



BACIA DO SÃO FRANCISCO

ATLAS

geoquímico



ATLAS GEOQUÍMICO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

MINAS GERAIS

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretária Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

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

Antônio Carlos Bacelar

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

Juliano de Souza Oliveira

SUREG - BH

Superintendente

Marlon Marques Coutinho

Gerência de Administração e Finanças

Margareth Marques dos Santos

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Marcelo de Souza Marinho

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Marlon Marques Coutinho

Gerência de Infraestrutura Geocientífica

Júlio Murilo Martino Pinho

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

ATLAS GEOQUÍMICO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

MINAS GERAIS

EDUARDO PAIM VIGLIO
FERNANDA GONÇALVES DA CUNHA

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Belo Horizonte, MG
2018

CRÉDITOS TÉCNICOS

DEGET - Departamento de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Gerência Executiva

Fernanda Gonçalves da Cunha - D.Sc

Cássio Roberto da Silva

Execução Técnica

Eduardo Paim Viglio – Pesquisador em Geociências - Geólogo M.Sc

Fernanda Gonçalves da Cunha – Pesquisadora em Geociências - Geóloga D.Sc

Marco Antônio Pimentel – Técnico em Geociências

Neuro Rodrigues – Técnico em Geociências

Anselmo de Carvalho Pedrazzi – Geólogo

Colaboradores

Julia Mancano Quintarelli – Estagiária em Geologia UFRJ

Daniel Katahira – Estagiário em Geologia UFMG

Mariana Pinheiro – Estagiária em Engenharia Ambiental

Silky Gonçalves – Estagiário em Geografia Unimontes / Pirapora

Daiane Souto – Estagiária em Geografia Unimontes / Pirapora

Uender Siqueira – Estagiário técnico em Geologia

Joice Cunha – Estagiária em Geologia UFMG

Alessandra Silva – Estagiária em Geografia UFMG

Fernanda Souza – Estagiária em Geografia Unimontes / Pirapora

Samuel Fonseca – Estagiário em Geografia Unimontes / Pirapora

Danniella Santos – Estagiária em Geografia Unimontes / Pirapora

Jully Rocha – Estagiária em Engenharia Ambiental

Sara Cirlene de Paula – Estagiária em Geologia UFMG

Pamella Oliveira – Estagiária em Engenharia Ambiental

Isadora Tavares – Estagiária em Geologia UFMG

Marcela Lorena – Estagiária em Engenharia Ambiental

Revisão Ortográfica e Gramatical

Homero Coelho Benevides

Revisão Bibliográfica

Priscila Cristina de Faria Ururahy

Projeto Gráfico e Diagramação

DRI / DEPAT / DIEDIG

DEPAT - Departamento de Apoio Técnico

Urquiza de Hollanda

DIEDIG - Divisão de Editoração Geral

Ricardo Motta

Projeto e Execução

Juliana Colussi

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

DIDOTE – Processamento Técnico

Viglio, Eduardo Paim

Atlas geoquímico da bacia do rio São Francisco: Minas

Gerais / Eduardo Paim Viglio, Fernanda Gonçalves da Cunha. --

Belo Horizonte : CPRM, 2018.

238 p. ; 30 cm

ISBN 978-85-7499-486-4

1.Geoquímica – Brasil – Minas Gerais – Atlas. I. Cunha,

Fernanda Gonçalves da. II. Título.

CDD 551.9098151

APRESENTAÇÃO

O Atlas Geoquímico da Bacia do Rio São Francisco no estado de Minas Gerais é composto por uma coleção de mapas geoquímicos de 53 elementos para os meios Solo e Sedimento de Fundo dos rios, 27 cátions, 07 ânions e 4 parâmetros físico-químicos para os meios Água de Superfície e Água de Abastecimento público. Ele é um produto do Projeto Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade (Projeto Geoquímica Multiúso), inserido no Programa Gestão Estratégica da Geologia, da Mineração e da Transformação Mineral, na Ação Levantamento Geoquímico do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, do Governo Federal brasileiro, realizado entre setembro de 2008 e dezembro de 2012. Estes mapas podem ser usados como instrumentos de planejamento territorial, desenvolvimento, projetos e ações sustentáveis do meio físico favorecendo uma gestão ambiental, social e econômica mais equilibrada.

Para a execução deste projeto foram utilizadas ferramentas de pesquisa denominadas de “baixa densidade” ou “regionais”, que visam delinear os padrões de distribuição dos elementos químicos em grandes áreas. Foram coletadas ao todo 1587 amostras de sedimento de fundo, 1581 amostras de água de superfície, 474 amostras de solo e 218 amostras de água de abastecimento público.

O Projeto Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade, tem como objetivo principal disponibilizar os dados e informações para pesquisa em diversas áreas da ciência (multiusos), como prospecção mineral, agricultura, meio ambiente e saúde pública. Como produtos finais serão elaborados mapas geoquímicos estaduais e do Brasil, em formato de Atlas, bem como a disponibilização das informações no GeoSGB, na página da CPRM na internet. Atualmente o Projeto está em desenvolvimento nos estados de Santa Catarina e Bahia. Mais de 40% do território nacional (estados de MS, SP, MG, RS, ES, AL, PE, CE, PR, RR e parte de GO, SC, AM e PA) já está coberto. Os Atlas dos estados do Ceará e de Roraima já foram lançados, bem como os Atlas das Bacias dos rios Subaé na Bahia e do Rio Doce. Os demais Atlas Geoquímicos estão em processo de montagem.

Mapeamentos geoquímicos de baixa densidade, como este, já são reconhecidos internacionalmente como experiências bem sucedidas. Exemplos relevantes de produção de mapas multiuso são o “Environmental Geochemical Atlas of the Central Barents Regions” – Kola Project, o Barents Ecogeochemistry e no Brasil, o Atlas Geoquímico do Estado do Paraná, o Atlas Geoquímico do Vale do Ribeira, realizado pela UNICAMP e Serviço Geológico do Brasil, o Levantamento Geoquímico das Bacias do Mogi-Guaçu e Pardo, no Estado de São Paulo, o Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade no Nordeste do Brasil numa área de 625.000 Km² utilizando a metodologia sugerida pelo IGCP-259 da IUGS e o Atlas Geoquímico da Bacia do rio das Velhas, também realizados pelo Serviço Geológico do Brasil.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

ATLAS GEOQUÍMICO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO	8
INTRODUÇÃO	9
LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	13
MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
MAPAS GEOQUÍMICOS	20
PARÂMETROS LEGAIS E SUMÁRIOS ESTATÍSTICOS	21
MAPAS GEOQUÍMICOS.....	30
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	204
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	205
ELEMENTOS	210
CONCLUSÕES.....	235
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	236

■ ■ ■ ATLAS GEOQUÍMICO
DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

ATLAS GEOQUÍMICO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

INTRODUÇÃO

O Projeto Geoquímica MultiÚso tem como objetivo avaliar em todo o território nacional as composições químicas do substrato rochoso, solos e águas de superfície e de abastecimento público, visando disponibilizar a multiusuários dados e informações para a pesquisa de novos depósitos minerais, fertilidade natural para a agricultura, fontes de contaminações naturais e antropogênicas de elementos químicos nocivos à saúde humana, animal e ambiental, entre outras.

Ele foi iniciado em 2008 e já cobriu mais de um terço do território nacional, abrangendo os estados de Roraima, Pará, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Alagoas,

Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul, sendo coletados até o momento 13 mil amostras de sedimento, 3500 de solo, 12 mil de água superficial e 2400 águas de abastecimento público.

Além dos trabalhos convencionais, especificamente no Rio São Francisco, foi efetuada em abril de 2010 uma campanha de barco, entre Pirapora e Manga, com duração de 15 dias, onde as drenagens amostradas foram alcançadas com voadeiras com motor de popa, partindo do barco principal. Esta campanha foi efetuada em conjunto com pesquisadores do curso de Geografia da Unimontes – Campus Pirapora. Nesta expedição foram reconhecidos também o São Francisco entre Três Marias e Pirapora, os rios Paracatu, Jequitaiá, Peruaçu, Urucuia, Verde Grande e Carinhanha. Trabalhos especiais foram efetuados na Caverna do Janelão, no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, em Januária e na grande região alagada do rio Pandeiros, reconhecida como o Pantanal Mineiro.

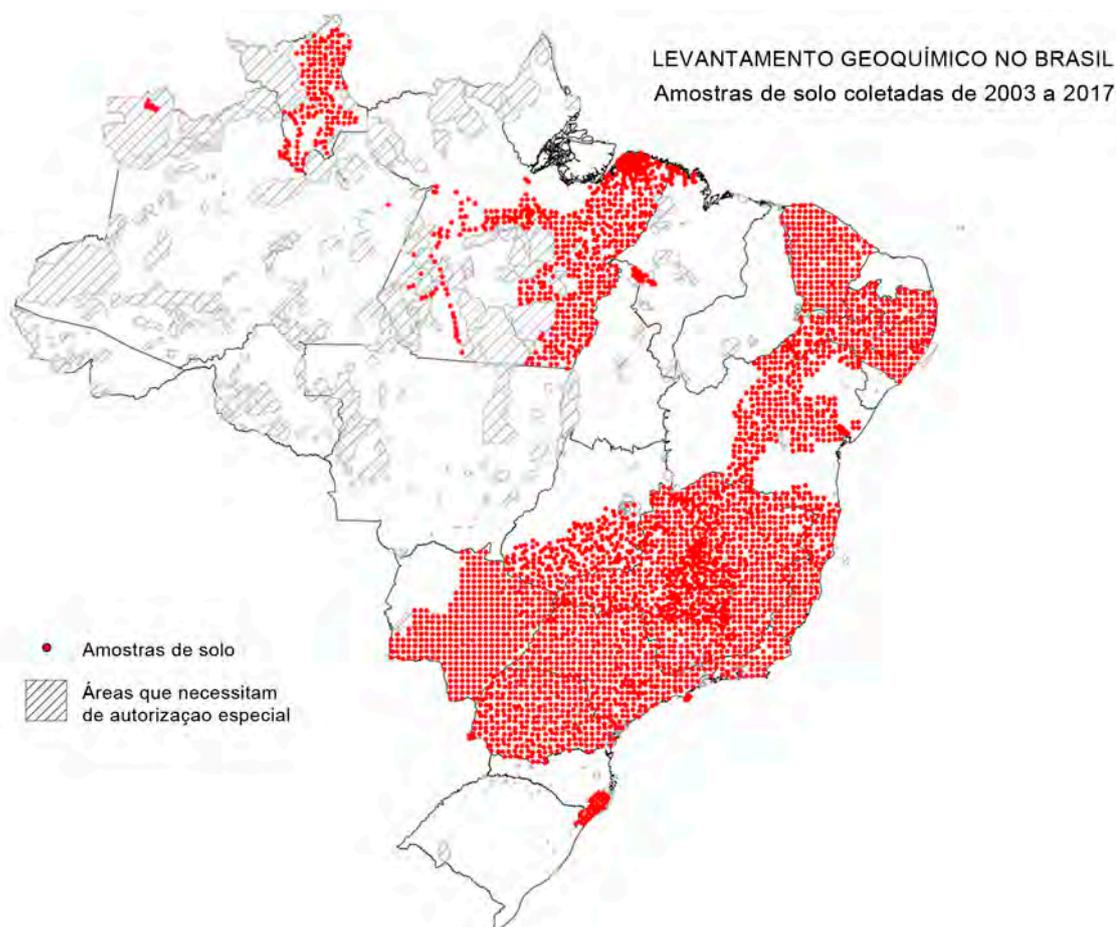


Figura 1 - Área já trabalhada pelo Projeto Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade.



Figura 2 - Embarcação Thainá, utilizada no levantamento do rio São Francisco entre Pirapora e Carinhanha.



Figura 3 - "Pantanal Mineiro" do rio Pandeiros



Figura 4 - Garimpo à seco de diamante no Rio Jequitaiá



Figura 5 - Rio Jequitaiá, nas proximidades da cidade de Jequitaiá.

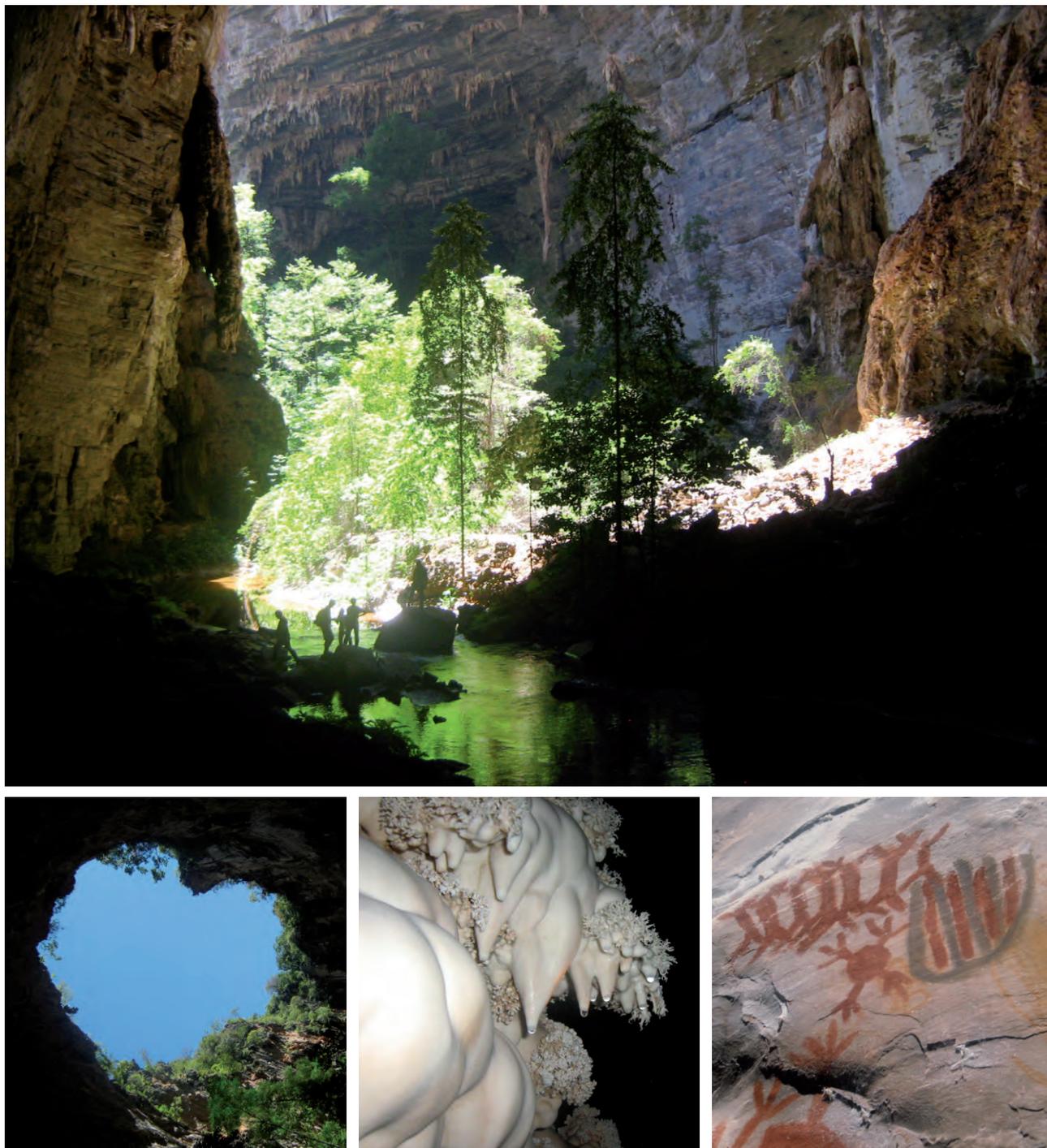


Figura 6 - Caverna do Janelão no Parque Nacional do Peruaçu; Janela do Coração; Feições espeleológicas; Inscrições rupestres.

Na medida em que os resultados parciais ficavam disponíveis foram elaborados 16 trabalhos apresentados em Congressos, na forma de pôster ou apresentação oral e efetuado o lançamento do Atlas Geoquímico da Bacia do Rio das Velhas na sede da Superintendência Regional de Belo Horizonte em 2011. Colaboraram diretamente com

o projeto 04 geólogos, 01 engenheiro de minas, 04 técnicos de geologia e 24 estagiários dos cursos de geologia, geografia, engenharia ambiental, engenharia cartográfica, ecologia, química e cursos técnicos de geologia, mineração, química e meio ambiente, fornecendo uma conotação verdadeiramente multidisciplinar ao projeto.

TABELA 1

Trabalhos apresentados sobre a Bacia do Rio São Francisco no Estado de Minas Gerais

ANO	MEIO	TITULO	AUTORES	FORMA DE APRESENTAÇÃO	RESUMO
2009	Congresso Brasileiro de Geoquímica - Ouro Preto	Geoquímica MultiUso em MG - A Bacia do rio das Velhas	Eduardo Viglio e Fernanda Cunha	Poster	Apresentação de resultados físico-químicos das águas de superfície e abastecimento
2010	Congresso Brasileiro de Geologia - Belém	Geoquímica MultiUso em MG - O Atlas Geoquímico da Bacia do Rio das Velhas	Eduardo Viglio e Fernanda Cunha	Oral	Apresentação do Atlas Geoquímico modelo para a Bacia do rio das Velhas
2010	Congresso Brasileiro de Geologia - Belém	Geoquímica MultiUso em MG - A Bacia do Alto São Francisco	Eduardo Paim Viglio, Fernanda Cunha, Daniel Katahira	Poster	Apresentação de resultados físico-químicos das águas de superfície e abastecimento
2010	Congresso Brasileiro de Geologia - Belém	Geoquímica MultiUso em MG - A Bacia do Rio Paracatu	Eduardo Viglio, Fernanda Cunha, Mariana Pinheiro	Poster	Apresentação de resultados físico-químicos das águas de superfície e abastecimento
2010	SUREG-BH	O Atlas Geoquímico da Bacia do Rio das Velhas	Eduardo Paim Viglio e Fernanda Gonçalves da Cunha	Livro e CD	Lançamento do livro em Belo Horizonte
2010	Página CPRM	O Alumínio nas Bacias dos rios São Francisco e Doce no Estado de Minas Gerais	Eduardo Paim Viglio	Internet	Definição de valores de background de Al e comparação com os encontrados em Jequitinhonha.
2011	GEOMED - Bari, Itália	Use of Regional Geochemical Prospecting of Fluorine in Sub-Basins of the Middle São Francisco River, North of Minas Gerais State, Brazil	Eduardo Paim Viglio, Leila Nunes Menegasse Velasquez e Hernando Baggio	Poster e Folder	Apresentação da grande anomalia de Flúor do rio Verde Grande
2011	Congresso Brasileiro de Geoquímica - Gramado	Prospecção Geoquímica de Baixa Densidade de Flúor em bacias da margem direita do rio São Francisco - Norte de Minas Gerais	Eduardo Paim Viglio, Leila Nunes Menegasse Velasquez e Hernando Baggio	Apresentação Oral	O uso da Prospecção geoquímica regional na definição de anomalias de grande porte.
2011	Congresso Brasileiro de Geoquímica - Gramado	Qualidade da Água superficial do rio São Francisco entre a foz do rio das Velhas- MG e rio Carinhanha - Ba: Parâmetros Físico-químicos	Silky P. P. da S. GONÇALVES, Daiane de O. SOUTO, Hernando Baggio FILHO, Eduardo Paim VIGLIO	Poster	Apresentação de resultados físico-químicos das águas de superfície e abastecimento
2011	Congresso Brasileiro de Geoquímica - Gramado	Geoquímica MultiUso em MG - A Bacia do Rio Abaeté	Eduardo Paim Viglio, Anselmo de Carvalho Pedrazzi e Uender Aparecido Siqueira	Poster	Apresentação de resultados físico-químicos das águas de superfície e abastecimento
2011	Congresso Brasileiro de Geoquímica - Gramado	Geoquímica MultiUso em MG - As Bacias do Rios Uruçuia e Carinhanha	Eduardo Paim Viglio, Joice Rodrigues da Cunha e Alessandra Aparecida Silva	Poster	Apresentação de resultados físico-químicos das águas de superfície e abastecimento
2011	Congresso Brasileiro de Geoquímica - Gramado	Geoquímica MultiUso em MG - As Bacias do Rios Jequitá e Verde Grande	Eduardo Paim Viglio, Fernanda Rodrigues de Souza, Samuel Ferreira da Fonseca	Poster	Apresentação de resultados físico-químicos das águas de superfície e abastecimento
2012	Congresso Brasileiro de Geologia - Santos	Distribuição de anomalias de As em sedimentos de fundo do rio São Francisco entre a foz do rio das velhas e rio Carinhanha em Minas Gerais	Eduardo Viglio, Silky Polyanne Gonçalves, Danniella C. Santos e Hernando Baggio Filho	Poster	Anomalias antropogênicas de Arsênio no leito do rio São Francisco

LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

A bacia hidrográfica do rio São Francisco no estado de Minas Gerais, uma das mais importantes do Brasil, possui uma área de 233.564 km² compondo a parte noroeste do estado. O Velho Chico nasce na Serra da Canastra e recebe a contribuição de importantes drenagens como os rios das Velhas, Abaeté,

Paraopeba, Paracatu, Urucuia, Jequitaiá, Verde Grande e Carinhanha (Viglio et al, 2014). Cada uma destas sub-bacias foi trabalhada separadamente. Para a Bacia do Rio das Velhas, foi efetuado o Atlas Geoquímico que serviu de base para a montagem deste Atlas (Viglio e Cunha, 2010). A quantidade de amostras coletadas em cada uma das sub-bacias pode ser vista na tabela dos trabalhos executados de 2008 a 2012, abaixo:

TABELA 2

Projeto Levantamento Geoquímico Ambiental do Estado de Minas Gerais (Trabalhos executados de 2008 a abril de 2012)

SUB-BACIA	ÁREA (KM ²)	PONTOS DRENAGEM	SEDES MUNICIPAIS	AMOSTRAS DE SOLO
1 - Rio das Velhas	27990	242	44	71
2 - Alto São Francisco	38420	313	82	98
3 - Rio Abaeté	24428	248	17	77
4 - Rio Paracatu	41512	266	12	68
8 - Rio Jequitaiá	24375	156	21	58
5 - Rio Urucuia	25136	180	12	42
6 - Rio Carinhanha	24660	144	24	46
7 - Rio Verde Grande	27043	174	24	44
Total Bacia do São Francisco	233564	1723	236	504

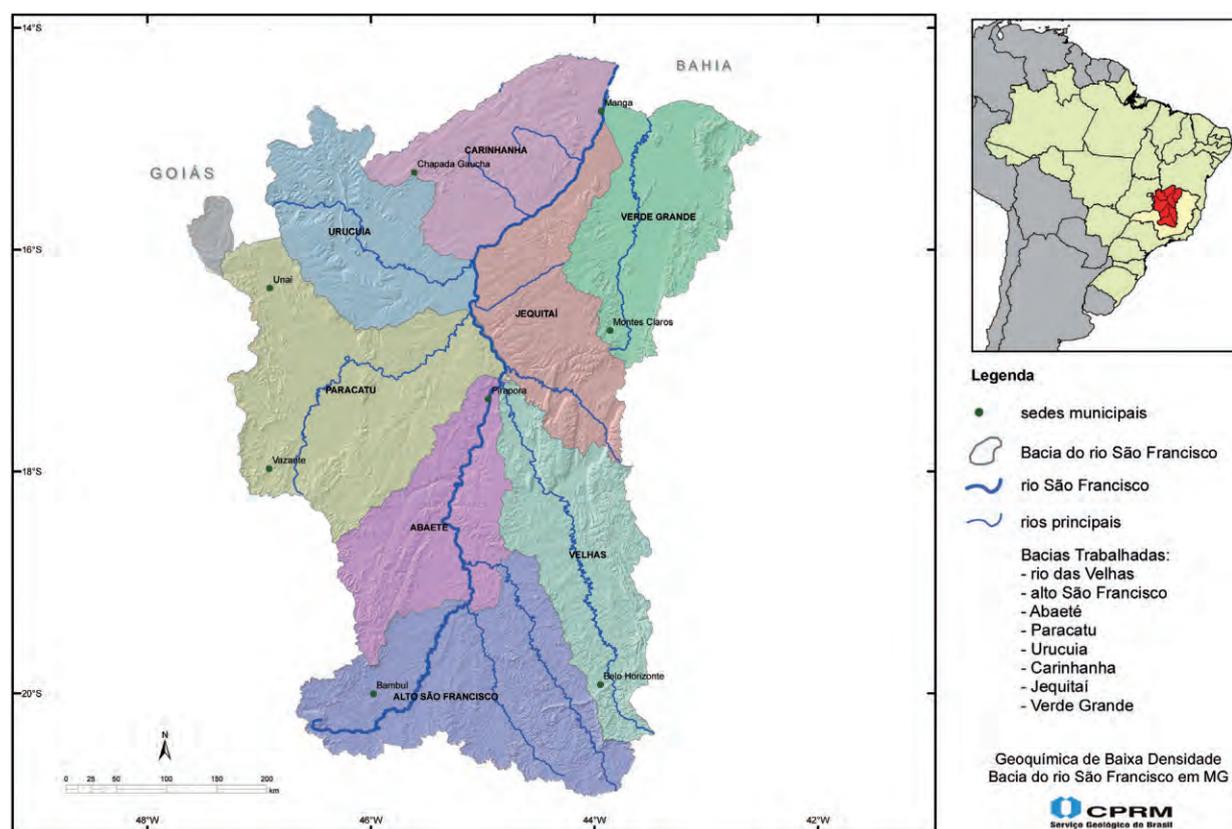
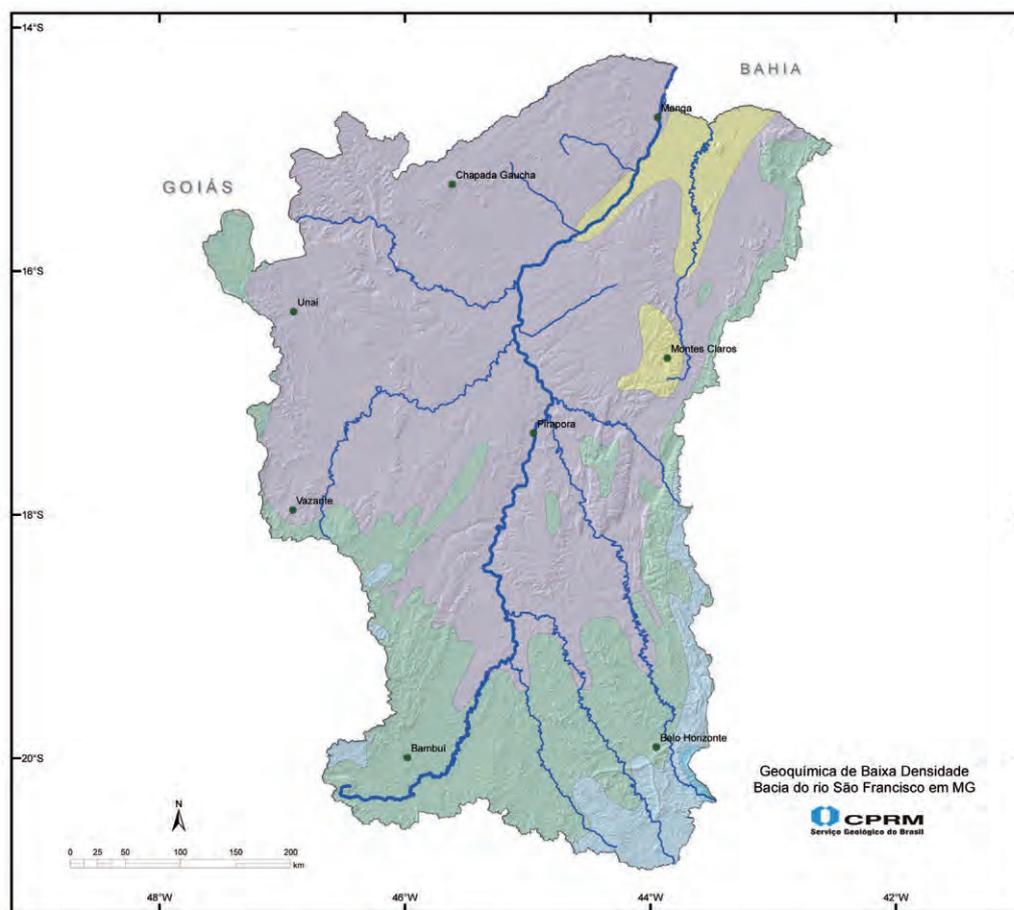


Figura 7 - Mapa de Localização das principais sub-bacias do São Francisco em Minas Gerais.

Esta bacia drena as principais cidades e regiões metropolitanas estaduais, importantes regiões de mineração de ferro, manganês, ouro, zinco e calcário e imensas áreas com reflorestamento de Pinus e Eucalipto, plantações comerciais de soja, milho, sorgo, café, algodão, cana-de-açúcar, pastagens e enclaves de matas nativas do Bioma Cerrado. Estima-se uma população residente de 8 milhões de habitantes distribuída em 246 municípios, sendo 30% na região

metropolitana de Belo Horizonte, capital do estado. Com relação ao clima, o rio São Francisco nasce em clima tropical da região Brasil Central subquente, úmido, com temperaturas médias entre 15 e 18 °C e três meses secos ao ano, chegando ao quente, semi-árido com temperatura média acima de 18 °C e seis meses secos ao ano. A maior parte da área possui clima quente, semi-úmido, com temperatura média acima de 18 °C e de 4 a 5 meses secos.



Legenda

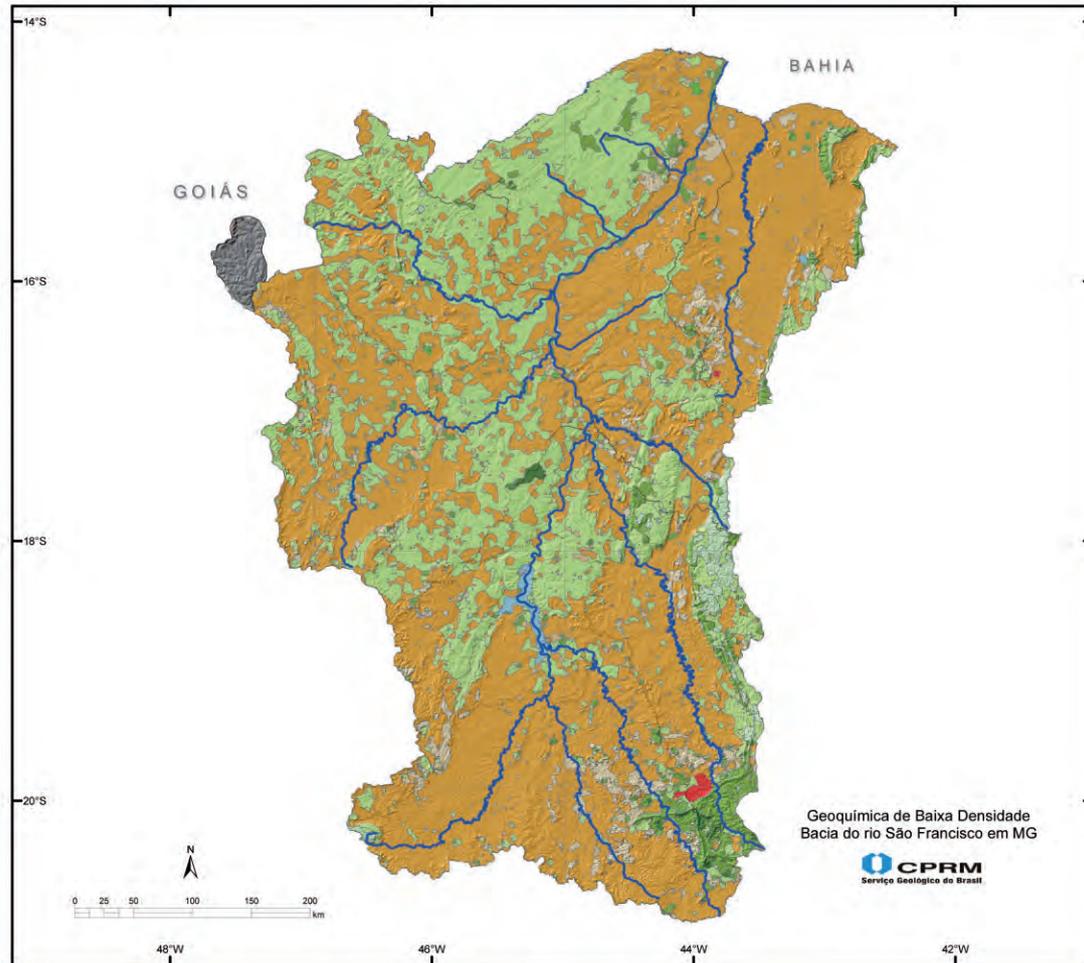
- sedes municipais
- Bacia do rio São Francisco
- rio São Francisco
- rios principais
- Bacias Trabalhadas:
 - rio das Velhas
 - alto São Francisco
 - Abaeté
 - Paracatu
 - Uruçuia
 - Carinhanha
 - Jequitai
 - Verde Grande

Mapa de Clima do Brasil, IBGE.

Clima Tropical Brasil central

- Quente - T > 18° C, semi-úmido com 4 a 5 meses secos
- Quente - T > 18° C, semi-árido, 6 meses secos
- Subquente - T de 15 e 18 ° C, úmido 3 meses secos
- Subquente - T de 15 e 18 ° C, semi-úmido 4 a 5 meses secos
- Mesotérmico brando - T de 10 e 15° C, úmido 1 a 2 meses secos
- Mesotérmico brando - T de 10 e 15° C, semi-úmido 4 a 5 meses

Figura 8 - Mapa Climático da Bacia do São Francisco, adaptado do Mapa de Clima do Brasil, IBGE.



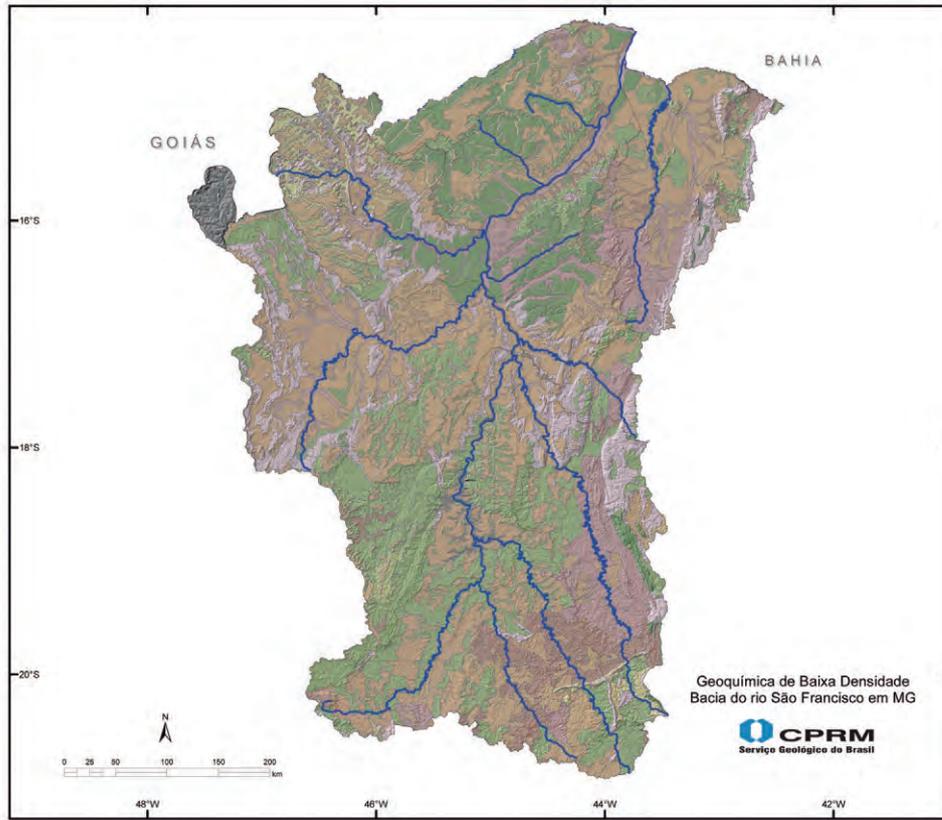
Legenda Simplificada

	Campos inundáveis		Florestas ombrófilas densa
	Campos limpos		Corpos d'água naturais e artificiais
	Savanas arbustivas		Rochas e solos nu ou com vegetação dispersa
	Florestas arbustivas-arbóreas aberta		Agriculturas e Pastagens Permanentes
	Florestas arbustivas-arbóreas densa		Mosaicos de agricultura, pastagens e vegetação arbórea alterada
	Florestas estacionais decíduais aberta		Mosaicos de vegetação não arbórea pastejada e pequena agricultura
	Florestas estacionais decíduais densa		Áreas urbanizadas
	Florestas ombrófilas aberta		

Figura 9 - Mapa de Vegetação Simplificado da Bacia do São Francisco (base IBGE 2010).

Existem diversos tipos de solo ocorrendo na bacia do São Francisco. É visível a associação negativa entre os solos menos desenvolvidos e arenosos à existência de vegetação nativa e inexistência de mosaicos

de agricultura. Mosaicos de agricultura e pastagens permanentes, pequenas plantações, pastos e de agricultura familiar se traduzem no principal uso de solo da bacia no estado de Minas Gerais.



Legenda Simplificada

	Afloramentos de Rocha		Latossolo Variável Una
	Areias Quartzosas		Latossolo Vermelho-Amarelo
	Areias Quartzosas Hidromórficas		Latossolo Vermelho-Escuro
	Cambissolo		Planossolo Solódico
	Cambissolo Concrecionário		Plintossolo
	Cambissolo Concrecionário e não concrecionário		Podzol
	Cambissolo Epiconcrecionário		Podzólico Vermelho-Amarelo
	Cambissolo Epiconcrecionário e não concrecionário		Podzólico Vermelho-Amarelo plíntico
	Cambissolo Ferrífero		Podzólico Vermelho-Escuro
	Glei Pouco húmico		Solos Aluviais
	Glei húmico		Solos Aluviais Indiscriminados
	Hidromórfico Cinzento		Solos Litólicos
	Latossolo Ferrífero		Solos Petroplínticos Indiscriminados
	Latossolo Roxo		Vertissolo

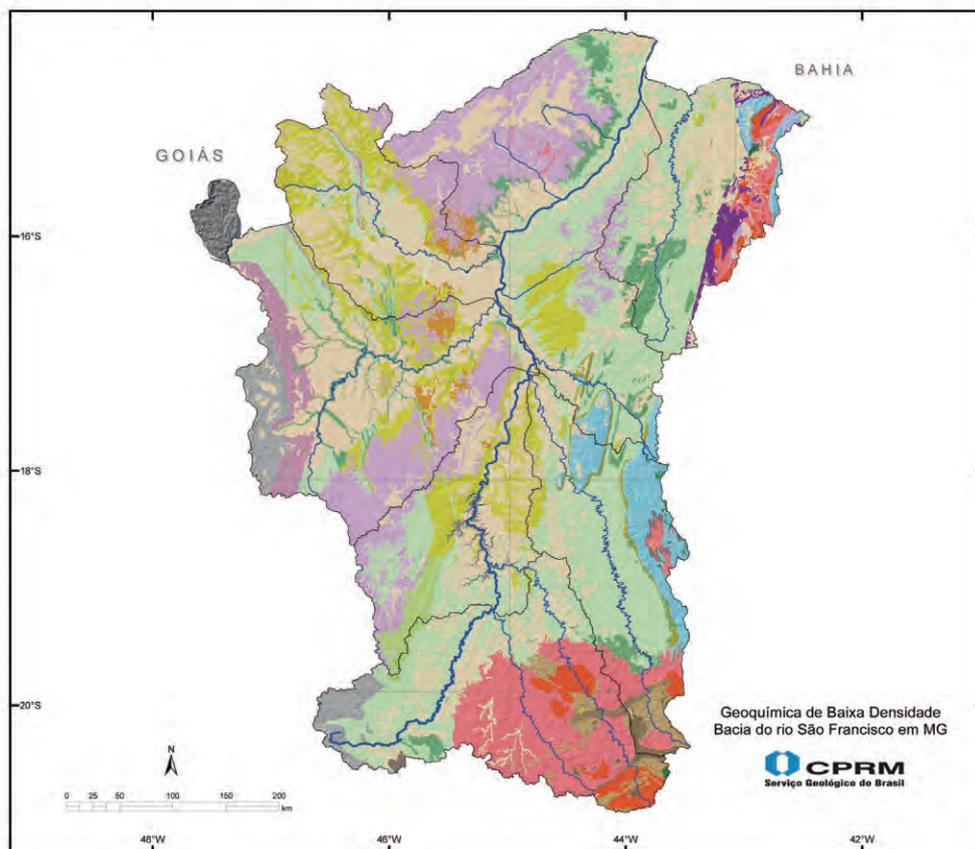
Figura 10 - Mapa Pedológico Simplificado da Bacia do São Francisco (base Geodiversidade).

As principais unidades geológicas aflorantes no território mineiro são: o Cráton São Francisco; a Faixa Brasília; o Orógeno Araçuaí/Ribeira; a Bacia do Paraná e as Coberturas colúvio-aluviais e eluviais (Machado & Silva, 2010). As principais feições tectônicas do

embasamento do Cráton do São Francisco, localizado em seu extremo sul são o Quadrilátero Ferrífero e o Cinturão Mineiro, que envolvem um complexo metamórfico basal (TTG), supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas, Grupo Itacolomi e

granitoides arqueanos e paleoproterozoicos. A bacia intracratônica do São Francisco tem seu arcabouço geológico composto pelas seguintes unidades litoestratigráficas: Supergrupo Espinhaço, de idade paleo/meso-proterozoica; Grupo Bambuí, de idade neoproterozoica; sedimentos paleozoicos do Grupo Santa Fé; unidades

cretácicas dos grupos Areado, Mata da Corda e Urucuia. A bacia hidrográfica do São Francisco corre a maior parte do tempo sobre rochas calcáreas e metapelíticas do Grupo Bambuí e sobre arenitos dos grupos Urucuia e Areado. São litotipos facilmente intemperizáveis, o que facilita o assoreamento da calha.



Legenda Simplificada

- | | |
|---|--|
| Depósitos Aluvionares cenozóicos | Grupo Santo Onofre - filitos |
| Coberturas Detrito-lateríticas cenozóicas | Grupos S. Catuni e Nova Aurora - diamictitos |
| Grupos Urucuia, Areado e Mata da Corda - arenitos cretáceos | Grupos Vazante e Paranoá - xistos e quartzitos |
| Grupo Santa Fé - diamictitos e varvitos | Grupo Canastra - filitos e quartzitos |
| Grupo Bambuí - arenitos predominantes | Complexos Graníticos Proterozoicos |
| Grupo Bambuí - arenitos, margas, calcários e siltitos | Complexos Sieníticos Proterozoicos |
| Grupo Bambuí - calcários | Super Grupo Minas Itabiritos, xistos, filitos e quartzitos |
| Grupo Bambuí - Serra da Saudade - fosforitos | Super Grupo Rio das Velhas - quartzitos e conglomerados |
| Grupo Araxá - Hematita | Sequências Metavulcanossedimentares Proterozoicas |
| Grupo Macaúbas - tilitos e varvitos | Suítes Plutônicas básicas Proterozoicas |
| Super Grupo Espinhaço - quartzitos e conglomerados | Complexos Granito-Gnaiss Arqueanos |
| | Sequências Metavulcânicas Arqueanas |

Figura 11 - Mapa Geológico Simplificado retirado do Mapa da Geodiversidade de Minas Gerais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta e Análise Geoquímica das Amostras de Água, Sedimento e Solo

■ Água Superficial e de Abastecimento

As amostras de água superficial foram coletadas no mesmo ponto do sedimento, no trecho do rio onde a rapidez da vazão é maior, em recipiente ambientalizado, onde são tomadas medidas dos parâmetros físico-químicos através de medidor multiparâmetro OAKTON PCD650 (temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade). Duas alíquotas são armazenadas em tubos de polietileno graduados com capacidade de 50 mL, após serem filtradas em filtro millipore 0,45 µm, uma para análise de cátions e outra de ânions.

Para a preservação dos cátions solúveis nas amostras foi adicionado 2 mL de HNO₃ 1:1, mantendo-se o pH ao redor de 2. As amostras de água são mantidas sob refrigeração até o momento da análise.

As águas de abastecimento público foram coletadas antes do tratamento efetuado para consumo humano, sendo provenientes de poços profundos, rasos, barragens ou coletadas diretamente das drenagens.

As técnicas analíticas utilizadas foram Espectrometria por Emissão Atômica com Fonte de Plasma – ICP-OES para 27 cátions (Al, As, B, Be, Ba, Ca, Co, Cd, Cu, Cr, Li, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Se, Si, Sb, Sn, Sr, Ti, V e Zn) e Cromatografia de Íons - IC para 7 ânions (fluoreto, cloreto, brometo, nitrito, nitrato, sulfato e fosfato). As análises foram realizadas no Laboratório SGS-Geosol, em Vespasiano, MG e no CETAN, em Vitória, ES.



Figura 12 - Coleta de amostra de água.



Figura 13 - Medição de parâmetros físico-químicos em amostras de água.



Figura 14 - Coleta das amostras de água.

■ Sedimento de fundo

As amostras de sedimentos de corrente foram coletadas nos mesmos pontos de coleta das amostras de água superficial, nas zonas de deposição do material mais fino, em geral próximo às margens e em uma faixa entre 5 e 10 metros, de forma composta. Foram coletados aproximadamente 2 kg de material, peneirado a 20# no campo com materiais de inox ou de polietileno.

No laboratório estas amostras foram secas em estufa a 50°C, homogeneizadas e peneiradas a 80#. Após digestão em água régia à quente, foram analisadas para 53 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, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Yb, Zn e Zr) por Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma – ICP-OES e Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado – ICP-MS, realizadas no Laboratório SGS-Geosol, em Vespasiano, MG.

■ Solos

As amostras de solo foram coletadas em malha de 25 x 25 km, aproximadamente no centro das folhas topográficas em escala 1:50.000, mesma metodologia utilizada por Licht (2005) em seu levantamento do estado do Paraná e adotada como padrão para o projeto.

A coleta de aproximadamente 2 kg de material foi efetuada com martelos ou trado inox, no topo do horizonte B, acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas. No laboratório estas amostras passaram por tratamento exatamente igual aos das amostras de sedimento.



Figura 12 - Coleta de amostra de sedimento de fundo.



Figura 12 - Peneiramento de amostra de sedimento de fundo.



Figura 17 - Coleta de amostra de solo.



Figura 18 - Acondicionamento da amostra de solo.

MAPAS GEOQUÍMICOS

Tratamento Estatístico e Parâmetros Legais

Os resultados analíticos foram submetidos a um tratamento estatístico básico, sendo calculados: o número total de amostras, o número de amostras com resultados acima do limite de detecção do elemento, a mediana, o valor médio, os valores mínimos e máximos, o desvio padrão, e parâmetros constantes da estatística robusta através dos *boxplots* e histogramas. *Boxplots*, histogramas e tabela com os principais parâmetros estatísticos constam de cada mapa. Estes parâmetros foram utilizados para desenhar as curvas ou superfícies de tendência para cada elemento em cada meio, algumas vezes, associados aos valores constantes das tabelas legais que determinam os patamares de qualidade dos elementos nos diversos meios conforme abaixo.

Para as amostras de água, os valores utilizados referem-se ao Valor Máximo Permitido pela Portaria do Ministério da Saúde no 2914 de 2011. Na falta de indicações desta portaria, utilizou-se o Valor Máximo Permitido para Água doce Classe I da Resolução CONAMA 357 de 17/03/2005 ou os parâmetros para água subterrânea da resolução CONAMA 396 de 2008. Não existindo indicações, foram utilizados os valores de prevenção (*Threshold Effects Level – TEL*) do *Screening Quick Reference Tables* da NOAA de 2008 ou do *Guidelines for drinking-water quality – da World Health Organization – WHO* de 2011.

Para as amostras de solo, foram utilizados os valores orientadores de Prevenção da Resolução CONAMA 420 de 28/12/2009 e os TEL da NOAA–SQRT para inorgânicos em sólido de fevereiro de 2008. No entanto foram considerados com mais peso os Valores de Referência de Qualidade de Solo divulgados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM–MG para o estado em 2011.

Para as amostras de sedimento de fundo, foram usados os valores de Nível 1 para Água Doce da resolução CONAMA 344 de 25/03/2004 para sedimentos dragados ou os TEL da NOAA–SQRT para inorgânicos em sólido de fevereiro de 2008.

As tabelas com os valores legais e com os valores da estatística básica encontram-se no item Parâmetros Legais e Sumários Estatísticos.

Os mapas geoquímicos foram confeccionados utilizando-se a base de dados de cada meio amostral e os resultados de cada elemento formando a espacialização tendencial de cada ponto. Estes pontos foram representados como uma imagem *RASTER*, gerada por IDW, para os parâmetros Solo e Sedimento, ou pontos com diferentes simbologias e cores para os parâmetros Água de superfície e Água de abastecimento. Os intervalos considerados levaram em conta parâmetros da estatística robusta retirados dos *boxplots*, como a mediana, quartis e IQR. Quando a quantidade de resultados não foi suficiente para a obtenção destes parâmetros estatísticos, foi utilizado o intervalo definido pelas quebras naturais de distribuição atribuídas pelo programa ArcGis10.2. Cada mapa mostra o padrão de distribuição do elemento no respectivo meio, limitado à bacia, sendo representados: a rede de drenagem, a localização das principais cidades e o rio São Francisco com a cor azul mais forte. Na legenda são mostrados uma tabela com os parâmetros estatísticos básicos e legais do elemento químico, um histograma e um *boxplot* que explicam a distribuição apresentada.

Todo o conjunto de dados foi trabalhado utilizando-se o *software* ArcGis 10.2, com *shapes* montadas a partir dados tabulados em campo, corrigidos e compatibilizados em escritório, usando o *DATUM* WGS84 e coordenadas UTM para o Fusos 23 Sul, posteriormente transformados em coordenadas geográficas decimais. Todos os dados cartográficos básicos foram retirados do Projeto Geodiversidade do Estado de Minas Gerais (Machado & Silva, 2010).

- ■ ■ PARÂMETROS LEGAIS
E SUMÁRIOS ESTATÍSTICOS

TABELA 1
Parâmetros Estatísticos e Legais para água de abastecimento

ELEMENTO	UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	NUM DE MEDIDAS	MEDIDAS > LIMITE	VALOR MÉDIO	MEDIANA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	PORTARIA MS 2914/2011	CONAMA 357	CONAMA 396	WHO 2011
Al	mg/L	0.003	209	201	0.0817	0.0150	2.4100	0.0010	0.2786	0.2	0.1	0.2	
As	mg/L	0.002	209	145	0.0031	0.0040	0.0150	0.0010	0.0016	0.01	0.01	0.01	0.01
B	mg/L	0.007	209	65	0.0050	0.0035	0.0600	0.0030	0.0073		0.5	0.5	2,4
Ba	mg/L	0.003	209	199	0.0370	0.0200	1.2700	0.0010	0.0946	0.7	0.7	0.7	0.7
Be	mg/L	0.001	209	1	-	-	-	-	-		0.04	0.004	
Ca	mg/L	0.01	209	209	23.8812	5.0700	243.0000	0.1230	40.7166				
Cd	mg/L	0.001	209	64	0.0009	0.0010	0.0020	0.0005	0.0003	0.005	0.001	0.005	0.003
Co	mg/L	0.003	209	3	0.0015	0.0015	0.0070	0.0015	0.0004		0.05		
Cr	mg/L	0.003	209	67	0.0021	0.0015	0.0420	0.0010	0.0035	0.05	0.05	0.05	0.05
Cu	mg/L	0.002	209	80	0.0136	0.0010	0.5480	0.0010	0.0489	2	0.009	2	2
Fe	mg/L	0.002	209	178	0.2922	0.0890	4.3100	0.0010	0.5151	0.3	0.3	0.3	
Hg	mg/L	0.0003	191	2	0.0002	0.0002	0.0045	0.0002	0.0003	0.001	0.0002	0.001	0.006
K	mg/L	0.005	209	209	1.6344	1.1010	11.2000	0.0170	1.7917				
Li	mg/L	0.001	209	105	0.0044	0.0005	0.0340	0.0005	0.0067		2.5		
Mg	mg/L	0.01	209	209	3.6417	1.6980	61.6000	0.0200	6.1596				
Mn	mg/L	0.007	209	110	0.0239	0.0035	0.5600	0.0030	0.0679	0.1	0.1	0.1	
Mo	mg/L	0.007	209	1	-	-	-	-	-			0.07	
Na	mg/L	0.01	209	209	7.7456	3.3220	155.0000	0.0900	16.1738	200		200	50
Ni	mg/L	0.007	209	27	0.0057	0.0035	0.0700	0.0035	0.0079	0.07	0.025	0.02	0.07
Pb	mg/L	0.002	209	66	0.0044	0.0050	0.0350	0.0010	0.0036	0.01	0.01	0.01	0.01
Sb	mg/L	0.002	209	66	0.0026	0.0025	0.0300	0.0010	0.0028	0.005	0.005	0.005	0.02
Se	mg/L	0.002	209	66	0.0038	0.0050	0.0050	0.0010	0.0018	0.01	0.01	0.01	0.04
Si	mg/L	0.002	209	209	8.3620	6.9800	25.1900	0.0520	5.3579				
Sn	mg/L	0.01	209	1	-	-	-	-	-				

Continua...

TABELA 1 (continuação)

ELEMENTO	UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	NUM DE MEDIDAS	MEDIDAS > LIMITE	VALOR MÉDIO	MEDIANA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	PORTARIA MS 2914/2011	CONAMA 357	CONAMA 396	WHO 2011
CATIONES	Sr	0.01	209	201	0.6432	0.0400	107.0000	0.0010	7.3950				
	Ti	0.005	209	16	0.0031	0.0025	0.0200	0.0025	0.0025				
	V	0.01	209	158	0.0128	0.0150	0.0500	0.0050	0.0053		0.1	0.05	
	Zn	0.01	209	199	0.0847	0.0100	4.2700	0.0050	0.3489	5	0.18	5	
ANIONS	Brometo	0.01	208	79	0.4774	0.0050	90.90	0.0050	6.3026				
	Cloreto	0.01	208	206	5.0540	0.9650	146.00	0.0050	13.7171	250	250	250	
	Fluoreto	0.01	208	186	0.0875	0.0400	1.36	0.0050	0.1434	1.5	1.4	1.5	1.5
	Fosfato	0.01	208	144	1.0073	0.0500	51.22	0.0050	4.6441				
	Nitrato	0.01	208	155	2.7747	0.1750	60.20	0.0050	7.3814	10	10	10	50
	Nitrito	0.01	208	122	0.0460	0.0500	0.50	0.0050	0.0690	1	1	1	3
	Sulfato	0.01	208	204	3.5550	0.5050	183.00	0.0050	14.1229	250	250	250	
	pH	-	-	215	215	6.9507	6.9800	8.29	4.3400	0.6654		6 a 9	
FIS-QUÍMICOS	OD	-	204	204	5.0119	5.1550	12.90	1.1000	1.9957		> 2		
	Conduct.	-	215	215	137.3323	61.4000	1039.00	1.0340	192.4055		100		
	Temp	-	215	215	23.4544	23.9000	30.60	13.4000	3.1845				

TABELA 2

Parâmetros Estatísticos e Legais para água de superfície

ELEMENTO	UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	NUM DE MEDIDAS	MEDIDAS > LIMITE	VALOR MÉDIO	MEDIANA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	PORTARIA MS 2914/2011	CONAMA 357	CONAMA 396	WHO 2011
CATIONES	Al	0.003	1567	1359	0.4488	0.0230	81.6400	0.0002	4.4818	0.2	0.1	0.2	
	As	0.002	1562	236	0.0016	0.0010	0.1350	0.0010	0.0054	0.01	0.01	0.01	0.01
	B	0.007	1563	66	0.0040	0.0035	0.0480	0.0035	0.0031		0.5	0.5	2.4
	Ba	0.003	1564	1393	0.0378	0.0270	0.5100	0.0015	0.0409	0.7	0.7	0.7	0.7
	Be	0.001	1565	0	-	-	-	-	-		0.04	0.004	
	Ca	mg/L	0.01	1566	1424	17.2260	5.0780	549.0000	0.0050	35.4768			

Continua...

TABELA 2 (continuação)

ELEMENTO	UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	NUM DE MEDIDAS	MEDIDAS > LIMITE	VALOR MÉDIO	MEDIANA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	PORTARIA MS 2914/2011	CONAMA 357	CONAMA 396	WHO 2011
Cd	mg/L	0.001	1567	54	0.0006	0.0005	0.0201	0.0005	0.0009	0.005	0.001	0.005	0.003
Co	mg/L	0.003	1568	62	0.0016	0.0015	0.0460	0.0015	0.0012		0.05		
Cr	mg/L	0.003	1569	372	0.0025	0.0015	0.0540	0.0015	0.0029	0.05	0.05	0.05	0.05
Cu	mg/L	0.002	1570	670	0.0057	0.0010	0.6780	0.0010	0.0261	2	0.009	2	2
Fe	mg/L	0.002	1571	1376	0.4590	0.3120	8.3900	0.0010	0.6200	0.3	0.3	0.3	
Hg	mg/L	0.0003	1572	21	0.0002	0.0002	0.0026	0.0002	0.0002	0.001	0.0002	0.001	0.006
K	mg/L	0.005	1573	1423	2.0581	0.9010	44.5000	0.0025	3.2609				
Li	mg/L	0.001	1574	638	0.0015	0.0005	0.2260	0.0005	0.0061		2.5		
Mg	mg/L	0.01	1575	1421	3.3025	0.9210	105.0000	0.0050	6.8414				
Mn	mg/L	0.007	1576	801	0.0412	0.0100	4.4390	0.0035	0.1753	0.1	0.1	0.1	
Mo	mg/L	0.007	1577	1	-	-	-	-	0.0100			0.07	
Na	mg/L	0.01	1578	1413	5.4491	2.2270	285.0000	0.0050	15.1859	200		200	50
Ni	mg/L	0.007	1579	197	0.0078	0.0035	0.6829	0.0035	0.0326	0.07	0.025	0.02	0.07
Pb	mg/L	0.002	1580	126	0.0028	0.0010	0.3827	0.0010	0.0170	0.01	0.01	0.01	0.01
Sb	mg/L	0.002	1581	249	0.0551	0.0010	7.9750	0.0010	0.4957	0.005	0.005	0.005	0.02
Se	mg/L	0.002	1582	128	0.0011	0.0010	0.0150	0.0010	0.0007	0.01	0.01	0.01	0.04
Si	mg/L	0.002	1583	1433	8.0118	7.9400	72.5000	0.0206	4.4256				
Sn	mg/L	0.01	1584	18	0.0050	0.0050	0.0150	0.0050	0.0004				
Sr	mg/L	0.01	1585	1241	0.0997	0.0300	2.6100	0.0050	0.1890				
Ti	mg/L	0.005	1586	148	0.0036	0.0025	0.0460	0.0025	0.0048				
V	mg/L	0.01	1587	114	0.0064	0.0050	0.4900	0.0050	0.0130		0.1	0.05	
Zn	mg/L	0.01	1588	683	0.0714	0.0050	3.2160	0.0050	0.2277	5	0.18	5	
Brometo	mg/L	0.01	1564	393	0.0206	0.0050	1.62	0.0050	0.0811				
Cloreto	mg/L	0.01	1564	1564	4.7812	0.7100	460.00	0.0100	21.5353	250	250	250	
Fluoreto	mg/L	0.01	1564	1545	0.0950	0.0500	7.56	0.0050	0.2422	1.5	1.4	1.5	1.5
Fosfato	mg/L	0.01	1564	545	0.0784	0.0050	9.70	0.0050	0.4483				

CATIONS

ANIONS

Continua...

TABELA 2 (continuação)

ELEMENTO	UNIDADE	LIMITE DE DETECCÃO	NUM DE MEDIDAS	MEDIDAS > LIMITE	VALOR MÉDIO	MEDIANA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	PORTARIA MS 2914/2011	CONAMA 357	CONAMA 396	WHO 2011
ANIONS	Nitrato	0.01	1564	1554	5.8220	0.4700	2119.48	0.0050	72.5941	10	10	10	50
	Nitrito	0.01	1564	673	0.0481	0.0050	40.30	0.0050	1.0203	1	1	1	3
	Sulfato	0.01	1564	1518	4.8331	0.3000	1030.00	0.0050	35.7585	250	250	250	
FIS-QUÍMICOS	pH	-	1579	1579	6.8828	6.9500	9.21	4.1300	0.7257		6 a 9		
	OD	-	1581	1581	5.8256	5.8500	12.40	0.4700	1.8560		> 2		
	Conduct.	-	1581	1581	125.0415	66.5200	1731.00	1.8900	162.1648		100		
	Temp	-	1581	1581	23.2030	23.4000	35.10	13.1000	3.4258				

TABELA 3

Parâmetros Estatísticos e Legais para sedimento

ELEMENTO	UNIDADE	LIMITE DE DETECCÃO	NUM DE MEDIDAS	MEDIDAS > LIMITE	VALOR MÉDIO	MEDIANA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	CONAMA 344 / 2004	CONAMA 2011	NOAA SQRT
Ag	ppm	0.01	1587	1291	0.070	0.03	5.1	0.005	0.229	2		0.5
Al	%	0.01	1587	1585	0.947	0.78	6.41	0.01	0.740			
As	ppm	1	1587	1160	12.966	4	1829	1	84.133	5.9		5.9
Au	ppm	0.1	1587	31	0.274	0.2	1.4	0.1	0.271			
B	ppm	10	1587	7	14.714	11	35	5	9.742			
Ba	ppm	5	1587	1534	58.436	50	1230	5	54.413			
Be	ppm	0.1	1587	1426	0.601	0.5	6.6	0.1	0.475			
Bi	ppm	0.02	1587	1431	0.179	0.15	1.58	0.02	0.137			
Ca	%	0.01	1587	1444	0.296	0.07	20	0.01	1.283			
Cd	ppm	0.01	1587	1105	0.088	0.03	6.77	0.01	0.253	0.6		0.59
Ce	ppm	0.05	1587	1587	50.130	45.95	519.78	0.06	40.549			
Co	ppm	0.1	1587	1563	9.204	7.1	105.9	0.1	9.040			50
Cr	ppm	1	1587	1576	92.406	26	1366	1	199.596	37.3		37.3

Continua...

TABELA 3 (continuação)

ELEMENTO	UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	NUM DE MEDIDAS	MEDIDAS > LIMITE	VALOR MÉDIO	MEDIANA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	CONAMA 344 / 2004	NOAA SQRT 2011
Cs	ppm	0.05	1587	1547	0.868	0.69	6.48	0.05	0.725		
Cu	ppm	0.5	1587	1567	15.784	13	668.1	0.6	20.437	35.7	35.7
F	ppm	30	330	329	317.742	262	1076	35	217.247		
Fe	%	0.01	1587	1575	2.731	2.26	20	0.01	2.484		2.00%
Ga	ppm	0.1	1587	1586	4.609	3.9	21.4	0.1	3.374		
Ge	ppm	0.1	1587	571	0.107	0.05	0.7	0.05	0.085		
Hf	ppm	0.05	1587	1252	0.210	0.13	2.74	0.05	0.244		
Hg	ppm	0.01	1587	961	0.051	0.03	1.22	0.01	0.076	0.17	0.17
In	ppm	0.02	1587	615	0.038	0.03	0.17	0.02	0.020		
K	%	0.01	1587	1476	0.084	0.07	0.63	0.01	0.059		
La	ppm	0.1	1587	1586	22.878	20.1	239	0.3	19.203		
Li	ppm	1	1587	1571	6.173	5	101	0.5	5.903		
Mg	%	0.01	1587	1568	0.085	0.05915	1.23	0.001	0.095		
Mn	ppm	5	1587	1570	418.780	291	10000	5	537.381		460
Mo	ppm	0.05	1587	1432	0.934	0.28	14.23	0.025	1.957		
Na	%	0.01	1587	251	0.009	0.005	0.11	0.005	0.010		
Nb	ppm	0.05	1587	1556	0.810	0.32	22.61	0.05	1.462		
Ni	ppm	0.5	1587	1561	15.617	11.7	300.8	0.025	18.737	18	18
P	ppm	50	1587	1423	260.727	218	3753	25	214.468		
Pb	ppm	0.2	1587	1587	14.395	13.1	354.8	0.3	13.503	35	35
Pd	ppm	0.1	942	193	0.189	0.2	1	0.05	0.126		
Pt	ppm	0.1	942	126	0.177	0.1	0.8	0.05	0.119		
Rb	ppm	0.2	1587	1586	10.914	8.9	61.7	0.1	8.892		
Re	ppm	0.1	1587	190	2.500	2.5	2.5	2.5	0.000		
S	%	0.01	1587	630	0.041	0.03	0.26	0.01	0.037		
Sb	ppm	0.05	1587	1336	0.382	0.26	12.45	0.05	0.601		
Sc	ppm	0.1	1587	1580	3.199	2.6	28.5	0.1	2.570		

Continua...

