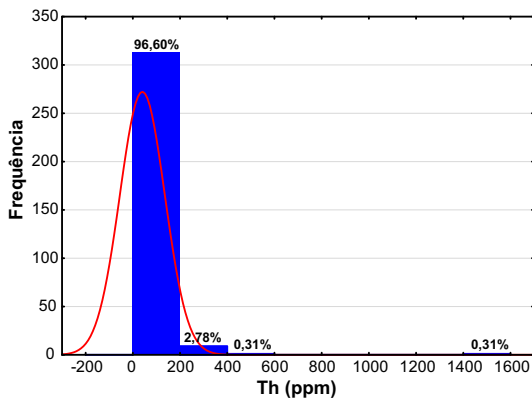
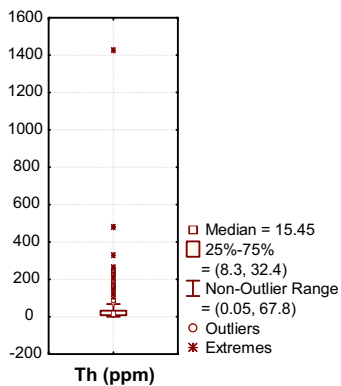
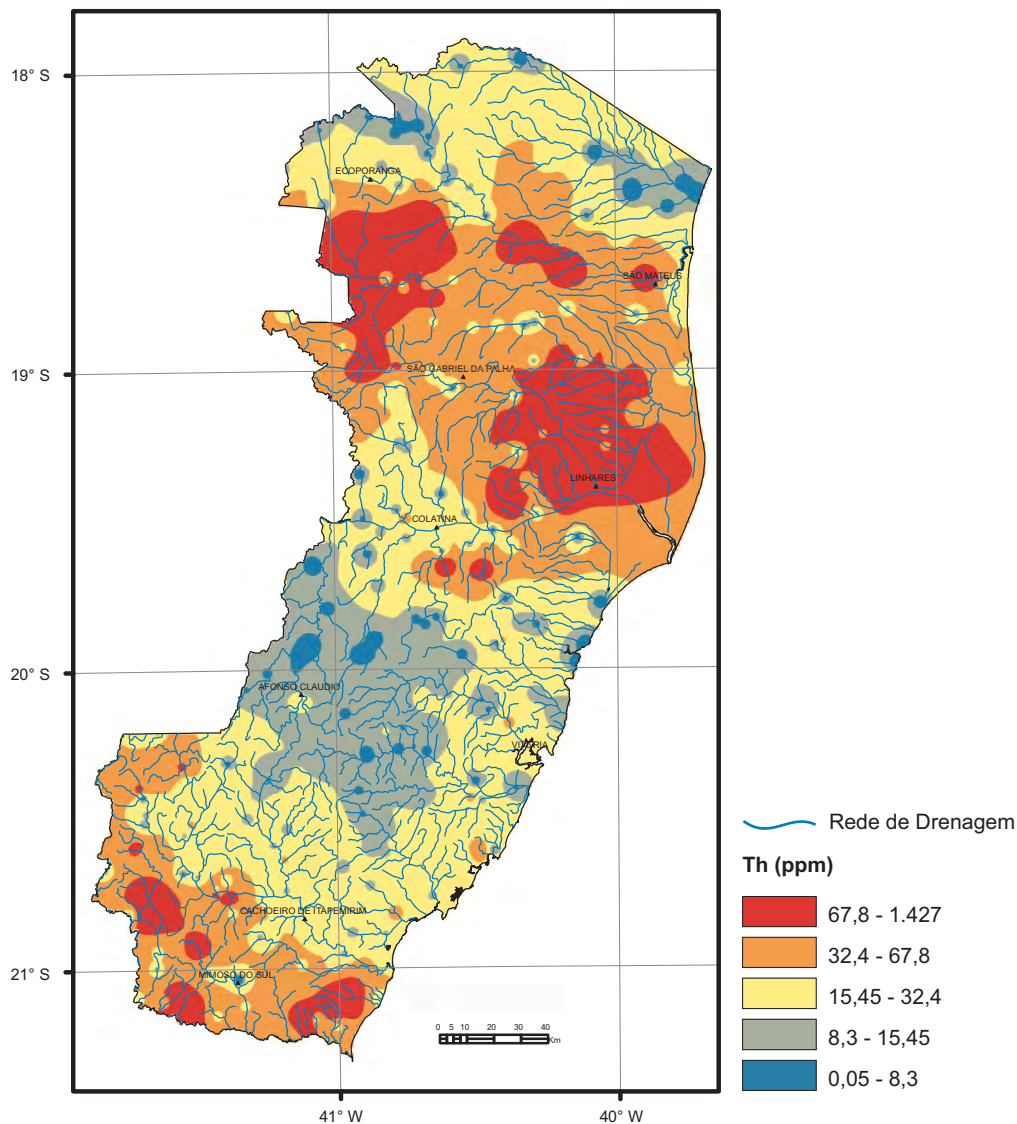
Estatística Descritiva	
Elemento	Te (ppm)
Límite de Detecção	0,05
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	36
Valor Médio	0,07
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	0,63
Desvio Padrão	0,098
Coefficiente de Variação (%)	1,32
Mediana	0,025
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



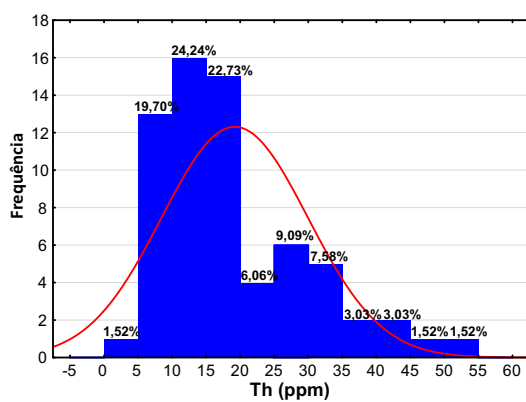
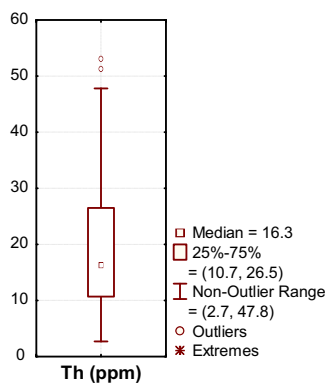
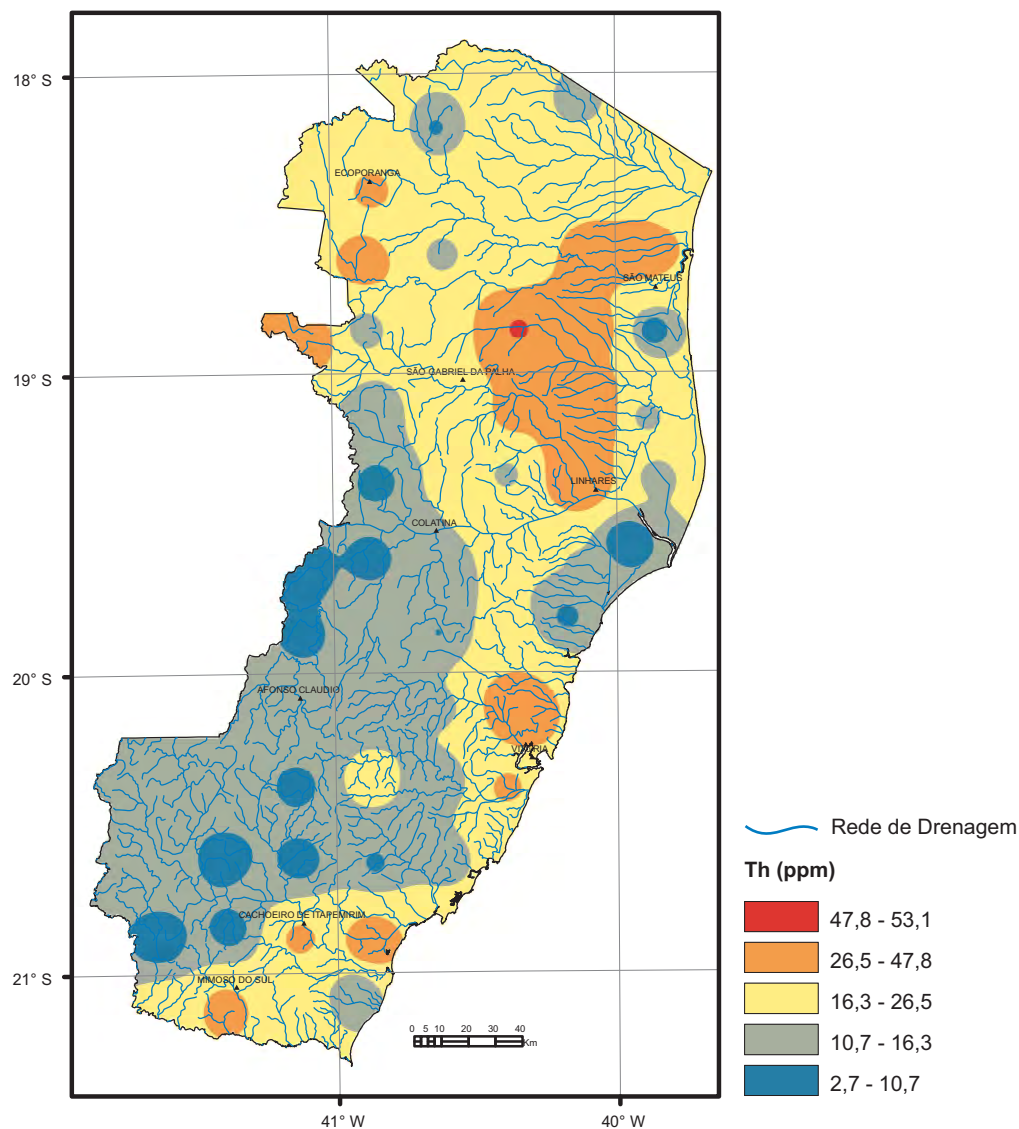
Estatística Descritiva	
Temperatura	T (°C)
Limite de Detecção	-
Pontos mensurados	78
Valor Médio	23,80
Valor Mínimo	18,50
Valor Máximo	30,8
Desvio Padrão	2,55
Coefficiente de Variação (%)	0,11
Mediana	24,00
CONAMA 357/2005	-



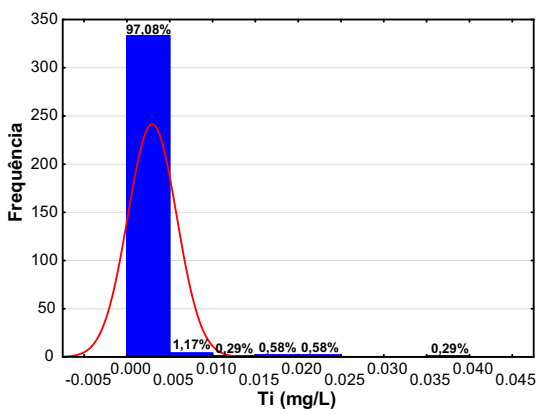
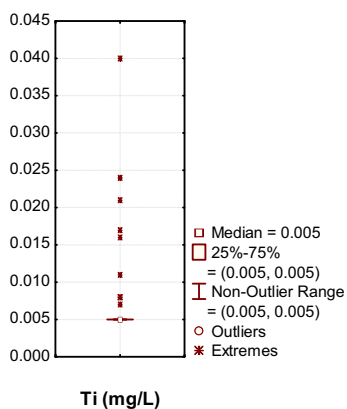
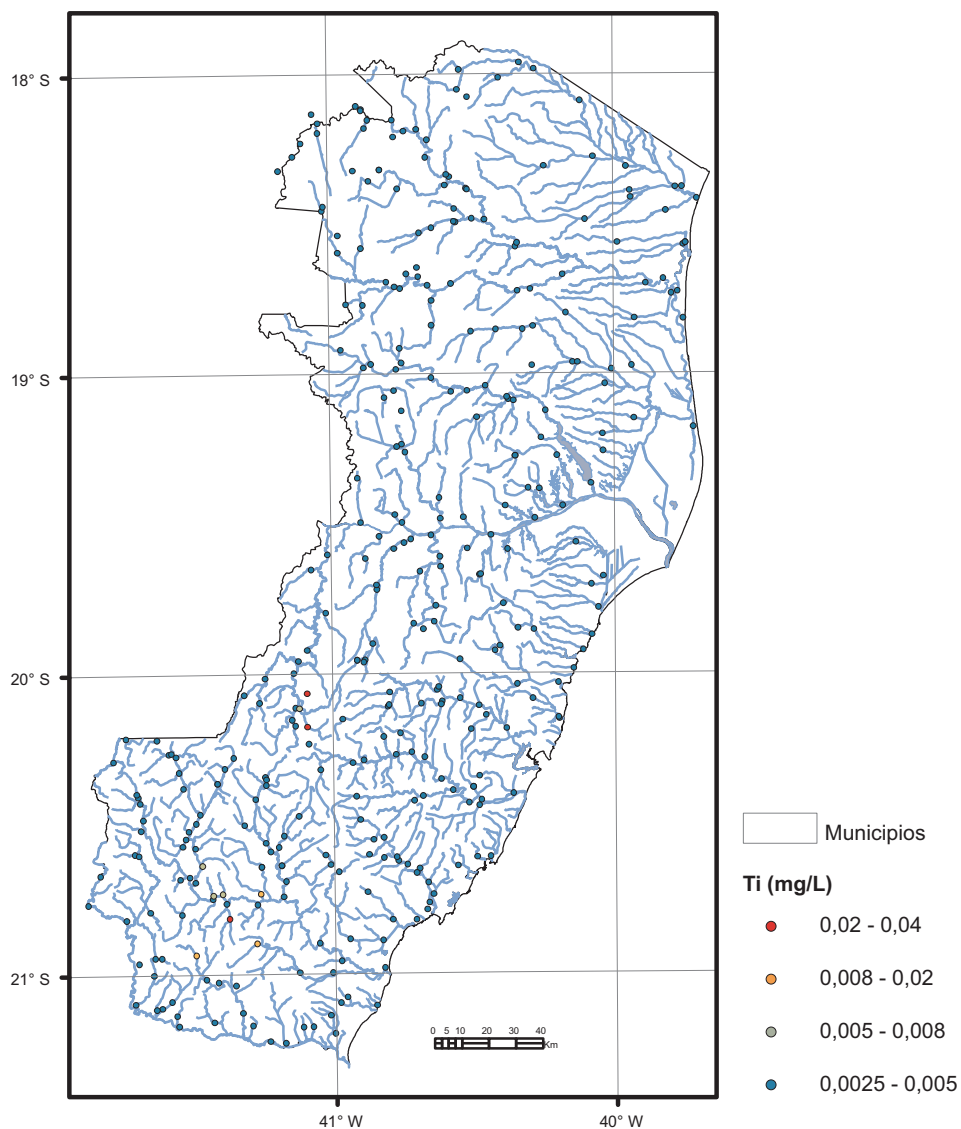
Estatística Descritiva	
Temperatura	T (°C)
Limite de Detecção	-
Pontos mensurados	345
Valor Médio	23,8
Valor Mínimo	16,40
Valor Máximo	39,50
Desvio Padrão	3,17
Coefficiente de Variação (%)	0,13
Mediana	23,6
CONAMA 357/2005	-



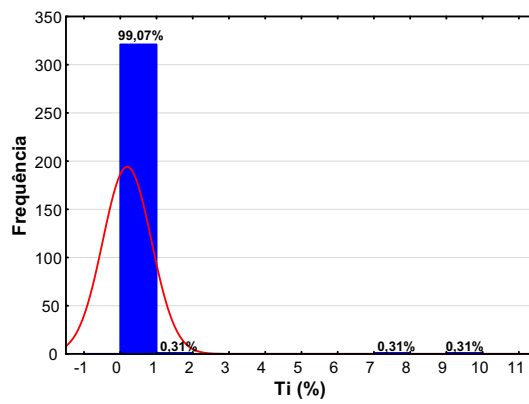
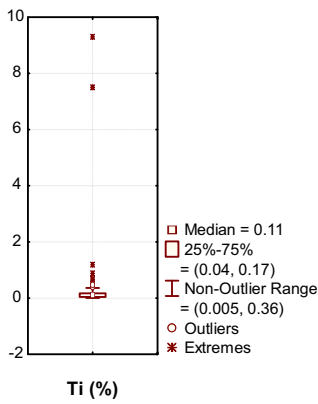
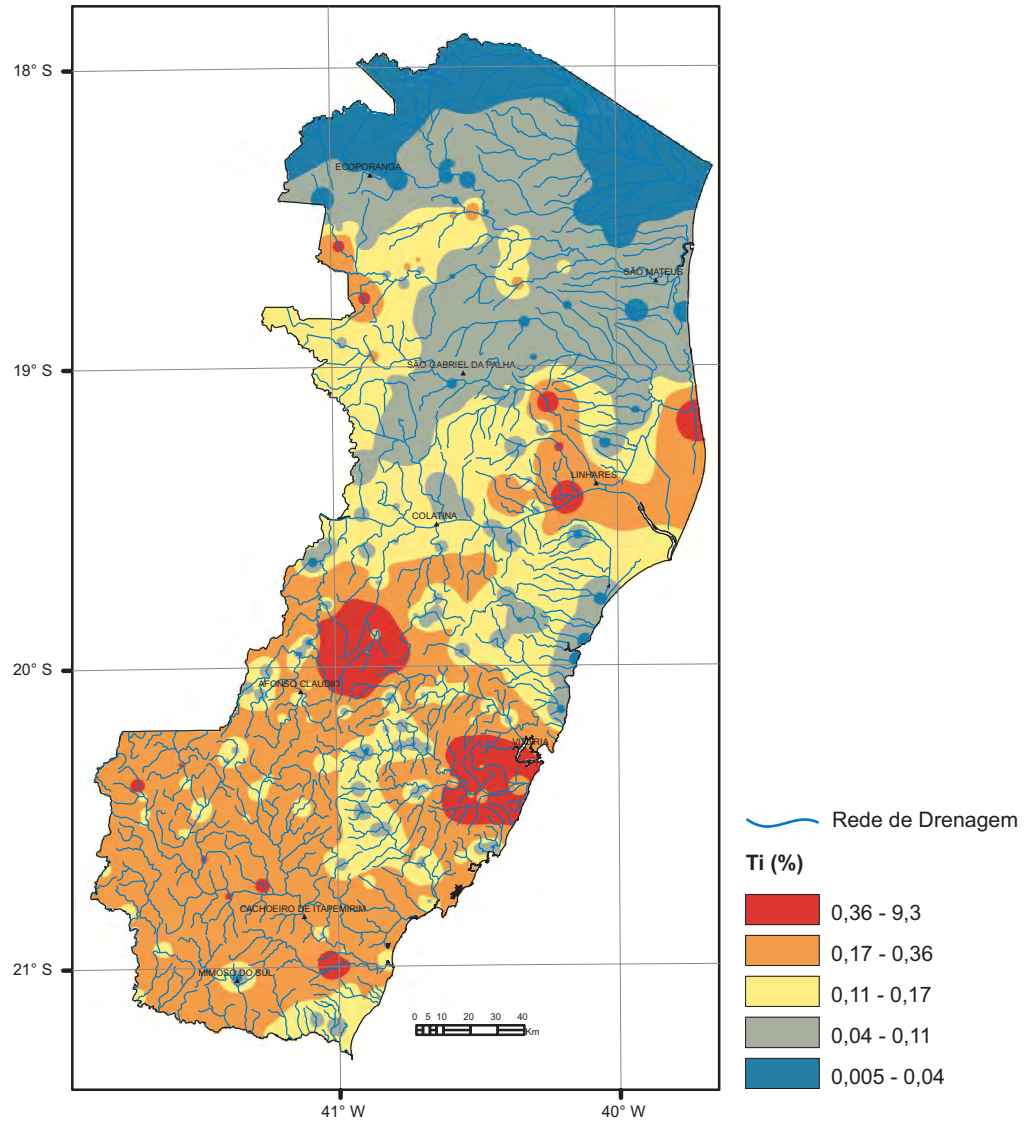
Estatística Descritiva	
Elemento	Th (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	324
Valor Médio	38,61
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	1427,00
Desvio Padrão	94,95
Coefficiente de Variação (%)	2,46
Mediana	15,45
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



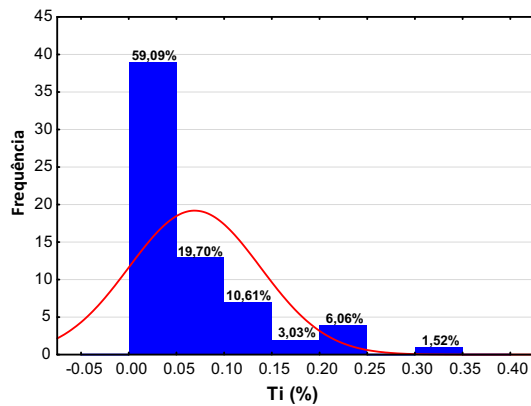
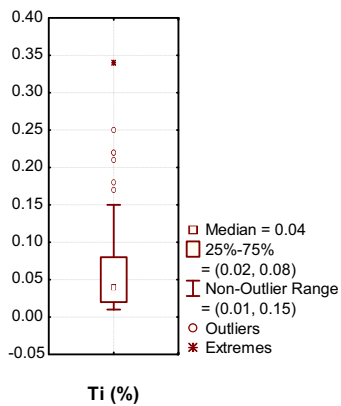
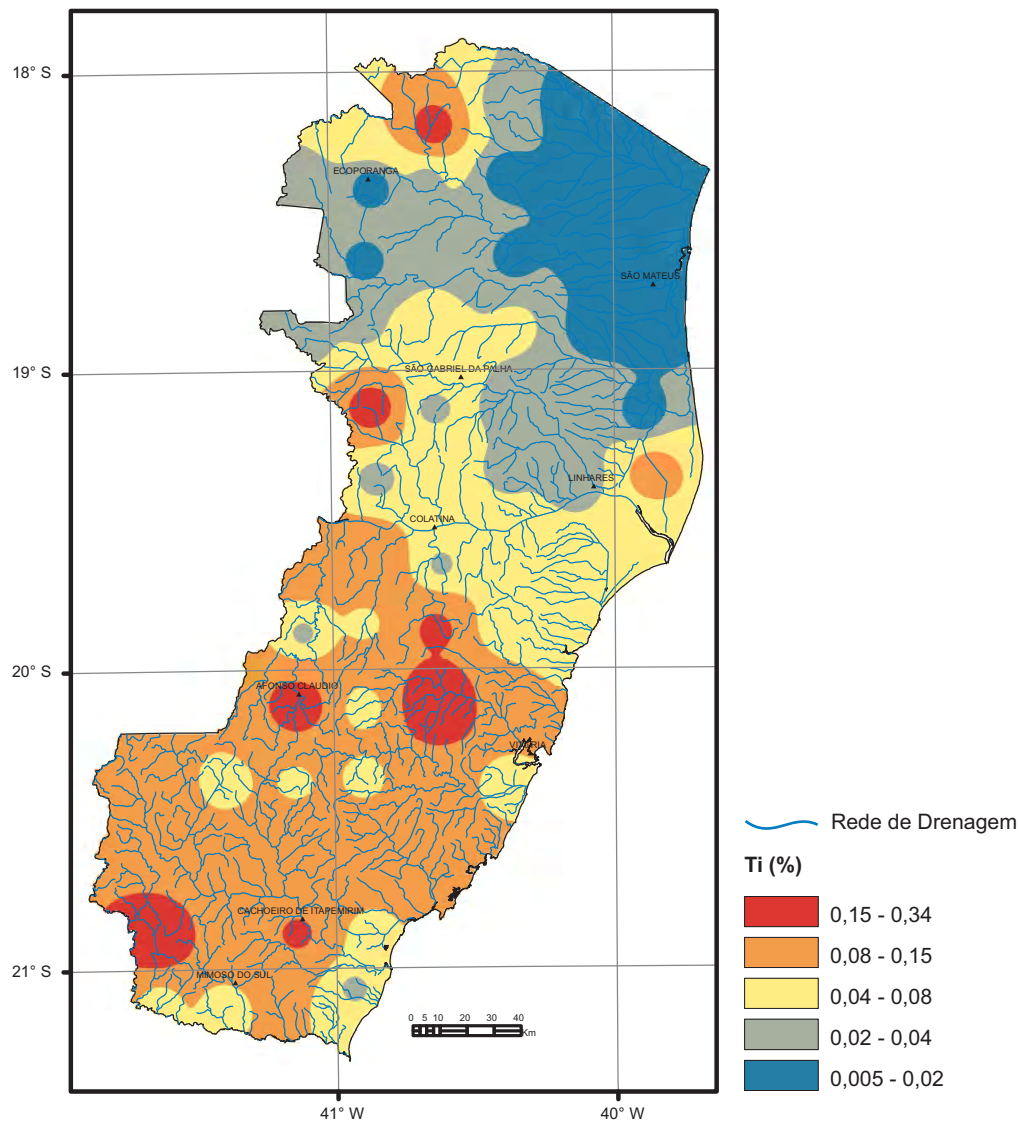
Estatística Descritiva	
Elemento	Th (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	19,39
Valor Mínimo	2,70
Valor Máximo	53,10
Desvio Padrão	11,39
Coefficiente de Variação (%)	0,59
Mediana	16,30
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



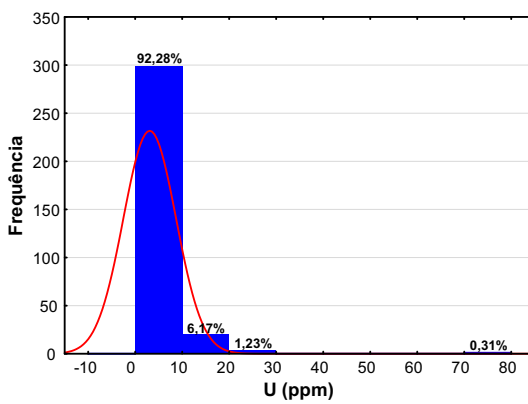
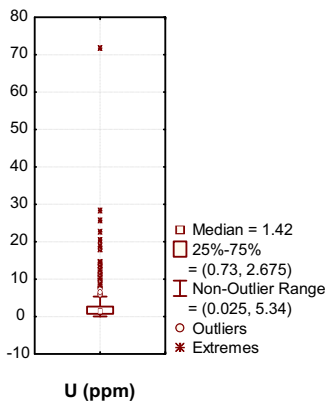
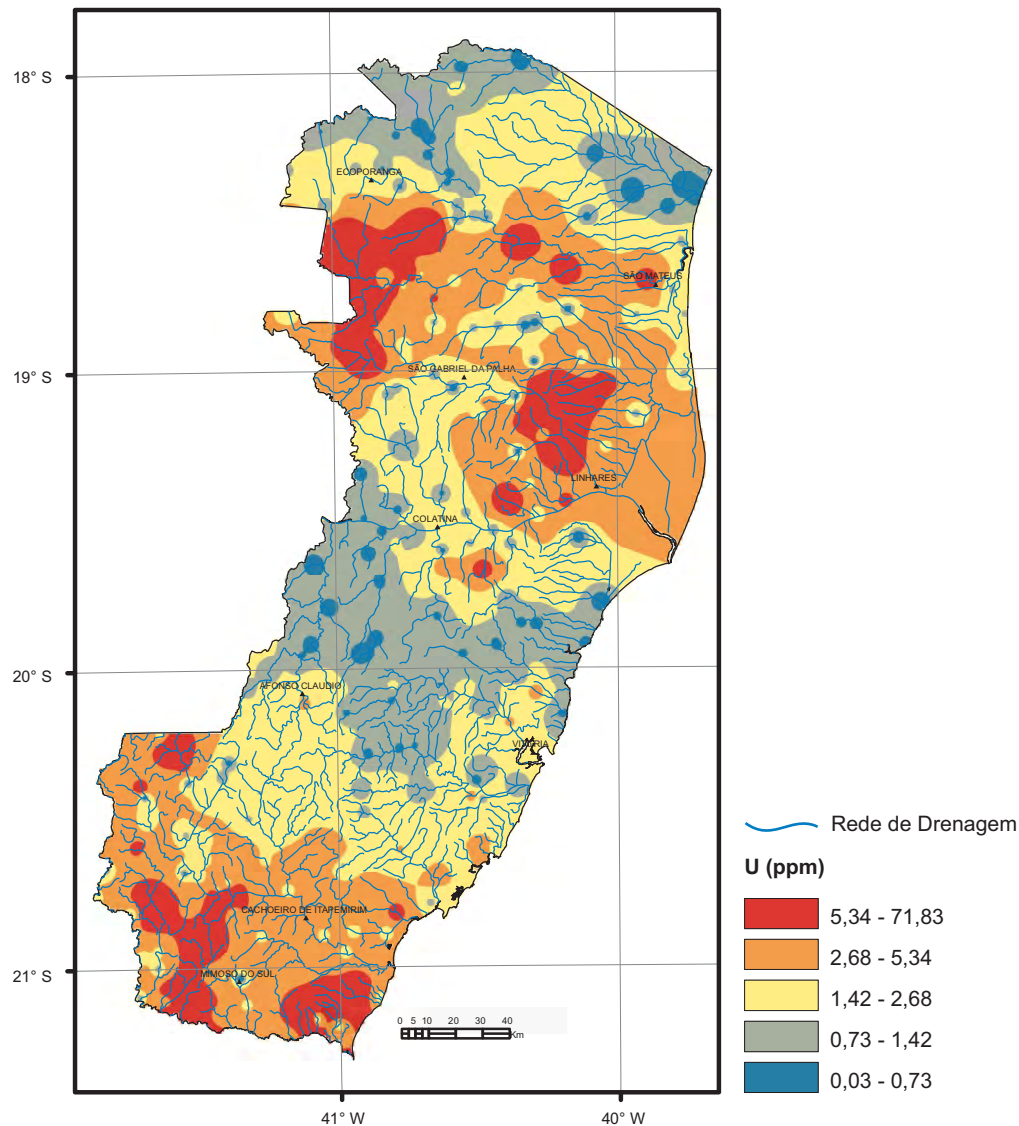
Estatística Descritiva	
Elemento	Ti (mg/L)
Limite de Detecção	0,005
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	13
Valor Médio	0,0029
Valor Mínimo	0,0025
Valor Máximo	0,04
Desvio Padrão	0,003
Coefficiente de Variação (%)	0,97
Mediana	0,0025
CONAMA 357/2005	-



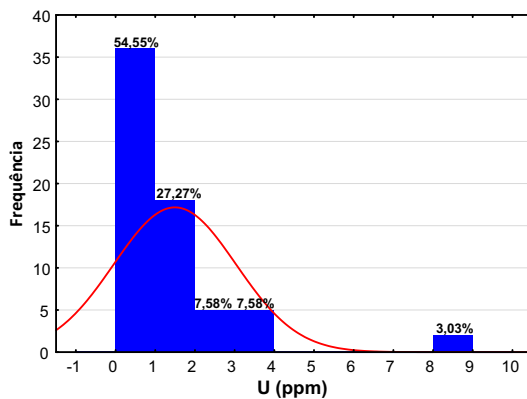
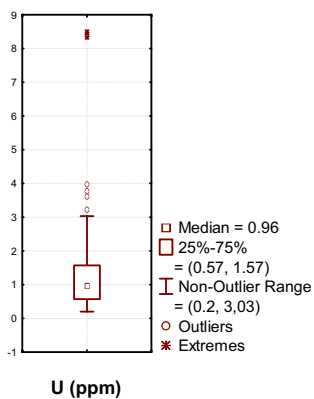
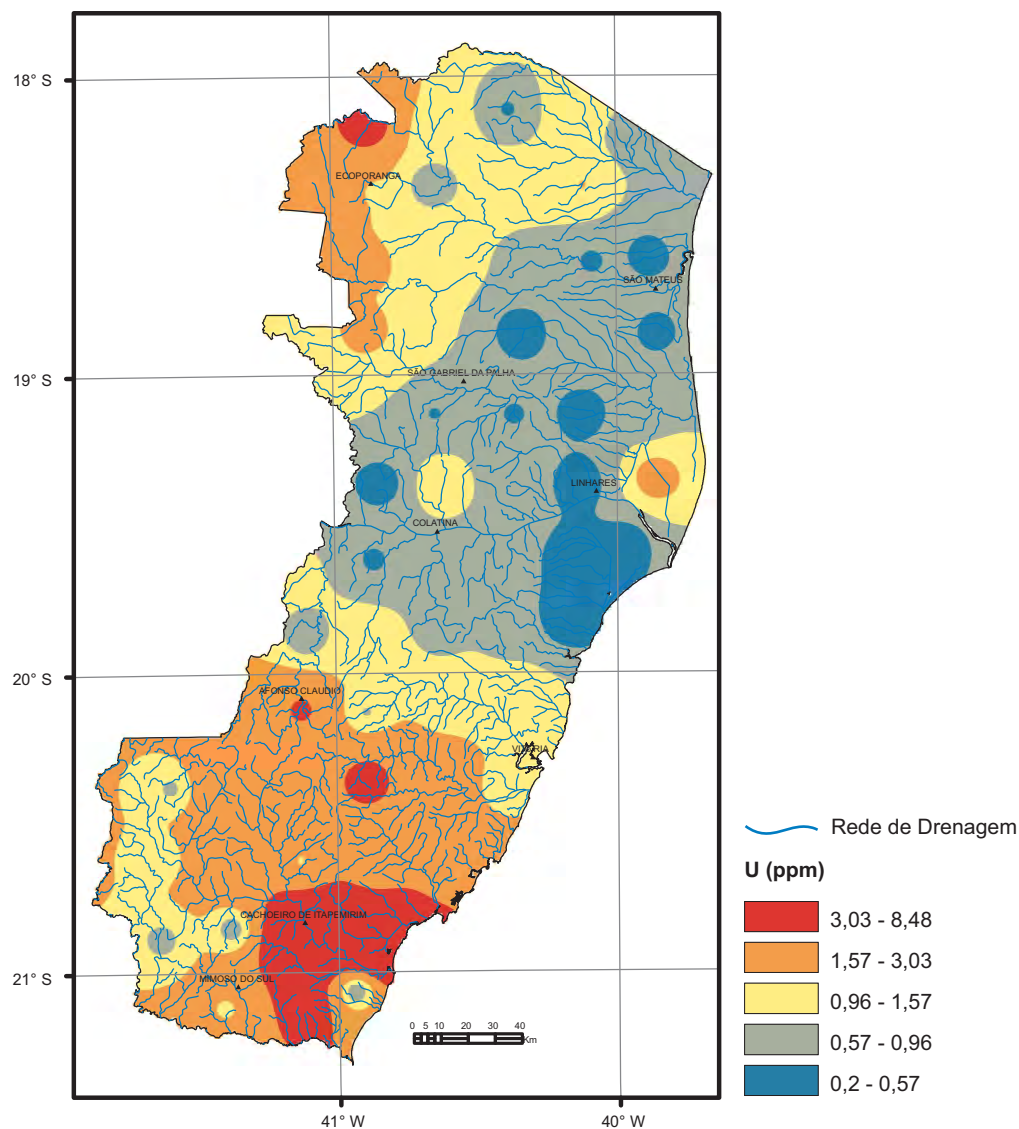
Estatística Descritiva	
Elemento	Ti (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	300
Valor Médio	0,18
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	9,30
Desvio Padrão	0,67
Coefficiente de Variação (%)	3,72
Mediana	0,11
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



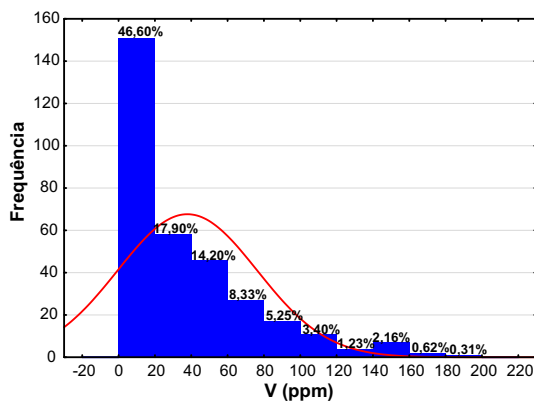
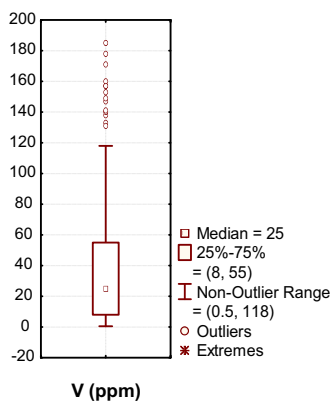
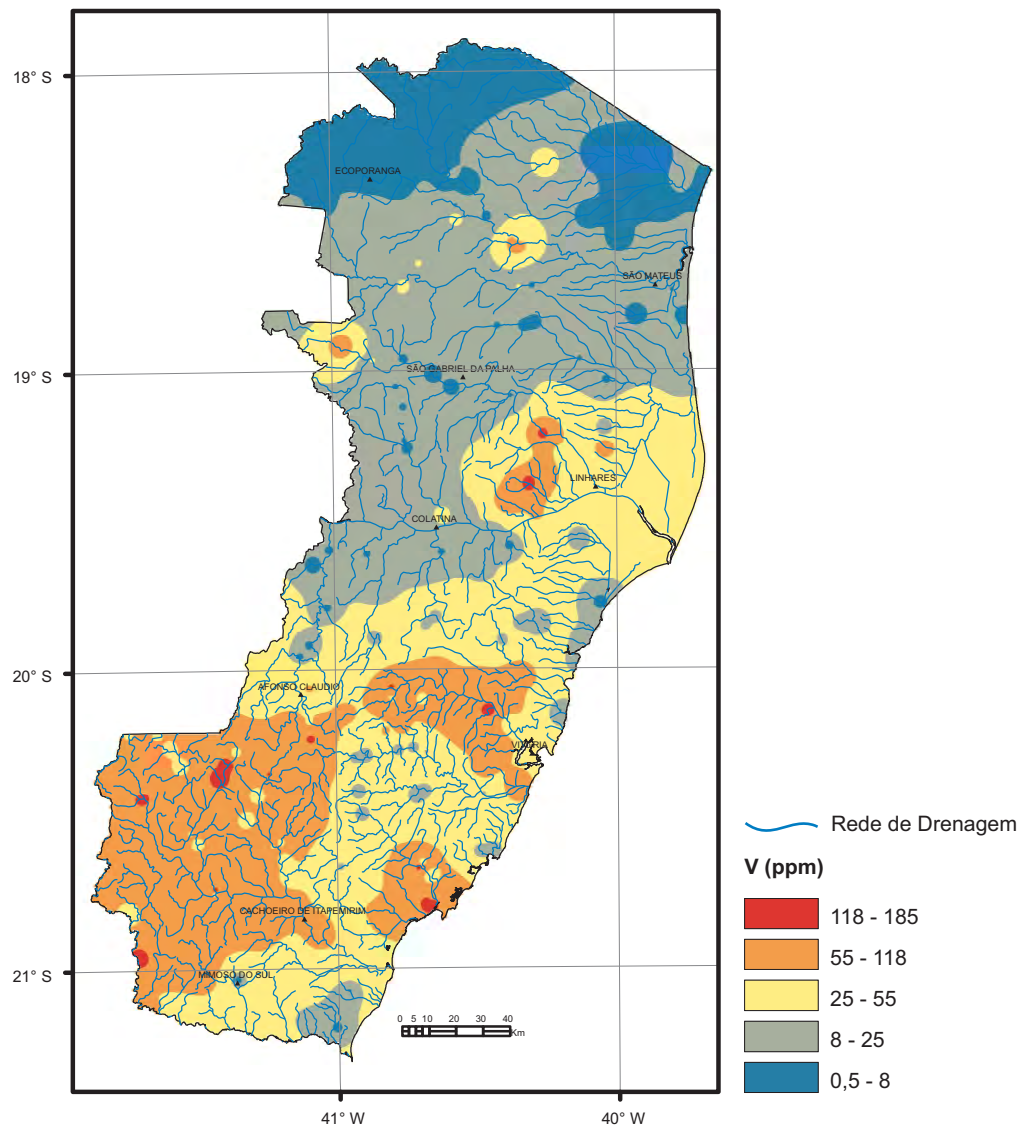
Estatística Descritiva	
Elemento	Ti (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	63
Valor Médio	0,07
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,34
Desvio Padrão	0,07
Coefficiente de Variação (%)	0,96
Mediana	0,04
CONAMA 420/2009 (VP)	-
Paye <i>et al.</i> (2010)	0,88
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



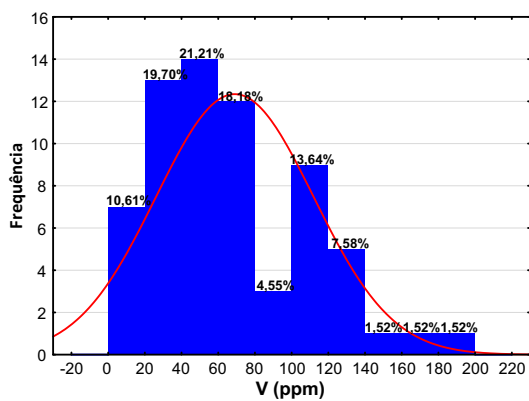
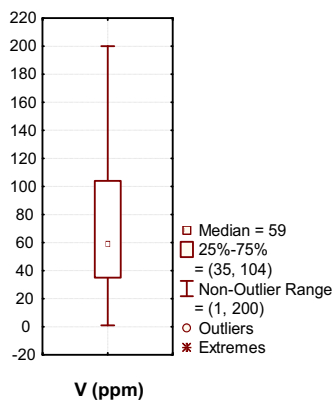
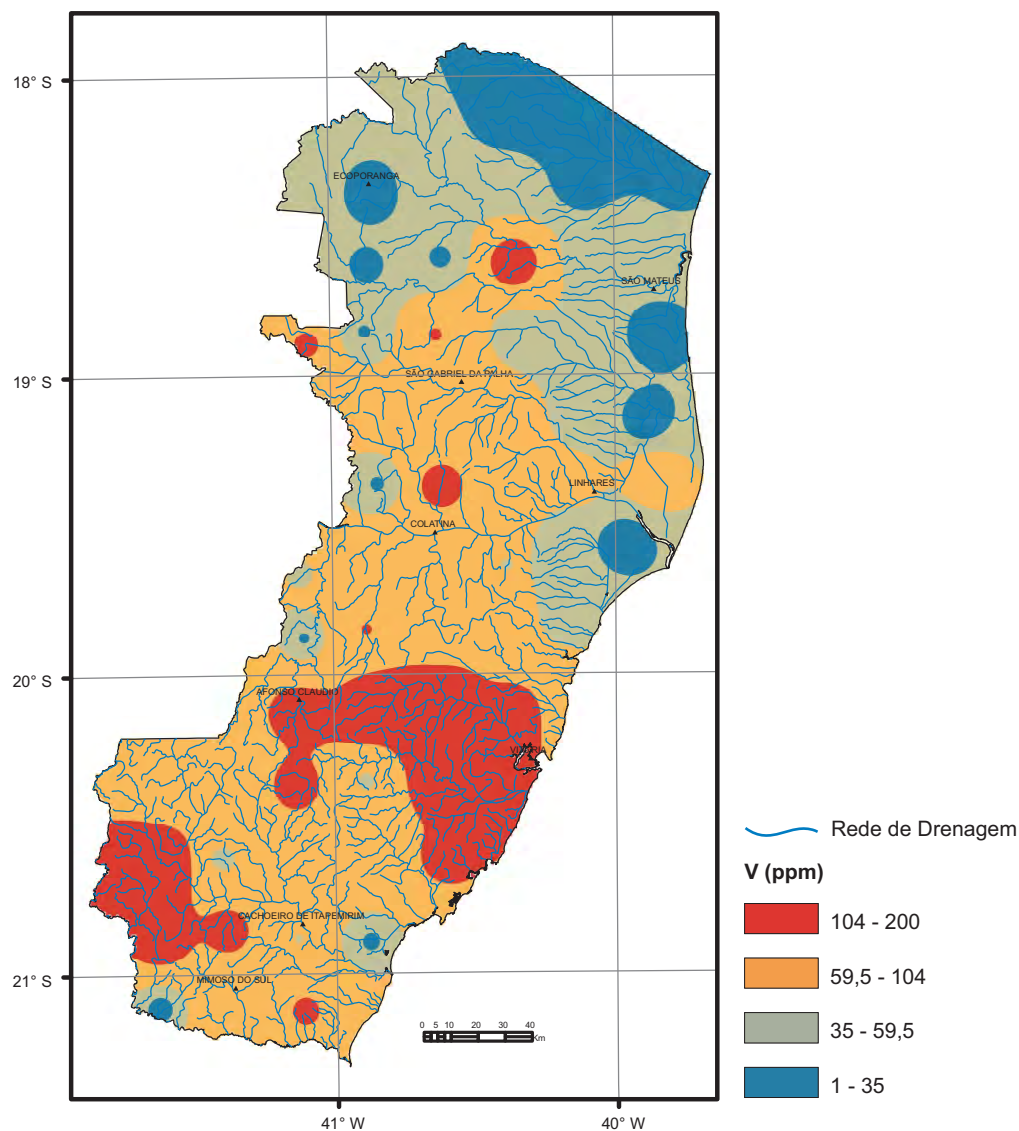
Estatística Descritiva	
Elemento	U (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	323
Valor Médio	3,01
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	71,83
Desvio Padrão	5,58
Coefficiente de Variação (%)	1,85
Mediana	1,42
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