TABELA 3 (continuação)

ELEMENTO	UNIDADE	LIMITE DE DETEÇÃO	NUM DE MEDIDAS	MEDIDAS > LIMITE	VALOR MÉDIO	MEDIANA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	CONAMA 344/2004	NOAA SQRT 2011
Se	ppm	1	1587	67	1.343	1	8	1	0.946		
Sn	ppm	0.3	1587	1585	1.273	0.8	363.1	0.15	9.154		
Sr	ppm	0.5	1587	1547	11.778	5.8	1292	0.5	39.706		
Ta	ppm	0.05	1587	209	0.188	0.05	6.62	0.025	0.793		
Te	ppm	0.05	1587	300	0.137	0.09	1.14	0.05	0.145		
Th	ppm	0.1	1587	1576	6.933	5	140.6	0.1	8.961		
Ti	%	0.01	1587	924	0.033	0.01	1.18	0.005	0.076		
U	ppm	0.05	1587	1553	1.008	0.7	13.41	0.05	1.142		
V	ppm	1	1587	1569	33.665	28	363	1	29.458		
W	ppm	0.1	1587	708	0.345	0.2	19.8	0.1	1.035		
Y	ppm	0.05	1587	1585	8.318	7.04	60.97	0.1	6.001		
Zn	ppm	1	1587	1562	30.302	25	814	0.5	32.477	123	123
Zr	ppm	0.5	1587	1519	6.419	4.1	69.5	0.5	7.313		

TABELA 4
Parâmetros Estatísticos para solo

ELEMENTO	UNIDADE	LIMITE DE DETEÇÃO	NUM DE MEDIDAS	MEDIDAS > LIMITE	VALOR MÉDIO	MEDIANA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	VQR MG	CONAMA 420 DE 28/12/2009	NOAA SQRT 2011
Ag	ppm	0.01	484	365	0.04	0.02	0.63	0.01	0.06	0,45	2	2
Al	%	0.01	484	484	2,30	1,36	14,87	0,01	2,36			-
As	ppm	1	484	360	5,20	3,00	124,00	0,50	8,37	8,00	15	0,9
Au	ppm	0,1	462	5	0,05	0,05	0,20	0,05	0,01			
B	ppm	10	484	2	9,31	10,00	28,00	5,00	2,00	11,50	-	0,5
Ba	ppm	5	484	352	28,46	18,50	746,00	2,50	46,60	93,00	150	160
Be	ppm	0,1	484	309	0,38	0,20	3,70	0,05	0,45			1,1
Bi	ppm	0,02	484	446	0,24	0,18	2,18	0,01	0,22			
Ca	%	0,01	484	220	0,05	0,01	3,72	0,01	0,19			

Continua...

TABELA 4 (continuação)

ELEMENTO	UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	NUM DE MEDIDAS	MEDIDAS > LIMITE	VALOR MÉDIO	MEDIANA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	VQR MG	CONAMA 420 DE 28/12/2009	NOAA SQRT 2011
Cd	ppm	0,01	484	242	0,06	0,01	0,98	0,01	0,13	0,04	1,3	0,8
Ce	ppm	0,05	484	484	52,70	45,93	305,79	0,81	43,49			
Co	ppm	0,1	484	456	3,87	1,40	51,60	0,05	5,98	6,00	25	2,4
Cr	ppm	1	484	482	49,31	28,00	2167,00	0,50	141,57	75,00	75	0,38
Cs	ppm	0,05	484	453	1,45	0,91	9,13	0,03	1,68			
Cu	ppm	0,5	484	473	12,96	9,70	114,00	0,25	13,73	49,82	60	3,4
F	ppm	30	171	165	262,43	150,00	1720,00	15,00	290,21			
Fe	%	0,01	484	484	3,39	2,80	20,00	0,01	2,87		-	0,20%
Ga	ppm	0,1	484	484	10,67	7,80	51,10	0,40	8,88			-
Ge	ppm	0,1	484	327	0,07	0,05	1,00	0,05	0,07			-
Hf	ppm	0,05	484	428	0,34	0,25	2,18	0,00	0,32			-
Hg	ppm	0,01	484	272	0,02	0,01	0,53	0,01	0,03	0,03	0,5	0,3
In	ppm	0,02	484	306	0,04	0,03	0,22	0,01	0,04			
K	%	0,01	484	343	0,05	0,03	0,86	0,01	0,08			
La	ppm	0,1	484	484	20,03	13,65	150,10	0,30	21,64			50
Li	ppm	1	484	295	3,91	2,00	43,00	0,50	5,49			2
Mg	%	0,01	484	264	0,04	0,01	0,77	0,01	0,09			
Mn	ppm	100	484	293	199,19	82,50	6312,00	42,00	386,52		-	220
Mo	ppm	0,05	484	476	0,61	0,39	3,81	0,03	0,58	0,90	30	3
Na	%	0,01	484	4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00			
Nb	ppm	0,05	484	462	0,54	0,35	4,07	0,00	0,63			
Ni	ppm	0,5	484	475	10,07	5,65	399,00	0,25	21,92	21,48	30	0,26
P	ppm	50	480	377	174,38	131,00	1277,00	25,00	165,57			
Pb	ppm	0,2	484	484	12,38	11,05	80,40	0,60	9,52	19,50	72	55
Pd	ppm	0,1	484	175	0,20	0,05	2,00	0,05	0,30			
Pt	ppm	0,1	484	6	0,05	0,05	1,30	0,05	0,07			
Rb	ppm	0,2	484	453	10,17	5,90	127,00	0,10	13,62			
Re	ppm	0,1	462	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00			
S	%	0,01	484	168	0,01	0,01	0,16	0,01	0,02			0,12%

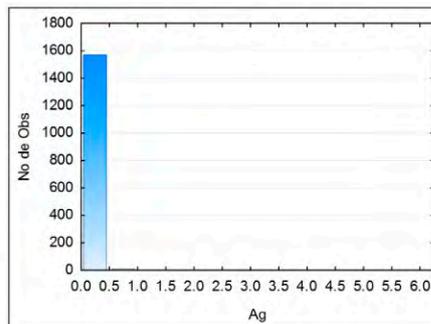
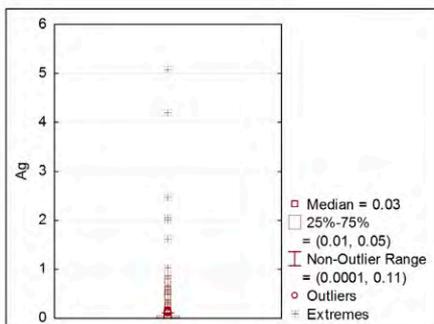
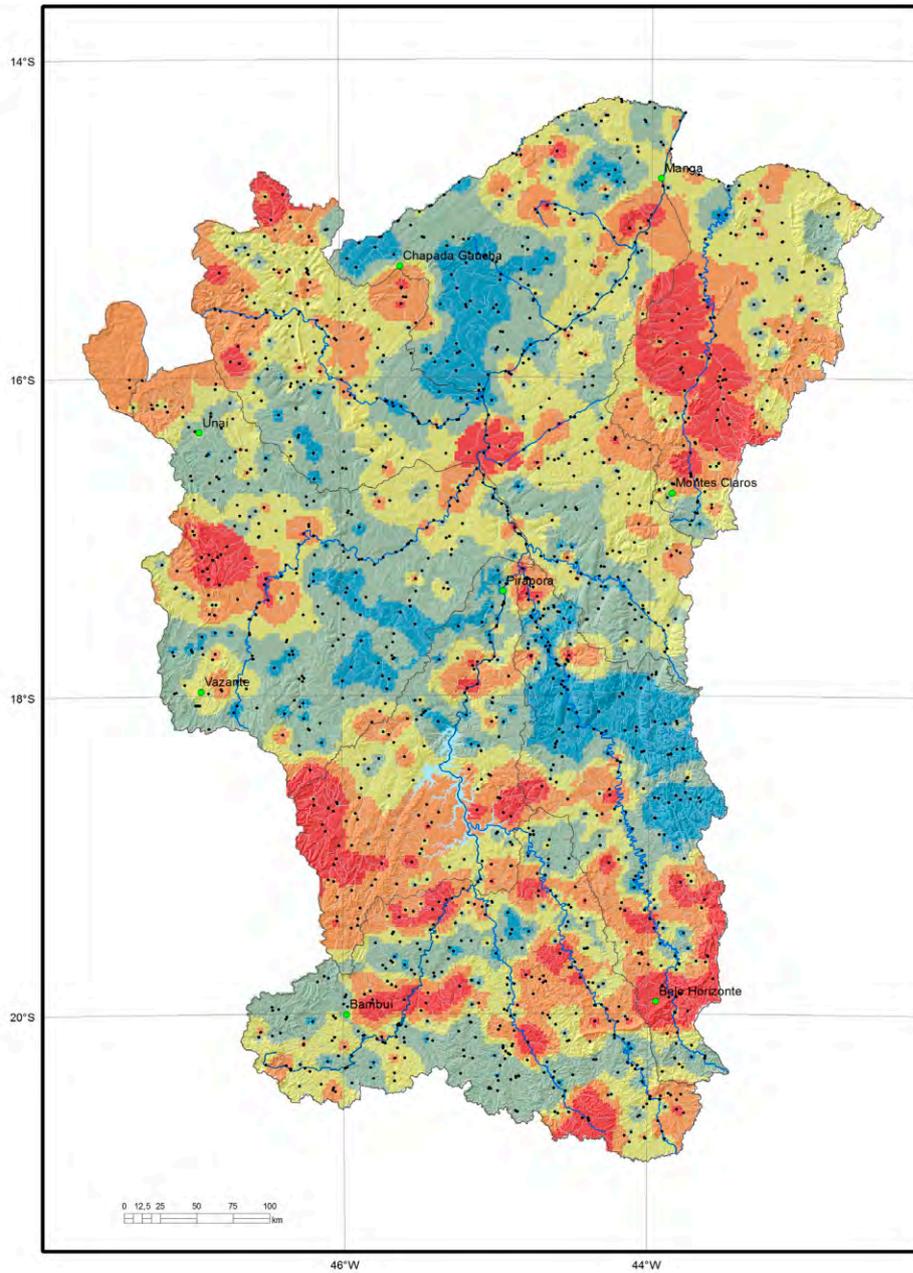
Continua...

TABELA 4 (continuação)

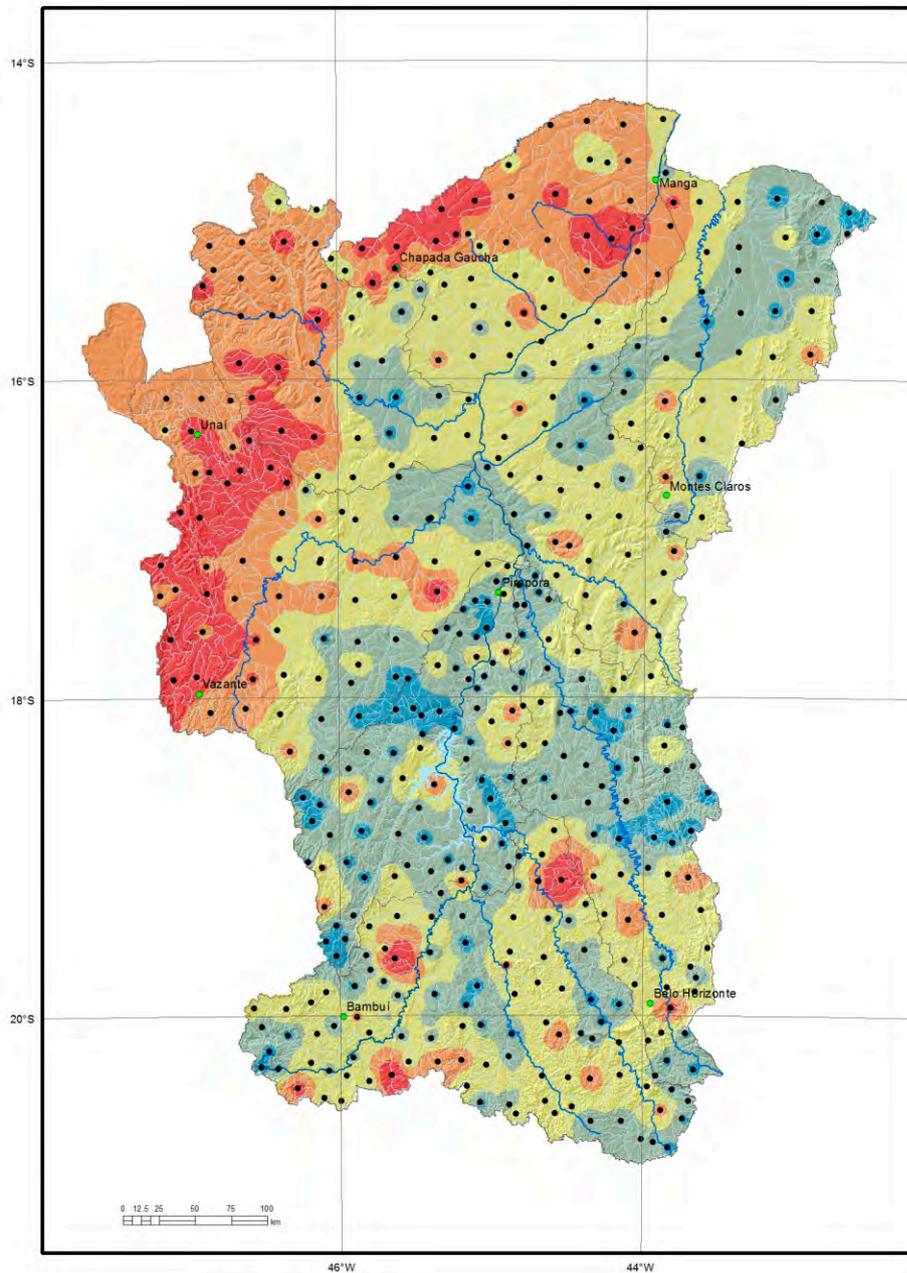
ELEMENTO	UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	NUM DE MEDIDAS	MEDIDAS > LIMITE	VALOR MÉDIO	MEDIANA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	VQR MG	CONAMA 420 DE 28/12/2009	NOAA SQRT 2011
Sb	ppm	0,05	484	435	0,50	0,32	13,43	0,00	0,82	0,50	2	3
Sc	ppm	0,1	484	482	6,85	4,85	121,40	0,05	8,68			
Se	ppm	1	484	13	0,52	0,50	2,00	0,50	0,12	0,51	5	0,7
Sn	ppm	0,3	484	445	1,99	1,50	10,50	0,15	1,71			19
Sr	ppm	0,5	484	377	3,37	1,40	58,60	0,25	5,83	9,47		120
Ta	ppm	0,05	462	20	0,03	0,03	0,24	0,03	0,02			
Te	ppm	0,05	484	166	0,03	0,03	0,35	0,00	0,04			600
Th	ppm	0,1	484	479	8,33	7,00	47,40	0,05	6,96			
Ti	%	0,01	484	299	0,02	0,01	0,37	0,01	0,03			1%
U	ppm	0,05	484	482	1,16	0,80	16,16	0,03	1,45			5
V	ppm	1	484	482	63,66	45,00	515,00	0,50	60,01	128,51	-	42
W	ppm	0,1	484	178	0,51	0,05	170,20	0,05	7,75			400
Y	ppm	0,05	484	484	8,76	5,28	97,62	0,10	11,32			
Zn	ppm	1	484	440	15,40	7,00	185,00	0,50	21,33	46,30	300	16
Zr	ppm	0,5	484	472	12,81	9,55	77,60	0,25	12,47			



MAPAS GEOQUÍMICOS



Elemento	Ag (ppm)
Limite de Detecção	0.010
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1291
Valor Médio	0.0700
Valor Mínimo	0.010
Valor Máximo	5.100
Mediana	0.0300
Desvio Padrão	0.2290
CONAMA 454/2012 V. Prev	2.00
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	0.50

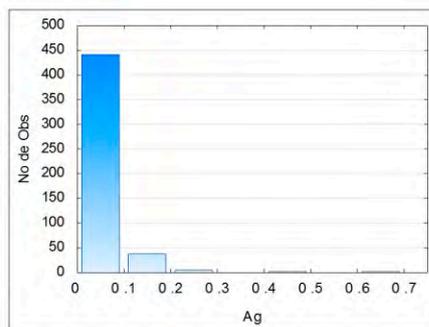
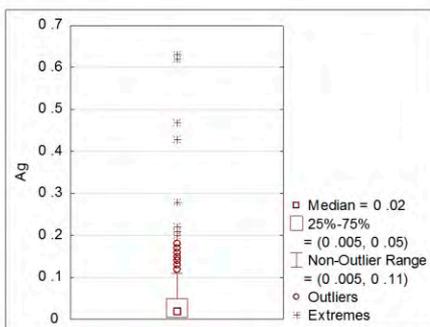


Legenda

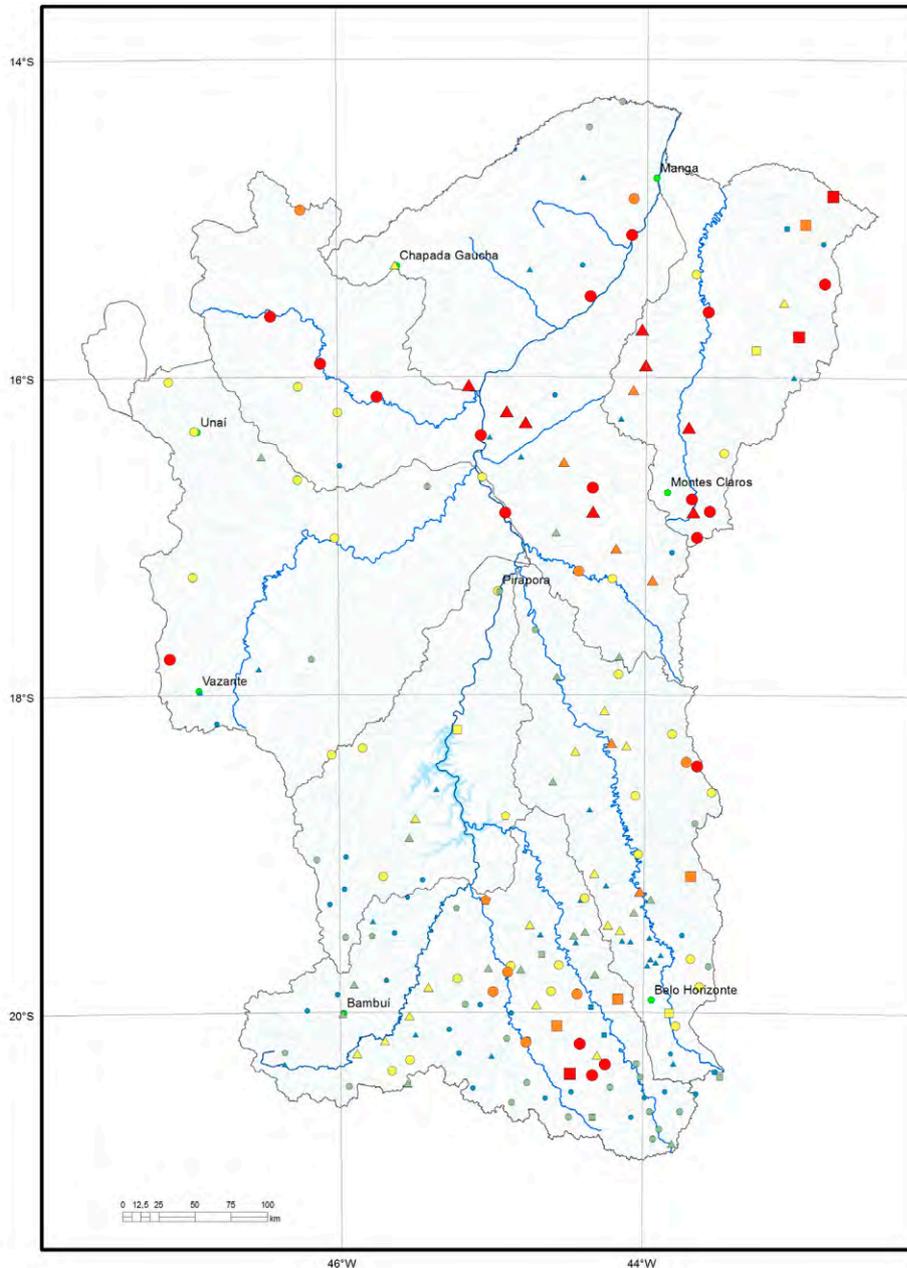
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Ag (ppm)

- < 0,005
- 0,005 - 0,02
- 0,02 - 0,05
- 0,05 - 0,11
- > 0,11



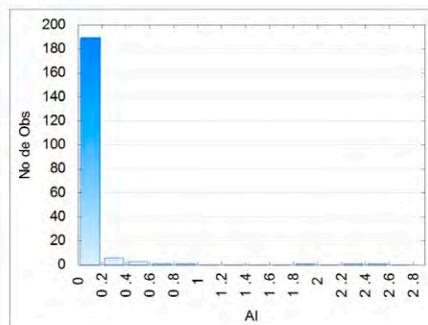
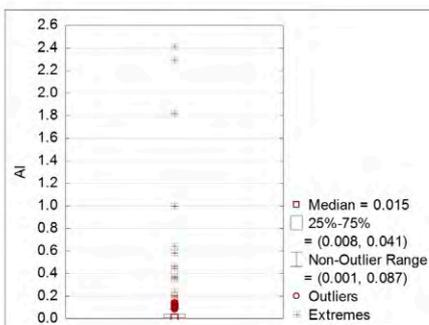
Elemento	Ag (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	365
Valor Médio	0,04
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,63
Mediana	0,02
Desvio Padrão	0,07
CONAMA 454/2012 - V.Prev	2,00
VRQ FEAM-MG	0,45
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	2,00



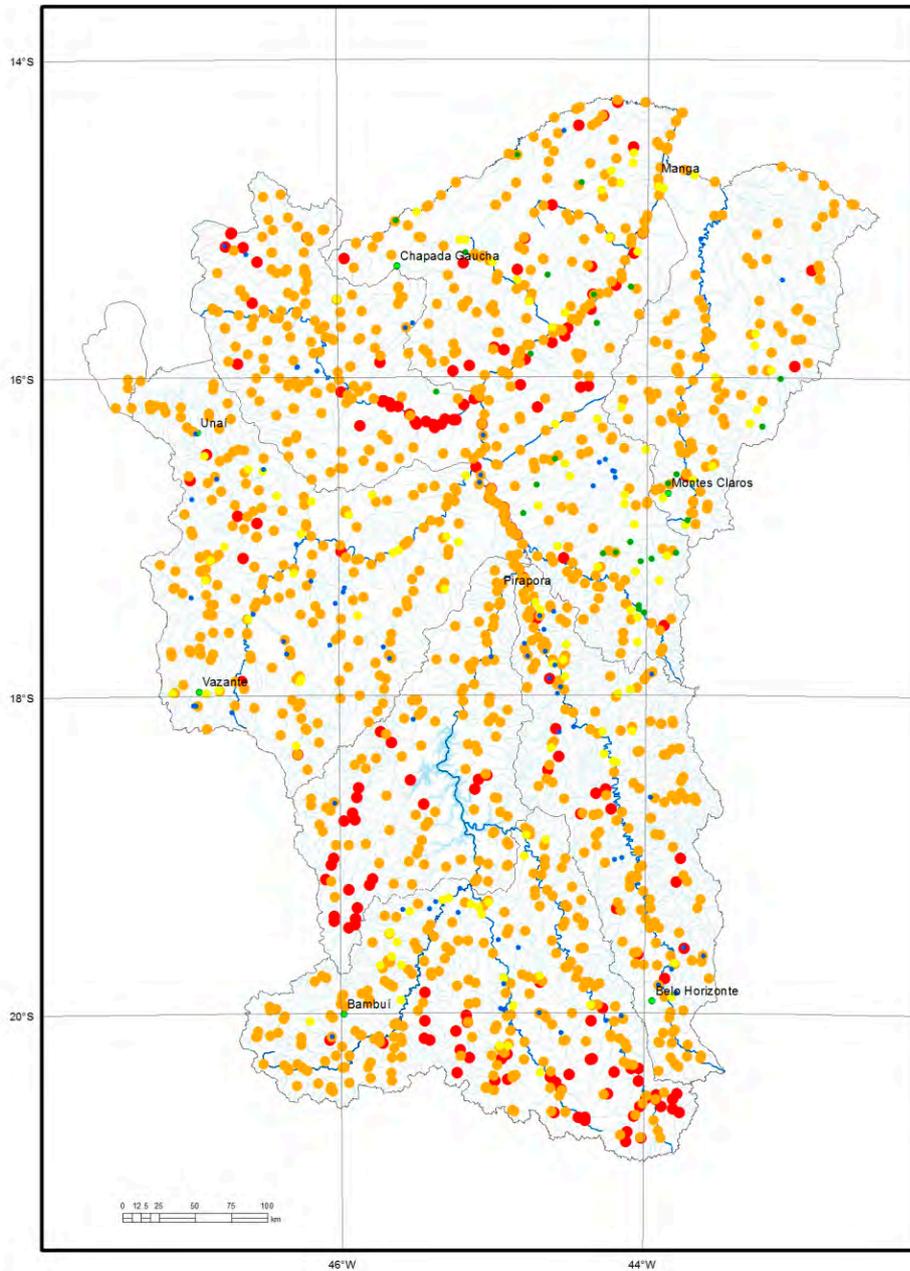
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⬭ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Al (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,008
■	●	▲	●	0,008 - 0,015
■	●	▲	●	0,015 - 0,041
■	●	▲	●	0,041 - 0,087
■	●	▲	●	> 0,087



Elemento	Al (mg/L)
Limite de Detecção	0,001
Número de medidas	204
Result > Lim Detec	189
Valor Médio	0,081
Mediana	0,015
Valor Mínimo	0,002
Valor Máximo	2,410
Desvio Padrão	0,278
Port MS 2914 / 2011	0,200
CONAMA 357/2005 -	0,100
CONAMA 396/2008 -	0,20
WHO 2011	-

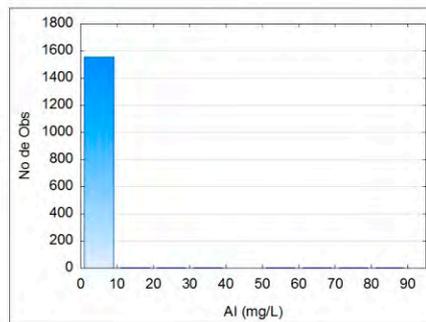
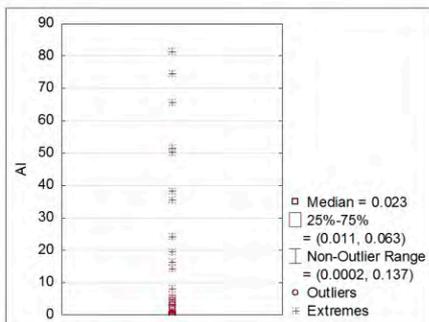


Legenda

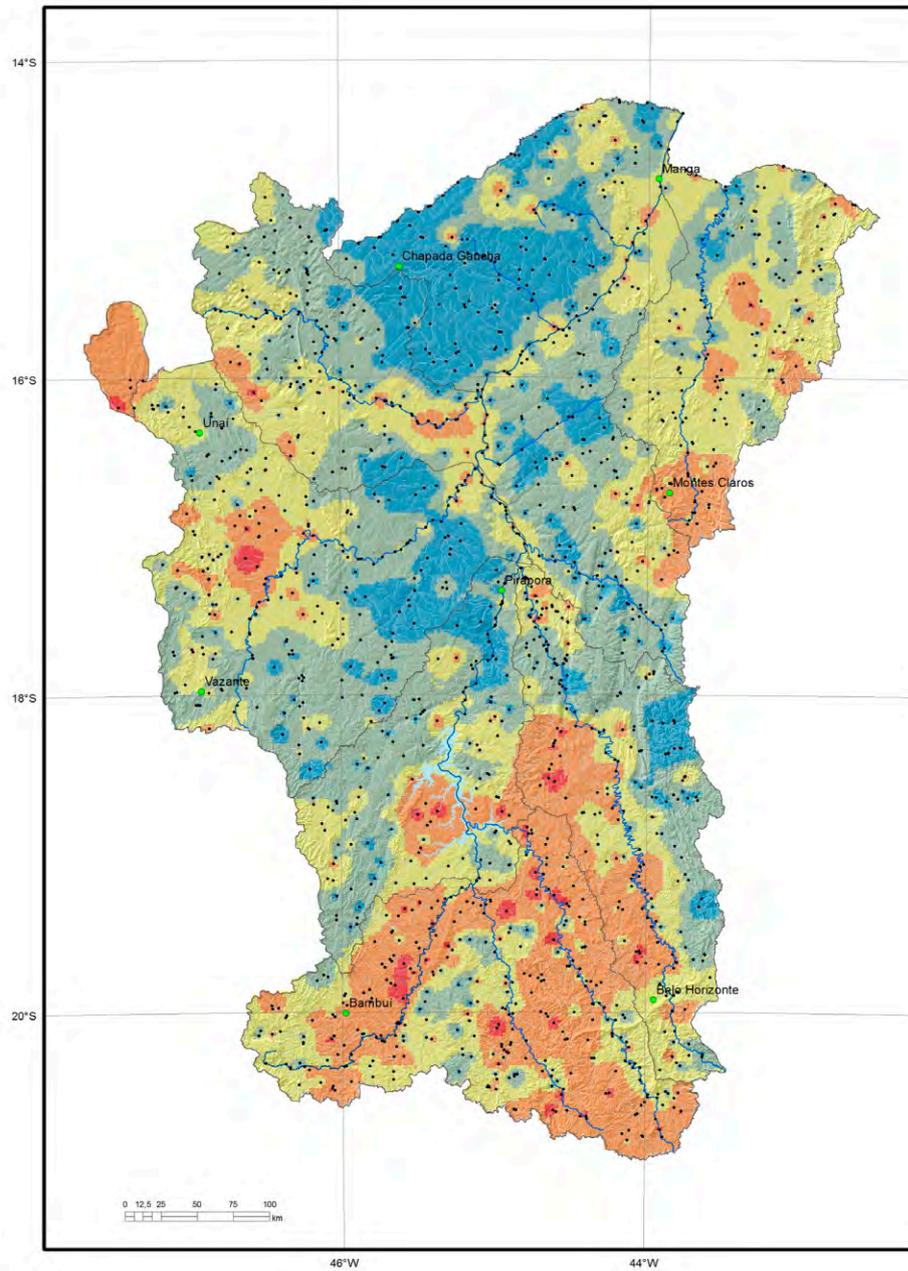
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Al (mg/L)

- < 0,0011
- 0,0011 - 0,0023
- 0,0023 - 0,0063
- 0,0063 - 0,1370
- > 0,1370



Elemento	Al (mg/L)
Limite de Detecção	0,003
Número de medidas	1567
Result > Lim Detec	1359
Valor Médio	0,449
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	81,640
Mediana	0,023
Desvio Padrão	4,482
Port MS 2914 / 2011	0,2
CONAMA 357/2005 -	0,1
CONAMA 396/2008 -	0,2
WHO 2011	-

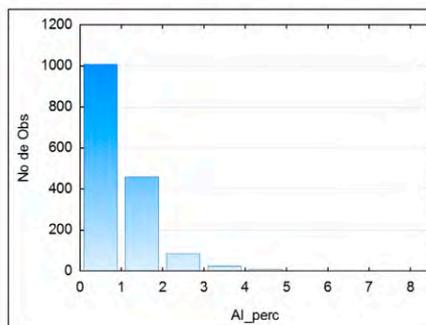
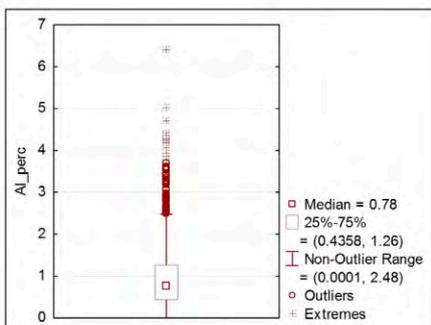


Legenda

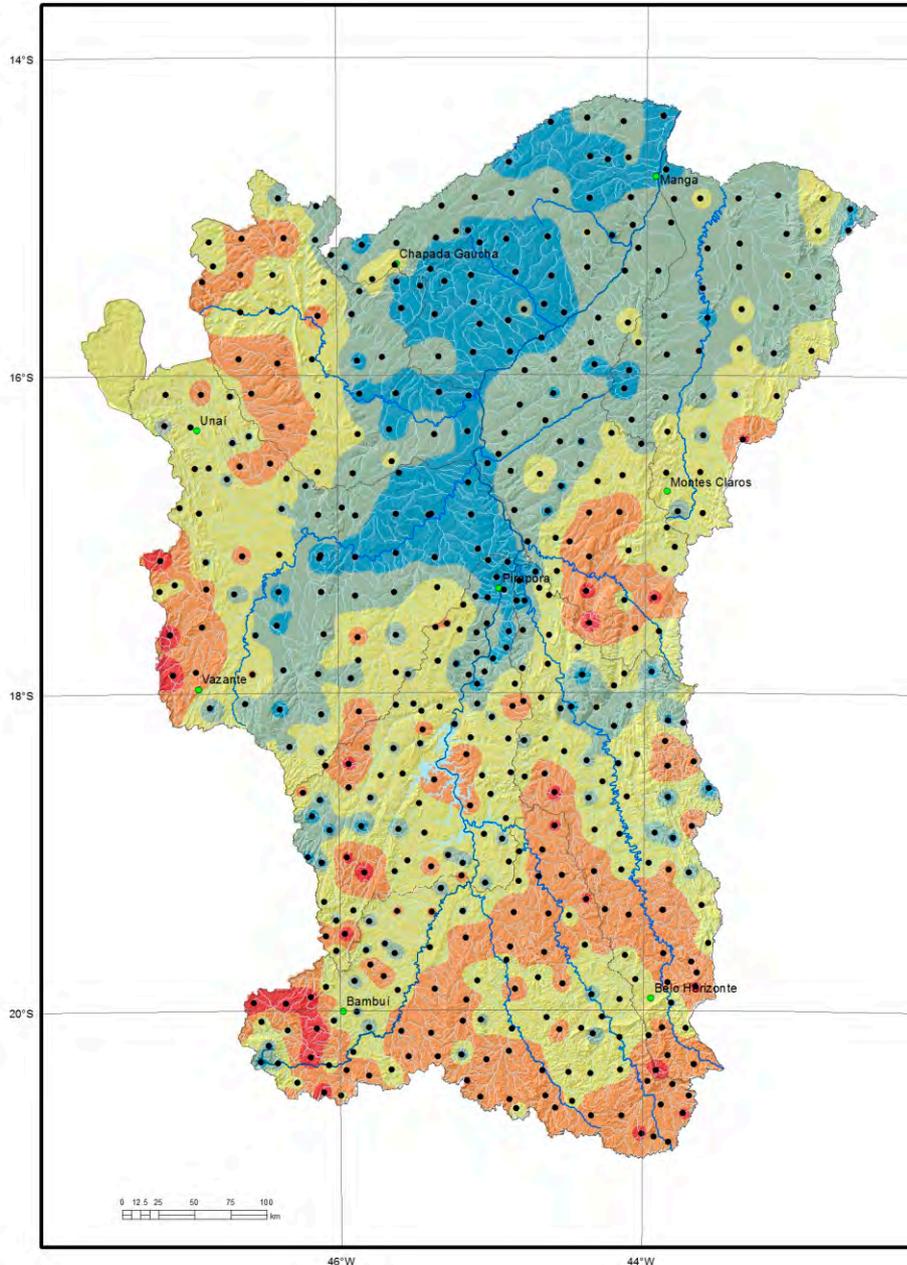
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊕ sub-bacias trabalhadas

Al (%)

- < 0.436
- 0.436 - 0.780
- 0.780 - 1.260
- 1.260 - 2.480
- > 2.480



Elemento	Al (%)
Limite de Detecção	0,010
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1585
Valor Médio	0,9470
Valor Mínimo	0,010
Valor Máximo	6,410
Mediana	0,7800
Desvio Padrão	0,7400
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

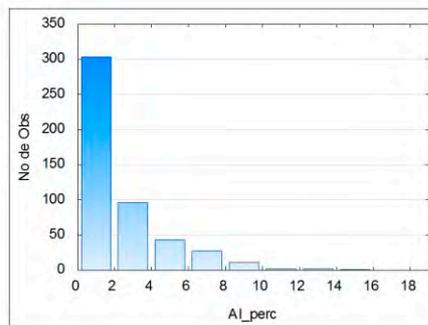
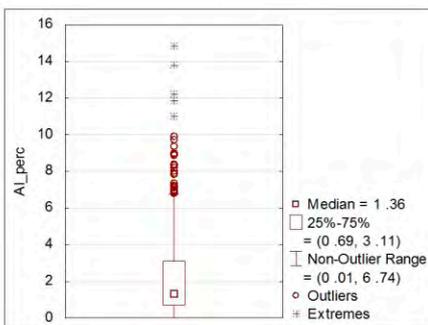


Legenda

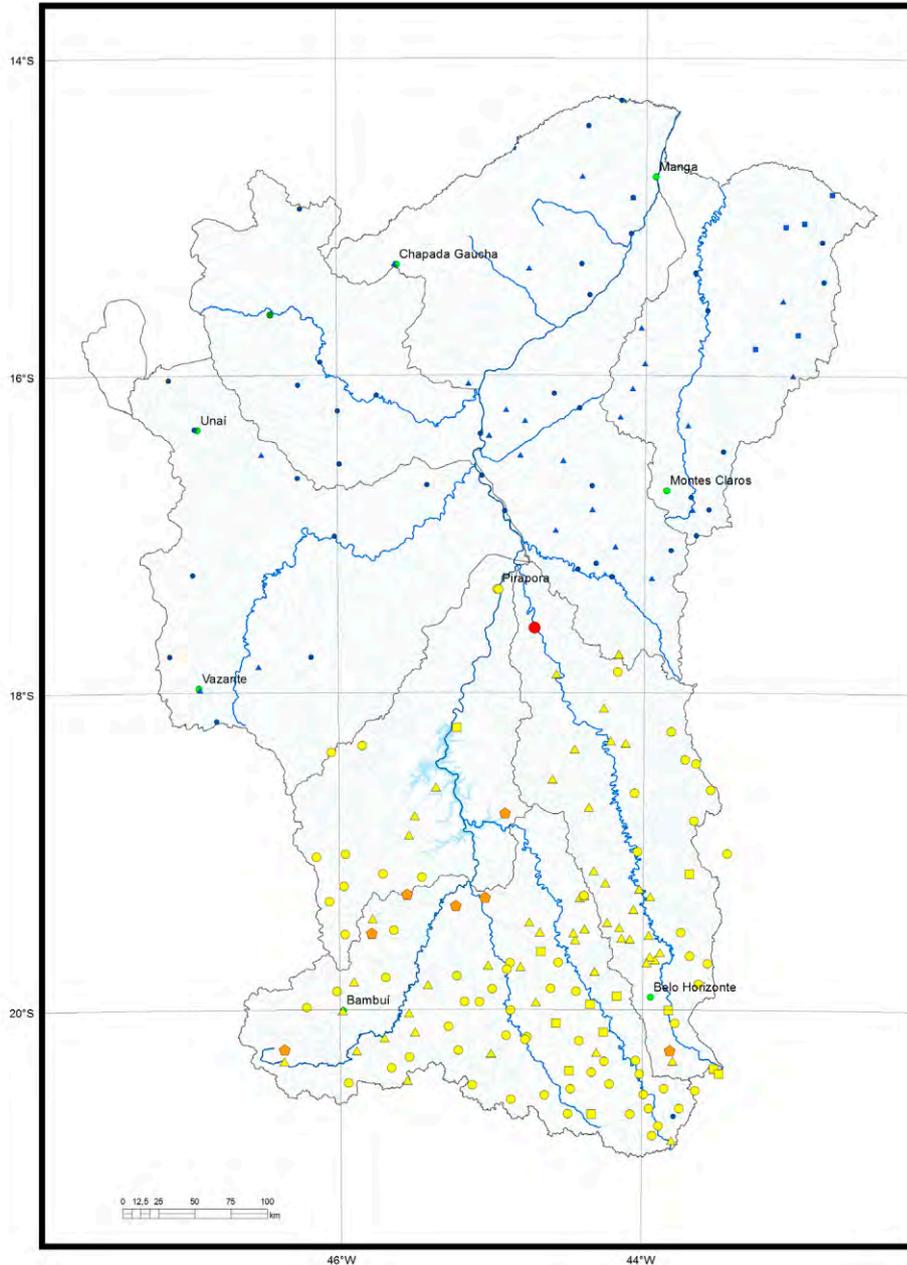
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

AI (%)

- < 0.69
- 0.69 - 1.36
- 1.36 - 3.11
- 3.11 - 6.74
- > 6.74



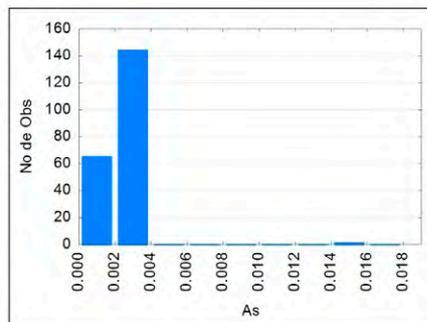
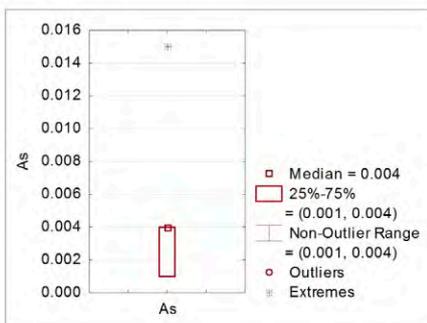
Elemento	AI (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	484
Valor Médio	2,30
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	14,90
Mediana	1,36
Desvio Padrão	2,36
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	4,70



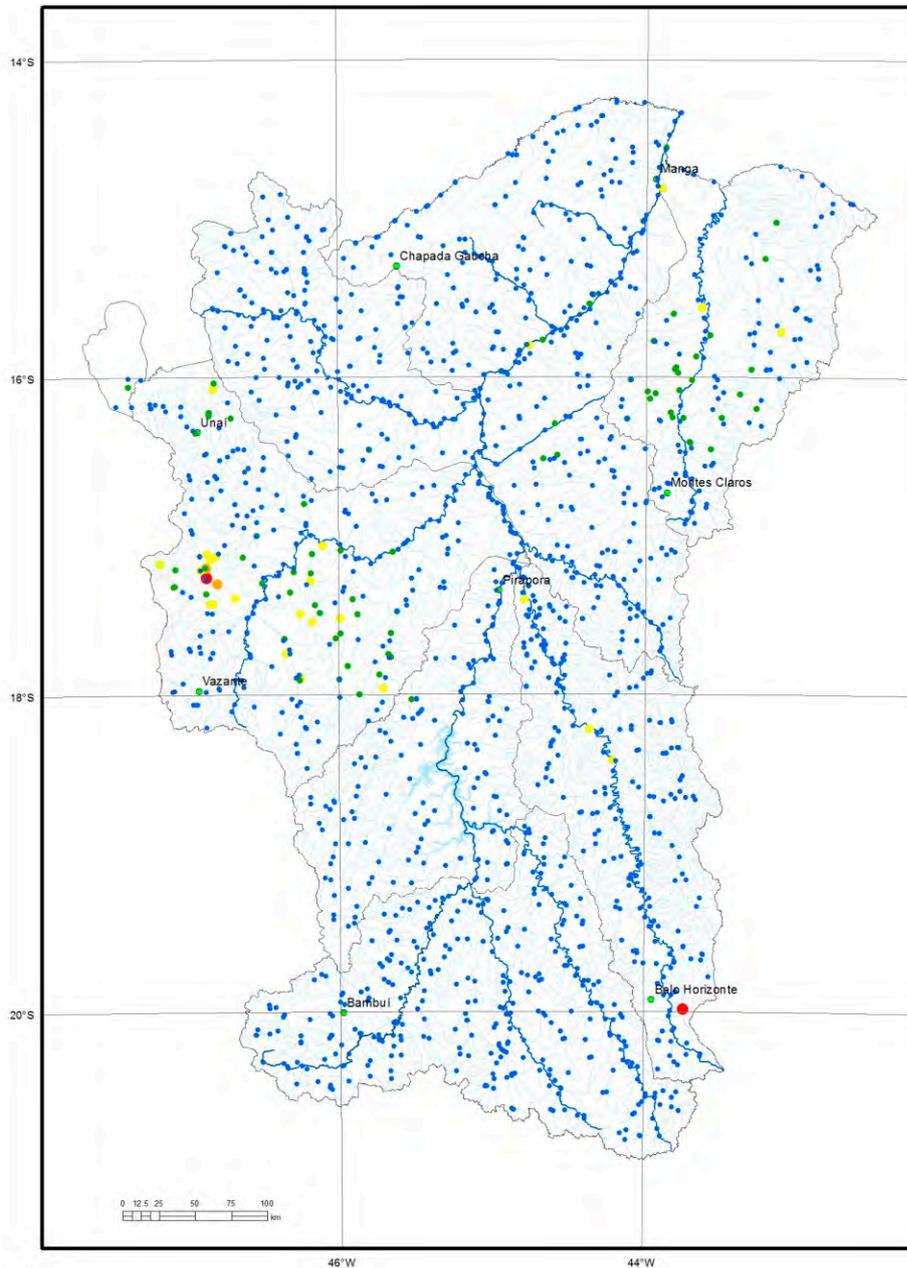
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	As (mg/L)
■	●	▲	◆	< 0,0016
■	●	▲	◆	0,0016 - 0,0031
■	●	▲	◆	0,0031 - 0,0040
■	●	▲	◆	0,0040 - 0,0100
■	●	▲	◆	> 0,0100



Elemento	As (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	139
Valor Médio	0,003
Mediana	0,004
Valor Mínimo	0,002
Valor Máximo	0,015
Desvio Padrão	0,002
Port MS 2914 / 2011	0,010
CONAMA 357/2005 -	0,010
CONAMA 396/2008 -	0,01
WHO 2011	0,01

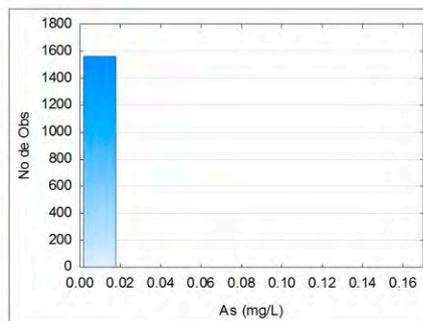
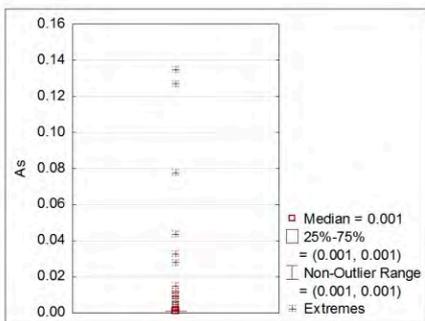


Legenda

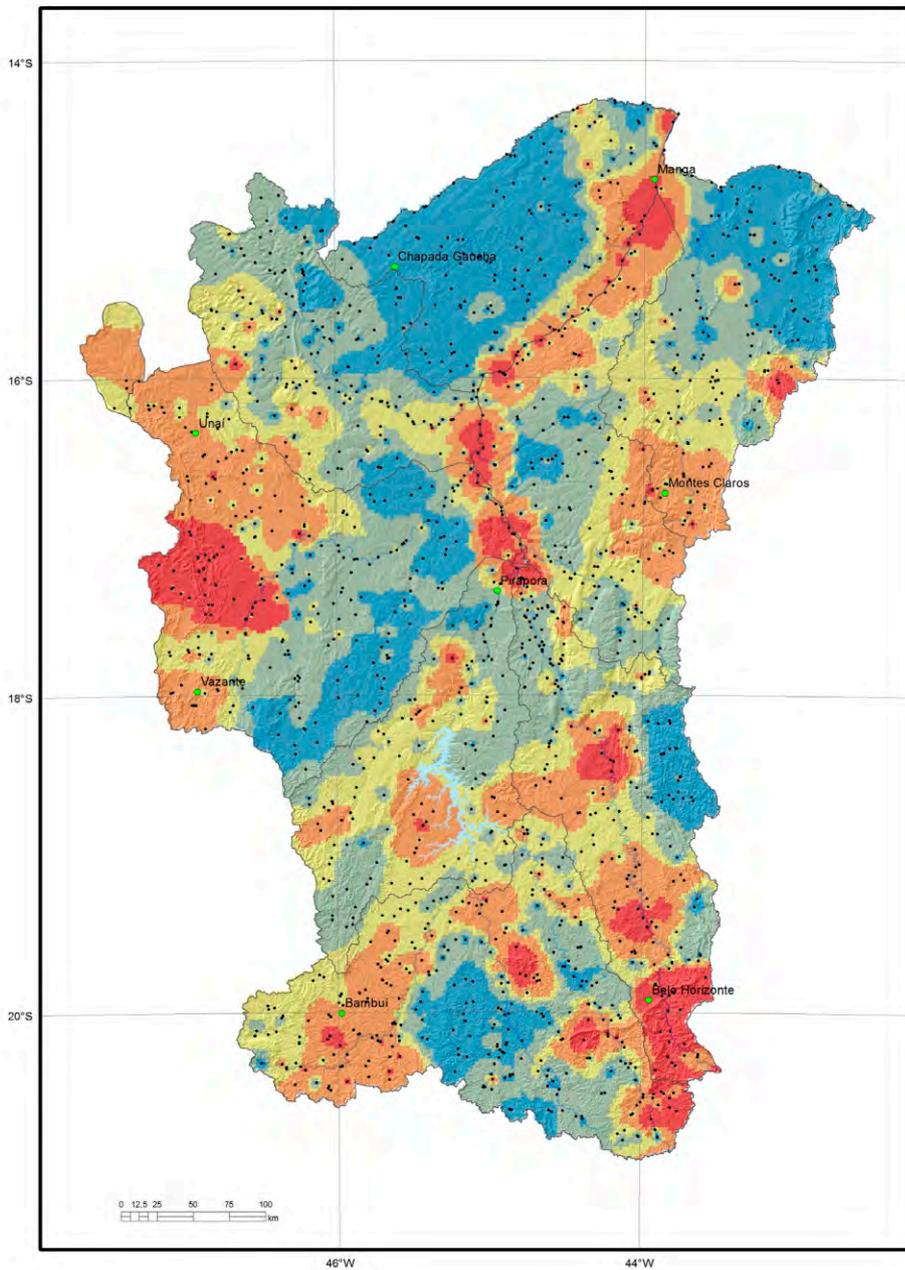
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

As (mg/L)

- < 0,0023
- 0,0023 - 0,0070
- 0,0070 - 0,0330
- 0,0330 - 0,0780
- > 0,0780



Elemento	As (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	1562
Result > Lim Detec	236
Valor Médio	0,0016
Valor Mínimo	0,0010
Valor Máximo	0,1350
Mediana	0,0010
Desvio Padrão	0,0054
Port MS 2914 / 2011	0,01
CONAMA 357/2005 -	0,01
CONAMA 396/2008 -	0,01
WHO 2011	0,01

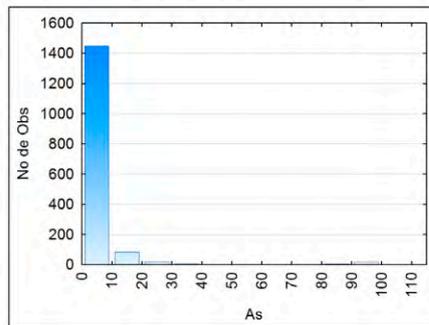
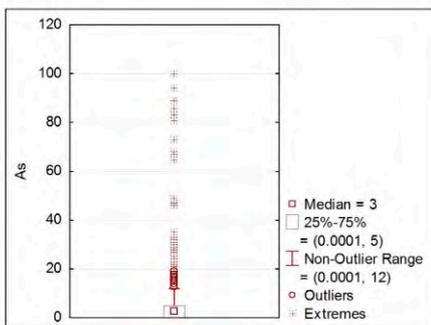


Legenda

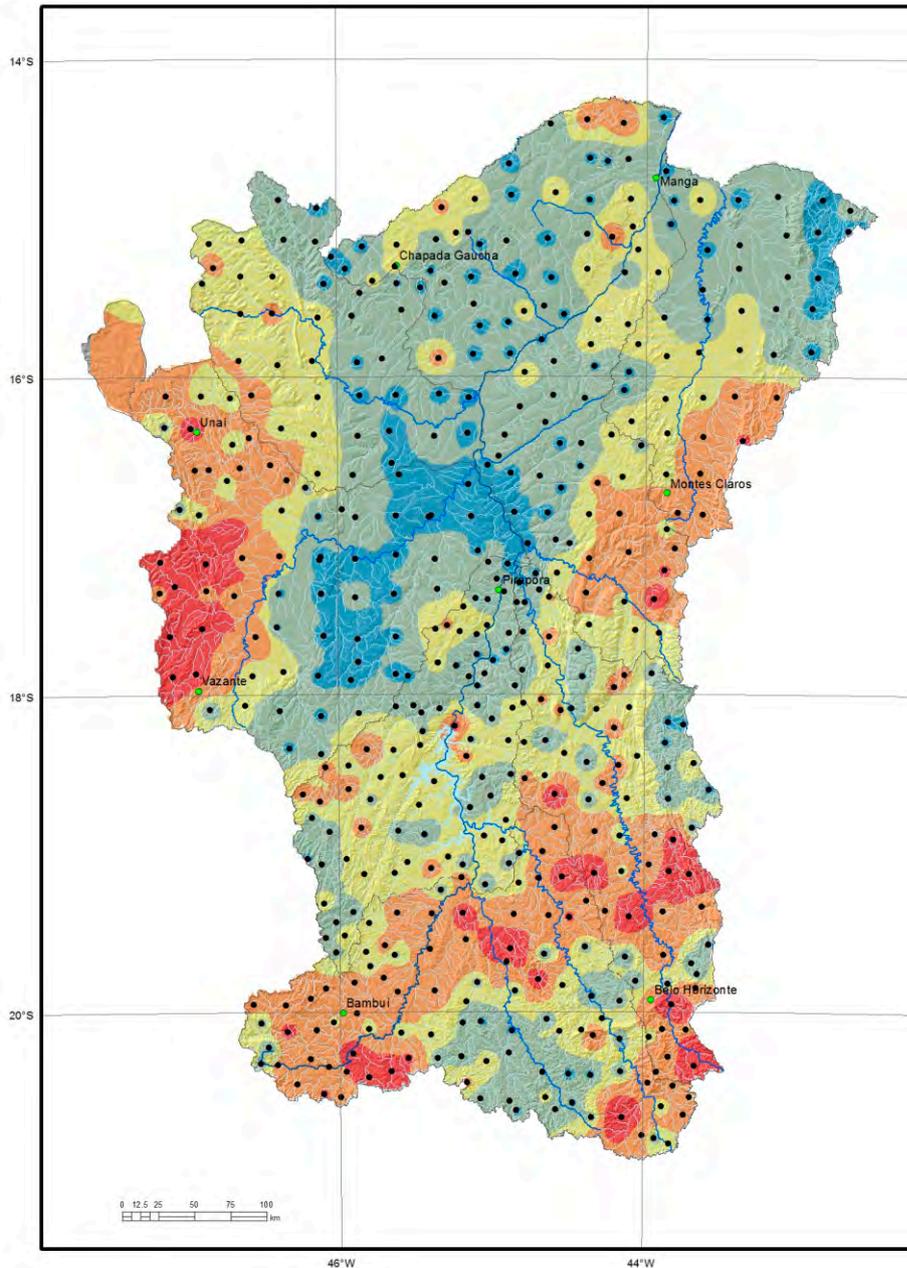
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊞ sub-bacias trabalhadas

As (ppm)

- < 1
- 1 - 3
- 3 - 5
- 5 - 12
- > 12



Elemento	As (ppm)
Limite de Detecção	1,000
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1160
Valor Médio	12,9660
Valor Mínimo	1,000
Valor Máximo	1829,000
Mediana	3,0000
Desvio Padrão	84,1330
CONAMA 454/2012 V. Prev	5,90
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	5,90

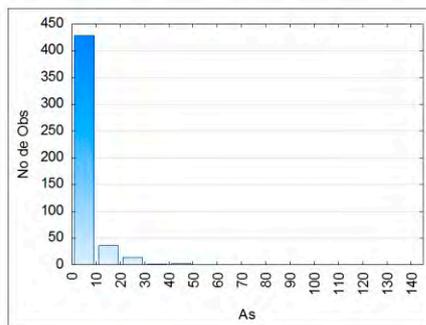
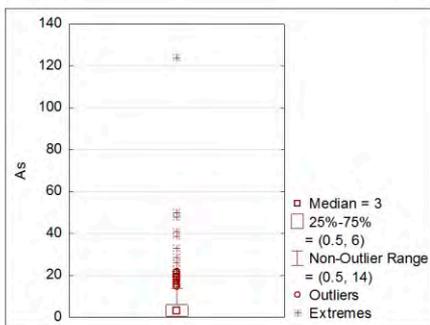


Legenda

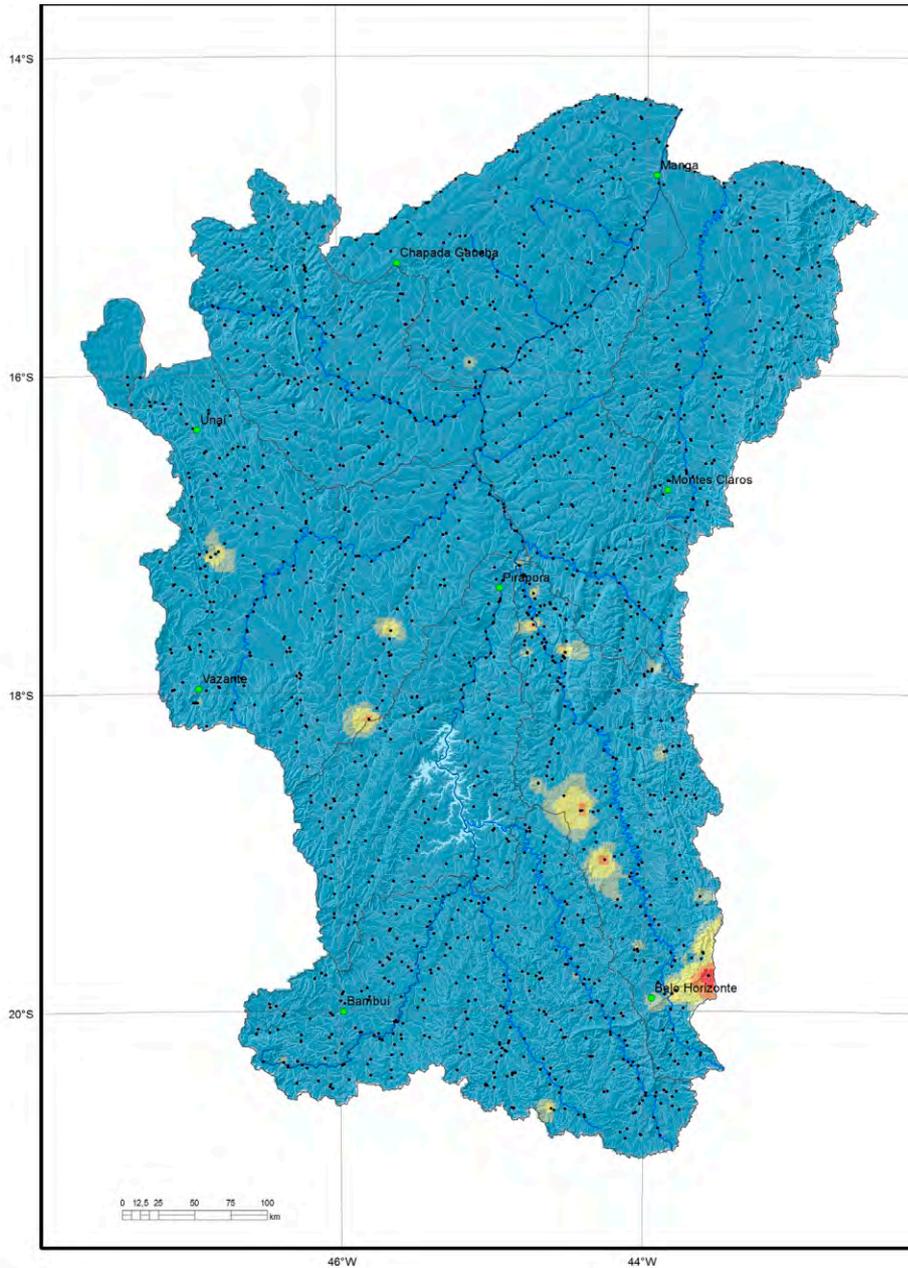
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

As (ppm)

- < 0,5
- 0,5 - 3,0
- 3,0 - 6,0
- 6,0 - 14,0
- > 14,0



Elemento	As (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	360
Valor Médio	5,19
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	124,00
Mediana	3,00
Desvio Padrão	9,16
CONAMA 454/2012 - V. Prev	15,00
VRQ FEAM-MG	8,00
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	5,20

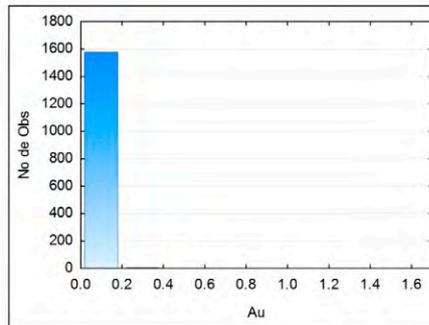
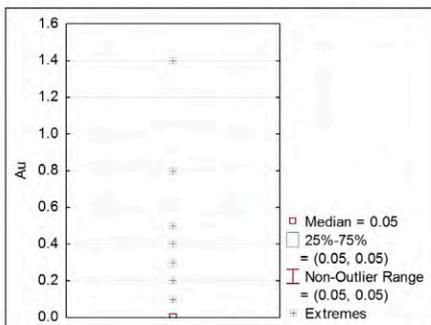


Legenda

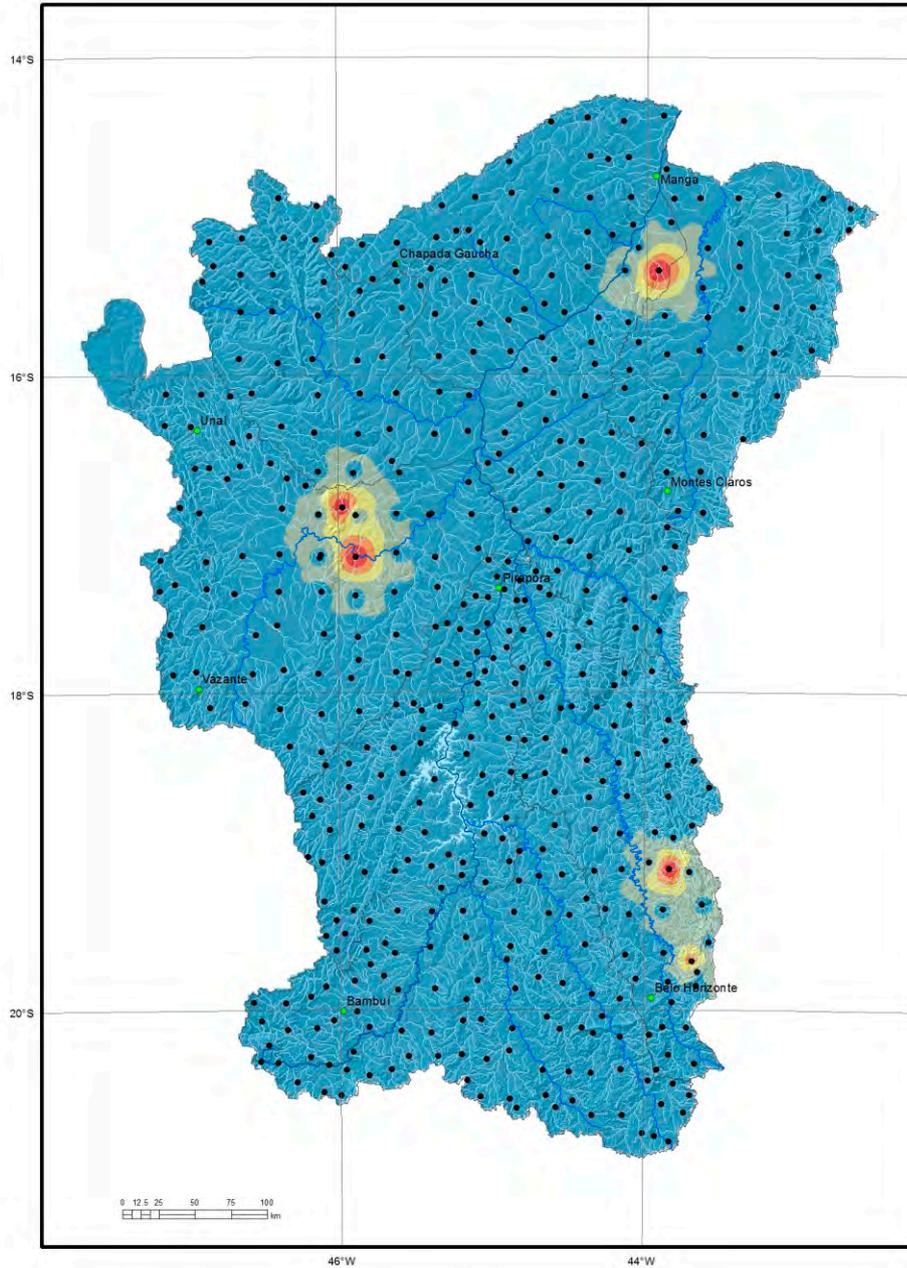
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Au (ppm)