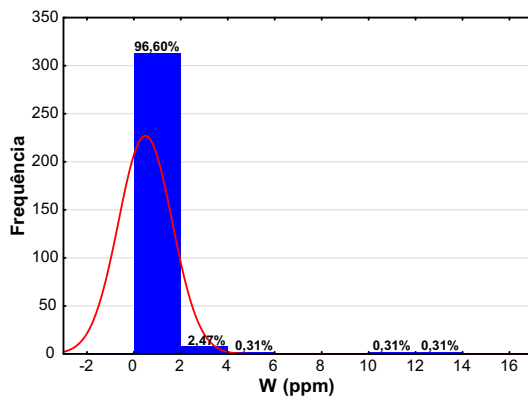
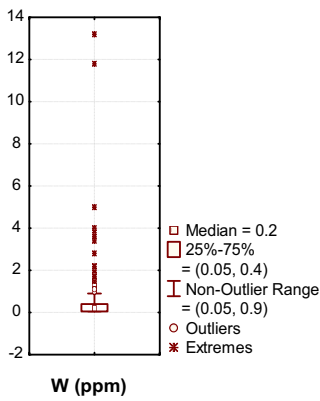
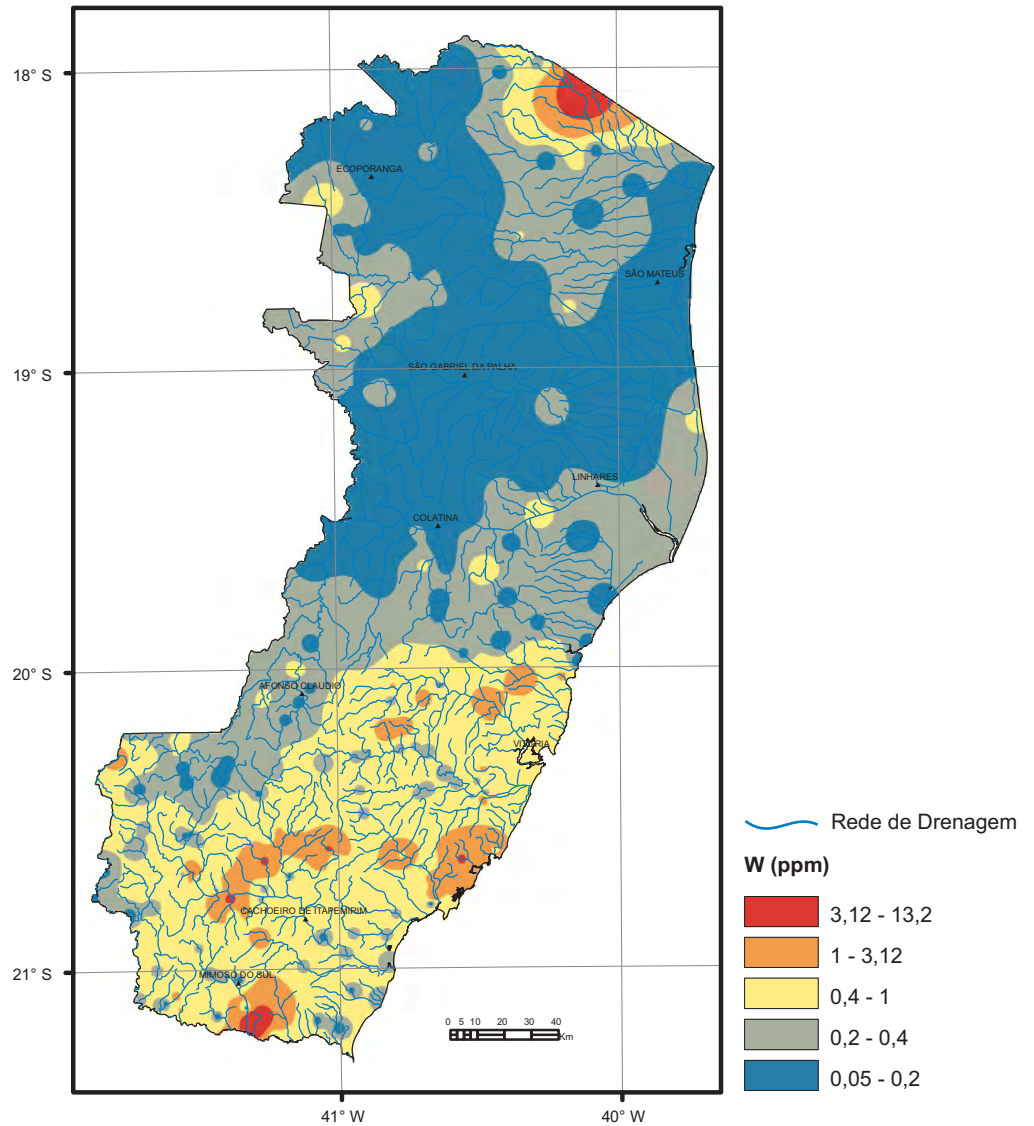
Estatística Descritiva	
Elemento	U (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	1,41
Valor Mínimo	0,20
Valor Máximo	8,48
Desvio Padrão	1,49
Coefficiente de Variação (%)	1,06
Mediana	0,99
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



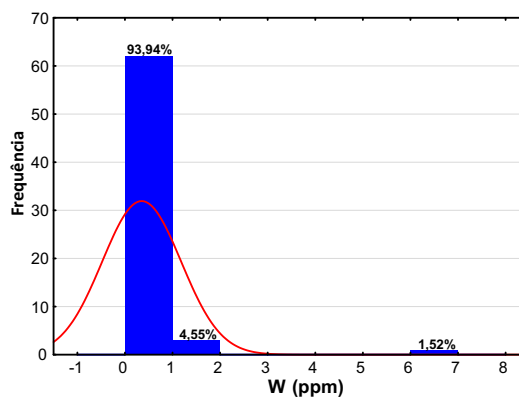
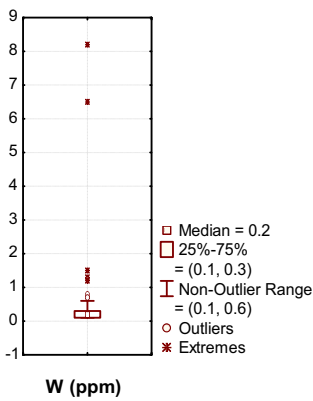
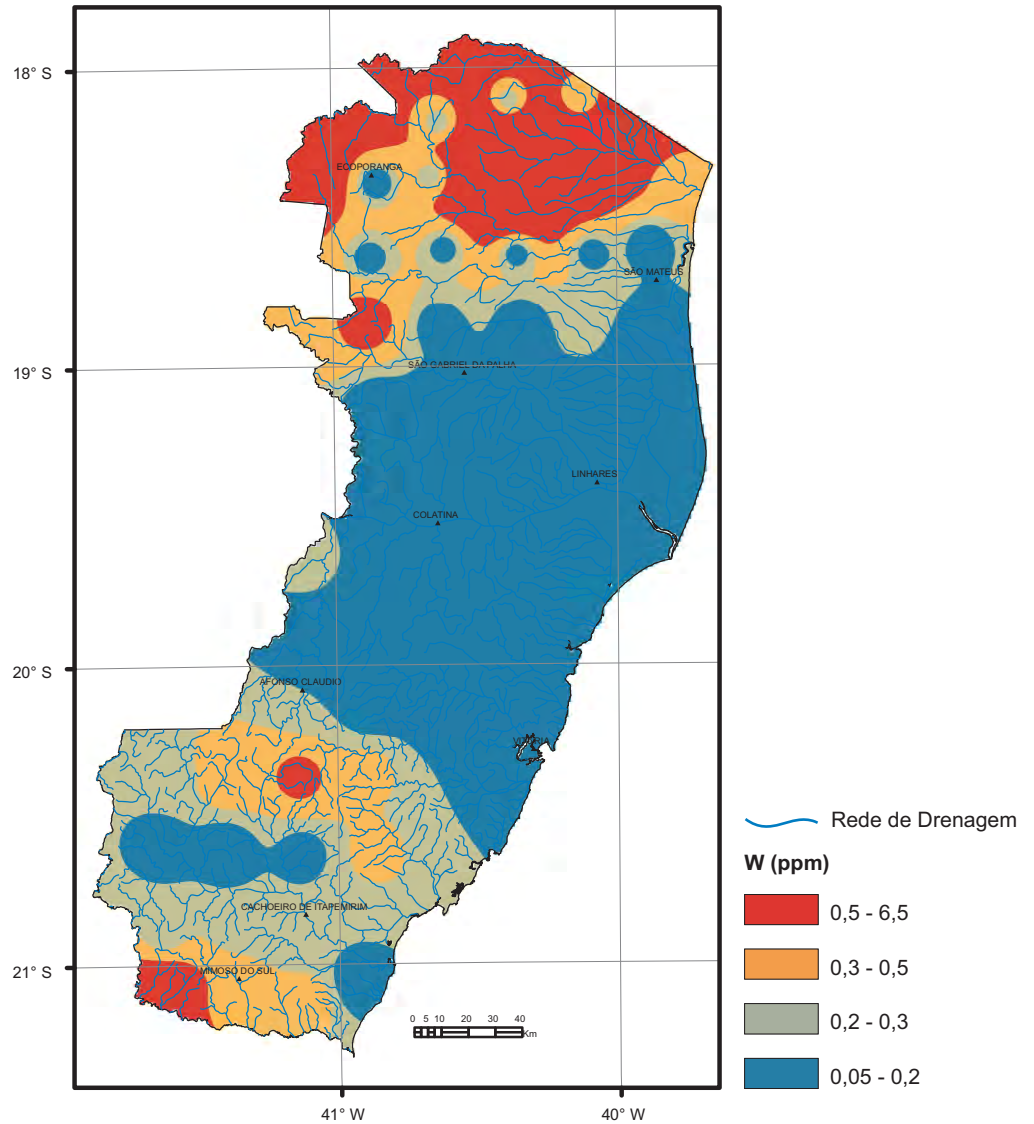
Estatística Descritiva	
Elemento	V (ppm)
Limite de Detecção	1
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	320
Valor Médio	37,55
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	185,00
Desvio Padrão	38,22
Coeficiente de Variação (%)	1,02
Mediana	25,00
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



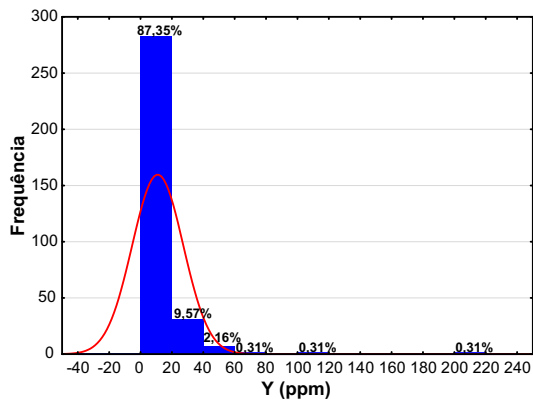
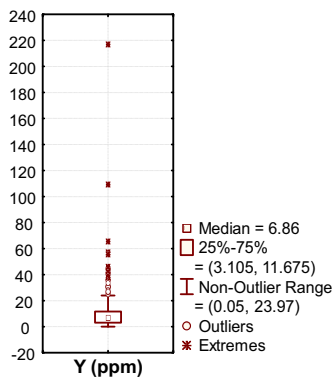
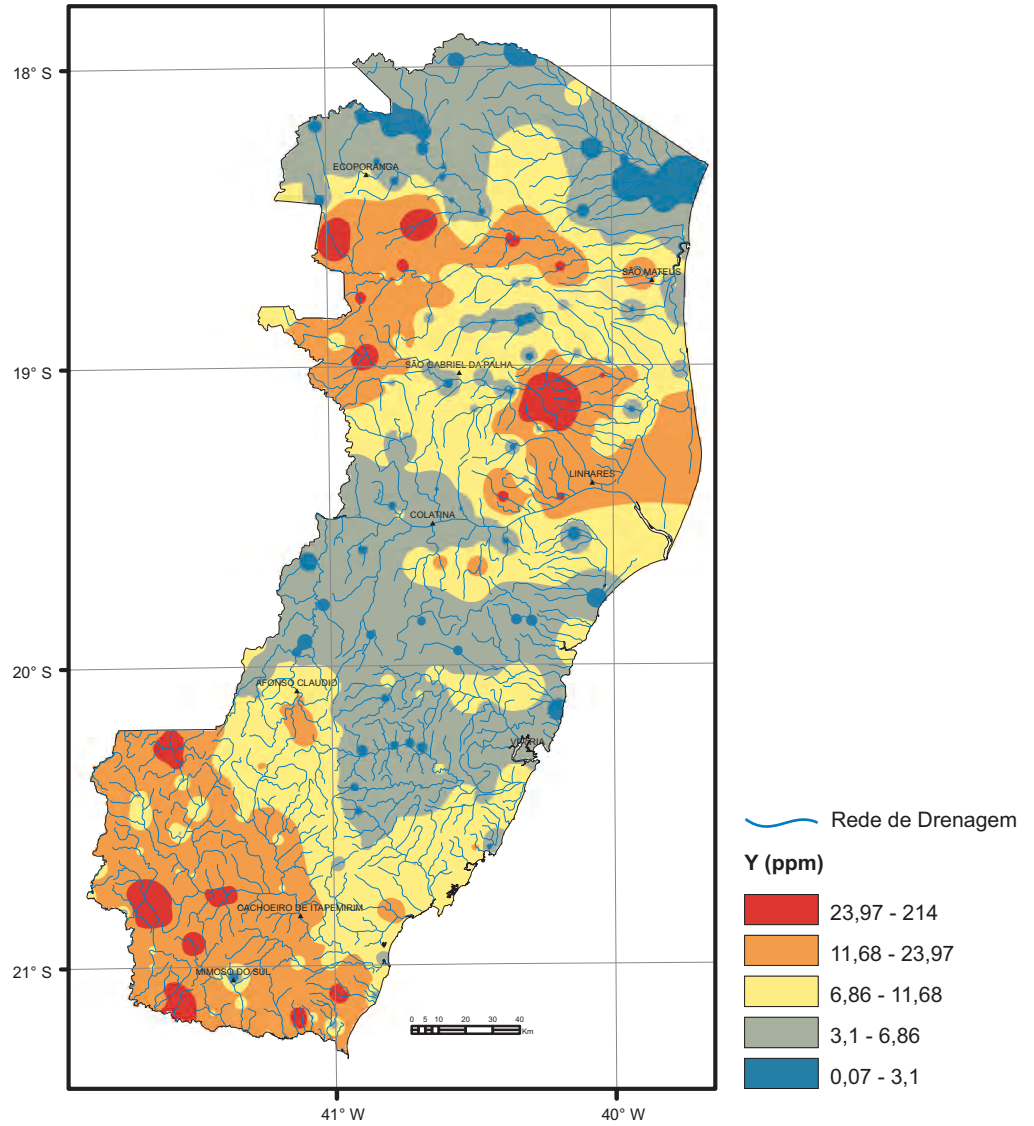
Estatística Descritiva	
Elemento	V (ppm)
Limite de Detecção	1
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	70
Valor Médio	67,25
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	200,00
Desvio Padrão	42,37
Coefficiente de Variação (%)	0,63
Mediana	59,05
CONAMA 420/2009 (VP)	-
Paye <i>et al.</i> (2010)	109,96
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	42,00



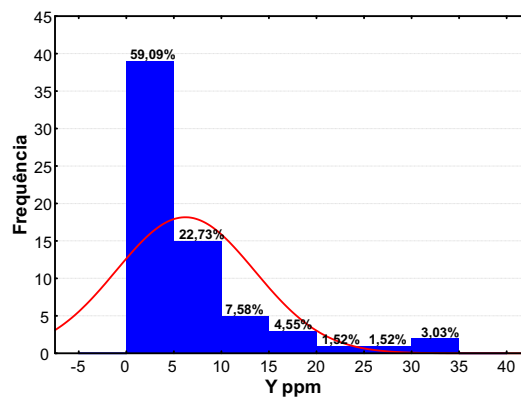
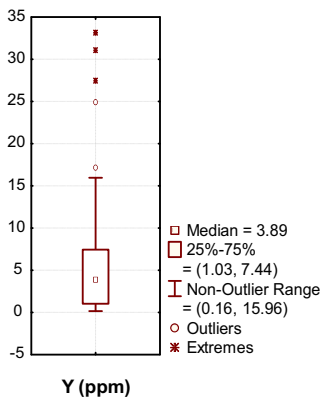
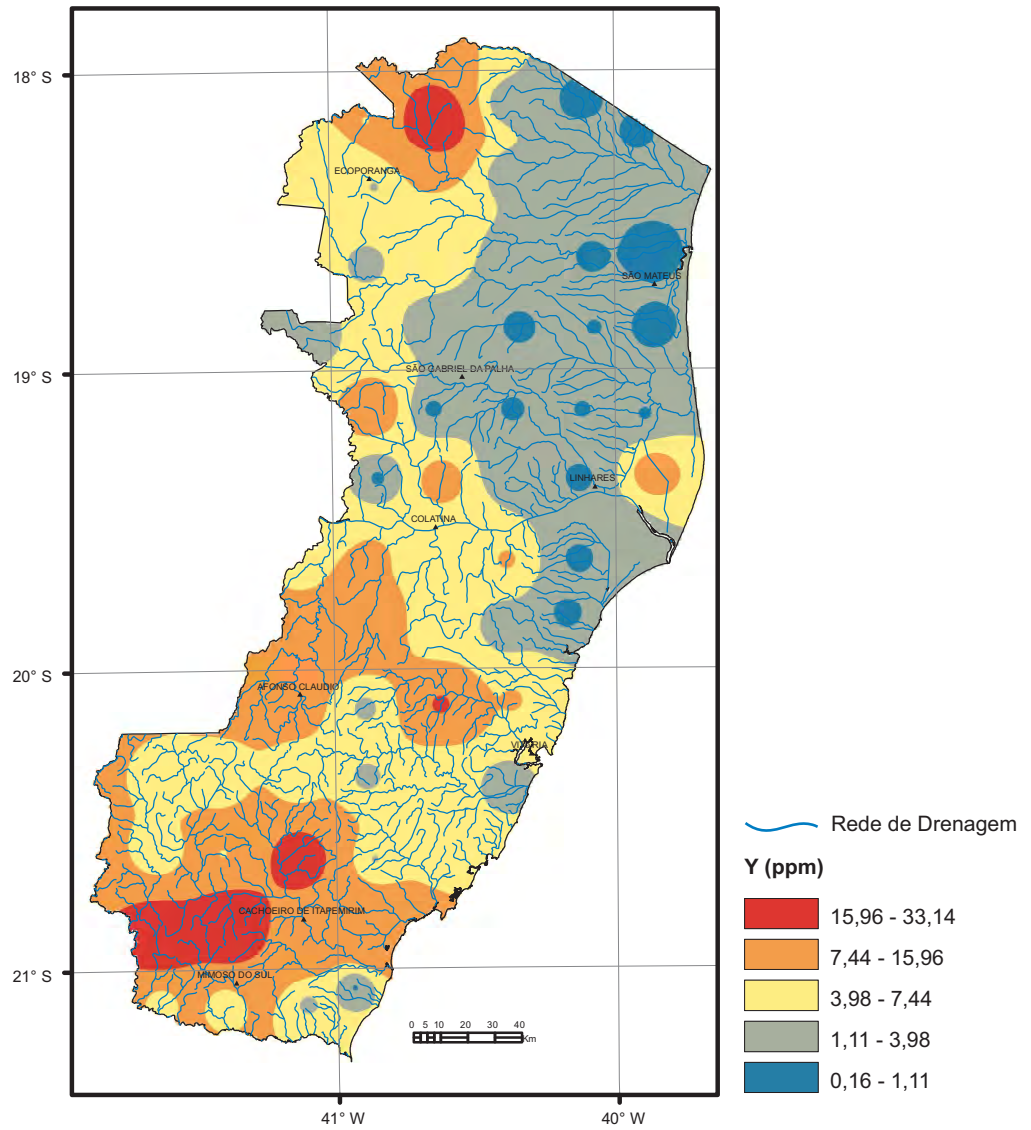
Estatística Descritiva	
Elemento	W (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	238
Valor Médio	0,47
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	13,20
Desvio Padrão	1,14
Coefficiente de Variação (%)	2,43
Mediana	0,20
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	-



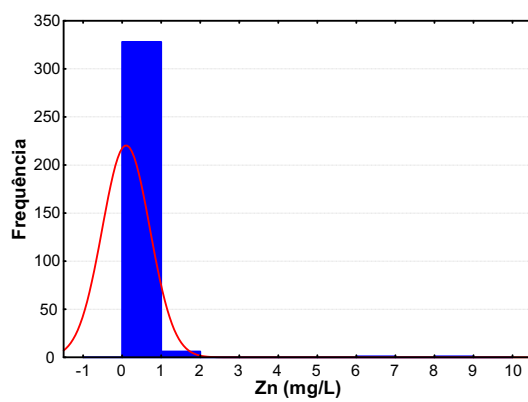
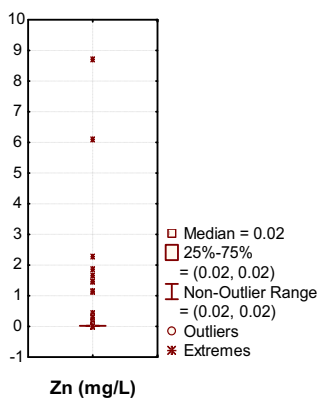
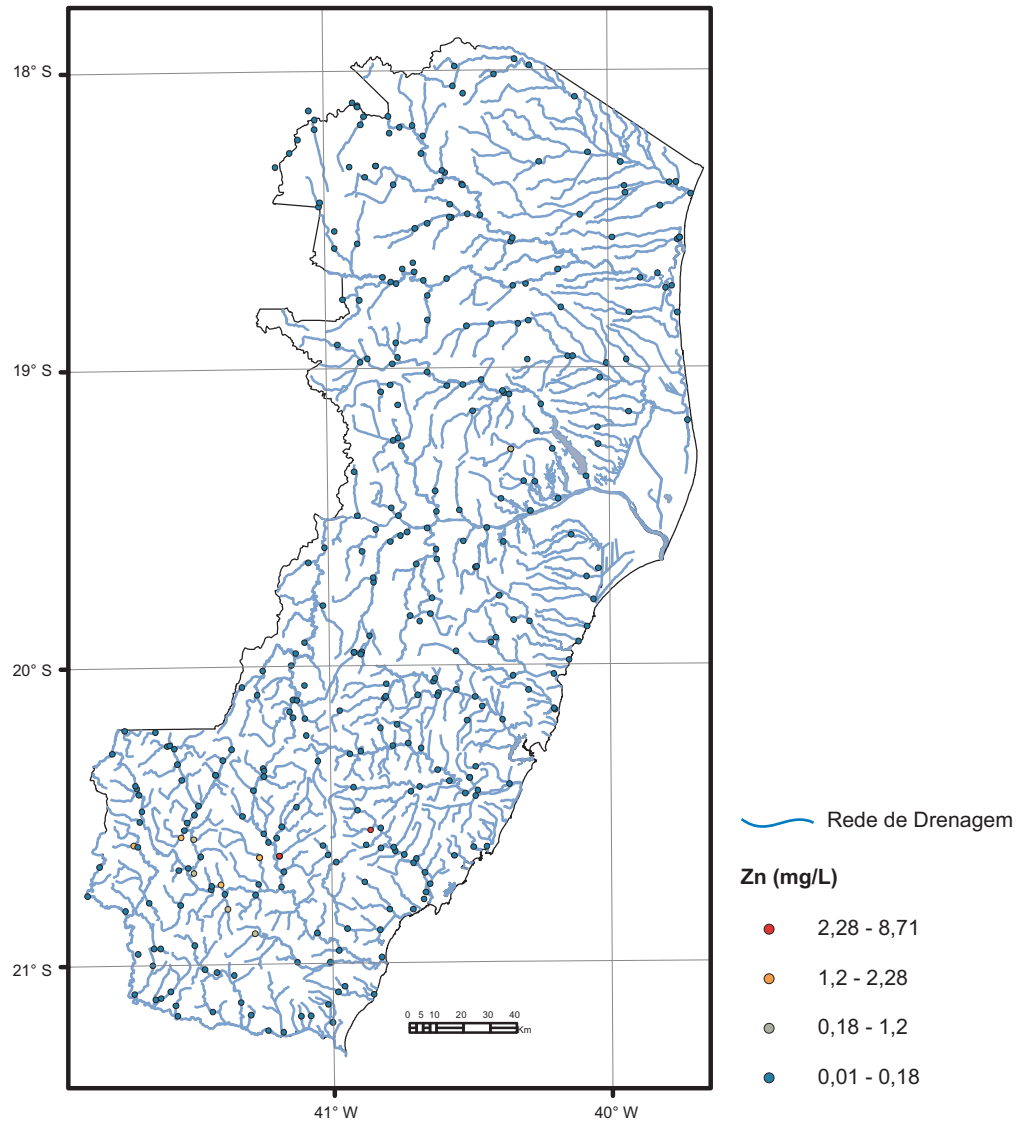
Estatística Descritiva	
Elemento	W (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	53
Valor Médio	0,34
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	6,50
Desvio Padrão	0,82
Coefficiente de Variação (%)	2,41
Mediana	0,2
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



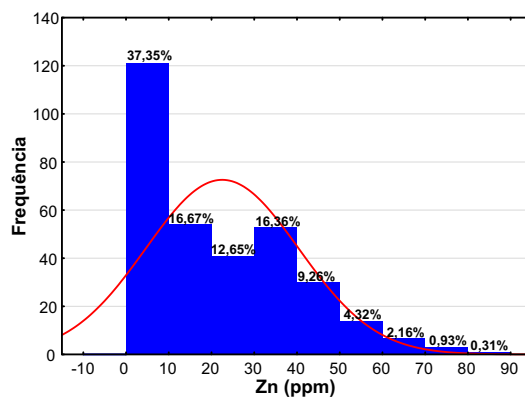
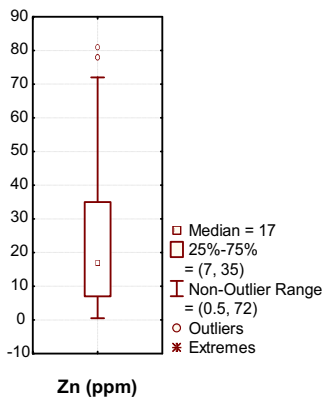
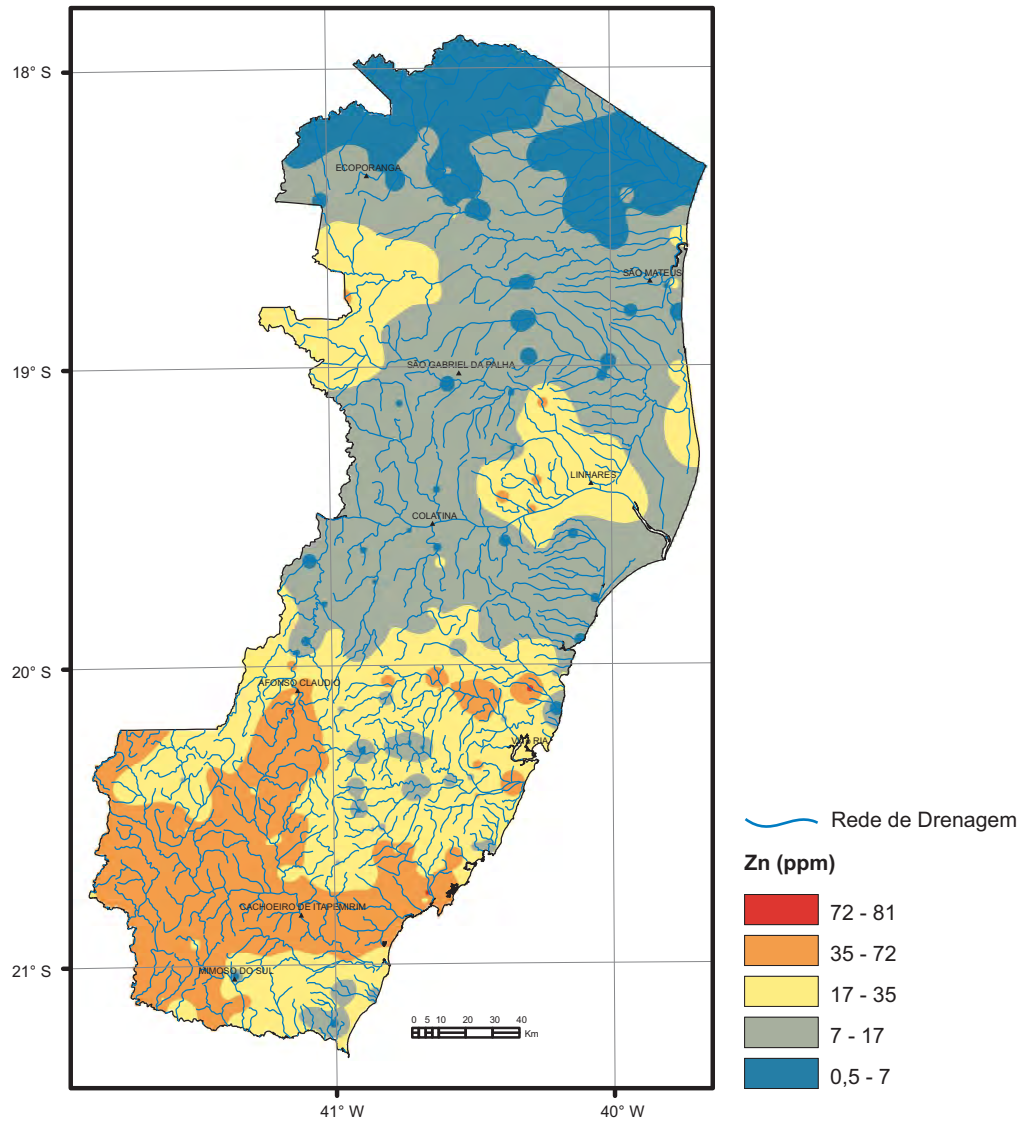
Estatística Descritiva	
Elemento	Y (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	325
Valor Médio	10,67
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	214,00
Desvio Padrão	16,19
Coefficiente de Variação (%)	1,52
Mediana	6,86
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuiRTs/2008 (PEL)	-



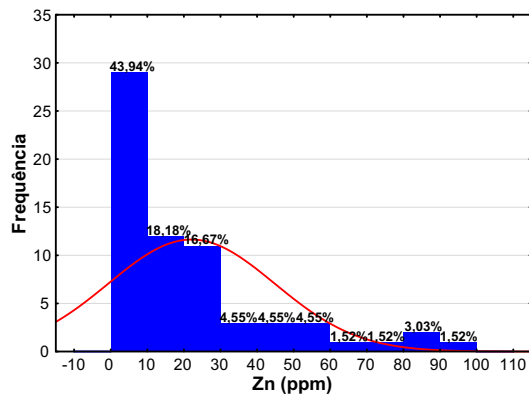
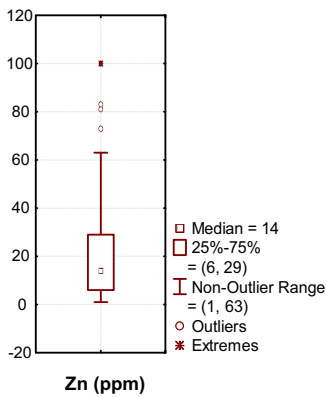
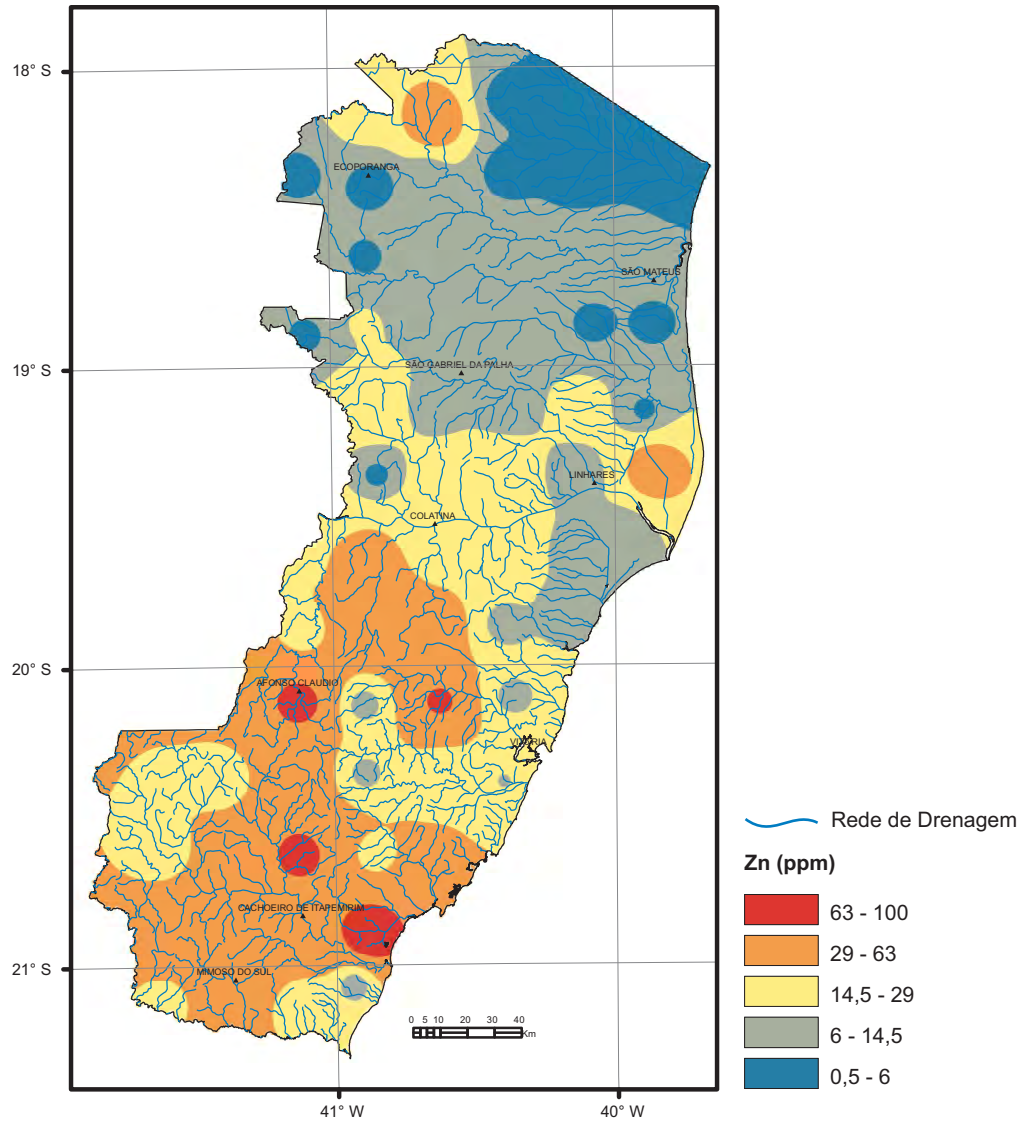
Estatística Descritiva	
Elemento	Y (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	71
Valor Médio	6,14
Valor Mínimo	0,16
Valor Máximo	33,14
Desvio Padrão	7,25
Coefficiente de Variação (%)	1,18
Mediana	3,97
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-



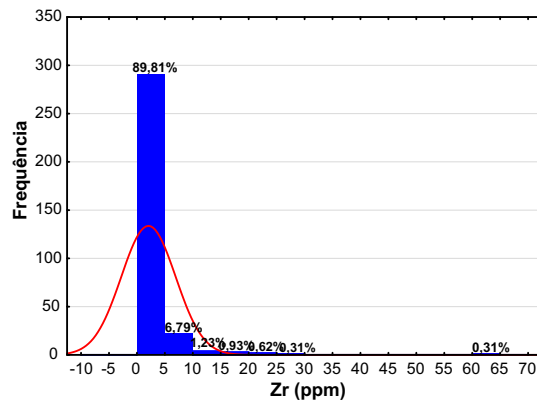
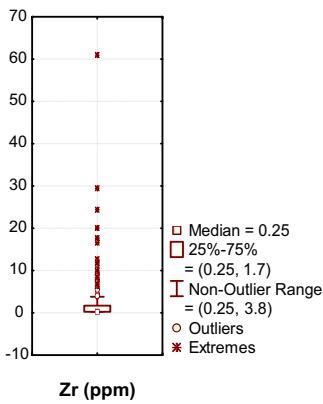
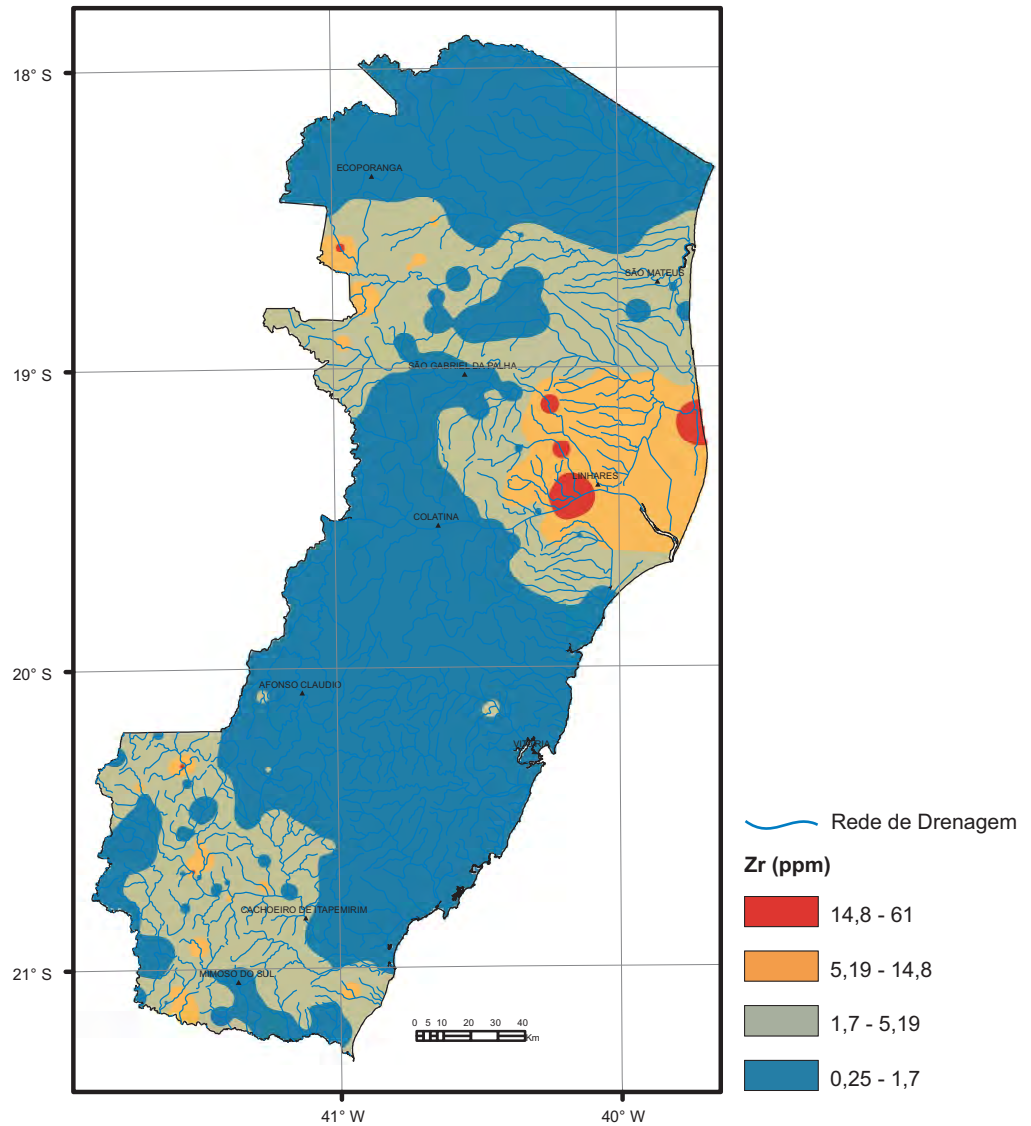
Estatística Descritiva	
Elemento	Zn (mg/L)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	345
Result > Lim Detec	25
Valor Médio	0,09
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	8,71
Desvio Padrão	0,61
Coefficiente de Variação (%)	6,77
Mediana	0,01
CONAMA 357/2005	0,18



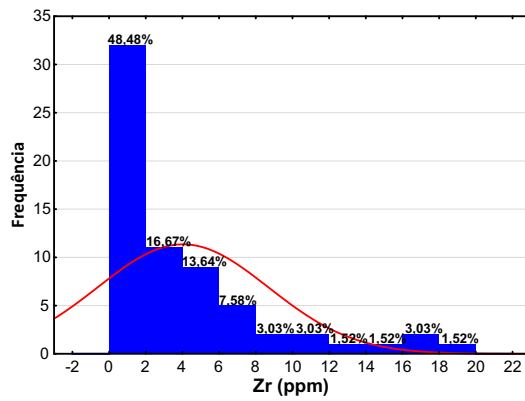
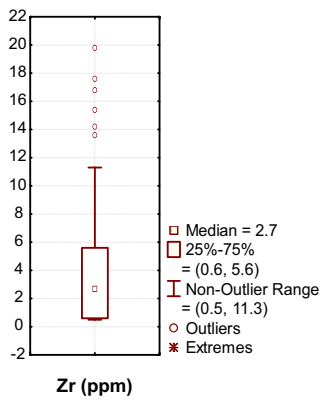
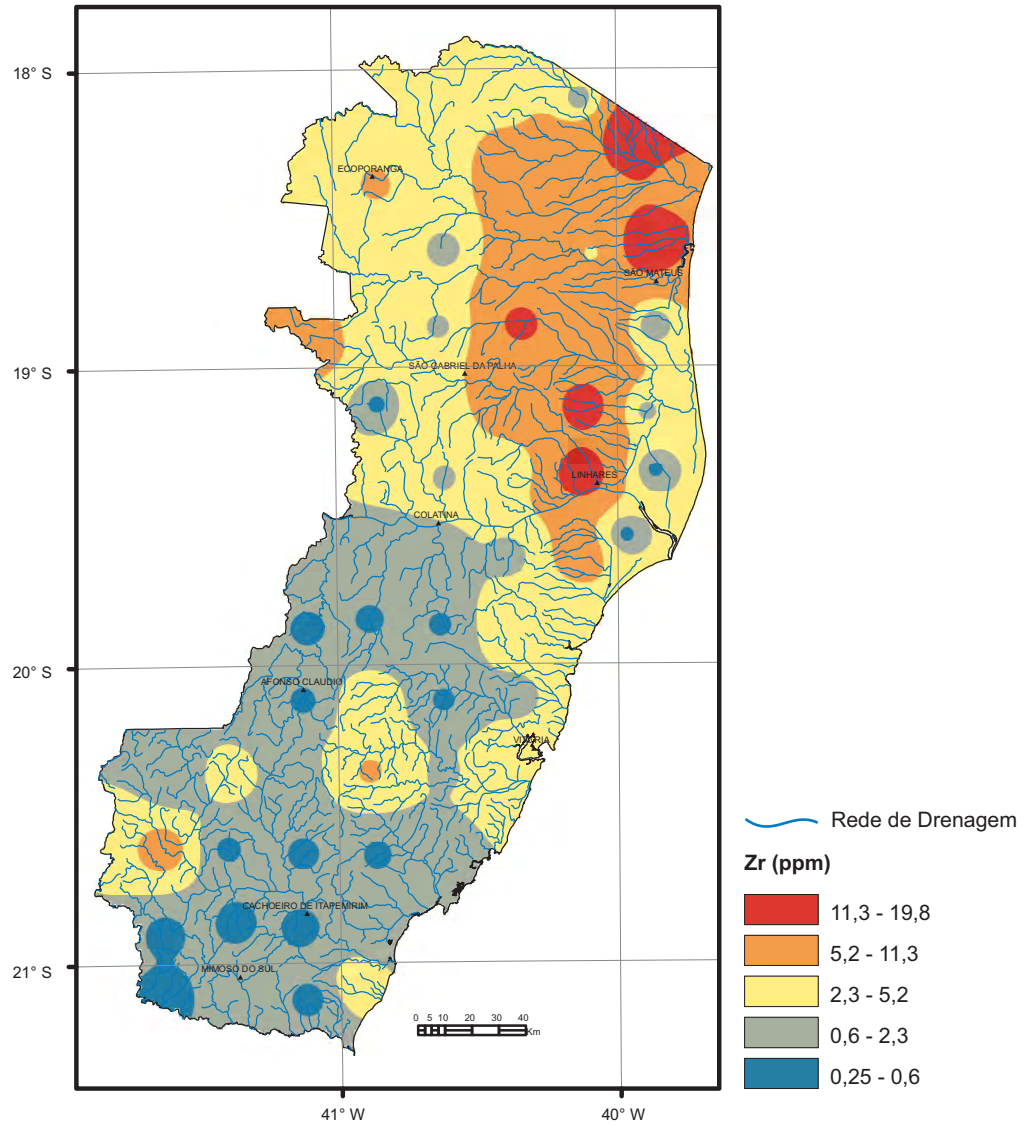
Estatística Descritiva	
Elemento	Zn (ppm)
Limite de Detecção	1
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	324
Valor Médio	22,32
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	81,00
Desvio Padrão	17,81
Coefficiente de Variação (%)	0,80
Mediana	17
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	315
NOAA-SQuiTRs/2008 (PEL)	315



Estatística Descritiva	
Elemento	Zn (ppm)
Limite de Detecção	1
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	65
Valor Médio	21,89
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	100,00
Desvio Padrão	22,62
Coefficiente de Variação (%)	1,03
Mediana	14,50
CONAMA 420/2009 (VP)	300,00
Paye <i>et al.</i> (2010)	29,87
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	16,00



Estatística Descritiva	
Elemento	Zr (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	325
Result > Lim Detec	158
Valor Médio	1,99
Valor Mínimo	0,25
Valor Máximo	61,00
Desvio Padrão	4,84
Coefficiente de Variação (%)	2,43
Mediana	0,25
CONAMA 454/2012 (Nível 2)	-
NOAA-SQuITRs/2008 (PEL)	-



Estatística Descritiva	
Elemento	Zr (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	71
Result > Lim Detec	55
Valor Médio	3,99
Valor Mínimo	0,25
Valor Máximo	19,80
Desvio Padrão	4,64
Coefficiente de Variação (%)	1,16
Mediana	2,30
CONAMA 420/2009 (VP)	-
NOAA-SQuiTRs/2008 (Target)	-

6. ELEMENTOS

Ag - Prata

A **Prata** é um metal relativamente raro, de coloração esbranquiçada, altamente dúctil, maleável e com alta resistência a corrosão. Quando puro é o mais notável condutor de eletricidade e calor dentre todos os metais. Pode ocorrer como elemento livre na natureza, mas devido a sua afinidade com os elementos calcófilos, ocorre comumente associada a minérios sulfetados de chumbo, cobalto, níquel, estrôncio e arsênio. Segundo Levinson (1974), a média crustal da Ag é 0,07ppm. **Minerais de minério:** A principal fonte de Ag é quando ocorre em estado nativo ou como argentita (Ag_2S), mas pode ocorrer como proustita, cerargirita, silvanita, freibergite e polibasita, ou ainda associada a minerais sulfetados tais como: galena, arsenopirita, tennantite e tetraedrita. Os 2/3 de recursos de prata são associados como subproduto de minérios de ouro, de cobre, chumbo e zinco (DNPM, 2015). **Principais utilidades:** lentes de óculos monocromáticas, películas sensíveis para radiografia e fotografia, jóias, utensílios domésticos, ferramentas cirúrgicas e de dentistas, fabricação de espelhos e baterias de alta capacidade. **Impactos biológicos:** Pode se concentrar em níveis tóxicos em plantas que crescem em áreas mineralizadas em Ag (Kabata-Pendias, 1985). **Mobilidade ambiental:** Aparentemente é imóvel em solos com $pH > 4$. Em ambientes oxidantes com $pH < 4$, a mobilidade é moderadamente alta, enquanto que em ambiente redutor é imóvel. **Tipos de depósitos:** relacionados a fontes hidrotermais e em calcários e dolomitos intrudidos por diques félsicos e ainda em veios relacionados a intrusões porfiríticas. **Localização das principais jazidas:** As reservas brasileiras de minério contendo prata lavráveis mostraram participação mundial de 0,7%, distribuídas principalmente entre os estados do Pará, Goiás, Minas Gerais, Bahia e no Paraná. Os principais países produtores são Polônia, Canadá, Austrália e México (DNPM, 2015).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: Todas as amostras de água analisadas apresentaram resultados abaixo do limite de quantificação (LQ) da metodologia analítica (0,003mg/L).

Sedimentos de Corrente: O CONAMA 454/2012 não contempla o elemento Ag. Foram detectados teores que variaram de 0,005ppm a 0,49ppm, sendo que em 18% do total de amostras coletadas foram obtidos valores de até sete vezes a média crustal

(0,07ppm). O valor mais elevado (0,49ppm) foi detectado no rio Jaboti, cuja foz é localizada no município de Guarapari, percorrendo áreas com uma sequência de paragnaisses aluminosos, kinzigitos, micaxistos, quartzitos, rochas calcissilicáticas, mármores e anfibolitos. Os demais valores elevados, variando de 0,13 a 0,42ppm, são encontrados nas bacias dos rios São Mateus, Barra Seca e rio Doce, onde ocorrem rochas sedimentares metamorfizadas em fácies anfibolito e granulito.

Solos: Todos os teores de Ag estão abaixo do valor orientativo de prevenção do CONAMA 420/2009 (2ppm). Os teores variaram de 0,1 a 0,22ppm, sendo que o teor mais elevado foi detectado na bacia do rio Benevente, onde afloram paragnaisses do Complexo Nova Venécia.

Apreciação Conjunta: A prata foi detectada na maioria das amostras de sedimentos de corrente e de solos, em baixas concentrações. O teor médio encontrado no Espírito Santo foi 0,05ppm, tanto nos solos quanto nos sedimentos de corrente e a maioria das amostras estão abaixo da média crustal (0,07ppm). Os valores mais elevados representam pequenas áreas com presença de granitoides metamorfizados e plutons compostos de rochas graníticas. Sendo assim, não existem evidências de áreas com interesse para prospecção de Ag, nem áreas vulneráveis em relação à saúde pública.

Al - Alumínio

Depois do oxigênio e do silício, o **Alumínio** é o elemento mais importante presente nas rochas da crosta terrestre. É um semimetal, com coloração prateada, é dúctil, bom condutor de eletricidade e resistente a corrosão. Está presente nos minerais silicatados combinado com Fe. Nos minerais máficos, pode ser substituído por Fe, Ti e Cr. O Al é o principal constituinte dos componentes atmosféricos, particularmente nas poeiras derivadas de solos e partículas originadas da combustão de carvão. Na água, o Al é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa em pH entre 5 e 6. O aumento da concentração de Al em água está associado com o período de chuvas e, portanto, com turbidez elevada (CETESB, 2016). **Minerais de Minério:** bauxita (24% a 35% de Al). **Principais Utilidades:** Ligas para construção civil,

aviação e foguetes, indústria naval, condutores elétricos, utensílios domésticos, automóveis, tintas, fabricação de vidros e refratários, na indústria farmacêutica e alimentícia. **Impactos Biológicos:** Não há evidência confirmada de que o Al possui função essencial no metabolismo animal ou em seres humanos. A principal via de exposição é a ingestão de água e de alimentos. A toxicidade do Al é baixa, porém observa-se osteomalacia em humanos expostos ao Al e há considerável evidência que seja neurotóxico. **Mobilidade Ambiental:** Tanto em ambiente oxidante quanto em redutor, o Al se comporta como elemento imóvel (Levinson, 1974). É solúvel em água, porém, é altamente dependente do pH. **Tipos de Depósitos:** Lateríticos residuais e/ou supergênico oxidado (derivadas de rochas aluminossilicatadas e de rochas carbonatadas “*karst type bauxite*”) (Biondi, 2003). **Localização das Principais Jazidas:** As principais reservas se localizam na Guiné e na Austrália. O Brasil detém o 3º lugar, reserva concentrada na região Amazônica, seguido pela Jamaica e pela Indonésia (DNPM, 2015).

Água para Abastecimento Público: As amostras de água bruta coletadas nas ETAs das cidades de Guarapari, Alfredo Chaves, Vitória, Serra, Afonso Cláudio, Laranja da Terra e Irupi apresentaram concentrações de Al variando entre 0,12 a 0,44mg/L, acima 2 a 4 vezes do VMP do CONAMA 357/2005 (0,1mg/L), sendo que na amostra coletada em Guarapari, o teor encontrado excedeu, também, 2 vezes o VMP pela Portaria MS 2914/2011 (0,2mg/L). Apesar de não existir risco conhecido para pessoas saudáveis, sabe-se que o risco da toxicidade de Al é grandemente aumentado em pessoas com função renal prejudicada, que são submetidos à hemodiálise.

Água Superficial: A maioria das amostras de água superficial apresentou concentrações abaixo do Valor Máximo Permitido - VMP pelo CONAMA 357/2005 (0,1mg/L), no entanto, as concentrações de Al em algumas amostras na região centro-sul do estado, nas bacias dos rios Itapemirim e Doce, apresentaram valores de 3 a quase 28 vezes maior do que o VMP, sendo que o valor do Al no rio Gimuhuna é o mais elevado: 8,37mg/L, porém não é manancial utilizado para captação de água para consumo humano.

Sedimentos de Corrente: Foram detectadas concentrações variando de 0,03 a 6,9% de Al, com teor médio de 1,2%. Os teores mais elevados (6,85 e 6,9%) são pontuais e situam-se na bacia do rio Itapemirim: córrego Santa Marta e córrego dos Tombos, que litologicamente correspondem a granitoi-

des pré-orogênicos, tipo I (ortognaisses de composição granodiorítica, tonalítica, diorítica, quartzodiorítica e quartzo-sienítica). Os teores mais baixos estão localizados principalmente na porção centro-norte do estado, nas bacias dos rios Itaúnas e São Mateus e a oeste da bacia do rio Doce, entre as cidades de São Gabriel da Palha e Colatina, associados a granitoides (granitogênese do Orógeno Araçuai) e coberturas sedimentares cenozoicas.

Solos: Os teores de Al nas amostras de solos variaram entre 0,25 e 11,49%. As menores concentrações estão localizadas na porção centro-norte do estado, abrangendo as bacias dos rios Itaúnas, São Mateus, Doce, Riacho e Reis Magos, em áreas onde foram detectados os teores mais baixos de Al nas amostras de sedimentos de corrente. Os teores mais elevados (4,33 a 11,49%) estão associados a rochas das bacias sedimentares proterozóicas: Complexo Nova Venécia: paragnaises a silimanita, granada e cordierita, como ainda rochas do Complexo Caparaó e Serra do Valentim (charnockitos e enderbitos, granulitos aluminosos e kinzigitos) e a rochas do Complexo Ipanema (biotita-granada gnaisses e gnaisses miloníticos).

Apreciação conjunta: Neste estudo, os teores médios de Al foram: 0,07mg/L em águas brutas utilizadas para abastecimento humano, 0,09mg/L em águas superficiais; 1,7% nos sedimentos de corrente e 3,52% nos solos. O Al não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras para solos e sedimentos de corrente. O padrão de dispersão geoquímico do Al no Estado do Espírito Santo indica a origem em minerais silicatados devido à formação geológica granítica regional.

As - Arsênio

O **Arsênio** é um elemento não metálico, coloração variando de cinza metálico a amarelo. O comportamento geoquímico dos arsenatos assemelha-se aos dos fosfatos e vanadatos. É altamente associado com depósitos de muitos metais, sendo utilizado como elemento farejador de Au, Ag e outros metais sulfetados (Lopes Jr, 2007). A migração do arsênio é influenciada pela forte adsorção aos argilominerais, matéria orgânica e hidróxidos hidratados de Fe e Al (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). É incorporado em minerais primários silicatados por substituição do Fe⁺³ ou Al⁺³ pelo As⁺³ (Minerpar, 2005). Segundo Levinson (1974) a concentração média do As na crosta terrestre é 1,8ppm e em solos, 5ppm. **Minerais de Minério:** Sob a forma de sulfetos como arsenopirita, ouro-pigmento, realgar e tennantita. **Prin-**

principais Utilidades: Vidros clarificados, em venenos para extermínio de pragas, como reforço de ligas metálicas, constituinte de fogos de artifício e na conservação da madeira. **Impactos Biológicos:** Os efeitos biológicos do As dependem da forma química na qual ocorre e compostos inorgânicos são mais tóxicos do que a maioria dos orgânicos (WHO, 1998). É moderadamente tóxico para as plantas e letal para o homem em doses elevadas. **Mobilidade Ambiental:** Em ambiente oxidante a neutro, possui mobilidade moderadamente alta e em ambiente redutor é imóvel (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** Depósitos relacionados a intrusões porfíricas com associação Cu-As-Sb em rochas vulcânicas próximas a Cu-pórfiro (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998; *apud* Licht *et al*, 2007) e associado aos depósitos de Au do tipo *greenstone belts* ricos em arsenopirita. **Localização das Principais Jazidas:** O arsênio foi recuperado a partir realgar e ouro pigmento na China, Peru e nas Filipinas, a partir de minérios de Cu-Au no Chile, e foi associado com ocorrências de Au no Canadá. Também pode ser recuperado a partir do mineral de Cu enargita (USGS, 2011). No Brasil o As está associado aos depósitos de Au do tipo *greenstone belts* (rio Itapicuru-BA, Crixás-GO e Paracatu-MG (Figueiredo *et al.*2006).

Água Superficial e Água para Abastecimento Público: Os resultados analíticos para o As nas amostras de água superficial e daquelas utilizadas para abastecimento público foram detectados abaixo do limite de quantificação do equipamento analítico - LQ (0,002ppm).

Sedimentos de Corrente: As concentrações de arsênio nas amostras de sedimentos de corrente variaram de 0,5 a 134ppm. Dessas amostras, 16% excederam o teor médio crustal (1,8ppm), sendo que somente em 4 amostras foram detectados valores mais elevados do que o limiar definido pela Resolução CONAMA 454/2012 (17ppm). Essas amostras estão localizadas na foz do rio Laranjeiras (41ppm), dos córregos Sauê (35ppm) e Piranema (35ppm) e o valor mais elevado foi detectado no rio São José (134ppm). Esses valores estão excedendo de 2 a quase 8 vezes o valor definido pelo CONAMA. As amostras coletadas no rio Laranjeiras e nos córregos Sauê e Piranema apresentam granulometria fina, com grande quantidade de matéria orgânica e de material formado por minúsculas palhetas fibrosas esbranquiçadas, provavelmente de origem antropogênica. Enquanto, ao longo do rio São José, sub-bacia do rio Doce, se observa ocupação desor-

denada das margens, lançamento de esgotos domésticos e industriais, resíduo de atividades agropecuárias (agrotóxicos, fertilizantes, herbicidas, efluentes de pocilgas e aviários) e lançamento de lixo doméstico.

Solos: As concentrações de arsênio nas amostras de solo variaram de 0,05 a 11,5ppm, não excedendo ao valor orientativo de prevenção (VP) definido na Resolução CONAMA 420/2009 (15ppm), como também estão abaixo do Valor de Referência de Qualidade – VRQ dos solos no estado do Espírito Santo (14,28ppm) (Paye *et al.*, 2010). Os teores de arsênio mais elevados, de 7 a 11 ppm, estão localizadas em áreas com intensas atividades antropogênicas, nos municípios de Nova Venécia, Sooretama/Linhares, Conceição do Castelo e na região metropolitana de Vitória.

Apreciação conjunta: A maioria das amostras de solo (90%) e 32% das amostras de sedimentos de corrente apresentaram teores acima do limite de quantificação do método analítico (LQ) – 1ppm. Mas, somente em 4 amostras de sedimentos de corrente foram detectados teores acima do limiar da Resolução CONAMA 454/2012. Esses valores podem ser atribuídos a atividades antropogênicas, sendo necessário estudos específicos em relação a contaminação ambiental e saúde pública. Todas as amostras de solos mostraram teores abaixo do Valor de Prevenção (VP) do CONAMA.

B - Boro

O Boro é considerado um não metal, sendo um péssimo condutor de eletricidade. É relativamente raro na crosta terrestre. A maior quantidade de boro está concentrada em evaporitos e em sedimentos argilosos, ambos marinhos. No ambiente terrestre, o boro ocorre associado com oxigênio, formando inúmeros minerais, principalmente hidróxidos e silicatos (Kabata-Pendias & Pendias, 1985). No solo, está presente na forma de boratos e em sistemas de água como oceanos e rios sua concentração é variável sendo da ordem de 4,5 µg/L nos oceanos. A média crustal do boro é 10ppm (Levinson, 1974). Em solos, a média mundial é 10ppm, segundo Hawkes & Webb (1962). **Minerais de Minério:** Por ser muito reativo, o boro não é encontrado livre, mas em minérios como: a turmalina, a ulexita e a kernite ou o bórax – que é a principal fonte mundial desse elemento. **Principais Utilidades:** O B amorfo é utilizado em pirotecnia (cor verde), no controle de reações nucleares, como proteção à radiação nuclear e em instrumentos usados na detecção de nêutrons. Fila-

mentos de boro são utilizados em pesquisas de fibras óticas e em estruturas aeroespaciais avançadas (Winter, 1998, apud Mineropar, 2005). O bórax é amplamente utilizado em inseticidas, na fabricação de esmaltes e porcelanas, na produção de vidros ópticos, em sabões e detergentes, como fertilizante, além de ser matéria-prima principal na fabricação de recipientes de vidro. **Impactos Biológicos:** Fontes antropogênicas incluem a queima de carvão e o despejo em depósitos de lixo. Em vias aquáticas, o elemento pode ser encontrado em efluentes, principalmente em áreas onde seus compostos são utilizados em detergentes. É um nutriente essencial às plantas. Todavia, concentrações elevadas podem provocar sintomas semelhantes àqueles causados pela deficiência de boro nos solos, como a necrose em pontas e margens das folhas assim como um crescimento menor do que o esperado. A inalação de níveis moderados de boro pode causar irritação nas mucosas das narinas, garganta e olhos e a ingestão de altas doses, mesmo em curto espaço de tempo, pode danificar o estômago, intestinos, fígado, rins e o cérebro (ATSDR, 1999). **Mobilidade Ambiental:** Alta mobilidade em condições ambientais oxidantes, ácidos e alcalinos (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** A maioria dos depósitos de boro é encontrada em rochas marinhas e sedimentares ou perto de vulcões. **Localização das Principais Jazidas:** O bórax é encontrado no Deserto de Mojave na Califórnia, Estados Unidos, onde está localizada a maior mina a céu aberto do mundo. Entretanto a Turquia possui 63% das reservas mundiais. A Itália, Bolívia, Chile, Argentina e Peru são outros países que possuem extensos depósitos de boro através do bórax.

Água para Abastecimento Público: O teor médio de B nas amostras de água bruta coletadas nas ETAs foi 0,05mg/L. Em todas as amostras foram detectados teores abaixo do Valor Permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 (0,5mg/L). As concentrações mais elevadas (0,060 a 0,068mg/L) ocorreram nas ETAs dos municípios de Ponto Belo, Montanha e Mucurici, ao norte do estado.

Água Superficial: A concentração média de B encontrada nas amostras de água superficial foi 0,03mg/L. As amostras coletadas na foz dos córregos do Siri e Piranema apresentaram os teores mais elevados: 1,99mg/L e 0,54mg/L, respectivamente, superiores ao VMP pela Resolução CONAMA 357/2005 (0,5mg/L). A proximidade do mar pode contribuir para estes valores mais elevados. Na bacia do rio São Mateus e nas drenagens da margem esquerda do rio Doce, se observa teores de boro mais

elevados do que na porção sul do estado. O padrão de distribuição do boro é o mesmo observado para as amostras de água para abastecimento público: a região norte do estado é mais enriquecida em boro do que a região sul.

Sedimentos de Corrente e Solos: Todos os resultados analíticos das amostras de sedimentos de corrente e solos mostraram teores abaixo do limite de detecção (LD) do equipamento analítico (10ppm). Porém, como esse limite é muito elevado, não fica evidente se os solos do estado do Espírito Santo são empobrecidos ou não em boro, já que é um nutriente essencial às plantas.

Apreciação Conjunta: A dispersão geoquímica do B nas águas, tanto superficial quanto as utilizadas para abastecimento público, evidencia maiores teores na porção norte do estado, porém os teores mais elevados em água superficial foram detectados no litoral sul, abaixo da foz do rio Doce, devido a influência da cunha marinha.

Ba - Bário

O Bário é um metal alcalino terroso de coloração branco-prateado de altíssima densidade e alto ponto de fusão. Não é encontrado livre na natureza. Durante a diferenciação magmática se concentra nos silicatos de potássio (feldspatos e micas), com Ba^{+2} substituindo o K^{+1} (Koljonen *et al.* 1992, apud Mineropar, 2005 e Wedepohl, 1978). No intemperismo o bário liberado não é muito móvel por se precipitar facilmente como sulfatos e carbonatos, podendo estar presente na água em baixas concentrações; é fortemente adsorvido na argila, e concentrado em concreções e minerais de Mn e P (Kabata-Pendias & Pendias, 1985). Contaminações de Ba a partir de fertilizantes fosfatados aumentam os teores do metal nos solos, podendo se acumular nas plantas. Segundo Levinson (1974) a média crustal de Ba é 425ppm. Em solos, varia de 100 a 3.000ppm, sendo que a abundância média é de 500ppm (Hawkes & Webb, 1962). **Minerais de Minério:** barita e witherita. **Principais Utilidades:** Perfuração de poços de petróleo, fabricação de vidros, velas de ignição de automóveis, contrastes para exames com raios-x e fabricação de borracha e papel. **Impactos Biológicos:** Não apresenta função biológica conhecida, mas na forma iônica é altamente tóxico para os seres vivos (Koljonen *et al.*, 1992, apud Mineropar, 2005). **Mobilidade Ambiental:** Quanto à mobilidade relativa, é ligeiramente móvel em condições oxidantes, e, baixa em condições redutoras (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** Barita sedimentar em depósitos

relacionados a rochas sedimentares clásticas marinhas (depósito de Pb/Ba em arenitos) (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998, apud Licht *et al*, 2007; Biondi, 2003). **Localização das Principais Jazidas:** As principais reservas mundiais estão localizadas na China e Índia, responsáveis por 62% da produção mundial em 2014. As principais reservas de barita no Brasil encontram-se na Bahia. A produção brasileira em 2014 representou somente 0,04% da produção mundial (DNPM, 2015).

Água para Abastecimento Público: O Ba foi detectado em todas as amostras de água utilizada para abastecimento público, porém bem abaixo do valor máximo permitido pelo CONAMA 357/2005 (0,7mg/L). Os valores mais elevados (0,074 a 0,12mg/L) foram detectados nas ETAs dos municípios de Ponto Belo, Montanha, Pedro Canário e Vila Pavão, na região noroeste do estado, onde predominam granitoides sin a tardi-orogênicos (Orógeno Araçuai).

Água Superficial: O Ba foi detectado em todas as amostras de água superficial, porém bem abaixo do valor máximo permitido pelo CONAMA 357/2005 (0,7mg/L). As concentrações mais elevadas (0,09 a 0,43mg/L) ocorreram principalmente nas bacias dos rios Itaúnas, São Mateus e Barra Seca, situadas na porção norte do estado, onde estão localizados os municípios cujas concentrações de Ba nas amostras de água coletadas nas ETAs também foram as mais elevadas. Essas áreas correspondem a ocorrência de granitoides sin a tardi-orogênicos, do neoproterozoico, com granitos peraluminosos granatíferos, paragnais e migmatitos com cordierita e/ou sillimanita e leucogranitos, e ainda, em áreas de coberturas cenozoicas.

Sedimentos de Corrente: A Resolução CONAMA 454/2012 não contempla o elemento Ba. Os teores obtidos variaram de 2,5 a 690 ppm, com as concentrações mais elevadas na porção sul do estado. As amostras coletadas nos rios Muqui do Sul (bacia de Itabapoana) e Itaúnas (bacia do rio Itaúnas), no ribeirão São João da Mata e no córrego Santa Angélica (bacia do Itapemirim) apresentaram os teores mais elevados: 483ppm, 432ppm, 509ppm e 690ppm, respectivamente. As amostras na região sul do estado estão localizadas em áreas com granitoides pré-orogênicos (ortognais) e pequenos corpos granitoides pós-orogênicos. O rio Itaúnas, na porção norte do estado, drena área sedimentar cenozoica. Esses valores elevados estão acima da média crustal definida por Levinson (1974) – 425ppm. O Ba é um

elemento facilmente encontrado nos granitoides, muitas vezes substituindo o K em feldspatos e mica.

Solos: Das amostras de solos, 86% apresentaram teores acima do limite de detecção (LD) do método analítico (5ppm), variando de 5 a 353ppm, sendo que sete amostras apresentaram concentrações acima de 1 a 2 vezes o Valor de Prevenção (VP) definido pela Resolução CONAMA 420/2009 (150ppm), mas abaixo ou em valores compatíveis ao Valor de Intervenção para solos agrícolas (300ppm) da mesma legislação. Essas amostras estão localizadas na porção sul do estado associadas a: (1) granitoides relacionados ao Orógeno Araçuai (granitoides sin a tardi-orogênicos, tipo S, origem metassedimentar e pré-orogênicos, tipo I, origem metaígneia e pequenos corpos de granitoides pós-orogênicos, tipo I); (2) rochas sedimentares proterozóicas dos Grupos São Fidélis e Bom Jesus de Itabapoana e Unidade Raposo, constituídos por granada-biotita-gnaiss, anfíbio-biotita-gnaiss, anfíbolito, gndito, quartzito e gnaisses kinzigíticos; (3) fragmentos do embasamento paleoproterozoico (Complexos do Caparaó e Serra do Valentin).

Apreciação Conjunta: Os teores médios encontrados nas amostras de água superficial e de abastecimento foram 0,04mg/L e 0,03mg/L, respectivamente; 45,8ppm em solos e 82,5ppm em sedimentos de corrente. Os teores de Ba nas amostras de água superficial e de abastecimento humano estão abaixo do VMP pelo CONAMA, enquanto que algumas amostras de solos estão acima da legislação ambiental brasileira, porém representam anomalias naturais, tendo em vista que o Ba é um elemento comum em rochas granitoides.

Be - Berílio

O **Berílio** é um metal alcalino terroso, coloração cinza-prateada, macio, pouco reativo, alta condutividade térmica e elétrica, alto ponto de fusão e boa elasticidade. É muito raro na natureza, sendo encontrado em poucos minerais fonte. Tende a se concentrar em rochas magmáticas ácidas (por ex.: granitos e pegmatitos). Seu comportamento geoquímico é muito diferenciado nos vários ambientes devido ao tamanho do seu átomo, alta ionização e eletronegatividade. Em solos tende se acumular em horizontes mais ricos em substâncias orgânicas (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Segundo Hawkes & Webb (1962), a média crustal do Be é 4,2ppm e o teor médio do berílio em solos é 6ppm. **Minerais de Minério:** berilo (principal), bertrandita, crisoberilo e fenacita. **Principais Utilidades:** Liga com o Cu (bronze de berílio)

de alta dureza e resistência; é usado na fabricação de molas, escovas e anéis coletores de motores de alta rotação e trens de aterrissagem (avião); aplicado como moderador ou refletor de reatores nucleares, pois baixa a absorção de nêutrons; em tubos de aparelhos de raios X (alta transparência a esses raios). **Impactos Biológicos:** É facilmente assimilado pelas plantas, em concentrações de 10 a 50ppm em solos, pode ser tóxico. Sob exposição ocupacional, o pó do Be pode ser danoso aos pulmões (ATSDR, 1999). **Mobilidade Ambiental:** Baixa mobilidade em ambientes oxidantes ou redutores (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** Associados a depósitos epitermais e relacionados a corpos pegmatíticos. **Localização das Principais Jazidas:** EUA, China e Moçambique (USGS, 2011). No Brasil as reservas de berílio são pouco representativas sendo associadas aos pegmatitos e restritas aos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia e Ceará (DNPM, 2015).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: o Be não foi analisado nessas amostras.

Sedimentos de corrente: O Be foi detectado em 75% das amostras, com concentrações variando de 0,05 a 1,96ppm e valor médio de 0,32ppm. A maioria dos teores mais elevados (1,1 a 1,96ppm) predominam na região sul do estado, onde, segundo Benitez *et al.* (2012) e Vieira e Menezes (2015), haviam garimpos rudimentares com extração de águas marinhas e berilo em pegmatitos na localidade de Vargem Alta (divisa dos municípios Afonso Cláudio/Domingos Martins) e ocorrência de topázio e água marinha nas imediações de Mimoso do Sul. Estes minerais ocorrem em pegmatitos. O arcabouço geológico abrange embasamento paleoproterozoico (ortogranulitos de composição variada) e rochas neoproterozóicas, com paragneisses, os quais são intrudidos por pelo menos quatro gerações de rochas graníticas. Os pegmatitos mineralizados se relacionam com esses granitoides.

Solos: O Be foi detectado em 60% das amostras, com teores variando de 0,05 a 2,3ppm. Os teores mais elevados 0,95 a 2,3ppm são pontuais, dispersos no estado. Destes valores somente 5 amostras excederam o valor orientativo do NOAA (2008), segundo *Dutch Standards Target* (1,1ppm), detectados a noroeste do estado, nos municípios de Pancas e Ecoporanga, onde ocorrem granitoides pós-orogênicos (Orógeno Araçuaí), com plútons compostos de granito porfirítico. Benitez *et al.* (2012) menciona a ocorrência de pegmatitos em Pancas, constituindo um importante produtor de berilo (água-marinha) e crisoberilo, principalmente, em terraços aluvionares.

Apreciação conjunta: As legislações ambientais brasileiras para solos e sedimentos não contemplam o elemento berílio. Este elemento encontra-se presente em baixas concentrações nas amostras de solos e sedimentos de corrente, contudo, observa-se que nas regiões norte e sul do Estado ocorrem os teores mais elevados, especialmente nas regiões de Pancas, Santa Tereza, Afonso Cláudio e Mimoso do Sul. O arcabouço geológico destas áreas abrange granitoides de idades e composição diversas, com intrusões pegmatíticas. Segundo Benitez *et al.* (2012) e Vieira e Menezes (2015), nessas regiões existem registros de mineralizações em berilo: a região de Pancas constituiu um importante produtor de água-marinha e crisoberilo; na região de Santa Tereza, na localidade de Várzea Alegre e, em Mimoso do Sul, também, se extrai água-marinha.

Bi - Bismuto

O **Bismuto** é um metal de coloração prateada e quebradiço. Pouco abundante na crosta terrestre, apresenta fraca condutibilidade elétrica e térmica. Apresenta isótopos levemente radioativos. Durante o intemperismo é facilmente oxidado, quando se liga a carbonatos torna-se estável (Kabata-Pendias & Pendias, 1985). Segundo Hawks & Webb (1962) a concentração média crustal é de 0,1ppm. **Minerais de Minério:** bismutinita (sulfeto), bismita (óxido) e na forma nativa, ocorre associado aos minérios de Ag, Zn, Pb, Au, Cu e Sn. **Principais Utilidades:** É empregado em ligas especiais que se fundem a baixas temperaturas. É muito utilizado também em produtos farmacêuticos como antiácidos e antidiarreicos e nas metalurgias de ferro e chumbo. **Impactos Biológicos:** É um dos elementos pesados menos tóxicos na natureza e não possui função biológica conhecida. **Mobilidade Ambiental:** mobilidade baixa, seja em condições oxidantes ou redutoras (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** Metal aproveitado como subproduto em depósitos de Au, Cu-Au, Cu-Mo e Sn associados a *skarns*. **Localização das Principais jazidas:** Bolívia, EUA, Peru, México, China, Canadá e Cazaquistão (USGS, 2011). No Brasil há pequenas ocorrências em Minas Gerais e no Rio Grande do Norte (nas minas de scheelita de Brejuí e Barra Verde e de ouro de Bonfim, no município de Currais Novos).

Água Superficial e Água para Abastecimento Público: O Bi não foi analisado nessas amostras.

Sedimentos de corrente: O Bi foi detectado em quase 100% das amostras, com concentrações variando de 0,01 a 11,12ppm e valor médio de 0,13ppm.

É na região sul do estado que ocorreram os teores mais elevados (0,22 a 11,12ppm). As 3 amostras que se destacam com teores bastante elevados em relação aos demais estão localizadas no litoral sul, nas bacias dos rios Benevente e Itapemirim, regiões com granitoides pós-orogênicos, de composição enderbítica a charnokítica, gnaisses de composição granítica a tonalítica, sillimanita-granada gnaisses e na faixa litorânea, sedimentos cenozoicos (depósitos marinhos, detritos-lateríticos e detríticos).

Solos: Assim como nos sedimentos de corrente, o Bi foi detectado na maioria das amostras, com teores variando de 0,01 a 5,65ppm e valor médio de 0,34ppm. Os teores mais elevados (0,37 a 5,65ppm) se concentram em duas regiões: a noroeste, no limite com Minas Gerais, onde predominam os granitoides sin a tardi-orogênicos; a sudeste, com predominância de granitoides pré-orogênicos e, na faixa litorânea, onde estão presentes sedimentos cenozoicos e ocorreram também os teores mais elevados de Bi nas amostras de sedimentos de corrente.

Apreciação conjunta: As legislações ambientais brasileiras para solos e sedimentos não contemplam o elemento bismuto. O Bi foi detectado praticamente em todas as amostras de solos e sedimentos de corrente, porém na sua maioria, em baixas concentrações, indicando origem geogênica.

Br - Bromo

O **Bromo** é um elemento não-metálico, do grupo dos halogênios, que ocorre naturalmente no estado líquido, é volátil, denso e instável. É um elemento litófilo e seu raio iônico é semelhante ao do Cl, sendo assim, o Br pode substituí-lo na estrutura dos minerais. Nunca é encontrado livre na natureza, sempre sob a forma de sais. É presente em água do mar com uma concentração aproximada de 65mg/L, a qual é aproximadamente 0.2% de todos os sais dissolvidos, é a partir dela que é extraído comercialmente. Segundo Levinson (1974) a concentração média crustal de bromo é 2,5ppm e 20mg/L em água fluvial. **Minerais de Minério:** A maior fonte natural de Br⁻ está nos evaporitos, nas fontes termais e na água do mar. **Principais Utilidades:** A maior aplicação do Br⁻ é a produção de brometo de etileno, utilizado em combustíveis para motores, com o intuito de evitar a acumulação de chumbo no interior dos cilindros. Embora em menores quantidades, o elemento é utilizado como corante, ou ainda como agente branqueador e sanitário na purificação de águas. O brometo de cério usa-se no fabrico de prismas ópticos extremamente transparentes à radi-

ção infravermelha. De um modo geral, todos os brometos de terras raras alcalinas encontram aplicação na indústria farmacêutica, devido à sua ação sedativa, e na indústria fotográfica, na preparação de emulsões de brometo de prata. O metil-brometo usa-se no extermínio de insetos e pequenos roedores, ao passo que o bromoclorometano se usa em fluidos de extintores. **Impactos Biológicos:** O Br⁻ não tem função biológica essencial em mamíferos, mas participa do metabolismo de algas marinhas. O metil-brometo, composto orgânico, pode causar danos à saúde humana, interferindo em certos órgãos como o fígado, rins, pulmões, podendo causar disfunções no sistema nervoso, na glândula tireóide, e ainda, disfunções estomacais e gastrointestinais. **Mobilidade Ambiental:** Elevada mobilidade, seja em condições oxidantes ou redutoras (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** Nas águas do Mar Morto (entre Israel e a Jordânia) e alguns depósitos de sal oriundos da evaporação de antigos mares podem conter de 2 a 10 g kg⁻¹ de íon Br⁻ (Oliveira e Afonso, 2013). **Localização das Principais jazidas:** A produção mundial do elemento é de cerca de 500.000 t/ano. Os EUA são o maior produtor (~45%), seguido de Israel (~35%), China, Japão e Jordânia. O Brasil não produz bromo, tendo que o importar para suprir suas necessidades internas (Oliveira & Afonso, 2013).

Água para Abastecimento Público: O Br⁻ foi analisado nas amostras de água sob a forma de brometo. Foi detectado em 67% das amostras, com concentrações variando de 0,005 a 1,51mg/L e valor médio de 0,05mg/L. O teor de brometo mais elevado em água bruta de abastecimento foi na amostra coletada na ETA da cidade de Montanha – 1,51mg/L.

Água Superficial: O íon brometo foi detectado em todas as amostras de água superficial, com teores variando de 0,005 a 17,94mg/L e valor médio de 0,14mg/L. As concentrações mais elevadas de brometo em águas superficiais foram detectadas nas amostras coletadas nos córregos Sauê, Piranema e do Siri, com 2,08mg/L, 5,73mg/L e 17,94mg/L, respectivamente, em pontos próximos à foz, indicando influência da água do mar.

Apreciação Conjunta: O elemento bromo foi analisado somente em amostras de água. Não existe valor orientativo para brometos em água nas legislações ambientais brasileiras. As concentrações elevadas de brometos nas águas superficiais, no litoral sul do Estado, evidenciam contribuição da cunha marinha.

Ca - Cálcio

O **Cálcio** é um metal alcalino terroso, coloração branco-prateado, baixa dureza, altamente reativo quando em contato com o ar e a água, não encontrado na forma pura. Na rede cristalina dos minerais, o mesmo é parcialmente substituído por Na, Mn, Sr, Y e ETR (Mineropar, 2005). Durante o processo de cristalização o cálcio é fixado nos primeiros estágios, sendo enriquecido nas rochas máficas (Koljonen *et al.* 1992, *apud* Mineropar, 2005). **Minerais de minério:** É o quinto elemento mais abundante na crosta terrestre, sendo encontrado principalmente como constituinte de minerais, como a calcita, os feldspatos, piroxênios, anfibólios, apatita, granadas e epidoto, sendo os plagioclásios os principais hospedeiros do cálcio. **Principais Utilidades:** Os compostos de Ca são utilizados na fabricação de uma enorme variedade de produtos, tais como tintas e fertilizantes. Muitos processos industriais envolvem o uso de óxido de cálcio, como por exemplo, a curtição de couros e o refinamento de petróleo. O calcário (CaCO₃) é utilizado para fabricação do cimento Portland e produção de cal (CaO). **Impactos Biológicos:** É o mineral mais abundante no corpo humano, responsável por cerca de 1 a 2% do peso corporal. Deste total, cerca de 99% são encontrados em dentes e ossos. Também é importante na regulação da contração muscular (Cozzolino, 2007). Sua deficiência pode levar a osteopenia, osteomalácia e osteoporose, como ainda pode causar agitação, unhas quebradiças, propensão a cáries, depressão, hipertensão, insônia, irritabilidade, dormência no corpo e palpitações. Entretanto, o excesso pode ocasionar "pedras" nos rins (oxalato de cálcio). Este tipo de formação é mais comum em decorrência da ingestão de cálcio de origem mineral (presente no solo e consequentemente na água de determinadas regiões). **Mobilidade Ambiental:** Tanto em ambiente oxidante, quanto em ambiente redutor a mobilidade é moderadamente alta (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** Sedimentar químico derivado de exalações (gipso) (Biondi, 2003) e sedimentar marinho (calcário). **Localização das Principais Jazidas:** Principais minas de gipso: China, Iran, Estados Unidos, Espanha, Tailândia, México e Japão. No Brasil o gipso é encontrado no depósito de Casa de Pedra e nos municípios de Ouricuri, Bodocó, Exu, Araripina, Ipubi e Trindade, em Pernambuco; depósito de Chorado, Barreiro e Fazenda Olho D'Água, Grajaú, no Maranhão (Biondi, 2003).

Água para Abastecimento Público: Teores de Ca foram detectados em 100% das amostras estudadas,

variando de 0,61 a 5,96mg/L. Os teores mais elevados (4,69 a 6,96mg/L) foram detectados nas ETAs das sedes municipais de Apiacá, Atílio Vivacqua, Presidente Kennedy, Marataízes, Itapemirim, Cachoeiro de Itapemirim e Castelo, na região sul do estado, e Conceição da Barra, ao norte. Na região sul do Espírito Santo ocorrem rochas do Complexo Paraíba do Sul, incluindo rochas calcissilicáticas e mármores calcítico a dolomítico.

Água Superficial: O Ca foi detectado em todas as amostras de água superficial, com teores variando de 0,34 a 116,9mg/L, com valor médio de 4,53mg/L, em padrão de dispersão bastante homogêneo, nas regiões norte e sul do Estado. Os teores mais elevados estão localizados nas bacias dos rios Itapemirim, ao sul e São Mateus, ao norte. Geologicamente, nessas áreas são encontrados granitoides calcialcalinos e rochas calcissilicáticas e mármores. Observa-se ainda elevadas concentrações de Ca em amostras coletadas na foz do córrego do Siri (116mg/L), córrego Piranema (44,65mg/L) e rio Laranjeiras (20,95mg/L), o que pode ser interferência dos sais de cálcio existentes na água do mar.

Sedimentos de Corrente: O Ca foi detectado em 95% das amostras, com teores variando de 0,005 a 22,5%, e teor médio de 0,23%. Os teores mais elevados (0,22 a 22,35%) situam-se na bacia do rio Itapemirim, correspondendo a mesma área com elevados teores de Ca em água superficial, como ainda estão presentes numa faixa litorânea desde a foz do rio Doce até a Baía de Vitória, associados a coberturas sedimentares cenozoicas. Provavelmente os teores de cálcio no litoral sul tem origem nos depósitos de conchas calcárias que ocorrem na região, como ainda pode estar ocorrendo interferência da água do mar.

Solos: Os teores de Ca nas amostras de solos são baixos, variando entre 0,005 e 0,27% e valor médio de 0,039%. Os teores mais elevados (0,1 a 0,27%) são pontuais, sendo o mais elevado detectado na amostra coletada na Fazenda Chumbado, no município de Sooretama.

Apreciação conjunta: O elemento cálcio não está contemplado nas legislações ambientais brasileiras. No Espírito Santo as concentrações do elemento estão associadas à geologia predominante no Estado, com padrão de dispersão geoquímica bastante similar entre as amostras de sedimentos de corrente e as de água superficial. São solos pobres em cálcio, como a maioria dos solos brasileiros.