- < 0.05
- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.30
- 0.30 - 0.70
- > 0.70



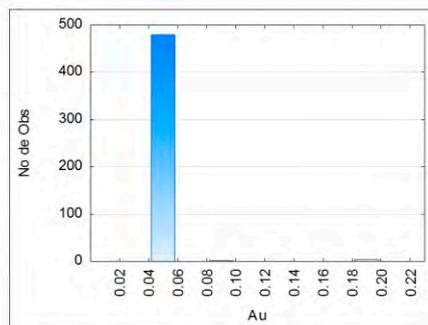
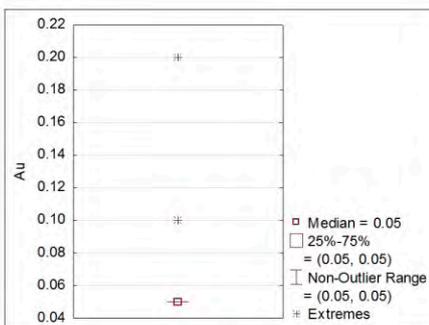
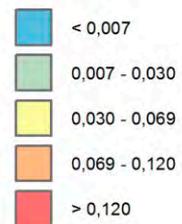
Elemento	Au (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	31
Valor Médio	0,274
Valor Mínimo	0,050
Valor Máximo	1,400
Mediana	0,05
Desvio Padrão	0,270
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



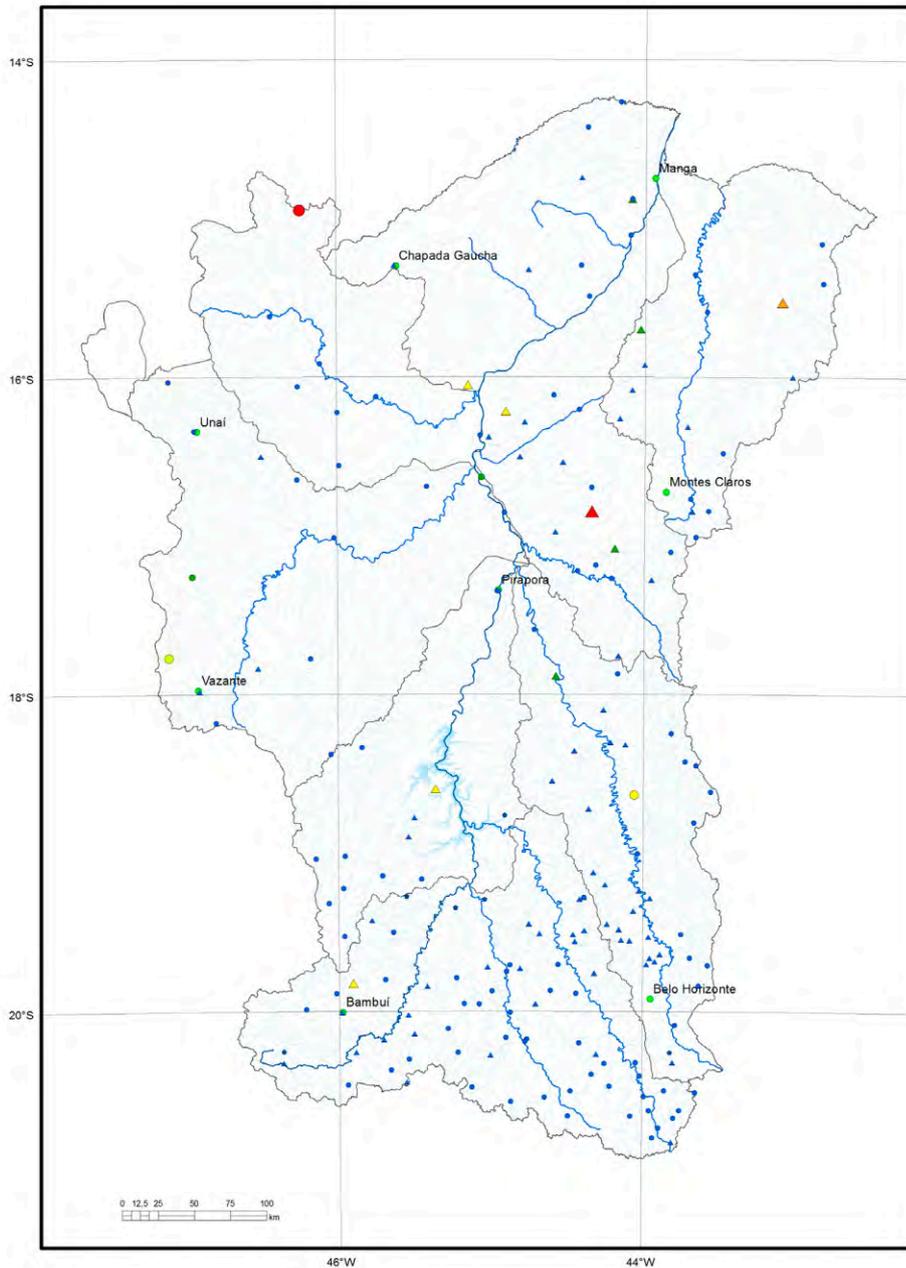
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Au (ppm)



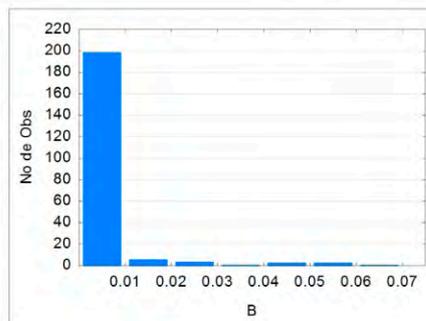
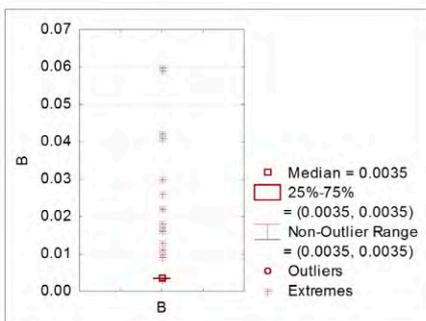
Elemento	Au (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	5
Valor Médio	0,02
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	0,20
Mediana	0,05
Desvio Padrão	0,04
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



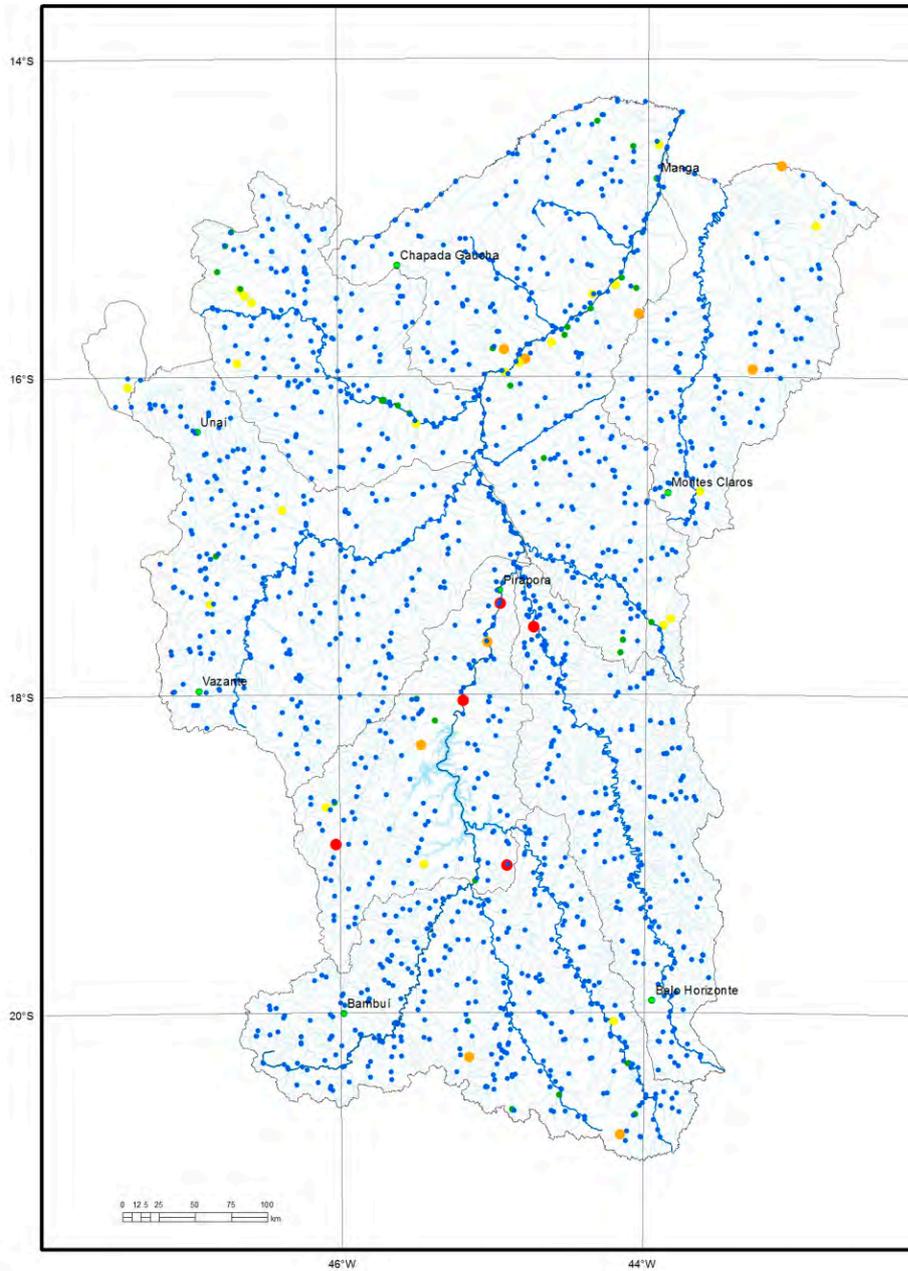
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Pogo	Rio	B (mg/L)
■	■	▲	■	< 0,0035
■	■	▲	■	0,0035 - 0,0130
■	■	▲	■	0,0130 - 0,0300
■	■	▲	■	0,0300 - 0,0420
■	■	▲	■	> 0,0420



Elemento	B (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	59
Valor Médio	0,005
Mediana	0,004
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	0,060
Desvio Padrão	0,007
Port MS 2914 / 2011	0,000
CONAMA 357/2005 -	0,500
CONAMA 396/2008 -	0,50
WHO 2011	2,40

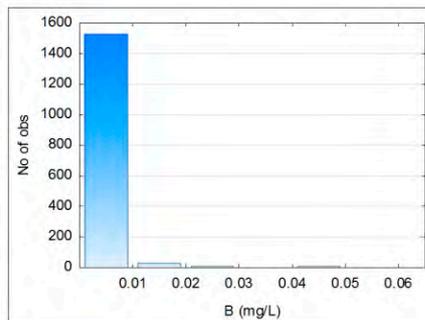
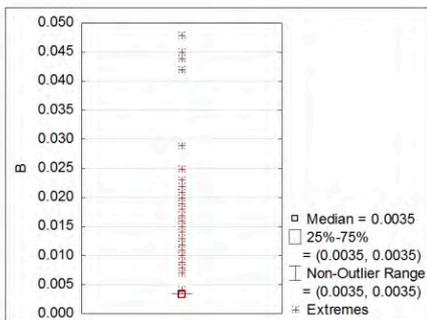


Legenda

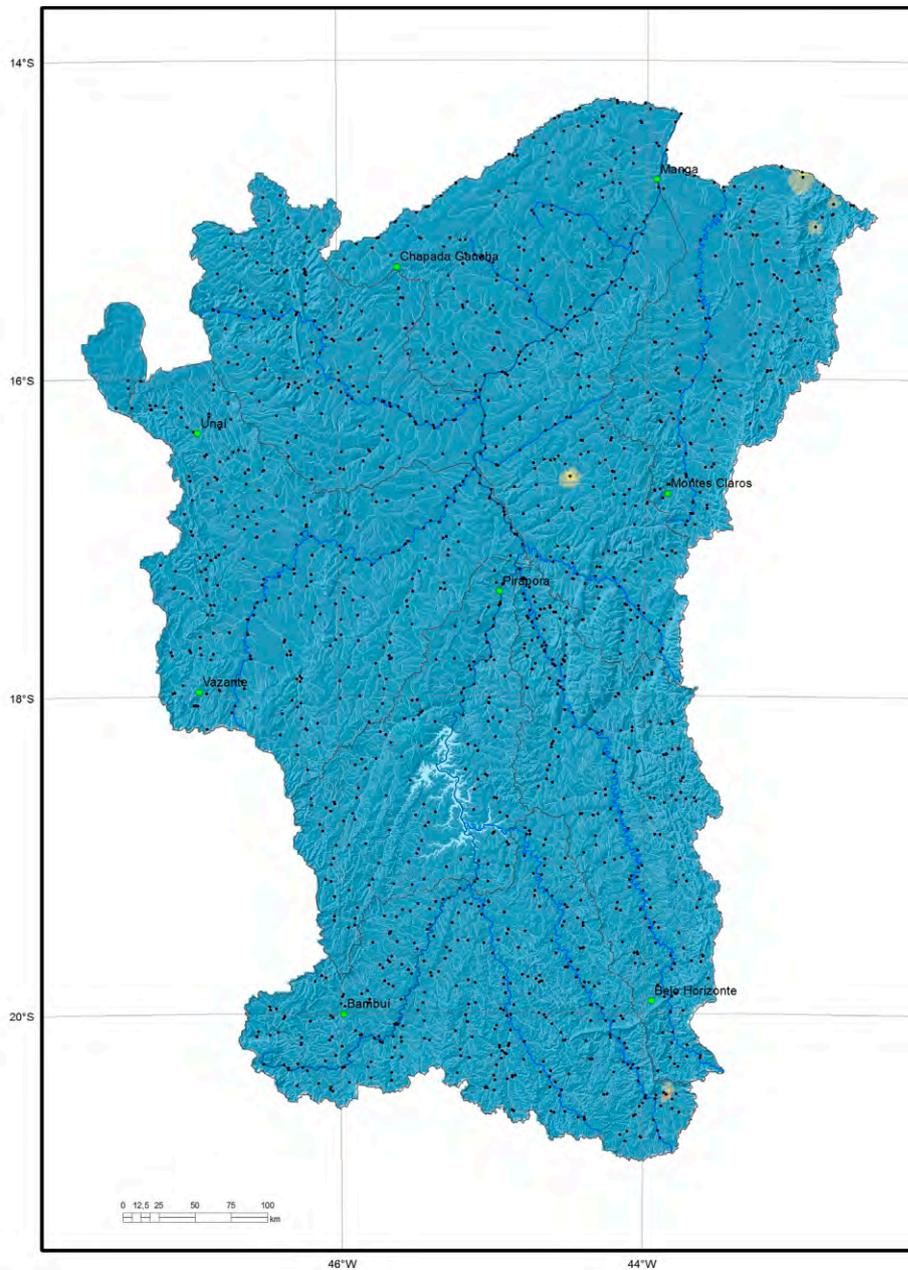
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

B (mg/L)

- < 0,0042
- 0,0042 - 0,0110
- 0,0110 - 0,0180
- 0,0180 - 0,0290
- > 0,0290



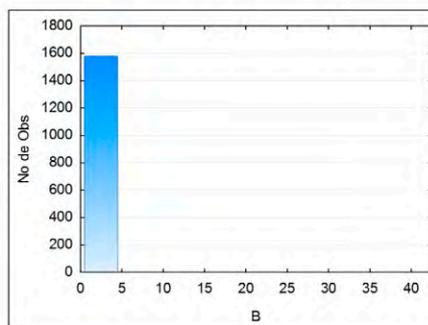
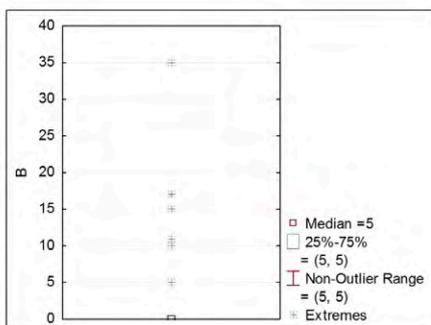
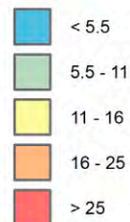
Elemento	B (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	1562
Result > Lim Detec	66
Valor Médio	0,0035
Valor Mínimo	0,0035
Valor Máximo	0,0480
Mediana	0,0035
Desvio Padrão	0,0035
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	0,50
CONAMA 396/2008 -	0,50
WHO 2011	2,4



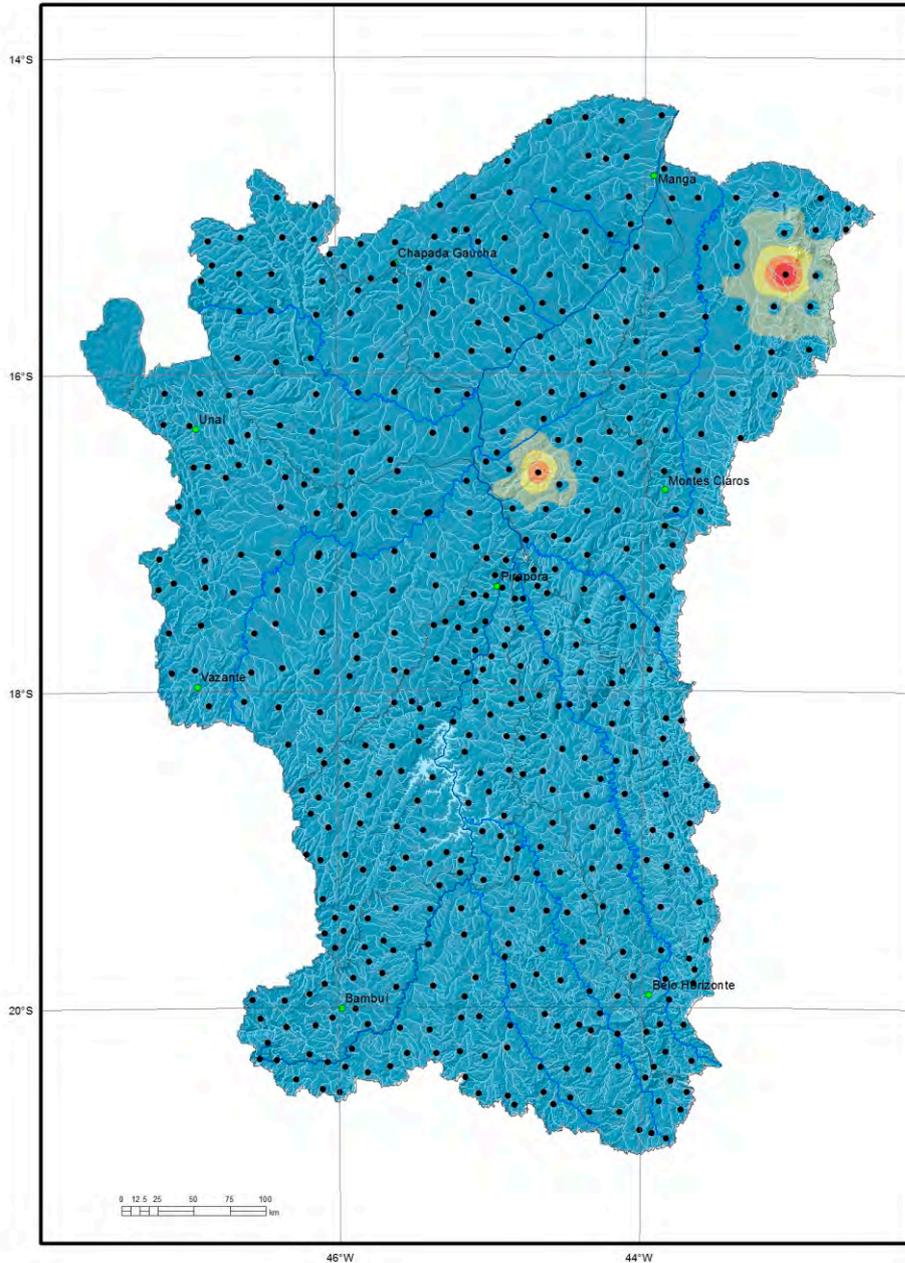
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

B (ppm)



Elemento	B (ppm)
Límite de Detecção	10
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	7
Valor Médio	14,7140
Valor Mínimo	10000
Valor Máximo	35000
Mediana	5000
Desvio Padrão	9,7420
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

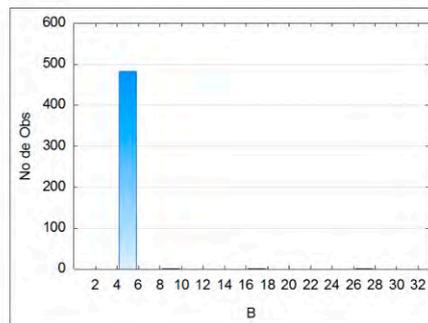
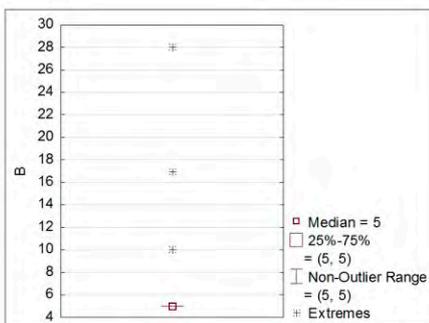


Legenda

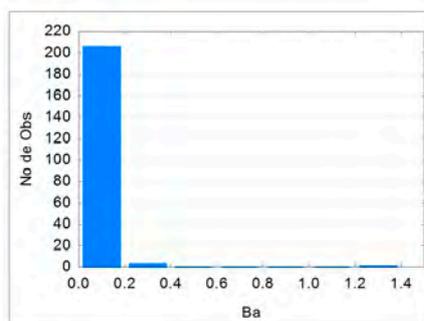
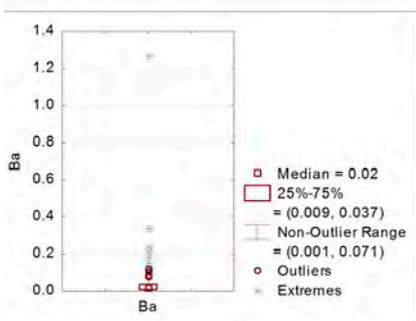
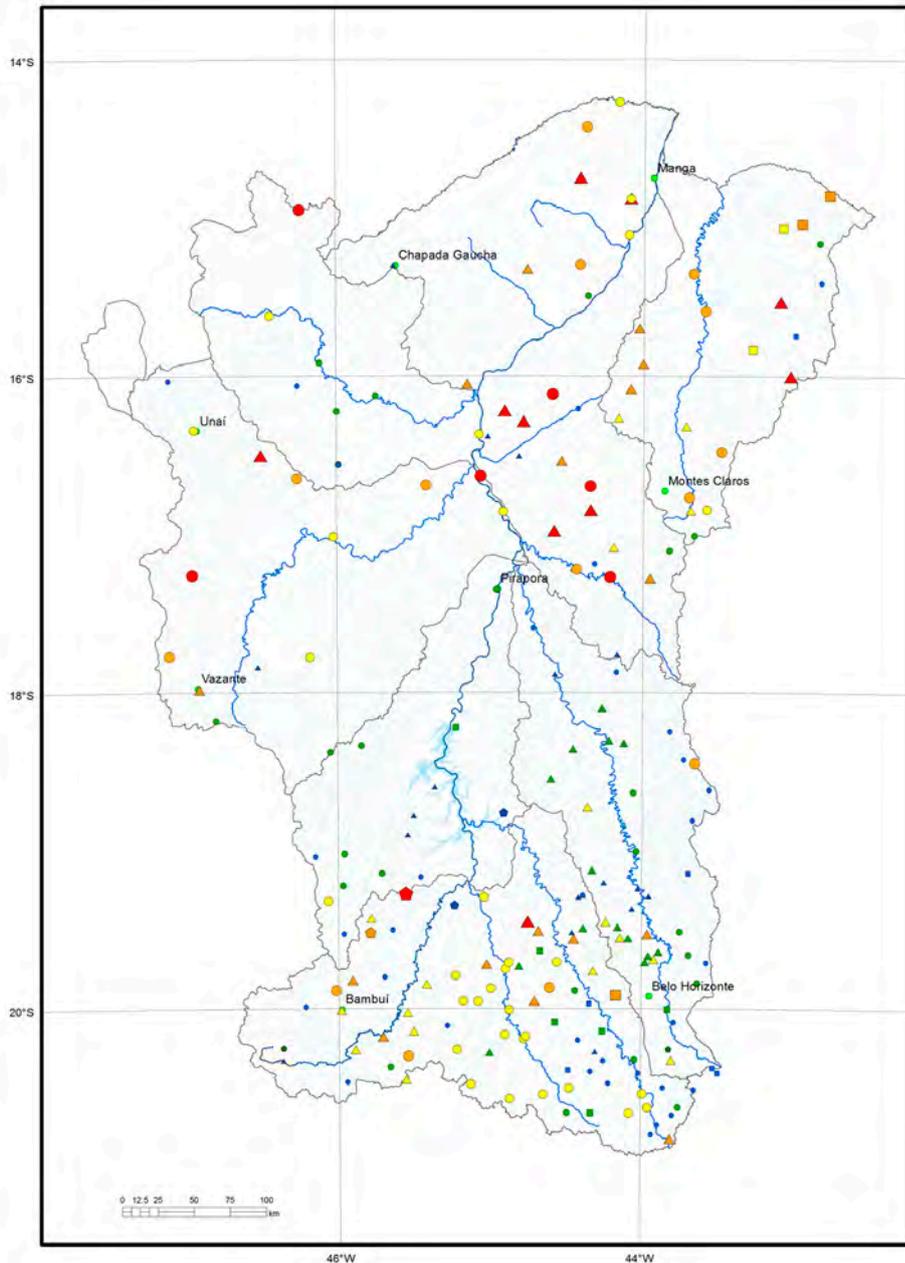
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

B (ppm)

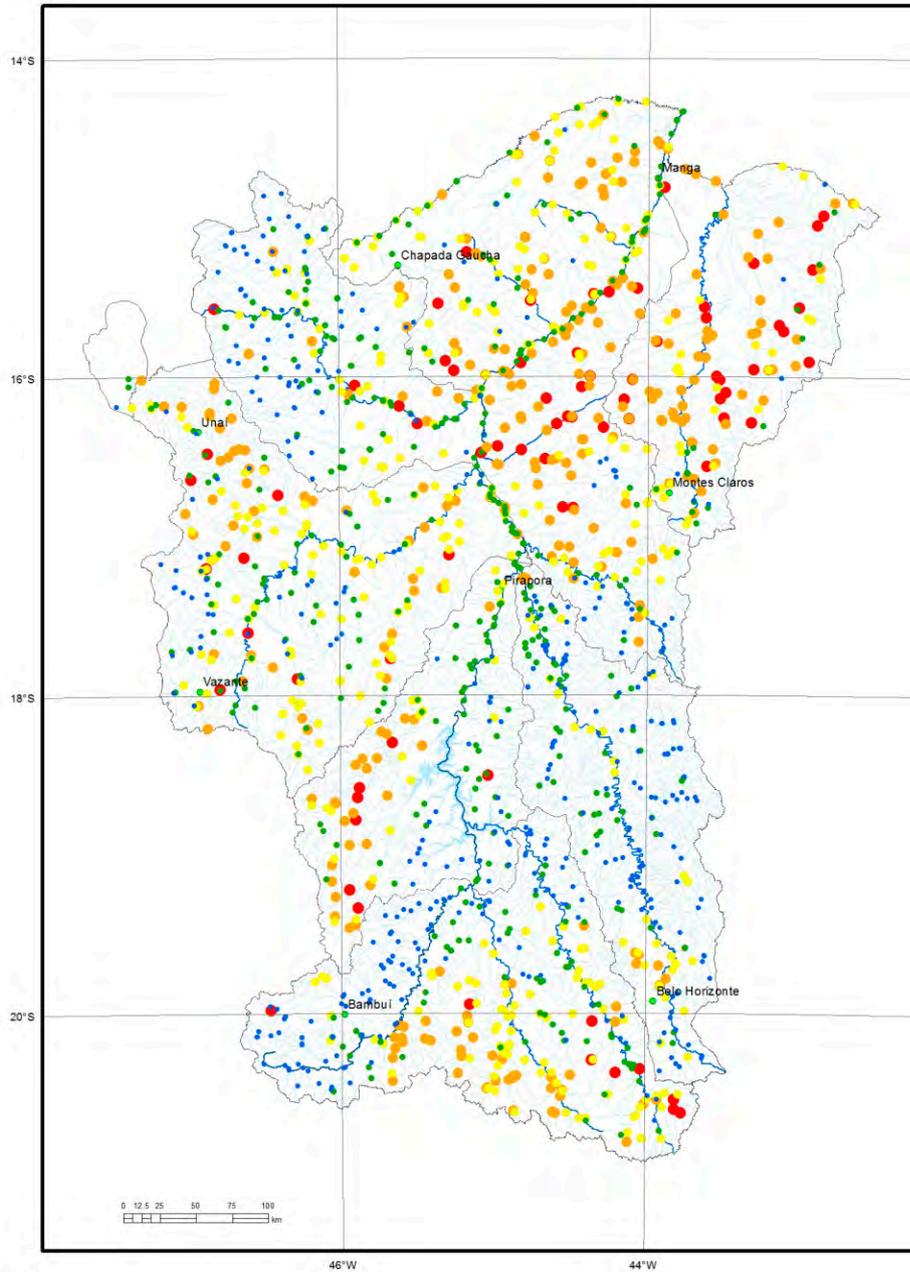
- < 0,8
- 0,8 - 3,5
- 3,5 - 8,6
- 8,6 - 16,5
- > 16,5



Elemento	B (ppm)
Limite de Detecção	10,0
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	2
Valor Médio	-
Valor Mínimo	5,00
Valor Máximo	28,00
Mediana	-
Desvio Padrão	-
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	11,5
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



Elemento	Ba (mg/L)
Limite de Detecção	0,003
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	193
Valor Médio	0,037
Mediana	0,020
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	1,270
Desvio Padrão	0,096
Port MS 2914 / 2011	0,700
CONAMA 357/2005 -	0,700
CONAMA 396/2008 -	0,70
WHO 2011	0,70

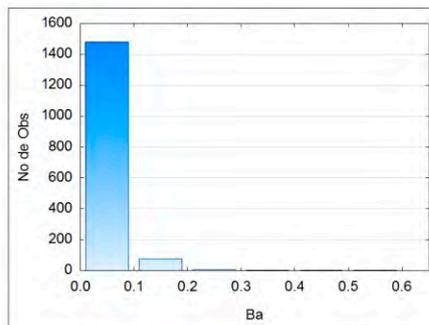
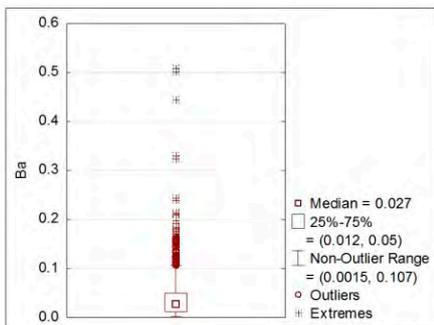


Legenda

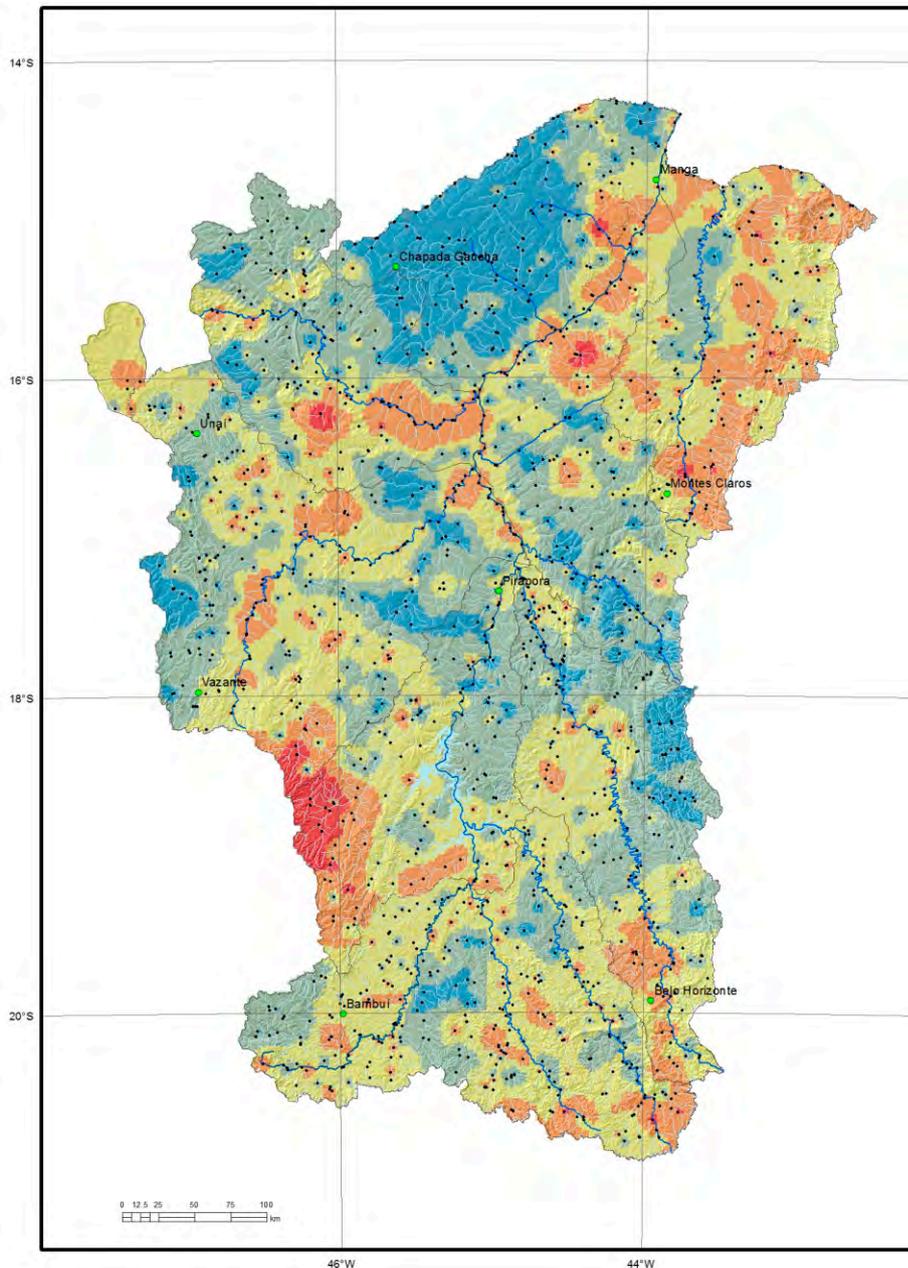
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Ba (mg/L)

- <0,012
- 0,012 - 0,027
- 0,027 - 0,050
- 0,050 - 0,107
- > 0,107



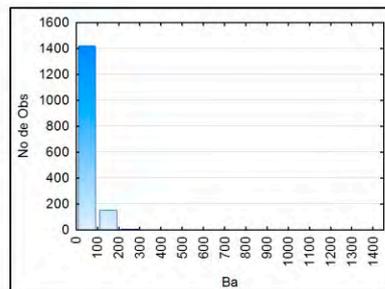
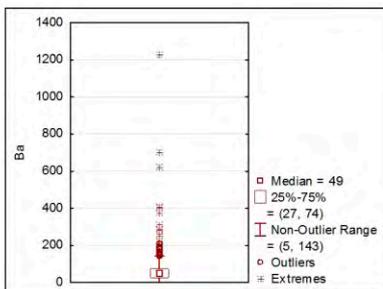
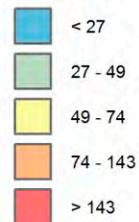
Elemento	Ba (mg/L)
Limite de Detecção	0,003
Número de medidas	1567
Result > Lim Detec	1393
Valor Médio	0,038
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	0,510
Mediana	0,023
Desvio Padrão	0,041
Port MS 2914 / 2011	0,70
CONAMA 357/2005 -	0,70
CONAMA 396/2008 -	0,70
WHO 2011	0,70



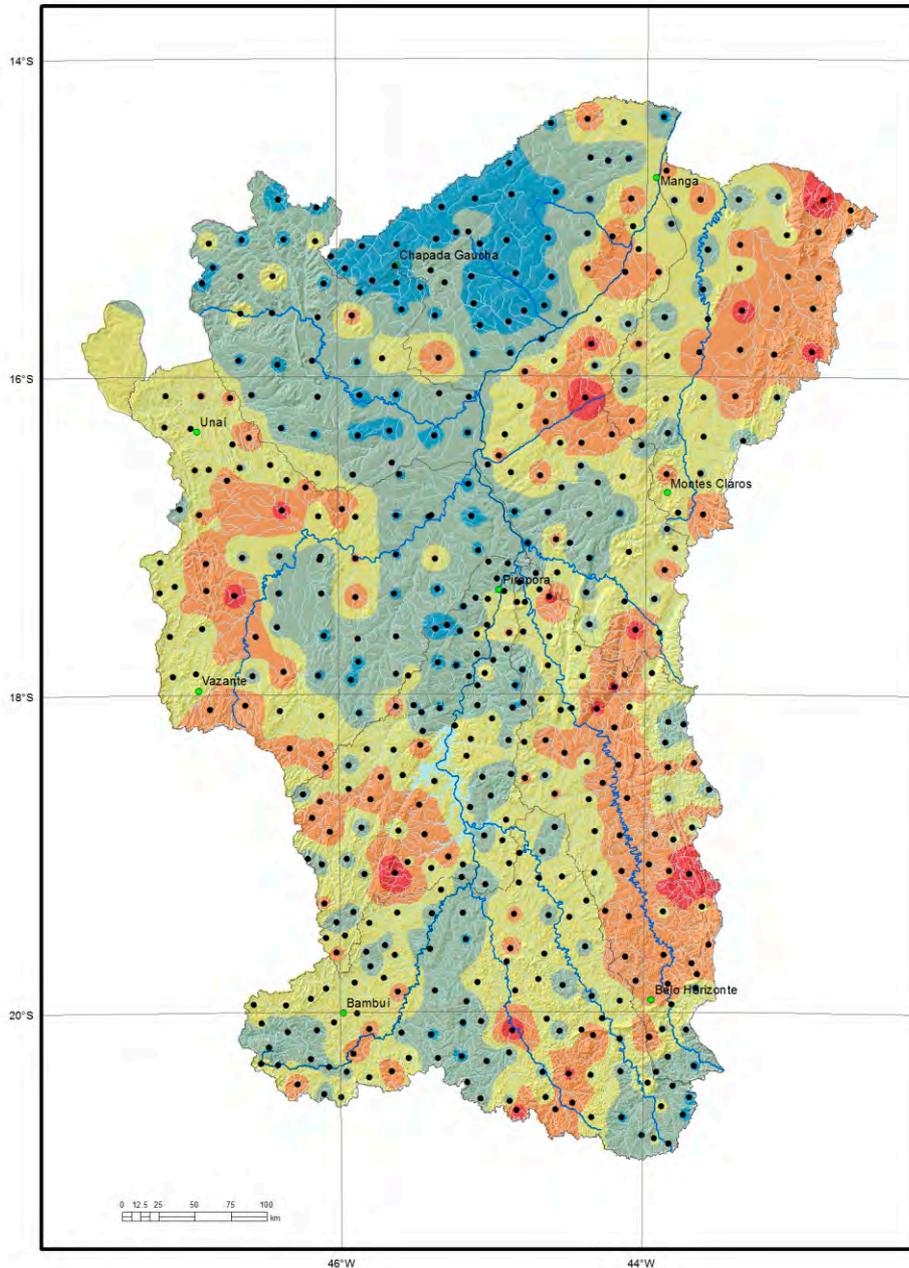
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Ba (ppm)



Elemento	Ba (ppm)
Limite de Detecção	5
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1534
Valor Médio	58,43
Valor Mínimo	5
Valor Máximo	1230
Mediana	50,00
Desvio Padrão	54,41
CONAMA 454/2012 V.Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V.Aten.	-

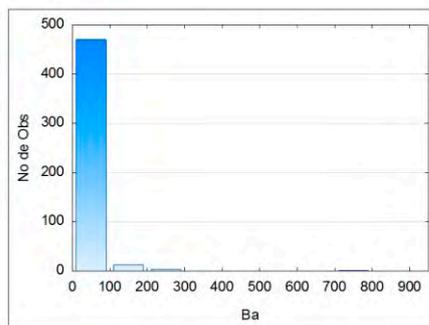
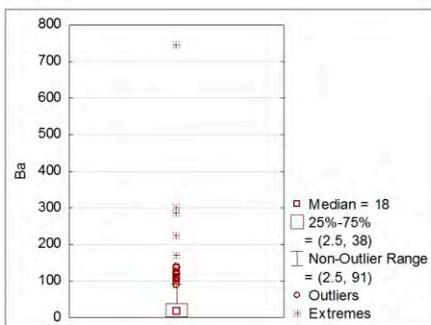


Legenda

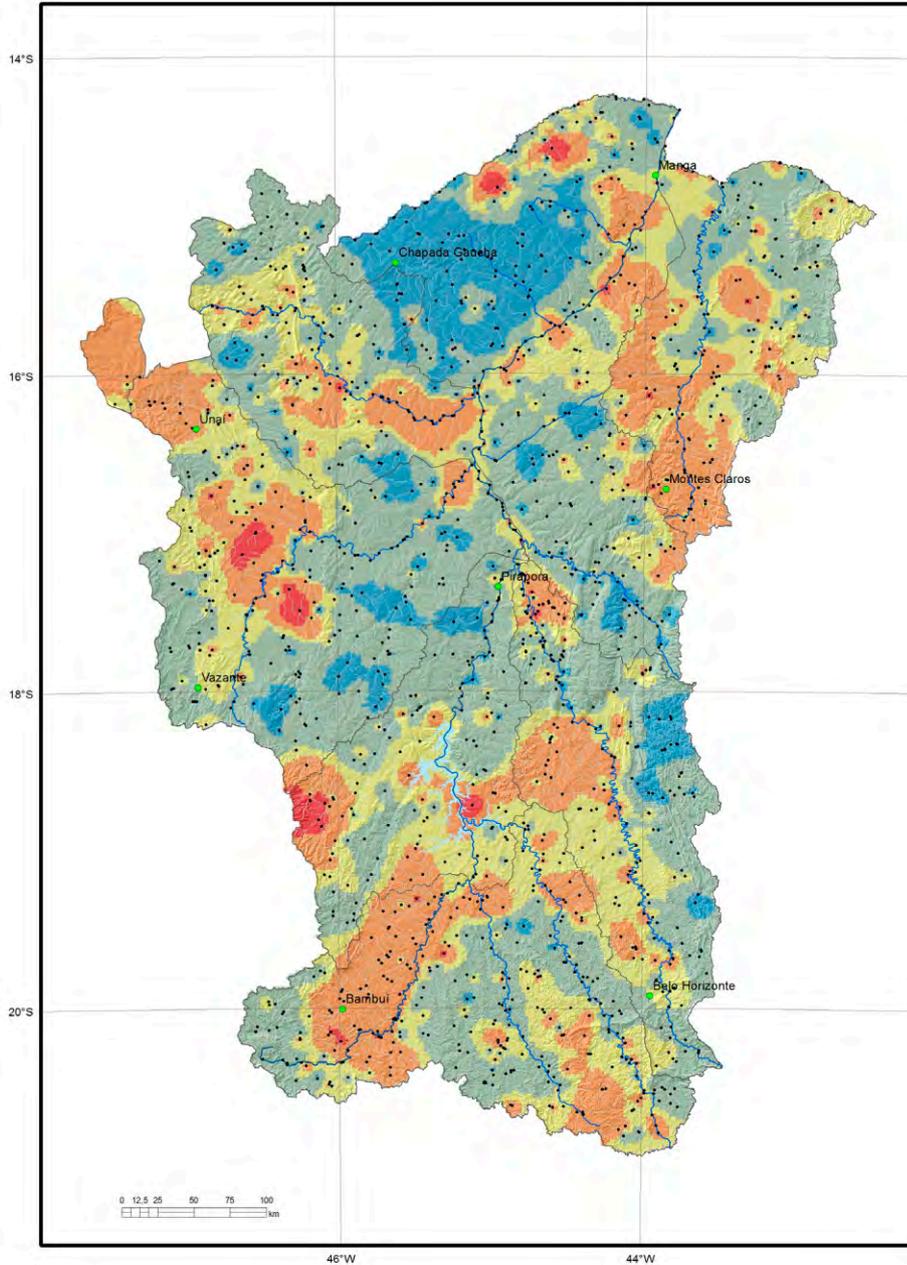
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Ba (ppm)

- < 2,5
- 2,5 - 18
- 18 - 38
- 38 - 91
- > 91



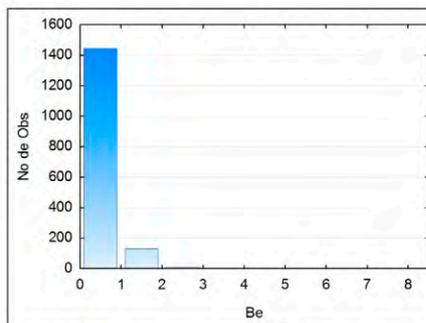
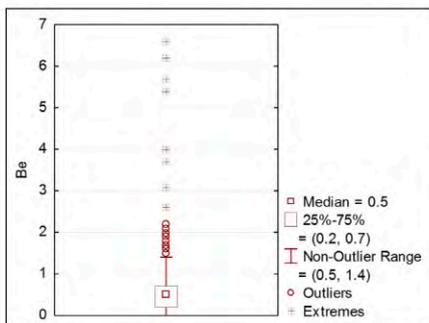
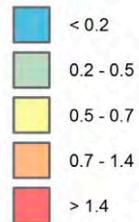
Elemento	Ba (ppm)
Limite de Detecção	5,0
Número de medidas	484
Result > Lim Delec	352
Valor Médio	28,46
Valor Mínimo	5,00
Valor Máximo	746,00
Mediana	18,0
Desvio Padrão	51,38
CONAMA 454/2012 - V.Prev	150,0
VRQ FEAM-MG	93,0
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	440,0



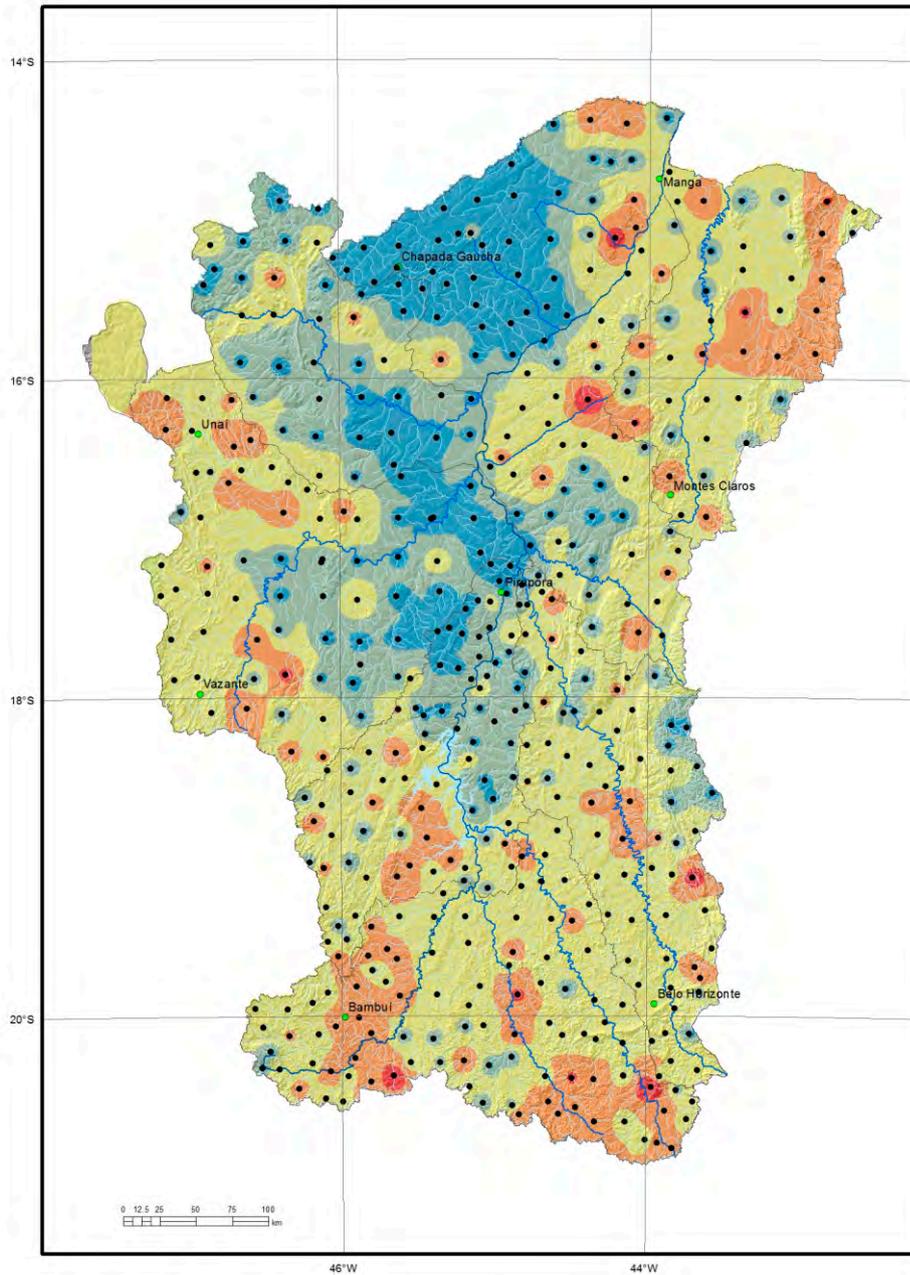
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Be (ppm)



Elemento	Be (ppm)
Límite de Detecção	0,100
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1426
Valor Médio	0,601
Valor Mínimo	0,100
Valor Máximo	6,600
Mediana	0,500
Desvio Padrão	0,475
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

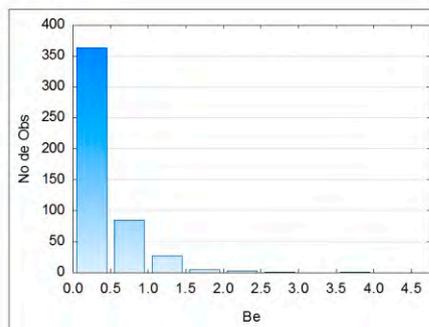
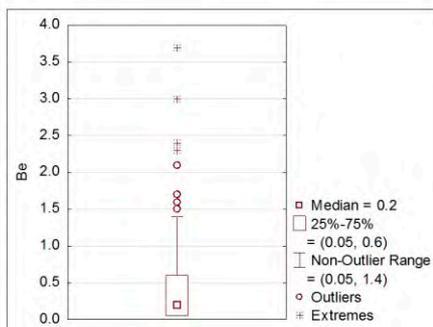


Legenda

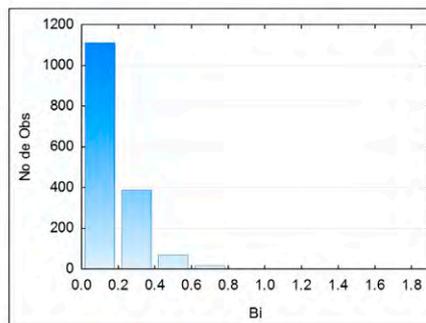
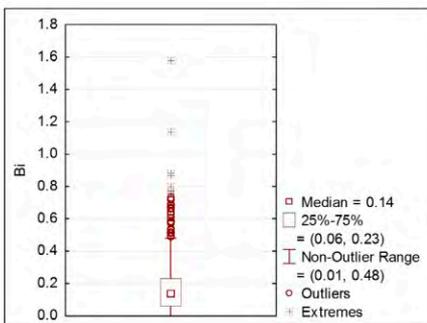
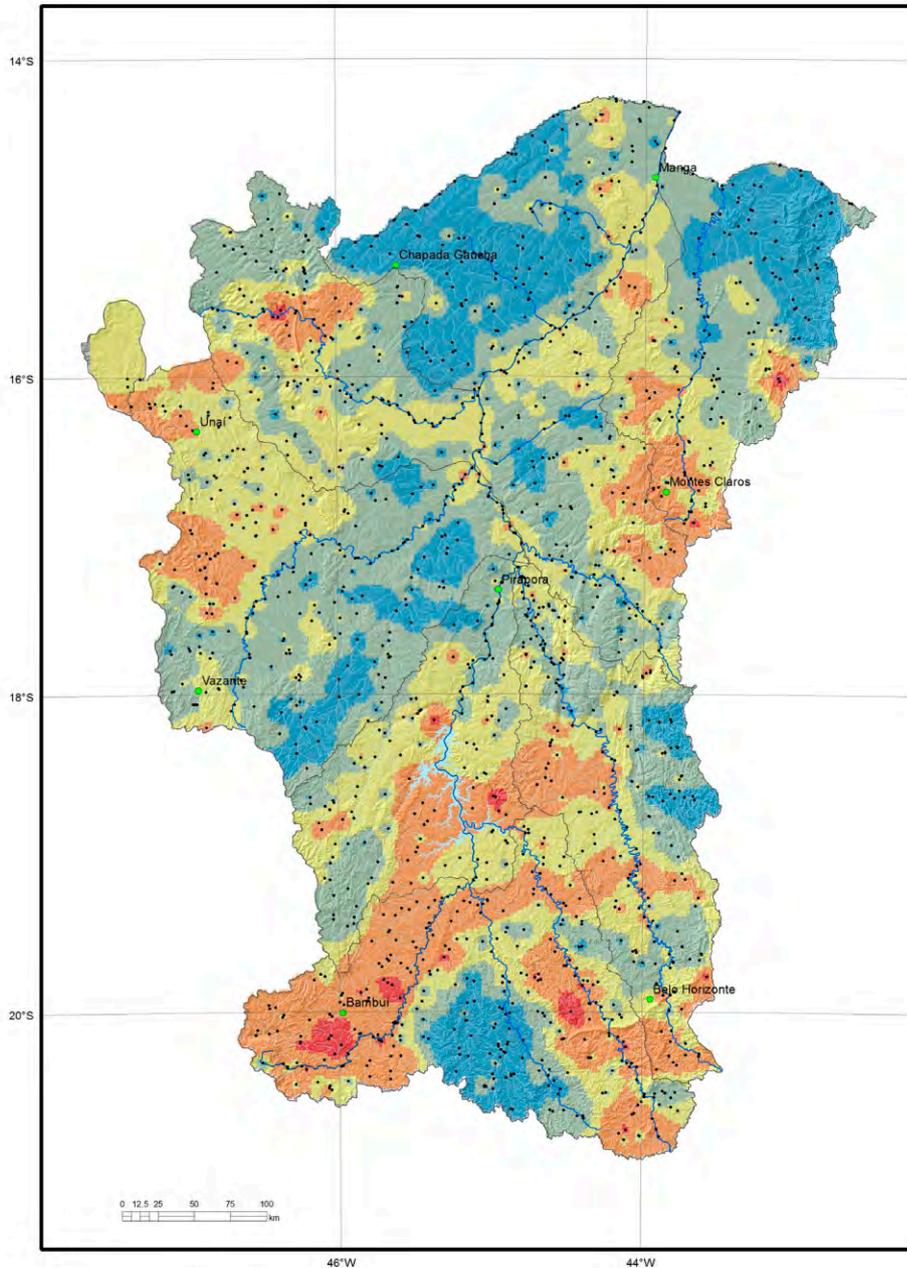
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Be (ppm)

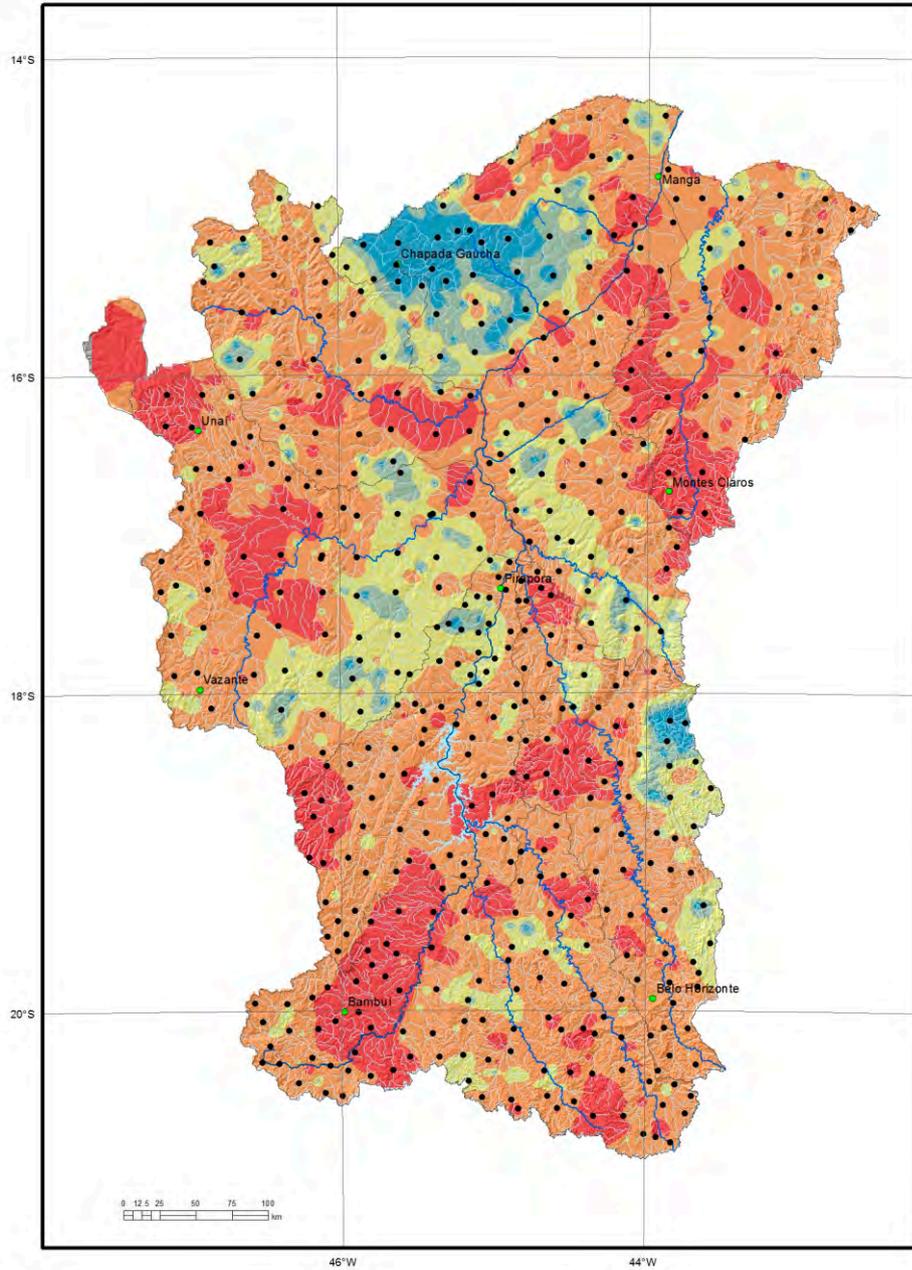
- < 0,05
- 0,05 - 0,20
- 0,2 - 0,60
- 0,6 - 1,40
- > 1,40



Elemento	Be (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	309
Valor Médio	0,38
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	3,70
Mediana	0,20
Desvio Padrão	0,47
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	1,1



Elemento	Bi (ppm)
Limite de Detecção	0,020
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1431
Valor Médio	0,179
Valor Mínimo	0,020
Valor Máximo	1,580
Mediana	0,140
Desvio Padrão	0,137
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

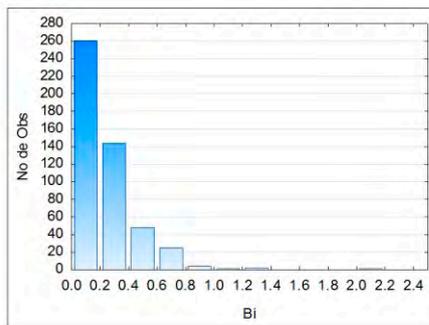
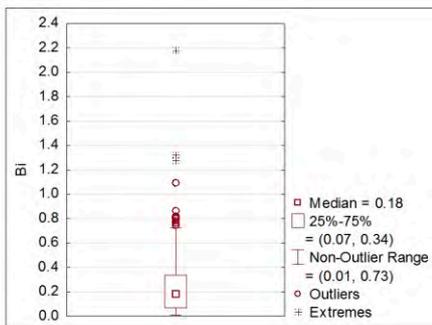


Legenda

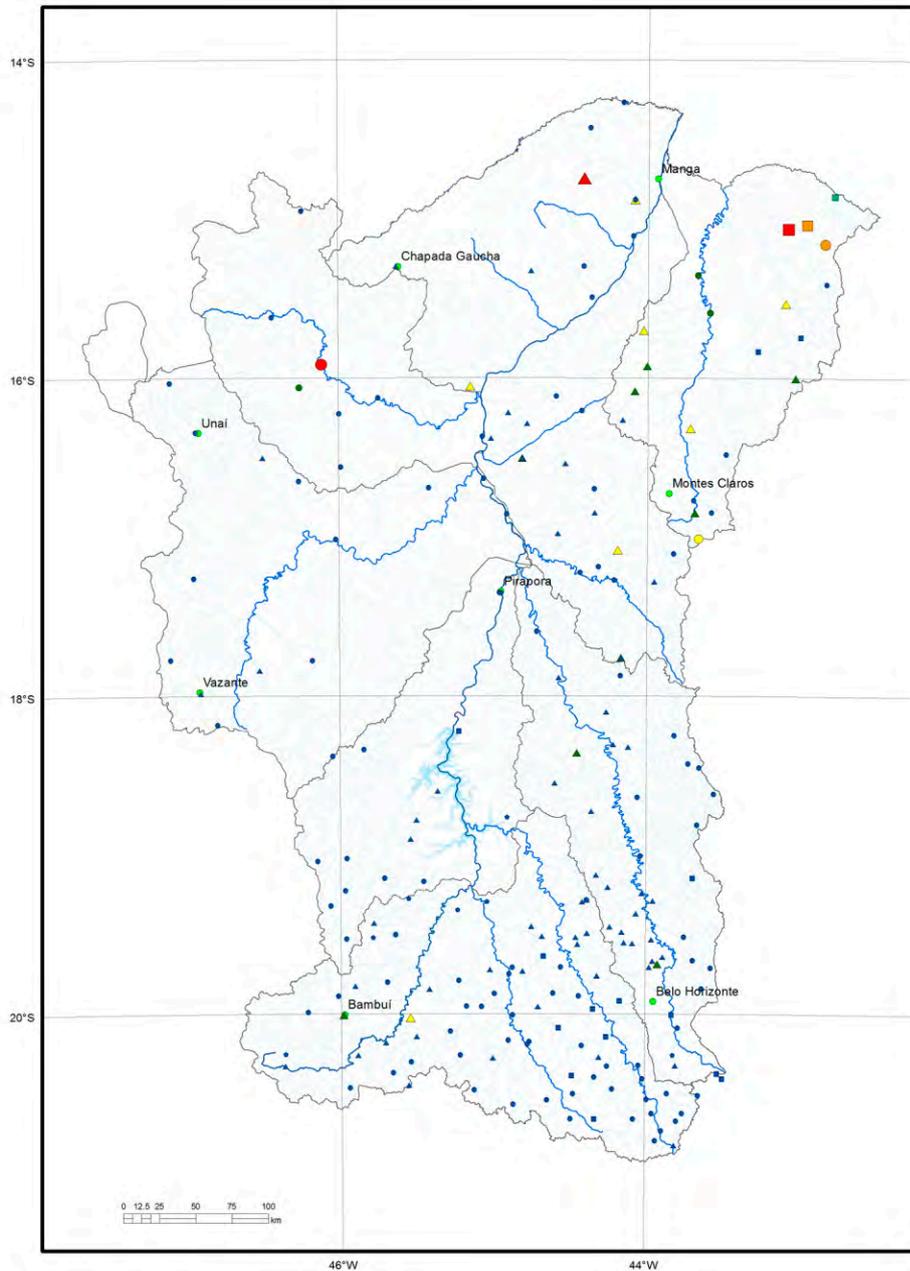
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Bi (ppm)