Cd - Cádmio

Cádmio é um metal de transição, coloração branco-prateada a azulado, maleável e dúctil. Durante a cristalização magmática se concentra nas fases residuais e hidrotermais de baixa temperatura (Rankama & Sahama, 1992, *apud* Mineropar, 2005). É um metal que está presente em muitos minerais sulfetados, associado ao Zn e Pb. O Cd possui propriedades químicas semelhantes ao Zn. A concentração média crustal é 0,13ppm e em solos é 0,5ppm (Hawkes & Webb, 1962) e segundo Levinson (1974), o teor médio de Cd na crosta terrestre é 0,2ppm. Está presente em águas naturais em concentrações muito baixas, sendo que elevados teores refletem atividades antrópicas, como lançamento de efluentes industriais. A queima de combustíveis fósseis consiste também numa fonte de cádmio para o ambiente.

Minerais de Minério: Minerais associados com Zn (esfalerita), além de grenockita e otavita. **Principais Utilidades:** As principais aplicações são em recobrimento do aço e do ferro (em parafusos, fechaduras, em várias partes de aeronaves e motores de veículos, equipamentos marítimos e máquinas industriais), como estabilizador para cloreto de polivinila (PVC), em pigmentos para plástico e vidro, em baterias de níquel-cádmio. Ocorre, ainda, como contaminante em fertilizantes e fungicidas (Chasin & Cardoso, 2003). **Impactos Biológicos:** Seres humanos não apresentam Cd nos tecidos quando nascem, porém, há um acúmulo durante a vida de aproximadamente 20 a 30mg, sendo que um terço dessa quantidade se encontra no fígado e nos rins (Cozzolino, 2007). A absorção do Cd através da pele e ingestão é pequena, mas 30-50% do que for inalado entra na corrente sanguínea, sendo fortemente retido. No organismo humano, pode causar mudanças histológicas nos rins, fígado, no trato gastrointestinal, no coração, nos ossos e nos vasos sanguíneos (Cozzolino, 2007). **Mobilidade Ambiental:** A mobilidade do Cd⁺² em ambientes geoquímicos naturais é controlada pelo pH e Eh (Kabata-Pendias & Pendias, 1985). Em ambientes oxidantes com pH<4 a sua mobilidade é moderadamente alta, e com pH 5-8 é ligeiramente móvel; em ambiente redutor é imóvel (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** A maioria do Cd utilizado pelo homem, geralmente, é recuperado como subproduto a partir de concentrados de zinco (USGS, 2011). O Brasil não é autossuficiente em Cd e não possui reservas importantes. **Localização das Principais jazidas:** Índia, China, Austrália, Cazaquistão, México, Peru, EUA, Polônia e Rússia (as reservas

desses países levaram em conta as reservas de zinco) (USGS, 2011).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: Todos os resultados analíticos das amostras de água superficial e a utilizada para abastecimento público apresentaram teores abaixo do limite de quantificação (LQ) do equipamento analítico – 0,002mg/L.

Sedimentos de Corrente: O Cd foi detectado em 61% das amostras, sendo os teores de 0,005 a 4,01ppm, com teor médio de 0,05ppm. Os teores mais elevados ocorreram na parte sul do estado, sendo que somente 1 amostra teve resultado acima do valor orientativo do CONAMA 454/2012 para sedimentos de água doce - Nível 2: amostra IS-L-097 (4,01ppm), coletada no rio da Cobra, na sub-bacia do rio Guandu, bacia do rio Doce. Também, a amostra coletada no rio Alto Caxixe Quente, na bacia do rio Itapemirim, apresentou 3,22ppm de Cd, apesar de estar abaixo do valor orientativo do CONAMA, é um teor bastante elevado. Por serem valores pontuais podem estar correlacionados a resíduos de insumos agrícolas e efluentes domésticos.

Solos: O Cd foi detectado em 56% das amostras, com teores variando de 0,005 a 0,26ppm e teor médio 0,03ppm, bem abaixo da média crustal segundo Levinson (1974) - 0,2ppm. O padrão de dispersão é semelhante ao do Cd em sedimentos de corrente, com os teores mais elevados na parte sul do estado. Os teores encontrados nas amostras estão abaixo do valor orientativo de prevenção definido na Resolução CONAMA 420/2009 – 1,3ppm.

Apreciação conjunta: De um modo geral as concentrações de Cd nos sedimentos de corrente e solos no Estado do Espírito Santo mostraram teores baixos, porém o estudo mostrou que em 2 amostras de sedimentos de corrente (IS-S-L097 e IS-L-087) foram detectados valores elevados, que por serem pontuais podem estar correlacionados a resíduos de insumos agrícolas e/ou efluentes domésticos, portanto é necessário estudos posteriores mais detalhados.

Ce - Cério

O **Cério** é um metal de transição interna pertencente à série dos Lantanídeos, que juntamente com os elementos Escândio (Sc) e Ítrio (Y), formam a família das Terras Raras. O Ce é o mais abundante das Terras Raras. Sua abundância na crosta terrestre é cerca de 60ppm (Levinson, 1974). Possui coloração branca acinzentada a levemente prateada, maleável, dúctil e resistente, reativo quando exposto ao ar

úmido. Durante os processos magmáticos, o Ce ocorre acompanhado do La em alguns minerais acessórios, sendo que estes dois elementos possuem maior afinidade em magmas ácidos do que em básicos (BGS, 1991, *apud* Mineropar, 2005). Segundo Levinson (1974) a média crustal de Ce é 60ppm e em água fluvial, é 0,06ppb. **Minerais de Minério:** É encontrado, em níveis traço, em vários minerais, incluindo a alanita, monazita, bastnasita, steenstrupita, parisita, cerianita, knopita e loparita sendo que os dois primeiros são os minerais mais importantes como fonte de Ce e suprem a maior parte da demanda mundial deste elemento. As areias monazíticas formam a principal fonte de Ce. **Principais Utilidades:** É utilizado principalmente na forma de ligas na indústria cinematográfica, do petróleo e ainda como catalizador em fornos auto-limpantes e de automóveis; foguetes sinalizadores luminosos; polimento ótico de alta precisão; sedativo do sistema nervoso; e na indústria do vidro. **Impactos Biológicos:** O Ce, como todos os metais terras raras, apresenta uma toxicidade de moderada a baixa, não sendo incluído nas legislações ambientais. **Mobildade Ambiental:** É imóvel em ambiente oxidante e redutor (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** O Ce está associado a carbonatitos e complexos ígneos alcalinos; alguns depósitos de Fe associados a processos hidrotermais magmáticos; pegmatitos; fosfatos estratiformes residuais e *placers* (Long *et al.* 2010). **Localização das Principais Jazidas:** China, EUA, Índia, Austrália, Brasil e Malásia. No Brasil as principais jazidas se encontram em Poço de Caldas (Mina Usamu Utsumi - Cercado-MG) e Guarapari-ES (Ti-Zr-ETR).

Águas para Abastecimento Público e Água Superficial: O Ce não foi analisado nas amostras de água utilizada para abastecimento público, nem nas amostras de água superficial.

Sedimentos de Corrente: O Ce foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,025 a 1.500ppm e valor médio de 164,9ppm. Observa-se que 60% das amostras estão acima da média crustal (60ppm), e 40 amostras apresentaram concentrações de 2 a 9 vezes o teor médio estadual. A maioria dessas amostras encontra-se localizada nas bacias dos rios Itabapoana, Itapemirim, Doce (margem esquerda) e São Mateus, porém as concentrações mais elevadas ocorrem nessas duas últimas bacias. O Ce ocorre associado aos elementos U, La, Y, Th, Cs e Sn, cuja associação representa a composição dos minerais traço e resistentes ao intemperismo, caracterizando nos sedimentos fluviais, minerais como

zircão, apatita e monazita, que comumente ocorrem como acessórios nas rochas de composição granítica.

Solos: O Ce foi detectado em todas as amostras de solo, com teores variando de 9,13 a 219,79ppm, e teor médio de 56,96ppm. O padrão de dispersão geoquímico do Ce nos solos é parcialmente similar ao de sedimentos de corrente. Os maiores teores (156,73 a 219,79ppm) foram detectados nas bacias dos rios Itabapoana e Itapemirim, sendo que o teor mais elevado foi encontrado na localidade Idoleano, na divisa dos municípios de Itapemirim e Rio Novo do Sul.

Apreciação Conjunta: O elemento Ce não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras para solos e sedimentos de corrente. O padrão de dispersão geoquímico do Ce no Estado do Espírito Santo é eminentemente geogênico, visto que as litologias predominantes no Estado são granitoides de diferentes idades e composição.

Cl - Cloro

A alta reatividade do **Cloro** não permite que seja encontrado na crosta terrestre em estado elementar, ocorrendo sob a forma de cloretos, cloratos, percloratos, cloritos e hipocloritos, além de formar compostos orgânicos (haletos). Ocorre principalmente na forma de cloreto de sódio nas minas de sal gema e dissolvido na água do mar. A concentração média crustal do cloro é 130ppm e em águas fluviais é 7.800ppb (Levinson, 1974). **Minerais de Minério:** Ocorre combinado com outros elementos, principalmente na forma de cloreto de sódio (NaCl) e também em outros minerais como a silvina, ou na carnallita. Nas águas superficiais estão presentes como cloretos de cálcio, sódio e magnésio. Na água do mar sua concentração pode chegar a 25.000ppm. **Principais Utilidades:** O Cl⁻ é utilizado na fabricação da resina plástica policloreto de vinila (PVC), solventes clorados, agrotóxicos, no branqueamento da polpa de celulose, no tratamento de água potável e de piscinas, como intermediário na síntese química e em vários produtos químicos, como anticoagulantes, poliuretanos, lubrificantes, amaciantes de tecidos, fluidos para freios, fibras de poliéster, insumos farmacêuticos. O cloro líquido também tem aplicação como matéria-prima no processo produtivo do cloreto de hidrogênio (gás), precursor do ácido clorídrico (líquido a 37%), do hipoclorito de sódio (desinfetante e algicida) e do dicloroetano. **Impactos Biológicos:** O íon cloreto está presente nos fluidos dos corpos dos animais superiores, inclusive dos seres

humanos. É um dos mais importantes minerais na regulação da pressão osmótica, mantendo o balanço aquoso, participa no equilíbrio ácido-base e na manutenção do pH sanguíneo e como ácido clorídrico, está presente no suco gástrico, onde o pH pode chegar a ser entre 1 e 2. O maior efeito adverso da ingestão aumentada de cloreto de sódio é a elevação da pressão sanguínea, reconhecidamente um fator de risco para doenças cardiovasculares e renais (Tramonte, 2007). Nas águas superficiais são fontes importantes de descargas de esgotos sanitários. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações elevadas de cloreto, como os da indústria de petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, entre outras. Nas regiões costeiras, através da intrusão salina ou em áreas com evaporação maior do que a precipitação, são encontradas águas com elevados níveis de cloreto. O cloro reage com substâncias orgânicas, principalmente em meio aquoso onde pode formar ácidos tóxicos, exercendo efeito direto em tecidos do trato respiratório e causando irritação nos olhos, com lacrimejamento, tosse, dor de cabeça, falta de ar e sensibilidade à luz.

Mobilidade Ambiental: Segundo Levinson (1974) o Cl^- possui elevada mobilidade em qualquer condição ambiental, de oxidante até redutora.

Tipos de Depósitos: Um dos seus principais compostos é o sal comum, NaCl . Uma das duas principais fontes industriais deste sal é o sal de rocha. Em certos casos, extrai-se o sal de rocha dissolvendo-o em água, produzindo uma solução que pode chegar a ter 25% de cloreto de sódio. Mais conhecida, porém, é a produção de sal pela simples evaporação da água do mar e posterior purificação por cristalização, correspondendo somente a cerca de 10% do sal produzido mundialmente (Peixoto, 2003).

Localização das Principais Jazidas: Os EUA são os maiores produtores, com cerca de 23% da produção mundial, que foi de aproximadamente 200 milhões de toneladas no ano 2000; neste mesmo ano, o Brasil produziu cerca de 7 milhões de toneladas, colocando-se como o oitavo produtor do mundo (Peixoto, 2003).

Água para Abastecimento Público: O Cl^- foi analisado em água sob a forma de cloretos. Cloretos foram detectados em 99% das amostras, com concentrações variando de 0,005 a 124,8mg/L e valor médio 12,04mg/L. Todos os resultados estão abaixo do valor máximo permitido pelo CONAMA 357/2005 – 250mg/L. Os teores mais elevados (22,96 a 124,8mg/L) ocorreram nas amostras coletadas nas ETAs das cidades de Vila Pavão, Boa Esperança, Jaguaré, São Mateus, Conceição da Barra, Pedro Caná-

rio, Montanha e Ponto Belo, todas na região norte do estado. Essa região apresenta baixa pluviosidade média anual, o que pode estar interferindo na concentração de sais na água, visto ser a evaporação maior do que a precipitação. Porém as ETAs São Mateus e Conceição da Barra ficam próximas ao litoral, cujo ponto de captação é no rio Cricaré ou São Mateus, podendo ter influência da cunha salina.

Água Superficial: Os cloretos foram detectados em 99% das amostras de água superficial coletadas, sendo que somente 3% mostraram teores acima do CONAMA 357/2005 – 250mg/L, variando de 266,22 a 4.718,15mg/L. Estas amostras foram coletadas próximo ao litoral, mostrando interferência da cunha salina. Porém, destaca-se algumas amostras coletadas nas bacias dos rios Itaúnas e São Mateus com concentrações variando de 60,3 a 260mg/L, muito acima da média crustal para água fluvial (7,8mg/L). Essas duas bacias estão situadas ao norte do estado, com baixa pluviosidade média anual, possuindo características do semiárido, o que pode estar interferindo na concentração de sais na água, visto que a evaporação ser maior do que a precipitação ou até mesmo, pode indicar interferência das atividades antrópicas, por lançamento de efluentes e resíduos domésticos e industriais nos mananciais.

Sedimentos de Corrente e Solos: Os cloretos não foram analisados nas amostras de sedimentos de corrente e solos.

Apreciação conjunta: Os elevados teores de cloretos detectados nas amostras de água nas ETAs e nas drenagens do Estado do Espírito Santo podem indicar contaminação da cunha salina e/ou interferências antrópicas associadas à ocorrência de eventos rigorosos de estiagem.

Co - Cobalto

O **Cobalto** é encontrado naturalmente em rochas, solos, águas, plantas e animais em quantidades traço. É um metal duro, quebradiço, possui afinidade calcófila e parte siderófila. Na crosta terrestre o cobalto apresenta concentrações mais elevadas em rochas ultramáficas (100 a 200ppm) quando comparadas às rochas ácidas (1 a 15ppm). O teor médio crustal é 18ppm e em solos 8ppm (Hawkes & Webb, 1977). As fontes antropogênicas incluem queima de combustíveis fósseis, uso de biossólidos e fertilizantes fosfatados, mineração e fundição de minérios contendo cobalto e processos industriais que utilizam compostos de cobalto.

Minerais de Minério: É encontrado na formação de minerais tais como cobaltita, linneita, esmaltita e eritrita ou associado a

metais como Fe, Ag, Ni, Pb e Cu. **Principais Utilidades:** É utilizado na indústria metalúrgica para produção de aços com características especiais de dureza e resistência; na forma de óxidos é utilizado como catalisador na indústria química e de óleos; na forma de sais, na indústria de cerâmica, como pigmento. **Impactos Biológicos:** É um nutriente essencial em pequenas quantidades para a saúde humana, presente na vitamina B12, porém em elevadas concentrações pode ser tóxico e carcinogênico, causando efeitos nocivos aos pulmões, coração, fígado, rins e dermatites. **Mobilidade Ambiental:** Em condições oxidantes com $\text{pH} < 4$ possui mobilidade moderadamente alta, com $\text{pH} 5,0-8,0$ é ligeiramente móvel; em condições redutoras é imóvel (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** O Co é extraído como subproduto, estando associado aos depósitos de: Ni-Cu em rochas máficas-ultramáficas; depósitos de processos superficiais - Ni laterítico; em rochas sedimentares clásticas do tipo Olympic Dam (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998, apud Licht et al., 2007) e; nódulos e crostas manganíferas no assoalho oceânico (ainda não explorado). **Localização das principais jazidas:** República Democrática do Congo (40.3%); Austrália (10.2%); China (10%); Rússia (10%); Canadá (8%); Cuba (5.6%); Zâmbia (4.0%); Nova Caledônia (2.1%); Outros (8.0%); Brasil (Niquelândia e Americana do Brasil-GO) (1.6%).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: Todas as amostras de água superficial e para abastecimento público apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação (LQ) do equipamento analítico – 0,003mg/L.

Sedimentos de Corrente: O Co foi detectado em todas as amostras, porém em baixas concentrações, com teor médio de 4,15ppm, bem abaixo da média crustal (18ppm). Os teores mais elevados estão na região sudoeste. As concentrações entre 13,4 e 29,3ppm são pontuais, nas bacias dos rios Itabapoana e Itapemirim, sendo que o teor mais elevado foi detectado no rio Guandú, na bacia do rio Doce.

Solos: O Co foi detectado em 99% das amostras de solos, com concentrações variando de 0,005 a 26,3ppm. O valor médio foi de 3,77ppm, abaixo do valor de referência de qualidade do Co em solos, segundo Paye *et al.* (2010) – 10,21ppm. O padrão de dispersão do cobalto em solos é bastante idêntico ao observado no de sedimentos de corrente, com os teores mais elevados na região sudoeste do estado. O teor mais elevado, acima do valor orientativo de prevenção do CONAMA 420/2009 (25ppm) foi detectado na amostra IS-S-010, em Bom Jardim, no

município de Castelo. Porém, em 14% das amostras analisadas foram obtidos teores de Co acima do valor de referência de qualidade (VRQ) para o Estado do Espírito Santo, proposta por Paye *et al.* (2010) – 10,21ppm.

Apreciação conjunta: No Espírito Santo as concentrações de cobalto são baixas e estão associadas à geologia predominante no estado, rochas de composição granítica, tipicamente com baixos teores do elemento.

Condutividade Elétrica

A **Condutividade Elétrica** é uma expressão numérica que representa a maior ou menor facilidade das águas (superficiais ou subterrâneas) em conduzir a corrente elétrica. Assim, está diretamente associada com a quantidade de sólidos totais dissolvidos sob a forma de íons. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a $100\mu\text{S}/\text{cm}$ podem indicar ambientes impactados. À medida que mais sólidos dissolvidos estão presentes, a condutividade da água aumenta (CETESB, 2017).

Água para Abastecimento Público: As estações de captação das águas para tratamento e distribuição à população, na maioria das vezes, estão localizadas em áreas de nascentes dos mananciais próximos as ETAs. Os valores obtidos variaram de 20,23 a $333,10\mu\text{S}/\text{cm}$. Valores acima de $100\mu\text{S}/\text{cm}$ representam 7,7% do total de amostras analisadas e estão localizados na região norte do estado, com exceção da amostra coletada na ETA de Atílio Vivacqua, com captação no rio Muqui. São águas sem turbidez e coloração clara, sendo que ao norte estão sobre sedimentos arenosos cenozoicos e sob influência do clima semiárido (baixa pluviosidade e elevada evaporação) e na área de Atílio Vivaqua, em sedimentos proterozoicos. Os valores mais baixos ocorrem onde afloram rochas granitoides (granitos, dioritos, charnockito, gnaisses, gabro, anortosito, etc.).

Água Superficial: Os valores de condutividade nas amostras de água superficial variaram de 11,18 a $7228\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo que os valores mais elevados ($133,7$ a $7228\mu\text{S}/\text{cm}$) ocorrem na região norte do estado, nas bacias dos rios Itaúnas e São Mateus, e na região litorânea, enquanto na região centro-sul os valores são inferiores a $130\mu\text{S}/\text{cm}$. Na região litorânea ocorrem sedimentos arenosos cenozoicos, influência da cunha marinha e ainda pode estar ocorrendo contaminação humana. Já, nas bacias dos

rios Itaúnas e São Mateus, ocorre elevada concentração de sais nas águas fluviais por ser uma região com baixa pluviosidade e alta evaporação.

Apreciação conjunta: No Espírito Santo observou-se, de modo geral, que os elevados valores de condutividade elétrica ocorrem principalmente nas bacias do rio Itaúnas e São Mateus e na faixa costeira, o que pode indicar influência natural (climática e geogênica) e/ou de atividades antrópicas.

Cr - Cromo

O **Cromo** é um metal de cor cinza, duro e quebradiço. É o décimo metal mais abundante na crosta terrestre. A concentração média crustal é 117ppm, sendo que para as rochas ultramáficas é 2.000ppm, 300ppm para rochas máficas e em solos é 200ppm (Hawkes & WEbb, 1962). As concentrações de cromo em águas doces são muito baixas. Na crosta terrestre o Cr ocorre em diversos estados de oxidação, dos quais o trivalente e o hexavalente são os mais comuns. O Cr⁺³ é enriquecido em rochas ultrabásicas em associação com Mg e Ni. Em retículos minerais pode substituir Fe, Ti, Al e Mg. Nos primeiros estágios de diferenciação magmática, o cromo é removido das fusões silicatadas formando óxidos e silicatos; e sob condições oxidantes o Cr⁺⁶ é facilmente dissolvido (Koljonen *et al.* 1992, *apud* Mineiropar, 2005). **Minerais de Minério:** cromita, crocoíta e suas variações (magnésiocromita, aluminocromita e cromopicotita). A cromita é o principal minério de cromo. Encontram-se vestígios de cromo em diversos minerais – esmeralda, jade, serpentina, etc. **Principais Utilidades:** O uso mais importante do Cr é a produção de ligas, em especial na formação do aço sob a forma de liga com o ferro. Os cromatos de potássio e sódio são usados em tinturaria, na fabricação de pigmentos e no curtimento de couros. Usam-se, também, os sais de cromo como agentes corantes e na fabricação de vidro e olaria. **Impactos Biológicos:** No organismo humano, o cromo tem efeito acumulativo e causa diversos males a saúde do ser humano e de animais quando sua presença no meio ambiente ocorre em elevados teores. O Cr⁺⁶ é reconhecido como mais tóxico, quando inalado torna-se carcinogênico. No organismo humano tem papel importante na manutenção da normalidade na tolerância à glicose no sangue, o que potencializa a ação da insulina (Silva & Cozzolino, 2007). **Mobilidade Ambiental:** Em condições oxidantes e redutoras, mostra-se imóvel (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** depósitos de Cr associados a rochas máficas e ultramáficas. **Localização das principais Jazidas:**

Cazaquistão, África do Sul, Índia e EUA são onde estão as maiores reservas mundiais (USGS, 2011). No Brasil o cromo é encontrado principalmente nos estados da Bahia (Distrito Cromitífero de Campo Formoso e o Distrito Cromitífero do Vale do Jacurici, abrangendo os municípios de Andorinha, Cansanção, Monte Santo, Queimadas e Uauá), Amapá (em Mazagão) e Minas Gerais (em Alvorada de Minas) (DNPM, 2015 e Biondi, 2003).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: Todas as amostras de água superficial e para abastecimento público apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação (LQ) do equipamento analítico – 0,003mg/L.

Sedimentos de Corrente: O Cr foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 1 a 231ppm e valor médio de 25,16ppm, muito abaixo da média crustal (117ppm). Os teores mais elevados são pontuais e estão localizados, predominantemente, nas bacias dos rios Itapemirim e Santa Maria da Vitória, com exceção da amostra IS-L-216, no ribeirão das Palmas (101ppm), na bacia do rio Doce. Esses teores estão acima do valor orientativo do CONAMA 454/2012 (90ppm), representando anomalias litogeoquímicas, mas que podem ser prejudiciais a biota presente no ambiente aquático.

Solos: O Cr foi detectado em todas as amostras, com concentrações variando de 2,05 a 103ppm e valor médio de 31,98ppm. As amostras de solo localizadas na região dos municípios de Ibitirana, Alegre, Domingos Martins, Afonso Cláudio, Santa Leopoldina, Itarana e Marilândia apresentaram concentrações elevadas (79 a 103ppm), excedendo o Valor de Prevenção para cromo definido pela Resolução CONAMA 420/2009 - 75ppm, como também, excedendo o valor de referência de qualidade (VRQ) para solos do estado do Espírito Santo proposto por Paye *et al.* (2010) - 54,13ppm. Apesar de serem anomalias litogeoquímicas, devem ser melhor estudadas em relação à saúde das populações que vivem nessas regiões, tendo em vista que o Cr é um elemento considerado tóxico.

Apreciação conjunta: Tanto as amostras de solo, quanto as de sedimentos de corrente, com elevados teores de Cr, ocorrem em áreas onde as litologias predominantes são rochas metamórficas, tais como gnaisse milonítico, granada-gnaisse, granulitos e rochas ígneas ultrabásicas, que podem apresentar minerais contendo cromo.

Cs - Césio

O **Césio** é um metal alcalino de coloração ouro-prateado, dúctil, macio, apresenta baixo ponto de fusão, sendo encontrado em estado líquido em temperaturas ambiente. Comporta-se como o potássio durante a diferenciação magmática, substituindo-o nos retículos cristalinos minerais, como nas micas e feldspatos (Mineropar, 2005). É enriquecido em rochas magmáticas ácidas (graníticas) e em sedimentos argilosos, sendo comum em mineral como a polucita, principalmente em pegmatitos. O ^{133}Cs é a forma estável natural deste elemento (não radioativa), enquanto que o ^{137}Cs é a sua forma radioativa e menos abundante. A concentração média crustal do Cs é 3ppm e em solos, 6ppm (Levinson, 1974).

Minerais de Minério: Não ocorre livre na natureza, apenas sob forma combinada com outros elementos. É encontrado em minerais como a lepidolita (fluossilicato hidratado de Al, Li e K) e a polucita (silicato hidratado de Al e Cs). O césio tem 32 isótopos conhecidos, sendo somente um isótopo natural estável: Cs-133. O Cs-137 pode advir da detonação de armas nucleares, de emissões de centrais nucleares, como ocorreu na explosão da usina de Chernobyl em 1986, do vazamento de refrigeradores de reatores nucleares e do mau gerenciamento de rejeitos hospitalares, como ocorreu no acidente radiológico de Goiânia. **Principais Utilidades:** Os isótopos radioativos de césio são utilizados na medicina para tratamento de certos tipos de câncer. O fluoreto de césio é usado extensivamente na química orgânica como base e fonte de íons fluoreto. O Cs é utilizado, ainda, como catalisador na indústria química, relógio atômico e células fotoelétricas. **Impactos Biológicos:** Não apresenta função biológica conhecida, podendo ser prejudicial ao organismo humano quando este fica exposto à elevada radiação do elemento (AT-SDR, 1999). **Mobilidade Ambiental:** tanto em condições oxidantes quanto em redutoras o Cs é imóvel (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** depósitos de sistemas endomagmáticos hidrotermais relacionados a corpos pegmatíticos zonados (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998, apud Licht et al., 2007); e concentrações menores também são conhecidas em salmouras no Chile e na China e em sistemas geotérmicos na Alemanha, Índia e Tibete (USGS, 2011). **Localização das principais jazidas:** Canadá e Zimbábue (USGS, 2011). No Brasil, as ocorrências de Cs estão relacionadas aos minerais em rochas pegmatóides.

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: As amostras de água de abastecimento e su-

perficial não foram analisadas para o elemento césio.

Sedimentos de Corrente: O Cs foi detectado na maioria das amostras, com teores de 0,025 a 6,28ppm, com valor médio de 0,59ppm, muito abaixo da média crustal (3ppm). As concentrações mais elevadas são pontuais e localizam-se nas bacias dos rios Itapemirim e Doce, onde ocorrem também elevadas concentrações de Y, La, U, Th e Ce.

Solos: O Cs foi detectado em todas as amostras de solo, com concentrações variando de 0,05 a 9,94ppm. O valor médio foi de 1,43ppm, abaixo do valor crustal para solos – 6ppm. Os teores mais elevados, acima de 4ppm, foram detectados em apenas 4 amostras, sendo 3 na porção sul do estado e uma no município de Ecoporanga (8,22ppm), no extremo noroeste do estado, divisa com Minas Gerais. Nestas áreas também foram detectados teores elevados de Y, La e U em solos.

Apreciação conjunta: O elemento Césio não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras. O padrão geoquímico do Cs, tanto nos sedimentos de corrente, quanto nos solos mostra que os teores mais elevados são encontrados na região sul do estado e ao norte, na região do município de Ecoporanga. Observa-se nessas regiões a ocorrência da associação dos elementos Cs, Y, La, U e Ce, em sedimentos de corrente e solos e, Th em solos, evidenciando origem geogênica.

Cu - Cobre

O **Cobre** é um elemento amplamente distribuído na natureza. Segundo Hawkes & Webb (1962) a média crustal de Cu é 70ppm e em solos é 20ppm. É um metal de transição, de cor vermelho-amarelado, na presença de ar úmido forma uma camada esverdeada (carbonato de Cu - malaquita), bom condutor de eletricidade, maleável e dúctil. O Cu é abundante na natureza sob a forma de sulfetos, arsenietos, cloretos e carbonatos. Está naturalmente presente na atmosfera por dispersão pelo vento e erupções vulcânicas. Assim como o Ni, Zn e Pb, possui forte afinidade pelo enxofre, formando os minerais sulfetados. Em processos magmáticos o íon Cu^{+2} se concentra nos diferenciados primários, sendo particionado nos sulfetos e óxidos a depender da fugacidade do oxigênio e enxofre (Mineropar, 2005). Em ambiente superficial pode ser hospedado por uma gama de silicatos detríticos e óxidos nos sedimentos de drenagem. **Minerais de Minério:** calcopirita, calcocita, bornita, cuprita, tetraedrita, malaquita, azurita, cobre nativo entre outros. **Principais Utilidades:** Trata-

se, no seu estado puro, de um metal maleável muito utilizado na fabricação de moedas, fios elétricos, tubulações e encanamentos de água quente, e em combinação com outros metais para a produção de ligas e chapas metálicas. Os compostos de Cu são usados na agricultura, no tratamento da água para controle de algas (sulfato de cobre pentahidratado), na preservação de madeira, couro e tecido e como aditivo em alimentos. **Impactos Biológicos:** É um elemento essencial aos organismos vivos em pequenas quantidades, pois tem funções orgânicas específicas como componente da hemoglobina do sangue humano, por ser constituinte de enzimas com atividade de oxidação e redução, como também é importante ao metabolismo do esqueleto, ao sistema imunológico e na prevenção de doenças cardiovasculares. A ingestão de água ou alimentos contendo altas concentrações do metal pode produzir náusea, vômito, dor abdominal e diarreia. A exposição prolongada a concentrações elevadas do metal pode causar dano ao fígado de crianças (Pedrosa & Cozzolino, 2007). As principais fontes antropogênicas do metal são: mineração, fundição, queima de carvão como fonte de energia e incineração de resíduos municipais. As emissões por uso como agente antiaderente em pinturas e na agricultura, excreção de animais e lançamento de esgotos são menos relevantes. **Mobilidade Ambiental:** Em ambientes oxidantes com pH<4 possui mobilidade moderadamente alta; com pH 5-8 é ligeiramente móvel; e em ambientes redutores é imóvel (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** relacionados a: intrusões porfíricas (Cu, Cu-Au e Cu-Mo pórfiros); vulcânicas máficas subaéreas (Cu em basaltos); vulcânicas máficas submarinas; máficas-ultramáficas (Ni-Cu); vulcânicas félsicas a máficas submarinas (tipo *Kuroko*); rochas sedimentares clásticas; mármore e dolomitos e a processos superficiais com Cu secundário (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998, apud Licht *et al*, 2007). **Localização das principais jazidas:** Chile, Peru, EUA, China, Indonésia, Austrália, Rússia, Zâmbia, Canadá e Polônia (USGS, 2011). No Brasil o cobre é encontrado nas minas do Sossego-Sequeirinho (Canaã dos Carajás-PA), Caraíba-BA e Chapada em GO, além dos depósitos do Salobo, Cristalino, Igarapé Bahia, Alemão, Pojuca-Gameleira-Grota Funda, Furnas e Paulo Afonso (Biondi, 2003).

Água para Abastecimento Público: Todas as amostras de água superficial e para abastecimento público apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação (LQ) do equipamento analítico – 0,002mg/L.

Água Superficial: Somente em 8% das amostras analisadas foram detectados teores de Cu acima do LQ (0,002mg/L). Estas amostras estão localizadas na bacia do rio Doce e no rio Itabapoana.

Sedimentos de Corrente: O Cu foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,7 a 76,5ppm e valor médio de 7,6ppm, muito abaixo da média crustal (70ppm). Os teores mais elevados são pontuais e a maioria se concentra na região sul, todos abaixo do valor orientativo definido pelo CONAMA 454/2012 (197ppm).

Solos: O Cu foi detectado na maioria das amostras, com concentrações variando de 0,25 a 90,1ppm. O valor médio foi de 9,83ppm. O padrão de dispersão do Cu em solos é bastante similar ao observado no de sedimentos de corrente, com os teores mais elevados na região sul do estado. A concentração mais elevada em relação ao Valor de Prevenção do CONAMA 420/2009 (60ppm) foi detectado na localidade de São Bento (90,1ppm), no município de Castelo. Porém, em 45% das amostras analisadas foram detectados teores acima do valor de referência de qualidade (VRQ) para cobre proposto por Paye *et al.* (2010) – 5,91ppm.

Apreciação conjunta: No Espírito Santo as concentrações de cobre são baixas quando comparadas a média crustal e estão associadas à geologia predominante no estado, rochas de composição granítica, com baixos teores do elemento.

Fe - Ferro

O elemento **Ferro**, na crosta terrestre, é o quarto elemento mais abundante, depois do oxigênio, do silício e do alumínio. A média crustal é de 4,65% e em solos varia de 1,4 a 4% (Hawkes & Webb, 1962). O Fe é um metal de transição com coloração branca prateado a acinzentado, magnético, altamente suscetível à corrosão, bom condutor de calor e eletricidade, dúctil e maleável. É um dos maiores constituintes da litosfera, nas rochas está presente nas classes dos silicatos, óxidos, sulfetos e carbonatos, sendo encontrado em maiores quantidades nas rochas ígneas máficas (Mineropar, 2005). Em alguns minerais o Fe⁺³ é facilmente substituído por Al, Cr, Ti e V; e o Fe⁺² por Ni, Co, Mg e Mn (Koljonen *et al.* 1992, apud Mineropar, 2005). Nos solos o Fe ocorre principalmente na forma de óxidos e hidróxidos (Kabata-Pendias & Pendias, 1985). **Minerais de Minério:** Hematita, magnetita, siderita e limonita. **Principais Utilidades:** Na forma elementar, o Fe praticamente não é utilizado. Entretanto, tem inúmeras aplicações na fabricação do aço, liga da qual é o

principal componente. O aço é basicamente a liga de ferro e carbono. Elementos outros adicionados, como enxofre, silício, manganês, fósforo, níquel, cromo, vanádio, em diferentes proporções e combinações, produzem aços de diferentes propriedades mecânicas, térmicas, químicas, magnéticas e o resultado é uma variedade de tipos para as mais diversas aplicações. **Impactos Biológicos:** É praticamente encontrado em todos os seres vivos. É o micronutriente mais estudado e de melhor caracterização quanto ao seu metabolismo. A importância biológica do ferro está associada ao transporte de oxigênio para as células. Está presente nas hemácias (responsáveis pela coloração vermelha do sangue) formada pelas moléculas de hemoglobina que contém o ferro. A deficiência de Fe no organismo humano causa anemia. É importante para as plantas na assimilação da clorofila. O ferro, apesar de não ser considerado um elemento tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público na água. Confere cor e sabor à água, causando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também provoca o desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, causando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. **Mobilidade Ambiental:** Em ambiente oxidante com pH<4 e pH 5-8 é imóvel; em ambiente redutor o Fe se comporta como ligeiramente móvel a imóvel (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** depósitos relacionados a rochas máficas e ultramáficas do tipo *Fe-Ti-V*; *skarnitos* com magnetita relacionados a intrusões porfíricas e depósitos relacionados a enriquecimento supergênico (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998, apud Licht et al., 2007). **Localização das principais jazidas:** Brasil, Austrália, China, Índia, Rússia, Mauritânia, Cazaquistão, EUA, Canadá e Ucrânia (USGS, 2011). No Brasil temos os megadepósitos de Carajás no Pará; Minas Gerais (minas do Quadrilátero Ferrífero) e em Mato Grosso do Sul.

Água para Abastecimento Público: O Fe foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,06 a 1,39mg/L. Observou-se que 40% das amostras analisadas apresentaram teores acima do VMP da Resolução CONAMA 357/2005 (0,3mg/L). As concentrações obtidas variaram de 1 a quase 5 vezes o VMP, sendo que a amostra coletada na ETA do município de Mucurici foi a que apresentou o teor mais elevado: 1,39mg/L, seguida da amostra coletada na ETA do município de Ibatiba: 0,95mg/L.

Água Superficial: Os teores de Fe nas amostras de água superficial variaram de 0,013 a 5,08mg/L, dispersos por todo estado. Aproximadamente 45%

das amostras analisadas apresentaram concentrações acima do VMP definido pela Resolução CONAMA 357/2005 (0,3mg/L). Os resultados variam de 1 a 17 vezes o VMP e, muitos desses mananciais possuem estações de captação de água de ETAs, para uso doméstico após tratamento convencional. As amostras coletadas nos ribeirões Juara (IS-A-148) e do Cruzeiro (IS-A-207) e nos rios Laranjeiras (IS-A-200) e Jacaréipe (IS-A-143) foram as que apresentaram os teores mais elevados: 5,09; 2,77; 2,54 e 1,99mg/L, respectivamente.

Sedimentos de Corrente: O Fe foi detectado em todas as amostras de sedimentos de corrente, com teores entre 0,17 e 8,43% e, valor médio de 2,33%. Os teores mais elevados (3,34 a 8,43%) foram detectados no sudoeste do estado, sendo que as amostras coletadas no rio Manguaraí (IS-L-147), rio Guandú (IS-L-99), ribeirão das Palmas (IS-L-216) e córregos Areial (IS-L-106) e Palmital (IS-L-23) apresentaram teores variando de 7,21 a 8,43%, mais elevados do que a média crustal (4,65%). Essas estações de amostragem estão localizadas na região ao sul do rio Doce, com exceção do ribeirão das Palmas, tributário da margem esquerda deste rio.

Solos: Em todas as amostras analisadas detectou-se o elemento Fe em concentrações de 0,48 a 8,1%. O valor médio foi de 3,43%, no intervalo da média crustal para solo segundo Hawkes & Webb (1962) – 1,4 a 4%. Os teores mais elevados estão dispersos no estado, porém se concentram na região sul.

Apreciação conjunta: O elemento Fe não é contemplado nas legislações ambientais para sedimentos e solos. O VMP para Fe definido pela Resolução CONAMA 357/2005, foi excedido em grande maioria das amostras de água coletadas nas ETAs e nos mananciais, o que pode trazer diversos problemas para a população, porque o elemento confere cor e sabor à água, causando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também provoca o desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, causando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Observa-se que o Fe é encontrado bastante disseminado por toda área estadual, porém os teores mais elevados ocorrem na região sul do estado, que litologicamente corresponde a granitoides de metamorfismo elevado, como gnaiesses, granulitos e charnockitos, contendo minerais de ferro (óxidos hidratados de Fe).

F - Flúor

O Flúor é um halogênio bastante abundante na crosta terrestre, sendo o elemento mais eletronega-

tivo e reativo de todos na tabela periódica. É um elemento químico gasoso, não metálico, de cor amarelo-esverdeada e cheiro penetrante. Sua ocorrência está relacionada aos processos ígneos, ocorrendo, em geral, como um componente da fase volátil, concentrando-se nas fases finais da evolução das rochas alcalinas, carbonatitos, depósitos hidrotermais, zonas de alteração e pegmatitos. Está presente no meio ambiente sob a forma de fluoretos, que podem ser encontrados, em pequenas quantidades na água, ar, plantas e animais. O flúor também pode ser encontrado em águas naturais proveniente de efluentes industriais (indústrias de vidro, de polímeros e de fios condutores de eletricidade). Segundo Hawkes & Webb (1962) a concentração média crustal de flúor é de 660ppm e em águas, as concentrações ocorrem no intervalo de 50 a 1.000ppb. **Minerais de Minério:** Ocorre principalmente em minerais como a fluorita, criolita e fluorapatita. **Principais Utilidades:** Destacam-se como os principais usos metalúrgicos: na fabricação do aço, como fluidificante de escórias, fabricação do alumínio, fundição de ligas especiais, fundição de zinco e magnésio. Na indústria química o uso mais tradicional é a obtenção do flúor elementar, fluoretos inorgânicos e ácido fluorídrico (HF). Compostos hidrocarbonados com cloro e flúor formam gases usados em equipamentos de refrigeração (CFC, em desuso devido ao efeito nocivo para a camada de ozônio da atmosfera). Elemento de proteção contra cáries em cremes dentais, na forma de fluoreto de sódio (NaF) ou de estanho (SnF₂). Sintetizam-se ainda, por exemplo, medicamentos à base de organofluorados, como antibióticos. **Impactos Biológicos:** Tem sido prática, com orientação da Organização Mundial da Saúde – OMS, a adição de fluoretos à água potável para reduzir a incidência de cáries dentárias. Este procedimento, no entanto, tem sido discutido, principalmente em regiões em que a concentração de fluoretos já é naturalmente elevada. Em doses moderadas contribui para a redução das cáries dentárias e solidez dos ossos. Porém o excesso no organismo pode causar a fluorose, cujos primeiros sintomas são o aparecimento de manchas escuras nos dentes, seguindo-se à deformação do esqueleto e alterações da função renal. **Mobilidade Ambiental:** É um elemento altamente móvel em todas as condições ambientais. **Tipos de depósito:** A fluorita é encontrada em depósitos filonianos de origem hidrotermal e de metamorfismo de contato. **Localização dos Principais Depósitos:** Os principais produtores mundiais que importam para o Brasil são o México e África do Sul. Segundo o Sumá-

rio Mineral Brasileiro (DNPM, 2015), as reservas brasileiras de fluorita localizam-se nos Estados de Santa Catarina (58%), Paraná (29%) e Rio de Janeiro (13%). Existem também ocorrências de criolita (Na₃AlF₆) associada à cassiterita na mina de Pitinga, em Presidente Figueiredo – AM, que constituem potencial fonte de flúor, entretanto sem viabilidade econômica comprovada até o momento.

Água para Abastecimento Público: Nas amostras de água o flúor foi analisado sob a forma de fluoretos. Foi detectada a presença de fluoretos em 95% das amostras analisadas, com teores variando de 0,005 a 1,54mg/L e valor médio de 0,14mg/L. Somente em 3 municípios foram obtidas concentrações acima do valor máximo permitido (VMP) do CONAMA 357/2005 – 1,4mg/L. São eles: Colatina (1,53mg/L), Santa Tereza (1,54mg/L) e Guaçuí (ETA Cristo Redentor - 1,58mg/L). Provavelmente essas concentrações refletem a composição das rochas que ocorrem nas áreas das bacias dos rios Doce, Itabapoana e rio Reis Magos, na região sul do estado, onde ocorrem grande variedade de granitoides, que podem abrigar minerais acessórios ricos em flúor. Porém, é necessário verificar as concentrações de flúor nas águas distribuídas para as populações destes municípios, após o tratamento convencional nas ETAs.

Água Superficial: Os fluoretos foram detectados em 96% das amostras analisadas, com teores entre 0,005 e 8,43mg/L. A concentração média foi de 0,14mg/L. Na maioria das amostras foi obtido teores com até 1,1mg/L de fluoretos, abaixo do VMP definido pelo CONAMA 357/2005, sendo que os teores mais elevados foram detectados na região norte do estado. Ressalta-se que na amostra IS-A-185, coletada no rio Guandu, foi obtido teor de 8,43mg/L, isto é, 602 vezes o VMP pela Resolução CONAMA 357/2005, refletindo a composição geológica da bacia do rio Guandu.

Sedimentos de Corrente e Solos: Os fluoretos não foram analisados nas amostras de sedimentos de corrente e solos.

Apreciação conjunta: Os teores de fluoretos no Estado do Espírito Santo nas águas superficiais são baixos, porém é importante investigar o teor de flúor na água que está sendo tratada e distribuída pelas ETAs dos municípios de Colatina, Santa Tereza e Guaçuí, como ainda, estudar a origem dos fluoretos na água dos mananciais de captação, porque os teores são elevados, podendo causar sérios problemas de fluorose nas populações que se abastecem

desses mananciais e animais que utilizam os mananciais para dessedentação.

Ga - Gálio

O **Gálio** é um metal de coloração prateado brilhante (estado sólido) a acinzentado (massa fundida), possui ponto de fusão baixíssimo, baixa solubilidade, e, apresenta-se como supercondutor a temperaturas em torno de -272°C . Segundo Levinson (1974), o teor médio crustal de Ga é 15ppm e em solos, o teor é também, 15ppm. Semelhante ao alumínio, o Ga encontra-se amplamente distribuído na crosta terrestre. Porém, é praticamente impossível encontrá-lo puro: geralmente está agregado a minerais de Al sob a forma de hidróxido, ao Zn ou ao Ge, sendo que com esses dois últimos, frequentemente sob a forma de sulfato. **Minerais de Minério:** Ocorre associado em pequenas concentrações a minérios de outros metais como (diásporo - hidróxido de Al, blenda - sulfeto de Zn e bauxita), sendo explorado como subproduto. **Principais Utilidades:** A principal aplicação do Ga está na indústria de produção de semicondutores: diodos, LEDs ou transmissores, além de sensores de temperatura, luz e campos magnéticos e na produção de espelhos. Na medicina nuclear é utilizado como elemento traçador para o diagnóstico de enfermidades inflamatórias, tumores e abscessos. **Impactos Biológicos:** Seus compostos não são considerados tóxicos, não sendo descritos até o momento efeitos biológicos danosos à saúde humana. **Mobilidade Ambiental:** O Ga é imóvel seja em condições oxidantes ou redutoras (Andrews-Jones, 1968 e Rose *et al.* 1979). **Tipos de Depósitos:** Metal aproveitado como subproduto relacionado aos depósitos de processos superficiais de bauxita, e aos depósitos de Cu-Pb-Zn (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998, *apud* Licht *et al.*, 2007). **Localização das principais jazidas:** China, Alemanha, Cazaquistão e Ucrânia (principais produtores); e Hungria, Japão, Rússia e Eslováquia (USGS, 2011). No Brasil não há jazidas ou ocorrências registradas, nem extração como subproduto relacionados com metais a ele associado.

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O elemento Ga não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O Ga foi detectado na maioria das amostras, com teores variando de 0,05 a 28,6ppm e valor médio de 6,75ppm. O padrão da dispersão geoquímica do Ga em sedimentos de corrente é semelhante ao do Al. Os teores mais elevados são pontuais localizados nas bacias dos rios Itapemirim, Benevente, Doce, Santa Maria da Vitória e

São Mateus, destacando-se os da margem esquerda do rio Doce com os teores entre 26,8 e 28,6ppm. Esses teores elevados refletem a composição dos granitoides sin a tardi-orogênicos (ortognaisses, granitoides pouco foliados, peraluminosos).

Solos: O Ga foi detectado em todas as amostras de solo, com teores de 0,3 a 39,8ppm. O valor médio foi de 16,95ppm, próximo da média crustal (15ppm). Assim como nos sedimentos de corrente, o padrão de dispersão do Ga nos solos é semelhante ao do Al: as menores concentrações estão localizadas na porção centro-norte do estado, abrangendo as bacias dos rios Itaunas, São Mateus, Doce, Riacho e Reis Magos. Os teores mais elevados (19,9 a 39,8ppm) ocorrem na região sul do estado e estão associados a rochas das bacias sedimentares proterozóicas: Complexo Nova Venécia: paragnaises à silimanita, granada e cordierita.

Apreciação conjunta: O padrão de dispersão do Ga no Espírito Santo é semelhante ao do Al, tanto nas amostras de sedimentos de corrente, quanto nas de solos, caracterizando origem geogênica.

Ge - Germânio

O **Germânio** é um elemento raro, semimetal, sólido, duro, cristalino, de coloração branco-acinzentada. Apresenta a mesma estrutura cristalina do diamante e resiste a ação dos ácidos e álcalis. **Minerais de Minério:** Os seus principais minerais são argirodita (Ag_8GeS_6), germanita, canfieldita e renierita. **Principais Utilidades:** As aplicações do Ge estão limitadas ao seu alto custo. É utilizado na indústria metalúrgica e no fabrico de dispositivos eletrônicos e no fabrico de ligas com berílio, para aumentar a ductilidade, ou com cobre para melhorar a resistência química deste. Certas ligas usadas em soldas, também contém Ge. Como óxido (GeO_2), é um importante constituinte de vidros industriais com elevada transmissão de infravermelhos e índice de refração. Em joias é utilizado em liga metálica de ouro. **Impactos Biológicos:** Alguns compostos (tetracloreto de germânio) apresentam certa toxicidade nos mamíferos, porém, são letais para algumas bactérias. **Mobilidade Ambiental:** O Ge é pouco móvel em ambientes ácidos a neutros ($\text{pH} < 4$ até 8) (Andrews-Jones, 1968). **Tipos de Depósitos:** Os únicos minerais rentáveis para a extração do germânio são germanita ($\text{Cu}_{13}\text{Ge}_2\text{Fe}_2\text{S}_{16}$) (69% de germânio) e ranierita (7-8% do elemento); além disso, está presente no carvão, na argirodita e em outros minerais. A maior quantidade, em forma de óxido (GeO_2), obtém-se como subproduto do zinco ou de processos de com-

bustão de carvão (na Rússia e na República Popular da China se encontra em processo de desenvolvimento). **Localização das Principais Jazidas:** A China é o maior produtor mundial, porém com interesse comercial salientam-se os depósitos de germanita em Tsumeb (região de Oshikoto no norte da Namíbia) e os de renierita em Katanga (Congo).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O elemento Ge não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: Em apenas 17% das amostras analisadas foram detectadas concentrações de Ge acima do limite de detecção (LD) do método analítico (0,1ppm). Os teores variaram de 0,1 a 4,7ppm, sendo que os mais elevados foram obtidos nas amostras coletadas nos rios São José (4,7ppm), e Terra Alta (1ppm), na bacia do rio Doce e no córrego Poaia (1,2ppm), na bacia do rio São Mateus. Ocorrem sobre granitoides sin a tardi- orogênicos (ortognaisses) e paragnaisses (Complexo Nova Venécia).

Solos: Em todas as amostras analisadas foram registrados resultados abaixo do LD (0,1ppm).

Apreciação Conjunta: Os resultados analíticos de Ge no Estado do Espírito Santo foram insignificantes, tanto em solos como em sedimentos de corrente. Os teores mais elevados em sedimentos de corrente ocorrem sobre litologias nas quais o Ge pode constituir o arcabouço dos silicatos presentes nas rochas.

Hf - Háfnio

O Háfnio é um metal dúctil, prateado, brilhante e resistente à corrosão. O Zr e o Hf são muito idênticos quimicamente. Segundo Levinson (1974) a média crustal do Hf é 3ppm. **Minerais de Minério:** Ocorre sempre nos minerais de zircônio, como o zircão, baddeleyita e zirconita. Não é encontrado como elemento livre na natureza. **Principais Utilidades:** O Hf forma ligas com o tungstênio para uso em filamentos de lâmpadas e eletrodos. É utilizado como material de barras de controle de reatores nucleares devido a sua alta capacidade de absorção de nêutrons, em algumas ligas de Fe, Ti, Nb e Tl e em eletrodos para corte à plasma. **Impactos Biológicos:** O Hf não apresenta papel biológico conhecido e seus compostos não são considerados tóxicos, apesar de se fazer necessário o manuseio com cautela. **Mobilidade Ambiental:** O Hf é imóvel seja em condições oxidantes ou redutoras (Rose *et al.* 1979 *apud* Licht, 1998). **Tipos de Depósitos:** Ocorre como subproduto de óxido de zircônio em depósitos de rochas alcalinas associadas a carbonatitos e em depósitos de processos superficiais do tipo *placers* associado a

zircão e zirconita (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998 *apud* Licht *et al.*, 2007). **Localização das principais Jazidas:** EUA, Austrália, Brasil, Rússia e China. No Brasil, o Hf é encontrado como subproduto do óxido de zircônio, principalmente associado a baddeleyita (ZrO₂), nas minas de Jacupiranga-SP e Poço de Caldas-MG.

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O elemento Hf não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O elemento Hf foi detectado em 49% das amostras analisadas, com concentrações variando de 0,025 a 1,84ppm e valor médio de 0,09ppm, muito abaixo da média crustal (3ppm). Os teores mais elevados (0,55 a 1,84ppm) estão localizados numa pequena área na bacia do rio Doce, abrangendo os municípios de Linhares, Rio Bananal e Sooretama, em coberturas sedimentares cenozoicas, os tabuleiros terciários da Formação Barreiras, onde os depósitos aluviais e coluviais podem conter concentrações de minerais pesados, como por exemplo o zircão e zirconita, onde o Hf pode estar associado ao Zr.

Solos: O Hf foi detectado em 79% nas amostras analisadas, em baixas concentrações, sendo que os teores mais elevados (0,31 a 0,67ppm) estão localizados, predominantemente, em terrenos sedimentares cenozoicos, nas bacias do rio Doce, São Mateus e Itaúnas.

Apreciação conjunta: O padrão de dispersão geoquímica do Hf no Espírito Santo, tanto nas amostras de sedimentos de corrente, quanto nas de solos, caracteriza origem geogênica.

Hg - Mercúrio

O Mercúrio é um metal de transição, de cor prateada, líquido quando em condições de temperatura ambiente, altamente volátil, pobre condutor de calor e eletricidade, e alta densidade. É naturalmente encontrado na crosta terrestre, ocorrendo no ar, nos solos e na água em muito baixas concentrações. Segundo Levinson (1974) a concentração média crustal de Hg é 0,08ppm, em solos é 0,03ppm e em águas fluviais é 0,007ppb. As principais fontes de contaminação ambiental são as emissões atmosféricas, seguida da contaminação da água e do solo, quando ocorre disposição inadequada de efluentes e resíduos sólidos. **Minerais de Minério:** Assume diversas formas químicas: mercúrio metálico ou elementar (Hg), mercúrio inorgânico (principalmente sob a forma de sais) e mercúrio orgânico, ligado a radicais de carbono, por exemplo: metilmercúrio e

etilmercúrio. Encontra-se em vários minerais, mas a única forma economicamente explorada é o cinábrio (sulfeto de mercúrio). **Principais Utilidades:** É utilizado na mineração de ouro, em indústrias de cloro-soda, fábricas e recicladoras de lâmpadas fluorescentes, indústrias de termômetros e de pilhas, refinarias e clínicas dentárias. O mercúrio pode ser também utilizado na indústria de agrotóxicos, porém proibidos no Brasil. **Impactos Biológicos:** Não desempenha papel biológico conhecido. O Hg orgânico é altamente tóxico, sendo rapidamente absorvido pelos tratos respiratório, gastrointestinal e epidérmico, é biocumulativo. Pesquisas científicas relatam alguns sinais clínicos relacionados à exposição mercurial, tanto em crianças, quanto em adultos, tais como: ocorrência de déficits neurocomportamentais, dano citogenético, mudanças imunológicas e toxicidade cardiovascular. **Mobilidade Ambiental:** Em ambiente oxidante a mobilidade é moderada e, em ambiente redutor é imóvel (Rose *et al.* 1979 apud Licht, 1998). **Tipos de Depósitos:** Relacionados a fontes quentes e sedimentos vulcanoclásticos. **Localização das principais jazidas:** China, Quirguistão, Peru e Espanha, existindo ocorrências no Alasca, Arkansas, Nevada, Califórnia e Texas (EUA) (USGS, 2011).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: Todas as amostras de água apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação (LQ) da metodologia analítica (0,0003mg/L).

Sedimentos de Corrente: O Hg foi detectado em 76% das amostras analisadas, com teores variando de 0,005 a 4,01ppm e valor médio de 0,08ppm. Os teores mais elevados ocorrem na região sul do estado. Somente as amostras IS-S-087 (rio Alto Caxixe Quente - 3,22ppm) e IS-S-097 (rio da Cobra - 4,01ppm), nas bacias dos rios Itapemirim e Doce, apresentaram teores que excederam de 644 a 820 vezes o valor orientativo definido pela Resolução CONAMA 454/2012 (0,49ppm).

Solos: O Hg foi detectado na maioria das amostras analisadas, porém em baixas concentrações, que variaram de 0,005 a 0,87ppm e valor médio de 0,18ppm. Os teores mais elevados, que excederam o valor orientativo para prevenção (VP) definido na Resolução CONAMA 420/2009 (0,5ppm), foram: IS-L-018 (0,75ppm – município de Domingos Martins), IS-L-036 (0,87ppm – município de Linhares) e IS-L-039 (0,54ppm – município de Sooretama).

Apreciação conjunta: Os teores elevados de mercúrio, tanto nas amostras de solos, quanto nas de sedimentos de corrente, por serem pontuais,

devem refletir atividades antropogênicas, provavelmente lançamentos de efluentes e resíduos de atividades agropecuárias (agrotóxicos), que merecem ser estudados detalhadamente, porque o Hg é um elemento muito tóxico para a saúde do meio ambiente.

In - Índio

O Índio é um metal, maleável, dúctil, branco-prateado, resistente a corrosão, possui isótopos com meia-vida curta (^{111}In e ^{113}In), ponto de fusão baixo para um metal, bom condutor de eletricidade e de calor. Por ser calcófilo forma na maioria das vezes minerais sulfetados, com selenetos e teluretos subordinados (Minerpar, 2005). Segundo Levinson (1974) a concentração média crustal de índio é 0,1ppm. O In é um metal pouco abundante na crosta terrestre, quimicamente similar ao tálio e ao gálio, porém ocorre associado aos minérios junto com o zinco, estanho, ferro, chumbo e o cobre. Normalmente, é encontrado em minas de zinco e obtido como subproduto na extração de minerais de zinco e chumbo por meio da eletrólise. **Minerais de Minério:** Ocorre associado a esfalerita, calcopirita e cassiterita, e tem como minerais roquesita, dzalindita, indita e sakuraiíta. **Principais Utilidades:** 45% do consumo mundial de In é utilizado como filmes em visores de cristal líquido; 35% em ligas e soldas; 15% em utilizações eletrônicas na manufatura de transistores, como semicondutor e em baterias alcalinas; e o restante em sistemas de telecomunicações usando fibra ótica e controle de reatores nucleares. O isótopo radioativo ^{111}In é usado na medicina nuclear. **Impactos Biológicos:** Não apresenta papel biológico conhecido, mas é considerado não-tóxico, porém com exposição continuada a elevados teores, pode causar problemas ao coração, fígado e rins. Tem efeito cumulativo (Winter, 1998). **Mobilidade Ambiental:** É ligeiramente móvel em condições de pH 5-8 e imóvel em condições redutoras (Andrews-Jones, 1968 e Rose *et al.* 1979). **Tipos de Depósitos:** Depósitos de sulfetos maciços (Zn e Sn) hospedados em vulcânicas e sedimentos exalativos “tipo *sedex*”; depósitos epitermais; associados a depósitos de Cuprífero; associados a *skarns* e associados a rochas félsicas intrusivas do tipo “Sn em *greisens*” (USGS, 2011). **Localização das principais jazidas:** Canadá, Peru, Rússia, China, Japão, México, Suécia e Polônia. No Brasil, pode ser encontrado nas reservas estaníferas, principalmente no maciço da Serra da Mangabeira (GO), onde os teores oscilam de 0,05 a 0,94%, contido na cassiterita, além de anomalias associadas à esfalerita.

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O elemento In não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O In foi detectado em 45% das amostras analisadas, com teores variando de 0,01 a 0,22ppm e valor médio de 0,03ppm. Somente em 5% das amostras foram detectados teores acima da média crustal (0,1ppm), os quais ocorreram dispersos nas bacias dos rios Itapemirim, Benevente, Doce e São Mateus.

Solos: Somente 10% das amostras analisadas apresentaram resultados abaixo do limite de detecção do equipamento analítico (0,02ppm). Os teores variaram entre 0,02 e 0,2ppm, com valor médio 0,07ppm. As concentrações mais elevadas se localizam numa faixa bem definida ao sul do estado, abrangendo a área da bacia do rio Jucu e parcialmente as dos rios Itapemirim e Doce, porém o teor mais elevado (0,20ppm) foi detectado no município de Mantenedópolis, quase divisa com Minas Gerais, na localidade de Córrego do Ouro.

Apreciação conjunta: O elemento índio não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras para sedimentos de corrente e solos. O In foi detectado em baixas concentrações, em pequenas áreas dispersas no território espírito-santense, tanto nas amostras de sedimentos de corrente, como nas de solo, indicando origem geogênica.

K - Potássio

O **Potássio** é um metal alcalino, de cor prateada, mole, depois do Li é o metal mais leve, bom condutor de calor e eletricidade, e oxida-se facilmente. Em virtude dessa última propriedade, o mesmo não é encontrado livre na natureza. Na crosta terrestre, o potássio é o oitavo elemento mais abundante. Pode ser substituído por Rb, Cs, Ba, Pb e Tl, devido à similaridade entre os raios iônicos. A média global do potássio em solos é 1,7% e nas rochas graníticas, ricas em feldspato potássico e sua abundância é de 3,3% (Kabata-Pendias & Pendias, 1985). **Minerais de Minério:** Os principais compostos evaporíticos de K são: silvita, carnalita, cainita, langbeinita, polialita, schoenita e singernita. Ocorre, frequentemente, a mistura de silvita e halita, denominada silvinita, constituindo-se no principal minério de potássio (DNPM, 2009). **Principais Utilidades:** As aplicações do K na forma de metal são: nitrato de potássio, usado na fabricação de pólvora e como fertilizante; cloreto de potássio, usado como fertilizante; peróxido de potássio, presente nos equipamentos de respiração utilizados pelos bombeiros e mineiros. **Im-**

pactos Biológicos: É um elemento essencial à saúde humana: é responsável pela transmissão nervosa, contração muscular e equilíbrio de fluidos corporais. É fundamental a ingestão de potássio, pois sua deficiência no organismo leva a distúrbios neuromusculares (cãibras, paralisias) e aumento da pressão arterial. **Mobilidade Ambiental:** Em condições oxidantes (pH<4 e 5-8) e redutoras é moderadamente móvel (Rose *et al.* 1979). **Tipos de Depósitos:** Depósitos sedimentares derivados de exalações relacionados a evaporitos (Biondi, 2003). Em alguns antigos leitos marinhos e lagos existem grandes depósitos de minerais de K, dos quais é economicamente viável a extração do metal e seus sais. **Localização das principais jazidas:** Canadá, Rússia, Alemanha e China. O Brasil até 2009 ocupava a décima colocação em termos de reservas e produção mundial de sais de potássio. As principais reservas de sais de potássio no Brasil localizam-se nos estados de Sergipe (Mina Taquari/Vassouras e Santa Rosa de Lima) e Amazonas (Fazendinha e Arari) (DNPM, 2009).

Água para Abastecimento Público: O potássio foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,51 a 8,17mg/L. A maioria dos teores mais elevados (2,68 a 8,17mg/L) foram detectados na região norte do estado, nas bacias dos rios Itaúnas e São Mateus, sendo que nas amostras coletadas nas ETAs dos municípios de Montanha e Vila Pavão foram detectados os teores 8,17mg/L e 4,90mg/L, respectivamente.

Água Superficial: O K foi detectado, também, em todas as amostras de água superficial, com teores variando de 0,048 a 110 mg/L e valor médio de 2,80mg/L. Observa-se que entre as amostras com os teores mais elevados, cinco estão localizadas no litoral e, apresentaram concentrações entre 10,88 a 110mg/L, provavelmente devido a presença de K na fração argilosa dos sedimentos formadores da Formação Barreiras. O valor mais elevado, localizado no córrego do Siri, no litoral sul do estado, apresentou também teores elevados para Na (49,96mg/L), cloretos (4.718,15mg/L), brometos (17,94mg/L), fluoretos (1,1mg/L) e sulfatos (796,25mg/L), os quais evidenciam influência da cunha salina.

La - Lantânio

O **Lantânio** é um metal de cor branco prateado, pertencente ao grupo dos Elementos Terras Raras (ETR), maléavel, sendo um dos ETR mais reativos. Oxida-se rapidamente quando exposto ao ar. O íon La⁺³ acompanha o grupo do Ce durante os processos de fracionamento magmático, possui maior afinida-

de com os magmas ácidos do que com os básicos (BGS, 1991, *apud* Mineropar, 2005). Segundo Hawkes & Webb (1962) a concentração média de La na crosta terrestre e em solos é 40ppm. **Minerais de Minério:** Encontrado principalmente nos minerais monazita, alanita e bastnasita, associado com o cério, tório, neodímio e ítrio. **Principais Utilidades:** Por ser dúctil e maleável, é usado principalmente em ligas para a produção de lentes especiais, pedras de isqueiros e como esponja de hidrogênio. É utilizado, também, como catalisador no craqueamento do petróleo, ressonância magnética nuclear, cristais geradores de laser; supercondutores, lâmpada de carbono nos equipamentos de projeção de cinemas e na produção de Fe nodular. É usado, ainda, na datação de rochas e minérios (La-Ba). Este elemento é considerado com potencial econômico tanto no presente, como no futuro. **Impactos Biológicos:** O La não tem papel biológico conhecido. Todos os compostos são considerados tóxicos, podendo causar problemas ao fígado, além de risco de explosão (Winter, 1998). **Mobilidade Ambiental:** Em condições oxidantes com pH<4 e pH 5,0-8,0, e em condições redutoras, é imóvel (Levinson, 1974). **Tipos de Depósitos:** Associados a carbonatitos, rochas ígneas peralcalinas, a depósitos do tipo Cu-Au, a pegmatitos; *placers* e laterita associada a granitos. **Localização das principais jazidas:** Os depósitos estão localizados em Mountain Pass (EUA), Baotou (China), Rússia, Austrália, Índia, Tailândia, Sri Lanka e África do Sul (Long et al. 2010). No Brasil as principais ocorrências estão em Poços de Caldas, São Gonçalo do Sapucaí, Cordislândia, Silvianópolis, Pouso Alegre (MG); São Francisco do Itabapoana (RJ); Província Mineral de Pitinga (AM); Mato Preto (PR), Anitápolis (SC) e Catalão (GO) (DNPM,2015).

Água Superficial e Água para Abastecimento Público: O La não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de corrente: O La foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,4 a 2.631ppm e valor médio de 80,8ppm. Encontra-se disperso em toda área do estado, porém seus teores mais elevados estão na área ao norte da bacia do rio Doce (margem esquerda do rio Doce e bacia do rio São Mateus) e numa faixa ao sul do estado, na bacia do rio Itabapoana. Nessas regiões predominam granitoides de várias idades e composições, de origem ígnea e metamórfica. O lantânio é encontrado em minerais como monazita e alanita, geralmente associado aos elementos cério e ítrio, que são muito comuns em granitos. No Espírito Santo o padrão de dispersão geoquímico do La é similar aos dos ele-

mentos Y, U, Ce e Th, e do Cs, na região sul do estado.

Solos: O La está presente em todas as amostras analisadas, com concentrações variando de 3 a 113,6ppm e valor médio de 21,5ppm, disperso em todo território estadual, sendo que somente 4 amostras, situadas na porção sul do estado, apresentaram teores elevados (48,4 a 113,6ppm). Dessas amostras, a IS-L-015, coletada no município de Itapemirim, próximo a Marataízes, foi encontrado o teor de 113,6ppm. O lantânio é um elemento comum em minerais das areias monazíticas.

Apreciação conjunta: A maioria das amostras de sedimentos de corrente e de solos com teores mais elevados de La, apresentaram também, elevadas concentrações de cério, que ocorre associado aos elementos Y, U, Cs e Th, cuja associação representa a composição dos minerais traço e resistentes ao intemperismo, caracterizando nos sedimentos fluviais, minerais como zircão, apatita, alanita e monazita. Nessas áreas, estão localizados corpos graníticos, sendo comum a presença de grãos desses minerais como acessórios.

Li - Lítio

O **Lítio** é o metal mais leve que se tem conhecimento, encontrado em baixas concentrações na crosta terrestre, alcalino, coloração branco-prateada brilhante, possui alto potencial oxidativo, é instável, não existindo livre na natureza. Difere cristaloquimicamente dos outros metais alcalinos por possuir raio iônico menor, o que o faz não acompanhá-los nos processos geológicos, ou seja, durante a diferenciação magmática é enriquecido nos estágios pegmatíticos tardios (Koljonen *et al.* 1992, *apud* Mineropar, 2005). É liberado facilmente nos minerais primários em meios oxidantes e ácidos, porém, face ao intemperismo em fases posteriores é predominantemente incorporado a argilominerais. Segundo Hawkes & Webb (1962), a concentração média crustal do lítio é 50ppm, em solos é 30ppm e em águas naturais varia de 0,3 a 3mg/L. **Minerais de Minério:** Em geral encontra-se disperso em certas rochas, em minerais como a lepidolita, petalita, espodumênio e amblygonita. É encontrado, também, em sais naturais nas águas do mar e águas minerais. **Principais Utilidades:** É utilizado em baterias, levando vantagem sobre as de Ni e Cd por armazenar até 3 vezes mais energia, na fabricação de cerâmicas, em lubrificantes, síntese de compostos orgânicos, depurador de ar em naves espaciais e submarinos, aplicações nucleares, em medicina é utilizado como antidepressi-

vo e anti-reumático. **Impactos Biológicos:** Os compostos deste metal são considerados levemente tóxicos, podendo causar problemas renais, fraqueza geral e convulsões. Em pacientes depressivos que ingerem sais de lítio é necessário controle clínico. **Mobilidade Ambiental:** Possui mobilidade moderadamente alta nos ambientes oxidantes e redutores (Andrews-Jones, 1968 e Rose *et al.* 1979). **Tipos de Depósitos:** Depósitos de sistemas endomagmáticos hidrotermal relacionados a corpos pegmatíticos, em evaporitos com ambientes de formação de margem marinha e lagos intracontinentais (Biondi, 2003). **Localização das principais jazidas:** Bolívia, Chile, EUA, Canadá, Brasil, China, Austrália e Zimbábue. No Brasil o lítio é encontrado nas Províncias pegmatíticas do Vale do Jequitinhonha e Mucuri em MG e na Província Borborema no RN-PB-CE.

Água para Abastecimento Público: As concentrações de lítio nas amostras de água bruta para abastecimento humano estão abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico (0,001mg/L).

Água Superficial: O Li foi detectado somente em 25% das amostras analisadas, porém nenhum resultado ultrapassou o VMP definido pela Resolução CONAMA 357/2005 (2,5mg/L).

Sedimentos de corrente: O lítio foi detectado em quase 70% do número de amostras analisadas, com teores variando de 0,5 a 23ppm e valor médio de 4,01ppm, bem abaixo da média crustal (50ppm). Os teores mais elevados, acima de 15ppm, estão localizados na bacia do rio Itapemirim. Nestas áreas observou-se também elevados teores de Be e K.

Solos: Em 55% das amostras analisadas foi detectado Li, com teores de 0,5 a 27ppm, próximo da média crustal para solos (30ppm). Os teores mais elevados ocorrem na região de Vargem Grande (Afonso Cláudio) com 27ppm, Fazenda Pavão (Guaçuí/São José do Calçado), com 21ppm e localidade Córrego Santa Rita (Ecoporanga), com 19ppm. Na região de Afonso Cláudio, o Li ocorre associado ao Be e K.

Apreciação conjunta: O elemento lítio não está contemplado nas legislações do CONAMA para solos e sedimentos. O lítio ocorre associado ao Be e K nas regiões de concentrações mais elevadas, evidenciando contribuição geogênica.

Mg - Magnésio

O **Magnésio** é muito abundante na crosta terrestre, é um metal alcalino terroso, prateado, oxida-se em contato com o ar. É fortemente enriquecido na crosta inferior e manto, comum em rochas máficas e

ultramáficas. O Mg possui grande influência sobre o comportamento geoquímico do Fe, Ni, Co, Sc, Zn e Li, em virtude de sua fácil substituição por estes elementos (Mineropar, 2005). **Minerais de Minério:** Ocorre em diversos minerais como a magnesita, dolomita, brucita, carnalita, serpentina e olivina. Encontra-se ainda na água do mar na forma de cloreto. Pode estar presente em diversos minerais (silicatos, óxidos e carbonatos). **Principais Utilidades:** Os compostos de Mg são utilizados como material refratário em fornos para produção de ferro e aço, metais ferrosos, cristais e cimento. É utilizado ainda na agricultura, indústrias química e de construção civil. Na liga com o alumínio, é empregado na produção de recipientes de bebidas, componentes de automóveis como aros de roda e maquinarias diversas. O óxido de magnésio e seus compostos são utilizados em: lâmpadas (*flashes*), pirotecnia, indústria aeronáutica e bélica, seus sais são amplamente usados em fármacos, e como revestimento de tijolos refratários (Winter, 1998). **Impactos Biológicos:** É essencial a vida animal e vegetal. No organismo humano, a maior parte do magnésio encontra-se nos ossos. A sua carência pode causar, principalmente, agitação, anemia, ansiedade, perturbação da pressão sanguínea, irritabilidade, fraqueza, tremores musculares e cálculos renais. É essencial para fixação do cálcio. Os sintomas de deficiência em Mg, geralmente estão relacionados com distúrbios na absorção e/ou aumento na excreção renal. **Mobilidade Ambiental:** Tanto em ambiente oxidante (pH<4 e pH 5-8), quanto em ambiente redutor, a sua mobilidade é moderadamente alta (Andrews-Jones, 1968 e Rose *et al.* 1979). **Tipos de Depósitos:** Lentes de magnesita em sedimentos marinhos clásticos de plataforma (dolomitos, calcário, folhelho, arenito e conglomerado), depósitos em veios e *stockworks*, alteração de rochas ultramáficas a partir de soluções hidrotermais carbonatadas. **Localização das principais jazidas:** China, Rússia, Coreia do Norte, Brasil, Austrália, Turquia e Eslováquia (USGS, 2011). No Brasil as principais reservas estão na Bahia (Brumado) e Ceará.

Água para Abastecimento Público: O Mg foi detectado em todas as amostras, porém em concentrações baixas, variando de 0,41 a 3,7mg/L. O valor mais elevado foi detectado na ETA de Pedro Canário, com ponto de captação no rio Itaúnas.

Água Superficial: O Mg foi detectado em todas as amostras, com teores de 0,008 a 375,5mg/L. Os teores mais elevados estão dispersos nas bacias dos rios Itapemirim, Beneventes, Doce, São Mateus e Itaúnas, sendo que grande maioria está localizado

nas duas últimas bacias e em amostras coletadas no litoral. O valor mais elevado foi detectado no córrego Siri, litoral sul, refletindo influência marinha.

Sedimentos de Corrente: Na maioria das amostras (84%) foi detectado teores de Mg, variando de 0,005 a 2,05%. Os teores mais elevados estão localizados na região sul do estado e próximo ao litoral, ao sul da foz do rio Doce, nas mesmas estações de coleta de água superficial, com elevadas concentrações de Mg (rio Laranjeiras e córrego Sauê).

Solos: O Mg foi detectado em 60% nas amostras analisadas, com teores entre 0,01 a 0,44%. Os teores mais elevados foram detectados na Fazenda Pavão (Guaçuí) com 0,44% e na região da Cabeceira Luxemburgo, em Santa Leopoldina, com 0,43%.

Apreciação conjunta: O elemento químico magnésio não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras. O elemento foi detectado em baixas concentrações em todos os meios amostrados, devido à composição das rochas predominantes no estado, granitoides formados por diferentes processos. Observou-se que os teores de magnésio mais elevados nas amostras de água superficial e de sedimentos de corrente ocorreram na foz dos córregos Siri e Sauê e do rio Laranjeiras, provavelmente devido a influência marinha.

Mn - Manganês

O **Manganês** é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, encontra-se amplamente distribuído em solos, sedimentos, rochas, água e biota. É um metal de transição, de cor branco-acinzentada (similar ao ferro), duro, frágil, refratário e facilmente oxidável. Em sistemas biológicos o Mn^{+2} compete com o Mg^{+2} (Mineropar, 2005). Suas altas concentrações são associadas a rochas máficas (Kabata-Pendias & Pendias, 1985), onde é particionado entre os silicatos ferromagnesianos e óxido de Fe e Ti. Durante os processos magmáticos, o Mn^{+2} substitui facilmente o Fe^{+2} e o Mg^{+2} (Ure & Berrow, 1982, *apud* Mineropar, 2005), existindo uma forte correlação na maioria das rochas ígneas do Mn^{+2} com o Fe^{+2} (BGS, 1991, *apud* Mineropar, 2005). A concentração média crustal de Mn é 1.000ppm, em solos é 850ppm e em águas, os teores médios variam de 0,3 a 300mg/L (Hawkes & Webb, 1962). **Minerais de Minério:** Os principais minerais são pirolusita, rodocrosita, psilomelano, criptomelana, haussmanita, manganita, braunita e todorokita. **Principais Utilidades:** O Mn é essencial na fabricação do aço. É utilizado, também, em ligas com o Al na fabricação de latas de bebidas, produção de pilhas e coloração de

vidros. **Impactos Biológicos:** É importante para o crescimento das plantas e em funções vitais dos animais superiores. Em relação aos outros metais essenciais, é um dos menos tóxicos. No entanto, o Mn em excesso é tóxico. Exposições prolongadas a compostos de manganês, de forma inalada ou oral, podem provocar efeitos adversos no sistema nervoso e respiratório, principalmente em trabalhadores mineiros e de indústrias que utilizam o metal. Entretanto, a deficiência do metal no organismo humano pode causar anomalias no sistema locomotor. **Mobilidade Ambiental:** Em ambiente oxidante com $pH < 4$ a mobilidade pode ser moderadamente alta; com pH entre 5-8 torna-se pouco móvel; e em ambiente redutor, o Mn se comporta com mobilidade moderadamente alta (Rose *et al.* 1979 *apud* Licht, 1998).

Tipos de Depósitos: Veios epigenéticos de Mn em calcários e dolomitos relacionados à intrusões porfíricas, Mn vulcanogênico, Mn epidermal relacionados à vulcânicas félsicas a máficas subaéreas, Mn sedimentar relacionados a sedimentos químicos e Mn relacionados a processos supergênicos (laterítico). **Localização das principais jazidas:** China, Austrália, África do Sul, Índia, Gabão, Brasil, Ucrânia e México (USGS, 2011), além de Rússia, Geórgia e Gana. No Brasil temos os depósitos do Azul (Província Mineral de Carajás-PA), em Corumbá-MS, Mariana e Conselheiro Lafaiete-MG e em Caetité-BA (DNPM, 2015).

Água para Abastecimento Público: Somente em 55% das amostras analisadas foram detectados teores de manganês, variando de 0,0035 a 0,09mg/L, abaixo do VMP do CONAMA 357/2005 – 0,1mg/L. Os teores mais elevados foram detectados nas ETAs de Ibatiba (0,09mg/L), Irupi (0,08mg/L) e Mimoso do Sul (0,08mg/L), com pontos de captação de água no rio Rodrigues, no rio Pardinho e no córrego Santa Maria, respectivamente.

Água Superficial: O manganês foi detectado na maioria das amostras, com teores variando de 0,0035 a 0,68mg/L. Quinze amostras, dispersas nas bacias dos rios São Mateus, Doce, Benevente e Itapemirim, apresentaram concentrações acima 2 a 6 vezes do VMP da Resolução CONAMA 357/2005, sendo que os teores mais elevados foram observados no rio Jacareípe (0,68mg/L), em amostra coletada próximo ao litoral, no bairro Jacareípe, no município Serra e no canal do Pinto (0,58mg/L), na bacia do rio Itapemirim.

Sedimentos de Corrente: O Mn foi detectado em todas as amostras analisadas, com teores entre 7 e 6.640ppm e valor médio de 434,13ppm. Os teores

mais elevados ocorreram na região mais ao sul do estado, nas bacias dos rios Itabapoana, Itapemirim, Rio Novo e Benevente, sendo que a amostra IS-S-032 (ribeirão São João da Mata, na bacia do Itapemirim) foi a que apresentou o teor mais elevado (6.640ppm). Nessa região ocorrem granitoides pré e pós-orogênicos (Orógeno Araçuaí), rochas metassedimentares do Grupo São Fidélis e do Grupo Bom Jesus de Itabapoana e ainda fragmentos de crosta inferior (Complexos Caparaó e Serra do Valentim: charnockitos, enderbitos, granulitos aluminosos e kinzigitos) e rochas metavulcânicas sedimentares do Complexo Ipanema (biotita-granada-gnaiss, gnaiss milonítico e corpos metaultrabásicos).

Solos: O Mn foi detectado na maioria das amostras de solo, com teores variando de 2,5 a 2.466ppm e valor médio de 256,96ppm, acima do valor de referência de qualidade dos solos para Mn no Espírito Santo, segundo Paye *et al.* (2010) - 137,80ppm. A dispersão do Mn nos solos é muito semelhante com a das amostras de sedimentos de corrente, com os teores mais elevados na região sul do estado, porém observa-se, também, teores mais elevados na bacia do rio Doce, nos municípios de Itarana (1.182ppm) e de Sooretama (860ppm), ao norte do estado.

Apreciação conjunta: A maioria dos teores de Mn detectados nas amostras de água foram baixos, menores ou próximos ao VMP do CONAMA 357/2005. As Resoluções CONAMA que dispõem valores orientativos para solos e sedimentos não contemplam o elemento químico manganês. Os valores mais elevados de Mn em sedimentos de corrente e solos foram detectados na região sul-sudoeste do estado e segundo Vieira & Menezes (2015) foram cadastrados quatro ocorrências de Mn no município de Guaçuí.

Mo - Molibdênio

O **Molibdênio** é um metal de transição de coloração branco-prateado, resistente à corrosão, muito duro (alto ponto de fusão), é considerado bom condutor de eletricidade e calor. Nos processos geológicos se assemelha ao tungstênio, sendo mais facilmente particionado com este (Mineropar, 2005). Durante o fracionamento magmático, torna-se enriquecido em estágios tardios em granitos, pegmatitos e soluções hidrotermais (Koljonen *et al.*, 1992, *apud* Mineropar, 2005). Levinson (1974) reporta que a média crustal do molibdênio é 1,5ppm, o teor médio em solos é 2ppm e em águas fluviais é 1mg/L. **Minerais de Minério:** A principal fonte de molibdênio é o mineral molibdenita, porém pode ser encontrado

em outros minerais como a wulfenita e powellitita. Em geral o molibdênio é um subproduto da mineração do cobre. É encontrado na água do mar na forma de molibdatos. **Principais Utilidades:** É utilizado como catalisador na indústria petroquímica, é empregado em diversos pigmentos para fabricação de tintas, plásticos e compostos de borracha. É usado, também, em ligas metálicas, principalmente no aço, em peças de mísseis, aeronaves e de uso nuclear, catalizadores na indústria petroquímica, filamentos para a indústria elétrica e lubrificantes resistentes a altas temperaturas. **Impactos Biológicos:** É essencial sob o ponto de vista biológico, sendo necessário para o funcionamento do organismo humano. Também, é essencial para a nutrição das plantas. **Mobilidade Ambiental:** É imóvel em condições oxidantes (com pH<4 e na presença de limonita), e em condições redutoras (Rose *et al.* 1979, *apud* Licht, 1998). **Tipos de Depósitos:** depósitos relacionados a intrusões porfiríticas (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998, *apud* Licht et al., 2007); e depósitos do subsistema hidrotermal plutônico, apical disseminado do tipo “*greisens*” com W-Mo (Biondi, 2003). **Localização das principais jazidas:** EUA, China, Chile, Canadá, Peru, México, Mongólia e Rússia (USGS, 2011). No Brasil o molibdênio ocorre como subproduto da scheelita na Província Scheelitífera do Seridó nos estados do RN e PB (DNPM, 2015).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: Os resultados analíticos das amostras de água, tanto as superficiais, quanto as coletadas nos pontos de captação das ETAs, foram abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico (0,007mg/L).

Sedimentos de Corrente: O Mo foi detectado em todas as amostras, com teores de 0,1 a 4,98 e valor médio de 0,59ppm. Somente em 2% das amostras foram obtidos teores acima do valor médio crustal (1,5ppm). Essas amostras ocorrem dispersas na região sul do estado.

Solos: O molibdênio foi detectado na maioria das amostras analisadas, com concentrações de 0,025 a 2,23ppm e valor médio de 0,86ppm, muito abaixo do teor médio crustal para solos (2ppm) e do valor orientativo de prevenção da Resolução CONAMA 420/2009 (30ppm). Os teores mais elevados ocorreram nas amostras coletadas na região norte do estado, em áreas dos municípios de Mantenópolis, Conceição da Barra e Linhares, sobre terrenos com características geológicas diversas.

Apreciação conjunta: O molibdênio foi detectado no estado do Espírito Santo em concentrações bai-

xas, em todos os meios amostrados, evidenciando origem geogênica.

Na - Sódio

O **Sódio** é um elemento bastante abundante na crosta terrestre, em numerosos compostos naturais, como sob a forma de sal na água do mar e no mineral halita. É um metal alcalino, de cor prateado a branco, intensamente reativo, encontrado na natureza combinado com diversos elementos. Nas rochas forma os silicatos (feldspatos) com sua composição mudando de cálcica para sódica durante a diferenciação magmática (Minerpar, 2005). **Minerais de Minério:** thenardita, trona e mirabilita (Branco, 1982, *apud* Minerpar, 2005). **Principais Utilidades:** O Na metálico é usado como agente redutor na obtenção de outros metais, como o titânio e o zircônio, a partir dos seus cloretos ou óxidos. O uso mais popular do sódio é como sal de cozinha (NaCl), na fabricação de lâmpadas a vapor de sódio (amarelas), usadas para iluminação especial de ruas e estradas, e principalmente, como condimento alimentar. É utilizado, também, em diversos produtos como soda cáustica, produtos para panificação (bicarbonato de sódio), produção de vidro, sabão e na indústria têxtil e química (Winter, 1998). **Impactos Biológicos:** É um elemento necessário à saúde humana, tem um papel importante no balanço hídrico da água corporal. Porém, a ingestão excessiva e habitual de sal de cozinha, com uma alimentação rotineiramente salgada, causa sérios danos à saúde, podendo levar a pessoa a tornar-se hipertensa. **Mobilidade Ambiental:** Tanto em ambiente oxidante quanto em redutor, o Na se comporta com mobilidade moderadamente alta (Rose *et al.* 1979, *apud* Licht, 1998). **Tipos de Depósitos:** Associados aos depósitos de sal marinho (cloreto de sódio) e a sequências evaporíticas tendo como mineral-minério principal a trona, a qual é usada para obtenção do carbonato de sódio. **Localização das principais jazidas:** O composto mais abundante de sódio é o cloreto de sódio (sal), onde os principais produtores são: EUA, China, Alemanha, Índia, Canadá, Austrália, México, Brasil e Chile (USGS, 2011). O maior depósito de trona conhecida no mundo localiza-se próximo a Green River (Wyoming-EUA).

Água para Abastecimento Público: O sódio foi detectado em todas as amostras, com teores entre 1,5mg/L e 56,79mg/L e valor médio de 7,64mg/L. Os teores mais elevados ocorreram nas estações de captação das ETAs de São Mateus (22,19mg/L), Conceição da Barra (22,41mg/L), Mucurici (30,63mg/L),

Montanha (30,51mg/L) e Pedro Canário (56,79mg/L). Esses municípios estão no extremo norte do estado, região de baixa pluviosidade e alta evaporação favorecendo a concentração de sais nas águas.