- < 0,07
- 0,07 - 0,18
- 0,18 - 0,34
- 0,34 - 0,73
- > 0,73



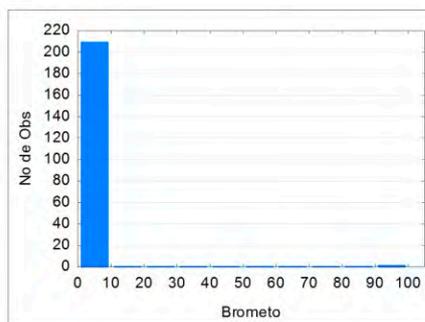
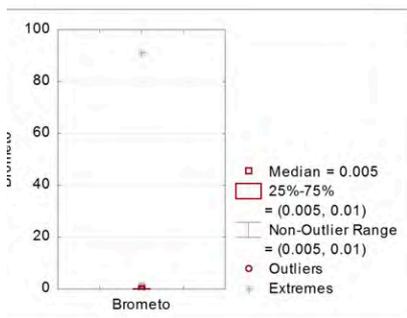
Elemento	Bi (ppm)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	446
Valor Médio	0,24
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	2,18
Mediana	0,18
Desvio Padrão	0,22
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



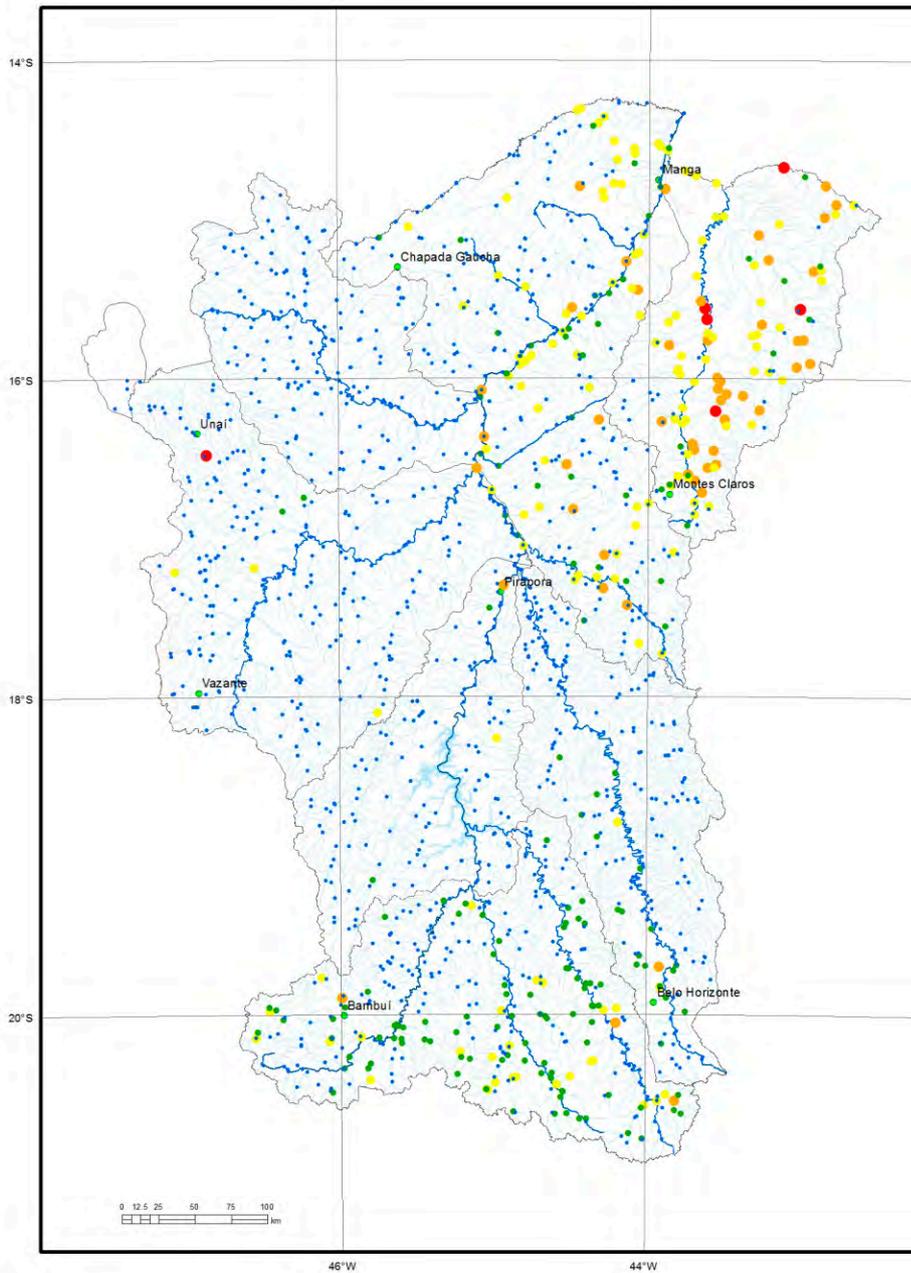
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⬭ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Brometo (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,030
■	●	▲	●	0,030 - 0,080
■	●	▲	●	0,080 - 0,290
■	●	▲	●	0,290 - 0,800
■	●	▲	●	> 0,800



Elemento	Brometo(mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	202
Result > Lim Detec	74
Valor Médio	0,4913
Mediana	0,005
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	90,9
Desvio Padrão	6,395
Port MS 2914 / 2011	
CONAMA 357/2005 -	
CONAMA 396/2008 -	
WHO 2011	

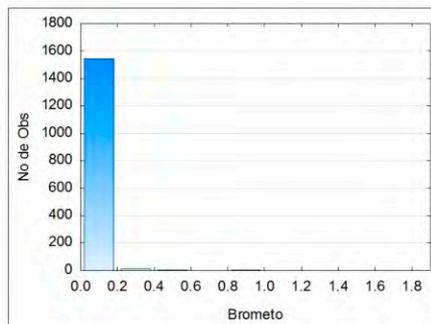
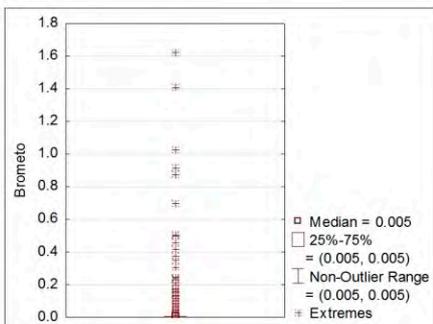


Legenda

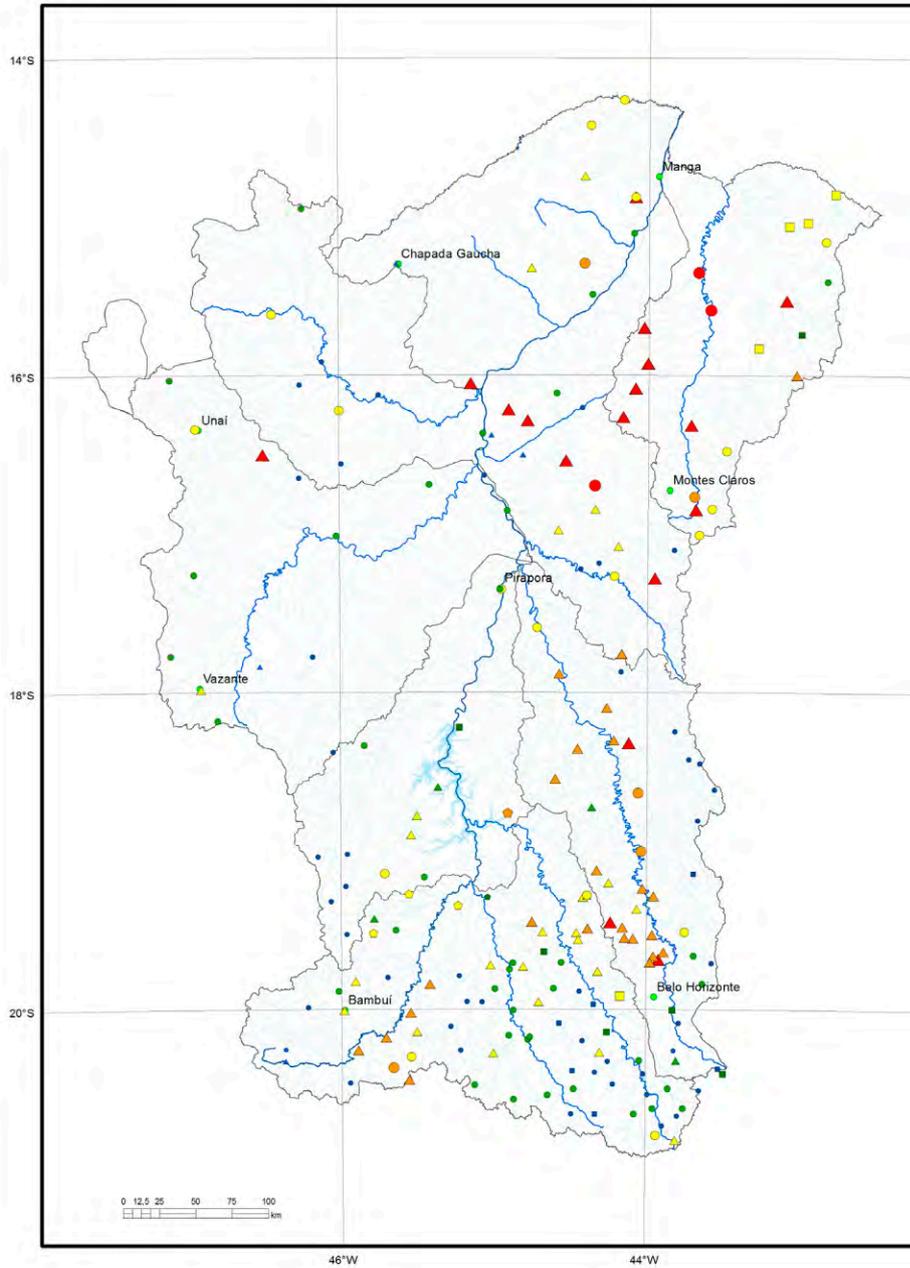
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Brometo (mg/L)

- < 0,0051
- 0,0051 - 0,0210
- 0,0210 - 0,1000
- 0,1000 - 0,6000
- > 0,6000



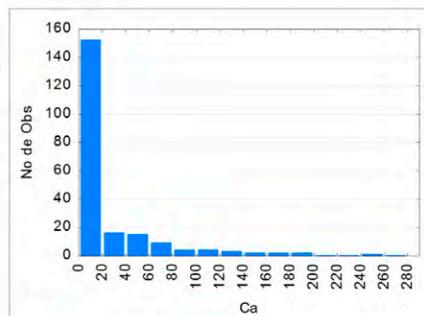
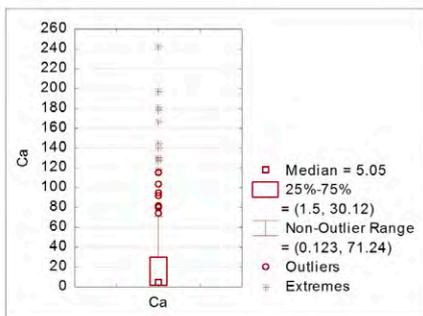
Elemento	Brometo (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1564
Result > Lim Detec	393
Valor Médio	0,0206
Valor Mínimo	0,0050
Valor Máximo	1,620
Mediana	0,0050
Desvio Padrão	0,0811
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-



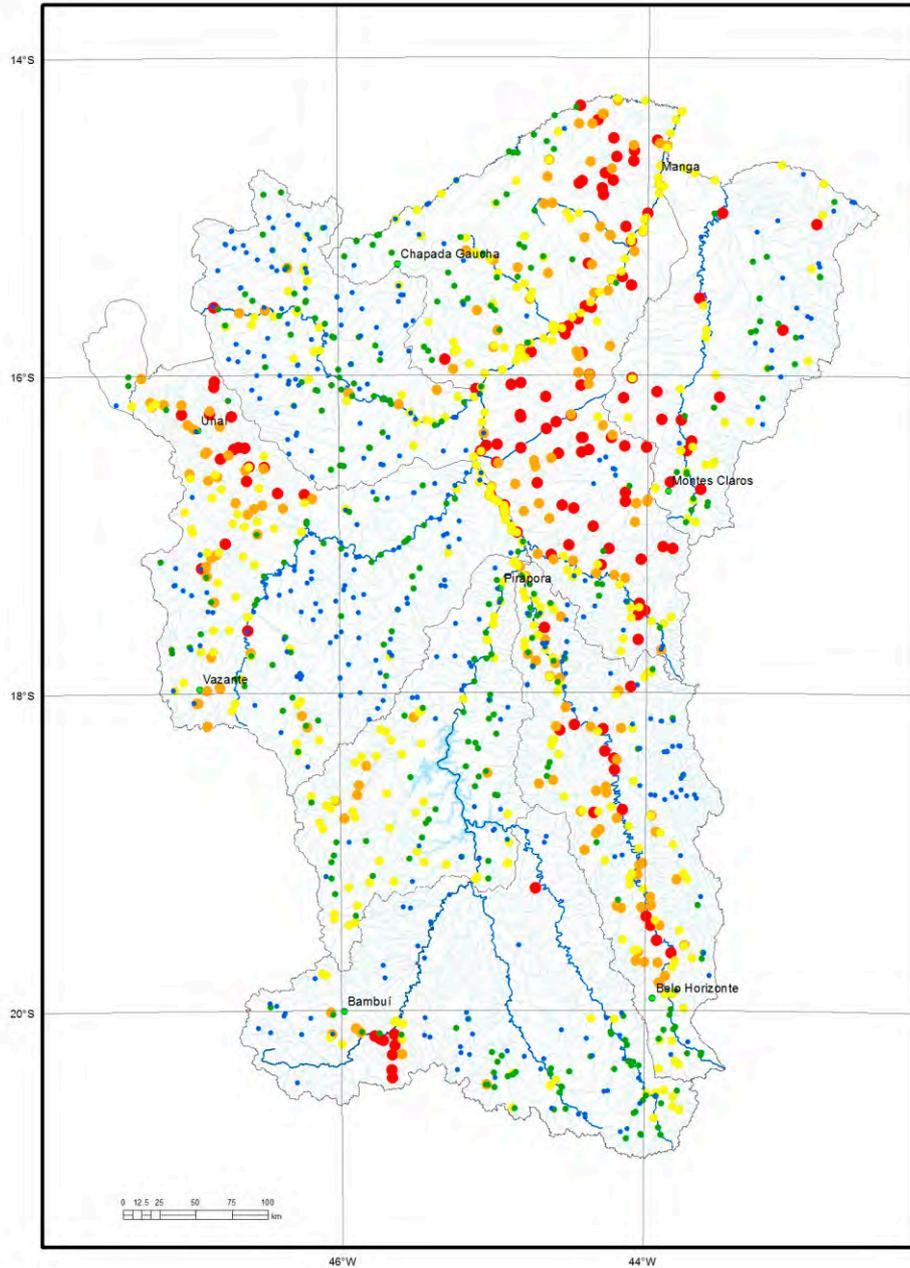
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Ca (mg/L)
■	●	▲	●	< 1,50
■	●	▲	●	1,50 - 5,05
■	●	▲	●	5,05 - 5,12
■	●	▲	●	5,12 - 71,24
■	●	▲	●	> 71,24



Elemento	Ca (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	203
Valor Médio	24176
Mediana	5,030
Valor Mínimo	0,123
Valor Máximo	243000
Desvio Padrão	41250
Port MS 2914 / 2011	
CONAMA 357/2005 -	
CONAMA 396/2008 -	
WHO 2011	

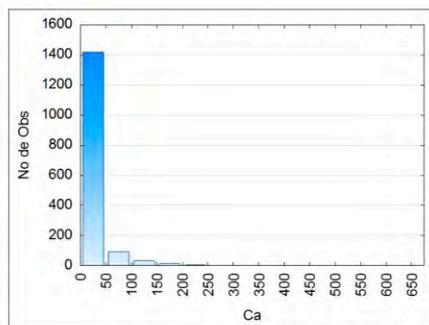
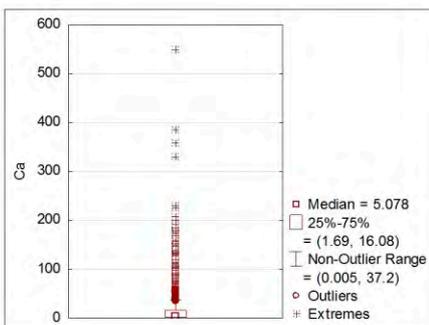


Legenda

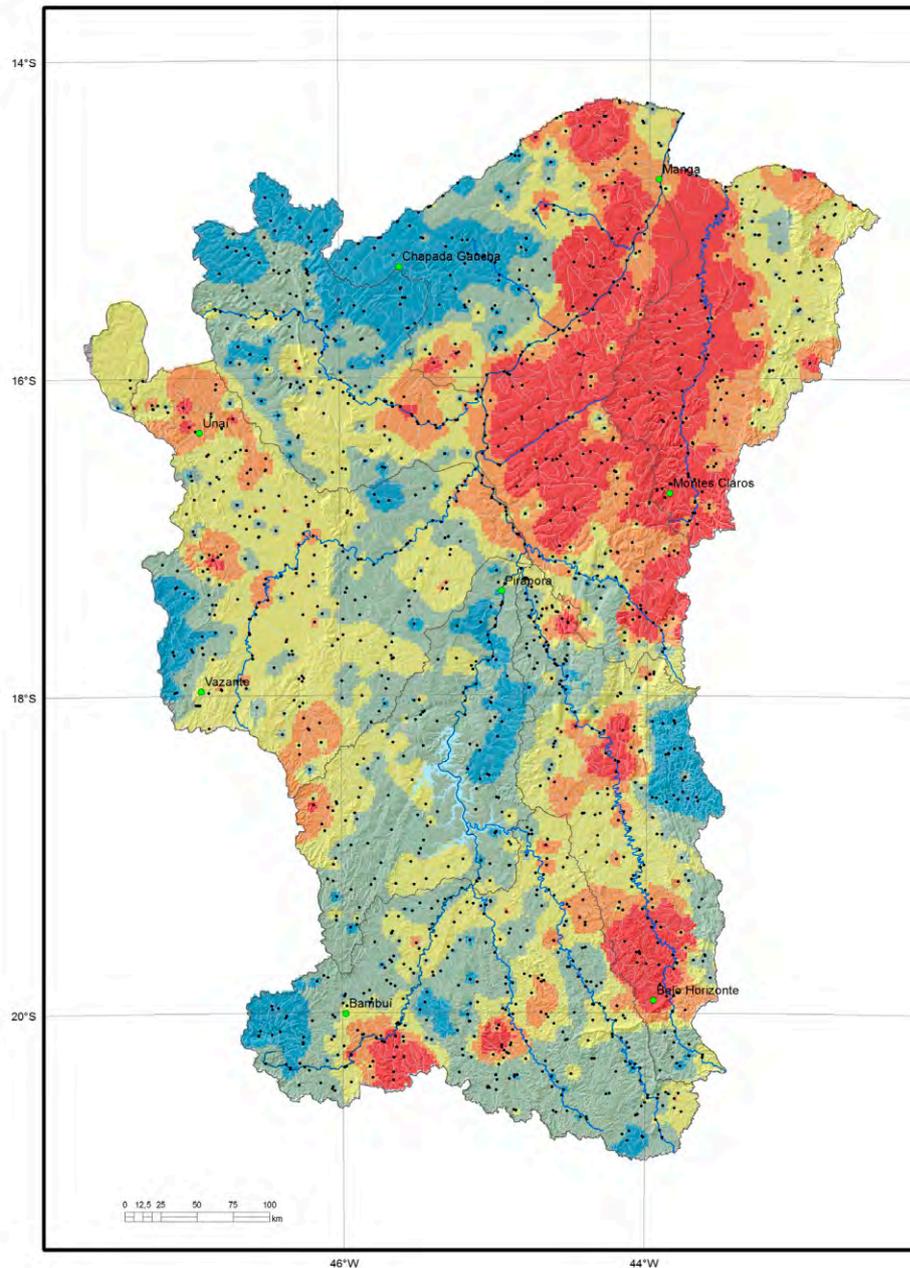
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Ca (mg/L)

- < 1,69
- 1,69 - 5,07
- 5,07 - 16,08
- 16,08 - 37,20
- > 37,20



Elemento	Ca (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1567
Result > Lim Detec	1424
Valor Médio	17,226
Valor Mínimo	0,0050
Valor Máximo	549,00
Mediana	5,078
Desvio Padrão	35,477
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-

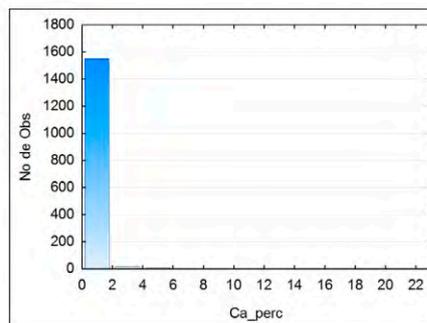
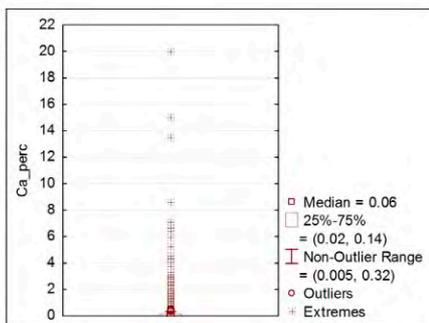


Legenda

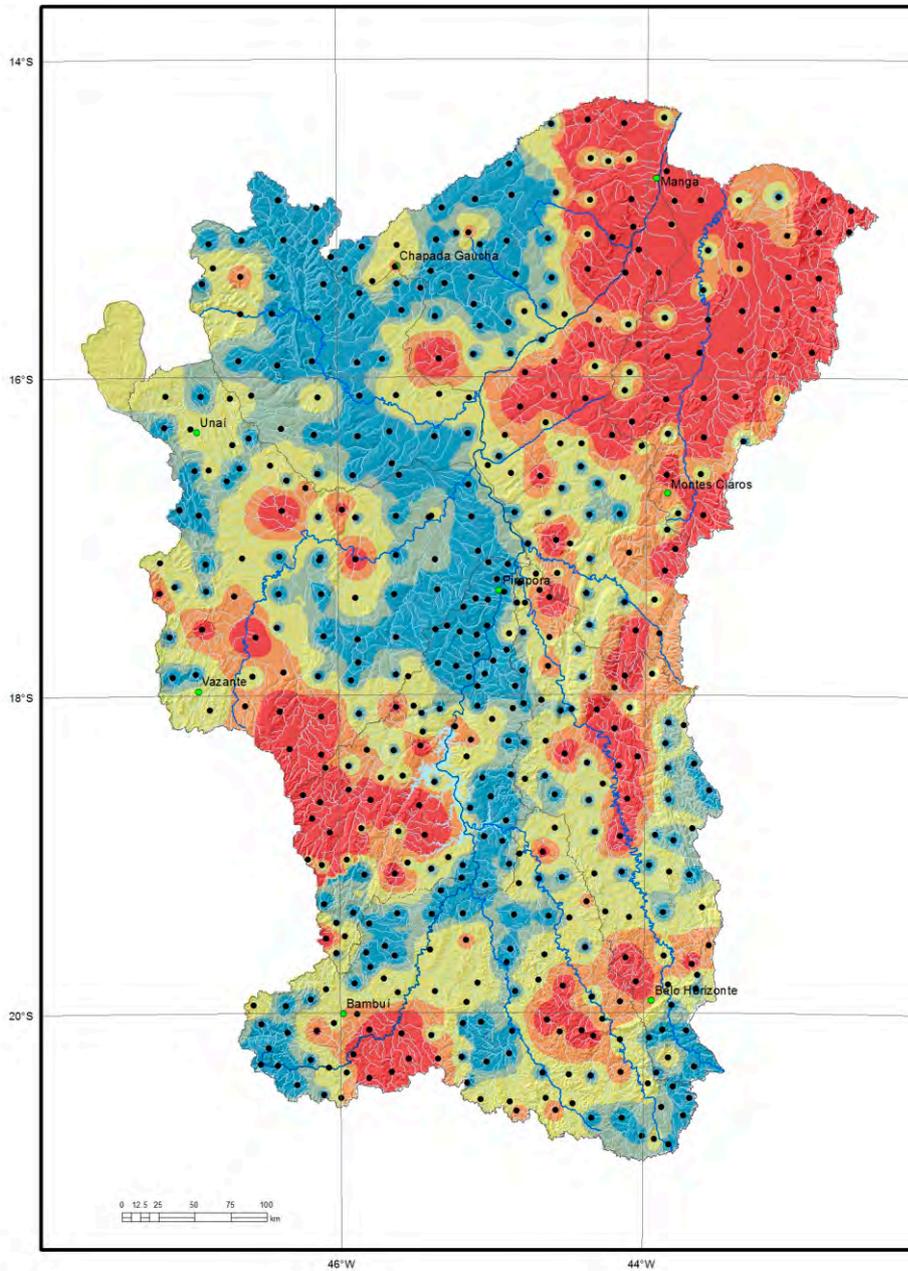
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Ca (ppm)

- < 0.02
- 0.02 - 0.06
- 0.06 - 0.14
- 0.14 - 0.32
- > 0.32



Elemento	Ca (%)
Limite de Detecção	0,010
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1444
Valor Médio	0,296
Valor Mínimo	0,010
Valor Máximo	20
Mediana	0,060
Desvio Padrão	1,283
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

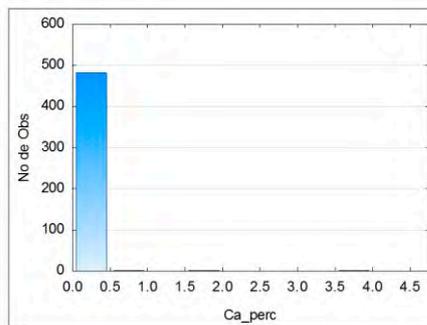
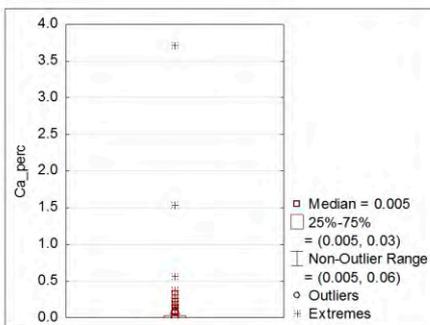


Legenda

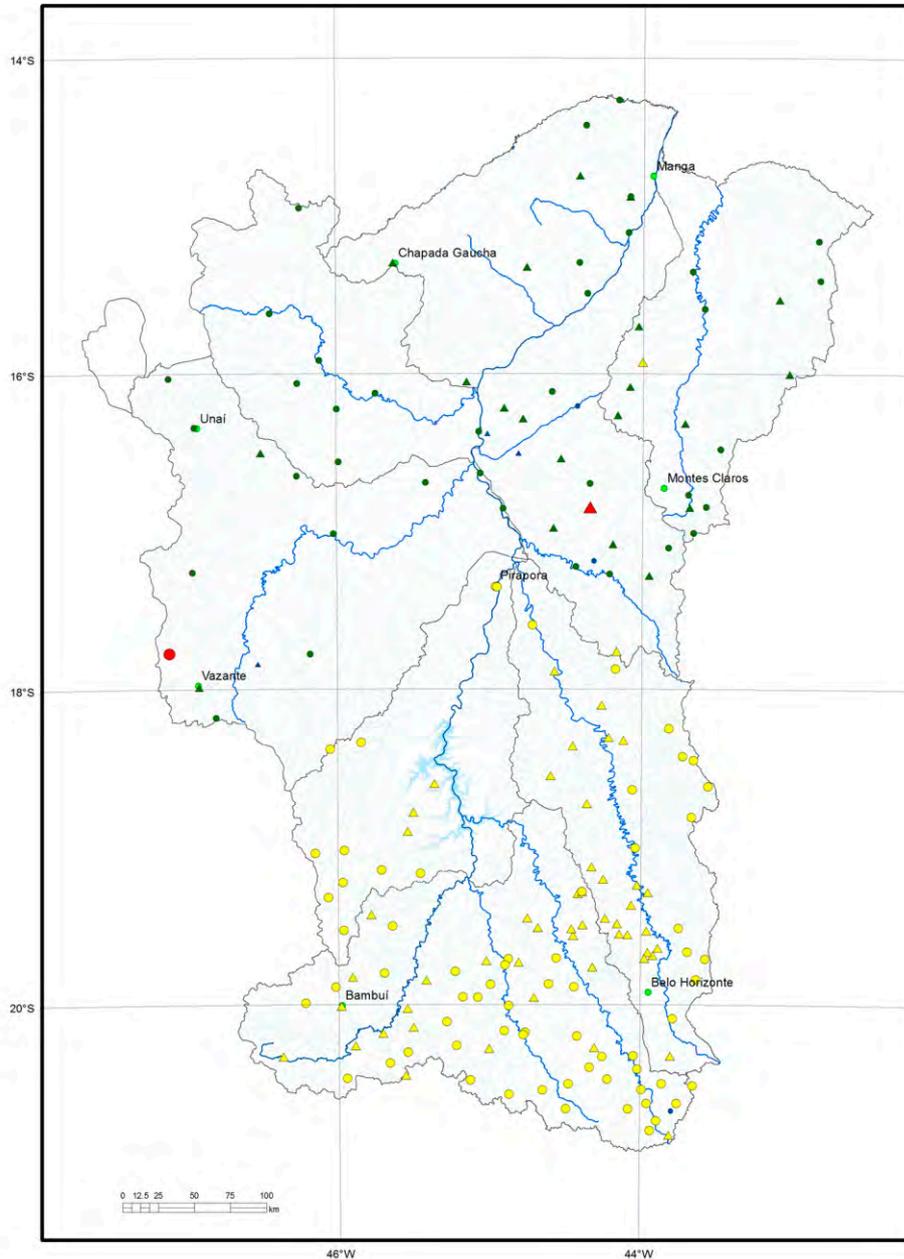
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Ca (%)

- < 0,005
- 0,005 - 0,010
- 0,010 - 0,030
- 0,030 - 0,060
- > 0,060



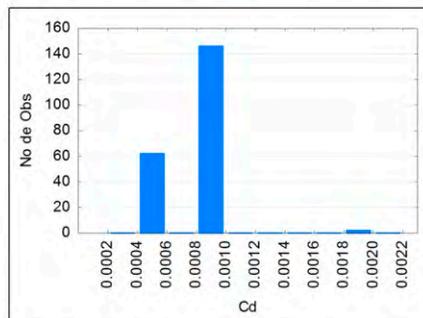
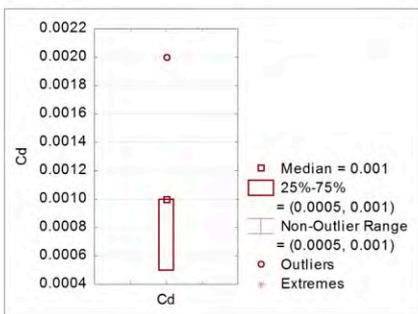
Elemento	Ca (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	220
Valor Médio	0,050
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	3,72
Mediana	0,005
Desvio Padrão	0,280
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



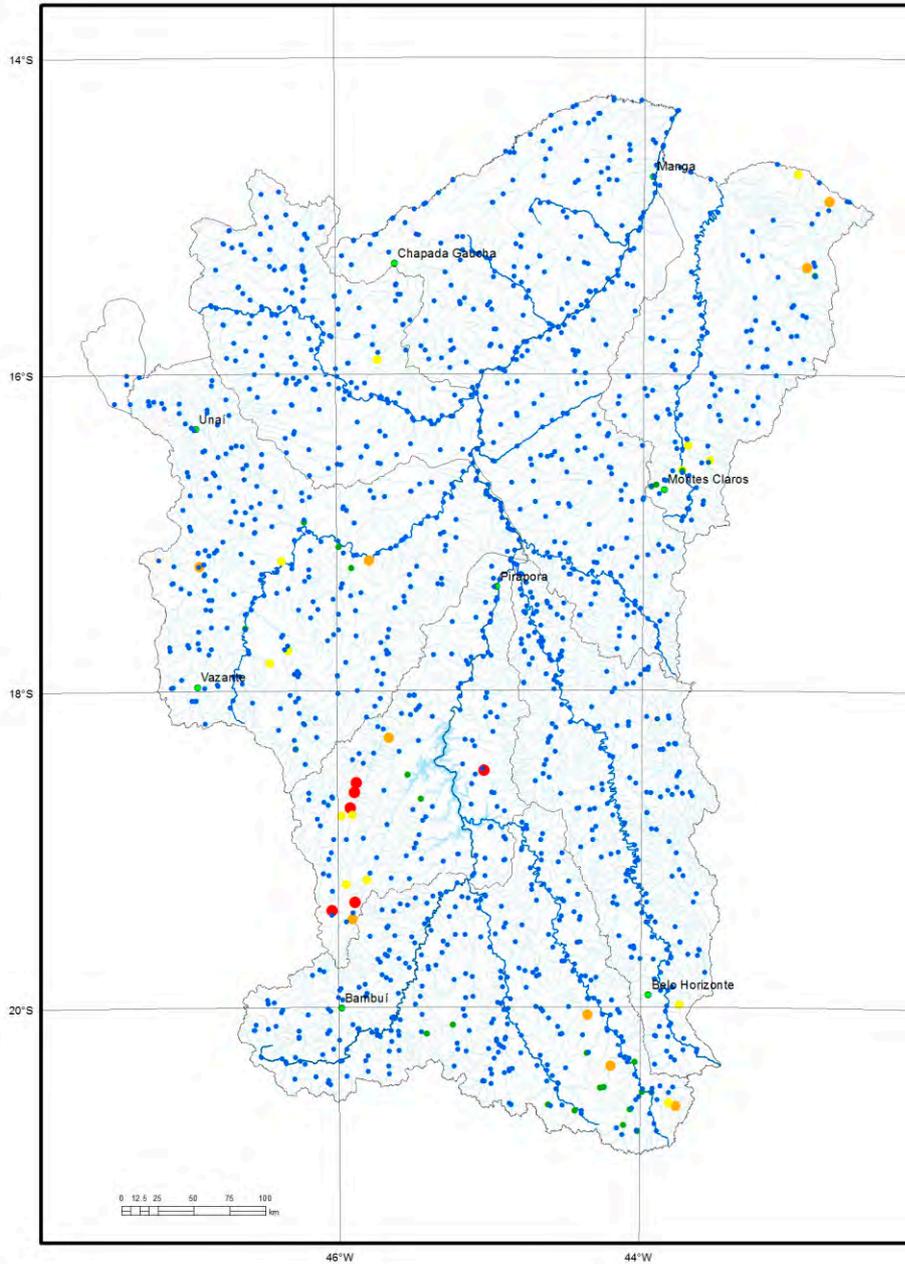
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Cd (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,0004
■	●	▲	●	0,0004 - 0,0008
■	●	▲	●	0,0008 - 0,0012
■	●	▲	●	0,0012 - 0,0016
■	●	▲	●	> 0,0016



Elemento	Cd (mg/L)
Limite de Detecção	0,001
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	64
Valor Médio	0,0008
Mediana	0,001
Valor Mínimo	0,0005
Valor Máximo	0,0020
Desvio Padrão	0,0003
Port MS 2914 / 2011	0,005
CONAMA 357/2005 -	0,001
CONAMA 396/2008 -	0,005
WHO 2011	0,005

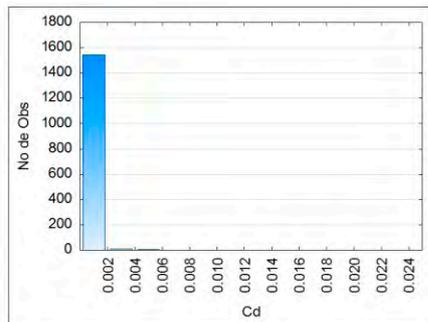
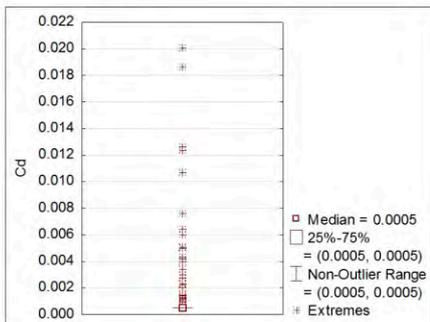


Legenda

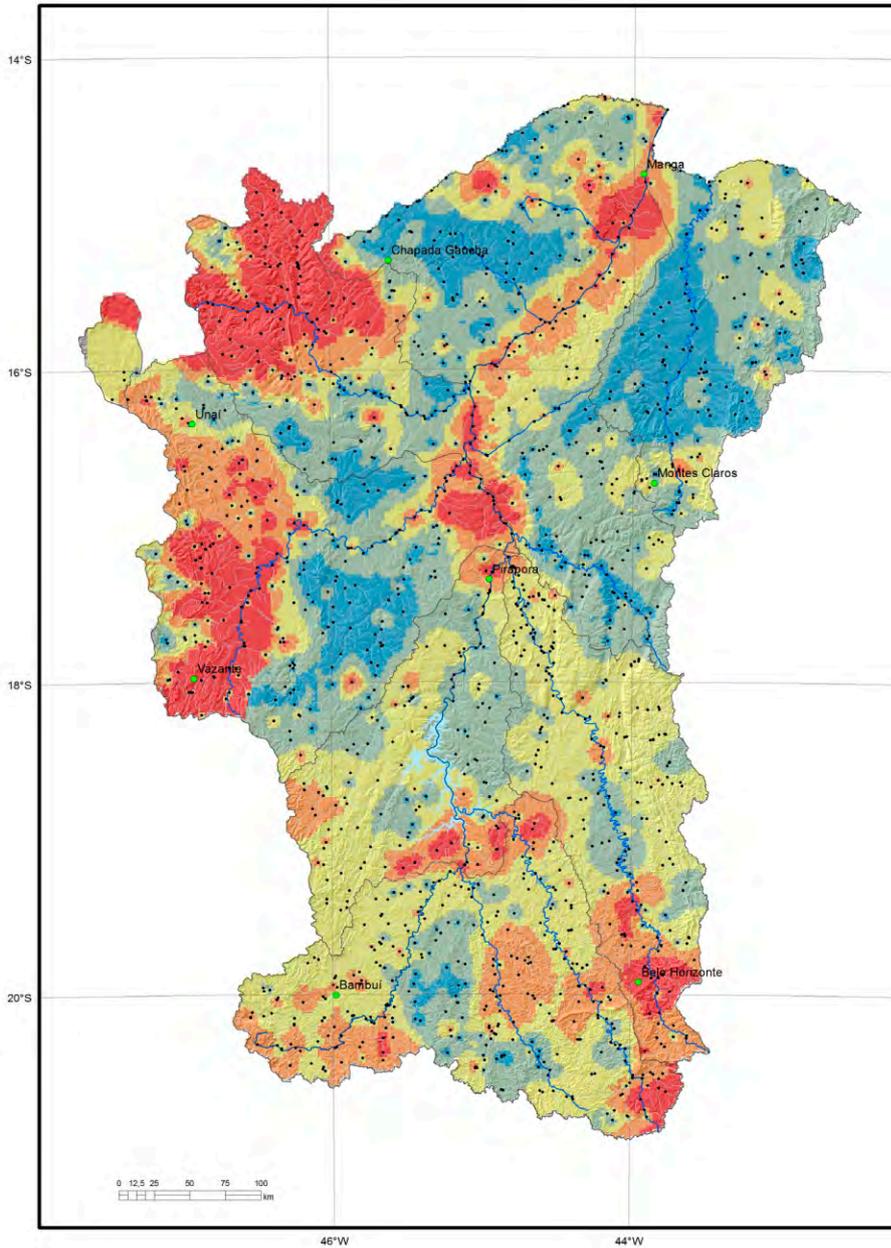
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Cd (mg/L)

- < 0,0005
- 0,0005 - 0,0015
- 0,0015 - 0,0034
- 0,0034 - 0,0076
- > 0,0076



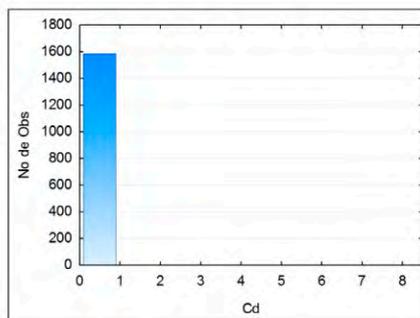
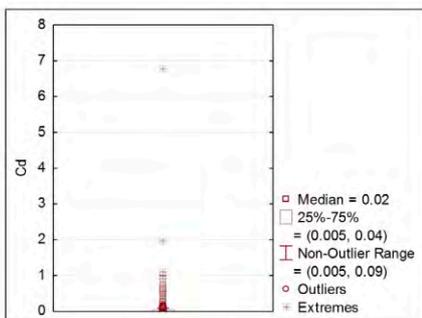
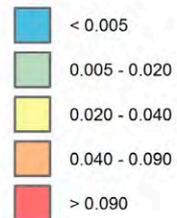
Elemento	Cd (mg/L)
Limite de Detecção	0,001
Número de medidas	1562
Result > Lim Detec	54
Valor Médio	0,0006
Valor Mínimo	0,0005
Valor Máximo	0,0201
Mediana	0,0005
Desvio Padrão	0,0009
Port MS 2914 / 2011	0,005
CONAMA 357/2005 -	0,001
CONAMA 396/2008 -	0,005
WHO 2011	0,003



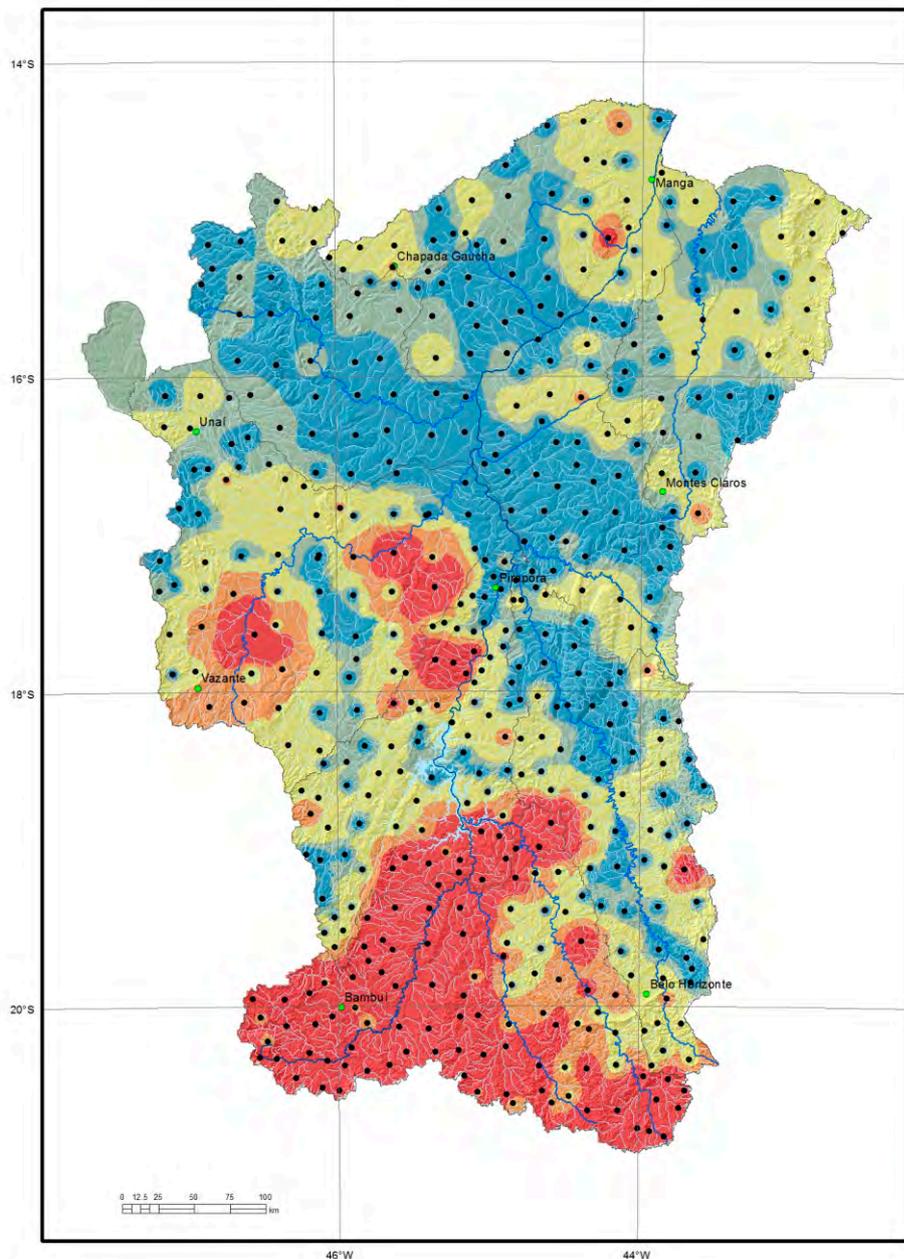
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Cd (ppm)



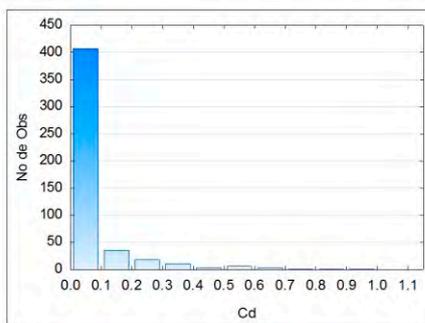
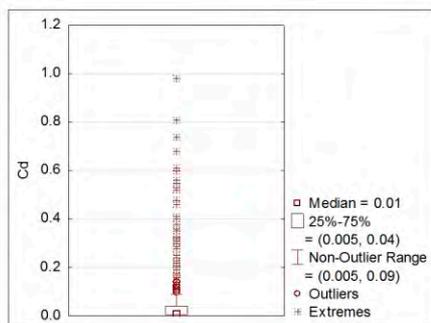
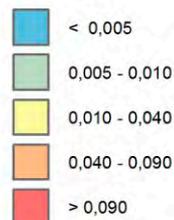
Elemento	Cd (ppm)
Limite de Detecção	0,010
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1105
Valor Médio	0,088
Valor Mínimo	0,010
Valor Máximo	6,770
Mediana	0,020
Desvio Padrão	0,025
CONAMA 454/2012 V. Prev.	0,600
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	0,583



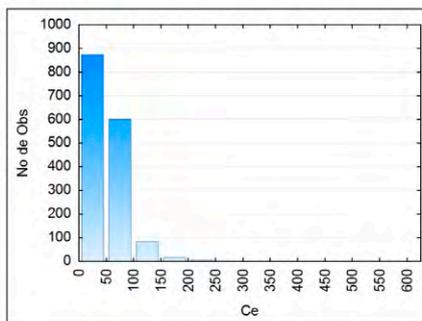
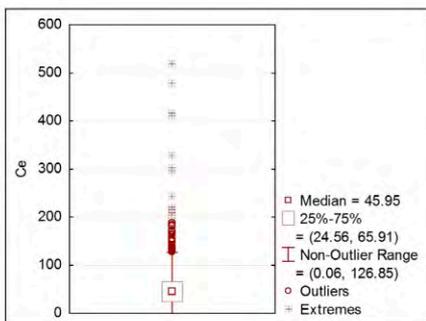
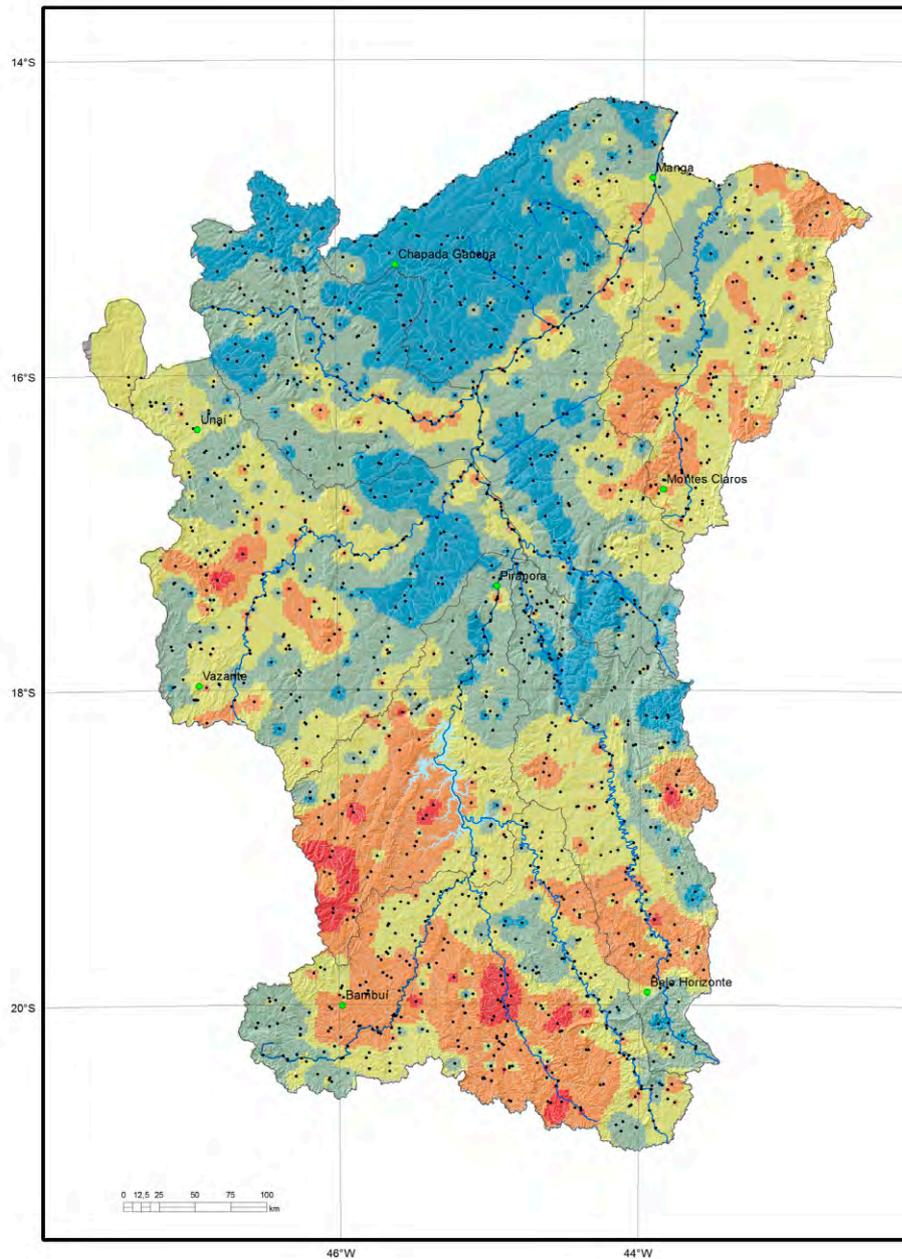
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

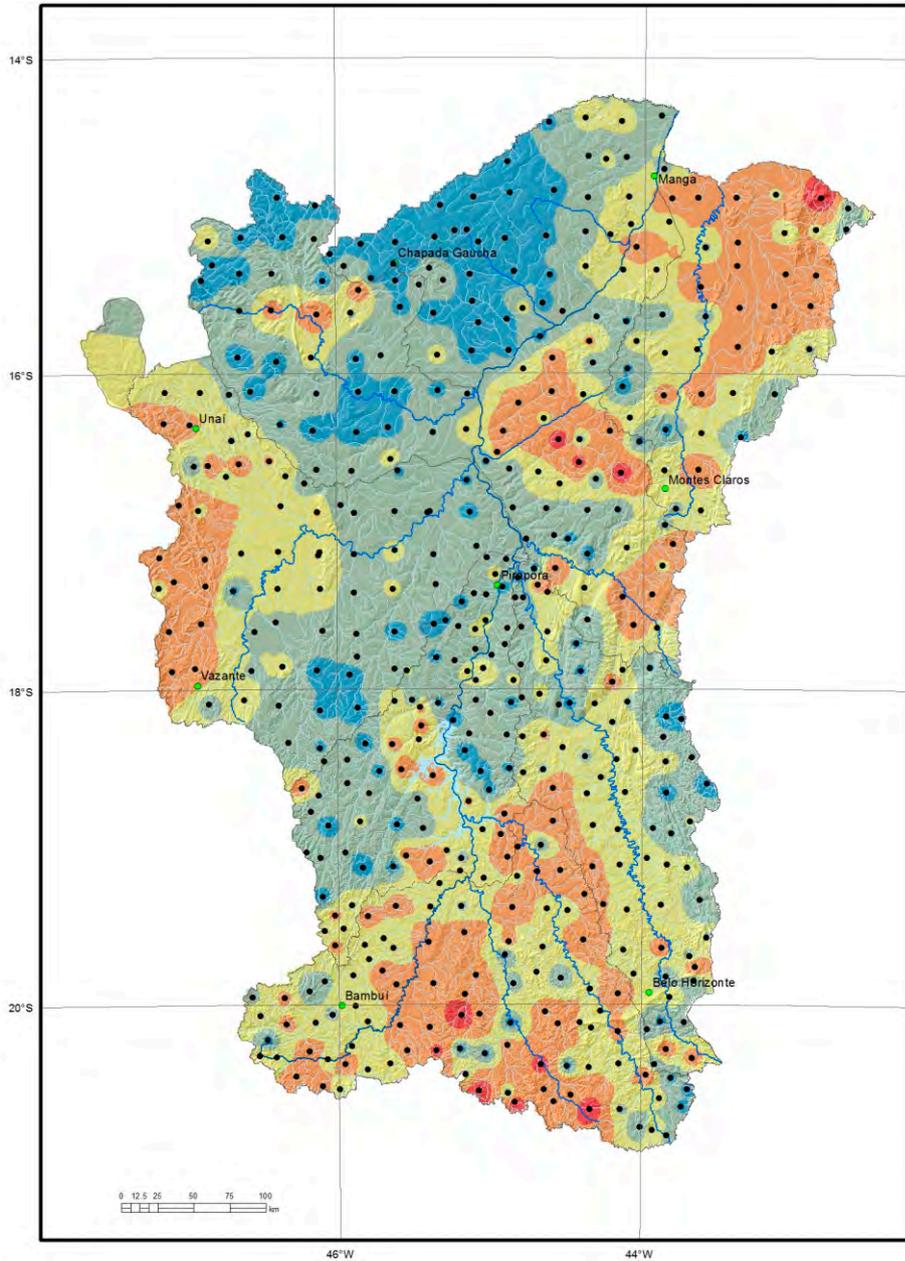
Cd (ppm)



Elemento	Cd (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	242
Valor Médio	0,060
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,980
Mediana	0,010
Desvio Padrão	0,160
CONAMA 454/2012 - V. Prev	1,3
VRQ FEAM-MG	0,04
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	0,8



Elemento	Ce (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1587
Valor Médio	50,13
Valor Mínimo	0,06
Valor Máximo	519,78
Mediana	45,95
Desvio Padrão	40,59
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

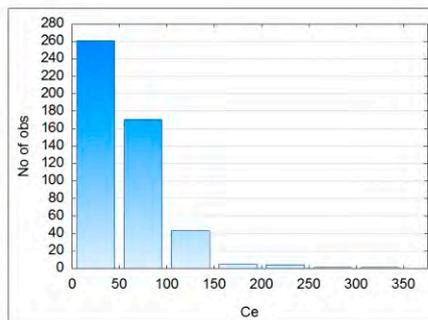
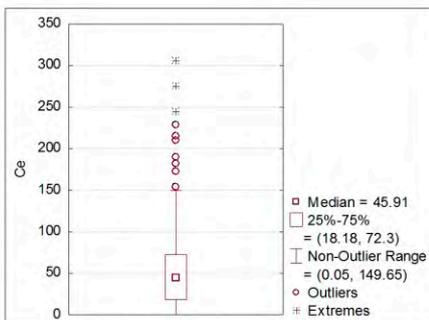


Legenda

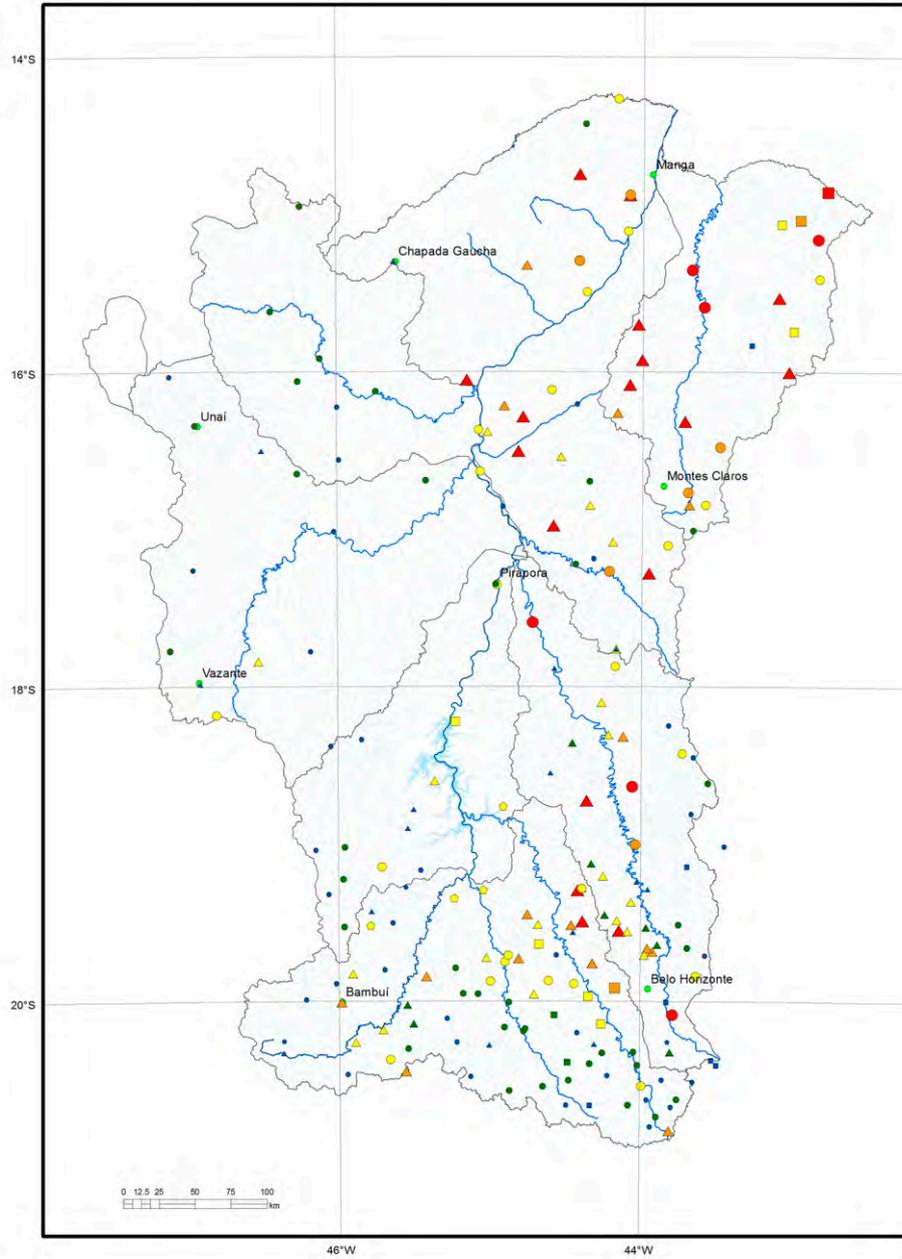
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Ce (ppm)

- < 18,18
- 18,18 - 45,91
- 45,91 - 72,30
- 72,30 - 149,65
- > 149,65



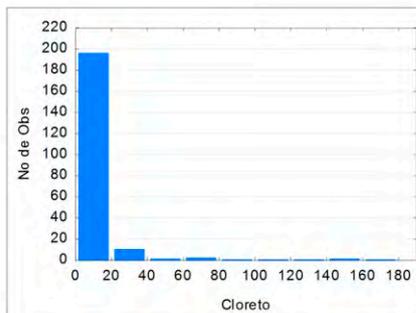
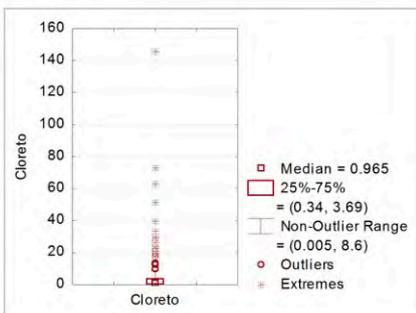
Elemento	Ce (ppm)
Límite de Detecção	0,05
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	484
Valor Médio	52,70
Valor Mínimo	0,810
Valor Máximo	305,790
Mediana	45,925
Desvio Padrão	43,490
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



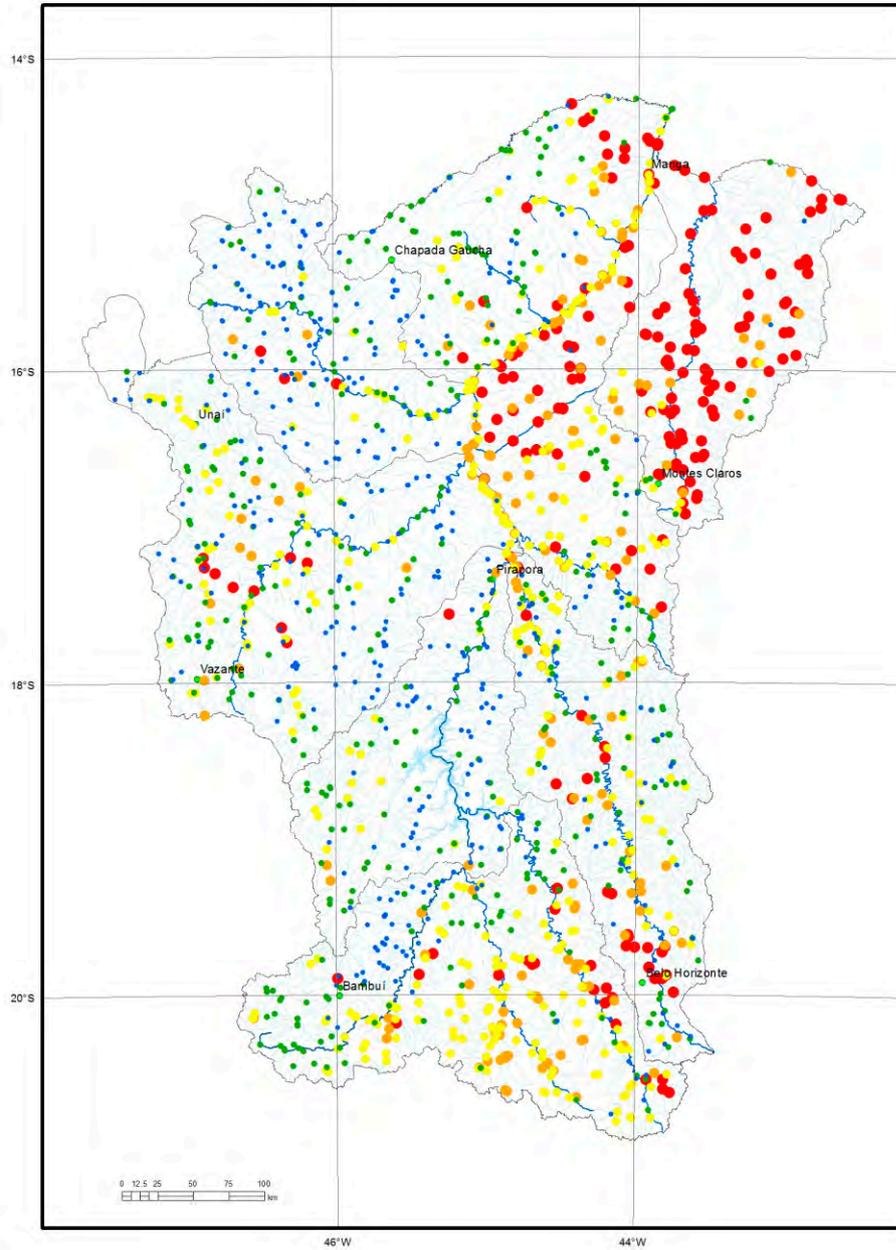
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Pogo	Rio	Cloreto (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,340
■	●	▲	●	0,340 - 0,965
■	●	▲	●	0,965 - 3,690
■	●	▲	●	3,690 - 8,600
■	●	▲	●	> 8,600