Água Superficial: O Na foi detectado na maioria das amostras, com concentrações variando de 0,005 a 1.262mg/L e o valor médio, 22mg/L. A maioria das amostras com teores elevados ocorrem nas bacias dos rios Itaúnas e São Mateus e na faixa litorânea, indicando influência climática e da cunha marinha, respectivamente. Porém, observa-se ainda, poucas amostras com elevados teores de sódio, dispersas nas bacias do rio Doce, Benevente e Itapemirim.

Sedimentos de Corrente e Solos: A maioria das amostras de sedimentos de corrente e de solos apresentou concentrações abaixo do limite de detecção (LD) do método analítico (0,01%).

Apreciação conjunta: O sódio não é contemplado na Resolução 357/2005, porém na Portaria MS 2914/2011, seu VMP é 200mg/L. Observa-se que mesmo os teores mais elevados obtidos nas águas utilizadas para abastecimento humano, estão abaixo do valor definido pelo Ministério da Saúde, enquanto que em apenas 5 amostras de água superficial foram observados teores acima deste VMP.

Nb - Nióbio

O **Nióbio** é um metal de transição de cor branca brilhante, maleável, dúctil e com boa resistência à corrosão. A maioria dos compostos de Nb é solúvel em meios ácidos e alcalinos, durante o intemperismo é muito dependente dos minerais encaixantes, com isso o Nb pode ser liberado (biotita, anfibólio) ou permanecer em minerais resistatos (titanita, zircônio etc). As propriedades físico-químicas do nióbio são semelhantes às do tântalo. Devido a isso, eles tendem a ocorrerem juntos nos minerais. A média crustal do nióbio é 20ppm (Hawkes & Webb, 1962 e Levinson, 1974). **Minerais de Minério:** O Nb é encontrado nos minerais niobita (columbita), niobita-tantalita, pirocloro e euxenita. columbita, pirocloro, samarskita (óxido complexo de ETR, Nb e Ta), loparita, fergusonita, euxenita e tapiolita (Rankama & Sahama, 1954). **Principais Utilidades:** O Nb apresenta numerosas aplicações. É utilizado em aços inoxidáveis e em outras ligas metálicas com o ferro e com o zircônio. Estas ligas são geralmente usadas para fabricação de tubos transportadores de água e petróleo a longas distâncias. Devido a sua resistência à corrosão é também utilizado na fabricação de joias. É utilizado, ainda, nas indústrias nuclear e aeroná-

tica (produção de motores a jato e equipamentos para foguetes). **Impactos Biológicos:** Não é conhecido o papel que o Nb desempenha nos processos vitais, porém não há evidências de toxicidade em humanos. **Mobilidade Ambiental:** É imóvel em condições oxidantes (pH 5-8) e em condições redutoras (Rose *et al.*, 1979, *apud* Licht, 1998). **Tipos de Depósitos:** Depósitos relacionados a rochas alcalinas (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998, *apud* Licht *et al.*, 2007, Biondi, 2003) e pirocloro em carbonatitos (Biondi, 2003). **Localização das principais Jazidas:** Brasil (98,4% da produção mundial) e Canadá (USGS, 2011). As principais reservas de nióbio no Brasil encontram-se em Minas Gerais (83,6%), localizadas no Complexo Alcalino de Araxá e no município de Nazareno, em Goiás (15,3%) estão nos municípios de Catalão e Ouidor e no Amazonas (1,1%) com reservas nos municípios de São Gabriel da Cachoeira e Presidente Figueiredo (Biondi, 2003).

Água Superficial e Água para Abastecimento Público: O nióbio não foi analisado nessas amostras.

Sedimentos de corrente: O nióbio foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,1 a 13,85ppm e valor médio de 1,8ppm, muito abaixo da média crustal (20ppm). Somente 3% das amostras analisadas apresentaram teores mais elevados (4,71 a 13,85ppm) e ocorrem dispersas no território estadual, sobre granitoides pós-orogênicos, como também sobre coberturas sedimentares cenozoicas, nas bacias dos rios São Mateus e Doce.

Solos: O Nb foi detectado em 98% das amostras, com concentrações entre 0,025 a 5,53ppm e valor médio de 1,38ppm. Os teores mais elevados se localizam na região sul do estado, em áreas dos municípios de São José do Calçado, Domingos Martins, Afonso Cláudio e Santa Leopoldina, e ainda nos municípios de Pancas e Linhares, mais ao norte. Nessas áreas ocorrem granitoides, formados por vários processos e em diferentes idades, com exceção da amostra IS-L-35, em Linhares, que ocorre sobre coberturas cenozoicas, da Formação Barreiras.

Apreciação conjunta: As legislações ambientais brasileiras para solos e sedimentos não contemplam o elemento nióbio. O Nb foi detectado na maioria das amostras de solos e sedimentos de corrente em baixas concentrações, evidenciando origem geogênica.

Ni - Níquel

O Níquel é um metal prateado, considerado siderófilo por estar associado ao Fe, e calcófilo, por possuir grande afinidade com o enxofre. Durante o in-

temperismo, o Ni^{+2} é facilmente mobilizado e, em soluções aquosas sob condições oxidantes e $pH < 4$, torna-se estável, podendo migrar por grandes distâncias. O íon Ni^{+2} possui raio atômico similar ao Mg^{+2} e o Fe^{+2} , facilitando a substituição no fracionamento magmático, o que leva a ser fortemente enriquecido nas rochas ultramáficas. Hawkes & Webb (1962) reportam que a média crustal de níquel é 100ppm, a concentração média em solos é 40ppm e varia de 0,02 a 10mg/L em água. **Minerais de Minério:** É encontrado nos minerais nicolita, pentlandita, pirrotita, gamierita, milerita, violarita, garnierita e heazlewoodita. **Principais Utilidades:** É empregado na fabricação de aço inoxidável e outras ligas ferrosas e não-ferrosas para consumo no setor industrial, em material bélico, em moedas, nas aeronaves e na produção do imã artificial. **Impactos Biológicos:** Apesar de ser encontrado em baixas concentrações nos organismos vivos, não é essencial à vida. O níquel possui seu efeito na saúde humana marcado nas reações alérgicas, chegando até a causar câncer respiratório, irritação gastrointestinal, dermatite e malformações congênitas. **Mobilidade Ambiental:** Tanto em ambiente oxidante quanto em redutor, o Ni se comporta com mobilidade muito baixa a imóvel (Andrews-Jones, 1968 e Rose *et al.* 1979). **Tipos de depósitos:** Ni-Cu em Komatiitos, Ni-Cu em rochas máficas-ultramáficas, Ni-Cu em dunitos, processos superficiais - Ni laterítico. **Principais Jazidas:** Canadá, Rússia, África do Sul, China, Nova Caledônia, Indonésia, Austrália, Papua Nova Guiné, Guatemala, Cuba, Venezuela e Brasil (Jaguar, Santa Rita, Onça-Puma, Vermelho, Jacaré-Jacarezinho, Niquelândia, Barro Alto, Americana do Brasil, Água Branca e São João do Piauí). Em Pernambuco, há referência de ocorrência de sulfetos de Ni, associado a Cu e platinóides, em jazimentos de Fe-Ti hospedados na Suite Máfico-Ultramáfica Serrote das Pedras Pretas, ao norte de Floresta.

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: Todas as amostras de água, tanto superficial, quanto as coletadas na captação das ETAs, apresentaram teores abaixo do limite de quantificação da metodologia analítica (0,007mg/L).

Sedimentos de Corrente: O níquel foi detectado em todas as amostras, com teores de 1 a 50,5ppm e valor médio de 6,44ppm, muito abaixo da média crustal (100ppm). Os teores mais elevados foram obtidos na região sudoeste, próximo da divisa de Minas Gerais, porém, somente a amostra IS-S-084, coletada no ribeirão do Meio, na bacia do rio Itape-mirim, apresentou teor (50,5ppm) acima do valor

orientativo definido pela Resolução CONAMA 454/2012 (35,9ppm). Nesta região ocorrem rochas do embasamento paleoproterozoico (Complexos Caparaó e Serra do Valentim: charnockitos e enderbitos, granulitos e kinzigitos) e associação metavulcanossedimentar (Complexo Ipanema, com corpos de metaultrabásicas), também do paleoproterozoico.

Solos: O Ni foi detectado na maioria das amostras, variando de 0,25 a 45,1ppm e concentração média de 7ppm, abaixo da concentração média em solos (40ppm) e do valor de referência de qualidade para o Ni em solos, segundo Paye (2010) – 9,17ppm. A dispersão do níquel em solos é similar à de sedimentos de corrente, com os teores mais elevados na região sul do estado. Mas, somente na amostra IS-L-022, coletada no município de Santa Leopoldina, foi obtido um teor (45,1ppm) acima do valor orientativo, para prevenção, definido pela Resolução CONAMA 420/2009 (30ppm).

Apreciação conjunta: O níquel foi detectado em concentrações abaixo da média crustal definida por Hawkes & Webb (1962), tanto em sedimentos de corrente, quanto em solos, refletindo a geologia do Estado do Espírito Santo, onde a maioria das rochas são granitoides formados por diferentes processos. Porém se destaca a região sudoeste do estado, onde o Ni foi detectado em teores mais elevados, onde ocorrem rochas do embasamento paleoproterozoico (Complexos Caparaó e Serra do Valentim).

N – Nitrogênio

O **Nitrogênio** é um gás, tendo como símbolo químico "N", sendo este o elemento mais abundante da atmosfera terrestre, fazendo-se presente na composição de todos os seres vivos. Na natureza apresenta sempre dois isótopos, encontrando-se na forma do gás Nitrogênio (N_2), sendo que nesta mesma forma o elemento compõe cerca de 78% do ar atmosférico. O nitrogênio possui ainda como características a falta de cor, cheiro ou gosto. O elemento é também dotado de uma alta energia de ligação, tendo como consequência a dificuldade do nitrogênio molecular de reagir facilmente com as demais substâncias, e sob condições normais de temperatura e pressão, este é relativamente inerte à maioria dos reagentes. Há uma troca contínua de nitrogênio entre a atmosfera, o solo, os oceanos e os organismos vivos, cuja quantidade é estimada em 108 a 109 t/ano. Esse processo é denominado **ciclo do nitrogênio**. O nitrogênio pode ser encontrado na natureza nas formas de nitrogênio orgânico, amoni-

acal, nitrito e nitrato, e ainda, em diversas estruturas orgânicas como aminoácidos, além de diversos outros compostos orgânicos. **Minerais de Minério:** A fonte primária é o gás N_2 , presente na atmosfera terrestre. Entretanto, outras fontes de N são rochas como o Salitre do Chile ($NaNO_3$), encontradas nos desertos do Chile, Bolívia e Peru, e o Salitre de Bengala (KNO_3), nos desertos da Índia, Pérsia e Egito. **Principais Utilidades:** O gás nitrogênio é utilizado em grandes quantidades como atmosfera inerte. Isso ocorre principalmente na indústria do ferro e do aço, em outras indústrias metalúrgicas, nas refinarias de petróleo, na limpeza das tubulações e dos reatores de craqueamento catalítico e reforma. **O nitrogênio é usado também como agente refrigerante.** Grandes quantidades de N_2 são consumidas na fabricação de amônia e de cianamida de cálcio. O N_2 é obtido em escala industrial, liquefazendo-se o ar e então realizando-se a destilação fracionada do mesmo. O N_2 tem ponto de ebulição menor que o O_2 , saindo da coluna de destilação antes do O_2 . Seis gases industriais são obtidos dessa maneira: N_2 , O_2 , Ne, Ar, Kr e Xe. Nitrato e outros compostos de nitrogênio são muito utilizados como fertilizantes e em explosivos. **Impactos Biológicos:** Baixas concentrações de nitrato podem estar presentes em águas naturais. No entanto, um máximo de 10mg/L medido em nitrogênio é permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 e pela Portaria MS 2914/2011 em água para consumo humano. Teores acima desse valor podem contribuir como causa da metahemoglobinemia infantil (o nitrato reduz-se a nitrito na corrente sanguínea, tornando o sangue azul) e câncer de estômago (INCA, 2012). Concentrações de nitrato muito elevadas nas águas fluviais podem indicar a presença de despejo de efluentes domésticos e/ou de fertilizantes, bem como de efluentes de indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes.

Neste trabalho, o nitrogênio foi analisado nas formas de nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) em amostras de água (superficial e para consumo humano). Os Valores Máximos Permitidos – VPMs definidos pelo CONAMA 357/2005 são: para nitrito, 1 mg/L e para nitrato, 10mg/L como N. Porém, os VMPs definidos pela *World Health Organization* – WHO (WHO, 2011) são: 3mg/L como NO_2^- e 50mg/L como NO_3^- . Como no projeto foram analisados NO_3^- e NO_2^- , serão considerados os VMPs da WHO.

Água para Abastecimento Público:

Nitrato - NO₃⁻

As concentrações de nitrato variaram de 0,005 a 10,24mg/L medidos em NO₃⁻. Todas as amostras apresentaram teores abaixo do VMP definido pela WHO (50mg/L NO₃⁻). Em geral os pontos de captação das águas utilizadas nas ETAs para tratamento e distribuição a população se localizam nas cabeceiras dos mananciais, onde dificilmente se encontram fontes antropogênicas.

Nitrito - NO₂⁻

Os teores de nitrito detectados variaram de 0,005 a 0,33mg/L medidos em NO₂⁻. Na maioria das amostras foi obtido teores abaixo do limite de quantificação (LQ) da metodologia analítica (0,01mg/L). Somente em 30% das amostras foi obtido teores de 0,02 a 0,33mg/L de nitrito, sendo que a concentração mais elevada foi detectada na amostra da estação de captação do município de Vila Pavão. Porém é muito mais baixa do que o VMP determinado pela WHO (3mg/L de nitrito).

Água Superficial:

Nitrato - NO₃⁻

As concentrações de nitrato variaram de 0,005 a 526,31mg/L medidos em NO₃⁻. A maioria das amostras apresentaram teores abaixo do VMP definido pela WHO (50mg/L NO₃⁻). Somente nos córregos Siri e Coqueiro, este último na bacia do rio Itapemirim, foram detectados teores elevados: 97,91 e 526,31mg/L de nitrato, respectivamente, acima do VMP da WHO. Provavelmente, as principais fontes desse íon nesses córregos são oriundas de efluentes domésticos ou atividades agrícolas.

Nitrito - NO₂⁻

Os teores de nitrito detectados variaram de 0,005 a 16,6 mg/L de NO₂⁻, sendo que em 42% das amostras analisadas os valores ficaram abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico (0,01mg/L). Em comparação com o VMP definido pela WHO (3mg/L de nitrito), somente a amostra coletada no ribeirão São João (16,6mg/L), na bacia do rio Itapemirim, apresentou valor 5 vezes superior, indicando contribuição antrópica.

Apreciação conjunta: Na maioria das amostras, os teores mensurados de nitrito e nitrato, tanto para água de abastecimento público, quanto para água superficial, foram abaixo dos VPMs definidos pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011). As estações de amostragem onde foram obtidas concentrações acima do VMP da WHO merecem estudos localizados na elucidação da fonte antropogênica.

OD - Oxigênio Dissolvido

O **Oxigênio dissolvido** é um fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. Durante a degradação da matéria orgânica, as bactérias usam oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo causar uma redução de sua concentração na água. Os níveis de OD tem variações sazonais e em períodos de 24h. Normalmente, em águas naturais e ao nível do mar, a concentração está em torno de 8mg/L a 25°C. A concentração de OD em lagoas e represas, varia verticalmente na coluna de água, ao passo que em rios e riachos apresenta variações mais horizontais ao longo do curso das águas. O valor mínimo de oxigênio dissolvido para preservação da vida aquática, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 é de 5mg/L, mas existe uma variação na tolerância de espécie para espécie.

Água para Abastecimento Público: Das 78 estações de coleta, somente em 68 foi possível fazer as medições de OD. Na maioria das ETAs foi medido valores de oxigênio dissolvido acima de 5mg/L. Somente em 15% das amostras analisadas foram encontrados valores abaixo do VMP pelo CONAMA 357/2005, sendo a maioria nos municípios na região sul do estado.

Água Superficial: Foram coletadas 345 amostras de água superficial, porém somente em 305 foi possível medir os valores de OD, sendo que a maioria, acima de 5mg/L, atendendo ao CONAMA 357/2005. Algumas amostras na região sul do estado, especialmente nas bacias dos rios Itapemirim, Benevente e na sub-bacia do rio Guandu (bacia do rio Doce) mostraram valores abaixo de 5mg/L.

Apreciação conjunta: No Espírito Santo a maioria das amostras, tanto de água para abastecimento público, quanto de água superficial, apresentaram valores de oxigênio dissolvido que atendem ao CONAMA 357/2005. Porém, algumas amostras localizadas na região sul do estado, apresentaram valores de OD abaixo de 5mg/L. A descarga em excesso de material orgânico na água pode resultar no esgotamento de oxigênio do sistema. Sendo que exposições prolongadas a concentrações abaixo de 5mg/L podem não matar alguns organismos presentes, mas aumenta a susceptibilidade ao estresse. Exposição abaixo de 2 mg/L podem levar à morte a maioria dos organismos.

P – Fósforo

O Fósforo é o décimo elemento em abundância na crosta terrestre. É um elemento não metálico,

semitransparente, fosforesce no escuro e pega fogo espontaneamente quando exposto ao ar. Encontra-se na forma de fosfatos normalmente associados com o cálcio. As maiores reservas de fósforo estão relacionadas a rochas de origem ígnea ou sedimentar. O fósforo é enriquecido em rochas máficas durante a diferenciação magmática se cristalizando no início do processo. O fósforo aparece em águas naturais sob a forma de fosfatos, devido principalmente às descargas de esgotos sanitários e alguns efluentes industriais. **Minerais de Minério:** É comum encontrar o fósforo sob a forma de apatita e fosfatos de metais alcalino-terrosos, como a hidroxiapatita, clorapatita, fluorapatita ou vivianita. Devido ao componente fósforo, a principal aplicação da apatita é na fabricação de ácido fosfórico para fertilizantes. As fosforitas são rochas sedimentares de origem marinha com alto teor de minerais fosfatados. **Principais Utilidades:** O principal uso dos fosfatos é na indústria de fertilizantes, além de ração animal e na indústria química (vidros especiais, composição de aços e prevenção contra corrosão de tubulações e caldeiras) (Minerpar, 2005). **Impactos Biológicos:** O fósforo está entre os principais elementos que constituem os seres vivos. No organismo humano faz parte da composição dos ossos e dentes, sob a forma de fosfato de cálcio, como ainda de importantes moléculas e enzimas. O excesso de ingestão de fósforo é expresso como hiperfosfatemia, que interfere no controle do sistema hormonal regulador do cálcio; calcificação, em particular do rim; osteoporose, pela redução na absorção de cálcio. Os fosfatos inorgânicos são um dos ingredientes mais utilizados e abundantes na composição dos detergentes em pó de uso doméstico e industrial. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo. **Mobilidade Ambiental:** Em condições oxidantes com pH <4,0 possui mobilidade moderadamente alta; em condições oxidantes com pH 5,0-8,0 e em ambiente redutor é ligeiramente móvel (Andrews-Jones, 1968 e Rose *et al.* 1979). **Tipos de depósitos:** Em termos mundiais, a rocha fosfática é a única fonte de fósforo viável, estando contida nos depósitos de origens sedimentares (em torno de 85%), ígneas (próximo a 15%, depósitos associados a rochas alcalinas - carbonatitos) e biogénicas (DNPM, 2015). Os minérios de fosfatos originados de sedimentos marinhos

estão localizados no México, Estados Unidos, Marrocos e Oriente Médio. Já os minérios de fosfatos originários de depósitos ígneos estão presentes na África do Sul, Rússia, Finlândia e Brasil, entre outros (DNPM, 2015). **Principais Jazidas:** Marrocos, China, Jordânia, EUA e África do Sul. No Brasil, a maioria das reservas de fosfato é em rocha de origem ígnea, cujo custo de produção é maior do que nas rochas sedimentares (maioria das reservas mundiais). No Brasil, a principal jazida localiza-se em Tapira-MG, também em Minas Gerais, Patos de Minas e Araxá; em Goiás, Catalão e em São Paulo, Cajati (DNPM, 2015).

Água para Abastecimento Público: Nas amostras de água, o fósforo foi analisado sob a forma de fosfato. No CONAMA 357/2005, o valor do fosfato é expresso em fósforo (P), sendo 0,02mg/L para fósforo total para ambiente lêntico e 0,1mg/L de fósforo total em ambientes lótico e intermediários. Todos os resultados analíticos das amostras de água coletadas nas ETAs mostraram valores abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico (0,1mg/L).

Água Superficial: Os resultados analíticos da maioria das amostras mostraram valores de fosfato abaixo do limite de quantificação (LQ) da metodologia analítica (0,1mg/L). Somente em seis amostras foram detectados teores de fosfato superiores a 0,1mg/L, localizadas nas bacias dos rios Itabapoana (córrego Arraial do Café – 0,2mg/L), Itapemirim (córrego Coqueiro – 2,2mg/L), Doce (rio Guandú – 1,4mg/L), Barra Seca (córrego Paraisópolis – 1,15mg/L) e São Mateus (rio Cricaré – 0,9mg/L e córrego Lajeado – 1,91mg/L). Os fosfatos aparecem em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos domésticos. Mas, também as águas drenadas em áreas agrícolas podem apresentar excessivos teores de fósforo sob a forma de fosfatos.

Sedimentos de Corrente: O fósforo foi detectado em 91% das amostras analisadas, com teores variando de 25 a 2.725ppm. As amostras coletadas nas bacias dos rios Itabapoana, Itapemirim e Doce apresentaram os teores mais elevados de fósforo, acima de 1500ppm, que são as bacias que apresentaram os teores mais elevados de fosfatos nas amostras de água superficial.

Solos: Nos solos, o fósforo foi detectado em 89% das amostras analisadas, com concentrações variando de 25 a 609ppm, sendo que os teores mais elevados ocorreram, principalmente, nas áreas das bacias dos rios Itapemirim e Benevente, como ainda em alguns pontos dispersos na bacia do rio Doce. Em

geral, o fósforo em excesso no solo ocorre com o uso abusivo de organofosforados na lavoura.

Apreciação conjunta: O elemento fósforo não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras. No Estado do Espírito Santo ocorre em elevadas concentrações em algumas amostras de sedimentos de corrente e solos, em especial nas bacias os rios Itabapoana, Itapemirim, Benevente e Doce, o que pode evidenciar contaminação antrópica.

Pb – Chumbo

O **Chumbo** é um elemento químico que ocorre naturalmente, em baixas concentrações na crosta terrestre. É um metal de cor branco-azulada, maleável, resistente à corrosão e fraco condutor de eletricidade. Fortemente calcófilo, o Pb^{+2} possui raio intermediário entre o K^+ e Ca^{+2} ocorrendo substituições nos feldspatos, micas e apatitas, portanto é mais enriquecido nas rochas ácidas do que nas básicas (Minerpar, 2005). Segundo Hakees & Webb (1962), a média crustal de chumbo é 16ppm, em solos é 10ppm e em água, varia de 0,3 a 3ppb. **Minerais de Minério:** Normalmente sob a forma de galena na maioria dos depósitos de chumbo/zinco. Outros minerais importantes de chumbo são: cerussita, anglesita, piromorfita, vanadinita, crocoíta e wulfenita. O Pb é encontrado associado a outros metais como o zinco, cobre, prata, tório e urânio. **Principais Utilidades:** O principal uso do Pb é na fabricação de acumuladores para automóveis, mas, também, é muito utilizado na fabricação de ácidos, em ligas metálicas para fabricação de solda, fusíveis e revestimentos elétricos. É utilizado ainda em pigmentos de tintas, protetores de raios-X e munições. A fabricação de chumbo tetra etílico vem diminuindo muito em função das legislações ambientais restritivas no mundo em respeito à sua aplicação como aditivo na gasolina. No Brasil, desde 1978 este aditivo deixou de ser usado como antidetonante. **Impactos Biológicos:** O Pb em altas concentrações no meio ambiente pode ser absorvido pelo organismo humano, podendo causar problemas de saúde, principalmente em crianças, que são mais sensíveis aos efeitos adversos, podendo afetar severamente o sistema nervoso central, com efeitos irreversíveis. Quando absorvido pode se acumular nos ossos, fígado e rins. **Mobilidade Ambiental:** Em ambiente oxidante com pH 5-8 comporta-se como ligeiramente móvel, e em ambiente redutor é imóvel (Rose *et al.* 1979, *apud* Licht, 1998). **Tipos de Depósitos:** Skarnitos com Pb e Zn relacionados a intrusões porfiríticas; depósitos relacionados a rochas sedimentares clásti-

cas. A produção de minério de chumbo no Brasil é restrita à mina de Morro Agudo em Paracatu, Minas Gerais, sendo um subproduto rentável da lavra de minério de zinco. O minério extraído é constituído por esfalerita (ZnS), fonte do zinco e galena (PbS), fonte do Pb. **Principais Jazidas:** Austrália, China, Rússia, EUA, México, Peru e Índia (USGS, 2011). A produção de concentrado de Pb no Brasil é proveniente da Mina do Morro Agudo em Paracatu-MG. (DNPM, 2015).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: No estado do Espírito Santo, as concentrações de chumbo obtidas nas amostras de água superficial e para abastecimento público foram abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico (0,002ppm).

Sedimentos de Corrente: O Pb foi detectado em todas as amostras, variando de 0,1 a 85ppm e valor médio de 11,07ppm, compatível com a média crustal (16ppm). Os teores mais elevados foram obtidos na região sul do estado, em pontos dispersos, principalmente nas bacias dos rios Itabapoana, Itapemirim e Doce (sub-bacia do rio Guandu), porém esses valores estão abaixo do valor orientativo para prevenção definido pelo CONAMA 454/2012 (91,3ppm). Esses teores provavelmente são contribuição geogênica.

Solos: O chumbo foi detectado em todas as amostras, variando de 1,1 a 42,5ppm e valor médio de 13,86ppm, próximo da média crustal para solos (10ppm) e abaixo do valor orientativo de prevenção definido pelo CONAMA 420/2009 (72ppm) e abaixo do valor de referência de qualidade para solos do Estado do Espírito Santo, definido por Paye (2008) – 5,39ppm. A dispersão dos teores de chumbo no território do Espírito Santo é similar a dos sedimentos.

Apreciação conjunta: Os teores de chumbo obtidos no Espírito Santo estão abaixo dos valores definidos pelas legislações ambientais e coerentes com a média crustal, evidenciando origem geogênica.

pH - Potencial Hidrogeniônico

O **Potencial Hidrogeniônico** (quantidade de prótons H^+) indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. A escala de pH varia de 1 a 14, em temperatura de 25°C, e indica a concentração de íons H^+ presentes na água. O pH 7 significa neutralidade, enquanto que valores menores que 7 representam caráter ácido e maiores que 7, caráter alcalino. A Resolução CONAMA 357/2005 define os

valores de pH entre 6 e 9 como padrão de qualidade da água.

Água para Abastecimento Público: Os valores de pH medidos nas amostras coletadas nas ETAs estão inclusos no intervalo definido pelo CONAMA (6 a 9).

Água Superficial: Assim como as amostras para abastecimento público, as superficiais também atendem ao CONAMA 357/2005.

Apreciação conjunta: No Espírito Santo todas as amostras de água para abastecimento humano e superficiais coletadas no projeto estão de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

Rb – Rubídio

O **Rubídio** não é um elemento muito abundante na crosta terrestre, porém como seu raio iônico é muito similar ao do potássio, substitui-o parcialmente nas suas espécies minerais, onde aparece como impureza. É um metal alcalino, coloração branco-prateada brilhante, temperatura de fusão <40°C, eletropositivo e muito reativo e elevada volatilidade. Segundo Levinson (1974) a concentração média crustal do rubídio é 90ppm, em solos varia de 20 a 500ppm e em águas fluviais é 1ppb. **Minerais de Minério:** É encontrado em diversos minerais como a lepidolita, leucita, polucita e zinwaldita. **Principais Utilidades:** O Rb é utilizado, principalmente, na fabricação de cristais especiais para sistemas de telecomunicação de fibra ótica e na fabricação de vidros especiais; motores iônicos em veículos espaciais, como componente de fotocélula; utilizado junto com o cério em relógios atômicos e na fabricação de fogos de artifícios. Possui isótopo radioativo ^{87}Rb fazendo par com o Sr ($^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$) utilizado para estabelecer idades convencionais em rochas para eventos magmáticos e metamórficos. **Impactos Biológicos:** Não apresenta um papel biológico conhecido, sendo considerado atóxico. Pode se acumular no organismo junto ao K nos músculos (Minerpar, 2005) e, no corpo, quando substitui o K (em grandes quantidades), pode causar irritabilidade e espasmos (Winter, 1998). **Mobilidade Ambiental:** É ligeiramente móvel em condições oxidante e redutora (Andrews-Jones, 1968 e Rose *et al.* 1979). **Tipos de Depósitos:** O Rb aparece relacionado a depósito hidrotermal plutônico (Biondi, 2003); em pegmatitos zonados, onde encontramos o Rb em quantidade de traços nos retículos dos feldspatos e micas (lepidolita e pollucita); em depósitos sedimentares marinhos, relacionados a evaporitos (USGS, 2011); e relacionado a salmouras. **Principais Jazidas:** Afeganistão, Namíbia, Peru, Rússia e Zâmbia (pegmatitos);

França, Alemanha e EUA (evaporitos); e Chile e China (em salmouras) (USGS, 2011).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O rubídio não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O Rb foi detectado na maioria das amostras, com teores variando de 0,1 a 110ppm, sendo o valor médio 12,9ppm. O padrão de dispersão geoquímico é similar ao do potássio, com os teores mais elevados na região sul do estado e pontos dispersos na bacia do rio Doce. O teor mais elevado, tanto de Rb quanto de K, foi obtido no rio Cobra, na bacia do rio Doce, onde ocorrem granitoides sin a tardi-orogênicos, evidenciando assim, origem geogênica.

Solos: O rubídio foi detectado em 97% das amostras analisadas, variando de 0,1 a 139ppm. Os teores mais elevados, acima de 80ppm são: Fazenda Mata Verde (81,3ppm) em Ecoporanga, Vargem Grande (85,3ppm) em Afonso Cláudio, Rosário (85,4ppm) em Baixo Guandu e Córrego Santa Rita (139ppm) também em Ecoporanga. Nessas regiões ocorrem granitoides sin a tardi-orogênicos (granitos e ortogneisses) e rochas metassedimentares proterozóicas do Complexo Nova Venécia (paragneisses à sillimanita, granada e cordierita com intercalações de calcissilicáticas e anfíbolitos) e do Grupo Itálva.

Apreciação conjunta: O elemento rubídio não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras. De acordo com os padrões de dispersão geoquímicos obtidos nas amostras de sedimentos de corrente e de solos no Espírito Santo, ficou evidenciado a origem geogênica, especialmente com a associação Rb – K observada nos sedimentos de corrente.

S – Enxofre

O **Enxofre** é o décimo-sexto elemento em abundância na crosta terrestre. É um não metal, de coloração amarela, sólido a temperatura de 20°C, mal condutor de calor e eletricidade, inodoro e insolúvel em água. Elemento bastante comum na superfície da litosfera, ocorrendo em diversos minerais sob a forma de sulfetos e sulfatos, ou mesmo em sua forma pura, em regiões vulcânicas. Nos primeiros estágios de cristalização e nos estágios finais da formação das rochas a quantidade de enxofre é muito pequena, no entanto nos estágios hidrotermais e pneumatolíticos a concentração de enxofre aumenta em grande escala (Rankama & Sahama, 1954). A média crustal do enxofre é 900ppm, em solos é 850ppm e em água, varia de 5 a 500ppb (Hakes & Webb, 1962). **Minerais de Minério:** Na forma nativa

é encontrado em fontes termais, zonas vulcânicas e em meteoritos. Também está presente, em pequenas quantidades, em combustíveis fósseis como o carvão e o petróleo. Entre os minerais de sulfeto que contém enxofre, podemos citar a galena, pirita, esferiterita e cinábrio entre outros. **Principais Utilidades:** O enxofre é utilizado em vários processos industriais, como na produção de ácido sulfúrico, na fabricação de fósforos, adubos químicos e medicamentos laxantes, como componente da pólvora e vulcanização da borracha. Também é usado para branquear o papel e como conservante de bebidas alcoólicas. É utilizado em fertilizantes, além de ser constituinte da pólvora, de medicamentos laxantes, de palitos de fósforos e de inseticidas. **Impactos Biológicos:** É um nutriente essencial para todos os organismos vivos. No organismo humano, alguns aminoácidos importantes na síntese das proteínas, contém enxofre. É constituinte de algumas enzimas e vitaminas e ajuda o fígado na secreção da biliar. As plantas absorvem o enxofre dos solos como íon sulfato. **Mobilidade Ambiental:** Possui mobilidade muito alta em condições oxidantes com pH < 4 e pH 5-8 (Rose *et al.* 1979, *apud* Licht, 1998). **Principais jazidas:** São relacionados a depósito hidrotermal vulcânico e associado a depósitos evaporíticos de gipsita. **Localização das Principais Jazidas:** EUA, China, Canadá, Rússia, Alemanha, Japão e Arábia Saudita. No Brasil, parte do enxofre (35%) é obtido através do refino de petróleo e gás, sendo o restante proveniente da industrialização do Cu, Zn e Ni (DNPM, 2009), além do depósito de enxofre nativo do Castanhal em Sergipe (Biondi, 2003).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O elemento enxofre foi determinado nas amostras de água sob a forma de sulfato e está comentado a seguir.

Sedimentos de Corrente: O enxofre foi detectado em 44% das amostras analisadas, dispersos na faixa litorânea do estado, com teores variando de 0,005 a 1,11%. O teor mais elevado foi obtido na amostra coletada no Canal do Pinto, na foz do rio Itapemirim, seguido do rio Reis Magos (0,64%), rio Laranjeiras (0,22%) e do córrego Grande do Meio (0,18%), na bacia do rio São Mateus. Todos os teores estão acima da média crustal (0,09%).

Solos: Os teores de enxofre nos solos foram detectados em 82% das amostras analisadas, variando de 0,005 a 0,06%, e valor médio de 0,02%, abaixo da média crustal para solos (0,085%). Os teores mais elevados se concentram numa faixa na região sul do estado e na região do córrego Grande do Meio, na

bacia de São Mateus, local da amostra de sedimento de corrente com 0,18% de enxofre.

Apreciação conjunta: O enxofre foi detectado no Espírito Santo em concentrações compatíveis com a média crustal, evidenciando origem geogênica.

Sb – Antimônio

O **Antimônio** é um semimetal, coloração branco-acinzentada, brilho metálico, não é bom condutor de calor e eletricidade, e é solúvel em água régia. Cristaloquímica e geoquimicamente é semelhante ao arsênio e, em parte ao bismuto (Mason, 1966, *apud* Mineropar, 2005). Possui forte tendência de se combinar com enxofre (calcófilo). O antimônio é incorporado aos sedimentos de drenagem na forma de minerais sulfetados detríticos (estibinita, galena e blenda) (BGS, 1991, *apud* Mineropar, 2005). O Sb está presente na crosta terrestre em concentração média de 0,3ppm (Hakes & Webb, 1962). **Minerais de Minério:** É mais abundante como sulfeto, no mineral estibinita e em sulfetos metálicos complexos. Também ocorre nos minerais antimonita, ulmanita, quermesita, livingstonita, tetraedrita, calcostibita, wolfsbergita e jemesonita. **Principais Utilidades:** Assim como outros metais, é utilizado em ligas com o chumbo e o estanho, em baterias e revestimento de cabos. Também é adicionado a cerâmicas e esmaltes, na borracha e na fabricação de fogos de artifício e de alguns medicamentos, especialmente para tratamento das doenças parasitárias leishmaniose e esquistossomose. Em pesquisa mineral é utilizado como farejador de Au. **Impactos Biológicos:** O antimônio não desempenha papel biológico conhecido nos seres vivos. Quando em elevadas concentrações, a exposição ao antimônio, pode ser prejudicial ao ser humano, causando alterações cardíacas, renais e hepáticas (Teixeira, 1991). A inalação, ingestão e contato com a pele, podem provocar respectivamente irritações nos olhos e pulmões, vômitos e irritação (ATSDR, 1999). **Mobilidade Ambiental:** Em ambiente oxidante (pH 5-8) a mobilidade é moderadamente alta; em ambiente redutor é imóvel (Andrews-Jones, 1968 e Rose *et al.* 1979). **Tipos de Depósitos:** Depósitos relacionados a fluidos hidrotermais de baixa temperatura associados a Pb, Hg e Ag; depósitos de quartzo e estibinita associados a rochas vulcânicas félsicas, a máficas subaéreas e relacionados a intrusões porfíricas em rochas vulcânicas próximas a Cu-pórfiro (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998, *apud* Licht *et al.*, 2007); depósito de Sb em sistema metamórfico relacionado a zona de cisalhamento. Principais Jazidas:

China, Rússia, Tajiquistão, Bolívia e África do Sul (USGS, 2011).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: Todos os resultados analíticos das amostras de água analisadas (abastecimento público e superficiais) foram abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico (0,005mg/L).

Sedimentos de Corrente: O antimônio foi detectado em 62% das amostras analisadas, com teores variando de 0,025 a 1,56ppm e valor médio de 0,09ppm, próximo da média crustal (0,03ppm). A maioria das concentrações são baixas, com exceção de 7 amostras que ocorrem dispersas na região sul do estado, nas bacias dos rios Itapemirim, Doce (sub-bacia do rio Guandu), Barra Seca, Piraquê-Açu e no rio Laranjeiras e ribeirão Juruá, que deságuam no Oceano Atlântico. O teor mais elevado foi obtido no rio São Domingos Grande na sub-bacia do rio Guandu.

Solos: O Sb foi detectado em 90% das amostras analisadas, com concentrações entre 0,025 a 0,85ppm e valor médio, 0,15ppm. Os teores mais elevados ocorreram na região sul do estado, correspondendo a áreas com rochas granitoides de várias idades e composição. Observa-se que algumas áreas coincidem com as de teores mais elevados em sedimentos de corrente.

Apreciação conjunta: O elemento antimônio não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras. Os baixos teores detectados nos solos e sedimentos de corrente, assim como os padrões de dispersão geoquímicos obtidos nestas amostras, evidenciam a origem geogênica.

Sc – Escândio

O **Escândio** é um elemento de transição do grupo das terras-raras. É um elemento raro na crosta terrestre, sendo encontrado em pouca quantidade em todas as jazidas de terras-raras e em muitos minérios de estanho e tungstênio. Possui coloração prata clara, baixa densidade e alto ponto de fusão, além de sob a ação do ar adquire película amarelada a rosada. Cristaloquimicamente pode substituir o Mg, Fe, Al, Cr e Ti (ocorrendo associado aos minerais ferromagnesianos), é enriquecido nas rochas máficas nos estágios iniciais de cristalização, estando presente também em pegmatitos e depósitos hidrotermais (Koljonen *et al*, 1992, *apud* por Mineropar, 2005). É abundante em carbonatitos, é adsorvido por argilas e hidróxidos de Fe e Al em clima quente e úmido (bauxita e lateritas). **Minerais de Minério:** o principal mineral de escândio é a thortveitita, mine-

ral raro encontrado na Noruega, em formações graníticas, sterritita e kolbeckita (fosfatos hidratados) (Branco, 1982, *apud* Mineropar, 2005). **Principais Utilidades:** o óxido de escândio é usado para produção de lâmpadas fluorescentes, para craqueamento do petróleo como traçador, além de ser utilizado nas indústrias aeroespacial e aeronáutica. Impactos Biológicos: não tem papel biológico conhecido. **Mobilidade Ambiental:** tanto em ambiente oxidante quanto em redutor o Sc é imóvel (Andrews-Jones, 1968 e Rose *et al*. 1979). **Tipos de Depósitos:** é encontrado nas jazidas como subproduto associado aos depósitos de: (i) molibdênio, (ii) Ni-Co (iii), Fe-W-Sn, (iv) apatitas eudialytas na Península de Kola, (v) depósitos de urânio como subproduto (thortveitita ~34% Sc₂O₃), (vi) pegmatitos ricos em thortveitita e (vii) ocorrência de thortveitita reportada a Kobe, Japão (USGS, 2011). **Principais Jazidas:** o escândio como subproduto: na China, Cazaquistão, Rússia e Ucrânia. Recursos são encontrados na Austrália, China, Cazaquistão, Madagascar, Noruega, Rússia e Ucrânia.

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: As amostras de água de abastecimento e superficial não foram analisadas para o elemento escândio.

Sedimentos de Corrente: O escândio foi detectado na maioria das amostras, com teores de 0,05 a 27,3ppm, com valor médio de 4,02ppm. As concentrações mais elevadas, são pontuais e localizam-se na região sul e sudoeste, se estendendo numa faixa até o litoral, abrangendo a bacia do rio Santa Maria de Vitória. O arcabouço litoestratigráfico nesta região é representado, principalmente, por rochas ígneas e metamórficas de idades neoproterozoicas a cambrianas (orto e paragneisses, granitos, charnockitos, norito, gabro, diorito, monzogranito e anortosito). O embasamento cristalino aflora no limite sudoeste Minas Gerais, representado pelos Complexos Caparaó e Serra do Valentim, constituída por uma associação de granulitos de composição charnockítica, enderbítica, quartzo diorítica e gábrica.

Solos: O Sc foi detectado em quase todas as amostras, com concentrações variando de 0,05 a 17,9ppm. O valor médio foi de 7,12ppm. A maioria dos teores mais elevados foi detectado na porção sul do estado, onde também foram obtidos os teores mais elevados de escândio em sedimentos de corrente. Porém, é observado ainda alguns valores elevados em estações de amostragem na região norte do estado, nas bacias dos rios Itaúnas e São

Mateus, onde também predominam granitoides (ortognaisses e granitos).

Apreciação conjunta: O elemento escândio não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras de sedimentos de corrente e solos. O padrão geoquímico do Sc, tanto nos sedimentos de corrente, quanto nos solos mostra que os teores mais elevados são encontrados na região sul do estado e evidenciam origem natural (geogênica).

Se - Selênio

O **Selênio** é um elemento raro na natureza, existindo naturalmente em rochas, sedimentos e solos. Ocorre associado aos minérios do grupo dos sulfetos e a outros elementos como Pb, Hg, Cu, Ag e Th, e forma minerais raros como claustalita, tiemanita, naumanita, klockmanita, berzelianita, umangita, eucairita e crooksita. Segundo Levinson (1974), a média crustal é 0,05ppm, em solos é 0,2ppm e em águas fluviais é 0,2mg/L. **Minerais de Minério:** Ocorre em seu estado nativo juntamente com o enxofre ou, ainda, sob a forma de selenetos em alguns minerais complexos, tais como: seleneto de cobre e prata; seleneto de chumbo; seleneto de prata; seleneto de cobre, titânio e prata; e seleneto de cobre e chumbo. **Principais Utilidades:** Tem várias aplicações na área da eletrônica e elétrica; em fotografias é utilizado como catalisador na oxidação, hidrogenação e desidrogenação de compostos orgânicos, sendo também adicionado aos aços inoxidáveis. Melhora a resistência ao desgaste da borracha vulcanizada. **Impactos Biológicos:** É um micronutriente para todas as formas de vida, sendo essencial ao organismo humano. Embora o selênio seja um elemento químico relativamente escasso na natureza, as atividades humanas como a agricultura e a indústria podem aumentar a concentração de várias espécies de selênio, em mananciais, para níveis que podem ser prejudiciais aos organismos. Os compostos de selênio são liberados para a atmosfera e a água sob forma de gases e cinzas durante a combustão do carvão e petróleo, durante a fundição e refino de metais como cobre, chumbo e zinco e o fabrico de cerâmica, vidro e esmalte. O selenato de sódio é utilizado como inseticida. As formas de exposição de seres humanos ao selênio ocorrem por meio da ingestão de alimentos ou água, bem como pelo contato com solos, resíduos ou ambientes contendo altas concentrações desse elemento na forma de vapor/gás. Sua carência nos humanos pode causar: esterilidade feminina, infecções, problemas de crescimento e insuficiência pancreática. Seu excesso (em

nível de nutriente) nos humanos pode causar: artrite, cansaço, halitose, irritabilidade, disfunção renal, desconforto muscular, pele amarelada e cardiopatia. **Mobilidade Ambiental:** É altamente móvel em condições ambientais de oxidação e altamente imóvel em ambientes redutores. **Tipos de Depósitos:** As principais fontes são os minérios de cobre, dos quais o selênio é recuperado como subproduto a partir dos processos de *flash smelting* e/ou refinação eletrolítica. **Localização das Principais Jazidas:** Dentre os maiores produtores mundiais de selênio figuram EUA, Canadá, Suécia, Bélgica, Japão e Peru.

Água Superficial e Água para Abastecimento Público: Os resultados analíticos nas amostras de água superficial e daquelas utilizadas para abastecimento público foram detectados abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico (0,002mg/L).

Sedimentos de Corrente: Somente em 7% do número de amostras analisadas foram detectados teores mais elevados do que o limite de detecção da metodologia analítica (LD) (1ppm). Os teores mais elevados, de 2 a 8 ppm, ocorreram em pontos isolados nas bacias do rio São Mateus e rio Doce.

Solos: O selênio foi detectado somente em 31% das amostras analisadas, com teores variando de 1 a 3ppm, abaixo do valor orientativo de prevenção definido na Resolução CONAMA 420/2009 (5ppm). Os teores mais elevados ocorreram na bacia do rio São Mateus em terrenos de coberturas sedimentares cenozoicas e nas bacias dos rios Jucu e Benevente, em rochas sedimentares proterozoicas: Grupo Itálva, com contribuição vulcanossedimentar.

Apreciação conjunta: A Resolução CONAMA 454/2012 não contempla o elemento selênio. A maioria das concentrações de selênio no estado do Espírito Santo em sedimentos de corrente e em solos é muito baixa. As poucas amostras com teores mais elevados, evidenciam que a origem desse elemento é natural (geogênica).

Si - Silício

Na crosta terrestre o **Silício** é o segundo elemento mais abundante. É encontrado em praticamente todas as rochas e solos. Combinado com o oxigênio, forma a sílica (SiO₂), com oxigênio e outros elementos (como, por exemplo, alumínio, magnésio, cálcio, sódio, potássio ou ferro), forma silicatos, sendo os principais os feldspatos e micas. Na água do mar, a sua concentração é relativamente baixa, com média de apenas 3mg/L. **Minerais de Minério:** É um componente essencial da grande maioria das rochas. Arenitos, argilitos e granitos são exemplos de rochas

que contem compostos de silício. O quartzo (SiO_2) pode apresentar diferentes cores de acordo com a presença de pequenas quantidades de elementos associados. A sílica quase pura é conhecida como cristal de rocha. A opala, calcedônia e a sílica amorfa hidratada são encontradas em várias cores. **Principais Utilidades:** É empregado na fabricação de vidros especiais - como os boro-silicatos (tipo Pyrex®), esmaltes, vernizes especiais e cerâmicas variadas. O silício forma uma importante classe de compostos conhecidos como silicones, que podem ser encontrados como óleos, graxas e borrachas. Alguns deles têm importantes usos em cirurgias plásticas, como, por exemplo, nos implantes de seios e em outras próteses. O silício, em função de sua abundância na Terra, é amplamente utilizado como matéria-prima de diversos produtos, assim como é produto final e subproduto em vários processos industriais, ocasionando a exposição ocupacional em diversas atividades de trabalho de uma empresa, ou ainda pela contaminação do ambiente no entorno, como é o caso de pedreiras. **Impactos Biológicos:** A exposição ocupacional se dá por meio da inalação de poeira contendo sílica livre cristalina. No Brasil, as atividades que apresentam o maior risco de exposição à sílica são: mineração, construção civil (construção de túneis, barragem e estradas), indústria naval (jateamento de areia na opacificação de vidros), na fundição e no polimento de peças na indústria metalúrgica, indústria de cerâmicas, fabricação de vidros, atividades de moagem de quartzo e pedras, artesanatos e acabamentos em mármore, granito, ardósia e outras rochas. Na situação de exposição ocupacional, a inalação de poeira é intensa e duradoura, podendo causar silicose, câncer de pulmão, tuberculose e diversas doenças autoimunes. Desta forma, configura-se num problema de saúde pública, em especial no campo da saúde do trabalhador e do meio ambiente. **Mobilidade Ambiental:** A mobilidade do silício é baixa sob condições de oxidação e redução, em meio ácido, neutro ou alcalino. **Tipos de Depósitos:** O quartzo hialino em diversas colorações, principalmente ametista (violeta), e translúcido ocorre em pegmatitos e filões hidrotermais. **Localização das Principais Jazidas:** As maiores jazidas de opala se encontram nas minas da Austrália e América Central, incluindo o México. Na Eslováquia encontra-se opala nas minas próximas a Presoy (Dubnik). O silício é particularmente importante como bloco de construção de algas unicelulares (diatomáceas). O Brasil possui grandes reservas de quartzo hialino, especialmente nos estados de Goiás, Minas

Gerais e Bahia. A única ocorrência de opala encontra-se em Pedro II, no Piauí.

Água para Abastecimento Público: O silício foi detectado em todas as amostras analisadas, com teores entre 0,29 e 12,15mg/L. Somente em 3 amostras foram obtidos teores mais elevados: nas captações das ETAs de Presidente Kennedy, Apiaçá e Atílio Vivacqua, na região sul do estado.

Água Superficial: O silício, também foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,87 a 19,49mg/L e valor médio de 5,7mg/L. Os teores mais elevados encontram-se dispersos nas bacias dos rios Itapemirim, Doce, São Mateus e Itaúnas.

Sedimentos de Corrente e Solos: O elemento silício não foi analisado nas amostras de sedimentos de corrente e solos.

Apreciação conjunta: O silício não é contemplado nas legislações ambientais para água (superficial e para abastecimento humano). Foi detectado em todas as amostras de água, evidenciando a contribuição geogênica.

Sn - Estanho

O **Estanho** é um semimetal, coloração branco-metálica e maleável; bom condutor de eletricidade e de calor; resistente à corrosão; inerte ao oxigênio em condições ambiente e apresenta baixa temperatura de fusão em relação aos outros metais. A sua mobilidade durante o intemperismo é altamente dependente do pH; o Sn^{+2} é um forte agente redutor, pode estar presente apenas em ambientes ácidos e redutores (Mineropar, 2005). Hawkes & Webb (1962) reporta que a média crustal do estanho é 32ppm e em solos é 10ppm. **Minerais de Minério:** O estanho é obtido de minérios como a cassiterita (SnO_2) e a estanita ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$). Os possíveis minerais hospedeiros deste elemento são: a biotita, a moscovita, os anfibólios, o rutilo, a turmalina e a magnetita. As associações naturais do estanho são essencialmente em pegmatitos (Sn-W-Nb-Ta-Be-B-Li-Rb-Cs-REE), em filões e *greisens* (Sn-W-B-F-Be) e em cassiterita (Sn-B-F-As). A cassiterita origina as principais jazidas de estanho. **Principais Utilidades:** é usado na indústria farmacêutica, de vidros e corantes. Também está presente em pastas de dente, perfumes, sabões, alimentos, nas ligas (Sn-Cu, Sn-Bi-Cu), nas tintas, nos fungicidas, nos inseticidas e nos bactericidas. Sob a forma de compostos orgânicos, as principais aplicações são: a produção de plásticos, embalagens de alimentos, tubos (PVC), pesticidas, tintas, preservativos de madeira e repelentes. O estanho metálico é usado no revestimento de latas

para alimentos, bebidas e aerossóis. Está presente em ligas tais como latão e bronze, e soldas. **Impactos Biológicos:** O metal não constitui grande risco, mas a elevada exposição humana ao estanho e seus compostos pode produzir diversos efeitos tais como neurológicos, hematológicos e imunológicos. **Mobilidade Ambiental:** é imóvel em condições oxidantes e redutora (Rose et al., 1979, *apud* Licht, 1998). **Tipos de Depósitos:** relacionado a depósitos associados a rochas félsicas intrusivas em “*skarnitos*” e sulfetos tipo “*stratabound*”, veios de Sn e Sn em *greisens*; relacionados à intrusões porfiríticas (Sn-pórfiros e veios com Sn e polimetálicos); relacionados com vulcânicas félsicas (Sn em riolitos); e depósitos relacionados a processos superficiais do tipo “*placers* de cassiterita” (Cox & Singer, 1992; Orris & Bliss, 1991; Orris, 1998, *apud* Licht et al., 2007). **Principais Jazidas:** Peru, Bolívia, Indonésia, China, Brasil e Congo (USGS, 2011). No Brasil, as principais reservas de estanho estão localizadas na região Amazônica: mina do Pitinga (AM) e na Província Estanífera de Rondônia (Bom Futuro, Santa Bárbara, Massangana e Cachoeirinha em RO) (DNPM, 2015).

Água Superficial e Água para Abastecimento Público: Os resultados analíticos para Sn nas amostras de água superficial e daquelas utilizadas para abastecimento público foram detectados abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico (0,01ppm).

Sedimentos de Corrente: Os teores de estanho nas amostras de sedimentos de corrente variaram de 0,4 a 82,6ppm, ocorrendo concentrados na região sul do estado. A maioria dos teores de Sn nas amostras estão muito abaixo da média crustal (32ppm), sendo que somente numa amostra (IS-L-092) coletada no rio Guandú, na bacia do rio Doce, foi detectado valor mais elevado – 89,6ppm.

Solos: O estanho foi detectado na maioria das amostras, com teores entre 0,3 a 12,6ppm, concentrados na porção sul do estado, similar às ocorrências do elemento nas amostras de sedimentos de corrente, com exceção do teor mais elevado (12,6ppm), no local Córrego Santa Rita, no município de Ecoporanga, na divisa com Minas Gerais.

Apreciação conjunta: O elemento estanho não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras. Foi detectado em todas as amostras de sedimentos de corrente e em 98% das amostras de solos, estando associado a granitoides.

Sr - Estrôncio

O **Estrôncio** é um metal alcalino terroso, branco prateado, maleável, dúctil, bom condutor de eletri-

cidade, oxida-se rapidamente quando exposto ao ar. O estrôncio é um elemento abundante na natureza, é encontrado majoritariamente na forma de sulfato (celestita) e carbonato (estroncianita). A similaridade dos raios iônicos do cálcio e estrôncio permitem que este substitua o primeiro nas redes iônicas de suas espécies minerais. É enriquecido nas rochas alcalinas, principalmente, carbonatitos. Segundo Levinson (1974), a média crustal do estrôncio é 375ppm, em solos varia de 50 a 1.000ppm, enquanto em águas fluviais, é 50mg/L. **Minerais de Minério:** Celestita e estroncianita. **Principais Utilidades:** Como metal, o estrôncio não tem aplicação direta. Seus compostos são utilizados na indústria açucareira, na produção de fogos de artifício e de tintas luminescentes. O estrôncio é considerado um metal de alta tecnologia. O brometo e o cloreto de estrôncio são utilizados em medicina para controlar certos distúrbios nervosos. Outros compostos deste elemento aplicam-se no tratamento do reumatismo e na prevenção de osteoporose e das cáries. O isótopo radioativo ^{85}Sr é usado na detecção de câncer nos ossos. **Impactos Biológicos:** O estrôncio tem um papel semelhante ao do cálcio no metabolismo humano, estando envolvido na formação do esqueleto e dos dentes, não sendo, portanto, tóxico. No entanto, os isótopos naturais ^{89}Sr e ^{90}Sr são extremamente perigosos uma vez ingeridos, pois ocupam o lugar do cálcio na estrutura óssea. Atuam, então, como fonte de radiação interna, podendo danificar a medula óssea e as células do sangue em formação e contribuindo para o aparecimento do câncer. **Mobilidade Ambiental:** Tanto em ambiente oxidante ($\text{pH} < 4$ e $\text{pH} 5-8$), quanto em ambiente redutor, a sua mobilidade é moderadamente alta (Rose *et al.* 1979, *apud* Licht, 1998). **Tipos de Depósitos:** Hidrotermal plutônico associado a veios de pegmatitos; endógeno plutônico associado a carbonatitos (Biondi, 2003). As **principais jazidas** encontram-se na China, Espanha, México, Argentina, Marrocos, Irã e Paquistão (USGS, 2011).

Água para Abastecimento Público: O estrôncio foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,0014 a 0,064mg/L. Em 3 amostras coletadas nos locais de captação das ETAs de Apiacá, Atílio Vivacqua e Presidente Kennedy foram obtidas as concentrações mais elevadas: 0,062mg/L, 0,060mg/L e 0,064mg/L, respectivamente. Nas amostras coletadas nessas ETAs também foram obtidos os teores mais elevados de Si e Ca, evidenciando origem geogênica.

Água Superficial: Na maioria das amostras foi detectado estrôncio, com teores variando de 0,005 a 2,19mg/L, sendo as concentrações mais elevadas obtidas nas amostras coletadas no litoral, evidenciando influência da cunha marinha e/ou origem natural proveniente dos sedimentos litorâneos.

Sedimentos de Corrente: Em 98% das amostras analisadas foram detectados teores de estrôncio variando de 0,25 a 2.654ppm. As maiores concentrações encontram-se na região sul que se estende numa ampla faixa no litoral leste, entre os municípios de Vitória e Linhares, abrangendo as áreas onde foram constatadas as concentrações mais elevadas nas amostras de água superficial.

Solos: Em todas as amostras analisadas foram detectadas concentrações de estrôncio, variando de 0,5 a 56,1ppm. As concentrações mais elevadas foram obtidas na região sul do estado, similar as ocorrências do elemento nas amostras de sedimentos de corrente. O teor mais elevado foi detectado na amostra coletada no local Aruaba, no município de Serra, na região metropolitana de Vitória, onde ocorrem sedimentos cenozoicos, corpos granitoides pós-orogênicos e paragneisses à sillimanita, granada e cordierita com intercalações de calcissilicáticas, do Complexo Nova Venécia.

Apreciação conjunta: O elemento Sr não é contemplado nas legislações ambientais para água, sedimentos e solos. Os resultados analíticos obtidos em todos os meios amostrados e analisados evidenciam origem geogênica.

SO₄²⁻ - Sulfato

O **Sulfato** é um dos íons mais abundantes na natureza. É um íon abundante na água do mar, no entanto sua concentração diminui em águas estuárias, seja pelo efeito da diluição devido à entrada de água doce ou pela redução a sulfeto, principalmente em locais com intenso aporte de matéria orgânica. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de minerais das rochas e dos solos e pela oxidação de sulfetos. As principais fontes antrópicas nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e industriais. As concentrações de sulfato em águas naturais variam em geral de 2 a 80mg/L, embora possa exceder a 1.000mg/L em áreas próximas a descargas industriais ou em regiões áridas onde sulfatos minerais estão presentes. Nas águas tratadas para uso humano, é proveniente do uso de coagulantes, sendo importante o seu controle, pois sua ingestão em elevadas concentrações pode provocar efeito laxativo. A maioria dos sais de

sulfato é solúvel, exceção ao sulfato de cálcio, de estrôncio e de bário.

Água para Abastecimento Público: O íon sulfato foi detectado em 93% das amostras analisadas, com teores entre 0,005 a 44,98mg/L, muito abaixo do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 (250mg/L). A maioria das concentrações mais elevadas foram obtidas em estações de captação de ETAs dos municípios da bacia de São Mateus (Água do Rio Doce, Barra de São Francisco, Vila Pavão, Conceição da Barra e São Mateus) e, as estações de captação dos municípios de Linhares (bacia do rio Doce) e Muniz Freire (bacia do rio Itapemirim) foram detectados 32,8mg/L e 35,01mg/L, respectivamente.

Água Superficial: O sulfato foi detectado na maioria das amostras, com teores variando de 0,005 a 987,91mg/L, sendo que 3 amostras excederam o VMP para sulfato segundo o CONAMA 357/2005 (250mg/L). As amostras são: rio Guandú (987,91mg/L) na bacia do rio Doce, Córrego do Siri (796,25mg/L) e córrego Piranema (293,19), sendo que os dois córregos desaguam no litoral com a presença de manguezais, portanto uma contribuição natural. A estação de coleta no rio Guandú se localiza no município Baixo Guandu, após permear os municípios de Afonso Cláudio e Laranja da Terra e receber afluentes em Brejetuba e Itaguaçu, provavelmente recebendo efluentes domésticos e agropecuários, visto que o uso dos solos nestas regiões é basicamente pastagens e cultivo de café.

Apreciação Conjunta: O íon sulfato foi analisado somente nas amostras de água. Os teores elevados, detectados nas amostras de água superficial, acima do VMP do CONAMA, tem origem natural (manguezais) e/ou por efluentes domésticos e atividades agropecuárias.

Ta - Tântalo

O elemento metálico **Tântalo** é relativamente raro na crosta terrestre. É raramente encontrado em sua forma elementar, associando-se frequentemente com nióbio e tório e elementos radioativos como o urânio. Segundo Levinson (1974), a abundância crustal é na ordem de 2 ppm. **Minerais de Minério:** A tantalita é o principal mineral-minério de tântalo, mas, em quantidades bem menores, pode entrar na composição da columbita. **Principais Utilidades:** O tântalo é usado na fabricação de capacitores na indústria eletrônica, e ainda é usado em superligas para produzir peças de motores a jato, mísseis e reatores nucleares. Como ele não é rejeitado pelo

organismo humano, é usado na manufatura de próteses para o tratamento de fraturas, tais como chapas, pinos, parafusos e fios. **Impactos Biológicos:** Normalmente o tântalo não causa problemas quando manuseado em laboratório, entretanto, deve ser considerado como altamente tóxico, porque existe evidências de que seus compostos podem causar tumores. **Mobilidade Ambiental:** Tanto em ambiente oxidante (pH<4 e pH 5-8), quanto em ambiente redutor, a sua mobilidade é moderadamente alta (Rose *et al.* 1979, *apud* Licht, 1998). **Tipos de Depósitos:** Hidrotermal plutônico associado a veios de pegmatitos; endógeno plutônico associado a carbonatitos (Biondi, 2003). **Localização das Principais Jazidas:** As principais jazidas encontram-se na China, Espanha, México, Argentina, Marrocos, Irã e Paquistão (USGS, 2011).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O elemento tântalo não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: A maioria das amostras analisadas apresentaram valores de tântalo abaixo do limite de detecção (LD) do método analítico (0,05ppm). Somente em 3% das amostras analisadas foram detectados teores de Ta, variando de 0,05 a 15ppm. Os teores mais elevados estão localizados na porção sul do estado, em estações de amostragem nas bacias dos rios Itabapoana, Itapemirim, Jucu e Doce.

Solos: Todos os resultados analíticos para tântalo nas amostras de solos foram abaixo do limite de detecção da metodologia analítica (0,05ppm).

Apreciação conjunta: O elemento tântalo não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras. Este elemento só foi detectado em poucas amostras de sedimentos de corrente, evidenciando origem natural (geogênica).

Te - Telúrio

O **Telúrio** é um semimetal, frágil e facilmente pulverizável. É um elemento raro, que às vezes é encontrado na forma nativa, porém mais frequentemente na forma de telureto de ouro ou, em pequena quantidade, combinado com outros metais constituindo minerais como a altaíta. Para o meio ambiente é liberado, principalmente, nas emissões industriais e na combustão do carvão. Segundo Levinson (1974), a média crustal do telúrio é 0,001ppm. **Minerais de Minério:** O Te ocorre em pequenas quantidades em minerais como a altaíta, calaverita, coloradoíta, rickardíta, petzíta, silvanita e tetradimita. Também se encontra no estado nativo e

na forma de dióxido (TeO₂). **Principais Utilidades:** A maior aplicação do telúrio é em ligas com outros metais. É adicionado ao chumbo para aumentar a sua resistência mecânica, durabilidade e diminuir a ação corrosiva do ácido sulfúrico. Quando adicionado ao aço inoxidável e ao cobre torna estes materiais mais facilmente usináveis. É usado ainda em cerâmicas, adicionado a borracha aumenta a sua resistência ao calor e ao desgaste, sendo usado como pigmento azul em vidros. Também é usado em espoletas de explosivos e apresenta potenciais aplicações em painéis solares como telureto de cádmio. **Impactos Biológicos:** É um elemento não essencial e tóxico em doses relativamente altas. Sua toxicidade é comparável à do selênio, pois tem um comportamento químico semelhante. Apesar de não apresentar grandes problemas para a saúde do organismo, se presente no ar (mesmo em baixas concentrações) pode causar desde ressecamento bucal e hálito desagradável a dores de cabeça e vertigens. **Mobilidade Ambiental:** Em todas as condições ambientais apresenta mobilidade muito baixa. Tipos de Depósitos: O telúrio é obtido como subproduto da produção de cobre, chumbo, níquel, prata e ouro. **Localização das Principais Jazidas:** Os principais depósitos de telúrio situam-se no Canadá, EUA (Montana, Utah e Arizona) e Peru.

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O elemento telúrio não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O telúrio foi detectado em somente 17% das amostras analisadas, com teores entre 0,05 a 2,3ppm. Os teores mais elevados foram obtidos na região sul do estado, principalmente nas bacias dos rios Itabapoana e Itapemirim, onde ocorrem uma variedade de rochas: granitoides pré-orogênicos (ortognaisses), pequenos corpos de granitoides sin a tardi-orogênicos (charnockito, enderbita, tonalito e rochas máficas), corpos de granitoides pós-orogênicos (plútons de granito, norito, gabro, diorito e monzonito), como ainda rochas sedimentares proterozoicas (Grupo São Fidélis e Complexo Nova Venécia).

Solos: O Te foi detectado em 50,7% das amostras analisadas, com teores entre 0,05 a 0,63ppm. Os teores mais elevados ocorreram numa faixa ao extremo sul do estado, nos locais Fazenda Independência (município de Mimoso do Sul) e Fazenda Palmital (município de Presidente Kennedy), na bacia do rio Itabapoana.

Apreciação conjunta: O telúrio não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras. Sendo um

elemento raro, foi detectado em poucas amostras e com teores baixos. Os valores médios obtidos nas amostras de solos e sedimentos de corrente foram, respectivamente, 0,074ppm e 0,06ppm, tratando-se de origem geogênica.

Temperatura

A **Temperatura** da água exerce uma grande influência sobre a atividade biológica e o crescimento dos animais e plantas aquáticos, como ainda na sua composição química, sendo um dos índices para definir a qualidade dos mananciais. A água com temperaturas mais elevadas, em particular a água subterrânea, pode dissolver mais minerais das rochas em que se encontra, passando a apresentar uma condutividade elétrica superior. A água mais quente também contém menos oxigênio dissolvido que a água fria. O aquecimento das águas dos rios pode ter origem em processos naturais, como os geotérmicos, variações sazonais da temperatura ambiente e da insolação, e da redução de vazão. Também advém de processos antrópicos diretos, como a descarga de efluentes com temperatura diferente do corpo receptor, pelo calor liberado na oxidação de carga poluente lançada; ou indiretamente, pelo represamento das águas e desmatamentos na área de drenagem. A Resolução CONAMA 357/2005 não apresenta valor padrão para temperatura dos recursos hídricos superficiais.

Água para Abastecimento Público: A maioria das amostras utilizadas para abastecimento público foram coletadas nas ETAs, sendo assim as temperaturas medidas não representam as dos mananciais de origem. As temperaturas variaram de 18,5 a 30,8°C, sendo a temperatura média 23,8°C. As temperaturas mais baixas ocorreram nas amostras coletadas entre os meses de julho a setembro e as mais elevadas, no mês de março.

Água Superficial: As temperaturas medidas nas amostras de água superficial variaram de 16,4 a 39,5°C, com temperatura média de 23,8°C. Das medidas efetuadas, 6% apresentaram valores abaixo de 20°C e somente 2%, temperaturas acima de 30°C. A maioria das amostras apresentaram temperaturas no entorno da média.

Apreciação conjunta: No Espírito Santo, a maioria das temperaturas medidas nas amostras de água, tanto superficiais, quando as de abastecimento humano, foram no intervalo de 20 a 30°C, de acordo com as estações do ano, quando foram realizadas as coletas.

Th- Tório

O **Tório** é um metal da série dos actinídeos, sendo o isótopo ^{232}Th o único disponível na natureza. Está principalmente associado à terras-raras e urânio. Em condição ambiente é sólido, de cor branca brilhante a prateada, e quando exposto ao ar é levemente radioativo. É um condutor intermediário de calor e corrente elétrica. Possui forte caráter litófilo, concentrando-se nas partes superiores da litosfera, sendo sua distribuição fortemente controlada pelos estados de oxidação e pelo sistema Eh-pH (Kabata-Pendias e Pendias, 1985). O íon Th^{+4} é facilmente solúvel e rapidamente adsorvido ou precipitado em sedimentos de materiais hidrolisados. Os minerais de tório e os enriquecidos em tório são geralmente resistentes e possuem mobilidade reduzida no intemperismo, concentrando-se assim nos sedimentos residuais em regiões de clima tropical, ou em areias e *placers* como minerais pesados (Koljonen, 1992). Segundo Levinson (1974) a abundância crustal do tório é 10ppm, nos solos é 13ppm e em águas superficiais, de 0,1mg/L. **Minerais de Minério:** Monazita [(Ce, La, Nd, Th)PO₄], thorita, euxenita, sendo também encontrado em outros minerais, associado a ETR e urânio, bem como a esfalerita, apatita e zircão. **Principais utilidades:** Como fonte de energia nuclear (no processo de obtenção de ^{233}U), ligas metálicas com o Mg, catalisador de reações, fabricação de filamentos de W e células fotoelétricas. **Impactos Biológicos:** O tório não tem função biológica conhecida e quando disperso no ar, geralmente pela mineração, pode ocasionar câncer de pulmão, pâncreas e sangue. Caso esteja acondicionado em algum recipiente e posteriormente seja exposto ao ar, pode explodir. Mesmo com baixa radioatividade, oferece risco à saúde humana, pois pode originar espécies radioativas como o gás radônio ^{220}Rn e o ^{208}Pb . No corpo humano, os isótopos de tório tendem a concentrar-se no fígado, nos rins, no baço e na medula óssea. **Mobilidade Ambiental:** Em condições oxidantes, seja com pH<4 ou entre 5-8, ou ainda em ambiente redutor, o mesmo é imóvel (Licht *et al*, 2007). **Tipos de Depósitos:** Em veios de rochas alcalinas, tipo Barra do Itrapirapua. **Localização das Principais Jazidas:** Estados Unidos, Índia, Sri Lanka, Austrália e Madagascar. No Brasil, o tório é encontrado incluso no minério de ferro-nióbio nas minas de Catalão-Ouvidor em Goiás, e associado a uma série de intrusões alcalinas de idade neocretácea, situadas entre a borda NE da bacia do Paraná e a borda SW do cráton do São Francisco.

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O tório não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O tório foi detectado na maioria das amostras, com teores variando de 0,05 a 1.427ppm. Os teores mais elevados estão numa faixa ao sul do estado, na bacia do rio Itabapoana e numa grande área ao norte, abrangendo a bacia do rio São Mateus, próximo à divisa com Minas Gerais e às bacias dos rios Doce e Barra Seca, até o litoral. Nessas áreas, o Th ocorre associado com o Ce, U, Y e La, onde, segundo Vieira e Menezes (2015) formam os chamados “minerais pesados” dos depósitos de plácemes marinhos, uma assembleia mineral com ilmenita, rutilo, titanita, zirconita e monazita. Nos córregos São Salvador e Campo Novo, que deságuam no litoral de Maratáizes, os resultados analíticos mostraram teores de 187,2 e 109,5ppm respectivamente, muito acima da média crustal.

Solos: O tório foi detectado em todas as amostras, com concentrações entre 2,7 e 53,1ppm e valor médio de 19,4ppm, acima da média crustal. Os teores mais elevados, se destacam em áreas dispersas no território estadual, porém se observa uma grande área próximo ao litoral nordeste, onde os teores de Th estão entre 30,7 a 53,1ppm, abrangendo, principalmente, os municípios de Conceição da Barra, São Mateus, Jaguaré, Sooretama e Linhares, onde predominam sedimentos Terciários da Formação Barreiras, podendo estar contribuindo para os teores de Th nos solos.

Apreciação conjunta: O elemento tório não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras. Em grande parte do litoral do Espírito Santo antigas linhas de praia formam extensas planícies arenosas, especialmente próximas à desembocadura de grandes rios, como o Itabapoana, Itapemirim, Doce e São Mateus, tendo quase sempre ocorrências de tabuleiros ou restos de falésias do Grupo Barreiras, que são creditadas como principal fonte dos minerais pesados, que retrabalhados pelos agentes marinhos, vêm a constituir os plácemes marinhos mineralizados (Dias *et al.*, 1997; Torezan e Vanuzzi, 1997; Nascimento Jr *et al.*, 2011, *apud* Vieira e Menezes, 2015)

Ti - Titânio

O **Titânio** quando puro é um metal branco e brilhante, litófilo, ocorre em três estados de oxidação (Ti^{2+} , Ti^{3+} e Ti^{4+}), possui boa resistência mecânica e a corrosão. Nos minerais máficos substitui o Fe e o Al, portanto é mais comum em rochas máficas do que em félsicas. Segundo Levinson (1974), a média crus-

tal é 0,57%, a concentração média em solos é 0,5% e em água fluvial é de 3ppb. **Minerais de Minério:** Ilmenita, rutilo e anatásio principalmente, além de perovskita, loparita e titanita. **Principais Utilidades:** Fabricação de ligas usadas na indústria aeroespacial (combinando baixa densidade, boa resistência e capacidade de resistir a altas temperaturas); confecção de próteses ortopédicas; implantes dentários; e na indústria bélica; excelente refletor de radiação infravermelha (Winter, 1998, *apud* Mineropar, 2005). Os principais compostos de titânio são o dióxido (TiO_2), usado na fabricação de pigmentos brancos, base para diversos tipos de tinta; e o tetracloreto de titânio ($TiCl_4$), empregado por sua rápida hidrólise (captação de água), para criar cortinas de fumaça. A maior parte dos concentrados provenientes dos minerais de titânio é destinada à produção de pigmentos (DNPM, 2015). **Impactos Biológicos:** Não é considerado tóxico, não tendo papel biológico conhecido até o momento. **Mobilidade Ambiental:** Em condições oxidantes com $pH < 4$, $pH 5,0-8,0$ e em condições redutoras é imóvel (Rose *et al.* 1979, *apud* Licht, 1998). **Tipos de Depósitos:** Depósitos de Fe-Ti-V associados à rochas máficas e ultramáficas; em anortositos; em rochas alcalinas (carbonatitos) e; em depósitos de processos superficiais do tipo *placers* (Cox e Singer, 1992; Orris e Bliss, 1991; Orris, 1998, *apud* Licht et al., 2007). **Localização das principais jazidas:** Noruega, Austrália, Canadá, EUA, Índia, China, Itália, África do Sul e Brasil (DNPM, 2015). No Brasil os principais depósitos se localizam na zona costeira nos estados (RJ, ES, PB, RN, BA e RS), sendo o depósito de Mataraca-PB o mais importante (Biondi, 2003).

Água para Abastecimento Público: Os resultados analíticos de todas as amostras de água utilizadas para o abastecimento humano foram abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico (0,005ppm).

Água Superficial: O Ti foi detectado somente em 3,7% das amostras de água superficial, com teores variando de 0,005 a 0,04mg/L, sendo que os mais elevados, ocorreram na sub-bacia do rio Guandu (bacia do rio Doce) e na bacia do rio Itapemirim, sobre granitoides tardi-orogênicos (quartzo diorito).

Sedimentos de Corrente: O titânio foi detectado na maioria das amostras (92%). Os teores mais baixos estão localizados no extremo norte do estado, enquanto os mais elevados estão na região centro-sul. Os teores mais elevados de titânio ocorreram nas amostras coletadas no ribeirão Santo Agostinho (7,5%) e no rio Santa Joana (9,3%), pertencentes às

bacias dos rios Jucu e Doce, respectivamente. Nessas áreas ocorre a predominância de granitoides de diferentes idades e composição e, paragneisses com intercalações calcissilicáticas.

Solos: Em 88,7% das amostras analisadas foram obtidos teores de titânio variando entre 0,01 e 0,34%, abaixo do valor de referência de qualidade do Ti em solo – 0,88% (Paye *et al.*, 2010). Em conformidade com os resultados obtidos nas amostras de sedimentos, as de solos mostram que os teores mais baixos estão ao norte e os mais elevados ao sul do estado. Os teores mais elevados estão predominantemente na região de Afonso Cláudio, nas cabeceiras do rio Santa Joana e na bacia do rio Jucu. Observa-se ainda alguns pontos na bacia do rio Itabapoana, na área da Fazenda Pavão e na do rio Itapemirim, na localidade de São Geraldo. Na região ao norte, observa-se amostras com teores mais elevados na bacia do rio São Mateus, na localidade de São Luiz e na bacia do rio Itaúnas, na Fazenda Mata Verde, próximos à divisa com Minas Gerais. Na região norte do estado ocorre uma extensa faixa de granito, ortogneisses, charnockito, norito, gabro, diorito, monzonito, sienogranito e anortosito. Enquanto que na região sul, ocorre a mais expressiva suíte cálcio-alcalina caracterizada pela presença de granitoides meta-aluminosos, gnaisses enderbíticos e charnockitos, além de noritos.

Apreciação conjunta: As legislações ambientais brasileiras não contemplam o elemento estudado. As concentrações médias de titânio obtidas no estado foram: 0,07% em solos, 0,18% em sedimentos de corrente e 0,0029mg/L em águas superficiais, todas abaixo das médias crustais segundo Levinson (1974), evidenciando origem geogênica.

U - Urânio

O **Urânio** é um metal do grupo dos actinídeos, não possui cor característica, é denso, reativo, dúctil, maleável, oxida-se facilmente e possui como característica principal ser altamente radioativo. Existe na forma de três isótopos: ^{234}U , ^{235}U e ^{238}U . O íon U^{+4} concentra-se nos últimos estágios de diferenciação magmática, nas estruturas do zircão, allanita, esfalerita, apatita, monazita e minerais de tório, ítrio e lantanídeos. O urânio é comumente enriquecido nos granitos, pegmatitos e depósitos hidrotermais. Suas associações metalogenéticas são com V, As, P, Mo, Se, Pb e Cu (Koljonen, 1992). Em condições de intemperismo, forma complexos orgânicos facilmente solúveis e móveis, relativamente estáveis em condições ácidas. Na litosfera sua distribuição é

controlada pelos estados de oxidação e pelo sistema Eh-pH. Por ser muito reativo, não é encontrado em seu estado elementar (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Hawkes & Webb (1979) adota como média crustal do urânio, 2,6ppm, em solos 1ppm e em água, varia de 0,05 a 1ppb. **Minerais de Minério:** Uraninita (UO_2), pechblenda (variedade impura e amorfa da uraninita), carnotita, euxenita, autunita, torbenita, samarskita, margaritasita, lantinita e albernatyita. **Principais Utilidades:** Como combustível nuclear para geração de energia elétrica, explosivos nucleares e produção de raios X. **Impactos Biológicos:** O urânio não é um elemento nutriente e ocorre em alguns locais devido a vazamentos e acidentes em usinas nucleares e no armazenamento do lixo atômico. É um elemento considerado tóxico aos seres vivos, apresentando efeitos adversos à saúde humana. Seu efeito no organismo é cumulativo, sobretudo nos ossos. A exposição à radiação pode provocar o desenvolvimento de cânceres. Entre os trabalhadores das minas de urânio, são frequentes os casos de câncer de pulmão. **Mobilidade Ambiental:** Em condições oxidantes, com $\text{pH} < 4$ e $\text{pH} \geq 5$ a ≤ 8 , a mobilidade é moderadamente alta, e em condições redutoras mostra-se imóvel (Mineropar, 2005; Koljonen, 1992). **Tipos de Depósitos:** Relacionados com vulcânicas félsicas e máficas subaéreas; associado aos depósitos de Au em rochas sedimentares clásticas, tipo folhelhos negros (Suécia) ou conglomerados e arenitos tipo Witwatersrand; em rochas metamórficas regionais do tipo discordância junto com o Au; em rochas alcalinas (carbonatitos) e depósitos do tipo IOCG; relacionados à inconformidades (Licht *et al.*, 2007). **Localização das Principais Jazidas:** Austrália, Cazaquistão, Canadá, Namíbia, Rússia, Níger e Uzbequistão. No Brasil, encontra-se na Bahia (Lagoa Real, município de Caetité), no Ceará (Itatiaia, município de Santa Quitéria) e Minas Gerais (Poços de Caldas).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O elemento urânio não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: Na maioria das amostras foi detectado teores de urânio, variando de 0,05 a 71,8ppm. Os teores mais elevados de U está distribuído nas amostras de sedimentos de corrente em duas faixas bem destacadas: uma na região norte (bacias dos rios Doce e São Mateus) e outra na região sul do estado (bacias dos rios Itabapoana e Itapemirim), coincidindo com as áreas de teores mais elevados de Th. Nessas áreas ocorrem granitoides pós-orogênicos tipo I (plútons compostos de granito

porfirítico, diorito, monzonito, sienogranito, monzogranito e anortosito); granitoides sin a tardi-orogênicos tipo C (granito Nanuque, ortognaisses, granitoides peraluminosos, calcissilicáticos); granitoides pré-orogênicos (ortognaisses de composição granodiorítica, tonalítica, diorítica, quartzo-monzonítica, quartzo-diorítica e quartzo-sienítica). Essas rochas podem apresentar diferentes níveis de radioatividade proveniente da presença desses elementos contidos em minerais, tais como monazita, alanita, zircão, titanita, apatita, xenotímio e torita, que permanecem nos sedimentos de corrente devido sua elevada resistência à degradação. A grande maioria dessas rochas são utilizadas como rochas ornamentais e de revestimento, o que deve ser melhor estudado, uma vez que a presença de elementos radioativos proporciona aumento nos níveis de radiação presente na construção civil. Observou-se que na amostra IS-L-222, coletada no rio São José, que desemboca na Lagoa de Juparanã, na margem esquerda do rio Doce, foram detectados os teores mais elevados de Th (1.427ppm) e de U (71,83ppm), além de teores elevados nos seguintes elementos: As (134ppm); Ce (1500ppm); La (2631ppm); Mn (512ppm); P (2765ppm); Y (216,91ppm) e K (0,16%). É recomendado um estudo geológico-geoquímico mais detalhado na área, especialmente pela ocorrência de elevados teores de U, Th e TR.

Solos: O urânio foi detectado em todas as amostras, com teores variando entre 0,2 a 8,48ppm. Os teores mais elevados foram obtidos na região ao sul do estado, corroborando com a presença de teores elevados em sedimentos de corrente nessa área. Observa-se, porém, que ocorreram também teores elevados de U na porção noroeste do estado, na localidade Córrego Santa Rita, no município de Eco-poranga, na divisa com Minas Gerais.

Apreciação conjunta: A concentração média de urânio no Espírito Santo é 3,01ppm em sedimentos de corrente e 1,41ppm em solos. A maioria das amostras que apresentaram teores elevados de urânio em solos, apresentaram, também, elevados teores de tório, em sedimentos de corrente. O U e Th em geral aparecem associados nas rochas de composição granítica, quando comparadas com as de composição basáltica ou ultramáfica, o que evidencia a origem geogênica dos elementos, no estado do Espírito Santo.

V - Vanádio

O **Vanádio** é um metal de cor branco-prateada, macio, dúctil, litófilo, e que ocorre em vários estados

de oxidação. É bastante abundante na natureza, porém nunca é encontrado no estado nativo e nas rochas substitui o Fe nos óxidos, piroxênios, anfíbios e micas, sendo facilmente liberado dos minerais máficos durante o intemperismo. Ocorre junto com o urânio em sedimentos ricos em matéria orgânica, notadamente em ambientes redutores (Koljonen *et al.*, 1992). Segundo Hawkes & Webb (1962), a média crustal do vanádio é 90ppm e em solos, 100ppm.

Minerais de Minério: Carnotita, ferghanita, vanadinita, patronita e roscoelita (mica). Pode também ser encontrado em outros 60 diferentes minerais, na bauxita, nos minérios de Fe e Ti, no carvão mineral e no petróleo (notadamente o extraído na Venezuela).

Principais Utilidades: Na metalurgia a sua principal utilização é na fabricação de aços de alta qualidade, como componente da liga Fe-V, com elevadas características de dureza, elasticidade, resistência a ruptura e resistência a corrosão, conferindo uma melhor resistência ao choque e a corrosão (estruturas de aviões, gasodutos, oleodutos e ferramentas de melhor qualidade); como compostos químicos em agentes catalisadores. Além disso, é usado em ligas de alumínio e ligas de titânio. O vanádio também é utilizado em reatores nucleares devido as suas propriedades.

Impactos Biológicos: O vanádio é considerado um elemento essencial para algumas espécies vegetais e animais (Lopes Jr., 2007). Exposições a altos níveis desse elemento podem causar irritações nos pulmões, olhos e garganta, mas não é considerado elemento carcinogênico (Minerpar, 2005).

Mobilidade Ambiental: Em condições oxidantes, $pH < 4$ e $pH \geq 5$ a ≤ 8 , possui mobilidade moderadamente alta e em condições redutoras e imóvel (Licht *et al.*, 2007).

Tipos de depósitos: Fe-Ti-V associados a rochas máficas e ultramáficas; em EGP do tipo Alaska; em rochas alcalinas (carbonatitos); associado a depósitos de magnetita vulcanogênica; em associação com depósitos de urânio em rochas sedimentares (Licht *et al.*, 2007). **Localização das Principais Jazidas:** África do Sul, China e Rússia (abastecem o mercado mundial com 98,2%), Austrália e EUA. No Brasil, ocorre no município de Maracas-BA, mas ainda não há produção no país na forma de metal (DNPM 2015).

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O vanádio não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O vanádio foi detectado na maioria das amostras com teores entre 1 e 185ppm, acima da média crustal (90ppm). Os teores mais elevados, se localizam, principalmente, na por-

ção sul do estado, especialmente na região sudeste, próximo à divisa com Minas Gerais, que correspondem a rochas do embasamento paleoproterozoico retrabalhado no Brasiliano: Complexo Caparaó e Serra do Valentin (charnockitos, enderbitos, granulitos e kinzigitos) e Complexo Juiz de Fora (metagnaisse e corpos de metaultramáficas). Ocorrem ainda alguns teores elevados dispersos na região central do estado, nas bacias do rio Doce e Santa Maria da Vitória, onde ocorrem rochas sedimentares proterozoicas do Complexo Nova Venécia: paragnaisses com intercalações de calcissilicáticas e anfíbolitos.

Solos: O vanádio foi detectado em todas as amostras, com concentrações variando de 1 a 200ppm dispersos em todo território estadual, porém os mais elevados estão localizados na região sul e sudoeste do estado. A dispersão geoquímica do vanádio em solos é muito similar a observada nos sedimentos de corrente. O valor de referência de qualidade do V em solos, segundo Paye *et al.* (2010) é 109,96ppm, um pouco mais elevado do que o valor médio do estado – 67,25ppm, não representando perigo aos animais e vegetais, porque não é um elemento considerado tóxico.

Apreciação conjunta: No estado do Espírito Santo, a concentração média do vanádio é 37,55ppm em sedimentos de corrente e de 67,25ppm em solos. O elemento não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras, mas entre os valores orientadores definidos pelo NOAA (2008), constata-se que o vanádio apresenta valor de 42ppm para solos. As amostras analisadas acima deste valor, estão localizadas na região sul-sudoeste. Como o vanádio não é considerado um elemento carcinogênico, não é preocupante em relação à saúde humana.