Elemento	Cloreto (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	202
Result > Lim Detec	200
Valor Médio	50,064
Mediana	0,955
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	146
Desvio Padrão	138,469
Port MS 2914 / 2011	250
CONAMA 357/2005 -	250
CONAMA 396/2008 -	250
WHO 2011	

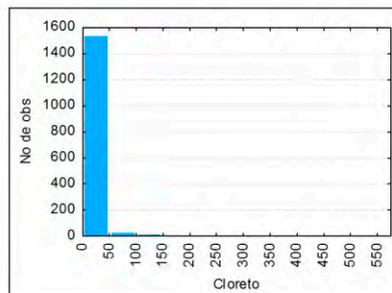
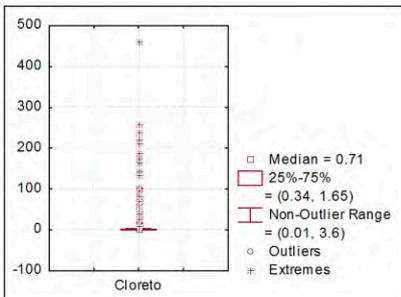


Legenda

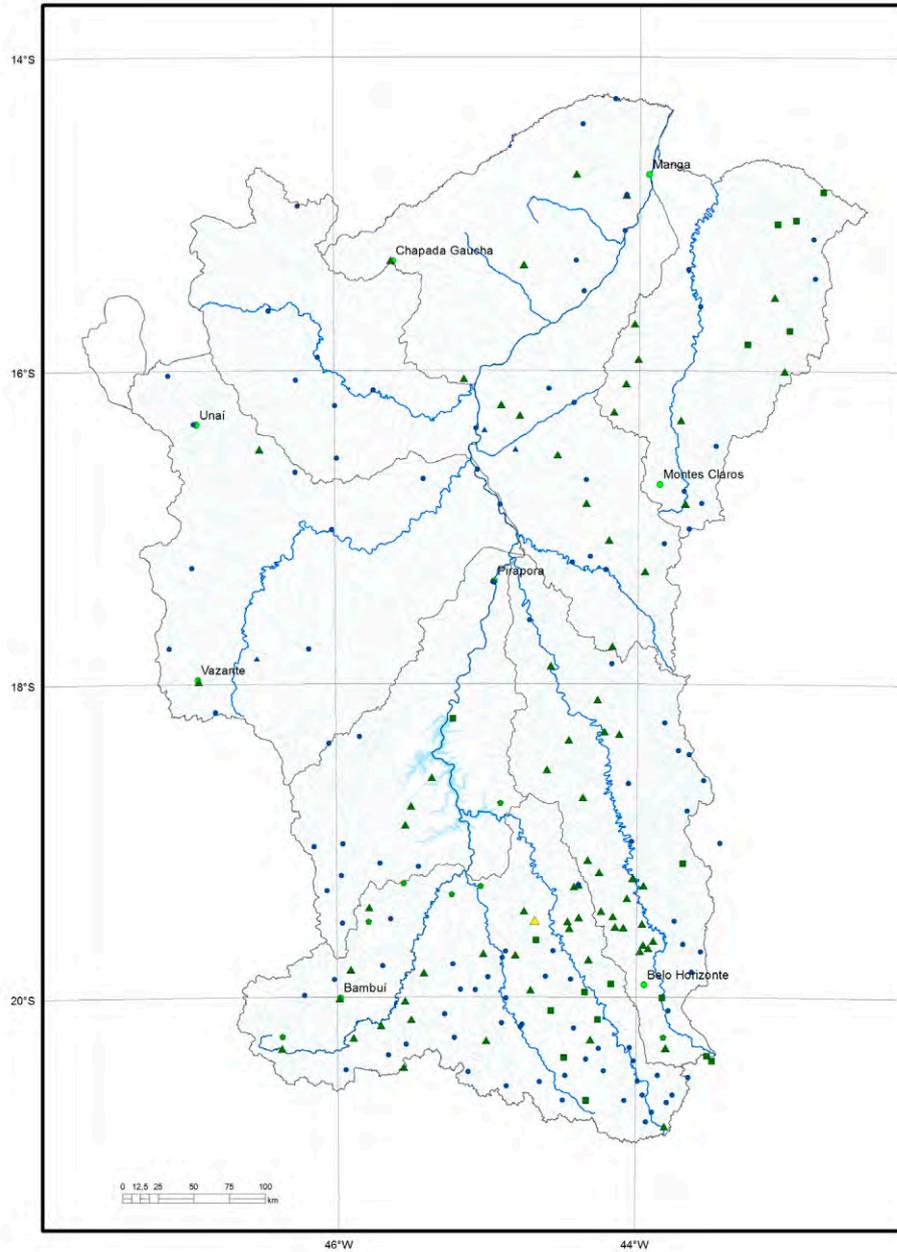
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⬭ sub-bacias trabalhadas

Cloreto (mg/L)

- < 0,34
- 0,34 - 0,71
- 0,71 - 1,65
- 1,65 - 3,60
- > 3,60

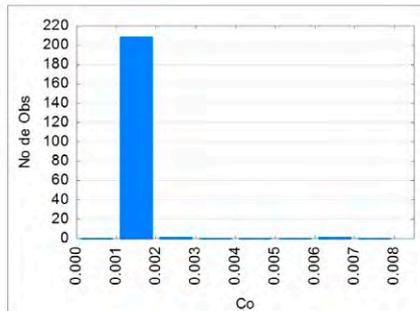
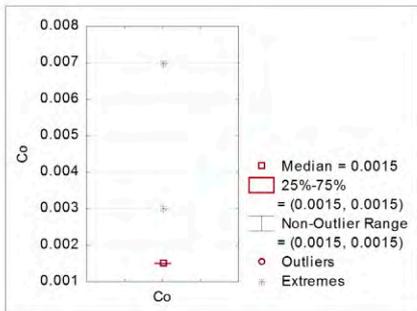
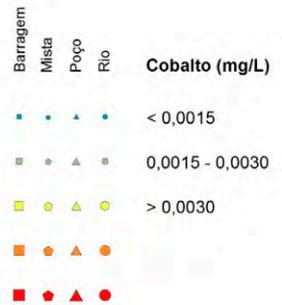


Elemento	Cloreto (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1564
Result > Lim Detec	1564
Valor Médio	4,7812
Valor Mínimo	0,0100
Valor Máximo	460
Mediana	0,710
Desvio Padrão	21,535
Port MS 2914 / 2011	250
CONAMA 357/2005 -	250
CONAMA 396/2008 -	250
WHO 2011	-

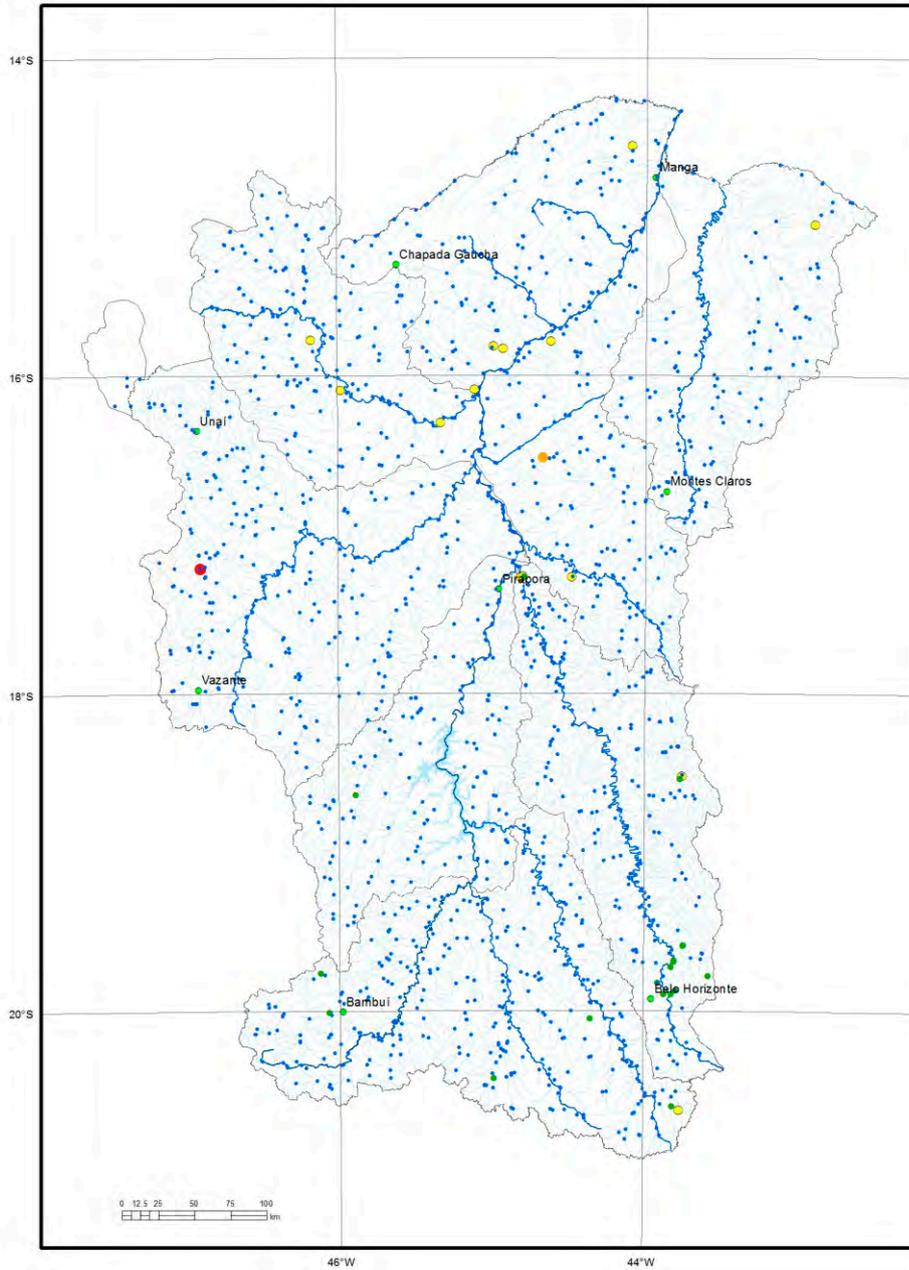


Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊃ sub-bacias trabalhadas



Elemento	Co (mg/L)
Limite de Detecção	0,003
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	3
Valor Médio	0,0015
Mediana	0,0015
Valor Mínimo	0,0015
Valor Máximo	0,007
Desvio Padrão	0,0004
Port MS 2914 / 2011	
CONAMA 357/2005 -	0,05
CONAMA 396/2008 -	
WHO 2011	

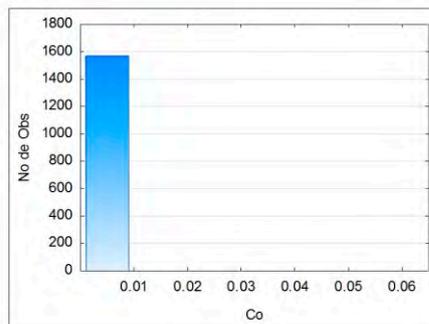
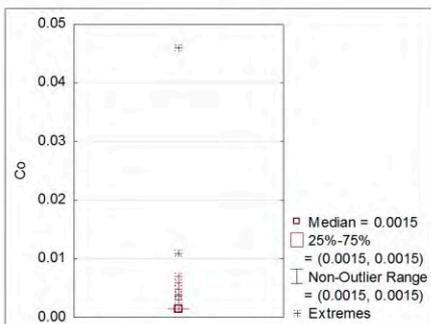


Legenda

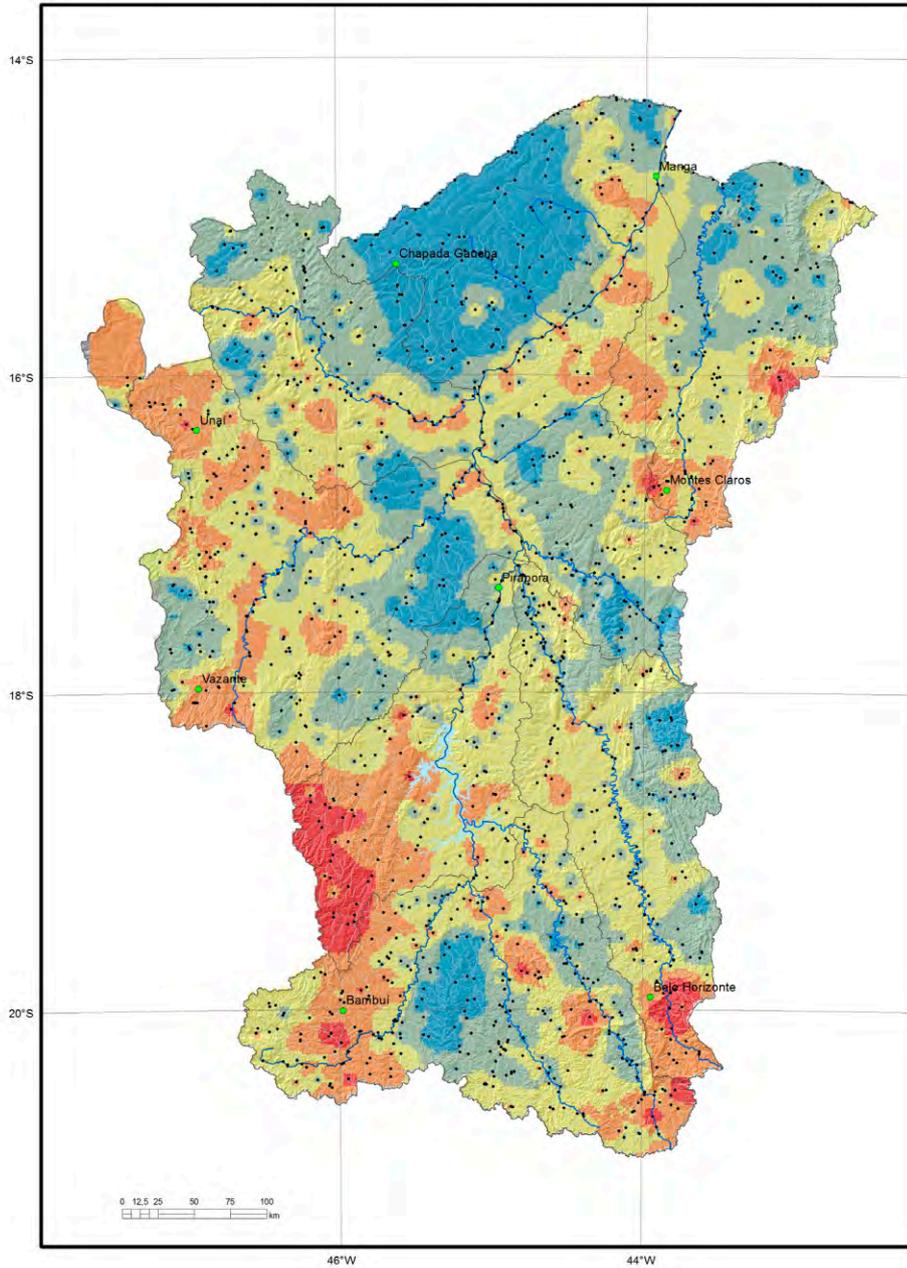
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Co (mg/L)

- < 0,0016
- 0,0016 - 0,0030
- 0,0030 - 0,0100
- 0,0100 - 0,0200
- > 0,0200



Elemento	Co (mg/L)
Limite de Detecção	0,001
Número de medidas	1562
Result > Lim Detec	62
Valor Médio	0,0016
Valor Mínimo	0,0015
Valor Máximo	0,0460
Mediana	0,0015
Desvio Padrão	0,0012
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	0,05
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-

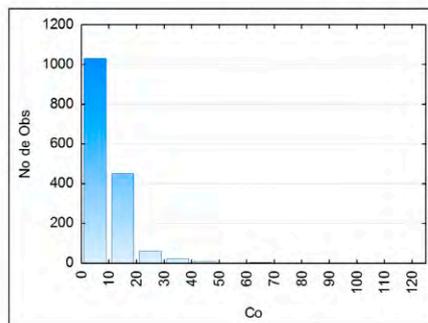
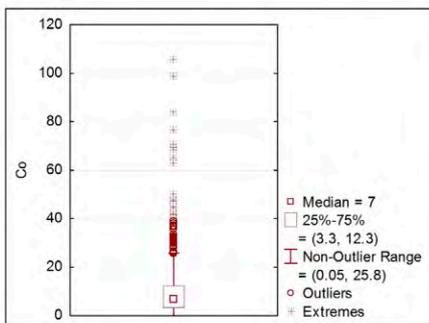


Legenda

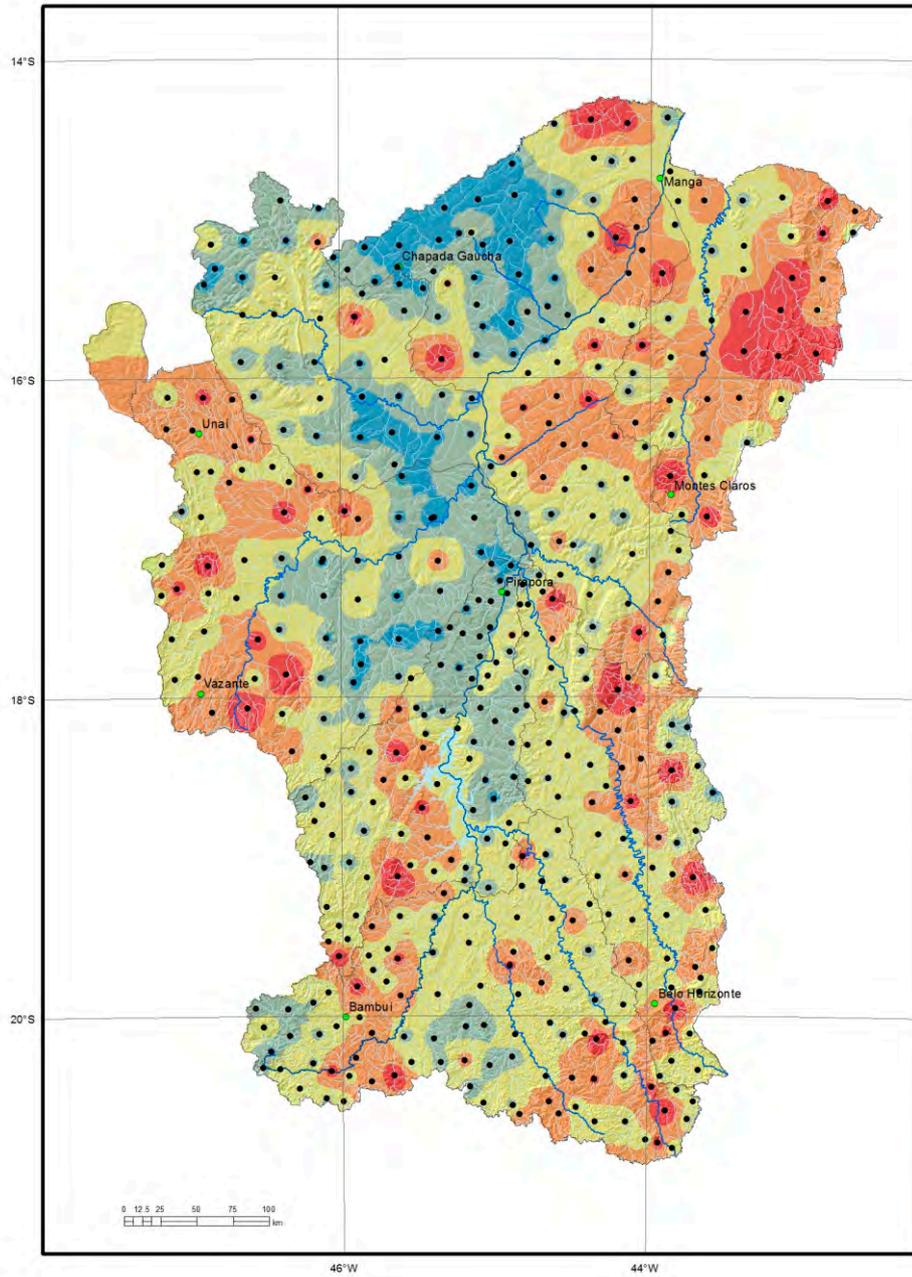
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Co (ppm)

- < 3.3
- 3.3 - 7.0
- 7.0 - 12.3
- 12.3 - 25.8
- > 25.8



Elemento	Co (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1583
Valor Médio	9,204
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	105,90
Mediana	7,00
Desvio Padrão	9,04
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	50

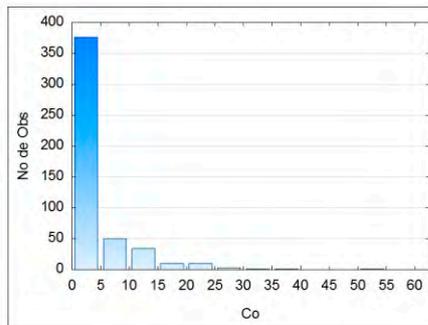
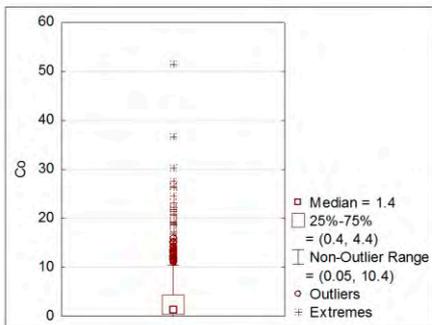


Legenda

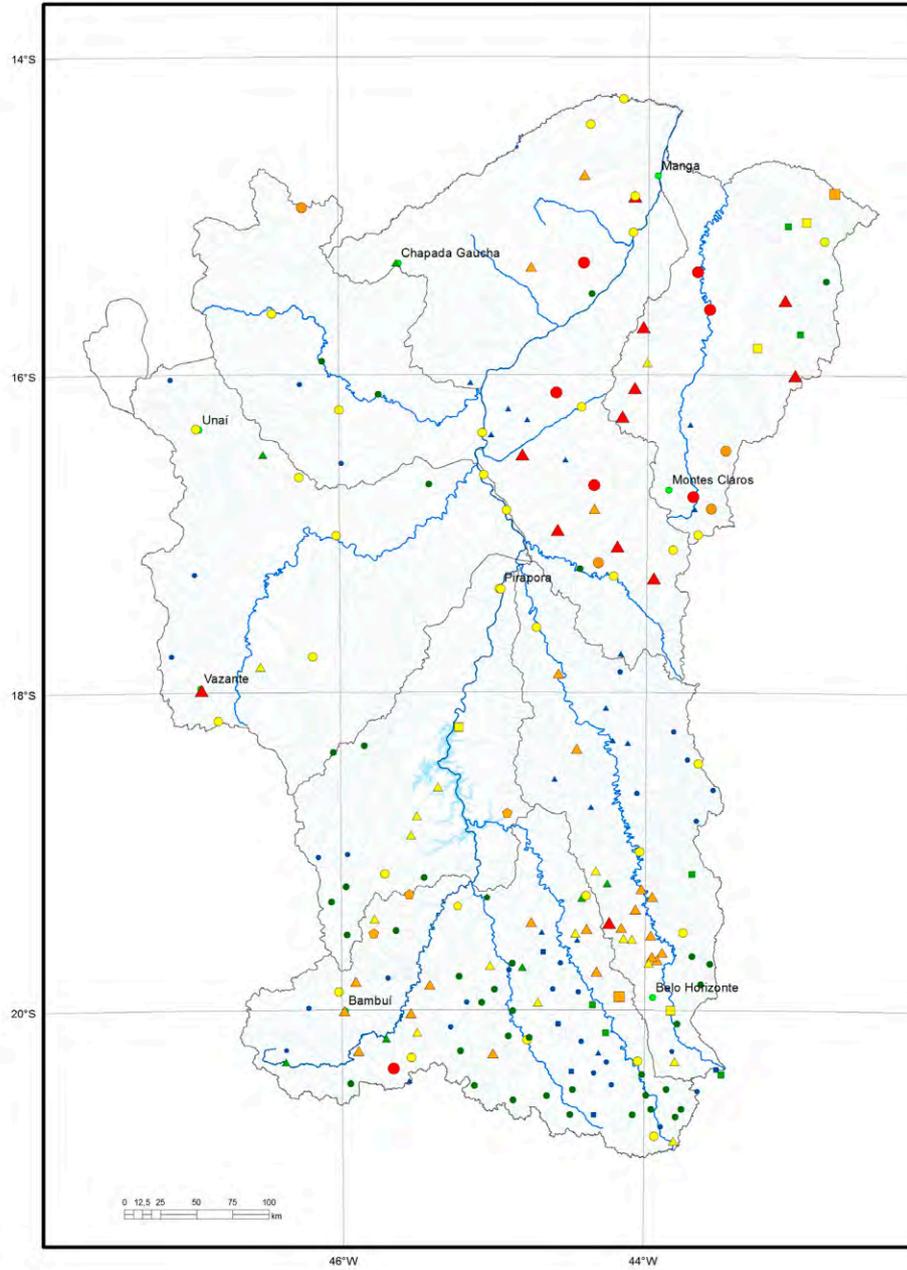
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Co (ppm)

- < 0,4
- 0,4 - 1,4
- 1,4 - 4,4
- 4,4 - 10,4
- > 10,4



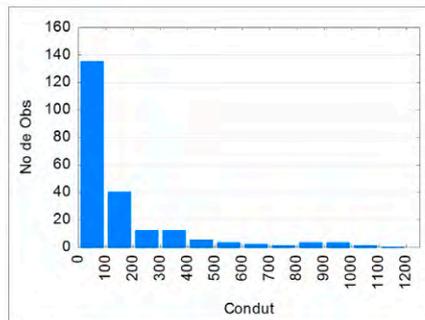
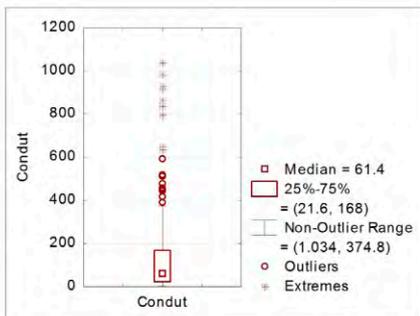
Elemento	Co (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	456
Valor Médio	3,87
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	51,60
Mediana	1,40
Desvio Padrão	6,08
CONAMA 454/2012 - V.Prev	25,0
VRQ FEAM-MG	6,0
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	6,4



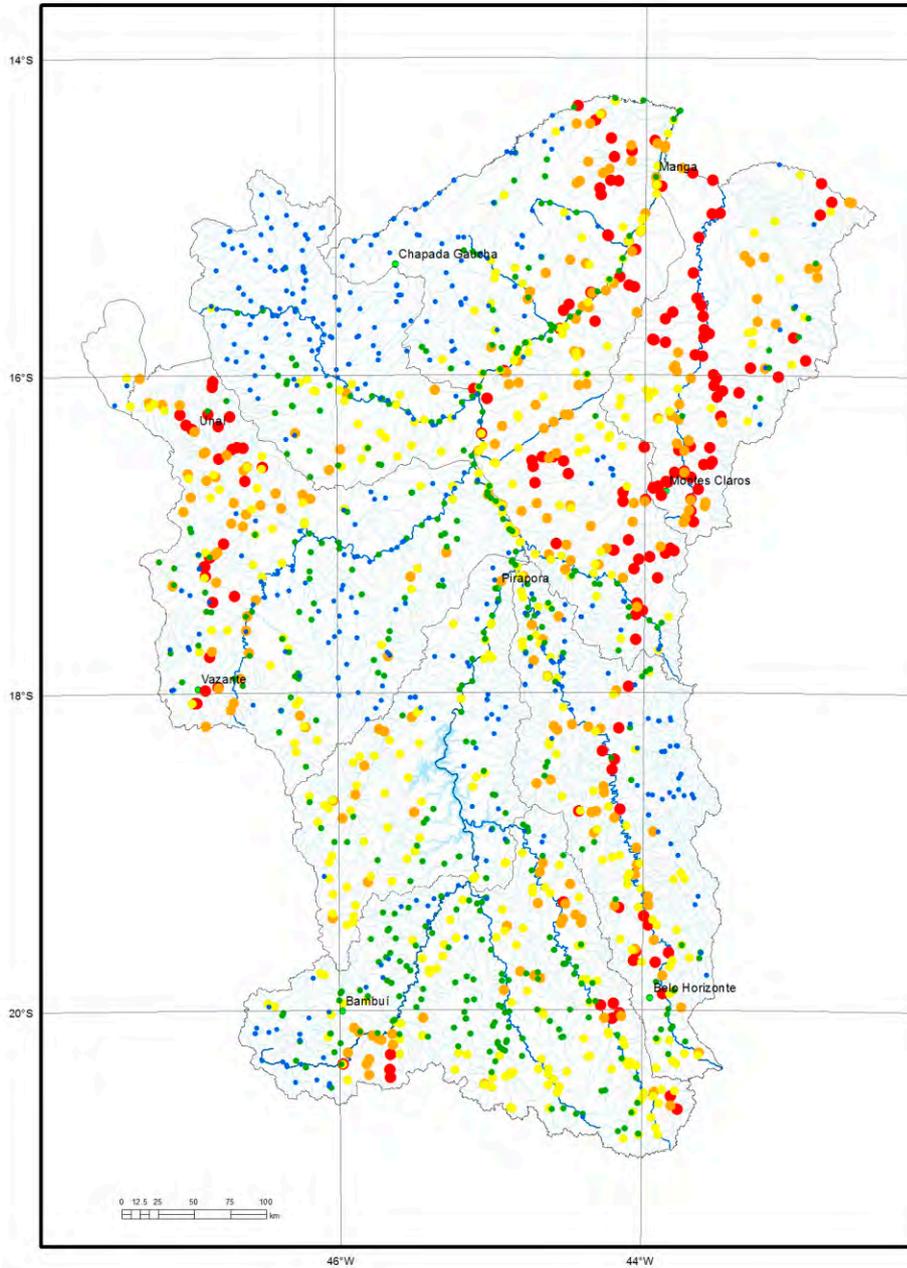
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Condutividade (µS/cm)
■	●	▲	●	< 21,60
■	●	▲	●	21,60 - 61,40
■	●	▲	●	61,40 - 168,00
■	●	▲	●	168,00 - 374,80
■	●	▲	●	> 374,80



Elemento	Conduct.(µS/cm)
Limite de Detecção	-
Número de medidas	206
Result > Lim Detec	206
Valor Médio	136,26
Mediana	54,55
Valor Mínimo	1034,00
Valor Máximo	1039
Desvio Padrão	195,28
Port MS 2914 / 2011	
CONAMA 357/2005 -	100
CONAMA 396/2008 -	
WHO 2011	

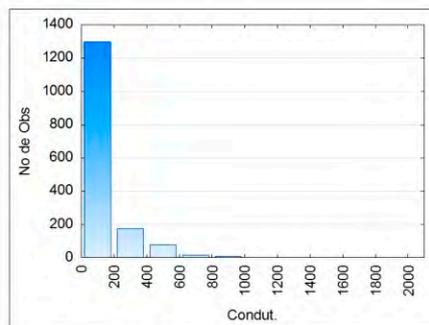
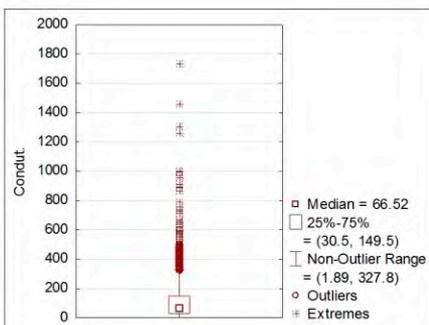


Legenda

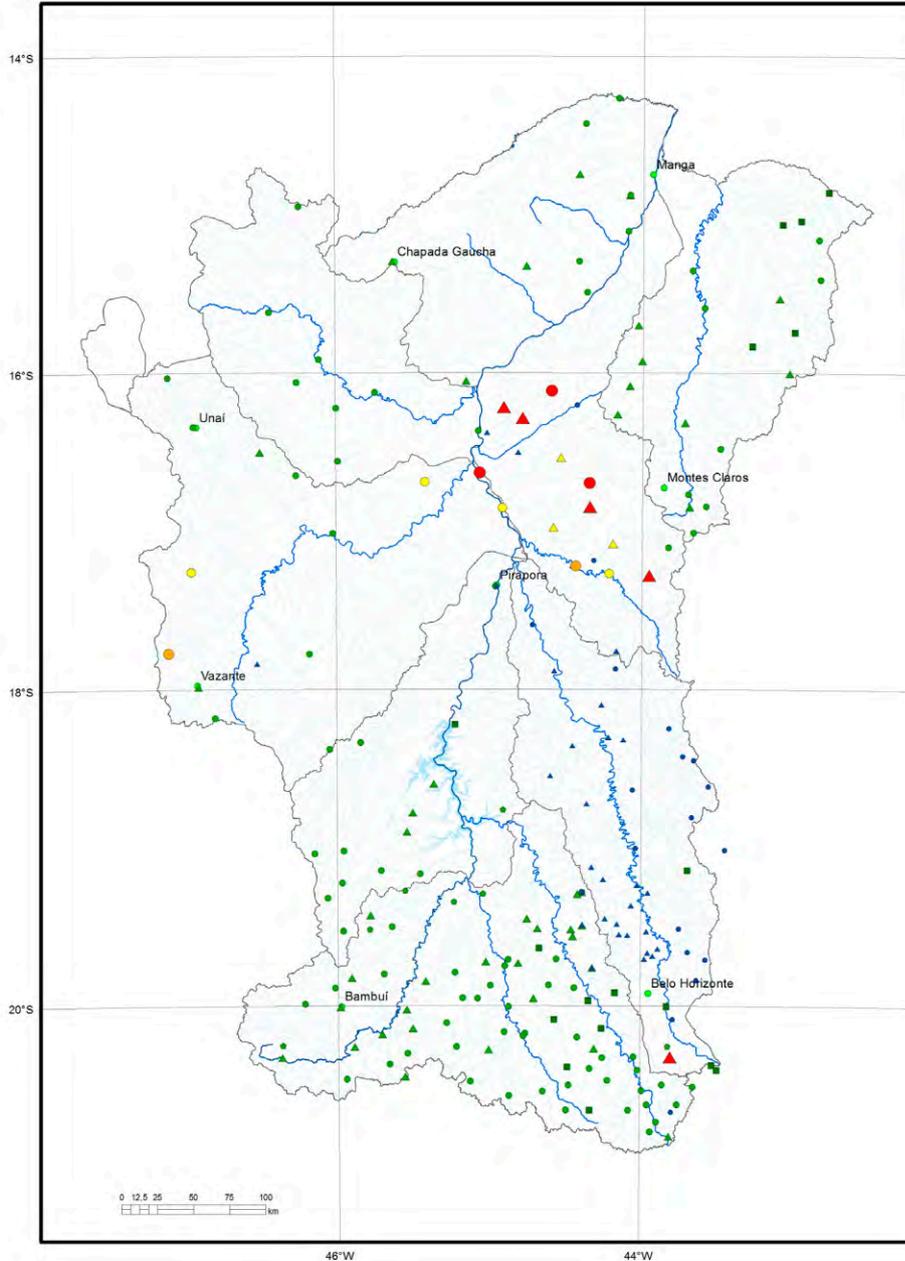
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Condutividade (µS/cm)

- < 30,50
- 30,50 - 66,52
- 66,52 - 149,50
- 149,50 - 327,80
- > 327,80



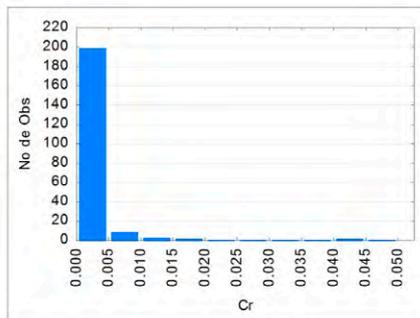
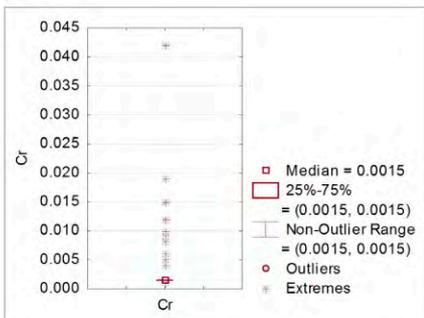
Elemento	Conduct. (µS/cm)
Limite de Detecção	-
Número de medidas	1581
Result > Lim Detec	1581
Valor Médio	125,041
Valor Mínimo	1,890
Valor Máximo	1731,00
Mediana	66,520
Desvio Padrão	162,164
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	100
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-



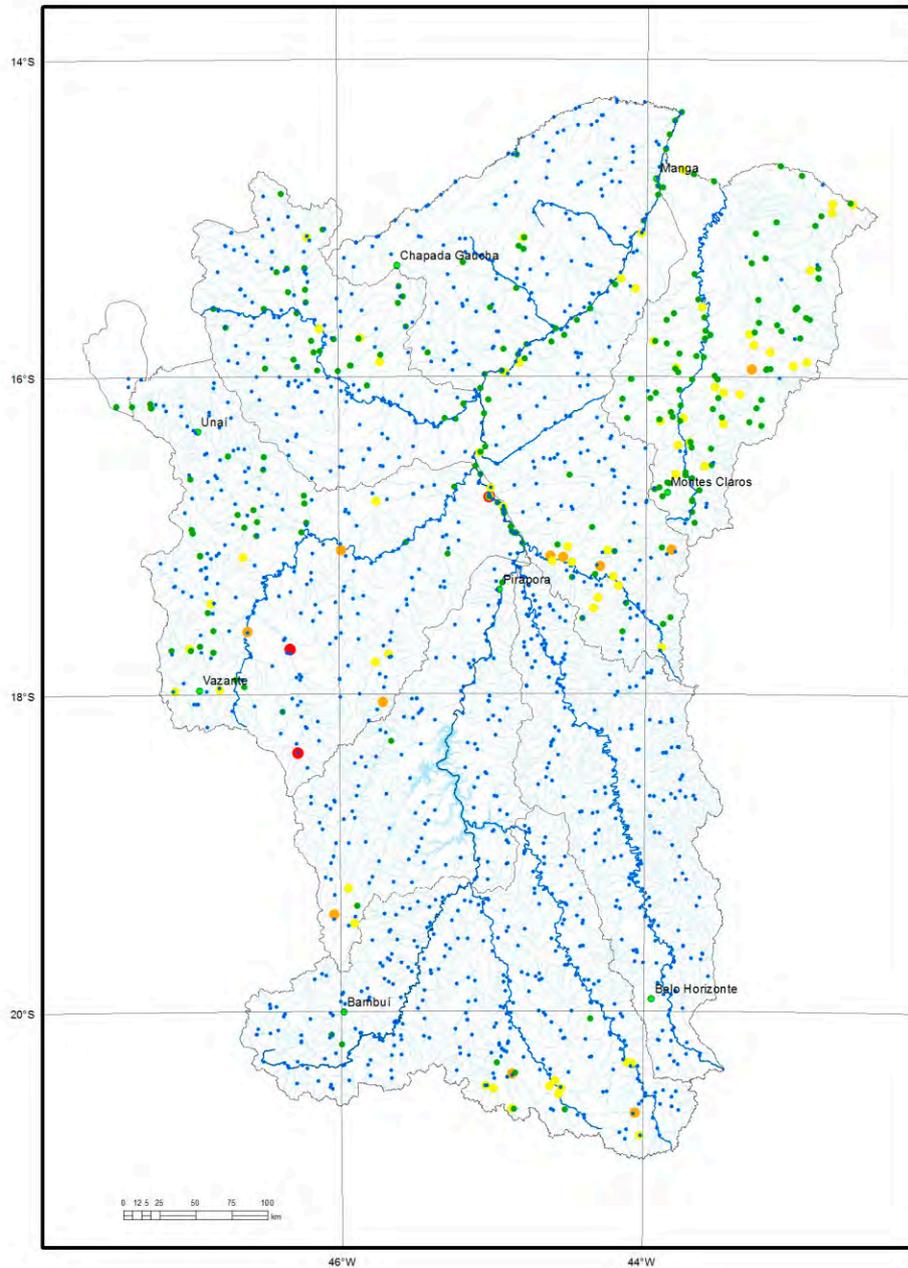
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊞ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Cromo (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,0010
■	●	▲	●	0,0010 - 0,0015
■	●	▲	●	0,0015 - 0,0060
■	●	▲	●	0,0060 - 0,0080
■	●	▲	●	> 0,0080



Elemento	Cr (mg/L)
Limite de Detecção	0,003
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	61
Valor Médio	0,0020
Mediana	0,0015
Valor Mínimo	0,0010
Valor Máximo	0,042
Desvio Padrão	0,0033
Port MS 2914 / 2011	0,05
CONAMA 357/2005 -	0,05
CONAMA 396/2008 -	0,05
WHO 2011	0,05

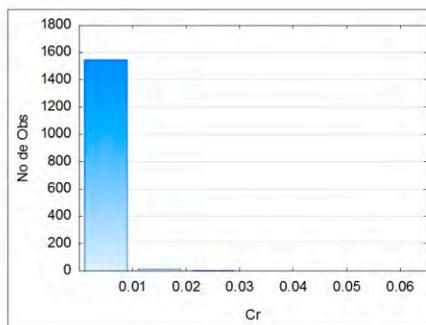
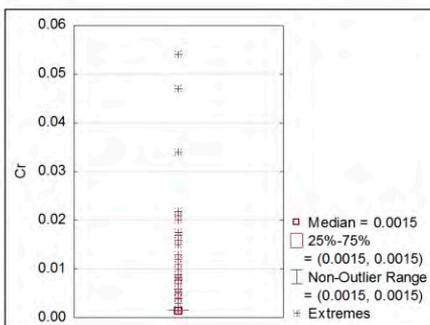


Legenda

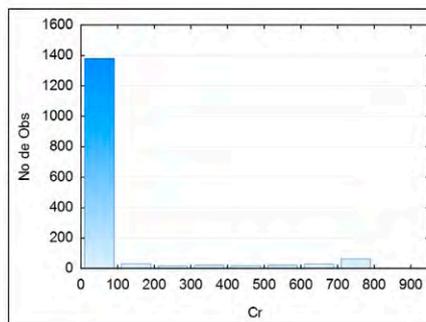
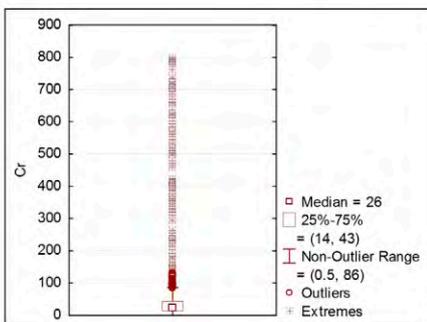
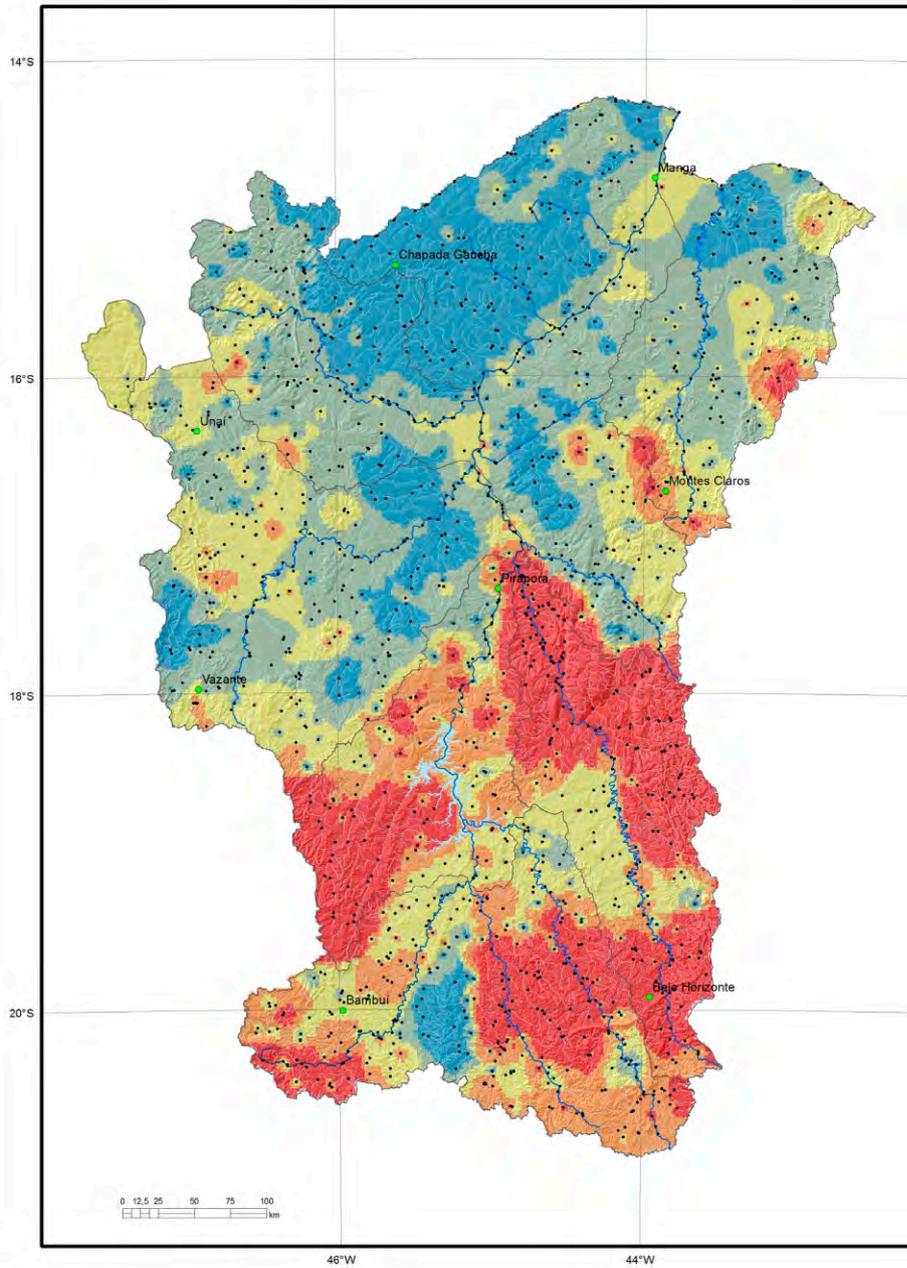
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⬭ sub-bacias trabalhadas

Cr (mg/L)

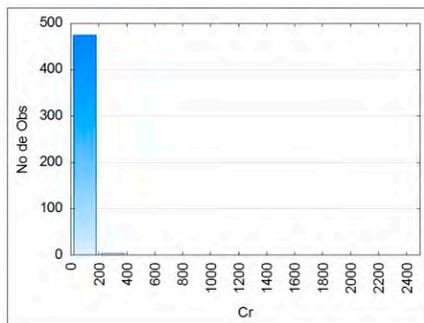
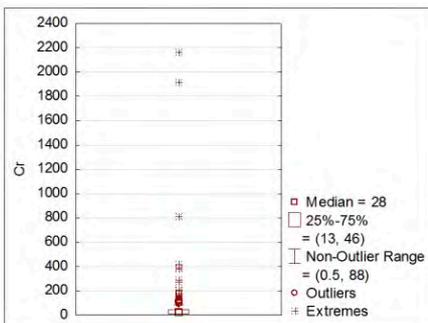
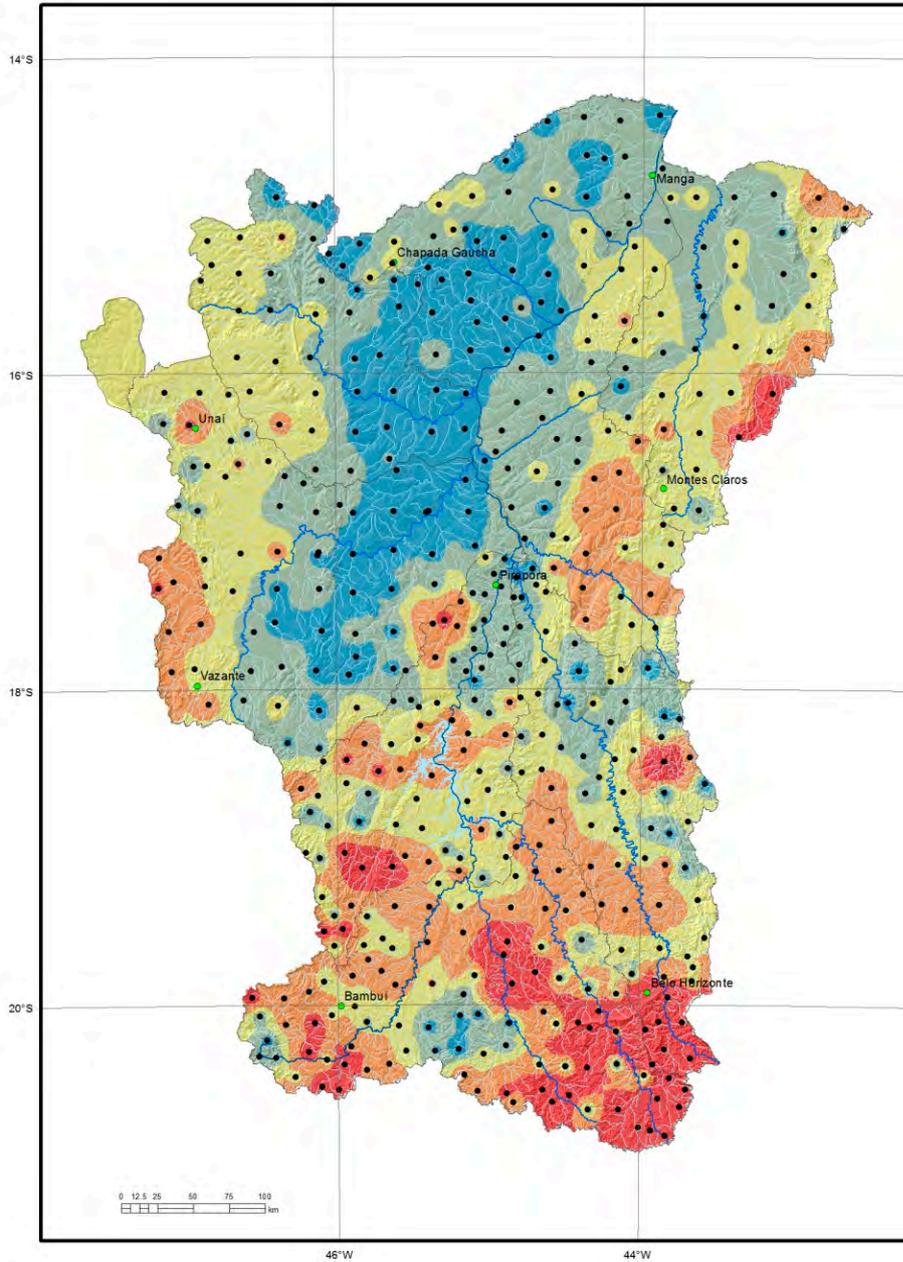
- < 0,0030
- 0,0030 - 0,0060
- 0,0060 - 0,0120
- 0,0120 - 0,0220
- > 0,0220



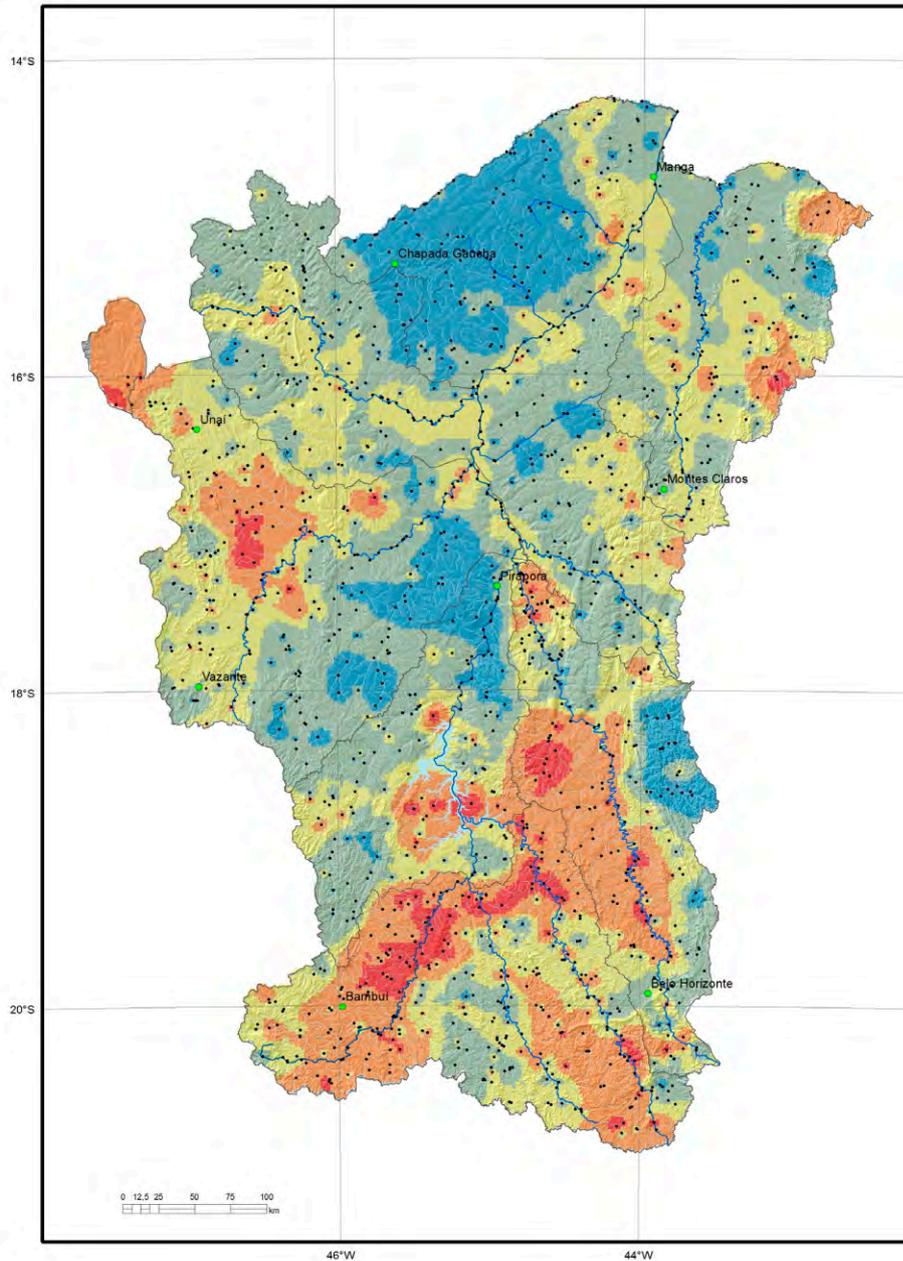
Elemento	Cr (mg/L)
Limite de Detecção	0,003
Número de medidas	1562
Result > Lim Detec	372
Valor Médio	0,0025
Valor Mínimo	0,0015
Valor Máximo	0,0540
Mediana	0,0015
Desvio Padrão	0,0029
Port MS 2914 / 2011	0,050
CONAMA 357/2005 -	0,050
CONAMA 396/2008 -	0,050
WHO 2011	0,050



Elemento	Cr (ppm)
Límite de Detecção	1,00
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1576
Valor Médio	92,40
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	1366
Mediana	26
Desvio Padrão	199,25
CONAMA 454/2012 V. Prev	37,30
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	36,29



Elemento	Cr (ppm)
Limite de Detecção	1,0
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	482
Valor Médio	49,31
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	2167,00
Mediana	28,00
Desvio Padrão	141,83
CONAMA 454/2012 - V. Prev	75,00
VRQ FEAM-MG	75,00
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	37,00

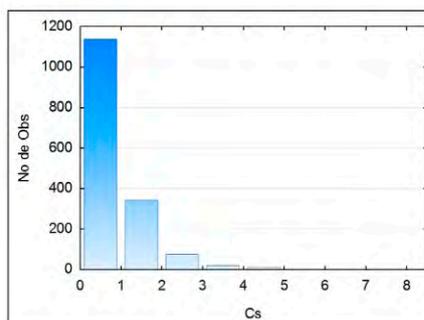
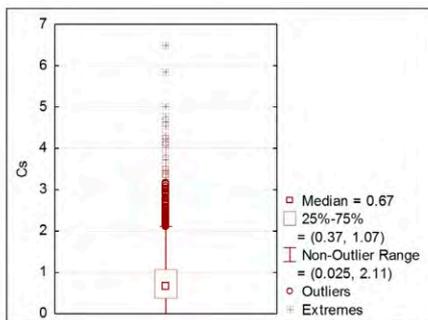


Legenda

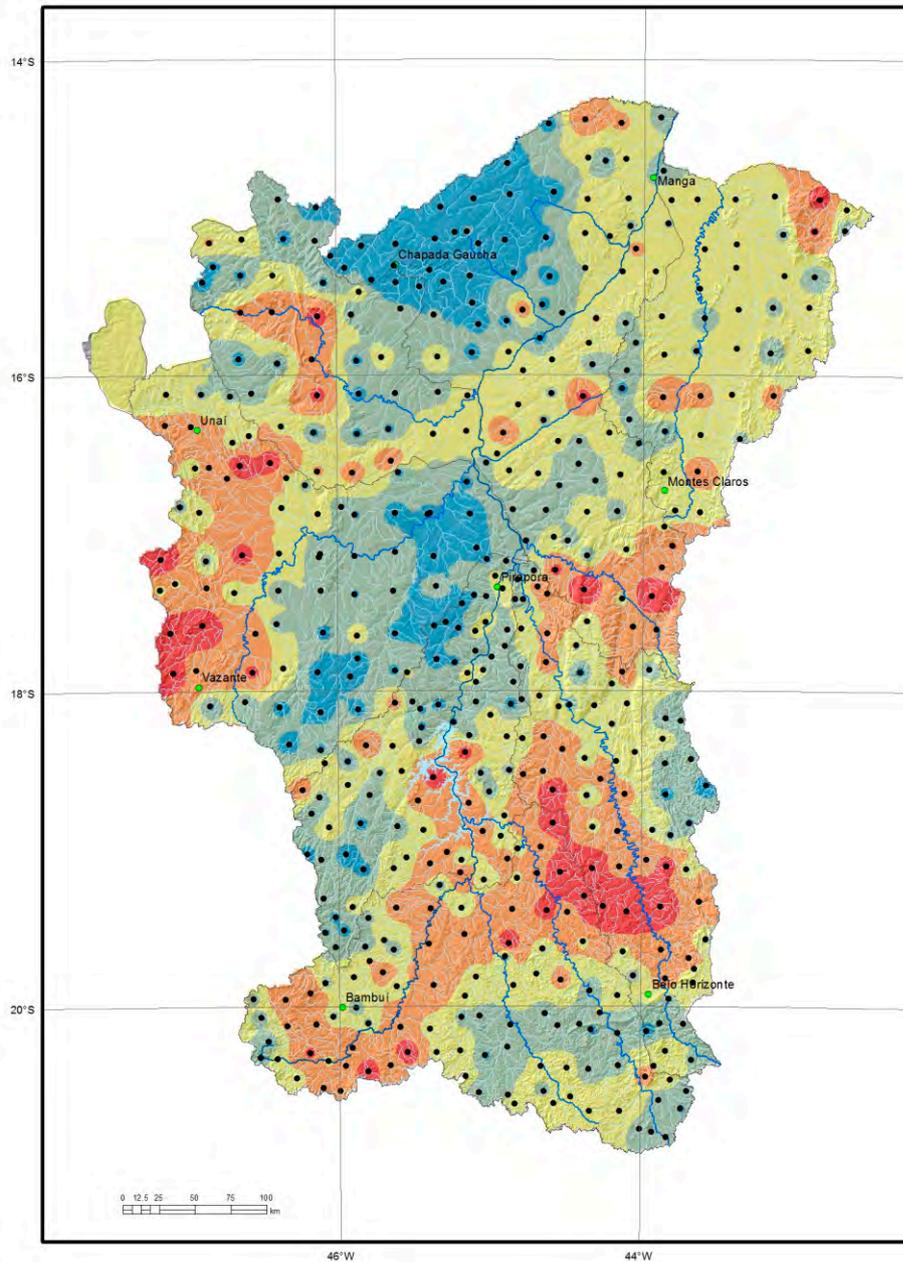
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Cs (ppm)

- < 0.34
- 0.34 - 0.69
- 0.69 - 1.08
- 1.08 - 2.10
- > 2.10



Elemento	Cs (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1547
Valor Médio	0,868
Valor Mínimo	0,050
Valor Máximo	6,480
Mediana	7,000
Desvio Padrão	0,725
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

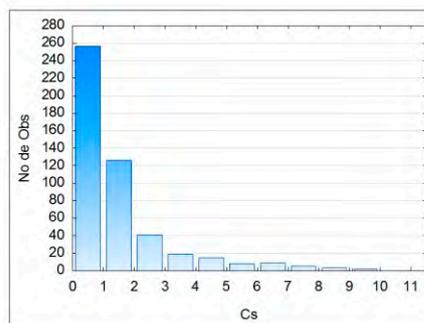
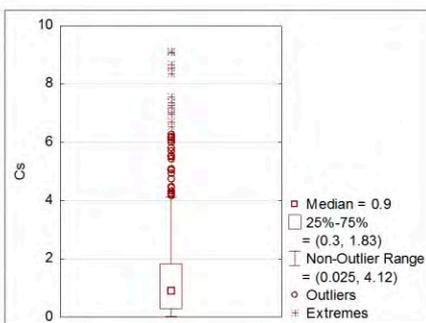


Legenda

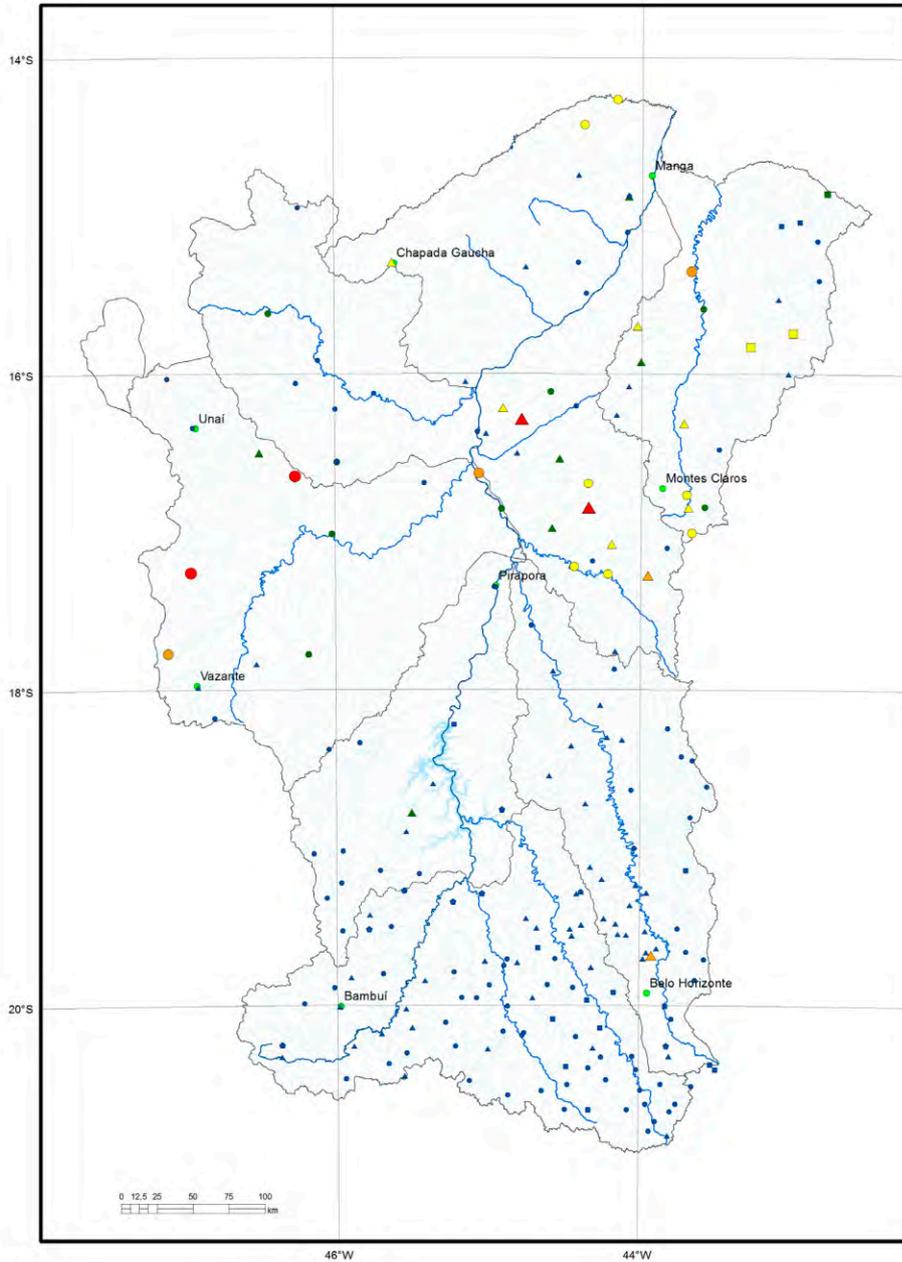
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Cs (ppm)

- < 0,30
- 0,30 - 0,90
- 0,90 - 1,83
- 1,83 - 4,12
- > 4,12



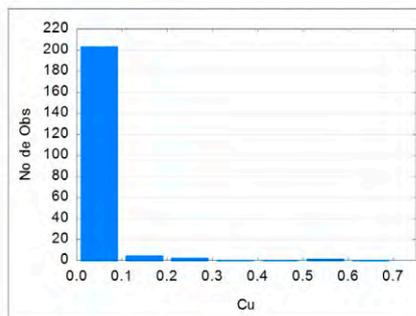
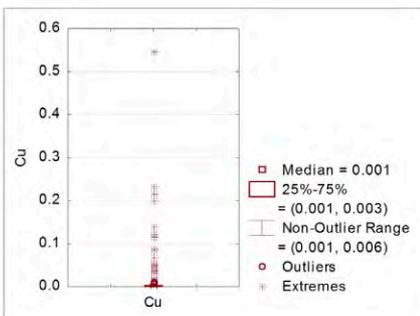
Elemento	Cs (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	453
Valor Médio	1,45
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	9,13
Mediana	0,90
Desvio Padrão	1,69
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



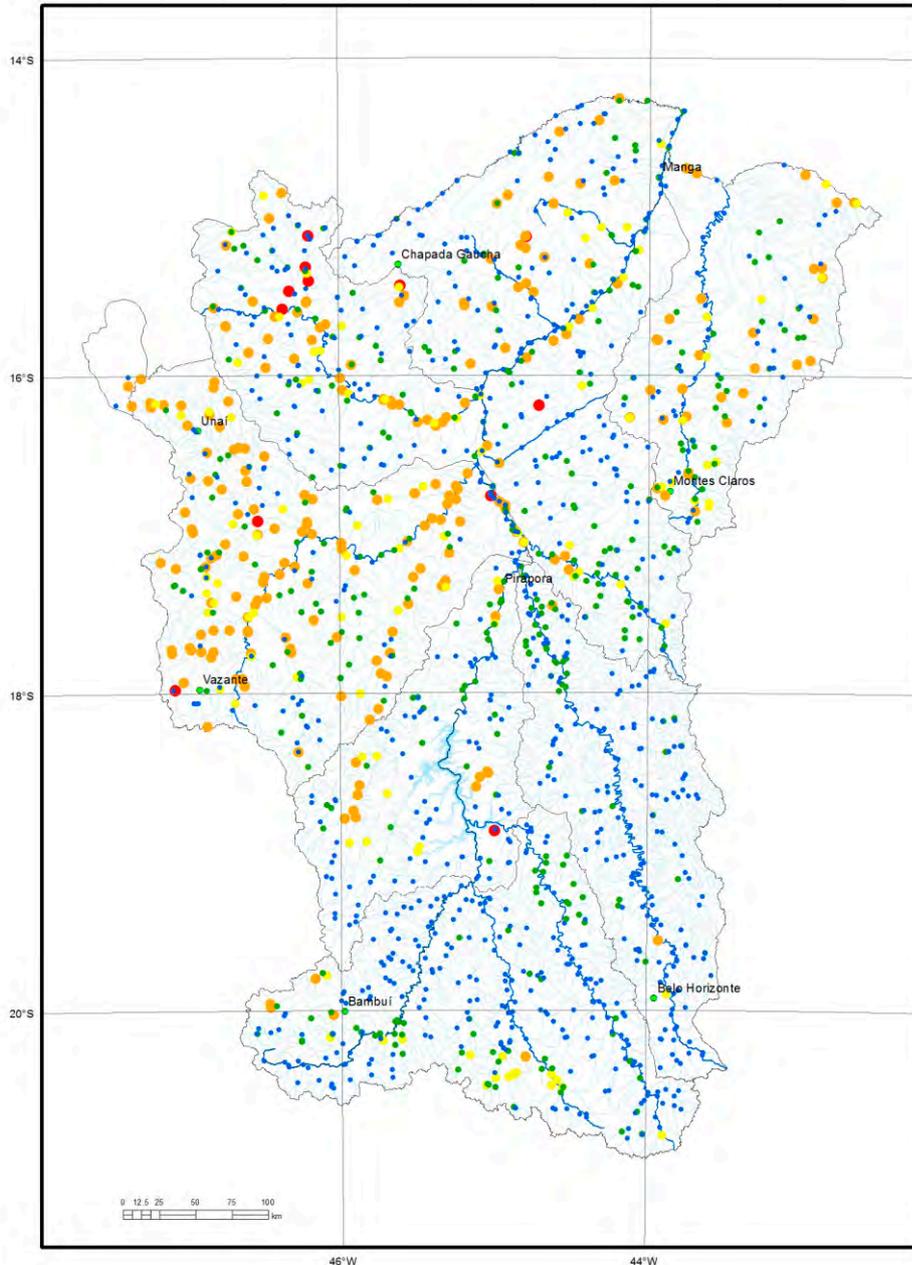
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊃ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Cobre (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,007
■	●	▲	●	0,007 - 0,020
■	●	▲	●	0,020 - 0,067
■	●	▲	●	0,067 - 0,140
■	●	▲	●	> 0,140



Elemento	Cu (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	79
Valor Médio	0,0130
Mediana	0,0010
Valor Mínimo	0,0010
Valor Máximo	0,548
Desvio Padrão	0,0495
Port MS 2914 / 2011	2,00
CONAMA 357/2005 -	0,009
CONAMA 396/2008 -	2,00
WHO 2011	2,00

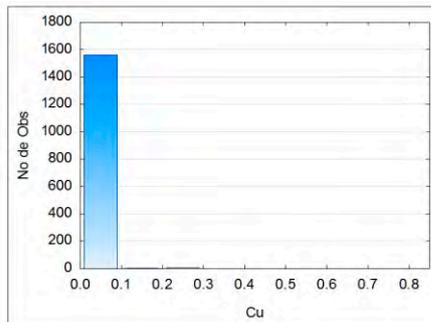
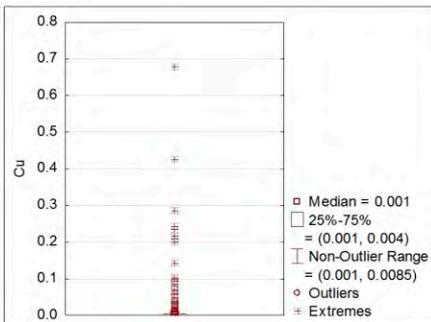


Legenda

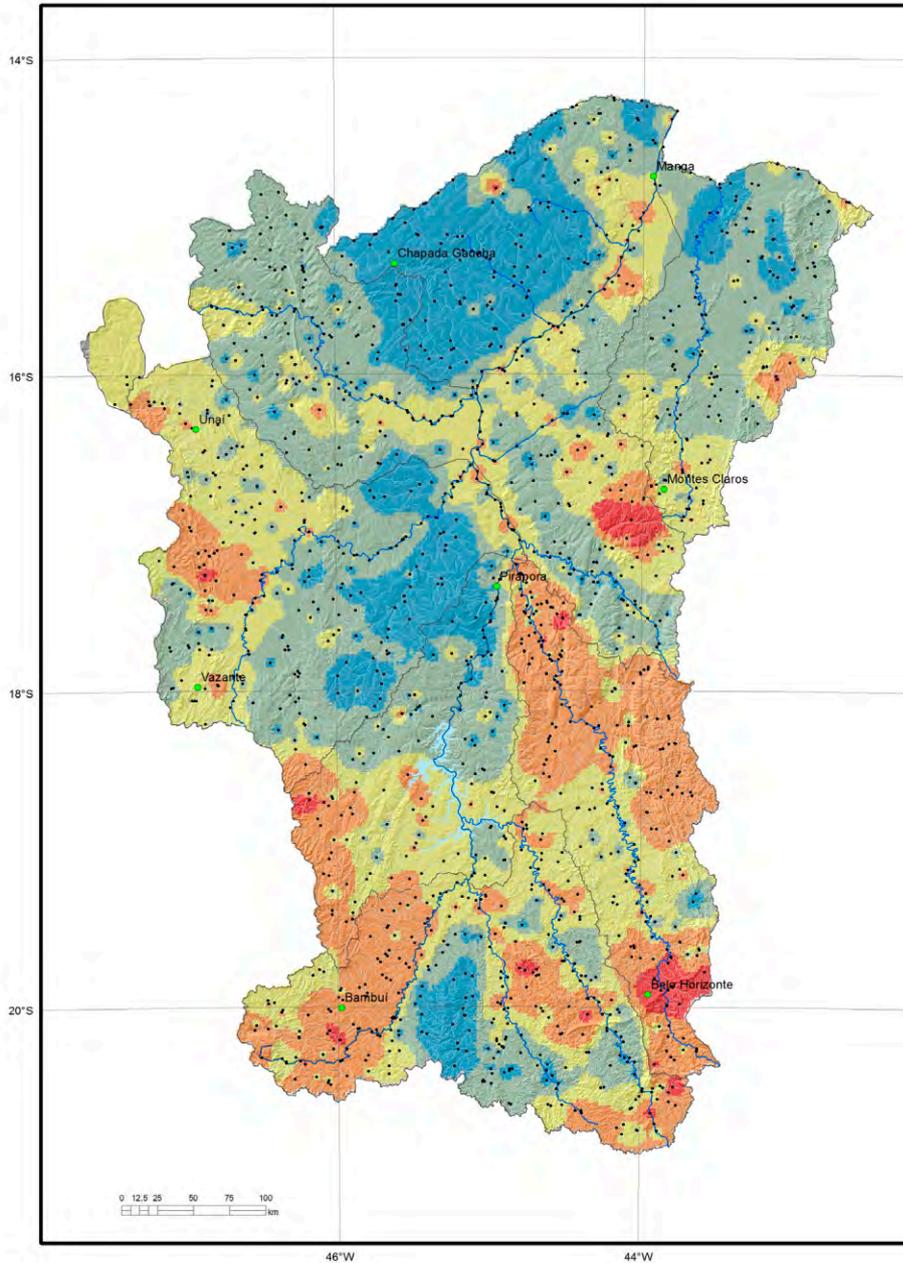
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Cu (mg/L)

- < 0,0011
- 0,0011 - 0,0040
- 0,0040 - 0,0065
- 0,0065 - 0,0850
- > 0,0850



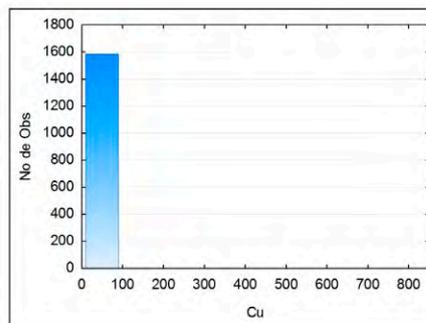
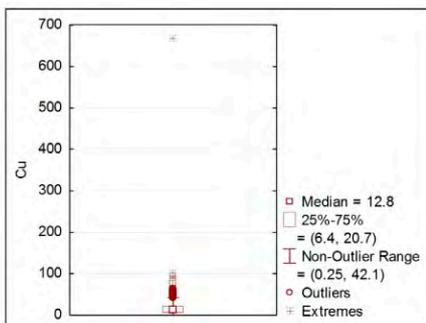
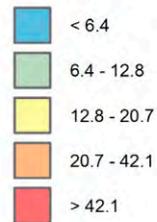
Elemento	Cu (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	1562
Result > Lim Detec	670
Valor Médio	0,0057
Valor Mínimo	0,0010
Valor Máximo	0,6780
Mediana	0,0010
Desvio Padrão	0,0261
Port MS 2914 / 2011	2,0
CONAMA 357/2005 -	0,009
CONAMA 396/2008 -	2,0
WHO 2011	2,0



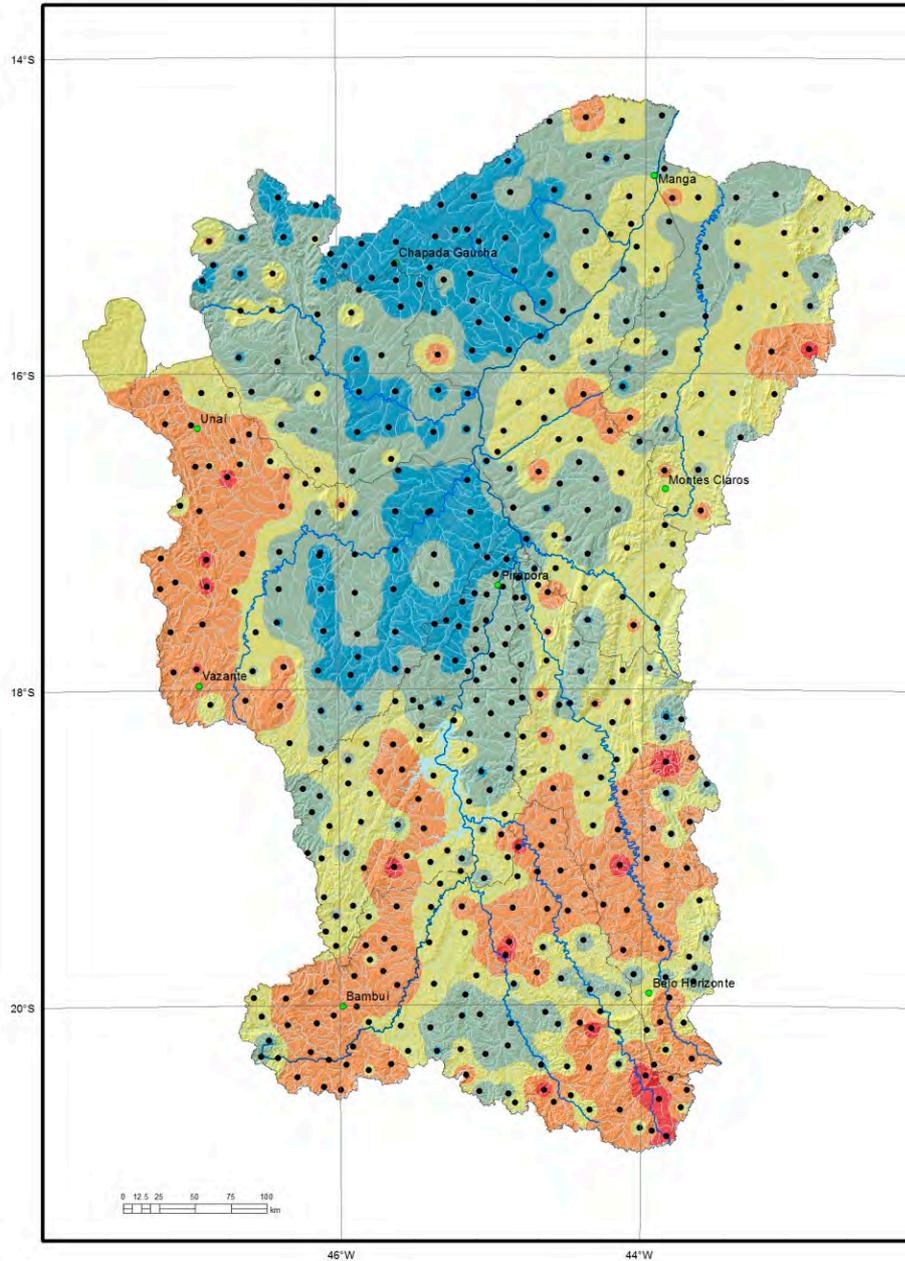
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Cu (ppm)



Elemento	Cu (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1567
Valor Médio	15,784
Valor Mínimo	0,5
Valor Máximo	668,10
Mediana	12,80
Desvio Padrão	20,427
CONAMA 454/2012 V. Prev	35,70
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	28,012

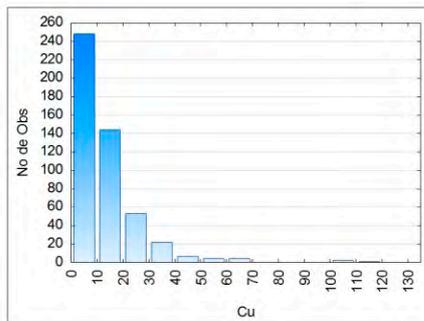
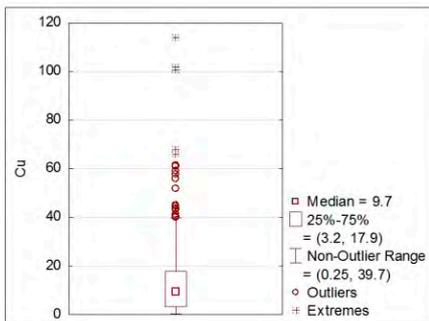


Legenda

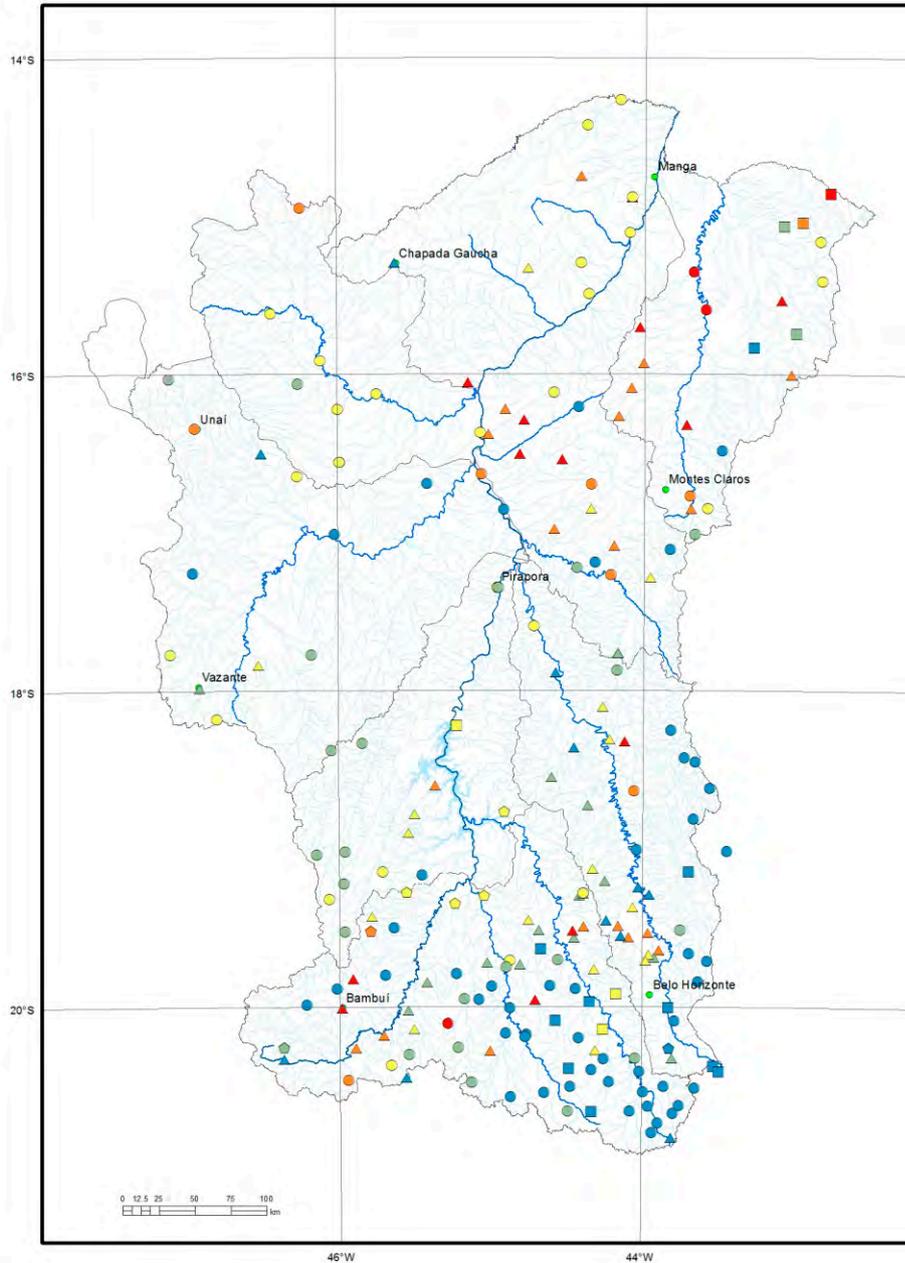
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Cu (ppm)

- < 3,2
- 3,2 - 9,7
- 9,7 - 17,9
- 17,9 - 39,7
- > 39,7



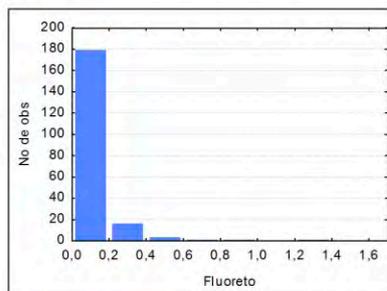
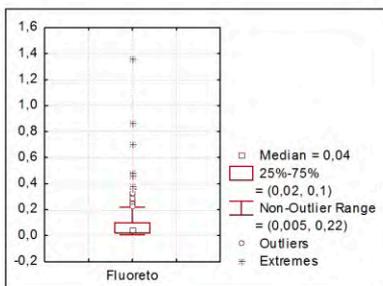
Elemento	Cu (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	473
Valor Médio	12,96
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	114,00
Mediana	9,70
Desvio Padrão	13,75
CONAMA 454/2012 - V. Prev	60,0
VRQ FEAM-MG	49,82
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	17,00



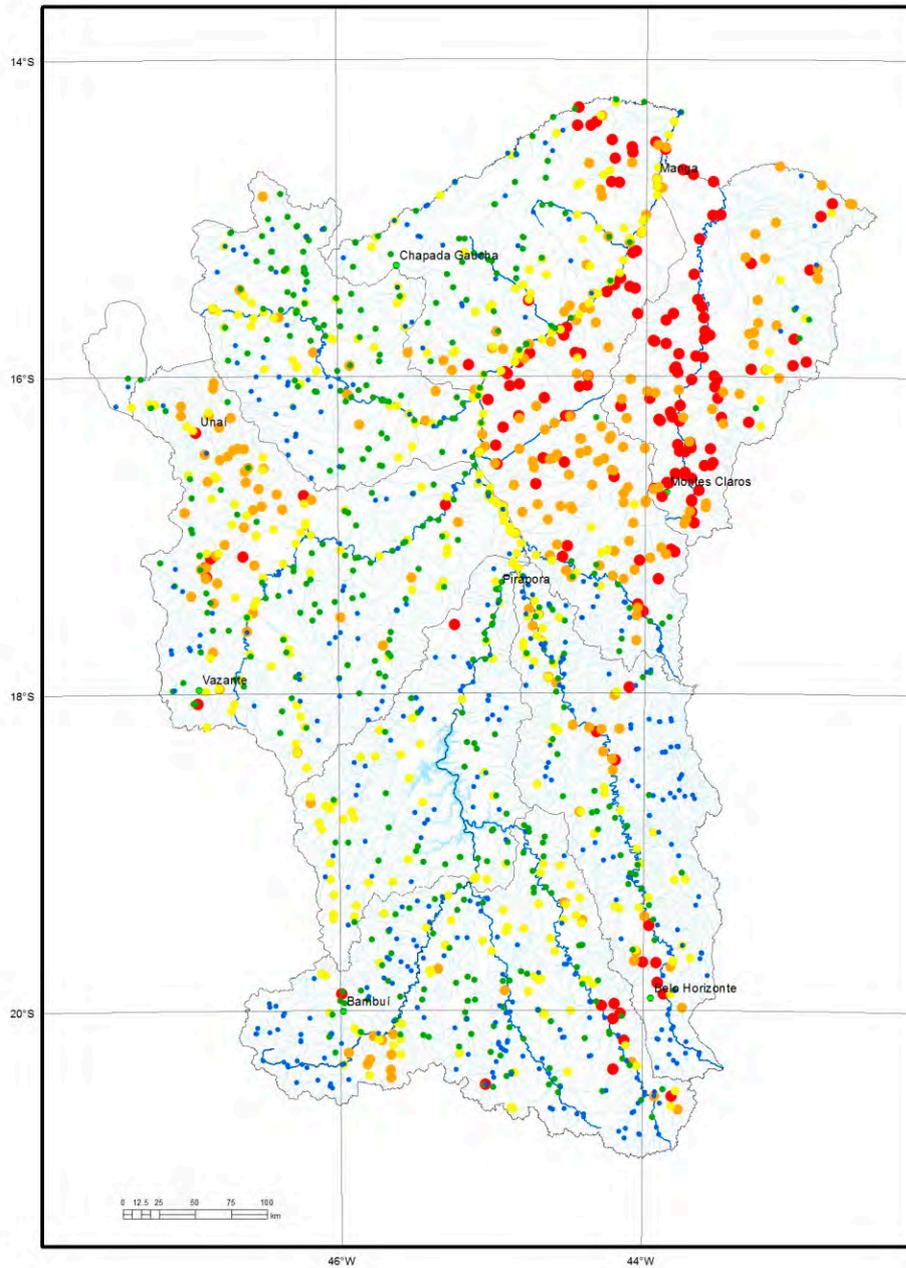
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Fluoreto (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,02
■	●	▲	●	0,02 - 0,04
■	●	▲	●	0,04 - 0,10
■	●	▲	●	0,10 - 0,22
■	●	▲	●	> 0,22



Elemento	Fluoreto (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	179
Valor Médio	0,0881
Mediana	0,04
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	1,36
Desvio Padrão	0,1453
Port MS 2914 / 2011	1,5
CONAMA 357/2005 -	1,4
CONAMA 396/2008 -	1,5
WHO 2011	1,5

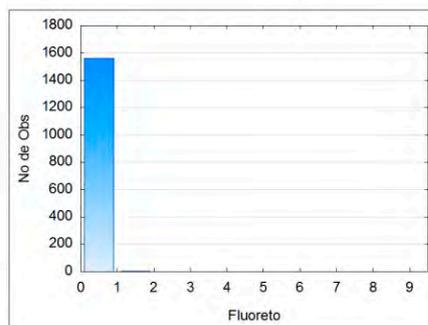
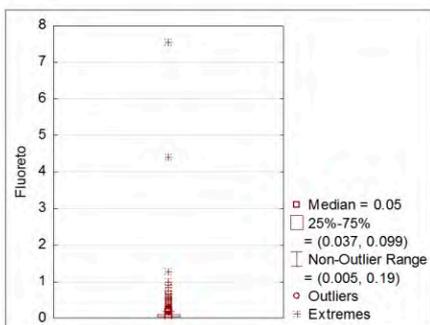


Legenda

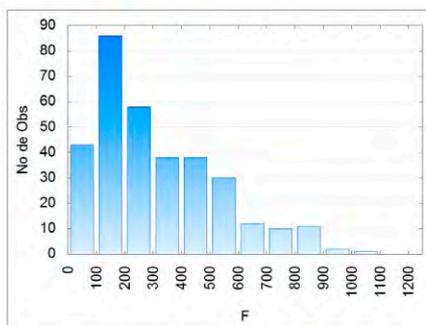
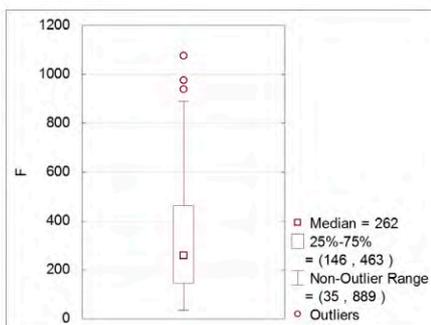
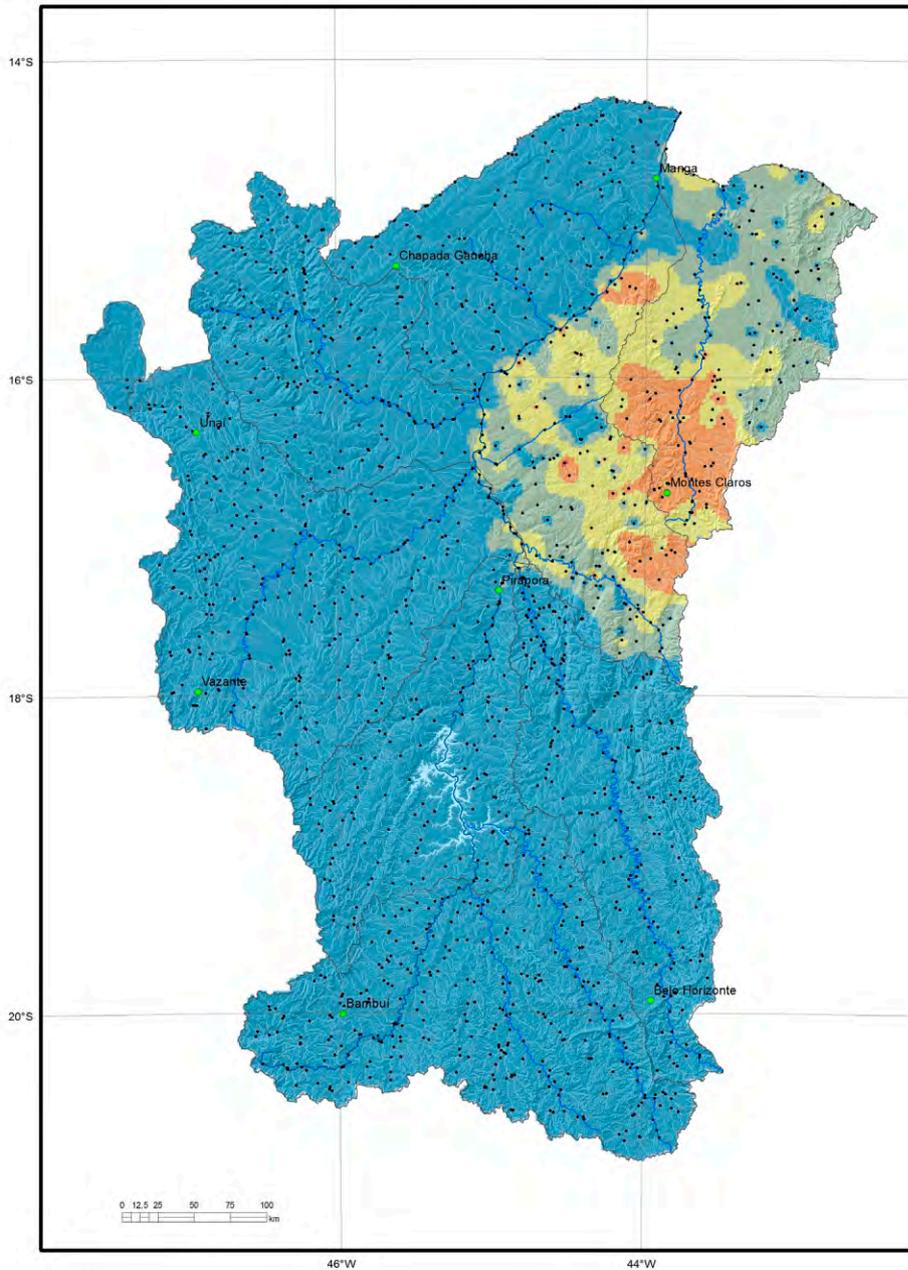
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

F (mg/L)

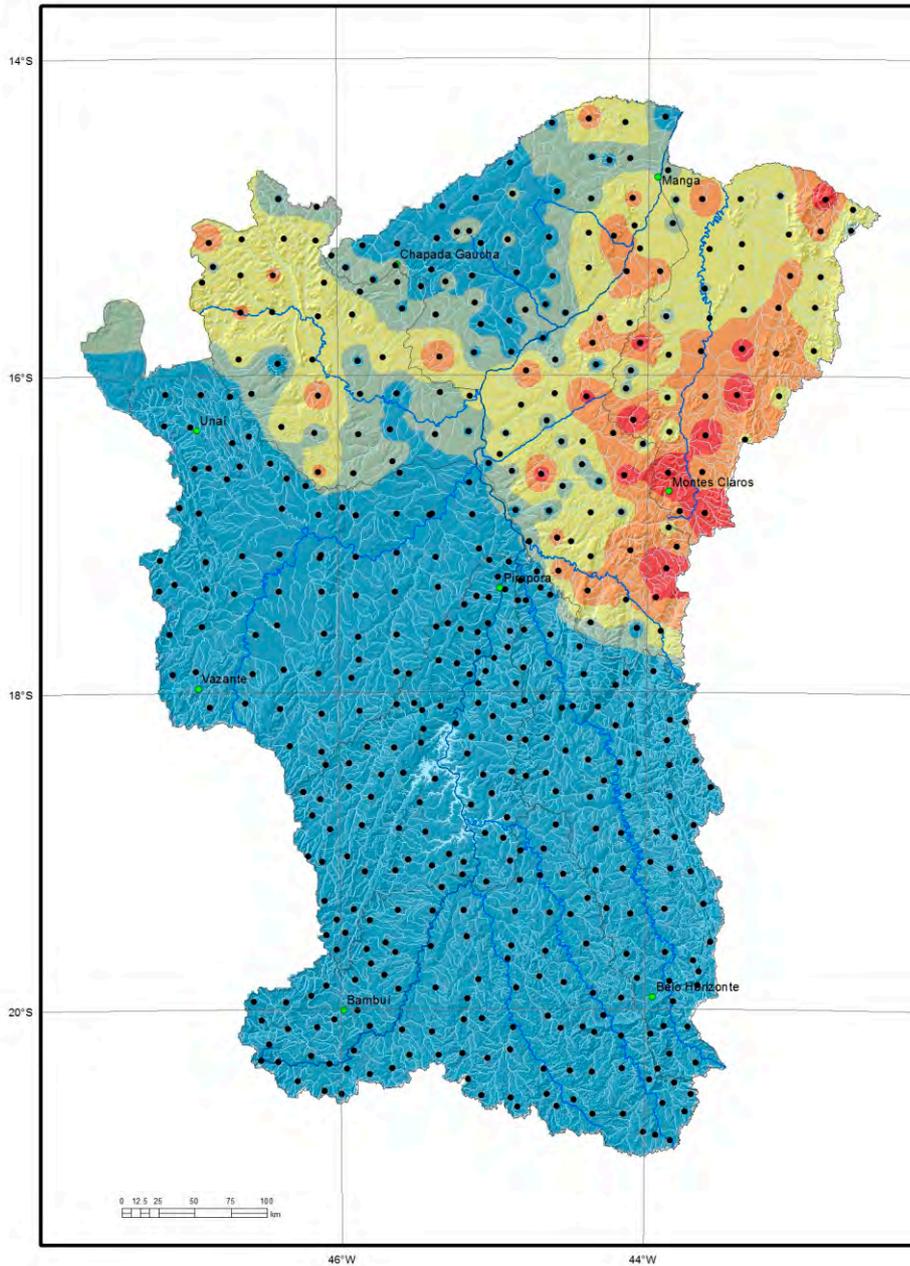
- < 0,037
- 0,037 - 0,050
- 0,050 - 0,099
- 0,099 - 0,190
- > 0,190



Elemento	F (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1564
Result > Lim Detec	1545
Valor Médio	0,095
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	7,560
Mediana	0,050
Desvio Padrão	0,242
Port MS 2914 / 2011	1,5
CONAMA 357/2005 -	1,4
CONAMA 396/2008 -	1,5
WHO 2011	1,5



Elemento	F (ppm)
Limite de Detecção	30
Número de medidas	330
Result > Lim Detec	329
Valor Médio	317,742
Valor Mínimo	35
Valor Máximo	1076
Mediana	262
Desvio Padrão	217,247
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

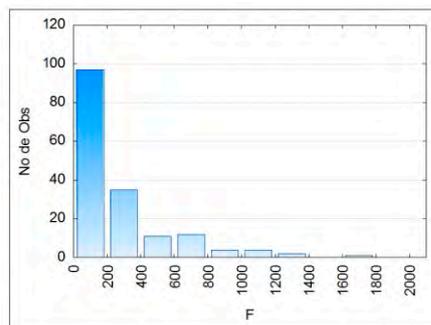
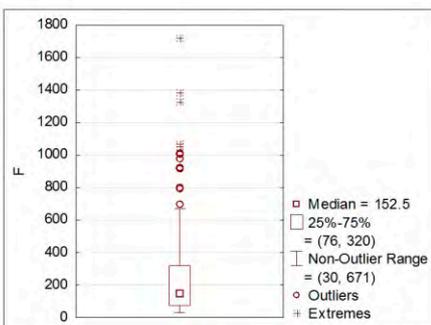


Legenda

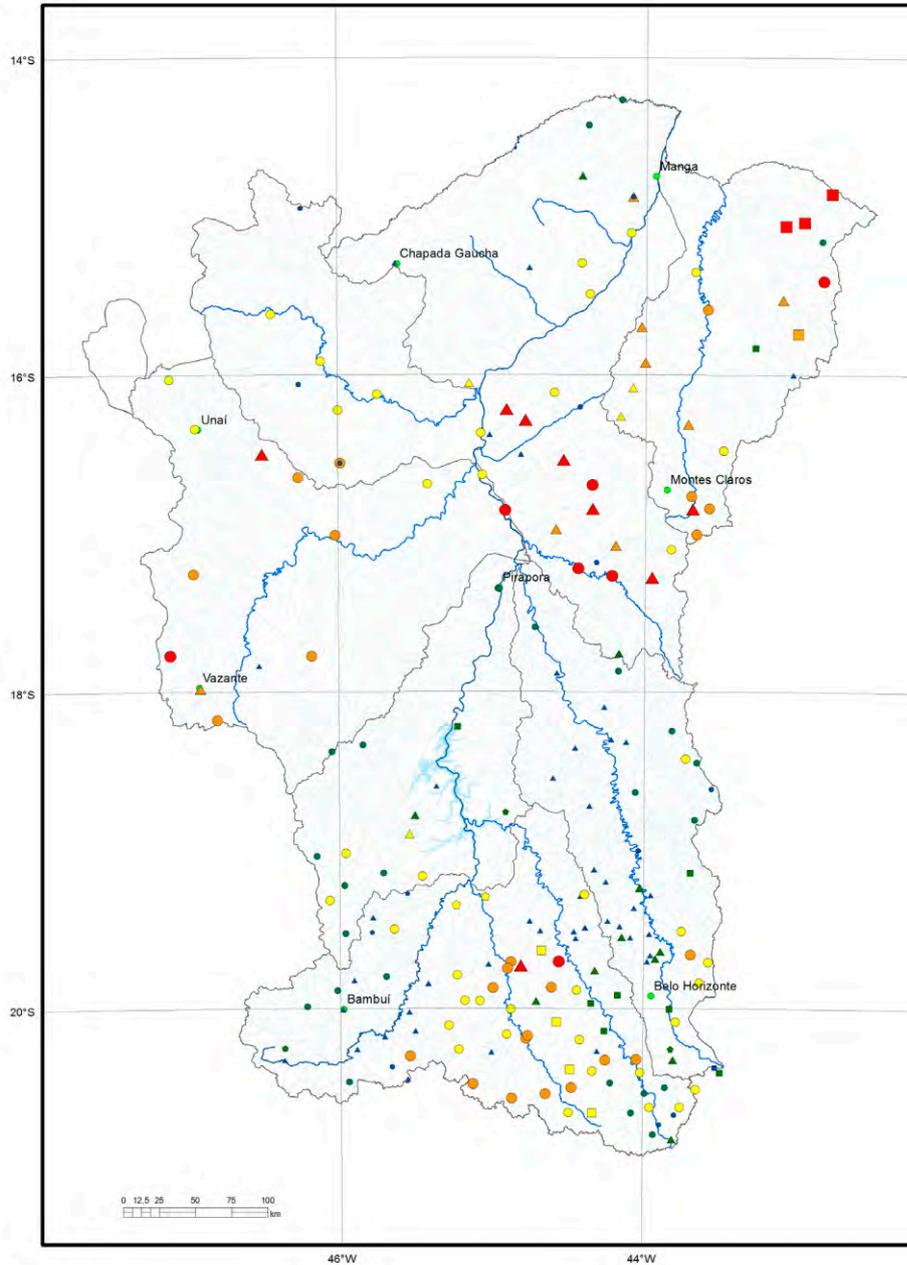
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

F (ppm)

- < 76
- 76 - 152
- 152 - 320
- 320 - 671
- > 671



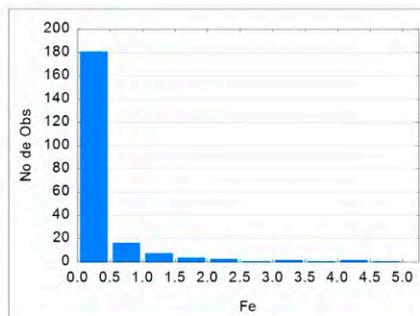
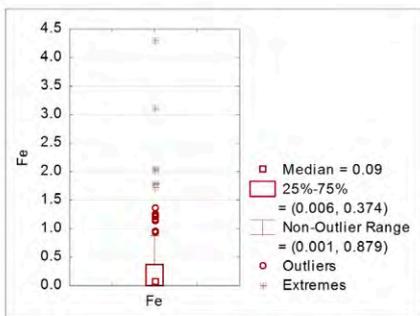
Elemento	F (ppm)
Limite de Detecção	30,0
Número de medidas	171
Result > Lim Detec	165
Valor Médio	262,43
Valor Mínimo	15,0
Valor Máximo	1720,00
Mediana	152,50
Desvio Padrão	291,52
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



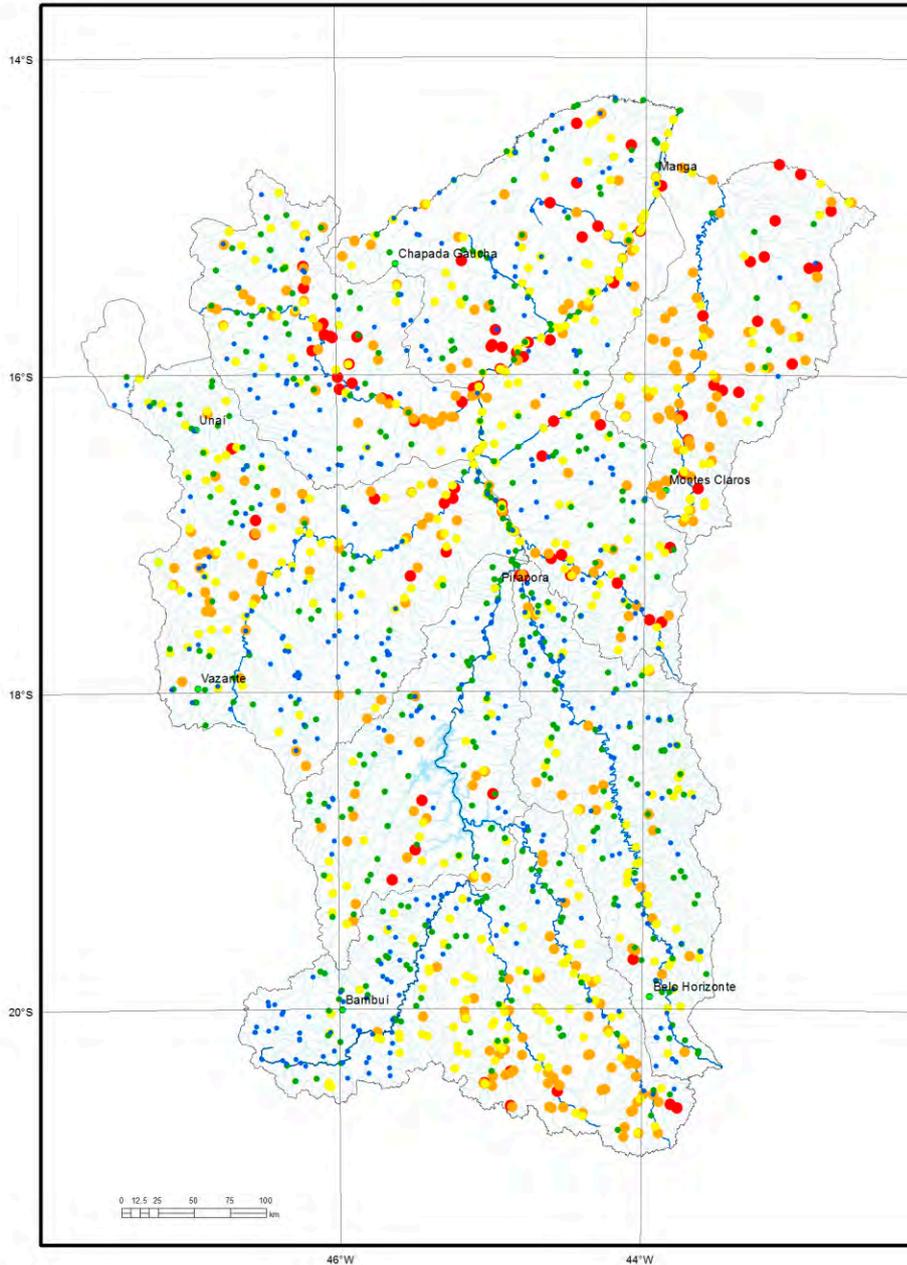
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ~ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Ferro (mg/L)
■	●	▲	◆	< 0,006
■	●	▲	◆	0,006 - 0,090
■	●	▲	◆	0,090 - 0,379
■	●	▲	◆	0,379 - 0,879
■	●	▲	◆	> 0,879



Elemento	Fe (mg/L)
Límite de Detecção	0,002
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	174
Valor Médio	0,2987
Mediana	0,0950
Valor Mínimo	0,0010
Valor Máximo	4,310
Desvio Padrão	0,5207
Port MS 2914 / 2011	0,30
CONAMA 357/2005 -	0,30
CONAMA 396/2008 -	0,30
WHO 2011	

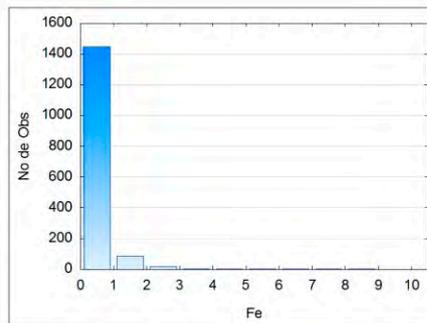
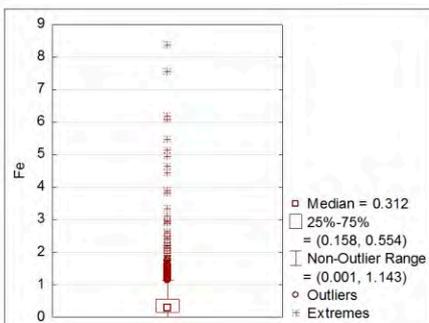


Legenda

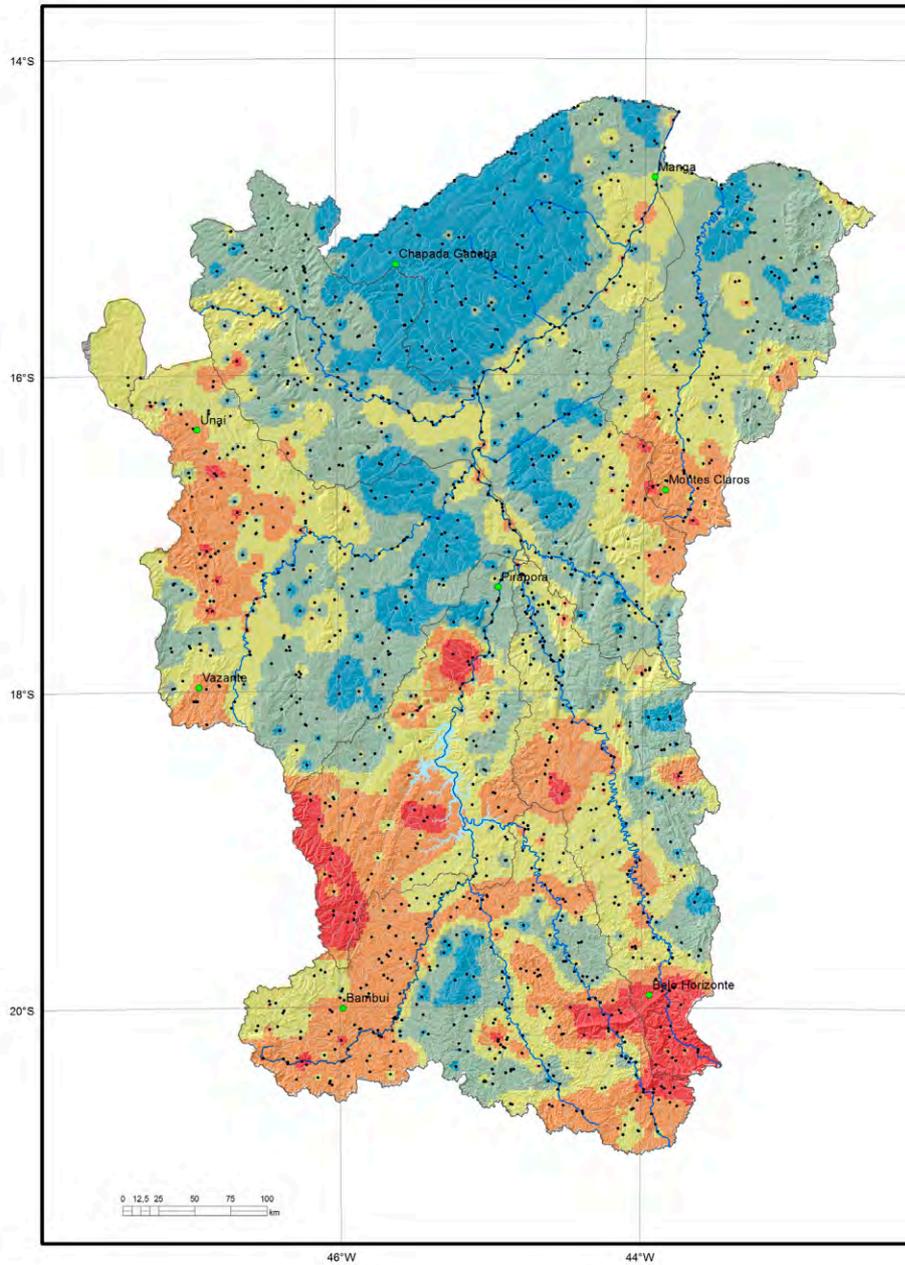
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Fe (mg/L)

- < 0,158
- 0,158 - 0,312
- 0,312 - 0,554
- 0,554 - 1,143
- > 1,143



Elemento	Fe (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	1567
Result > Lim Detec	1376
Valor Médio	0,459
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	8,390
Mediana	0,312
Desvio Padrão	0,620
Port MS 2914 / 2011	0,3
CONAMA 357/2005 -	0,3
CONAMA 396/2008 -	0,3
WHO 2011	-

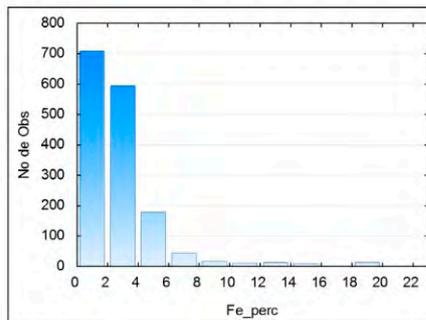
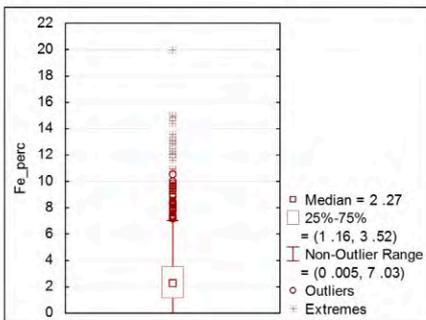


Legenda

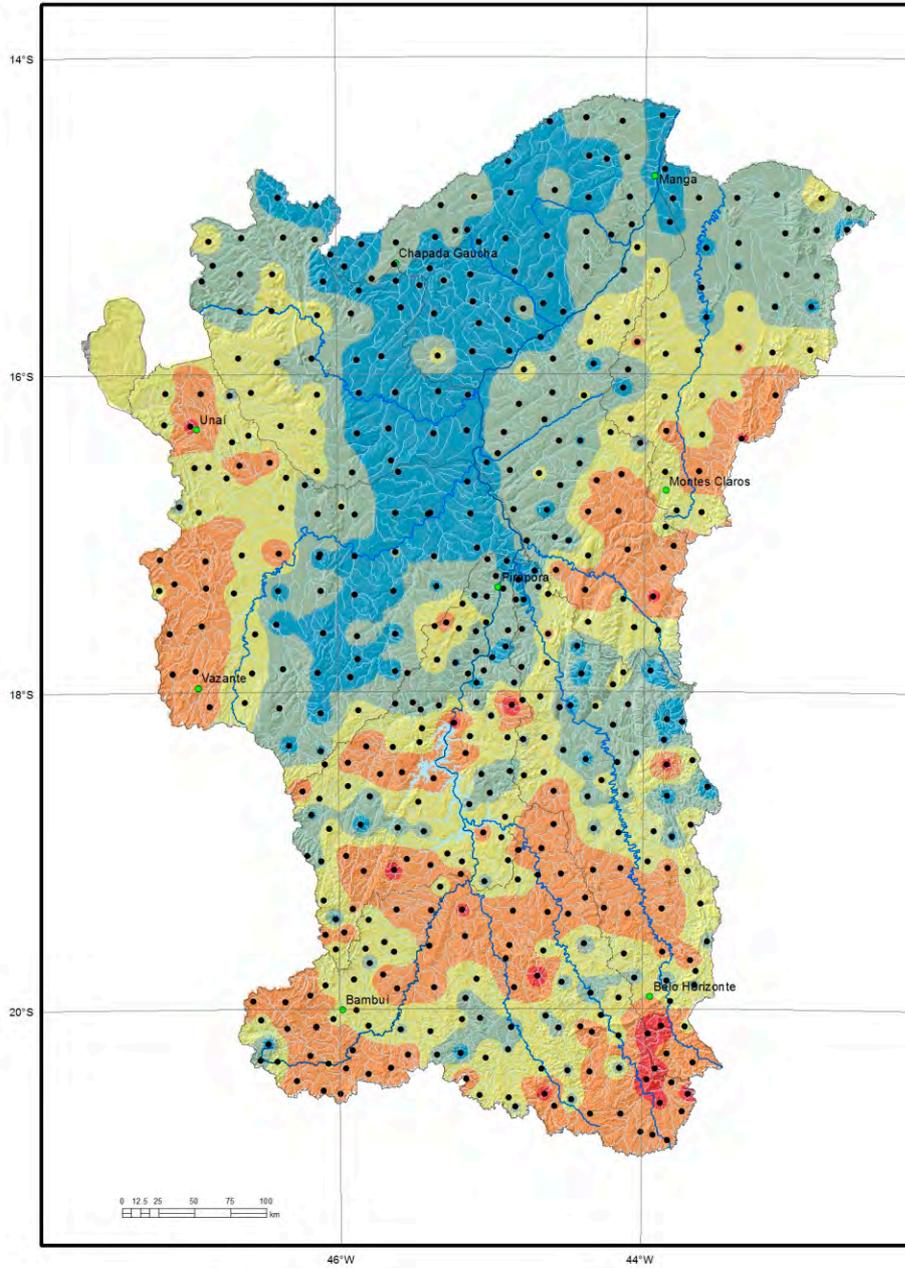
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Fe (%)

- < 1.16
- 1.16 - 2.27
- 2.27 - 3.52
- 3.52 - 7.03
- > 7.03



Elemento	Fe (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1575
Valor Médio	2,731
Valor Mínimo	0,010
Valor Máximo	20
Mediana	2,270
Desvio Padrão	2,484
CONAMA 454/2012 V. Prev	18,80
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	2,00

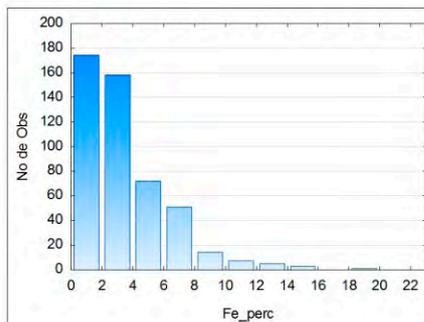
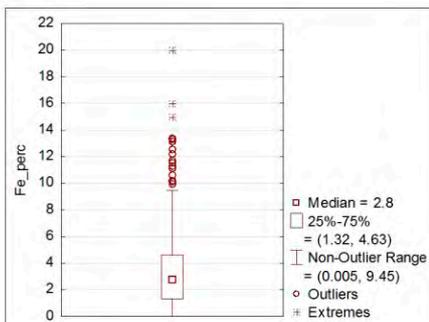


Legenda

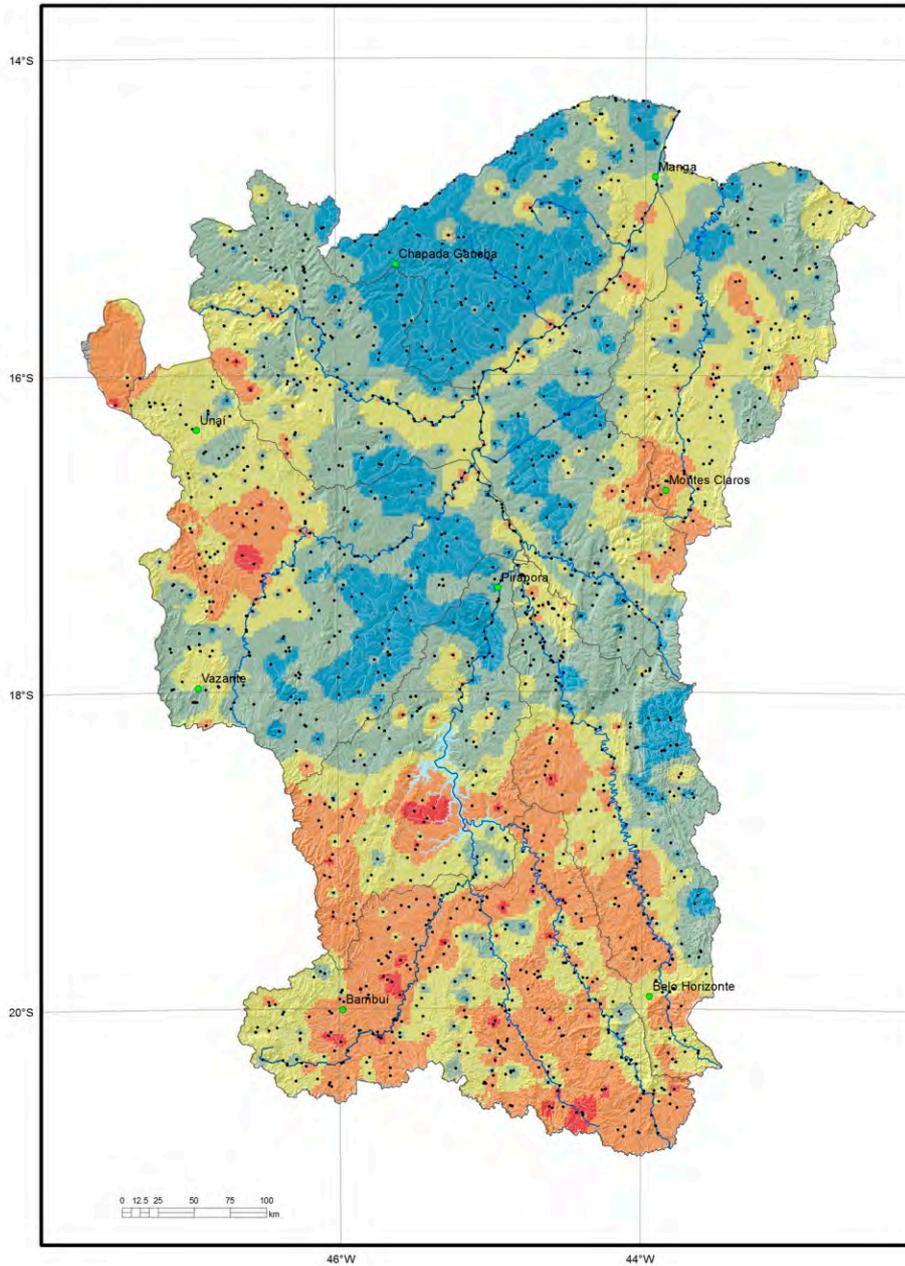
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Fe (%)

- < 1,32
- 1,32 - 2,80
- 2,80 - 4,63
- 4,63 - 9,45
- > 9,45



Elemento	Fe (%)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	484
Valor Médio	3,39
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	20,00
Mediana	2,80
Desvio Padrão	2,87
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	1,87

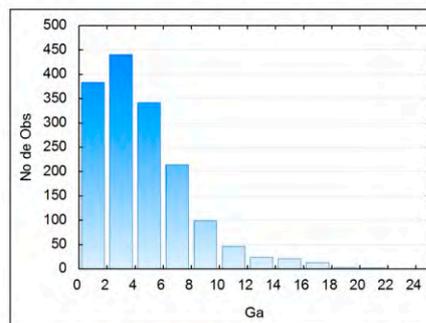
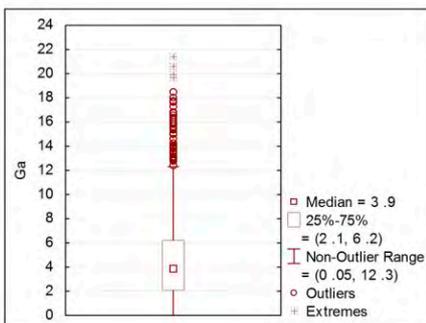


Legenda

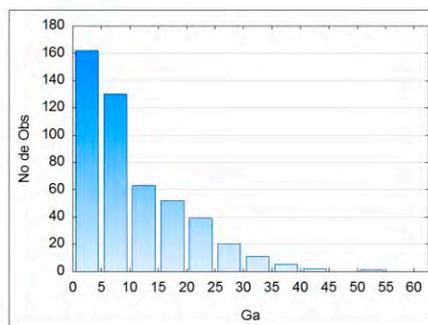
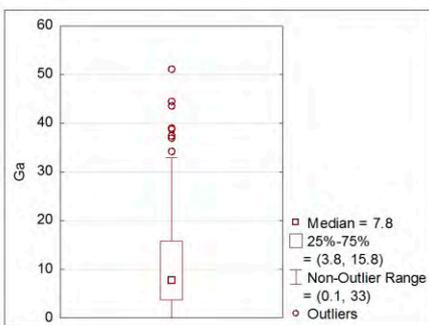
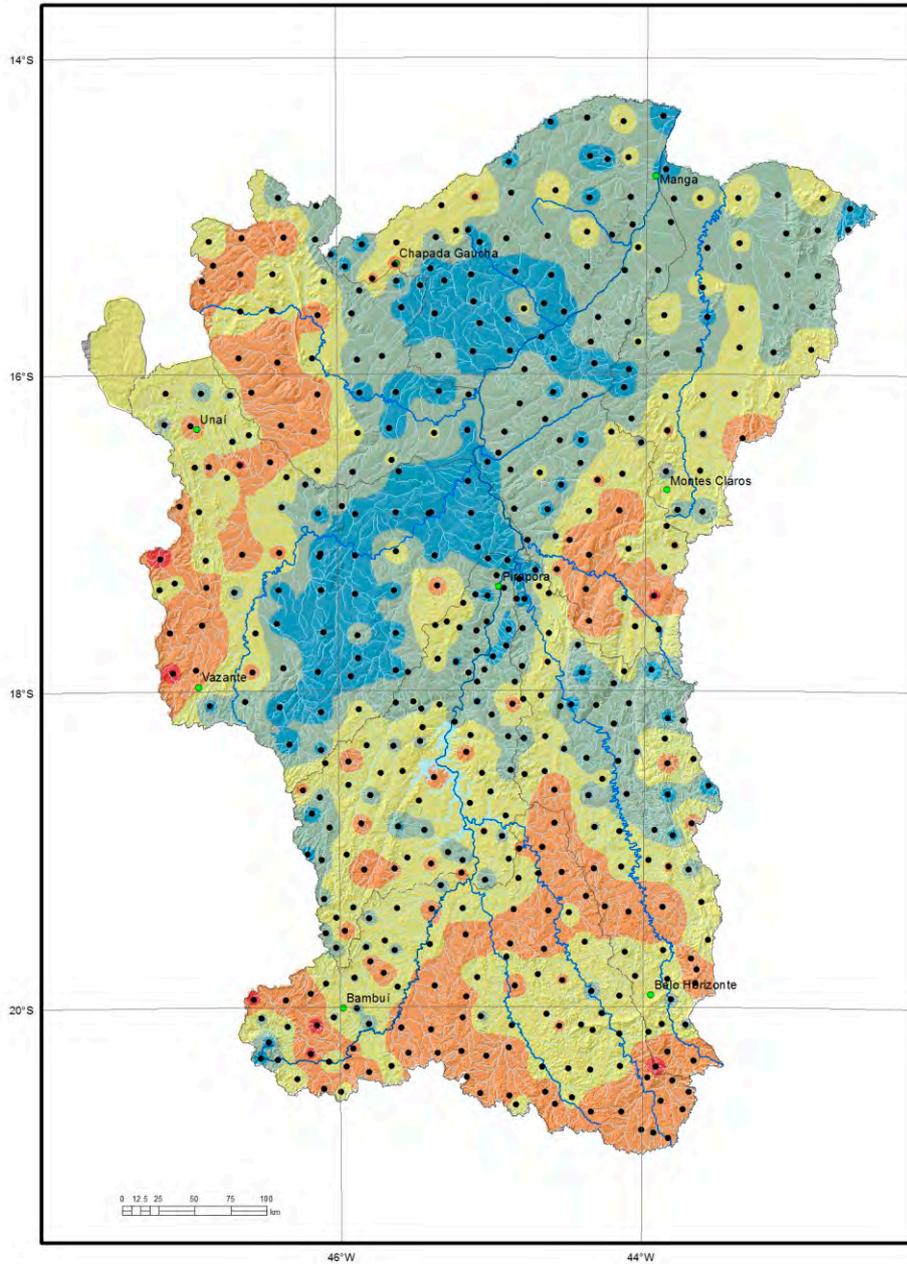
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Ga (ppm)

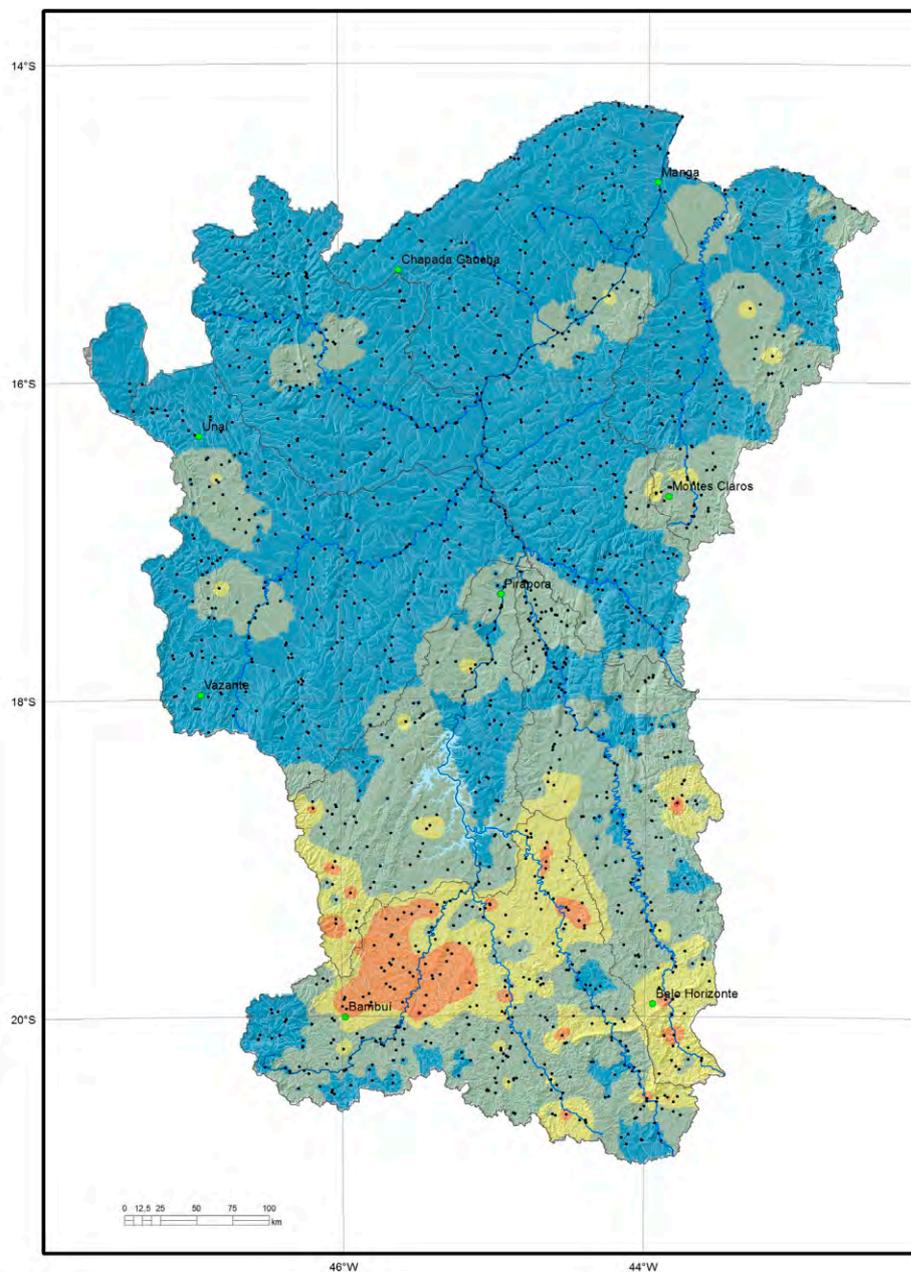
- > 2,1
- 2,1 - 3,9
- 3,9 - 6,2
- 6,2 - 12,3
- > 12,3



Elemento	Ga (ppm)
Limite de Detecção	0,100
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1586
Valor Médio	4,609
Valor Mínimo	0,100
Valor Máximo	21,400
Mediana	3,900
Desvio Padrão	3,374
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



Elemento	Ga (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	484
Valor Médio	10,67
Valor Mínimo	0,40
Valor Máximo	51,10
Mediana	7,80
Desvio Padrão	8,88
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

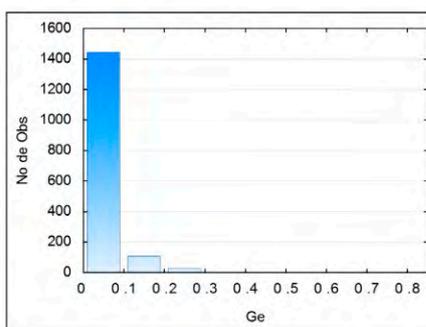
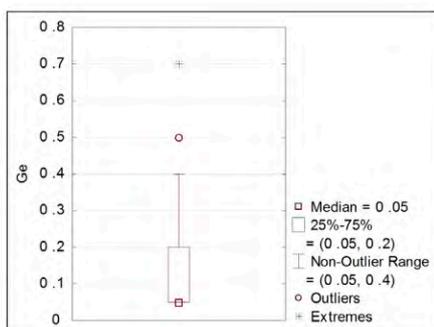


Legenda

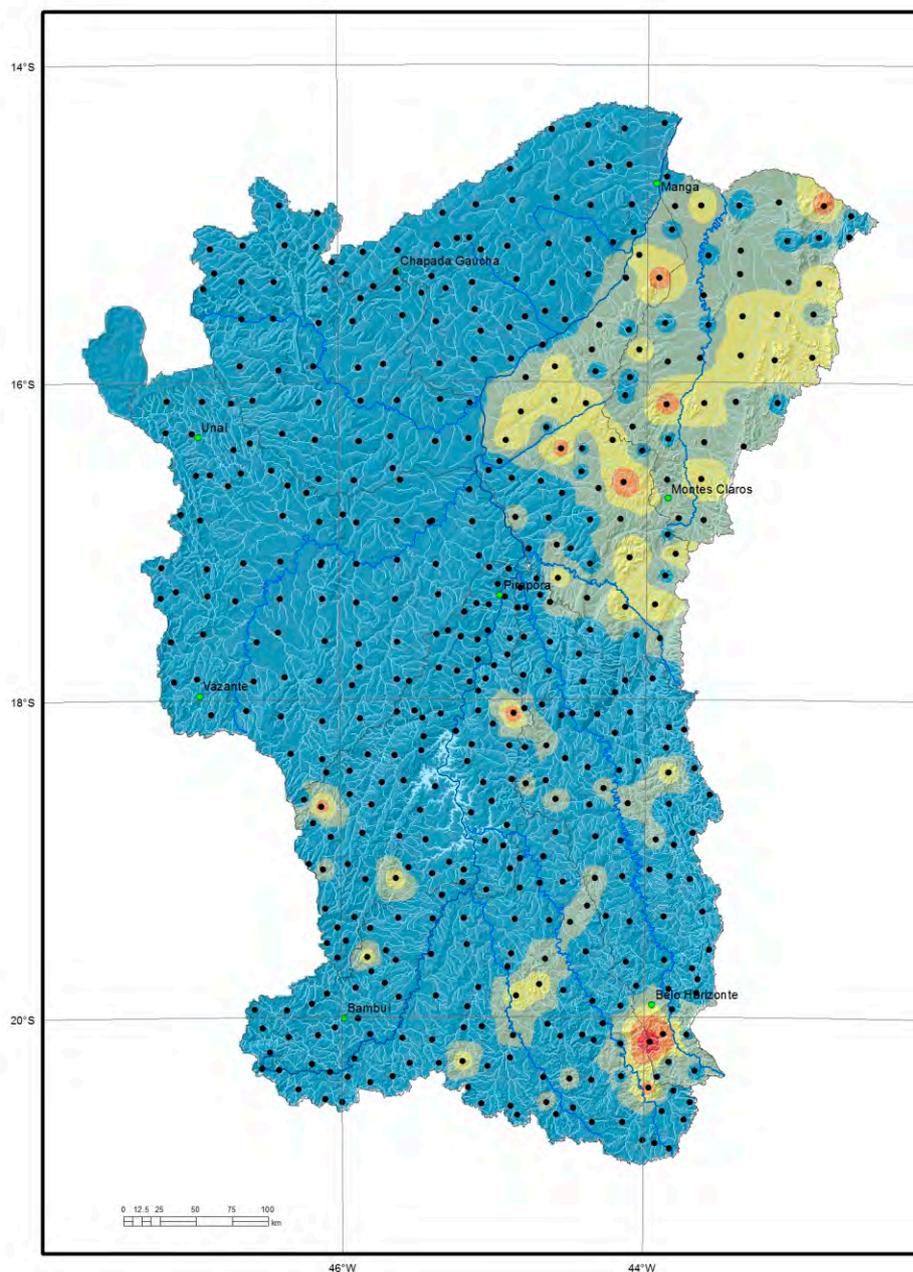
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Ge (ppm)

- < 0,051
- 0,051 - 0,100
- 0,100 - 0,200
- 0,200 - 0,425
- > 0,425



Elemento	Ge (ppm)
Limite de Detecção	0,100
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	571
Valor Médio	0,107
Valor Mínimo	0,100
Valor Máximo	0,700
Mediana	0,050
Desvio Padrão	0,085
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

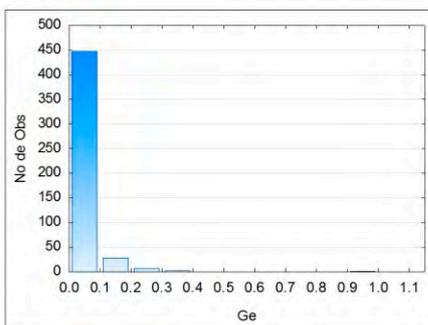
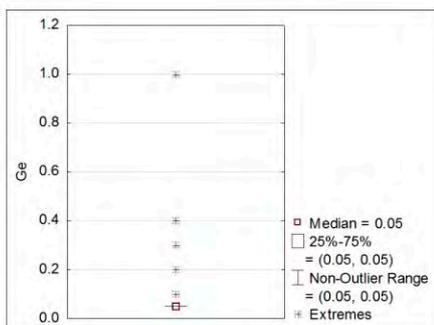


Legenda

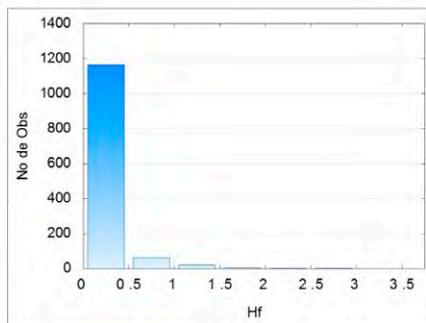
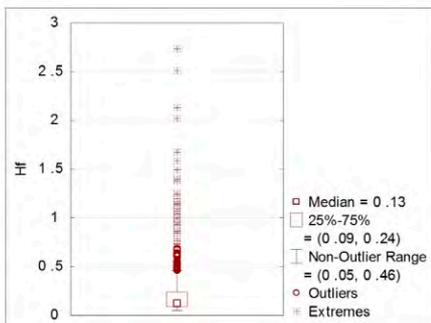
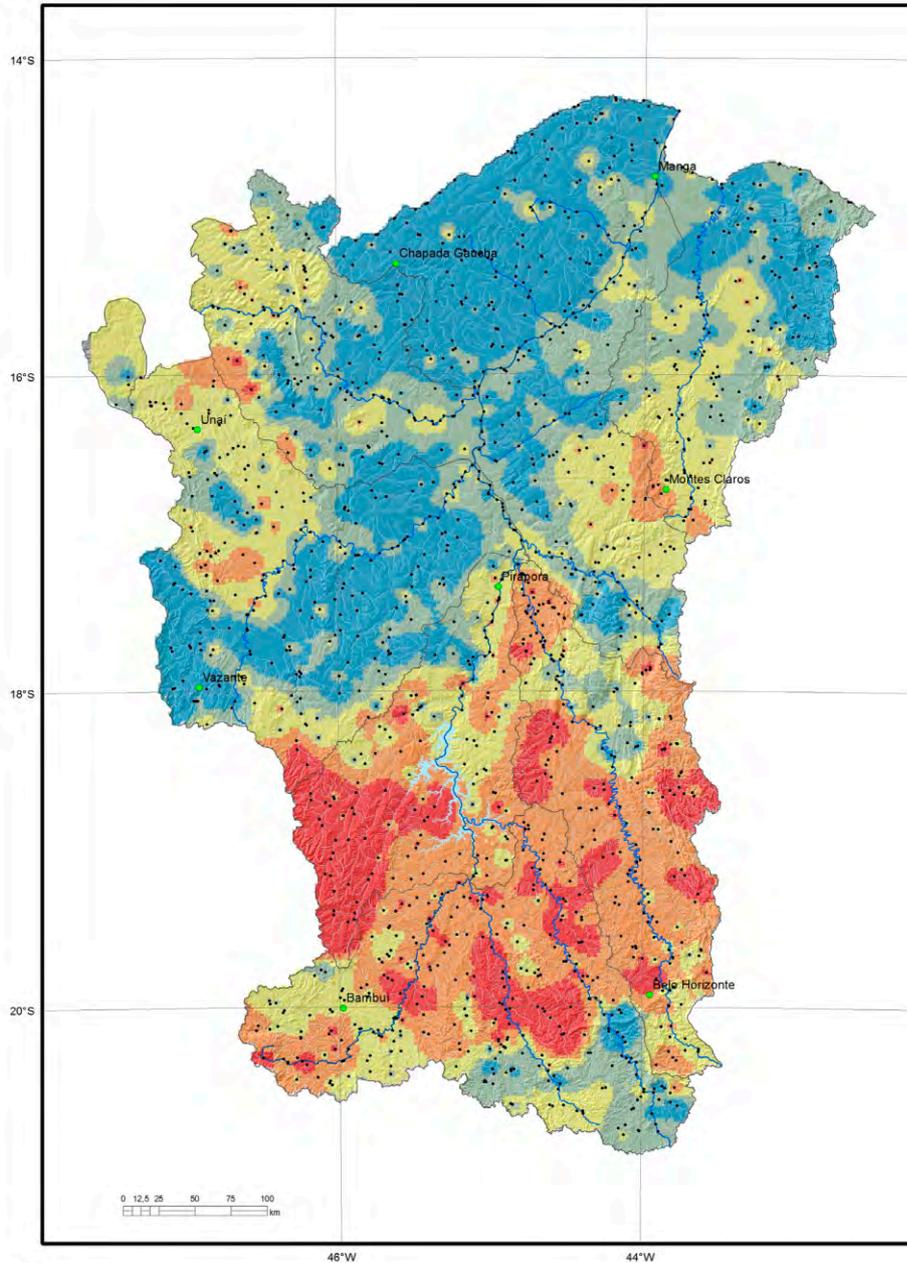
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Ge (ppm)

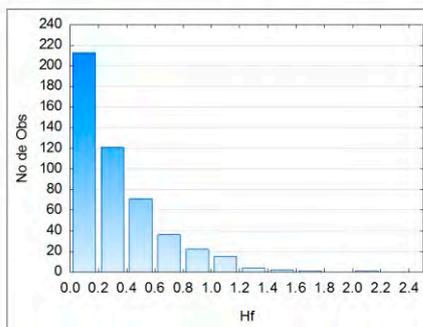
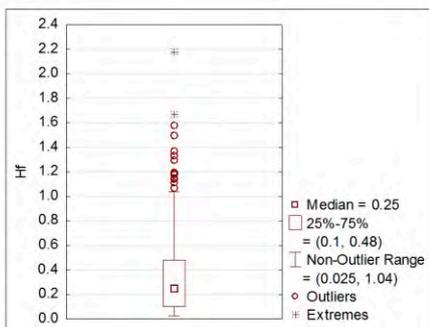
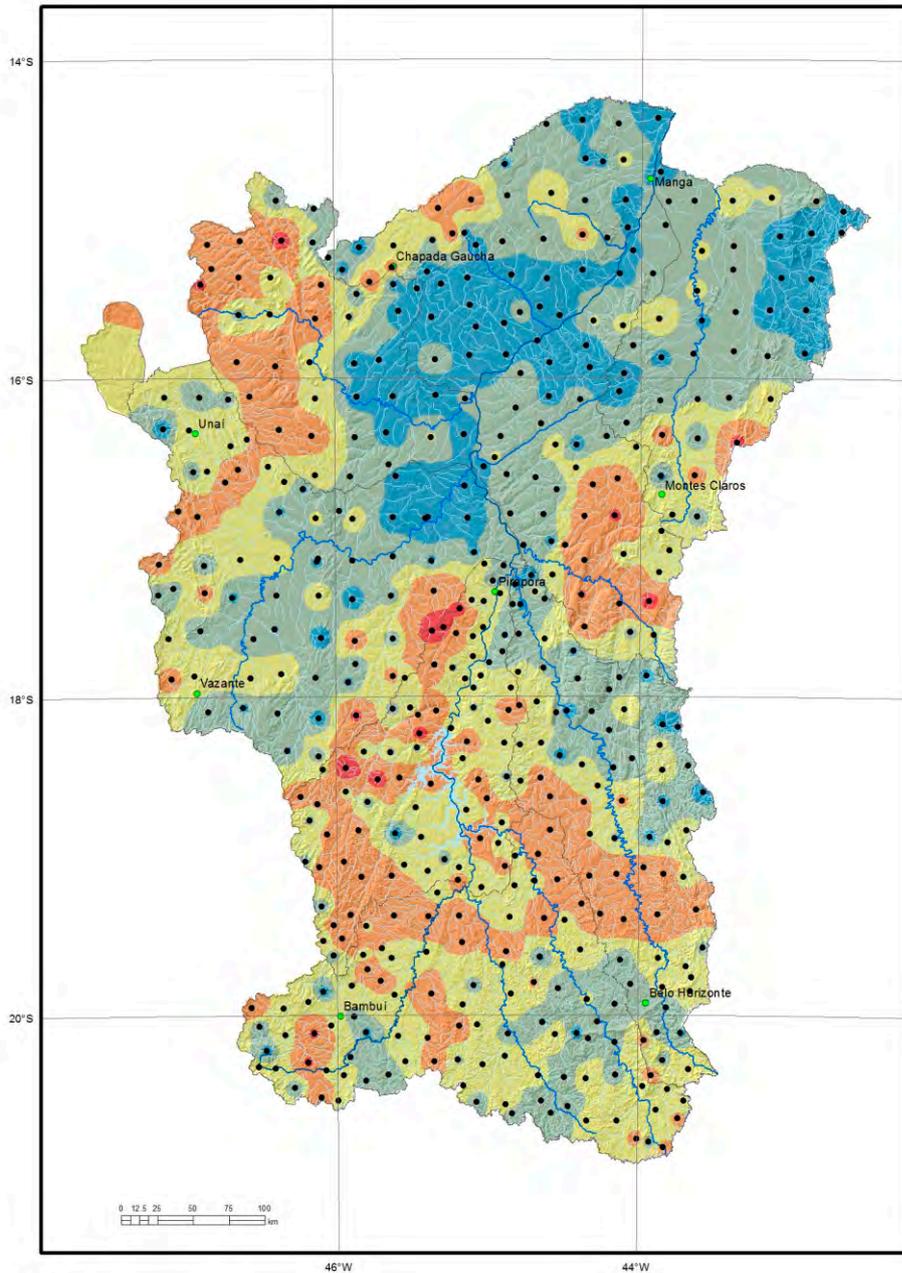
- < 0,076
- 0,076 - 0,128
- 0,128 - 0,217
- 0,217 - 0,455
- > 0,455



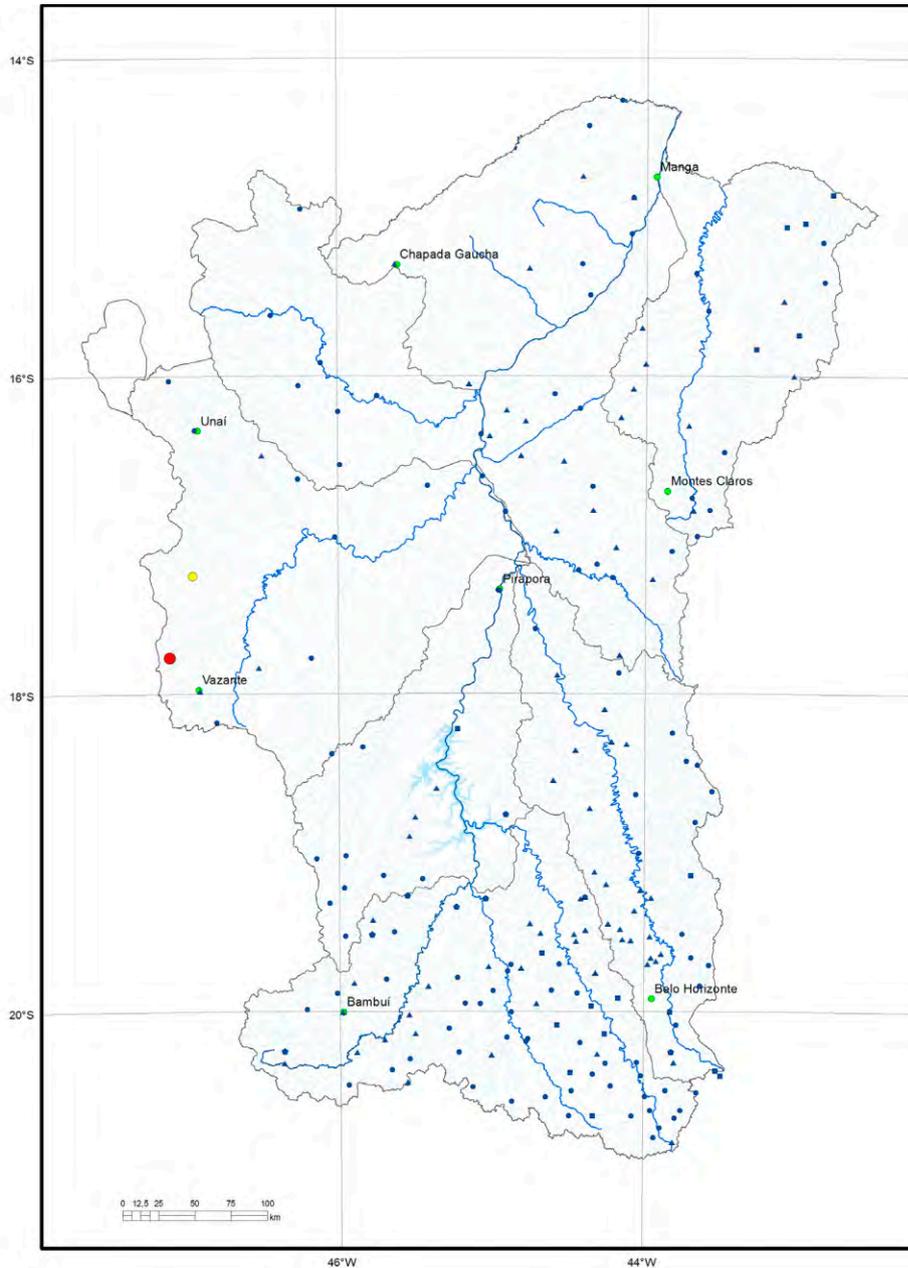
Elemento	Ge (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	327
Valor Médio	0,05
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	1,00
Mediana	0,05
Desvio Padrão	0,08
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



Elemento	Hf (ppm)
Limite de Detecção	0,050
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1252
Valor Médio	0,210
Valor Mínimo	0,050
Valor Máximo	2,740
Mediana	0,100
Desvio Padrão	0,243
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



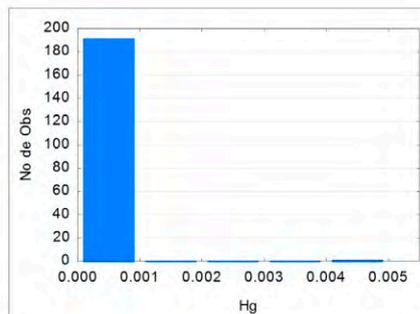
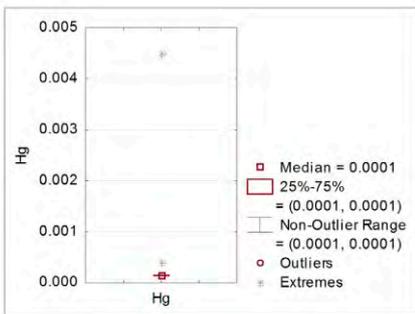
Elemento	Hf (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	428
Valor Médio	0,34
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	2,18
Mediana	0,25
Desvio Padrão	0,32
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



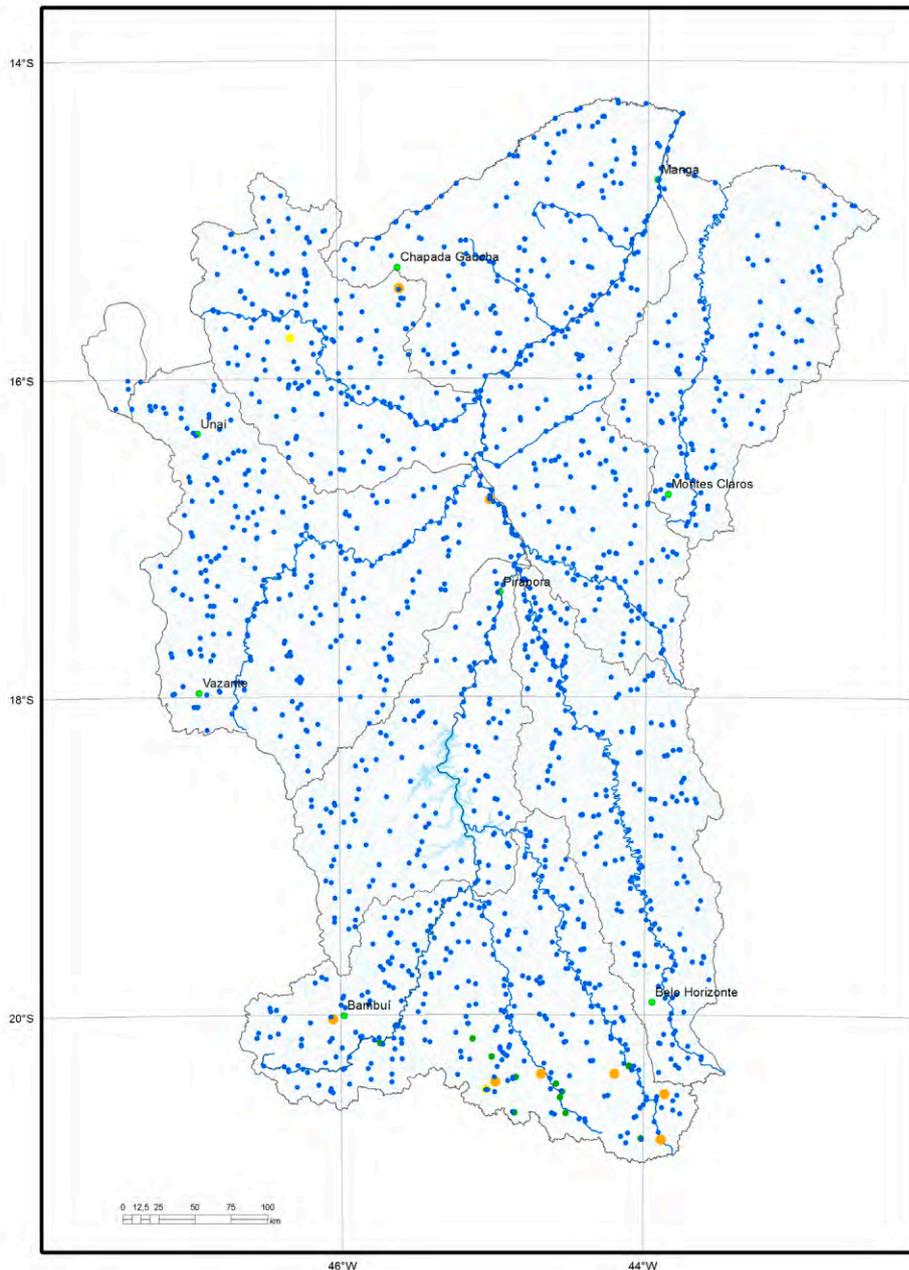
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Mercúrio (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,00016
■	●	▲	●	0,00016 - 0,00030
■	●	▲	●	0,00030 - 0,00040
■	●	▲	●	0,00040 - 0,00050
■	●	▲	●	> 0,00050



Elemento	Hg (mg/L)
Limite de Detecção	0,0003
Número de medidas	185
Result > Lim Detec	3
Valor Médio	0,00017
Mediana	0,00015
Valor Mínimo	0,00015
Valor Máximo	0,0045
Desvio Padrão	0,00032
Port MS 2914 / 2011	0,001
CONAMA 357/2005 -	0,0002
CONAMA 396/2008 -	0,001
WHO 2011	0,006

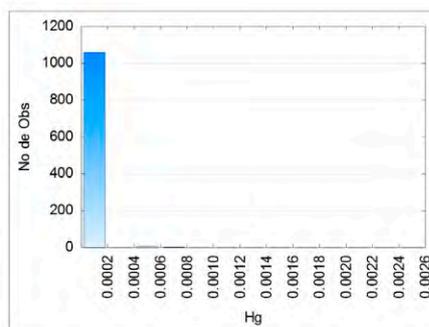
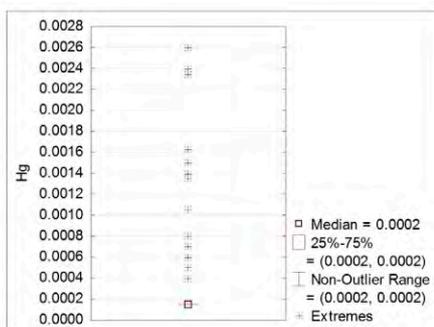


Legenda

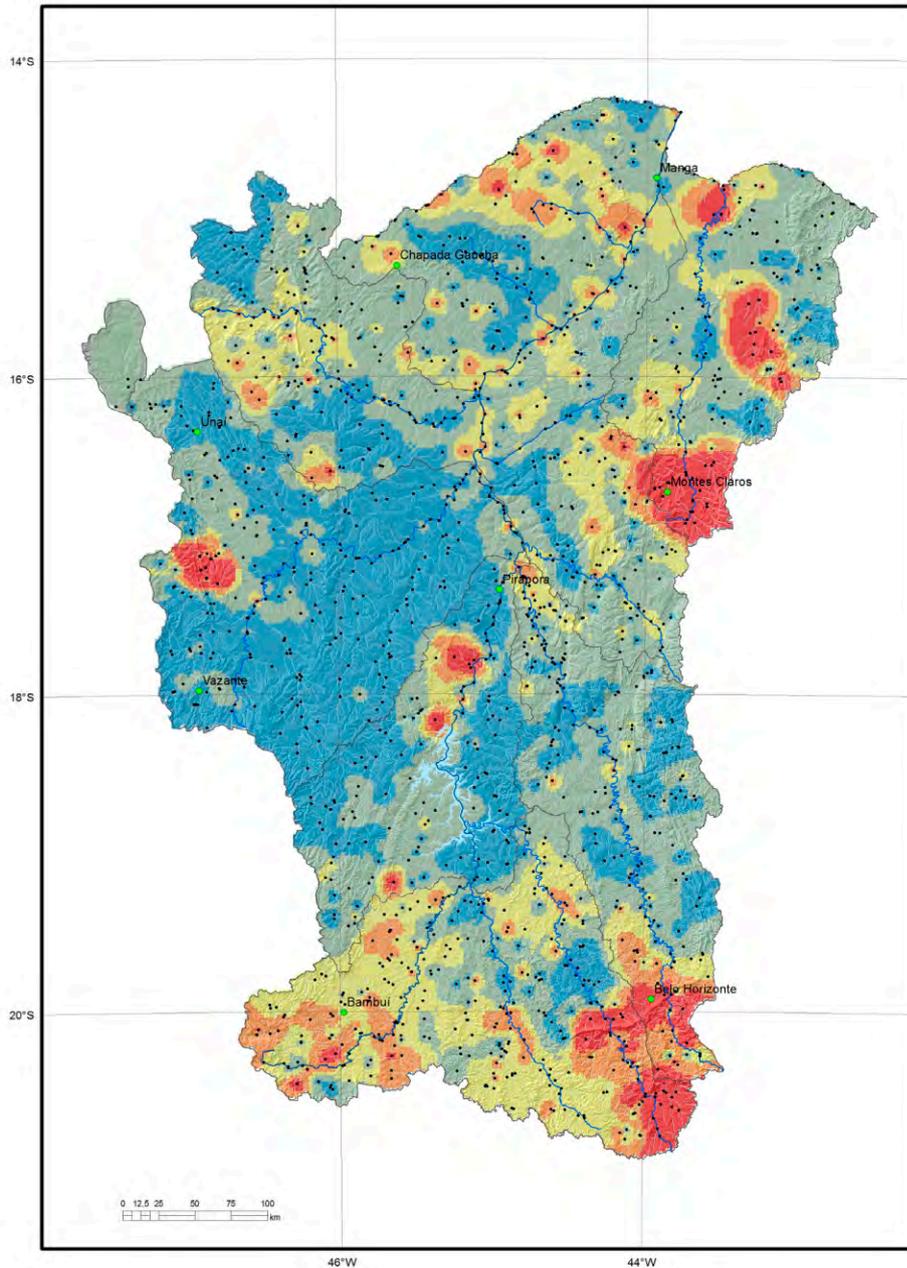
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Hg (mg/L)

- < 0,00016
- 0,00016 - 0,00060
- 0,00060 - 0,00105
- 0,00105 - 0,00260
- > 0,00260



Elemento	Hg (mg/L)
Limite de Detecção	0,0003
Número de medidas	1074
Result > Lim Detec	21
Valor Médio	0,00017
Valor Mínimo	0,00015
Valor Máximo	0,00260
Mediana	0,00015
Desvio Padrão	0,00020
Port MS 2914 / 2011	0,0010
CONAMA 357/2005 -	0,0002
CONAMA 396/2008 -	0,0010
WHO 2011	0,0060

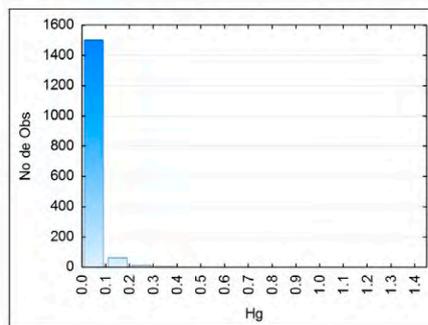
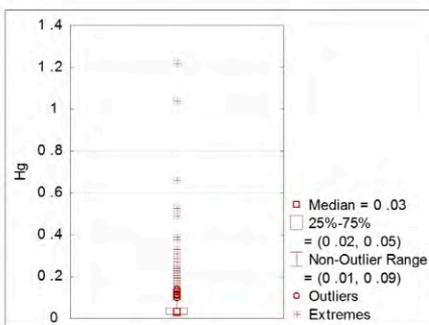


Legenda

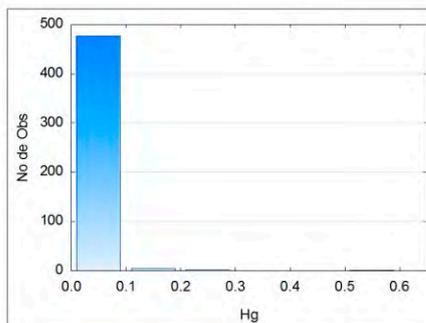
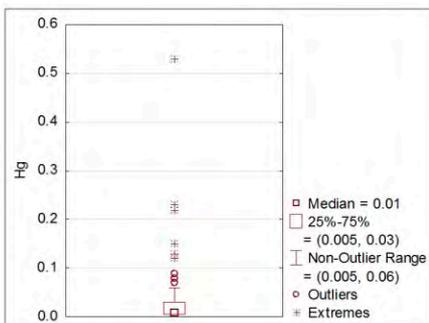
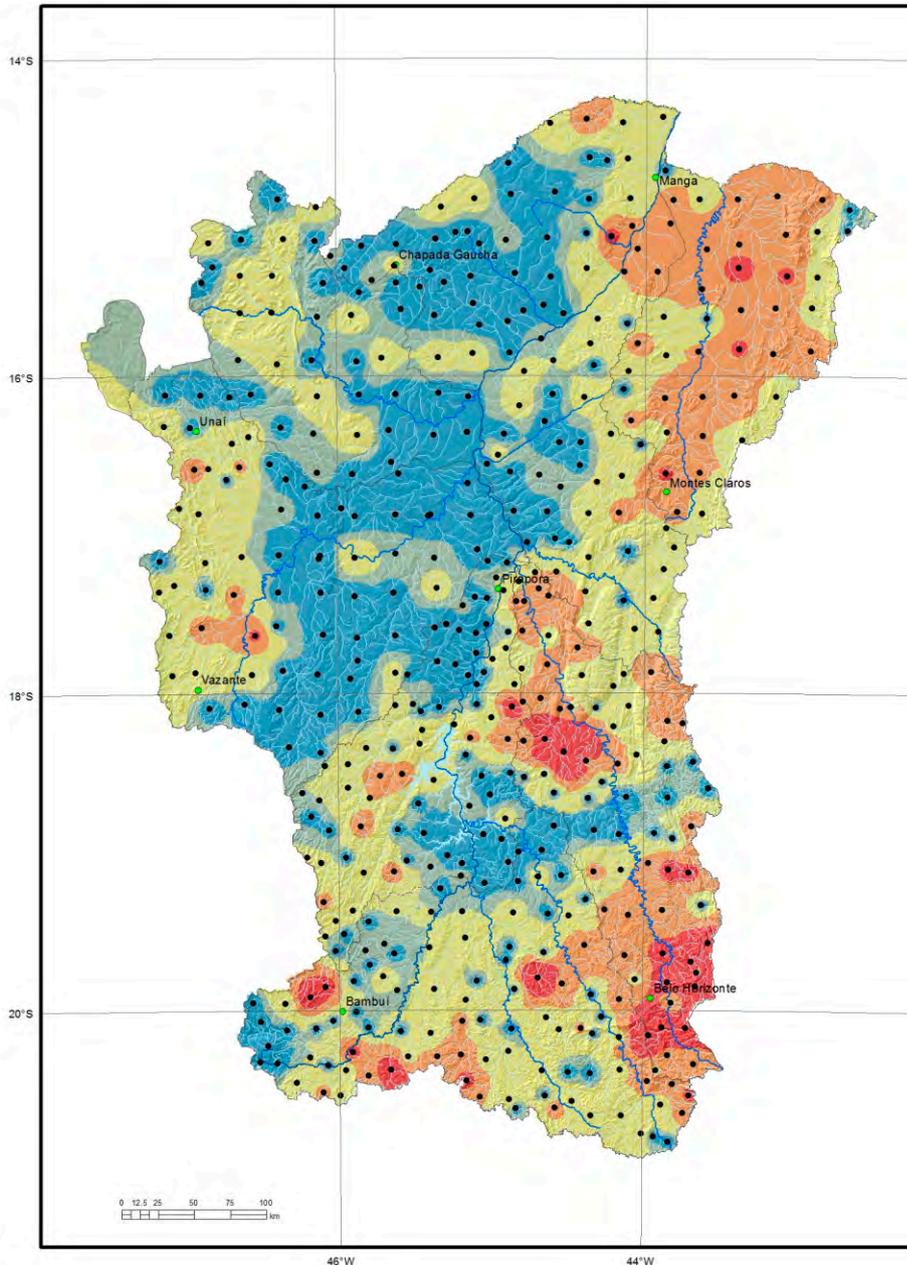
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Hg (ppm)

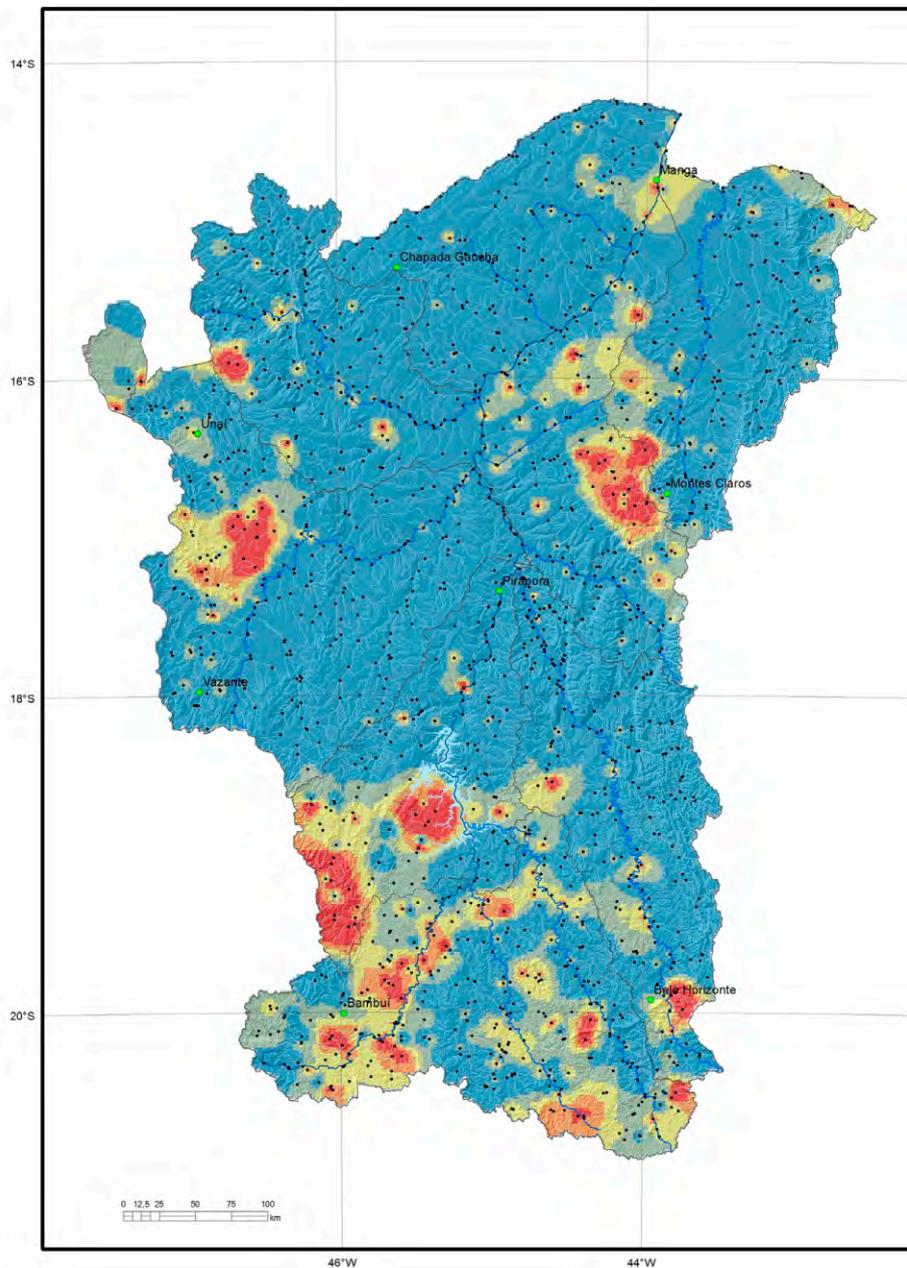
- < 0.01
- 0.01 - 0.03
- 0.03 - 0.05
- 0.05 - 0.09
- > 0.09



Elemento	Hg (ppm)
Límite de Detecção	0,010
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	961
Valor Médio	0,051
Valor Mínimo	0,010
Valor Máximo	1,220
Mediana	0,030
Desvio Padrão	0,075
CONAMA 454/2012 V. Prev	0,170
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	0,180



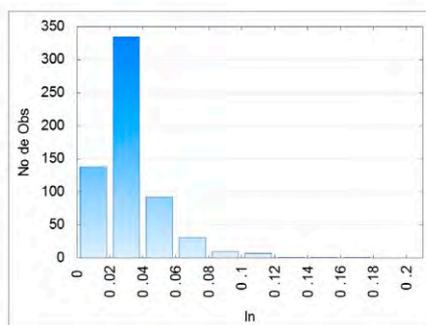
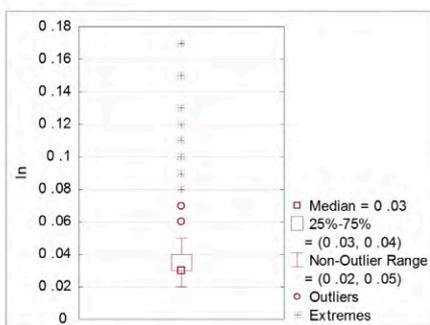
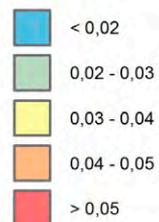
Elemento	Hg (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	272
Valor Médio	0,02
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,53
Mediana	0,01
Desvio Padrão	0,04
CONAMA 454/2012 - V. Prev	0,5
VRQ FEAM-MG	0,03
(TEL) NOAA SQRT V. Aten	0,05



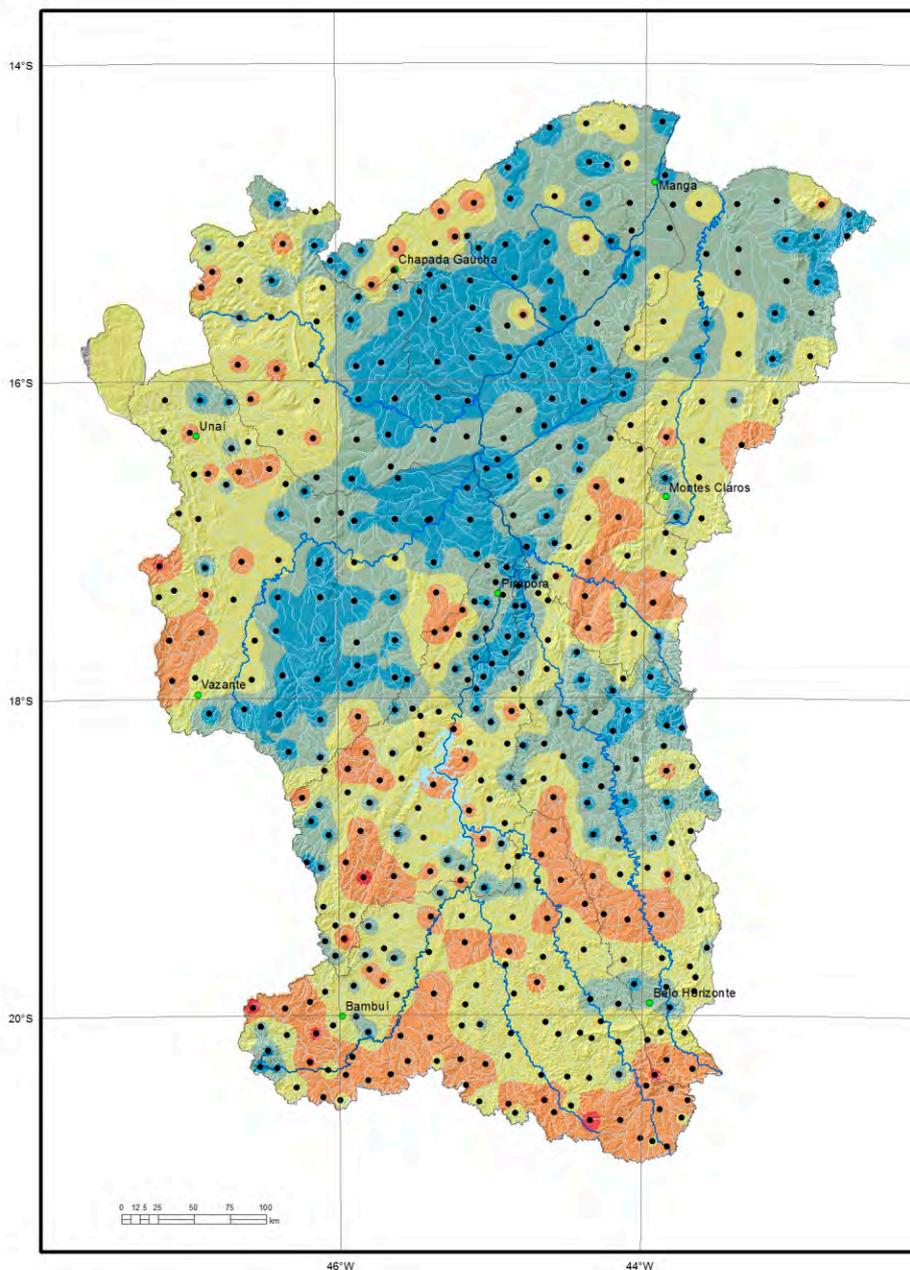
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

In (ppm)



Elemento	In (ppm)
Límite de Detecção	0,020
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	615
Valor Médio	0,030
Valor Mínimo	0,020
Valor Máximo	0,170
Mediana	0,030
Desvio Padrão	0,020
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

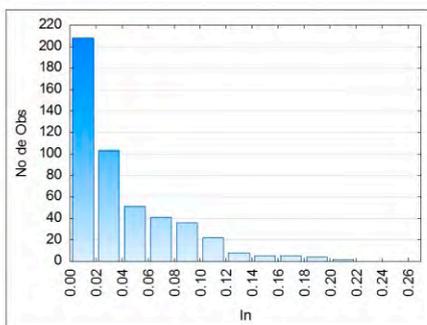
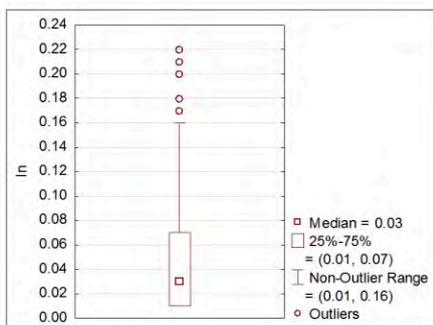


Legenda

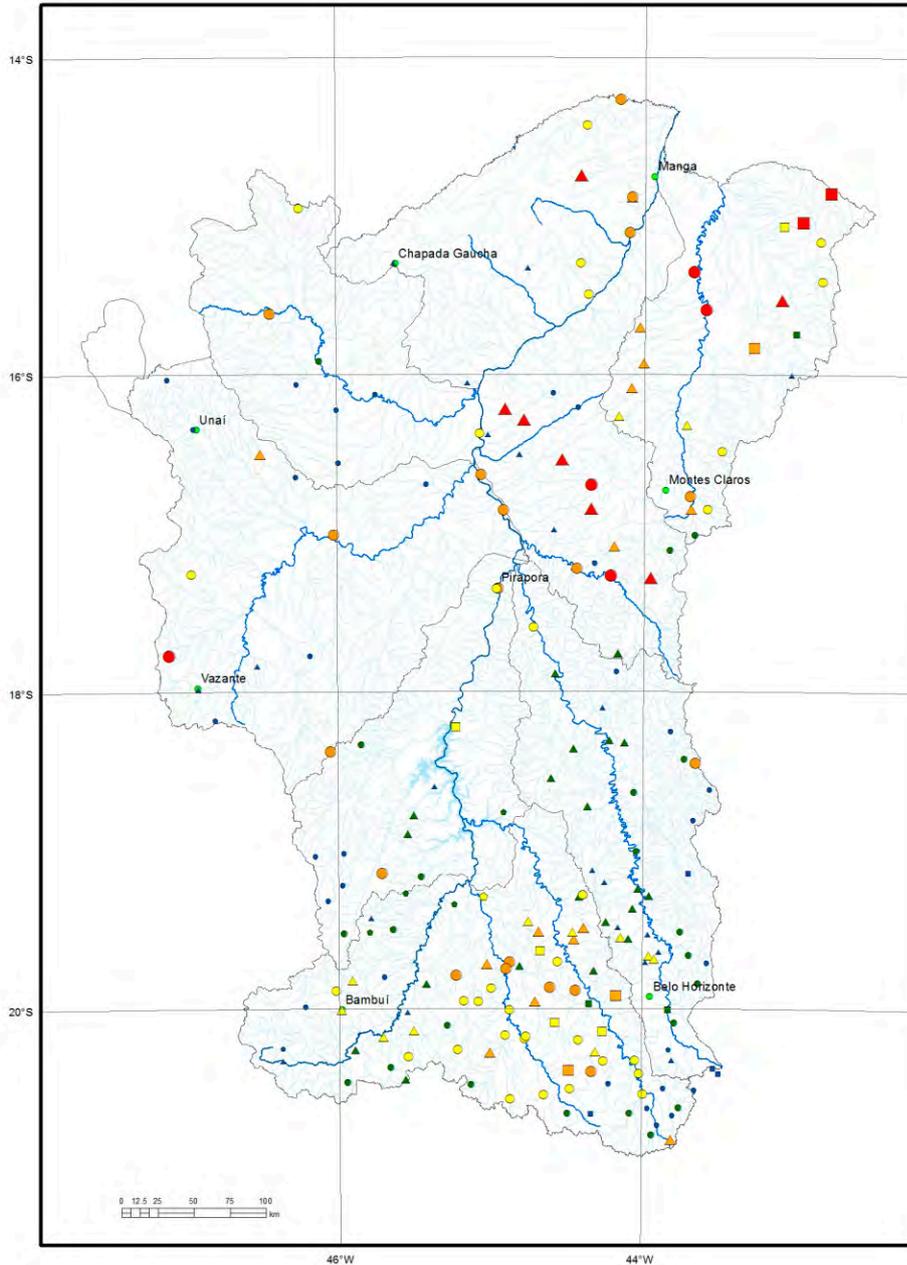
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

In (ppm)

- < 0,01
- 0,01 - 0,03
- 0,03 - 0,07
- 0,07 - 0,16
- > 0,16



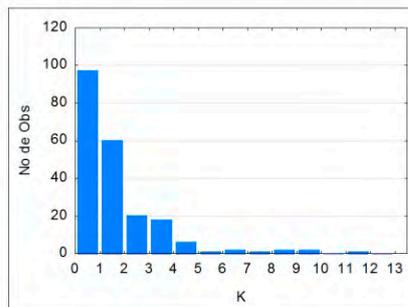
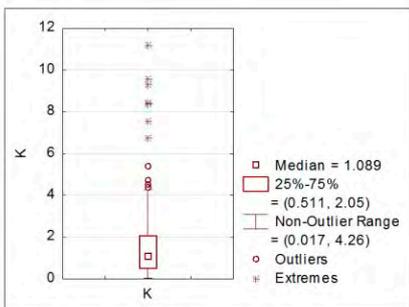
Elemento	In (ppm)
Límite de Detecção	0,02
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	306
Valor Médio	0,04
Valor Mínimo	0,02
Valor Máximo	0,22
Mediana	0,03
Desvio Padrão	0,04
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



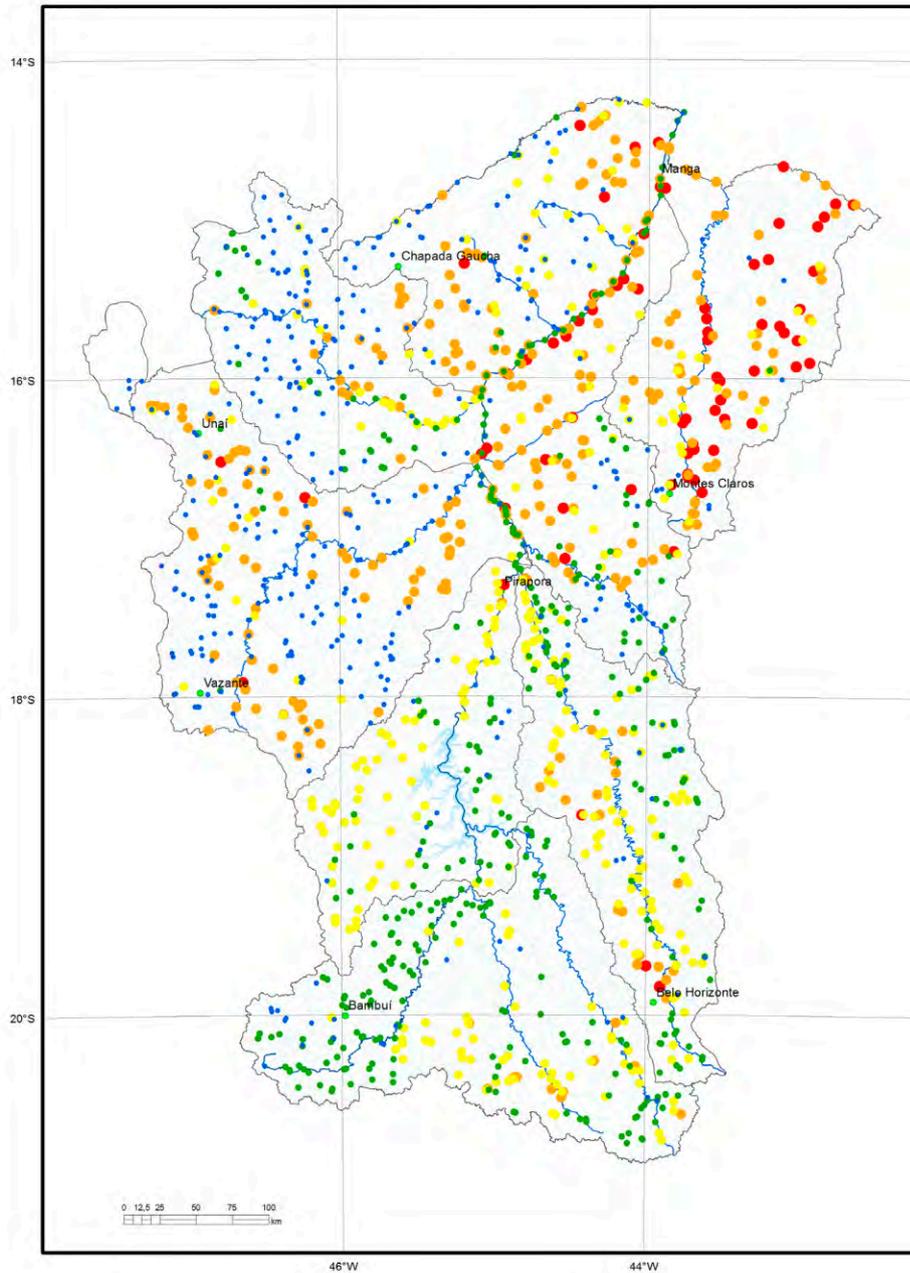
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Potássio (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,511
■	●	▲	●	0,511 - 1,089
■	●	▲	●	1,089 - 2,050
■	●	▲	●	2,050 - 4,260
■	●	▲	●	> 4,260



Elemento	K (mg/L)
Limite de Detecção	0.005
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	0
Valor Médio	1.626
Mediana	1.089
Valor Mínimo	0.017
Valor Máximo	11.200
Desvio Padrão	1.790
Port MS 2914 / 2011	
CONAMA 357/2005 -	
CONAMA 396/2008 -	
WHO 2011	

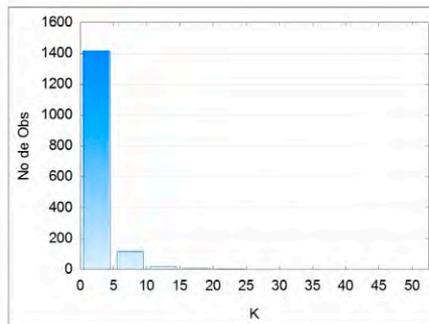
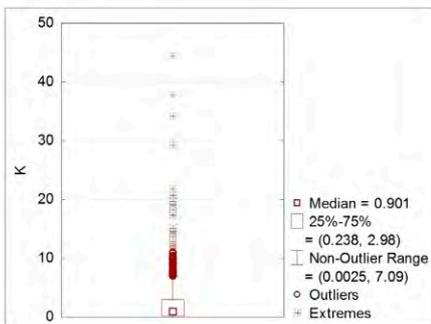


Legenda

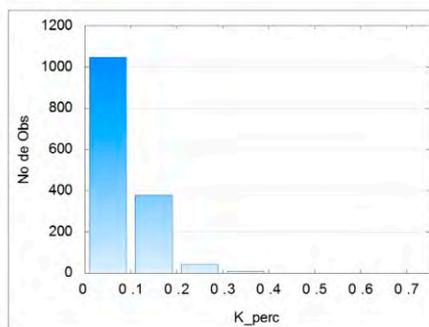
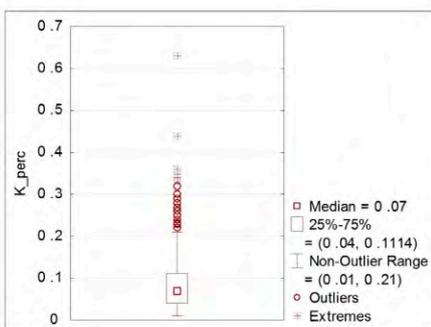
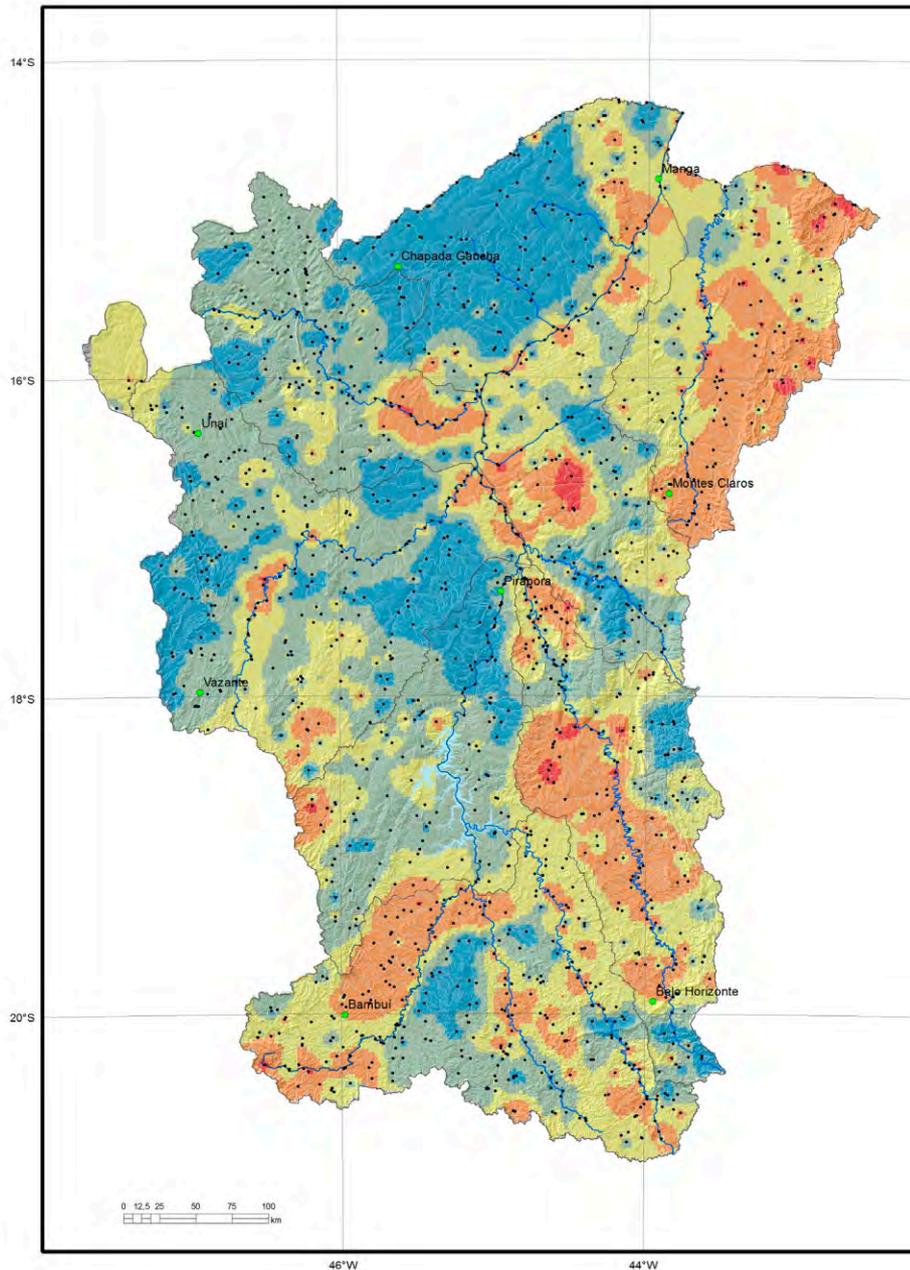
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

K (mg/L)

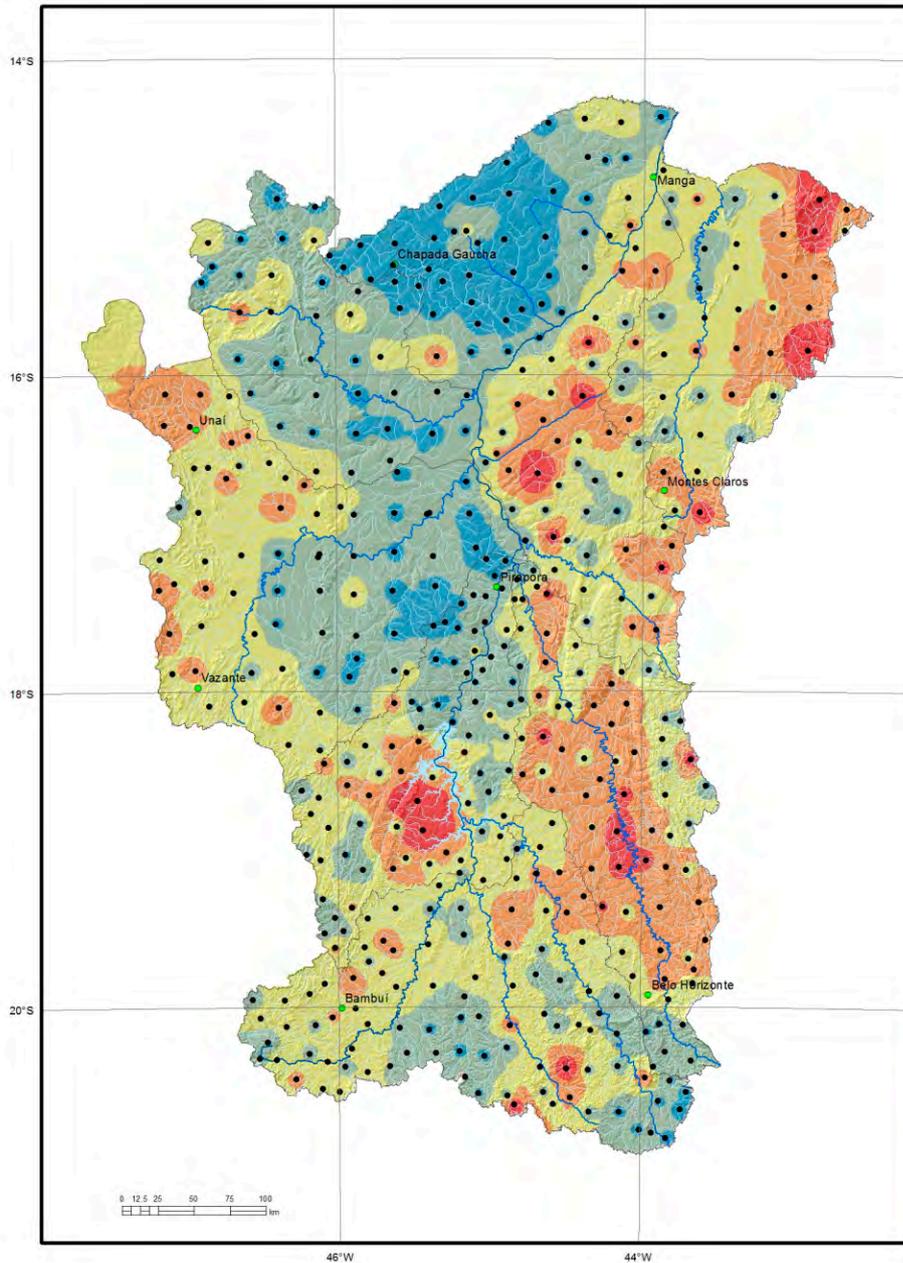
- < 0,238
- 0,238 - 0,901
- 0,901 - 2,980
- 2,980 - 7,090
- > 7,090



Elemento	K (mg/L)
Limite de Detecção	0,005
Número de medidas	1567
Result > Lim Detec	1423
Valor Médio	2,0581
Valor Mínimo	0,901
Valor Máximo	0,0025
Mediana	44,5
Desvio Padrão	3,2609
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-



Elemento	K (%)
Limite de Detecção	0,010
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1476
Valor Médio	0,084
Valor Mínimo	0,010
Valor Máximo	0,630
Mediana	0,070
Desvio Padrão	0,059
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

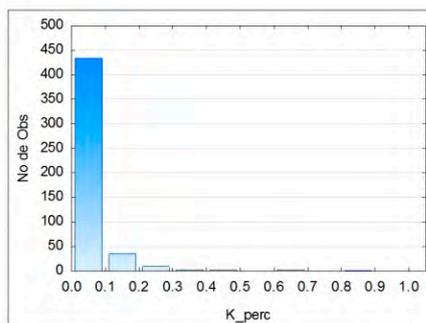
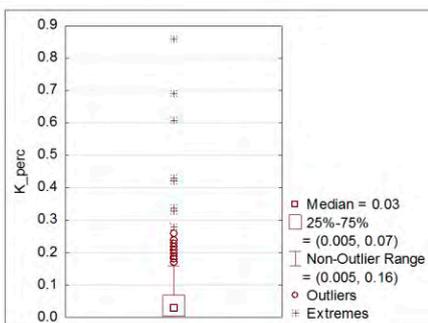


Legenda

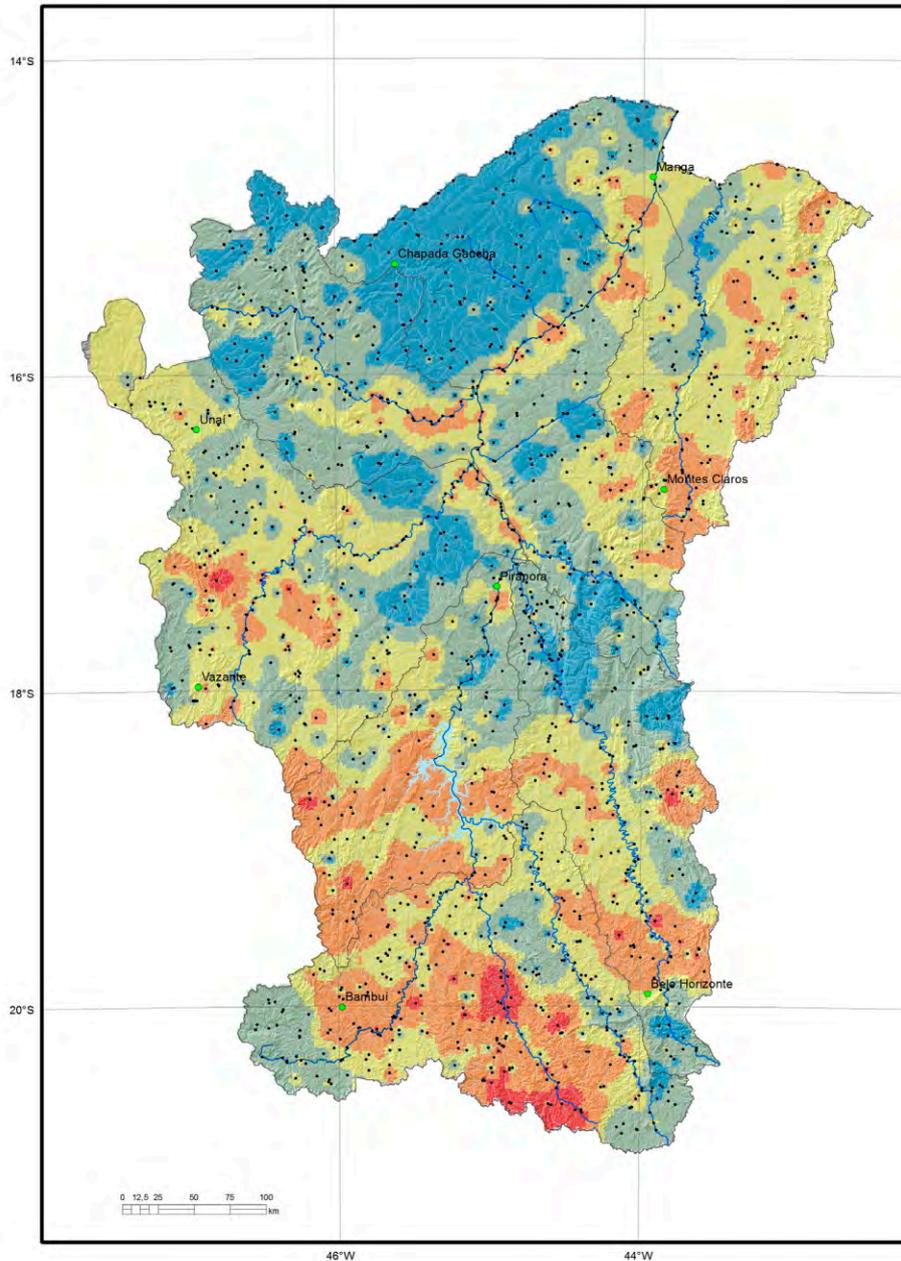
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

K (%)

- < 0,005
- 0,005 - 0,03
- 0,03 - 0,07
- 0,07 - 0,16
- > 0,16



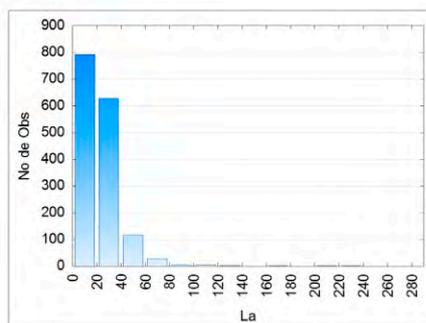
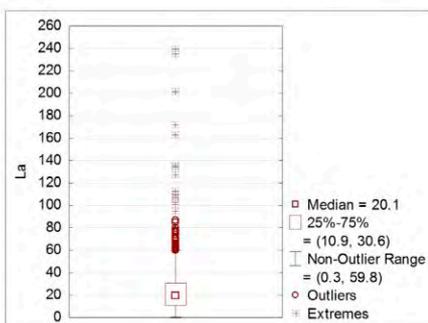
Elemento	K (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	343
Valor Médio	0,05
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,86
Mediana	0,03
Desvio Padrão	0,09
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



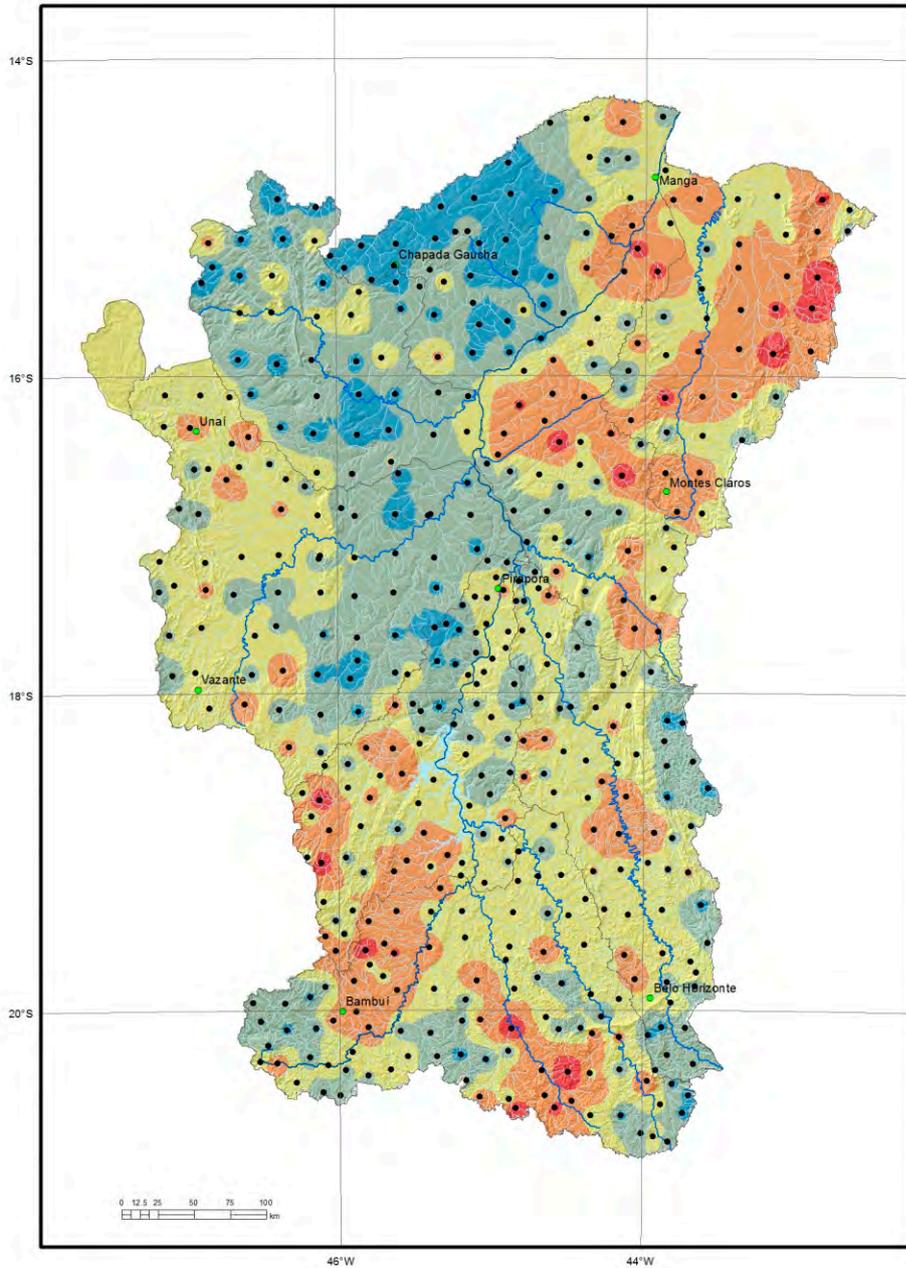
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

La (ppm)



Elemento	La (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1586
Valor Médio	22,88
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	239,00
Mediana	20,10
Desvio Padrão	19,20
CONAMA 454/2012 V. Prev.	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

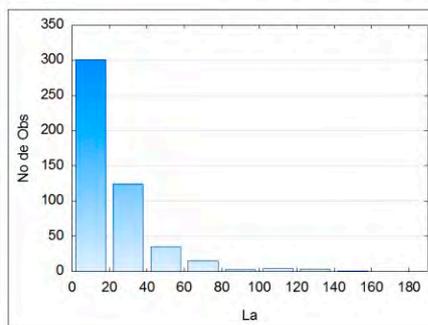
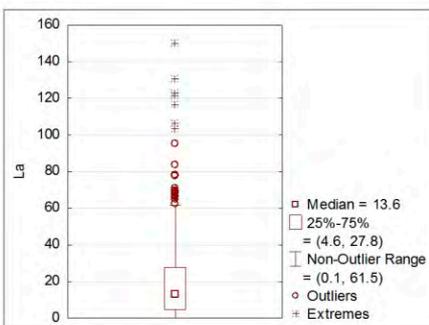


Legenda

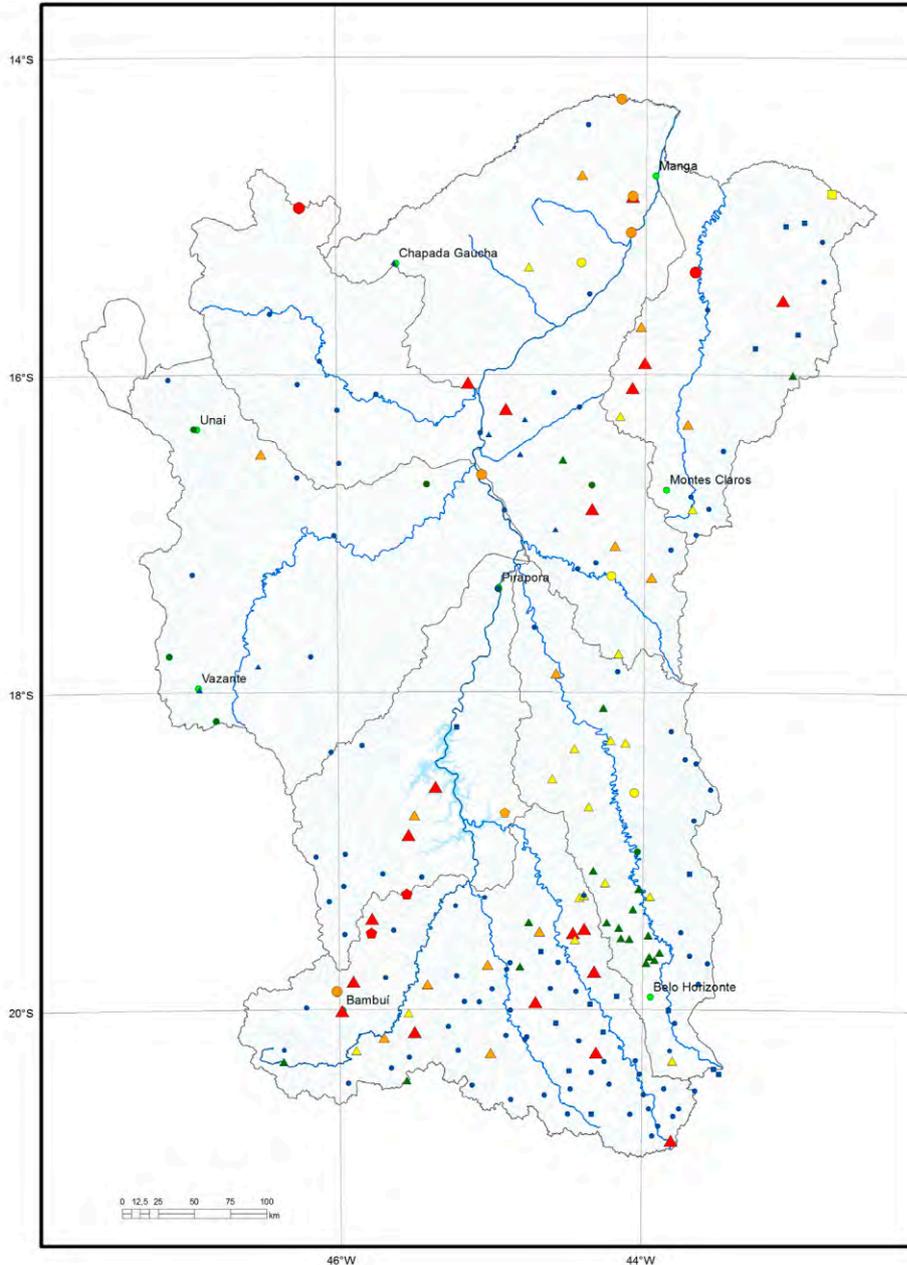
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

La (ppm)

- < 4,6
- 4,6 - 13,6
- 13,6 - 27,8
- 27,8 - 61,5
- > 61,5



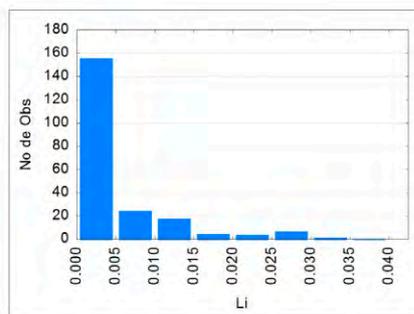
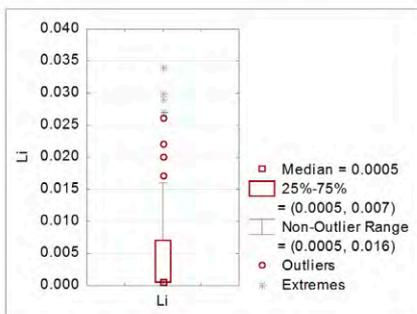
Elemento	La (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	484
Valor Médio	20,03
Valor Mínimo	0,30
Valor Máximo	150,10
Mediana	13,65
Desvio Padrão	21,64
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



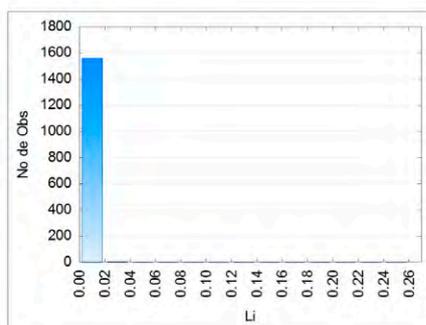
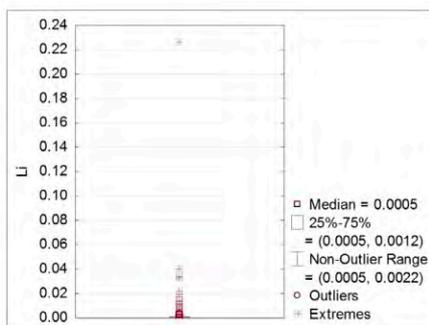
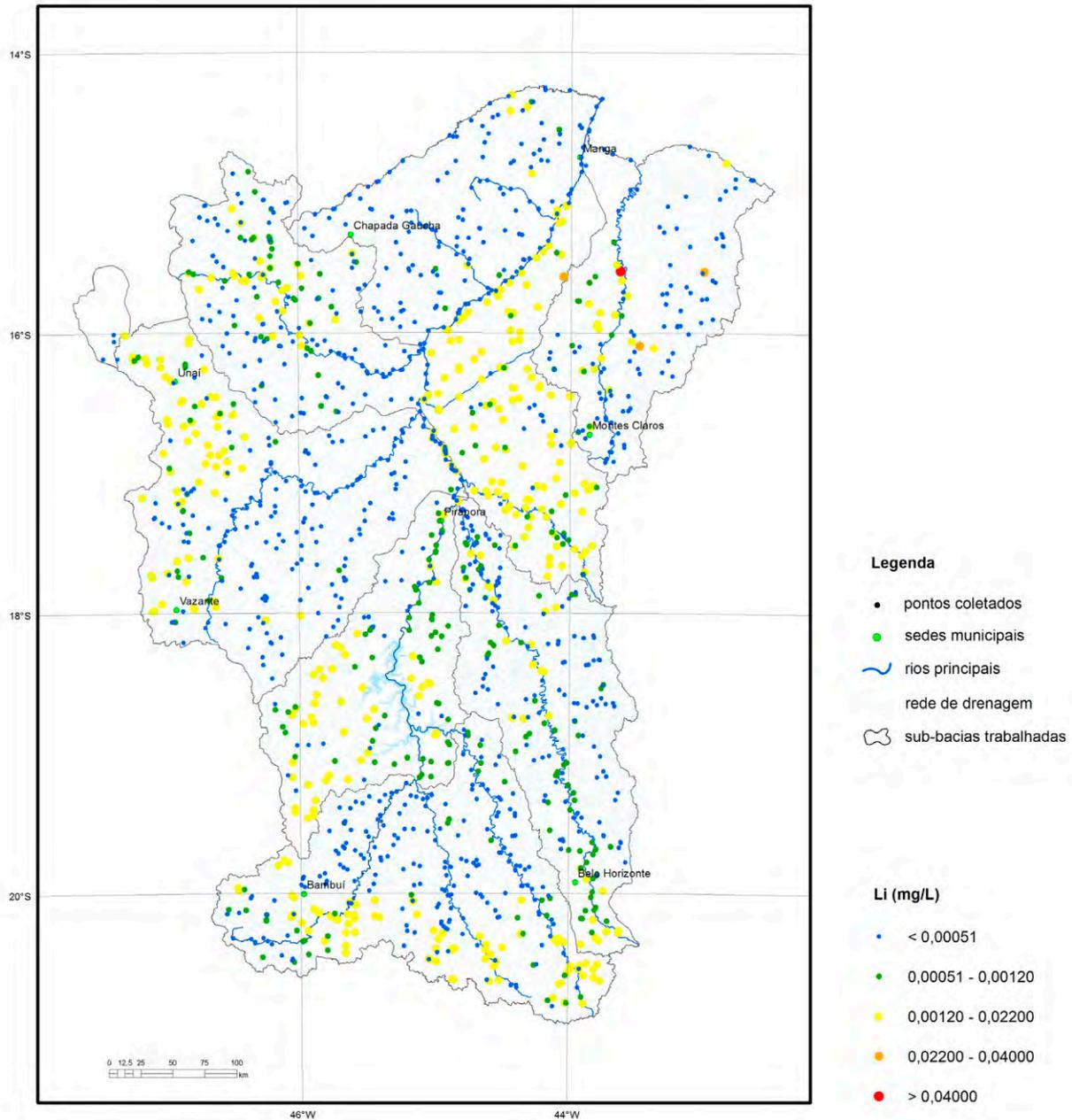
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

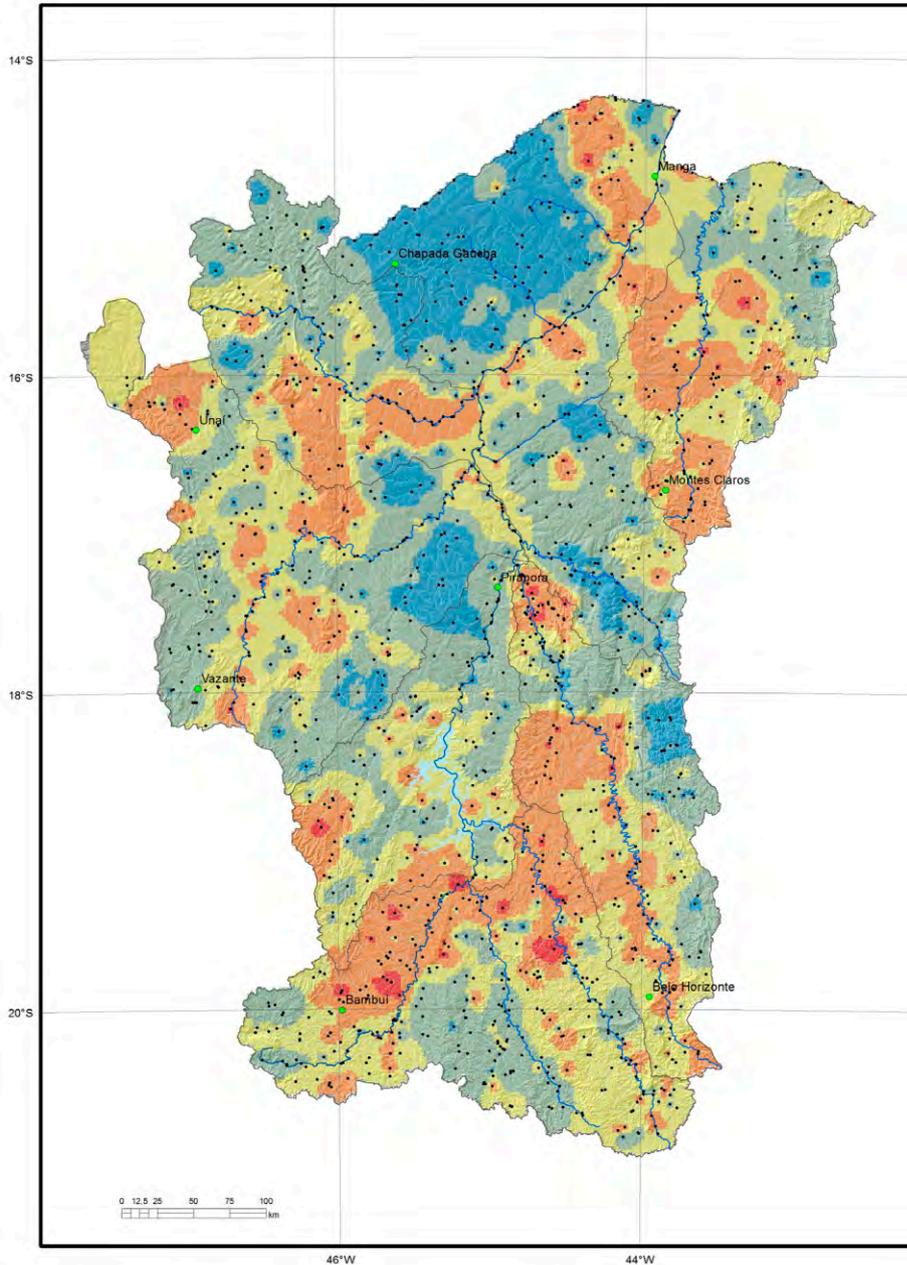
Barragem	Mista	Poço	Rio	Lítio (mg/L)
■	●	▲	◆	< 0,0005
■	●	▲	◆	0,0005 - 0,0030
■	●	▲	◆	0,0030 - 0,0070
■	●	▲	◆	0,0070 - 0,0110
■	●	▲	◆	> 0,0110



Elemento	Li (mg/L)
Limite de Detecção	0,001
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	100
Valor Médio	0,0042
Mediana	0,0005
Valor Mínimo	0,0005
Valor Máximo	0,034
Desvio Padrão	0,0064
Port MS 2914 / 2011	
CONAMA 357/2005 -	2,5
CONAMA 396/2008 -	
WHO 2011	



Elemento	Li (mg/L)
Límite de Detecção	0,001
Número de medidas	1566
Result > Lim Detec	638
Valor Médio	0,0015
Valor Mínimo	0,0005
Valor Máximo	0,2260
Mediana	0,0005
Desvio Padrão	0,0062
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	2,50
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-

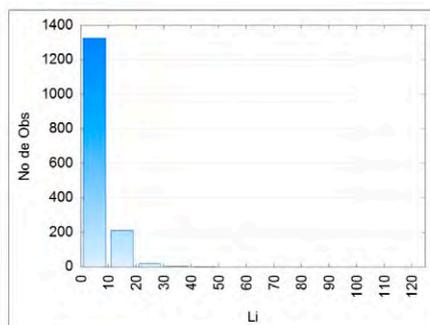
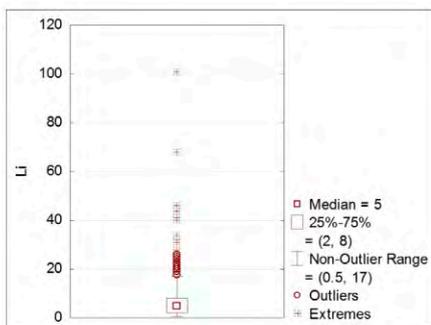


Legenda

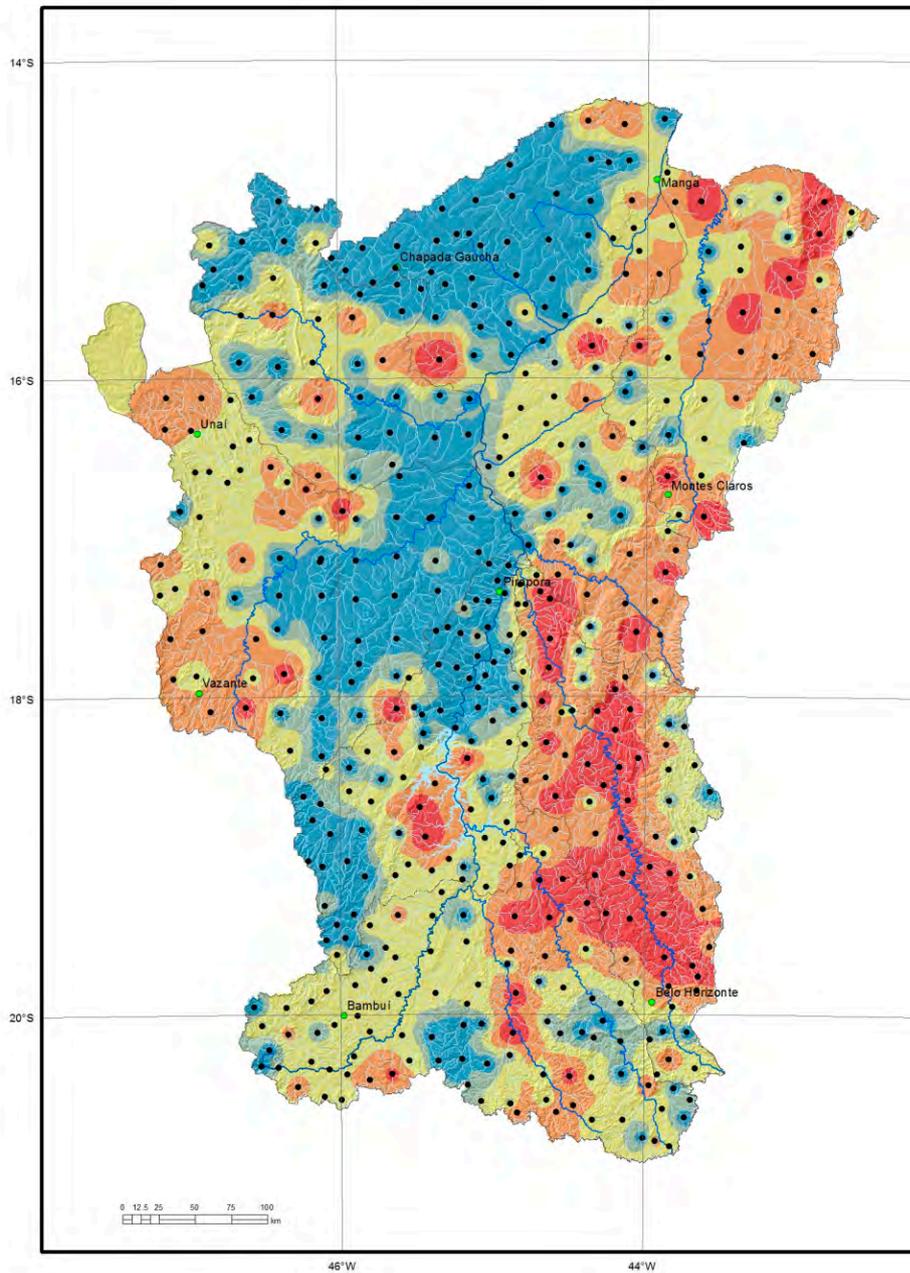
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ~ sub-bacias trabalhadas

Li (ppm)

- < 2
- 2 - 5
- 5 - 8
- 8 - 17
- > 17



Elemento	Li (ppm)
Limite de Detecção	1,0
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1571
Valor Médio	6,2
Valor Mínimo	1,0
Valor Máximo	101,0
Mediana	5,0
Desvio Padrão	5,903
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

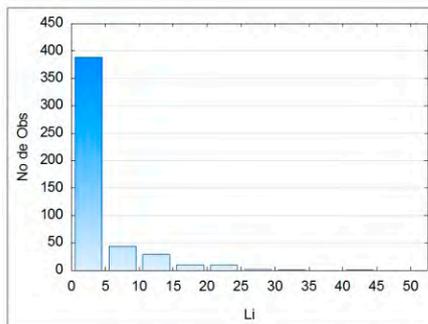
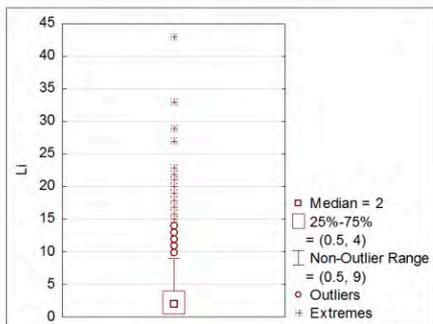


Legenda

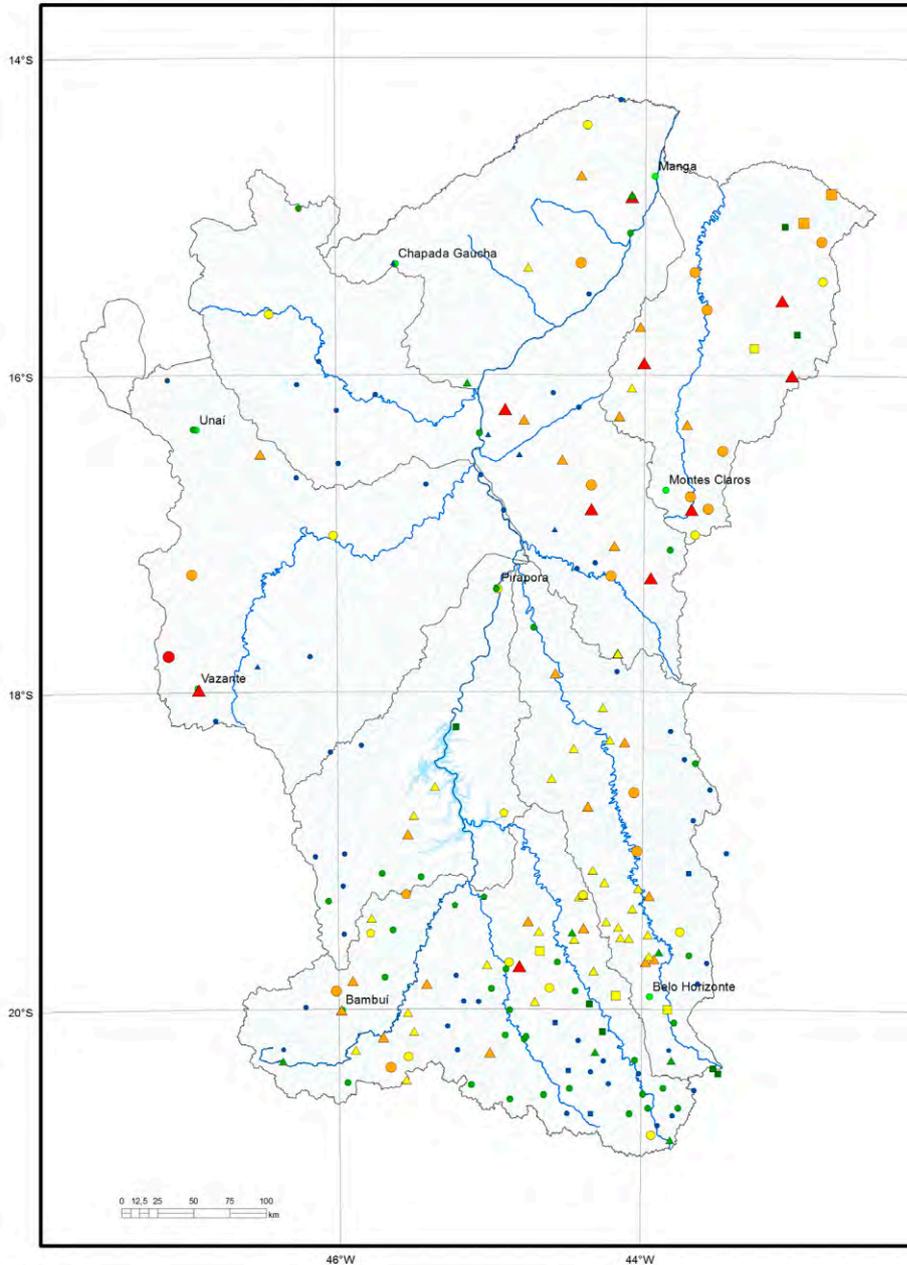
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Li (ppm)

- < 1
- 1 - 2
- 2 - 4
- 4 - 9
- > 9



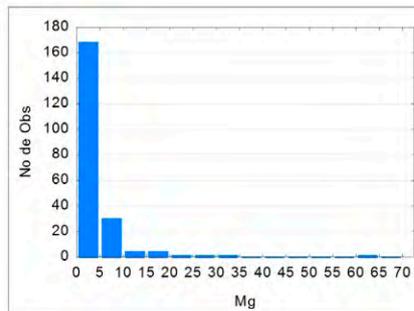
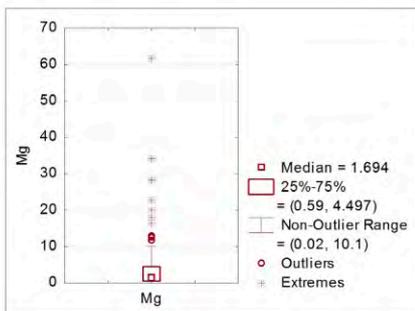
Elemento	Li (ppm)
Limite de Detecção	1,0
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	295
Valor Médio	3,91
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	43,00
Mediana	2,00
Desvio Padrão	6,11
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	2,0



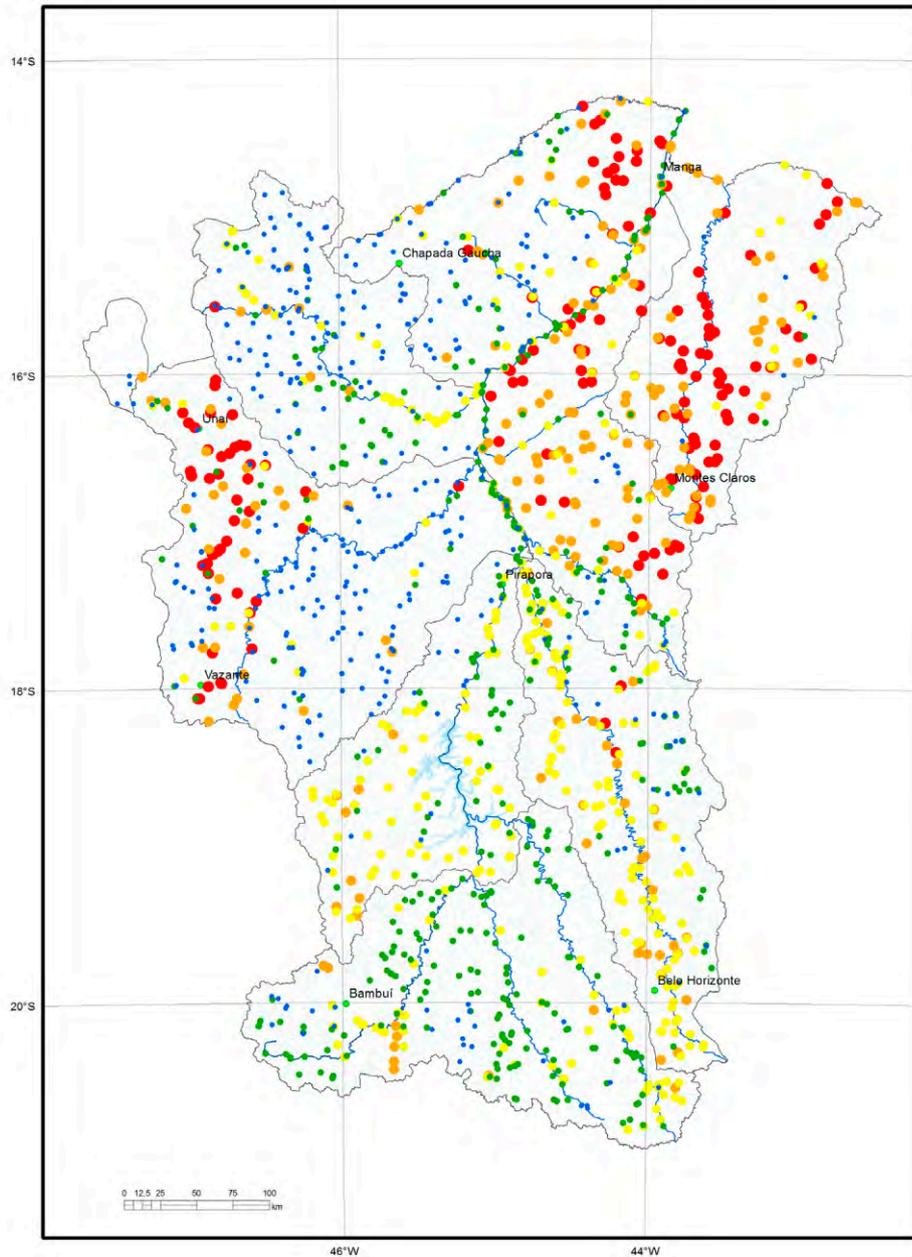
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⬭ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Magnésio (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,590
■	●	▲	●	0,590 - 1,694
■	●	▲	●	1,694 - 4,497
■	●	▲	●	4,497 - 10,100
■	●	▲	●	> 10,100



Elemento	Mg (mg/L)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	203
Valor Médio	36595
Mediana	1588
Valor Mínimo	0,02
Valor Máximo	61,6
Desvio Padrão	6241
Port MS 2914 / 2011	
CONAMA 357/2005 -	
CONAMA 396/2008 -	
WHO 2011	

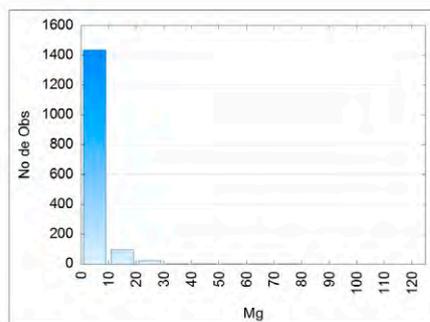
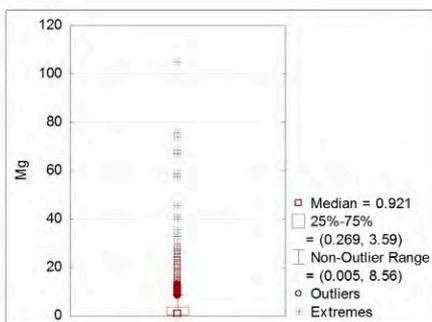


Legenda

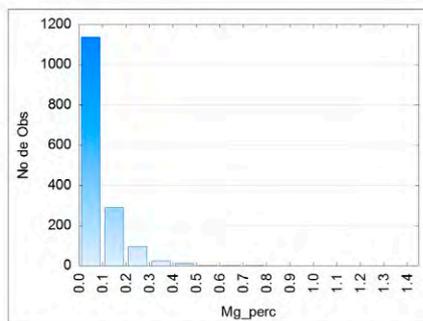
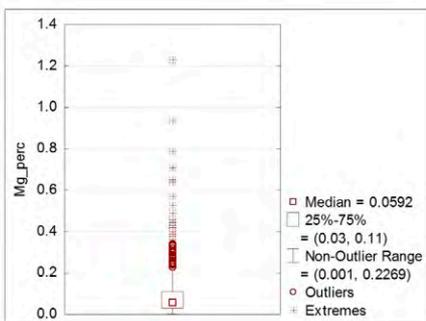
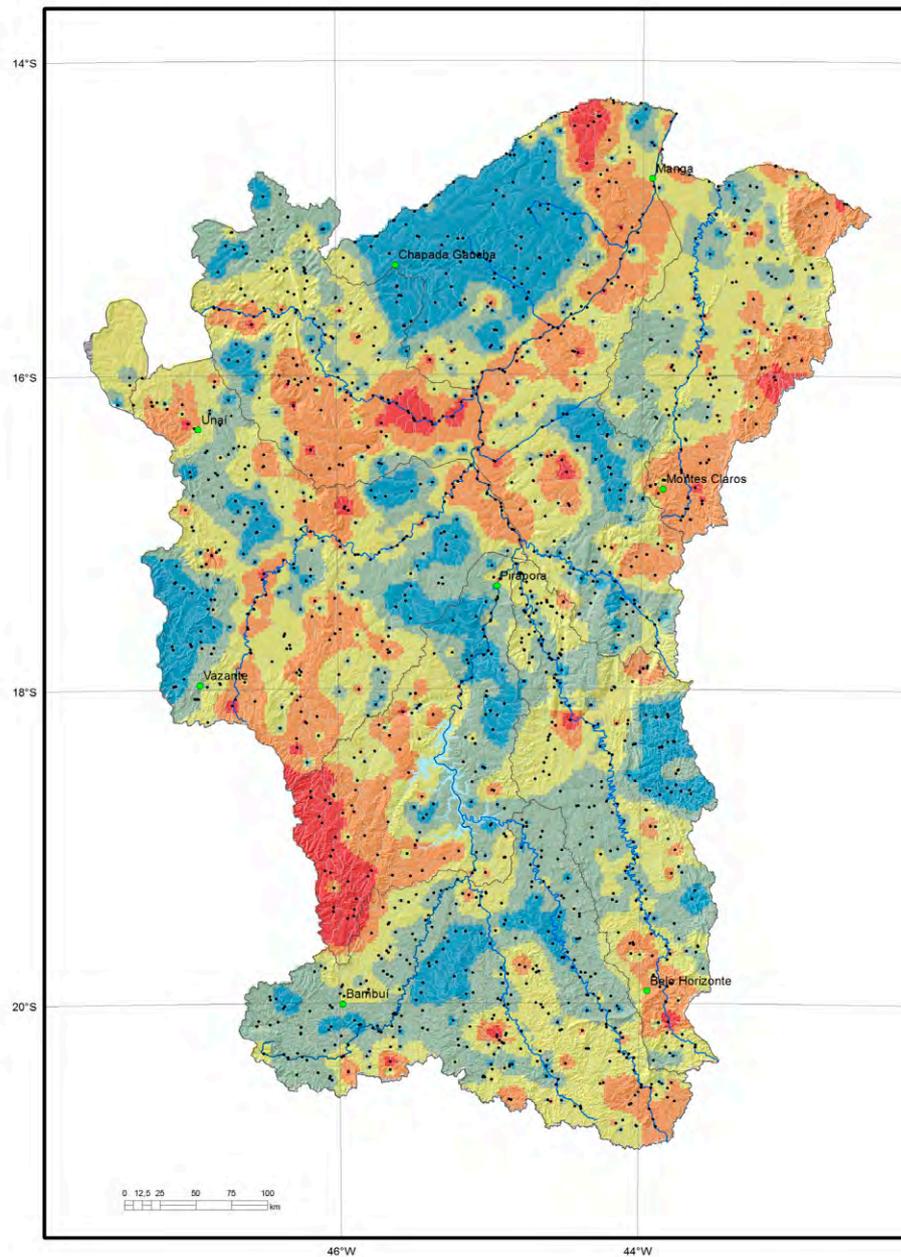
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Mg (mg/L)

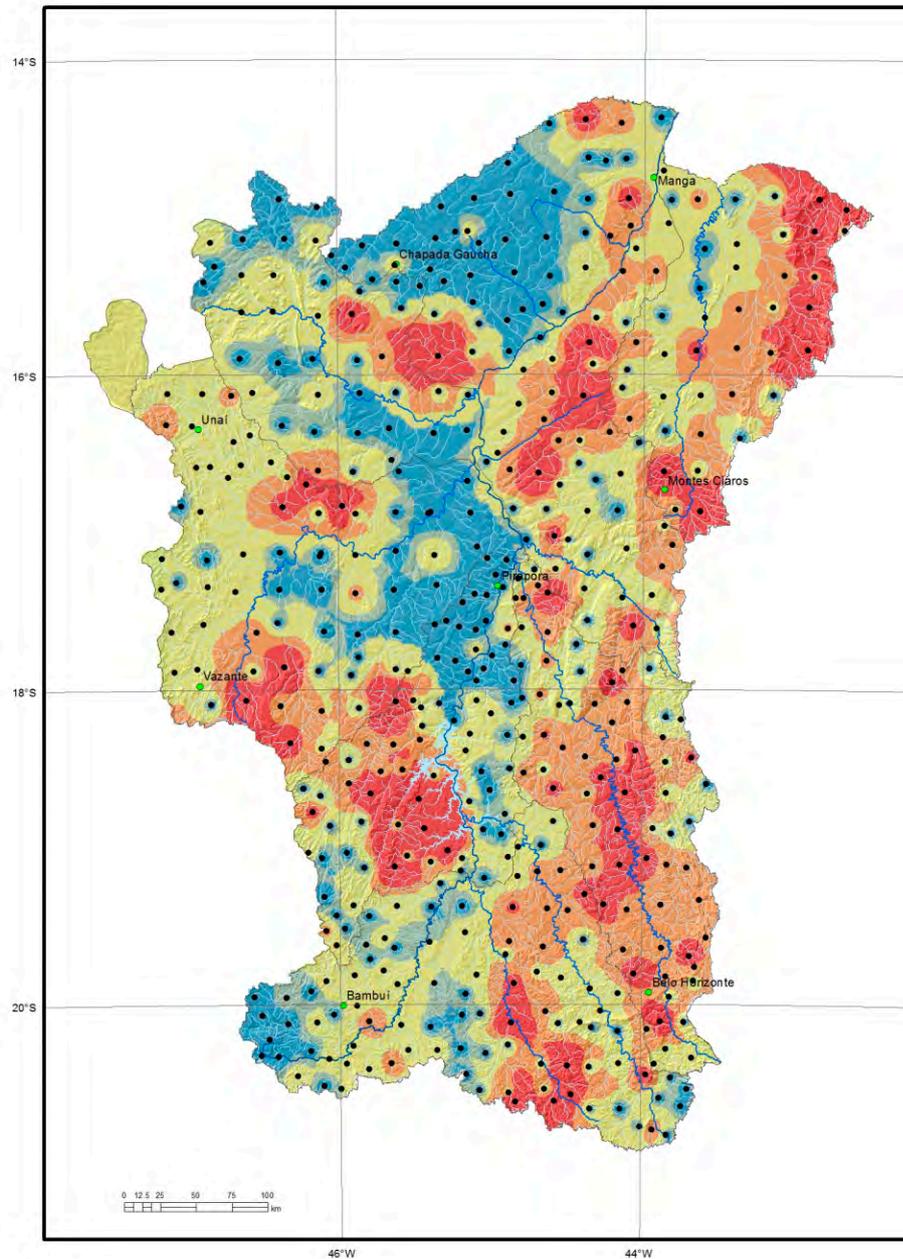
- < 0,269
- 0,269 - 0,921
- 0,921 - 3,590
- 3,590 - 8,560
- > 8,560



Elemento	Mg (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1567
Result > Lim Detec	1421
Valor Médio	3,3025
Valor Mínimo	0,010
Valor Máximo	105
Mediana	0,9210
Desvio Padrão	6,8410
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-



Elemento	Mg (%)
Limite de Detecção	0,010
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1568
Valor Médio	0,085
Valor Mínimo	0,010
Valor Máximo	1,230
Mediana	0,050
Desvio Padrão	0,095
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

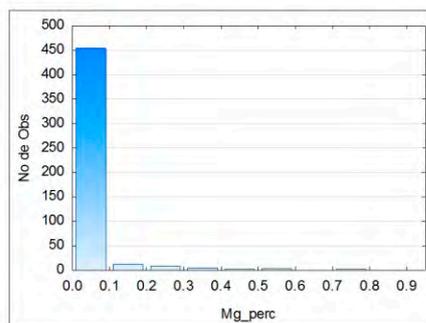
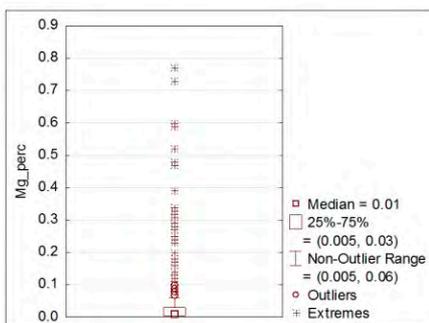


Legenda

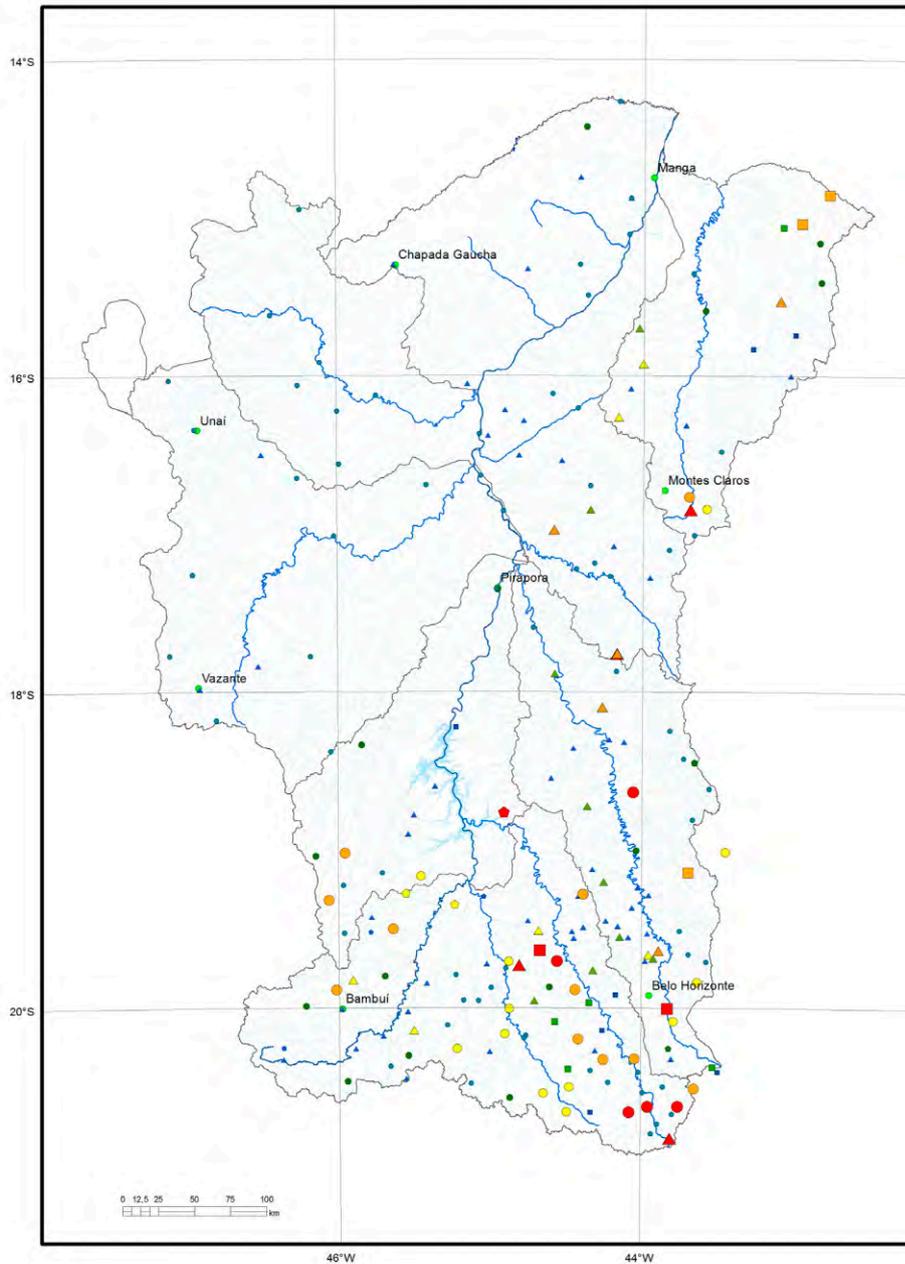
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ~ sub-bacias trabalhadas

Mg (%)

- < 0,005
- 0,005 - 0,010
- 0,010 - 0,030
- 0,030 - 0,060
- > 0,060



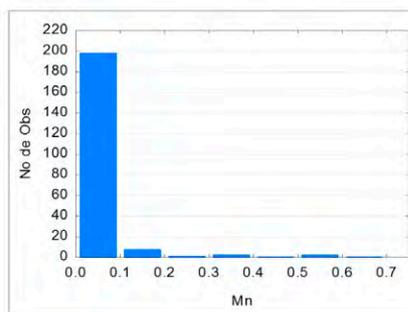
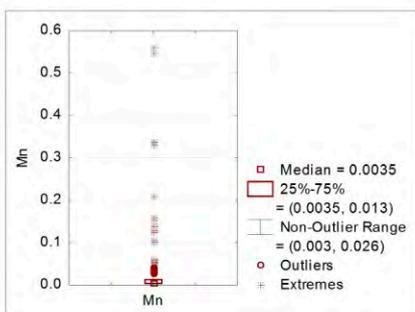
Elemento	Mg (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	264
Valor Médio	0,04
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,77
Mediana	0,01
Desvio Padrão	0,11
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



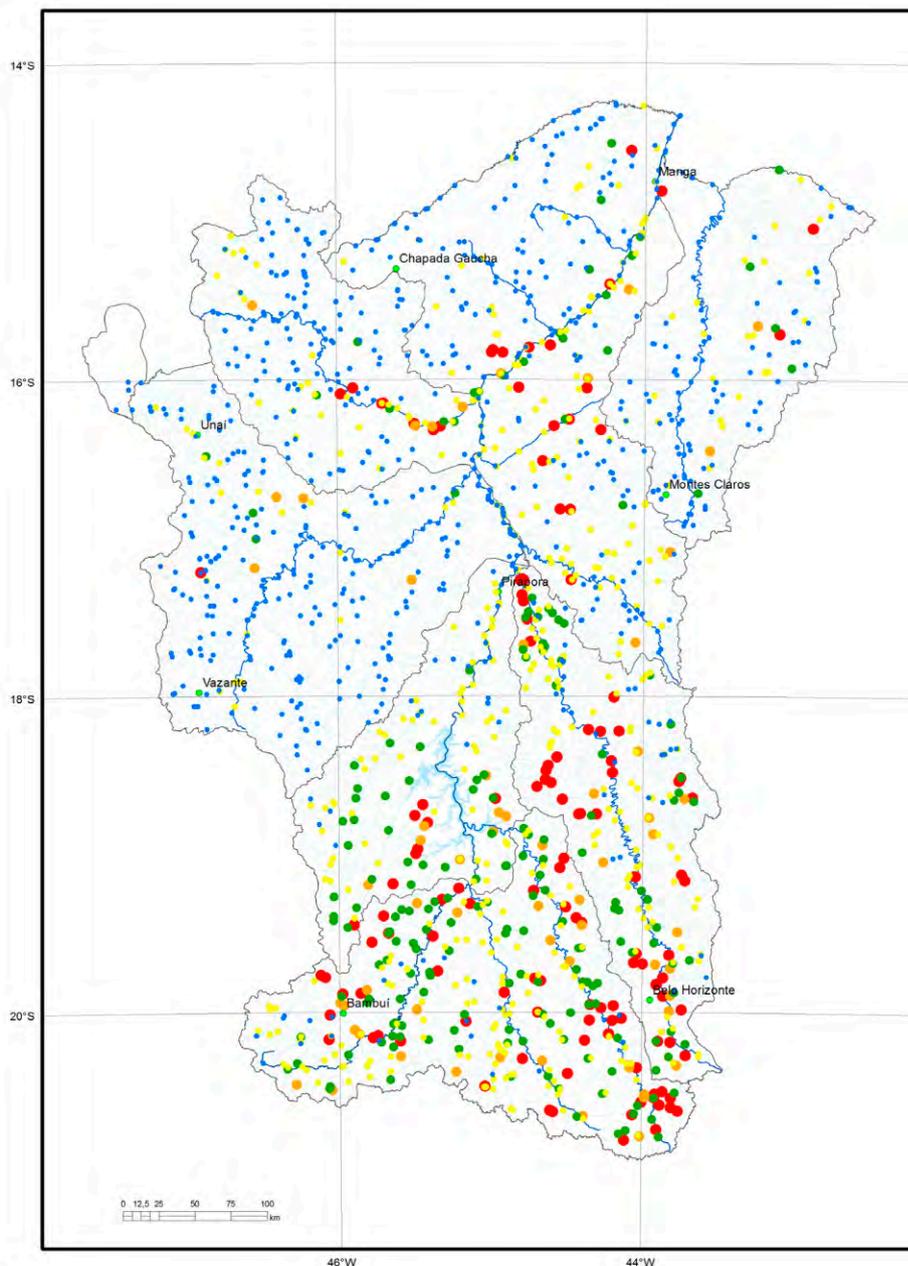
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Manganês (mg/L)
■	●	▲	▲	< 0,0035
■	●	▲	▲	0,0035 - 0,0130
■	●	▲	▲	0,0130 - 0,0260
■	●	▲	▲	0,