W - Tungstênio

O **Tungstênio**, também conhecido como volfrâmio, é um metal de cor branca a cinza, apresenta o mais elevado ponto de fusão entre os metais, e não é encontrado livre na natureza. A variação no teor deste metal entre os tipos de rocha é pequena e seu teor nos silicatos muito baixo (1-5 ppm). Durante a diferenciação magmática, é geralmente enriquecido na crosta superior e nos diferenciados tardios (Koljonen, 1992). A média crustal do tungstênio é 2ppm, segundo Hawkes & Webb (1962). **Minerais de Minério:** Scheelita e wolframita, que são muito resistentes ao intemperismo e costumam ser concentrados em areias (*placers*) junto com outros minerais pesados. Os minerais de W são encontrados associados a pegmatitos, granitos, formações hidrotermais

e em calcários metamórficos. No Rio Grande do Norte e Paraíba, a scheelita está principalmente associada à rochas calcissilicáticas, às vezes contendo molibdenita e sulfetos de Fe, Cu e outros metais, inclusive o Au. **Principais Utilidades:** No setor de ferroligas (Fe, Ni ou Co); por sua alta dureza servem para revestir extremidades das brocas de perfuração nos trabalhos de mineração, petróleo, e como abrasivos. Nos filamentos de lâmpadas incandescentes pelo seu alto ponto de fusão; na indústria bélica; em superligas aplicadas nas ferramentas que exigem alta resistência; indústrias de produtos químicos e de curtumes (MINEROPAR, 2005). **Impactos Biológicos:** Não possui papel biológico conhecido e todos os seus compostos são levemente tóxicos; não é considerado carcinogênico (ATSDR, 1999). **Mobilidade Ambiental:** Em condições oxidantes e $\text{pH} \geq 5$ a ≤ 8 é ligeiramente móvel (Licht *et al.*, 2007). **Tipos de Depósitos:** Associados a skarnitos; em veios; em greisens; relacionados a intrusões porfíricas nos depósitos do tipo IOCG (Cu,Cu-Au, Cu-Mo, Fe-óxidos-Cu-Au); em associação com depósitos superficiais do tipo *placers* de estanho (Licht *et al.*, 2007). **Localização das Principais Jazidas:** China (75% da produção mundial), Rússia, EUA, Canadá, Bolívia, Brasil, Áustria e Portugal. No Brasil, o tungstênio (scheelita) é encontrado no Rio Grande do Norte e Paraíba (principalmente nas minas da região do Seridó), bem como nos estados do Pará e Rondônia (DNPM, 2015).

Água Superficial e Água para Abastecimento Público: O vanádio não foi analisado nessas amostras.

Sedimentos de corrente: O W foi detectado em 73% das amostras analisadas, com teores variando de 1 a 13,2ppm. A maioria das amostras apresentou teores baixos, somente 6 amostras apresentaram concentrações mais elevadas, sendo que a maioria está localizada na porção sul do estado, com exceção da amostra IS-S-407, na bacia do rio Itaúnas, com 11,8ppm. A amostra IS-S-006 apresentou o teor mais elevado (13,2ppm) e está localizada na bacia do rio Itabapoana.

Solos: O W está presente em 75% das amostras analisadas, com concentrações variando de 1 a 6,5ppm. A maioria das amostras apresentou teores baixos, similar aos resultados analíticos das amostras de sedimentos de corrente. Os teores mais elevados encontram-se nas bacias dos rios Itaúnas, Itabapoana e Itapemirim.

Apreciação conjunta: As concentrações médias do tungstênio no estado foi de 0,47ppm em sedimentos de corrente e 0,34ppm em solos. Os teores

de W detectados na maioria das amostras de sedimentos de corrente e de solos foram muito baixos, o que está coerente com as litologias que ocorrem no estado, onde predominam rochas ígneas e metamórficas de composição granítica.

Y - Ítrio

O **Ítrio** embora não seja um lantanídeo, é considerado por vários autores como um dos ETR (Elementos Terras Raras), devido a suas semelhanças geoquímicas e metalúrgicas. Possui cor prateada metálica, dúctil, reativo e estável em contato com o ar. Durante a diferenciação magmática se comporta como um ETRP (Elementos Terras Raras Pesados) da série Eu-Lu, e nos estágios finais de cristalização associa-se com os metais alcalinos, tornando-se enriquecido em pegmatitos e rochas metassomáticas provenientes de soluções hidrotermais (Koljonen, 1992). O ítrio ocorre em todos os minerais de urânio e de terras raras, sobretudo nas areias monazíticas, porém em baixas concentrações. A média crustal do ítrio é 30ppm (Levinson, 1974).

Minerais de Minério: Xenotímio, fergusonita, monazita, bastanasita, gadolinita e euxinita. **Principais Utilidades:** É bastante utilizado na confecção de ligas de Al e Mg para aumentar a resistência, em vidros óticos, cerâmica supercondutoras, catalisadores, lasers infravermelhos e filtros de microondas. Na medicina, alguns de seus isótopos radioativos são usados na radioterapia do câncer. **Impactos Biológicos:** Não possui função biológica conhecida, sendo considerado levemente tóxico e suspeito de ser carcinogênico (MINEROPAR, 2005). **Mobilidade Ambiental:** Em condições oxidantes ou redutoras é imóvel (Licht, 2001). **Tipos de Depósitos:** É extraído como subproduto em rochas alcalinas associadas a carbonatitos do tipo Araxá; depósitos de processos superficiais do tipo *placers-shoreline* associado à monazita e zircão (Biondi, 2003). **Localização das Principais Jazidas:** China, Índia, Malásia, Rússia, Noruega, EUA e Canadá. No Brasil o ítrio é obtido como subproduto em rochas alcalinas na Mina Barreiro, no Complexo alcalino-carbonatítico de Araxá - MG, onde se destaca a extração de P_2O_5 (regolito formado por pandaita, apatita e monazita).

Água Superficial e Água para Abastecimento Público: O ítrio não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de corrente: O Y foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,05 a 216,91ppm. Os teores mais elevados encontram-se nas bacias dos rios São Mateus, Doce e Itabapoana, abrangendo ainda uma área a sudeste do estado, na

divisa com Minas Gerais. No município de Sooretama, na amostra IS-S-222 (rio São José, afluente da margem esquerda do rio Doce) foi encontrado 217ppm de ítrio. O padrão de dispersão do ítrio é semelhante aos dos elementos Th, La, U e Ce. O ítrio é encontrado em minerais como monazita e alanita, geralmente associado a esses elementos.

Solos: O ítrio foi detectado em todas as amostras analisadas, com concentrações variando de 0,16 a 33,14ppm. Os teores mais elevados foram obtidos na região sul e numa pequena região a noroeste do estado, no município de Ecoporanga, próximo à divisa com o estado de Minas Gerais. Similar ao padrão de dispersão geoquímica observado nos sedimentos de corrente, o Y ocorre associado ao La, Cs, U e Ce.

Apreciação conjunta: A concentração média de ítrio no Espírito Santo foi de 6,14ppm em solos e 10,67ppm em sedimentos de corrente, com os maiores teores ocorrendo, predominantemente, na região sul do estado. O Y ocorre associado aos elementos Th, La, U, Ce e Cs, nas amostras de sedimentos de corrente e de solos. Essa associação representa a composição dos minerais traço e resistentes ao intemperismo, caracterizando nos sedimentos fluviais, tais minerais como zircão, apatita, alanita e monazita, comuns em corpos graníticos como minerais acessórios. Também, segundo Vieira e Menezes (2015) esses elementos ocorrem tanto no litoral ao norte do rio Doce, quanto no litoral sul do Espírito Santo, com origem nas rochas do Grupo Barreiras.

Zn - Zinco

O **Zinco** é um metal de cor branco-azulada, possui facilidade de se oxidar, baixo ponto de fusão, que o torna maleável, é razoável condutor de eletricidade e tem facilidade de combinação com outros metais, o que permite sua utilização na fabricação de ligas. É um elemento compatível com as fases iniciais do fracionamento magmático, tornando-se mais enriquecido nas rochas básicas do que nas ácidas (Wedepohl, 1998). Possui raio iônico similar aos íons Fe^{+2} e Mg^{+2} , por isso é fracionado entre os óxidos e silicatos podendo ser incluído na rede cristalina por substituição. Comumente se encontra associado ao Cd, Co, Cu, Ga, In, Fe e Hg (Koljonen, 1992). O zinco é abundante na crosta terrestre. Segundo Hawkes & Webb (1962), a média crustal do zinco é 80ppm, 50ppm em solos e o teor médio de zinco em água varia de 1 a 200ppb. **Minerais de Minério:** Esse metal é encontrado principalmente combinado a enxofre e oxigênio, sob a forma de sulfeto e óxido, asso-

ciado a chumbo, cobre, prata e ferro. O sulfeto de zinco (ZnS), também conhecido como blenda ou esfalerita e ocorre principalmente em rochas calcáreas. Outros importantes minérios de zinco são willemita, smithsonita, calamina ou hemimorfita, wurtzita, franklinita, hidrozincita e zincita. **Principais Utilidades:** O zinco é utilizado na fabricação de ligas, fundição de peças metálicas, produção de joias ou bijuterias, corpo de cadeados e instrumentos musicais de sopro, como pigmento branco em tintas, cosméticos, fármacos, protetores solares, maquiagem, revestimentos plásticos, borrachas e aditivo alimentar. A liga mais comum é o latão, liga de Cu/Zn, com 20 a 50% de zinco. Porém, a aplicação mais importante do zinco (cerca de 50%) no Brasil e no mundo é vinculada à produção do aço – revestimento da superfície deste para a proteção contra a corrosão, particularmente no preparo de materiais galvanizados, tendo a indústria automobilística e construção civil como as principais consumidoras do produto. **Impactos Biológicos:** Elemento-traço essencial para os sistemas vivos, desempenhando importante papel nas atividades enzimáticas, metabolismo, síntese de proteínas, manutenção da estrutura e função das membranas e na atividade hormonal. É encontrado em todos os tecidos e fluidos do corpo humano, sendo essencial para o crescimento, desenvolvimento e reprodução (Koljonen, 1992). O Zn metálico e seus compostos não são considerados tóxicos, salvo em elevadas quantidades, mas alguns sais podem ser carcinogênicos (ATSDR, 1999). A deficiência de zinco pode provocar problemas de crescimento, perda de cabelo, diarreia, impotência sexual, depressão, lesões oculares e de pele e perda de peso. **Mobilidade Ambiental:** Em condições oxidantes com $\text{pH} < 4$ e $\text{pH} \geq 5$ a ≤ 8 possui mobilidade moderadamente alta, mas em condições redutoras é imóvel (Licht *et al.*, 2007). **Tipos de Depósitos:** Associados a rochas alcalinas (carbonatitos); em intrusões porfíricas com Cu, Cu-Au e Cu-Au-Mo; skarnitos; associados a vulcânicas félsicas e máficas submarinas do tipo Kuroko; em rochas sedimentares clásticas (do tipo Pb-Zn) incluso em arenitos e do tipo SEDEX; em mármore e dolomitos tipo *Mississippi Valley*; relacionados a processos superficiais do tipo *placers* de cassiterita (Licht *et al.*, 2007). **Localização das Principais Jazidas:** China, Austrália, Peru, Cazaquistão, EUA, México, Canadá e Irlanda. O Brasil contribuiu em 2009 com 1,6% da produção mundial de zinco, sendo que as principais jazidas são encontradas nos estados de Minas Gerais e Paraná (DNPM, 2015).

Água para Abastecimento Público: Todos os resultados analíticos de Zn nas amostras de água utilizadas para abastecimento humano foram abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico (0,02mg/L).

Água Superficial: O zinco foi detectado somente em 7,2% das amostras analisadas, com teores variando de 0,01 a 8,71mg/L. Acima do VMP definido pelo CONAMA 357/2005 (0,18mg/L) ocorrem 12 amostras localizadas predominantemente na região sul do estado, nas bacias dos rios Itapemirim e Benevente. Os teores mais elevados foram detectados no rio da Prata (8,71mg/L) e no rio Maravilha (6,10mg/L). Nessas regiões ocorrem diversas jazidas de mármore e granito e parte do parque industrial de beneficiamento do Polo de Rochas Ornamentais de Cachoeiro de Itapemirim.

Sedimentos de corrente: O zinco foi detectado na maioria das amostras analisadas, com teores variando de 1 a 81ppm. Os teores mais elevados foram obtidos em 4 amostras dispersas na região sul do estado, nas bacias dos rios Itabapoana, Itapemirim e Doce, porém todos os valores estão muito abaixo do valor orientativo definido na Resolução CONAMA 454/2012 (315ppm).

Solos: Em 91,5% das amostras analisadas foram detectados teores de Zn, variando de 1 a 100ppm. Assim como nos sedimentos de corrente, os teores mais elevados predominaram na região sul do estado, sendo que todos os teores estão abaixo do valor orientativo para prevenção definido pela Resolução CONAMA 420/2009 (300ppm).

Apreciação conjunta: No estado do Espírito Santo, as concentrações médias obtidas em água superficial, em solos e em sedimentos de corrente foram, respectivamente, 0,09mg/L, 21,89ppm e 22,32ppm. Esses teores estão de acordo com o arcabouço geológico encontrado no estado, sugerindo origem geogênica.

Zr- Zircônio

O **Zircônio** é um metal de transição, branco-prateado a azulado, quimicamente semelhante ao titânio. Possui reatividade baixa em temperatura normal, mas quando dividido em seções delgadas pode entrar em combustão espontânea. O íon Zr é incompatível com os silicatos formadores de rochas mais comuns durante os processos magmáticos. Com isso, o mesmo é particionado em fases minerais acessórias como zircão, também conhecido como zirconita ou zircônia, e baddeleyita, ou enriquecido na titanita (MINEROPAR, 2005). O zircão é um dos

minerais mais resistentes ao intemperismo, sendo concentrado em sedimentos atuais arenosos do tipo *placers* (Koljonen, 1992). Sua remobilização pode ocorrer nos processos de metassomatismo e hidrotermalismo relacionados a granitos. O Zr e o Hf, por apresentarem propriedades químicas similares, ocorrem sempre juntos, embora o primeiro seja bem mais abundante. É enriquecido nas rochas alcalinas (200-1.100 ppm), especialmente em alguns pegmatitos (Koljonen, 1992). Segundo Levinson (1974) a média crustal de zircônio é 165ppm e em solos é 300ppm. **Minerais de Minério:** Zirconita, baddeleyita e eudialita. **Principais Utilidades:** Em usinas nucleares; na fabricação de joias, devido a sua transparência e fulgor adamantino; como material refratário na fabricação de vidrarias laboratoriais e cerâmica; confecção de ligas supercondutoras com o Nb e para flash fotográfico. É um metal bastante tolerado pelos tecidos humanos, por isso pode ser empregado na fabricação de articulações artificiais. **Impactos Biológicos:** Não é conhecida função na fisiologia animal e vegetal. **Mobilidade Ambiental:** Tanto em condições oxidantes quanto em redutoras o Zr é imóvel. **Tipos de depósitos:** Relacionados a depósitos primários e a processos superficiais do tipo *placers* e paleoplacers (Licht *et al*, 2007). **Localização das Principais Jazidas:** Austrália, África do Sul, Ucrânia, Índia, EUA e China. As reservas brasileiras de minério de zircônio referem-se a zirconita (ou zircão) e caldasito. Geralmente, a zirconita brasileira ocorre associada a depósitos de areias ilmeno-monazíticas, com predominância de ilmenita. No Brasil, as reservas encontram-se distribuídas nos

estados de AM, RJ, MG, PB, TO e BA (DNPM, 2015). Uma das maiores produtoras de Zr do país é a jazida localizada no município de Mataracá, no litoral do estado da Paraíba. No Espírito Santo, depósitos de areias ilmeno-monazíticas estão localizados nos municípios de Anchieta, Guarapari e Aracruz.

Água para Abastecimento Público e Água Superficial: O zircônio não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O zircônio foi detectado em 48,6% das amostras analisadas, com teores variando entre 0,5 e 61ppm. Os teores mais elevados representam 20% das amostras com resultados detectados, distribuídos em alguns pontos isolados na região sul e noroeste do estado e ainda na bacia do rio Doce próximo à sua foz. O padrão de dispersão geoquímica do zircônio é idêntico ao do háfnio, visto apresentarem propriedades químicas similares, sempre ocorrem juntos, sendo que os teores de Zr são mais elevados do que os de Hf.

Solos: O Zr foi detectado em 77,5% das amostras analisadas, com concentrações variando de 0,5 a 19,8ppm. Os teores mais elevados ocorreram numa faixa à leste do território estadual, correspondendo a mesma área de ocorrência dos teores mais elevados de Hf.

Apreciação Conjunta: As concentrações médias do zircônio no Espírito Santo são 3,99ppm em solos e 1,99 em sedimentos de corrente. Observou-se que o Zr ocorre associado ao Hf, tanto nos sedimentos de corrente, quanto em solos, evidenciando a origem geogênica.

7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O arcabouço geológico do estado do Espírito Santo apresenta cerca de 2/3 de seu território representado por granitoides, rochas ígneas e metamórficas e 1/3 por coberturas sedimentares, constituindo uma extensa faixa litorânea representada pela Formação Barreiras e por sedimentos inconsolidados, do Quaternário recente.

Tal configuração geológica reflete o desenvolvimento de diferentes atividades desenvolvidas no estado: indústrias de rochas ornamentais (granito e mármore), indústrias de celulose extraída das imensas plantações de pinheiros de eucalipto, exploração de petróleo e gás natural, pecuária, além da diversificada agricultura (arroz, feijão, frutas diversas e milho), e principalmente o café, que está presente em todo território estadual. O estado é o maior produtor de rochas ornamentais do mundo, tem ampla indústria de celulose (Aracruz Celulose), usinas de pelotização do minério de ferro da CVRD e no município de Anchieta, a Samarco possui uma siderurgia e possui o maior mineroduto subterrâneo do mundo, para transportar o minério de ferro de Minas Gerais até à indústria no litoral sul do Espírito Santo.

Com os dados geoquímicos obtidos neste estudo procurou-se definir as mais significativas associações geoquímicas que estão compatíveis com o arcabouço geológico encontrado no estado do Espírito Santo, como ainda apontar prováveis regiões com contaminação causada pelas atividades antrópicas e que necessitam estudos mais detalhados. Porém, é importante ressaltar que a escala regional do projeto e o espaçamento entre as amostras coletadas não permitem uma avaliação precisa das anomalias geoquímicas, nem a localização de depósitos ou ocorrências minerais. Entretanto, os mapas geoquímicos apresentados têm a capacidade de apontar grandes manchas anômalas, onde a associação de elementos pode indicar áreas com potencial mineral ou áreas com provável contaminação antrópica. Essas áreas devem ser investigadas em nível de detalhe com coleta de amostras em malha mais densa.

Para melhor entendimento, as conclusões e considerações finais serão apresentadas por meio amostrado: água (utilizada para abastecimento público e superficial), sedimentos de corrente e solos.

Água utilizada para abastecimento público e superficial de drenagem

No estado do Espírito Santo, a grande maioria das ETAs, nas sedes municipais, capta água para tratamento e distribuição para a população em locais dos mananciais próximos as suas cabeceiras. Os íons dissolvidos nas águas superficiais são bons indicadores de qualidade ambiental.

Dos ânions analisados, tanto nas águas para abastecimento público, como nas águas superficiais, somente as determinações do fosfato (PO_4^{3-}), na grande maioria das amostras, resultaram em teores abaixo do limite de quantificação do método analítico.

A ocorrência dos teores mais elevados dos cloretos e brometos se deu nas amostras coletadas no litoral, próximo à foz dos rios, indicando influência da água do mar. Porém, alguns teores elevados de cloretos foram obtidos nas bacias dos rios Itaúnas e São Mateus, na região norte do estado, caracterizando interferência antrópica associada ao clima semiárido na região, com eventos rigorosos de estiagem, propiciando o enriquecimento de sais nas águas.

Os teores de fluoretos nas águas superficiais são baixos, porém é importante investigar a origem dos teores de flúor nas águas dos mananciais que estão sendo captadas para tratamento e distribuição pelas ETAs dos municípios de Colatina, Santa Tereza e Guaçuí, porque os teores são elevados e podem causar problemas de fluorose e/ou ósseos nas populações que se abastecem desses mananciais e de animais que utilizam os mananciais para dessedentação.

Na maioria das amostras, os teores mensurados de nitrito e nitrato, tanto para água de abastecimento público, quanto para água superficial, foram abaixo dos VPMs definidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011).

O ânion sulfato foi detectado em baixas concentrações nas águas para abastecimento humano. Nas águas superficiais, o teor mais elevado, acima do VMP do CONAMA, foi detectado em área de manguezal, provavelmente de origem natural, devido à alta concentração de matéria orgânica e enxofre em ambiente anaeróbico e a abundância de sulfatos na água do mar. Porém não devemos descartar a possi-

bilidade de fontes antrópicas, tal como efluentes domésticos e agropecuários.

Dos 28 cátions analisados nas amostras de água, somente foram detectados os elementos Al, Ba, Ca, Sr, Fe, Mg, Mn e Si, sendo que nas amostras de água superficial também foram detectados o B, Na e K.

Em algumas amostras de água, tanto para abastecimento humano, quanto as superficiais, foi detectado teores de Al acima do VMP definido na Resolução CONAMA 357/2005. A neurotoxicidade do Al em relação à saúde humana ainda não está bem estabelecida nas pesquisas médicas. Porém, a exposição a elevados teores de Al em água para consumo humano deve ser investigada em relação ao desenvolvimento de distúrbios neurológicos, com estudos sobre a biodisponibilidade do elemento. Sabe-se ainda, que o risco da toxicidade de Al é grandemente aumentado em pessoas com função renal prejudicada, que são submetidos à hemodiálise.

O Ca, Fe, Mg, Mn, Si e o Sr foram detectados na maioria das amostras analisadas, em teores compatíveis com as respectivas médias crustais, indicando que os teores obtidos estão associados à geologia predominante no estado. O elemento Fe foi detectado na maioria das amostras de água para abastecimento público, com teores acima do VMP definido pela Resolução CONAMA 357/2005, mesmo não sendo tóxico, pode trazer diversos problemas para a população, porque o elemento confere cor e sabor à água, causando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também provoca o desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, causando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição.

O Ba, Na e K foram detectados em todas as amostras de água analisadas. O Ba, sempre abaixo do VMP pela Resolução CONAMA 357/2005, enquanto o Na foi detectado em teores elevados na maioria das amostras coletadas nas bacias dos rios Itaúnas e São Mateus, ao norte do estado, região de baixa pluviosidade e alta evaporação favorecendo a concentração de sais nas águas. Já, os teores mais elevados de K foram detectados nas ETAs dos municípios mais ao norte do estado e nas amostras de água superficial, foram detectados na faixa litorânea sul, em locais com elevados teores de sódio e dos ânions cloreto, brometo, fluoreto e sulfato, indicando influência da água do mar.

Em relação aos valores obtidos nos parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica, temperatura e oxigênio dissolvido), medidos nas amostras de água, são importantes porque a dispersão dos

elementos químicos depende, principalmente, da mobilidade relativa de cada elemento nas condições físico-químicas do ambiente amostrado.

Segundo Levinson (1974), o pH é o mais importante fator controlador da mobilidade dos elementos na maioria dos ambientes e, também, é um dos mecanismos pelo qual os elementos-traço se acumulam nos sedimentos de corrente. Elementos metálicos são solúveis somente em soluções ácidas e tendem a se precipitar como hidróxidos, com o aumento do pH, como por exemplo cobre, chumbo e zinco.

Os elementos muito pouco móveis tendem a permanecer junto a sua fonte, enquanto os elementos móveis tendem a se afastar, como carga em solução nas águas superficiais. Nesse caso, as chances de formarem precipitados são elevadas e a mobilidade efetiva será menor (Licht, 1998).

Além do pH, a mobilidade dos elementos nas águas superficiais é influenciada pela matéria orgânica e minerais argilosos transportados pelos rios. Também a energia caudal do rio é importante, pois apresenta alta capacidade de transporte de sedimentos em suspensão e por arraste de fundo, podendo dificultar a deposição de sedimentos. Em regiões de planície, altas concentrações de elementos químicos em sedimentos podem ser atribuídas à decantação dos sólidos suspensos, provocada pela dissipação de parte da energia de transporte das águas do rio.

No Espírito Santo, os valores de pH medidos nas amostras de água coletadas, tanto para utilização para abastecimento humano, como as águas superficiais, foram, frequentemente, entre 5 e 8, correspondendo a um ecossistema estável em relação a neutralidade para o desenvolvimento de organismos aeróbios e utilização para consumo humano, segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

A condutividade elétrica depende das concentrações iônicas e da temperatura do ambiente aquático e, indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, portanto representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100µS/cm indicam ambientes impactados (CETESB, 2016). Nas amostras de água para abastecimento humano foram medidos valores acima de 100µS/cm em ETAs localizadas nos municípios do norte do estado, sob influência do clima semiárido (baixa pluviosidade e elevada evaporação) e próximo ao litoral. Esses fatores podem estar influenciando um aumento da quantidade de sais dissolvidos nas águas. Já nas amostras de água superficial, ficou

evidente que os teores mais elevados, chegando até 7.228 $\mu\text{S}/\text{cm}$, foram medidos em amostras coletadas no litoral, com influência da intrusão de águas marinhas.

Em relação às medidas de Oxigênio Dissolvido (OD) observou-se que na maioria das amostras de água foram obtidos valores acima de 5mg/L, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005. Porém valores mais baixos foram medidos na região centro-sul do estado, podendo estar relacionados com atividades antrópicas, tais como lançamento de esgotos domésticos, atividades agropecuárias e atividades industriais.

As medidas de temperatura nas amostras de água coletadas variaram de 16°C a 39,5°C, de acordo com a estação do ano no momento da coleta.

Sedimentos de corrente e solos

Dos 53 elementos analisados nas amostras de sedimentos de corrente e solos, somente o Au, B, Re e Pt, e o Ta em solos, foram detectados abaixo do limite de quantificação do método analítico.

Dos elementos analisados, alguns foram detectados nas amostras de água superficial. As distribuições dos elementos químicos na água e sedimentos de corrente, na maioria das vezes, seguiram padrões diferentes, evidenciando que diversos processos físico-químicos podem estar atuando na dinâmica dos íons dissolvidos nas águas das drenagens. Dentre esses processos, pode-se citar a adsorção ao sedimento, liberação de formas adsorvidas, diluição das concentrações de elementos ligados a aporte de esgotos, dentre outros. Também, o uso dos solos e a sazonalidade de suas práticas podem ser fatores de grande importância para a dispersão dos elementos químicos nos corpos hídricos.

Padrões de dispersão dos elementos formando associações geoquímicas semelhantes são observados, tanto em sedimentos de corrente, quanto em solos.

Observou-se que os elementos Ce, La, Th, U e Y ocorrem associados no extremo sul do estado e numa faixa leste-oeste na região compreendida entre a margem esquerda do rio Doce e a bacia do rio São Mateus, na região norte. Nessas regiões ocorrem granitoides de diferentes idades e composição, com predominância de granitos, charnockito, monzonito e ortognaisses, indicando que estes elementos podem estar presentes em minerais resistatos na composição dos sedimentos de corrente. É importante registrar a ocorrência de elevadas concentrações desses elementos no litoral norte da bacia do rio

Doce, abrangendo a foz dos rios Doce e São Mateus, como no litoral sul, abrangendo a foz dos rios Itapemirim e Itabapoana. No litoral sul ocorrem assembleias minerais reunindo ilmenita, rutilo e monazita, que são conhecidas como “praias de areias pretas ou monazíticas”. Na região litorânea do Espírito Santo ocorre tabuleiros ou falésias da Formação Barreiras, cujas rochas são creditadas como importante fonte dos minerais pesados, que retrabalhados pelos agentes marinhos, constituem os plácemes marinhos mineralizados (Dias *et al*, 1997; Torezane Vanuzzi, 1997; Nascimento Jr *et al*, 2011, apud Vieira e Menezes, 2015). Desses elementos, nas amostras de solo, o U, La e o Y ocorrem em elevadas concentrações na região sul do estado, em associação com o Cs e Sc, sendo que o U ocorre especialmente elevado na região litorânea.

Os elementos Be e Li foram detectados em concentrações elevadas em sedimentos de corrente e solos em algumas áreas esparsas nas regiões norte e sul do estado, especialmente nas regiões de Pancas, Santa Tereza, Afonso Cláudio e Mimoso do Sul. O arcabouço geológico destas áreas abrange granitoides de idades e composição diversas, com intrusões pegmatíticas. Segundo Benitez *et al* (2012) e Vieira e Menezes (2015), nessas regiões existem registros de mineralizações de berilo: a região de Pancas constituiu um importante produtor de água-marinha e crisoberilo; na região de Santa Tereza, na localidade de Várzea Alegre e, em Mimoso do Sul, também, se extrai água-marinha. Todas essas ocorrências são exploradas em lavras rudimentares ou semi-mecanizadas, há décadas, entretanto, não constituem atividades muito rentáveis e muitas vezes são abandonadas, cedendo espaço para a exploração das encaixantes como rochas ornamentais. Segundo Vieira e Menezes (2015), no ano de 2012, foi fechado um garimpo de água-marinha no município de Afonso Cláudio. Em solos, teores elevados de Be e Li foram detectados, também, nos municípios de Eco-poranga e Alegre. O arcabouço geológico do Estado do Espírito Santo, com inúmeras intrusões graníticas, demonstra a existência de um potencial para estudos detalhados que poderão levar a descoberta de novos corpos mineralizados.

Os padrões de dispersão dos elementos Ca e Sr são similares, tanto em sedimentos de corrente, como em solos. Nos sedimentos de corrente, os teores mais elevados ocorrem numa extensa faixa litorânea, desde a região ao norte da foz do rio Doce até a região sul da cidade de Vitória. São sedimentos oriundos de várias litologias de composição graníti-

ca, especialmente granitoides sin a tardi-orogênicos das suítes Carlos Chagas, Ataléia, Montanha, granito Nanuque e ortognaisse Córrego Grande: granitoides peraluminosos, calcialcalinos de alto K. E, ainda percorrem uma área de coberturas sedimentares cenozoicas até a foz dos rios. O padrão de dispersão do Ca e Sr na região central da faixa litorânea do estado, é observado também nas amostras de água superficial. Nos sedimentos de corrente, em toda faixa litorânea, observou-se, ainda, o enriquecimento dos elementos enxofre e sódio.

Os elementos Hf e Zr ocorrem sempre associados nos minerais de zircônio, como o zircão, baddeleyíta e zirconita. Neste estudo, esses elementos mostraram padrões de dispersão geoquímicos bastante similares, tanto nas amostras de sedimentos de corrente, quanto nas de solos.

O padrão de dispersão geoquímico do Ga no Espírito Santo é semelhante ao do Al, tanto nas amostras de sedimentos de corrente, quanto nas de solo, com teores mais elevados dispersos em todo território estadual, porém se concentrando na região sul do estado, onde ocorre grande variedade de granitoides, caracterizando origem geogênica.

Na região sul-sudoeste, onde ocorre a maioria dos corpos metaultrabásicos, é evidente a ocorrência da associação dos elementos Co, Cr, Cu, Mg, Ni, Ti e Zn, definindo padrões de dispersão similares em

sedimentos de corrente e em solos, com exceção do Mg somente nos sedimentos de corrente.

Na região sul-sudoeste do estado é observado, também, as mais elevadas concentrações de V e Fe em solos, definindo padrões de dispersão muito semelhantes, em áreas com ocorrência de rochas de metamorfismo elevado, como gnaisses, granulitos, charnockitos e muitos corpos graníticos, além de corpos metaultrabásicas.

A associação do Ba e Pb em solos e sedimentos de corrente ocorre com os teores mais elevados concentrados na região sul-sudoeste, sendo que em solos, observa-se ainda elevados teores numa faixa na direção leste-oeste abrangendo os municípios da região metropolitana de Vitória, da região serrana até Afonso Cláudio e Brejetuba, na divisa com Minas Gerais.

Os resultados obtidos no estudo geoquímico no Espírito Santo evidenciaram a importância da continuidade do Projeto Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade no Brasil, para melhor entendimento da relação entre geologia e geoquímica com a dispersão dos elementos químicos nas águas, sedimentos e solos, na saúde ambiental e humana.

É necessária a continuidade dos estudos geoquímicos no estado, especialmente nas regiões onde foram obtidos valores anômalos de elementos que, tanto podem estar causando problemas na saúde humana e animal, quanto em relação à pesquisa mineral.

8. REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Estado do Espírito Santo**. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br/doc/BHASLeste/es.doc>>. Acesso em: 11 abr. 2017.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (Estados Unidos). Toxic Substance Portal. **Public Health Statements**. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>> Acesso em: 05 jul. 2004.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington : American Public Health Association, c1998. Paginação irregular.
- ANDREWS-JONES,D.A. The application of geochemical techniques to mineral exploration. **Colorado School of Mines Bulletin**. Colorado. V.11, n.6, p.1-31, 1968.
- ANDRIOTTI, José Leonardo Silva. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. São Leopoldo, RS: UNISINOS, 2009. 165 p.
- AZEVEDO, Fausto Antonio de; CHASIN, Alice A. da Matta. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003. 554 p.
- BALTAZAR,Orivaldo Ferreira; ZUCCHETTI, Marcia; OLIVEIRA, Sérgio Azevedo Marques de; SCANDOLARA, Jaine; SILVA, Luiz Carlos da. **Projeto São Gabriel da Palha-Linhares, estados do Espírito Santo e Minas Gerais: geologia das folhas São Gabriel da Palha SE.24-Y-C-III e Linhares SE.24-Y-D-I**. Belo Horizonte: CPRM, 2010. 143 p. Programa Geologia do Brasil. Levantamentos geológicos básicos.
- BENITEZ, Leila; CHAVES, MMario Luiz de Sá C.; VIEIRA, Valter Salino; SILVA, S.M. Depósitos de minerais gemológicos no estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46., 2012. Santos, SP. **Anais...** São Paulo: SBG Núcleo São Paulo, 2012. [1 CD-ROM].
- BIONDI, João Carlos. **Processos metalogenéticos e os depósitos minerais brasileiros**. São Paulo: Oficina de Texto. 528 p., 2003. il. color.
- BIONDI, João Carlos; FRANKE, Nilton Djalmo; CARVALHO, Paulo Roberto de; VILLANOVA, Sandro Notto. Geologia do depósito de Au Cavalo Branco (Botuverá - SC). **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 37, n.3, p. 445-463, set. 2007.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2011**. Brasília, v. 31, 2012. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2011>. Acesso em: 23 de agosto de 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ed. do Ministério da Saúde, 2011.
- CETESB. Águas Interiores. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo, apêndice E**. 2016. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios>> Acesso em: 23 ago. 2017.
- CHASIN, A.A.M; CARDOSO, L.M.N. Cádmiio. In: AZEVEDO, F.A. e CHASIN, A.A.M. (Eds). **Metais-Gerenciamento da Toxicidade**. Editora Atheneu. InterTox. p.263-298.2003
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 53, Seção 1, p. 58-63, 18 mar. 2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, n.66, Seção 1, p. 64-68, 07 abr 2008.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de quali-

dade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 429, Seção 1, p. 81-84, 30 dez. 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº454, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 66, 08 nov. 2012.

COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2ed., Barueri, São Paulo. Editora Manole Ltda. 2007, 992p.

FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro de; BORBA, Ricardo Perobelli; ANGELICA, Rômulo Simões. Human exposure to arsenic in Brazil. In: SILVA, Cassio Roberto da; FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro; CAPITANI, Eduardo Mello De; CUNHA, Fernanda Gonçalves da (Ed.). **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CPRM, 2006. 211 p.

FRIZZO, Sérgio João. **Elementos químicos (metais pesados) em águas de abastecimento público no estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2006. 67 p. il. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/10014>. Acesso em: 22 ago. 2017.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Governo ES. **ES em dados**. Disponível em: <<https://www.es.gov.br/es-em-dados>>. Acesso em: 17 maio 2017.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. IJSN Instituto Jones dos Santos Neves. Portal do governo. **Síntese dos indicadores sociais do Espírito Santo: PNAD 2015**. Disponível em: <www.ijsn.es.gov.br/artigos/4722-sintese-dos-indicadores-sociais-do-espírito-santo-pnad-2015> Acesso em: 23 ago. 2017.

HAWKES, H.E.; WEBB, J.S. **Geochemistry in Mineral Exploration**. Harper & Row Publishers, New York. 1962. 415p.

IBGE. Downloads. **Geociências**. Disponível em: http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. Acesso em: 17 maio 2017.

KABATA-PENDIAS, Alina; PENDIAS, Henryk. **Trace elements in soils and plants**. 2nd. ed. Boca Raton: CRC Press, 1992. 365 p., il.

KOLJONEN, Tapio (Ed.). **The geochemical atlas of Finland: part 2: till**. + Suomen geokemian atlas: Osa 2: Moreeni. Espoo: Geological Survey of Finland. 1992. 218 p.

KOLJONEN, Krista; STENIUS, Per; BUCHERT, Johanna. The surface chemistry of PGW pulp fibre fractions. In: INTERNATIONAL MECHANICAL PULPING CONFERENCE, 1997, Stockholm, Sweden. **Proceedings...** Stockholm: Swedish Association of Pulp and Paper Engineers, [1997]. p. 407-411.

LEVINSON, A.A. *Introduction to Exploration Geochemistry*. Applied Publishing Ltd. Alberta, Canadá. 1974. 612p.

LICHT, Otavio Augusto Boni; **Prospecção Geoquímica: princípios, técnicas e métodos**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998. 236p.

LICHT, Otavio Augusto Boni. **A geoquímica multielementar na gestão ambiental: identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no estado do Paraná, Brasil**. 2001. 1 CD-ROM. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) - Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

LICHT, Otavio Augusto Boni; TARVAINEN, Timo. Multipurpose geochemical maps produced by integration of geochemical exploration data sets in The Paraná Shield, Brazil. **Journal of Geochemical Exploration**, Amsterdam, v. 56, n.3, p. 167-182, Nov. 1996.

LICHT, Otavio Augusto Boni; MELLO, Carlos Siqueira Bandeira de; SILVA, Cassio Roberto da (Ed.). **Prospecção geoquímica: depósitos minerais metálicos, não-metálicos, óleo e gás**. Rio de Janeiro: SBGq; CPRM, 2007. 780 p. il.

- LONG, Keith R.; VAN GOSEN, Bradley S.; FOLEY, Nora K.; CORDIER, Daniel. **The principal rare earth elements deposits of the United States: a summary of domestic deposits and a global perspective.** [Washington: USGS], 2010. 96 p. (U.S.Geological Survey scientific investigations report 2010–5220). Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5220/>>. Acesso em: 04 dez. 2017.
- LOPES JUNIOR, Idio. **Atlas geoquímico do vale do Ribeira: geoquímica dos sedimentos ativos de corrente.** 2.ed.rev. São Paulo: CPRM. 2007. 77 p.
- METHOD 3051A: microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Revision 1, February 2007. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>> Acesso em: 10 set. 2016.
- METHYLMERCURY. **Environmental Health Criteria,** Geneva, v. 101, 1990. International programme on chemical safety. Disponível em: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/38082/9241571012_eng.pdf;jsessionid=922B08274C96A567C9EB2EC950E58607?sequence=1. Acesso em: 26 mar. 2018.
- MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Geoquímica de solo: horizonte B: relatório final de projeto.** Curitiba: Mineropar, 2005. 2 v.
- NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: <<http://www.noaa.gov/news/globe-had-its-coolest-february-since-2014>>. Acesso em: 04 dez. 2017.
- OLIVEIRA, L.A.M. Potássio. DNPM. **Economia Mineral do Brasil.** 2009. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/7-3-potassio>>. Acesso em: 8 de fevereiro de 2017.
- OLIVEIRA, R.S.; Afonso, J.C. Bromo. **Química Nova na Escola.** V.35, N1, 2013. p.66-67. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_1/10-EQ-21-11.pdf>. Acesso em: 8 de fevereiro de 2017.
- PAYE, Henrique de Sá; MELLO, Jaime Wilson Vargas de; ABRAHÃO, Walter Antônio Pereira; FERNANDES FILHO, Elpídio Inácio; DIAS, L'via Cristina Pinto; CASTRO, Maria Luisa Oliveira; MELO, Stefeson Bezerra de; FRANÇA, Michele Milanez. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 34, n.6, nov./dez.2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000600028>. Acesso em: 04 dez. 2017.
- PEDROSA, L.F.C.; COZZOLINO, S.M.F. Cromo. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes.** 2ed., São Paulo. Editora Manole Ltda. 2007, p.533-548.
- PEIXOTO, Eduardo Motta Alves. Cálcio. **Química Nova na Escola,** [São Paulo], v. 20, nov. 2004. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a12.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2017.
- PEIXOTO, Eduardo.Motta.Alves. Cloro. **Química Nova na Escola,** V. 17, 2003, p.51. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a13.pdf>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2017.
- PEIXOTO, Eduardo Motta Alves. Potássio. **Química Nova na Escola,** [São Paulo], v.19, maio 2004. Disponível: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a14.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2017.
- PEIXOTO, Eduardo Motta Alves. Escândio. **Química Nova na Escola,** [São Paulo], v. 21, maio 2005. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a11.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2017.
- RANKAMA, Kalervo; SAHAMA, Thure Georg. **Geoquímica.** Madrid: Aguilar, 1954. 862 p.
- RAURET, Gemma. Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment. **Talanta,** Amsterdam, v. 46, n. 3, p. 449-455, Jul. 1998.
- ROSE, A.W.; HAWKES, H.E.; WEBB, J.S. **Geochemistry in Mineral Exploration.** 2 ed. London: Academic Press, 657p.1979
- SANTOS, Almany Costa. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, Fernando Antônio C.; MANOEL FILHO, João (Coord.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** Fortaleza: CPRM, 2000. p. 81-102.

SARDOU FILHO, Ruben; MATOS, Gerson Manoel Muniz de; MENDES, Vanildo Almeida; IZA, Edgar Romeo Herrera de Figueiredo. **Atlas de rochas ornamentais do estado do Espírito Santo**. Brasília: CPRM, 2013. 349 p. il. color. Projeto geologia e recursos minerais do estado do Espírito Santo.

SILVA, Sandra Fernandes da ; MACHADO, Marcelly Ferreira (Org.). **Geodiversidade do estado do Espírito Santo**. Belo Horizonte: CPRM, 2014. 80 p. il. color. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.

U.S. Department of Interior; U.S. Geological Survey. **Mineral commodity summaries 2011**. Disponível em: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2011/mcs2011.pdf>. Acesso em: 26 mar 2018.

USGS. **Mineral commodity summaries 2011: U.S. Geological Survey**, 198 p. 2011

USEPA - U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Method 3051A – Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils**. Washington, DC, 2007. 30p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>> Revision 1. Acesso em 10.09.2016.

VIEIRA, Valter Salino; NOVAIS, Luiz Carlos Chaves; SILVA, Marcio Antonio da; CORRÊA, Tomás Romualdo; LOPES, Nilo Henrique Balzani. Caracterização geoquímica das rochas ignibríticas no nordeste do estado do Espírito Santo. In: 47º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 47, 2014, Salvador, BA. [Anais...]. Disponível em: <<http://www.sbgeo.org.br/home/pages/44>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

VIEIRA, Valter Salino; MENEZES, Ricardo Gallart de (Org.). **Geologia e recursos minerais do estado do Espírito Santo**: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do estado do Espírito Santo. Belo Horizonte: CPRM, 2015. 289 p. Programa geologia do Brasil. Mapas geológicos estaduais. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_espirito_santo.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2017.

WEDEPOHL, Karl Hans. (Ed.). **Handbook of Geochemistry**. Berlin: Springer, 1978. 2 v.

WHO. Environmental Health Criteria: International Programme of Chemical Safety N°101 (IPCS) Methylmercury. Geneva, **World Health Organization**. 1991.

WINTER M. **Web-Elements**. 1998. Disponível em: <http://www.shef.ac.uk/~chem/web-elements>. Acessado em 14 de junho de 2017.



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL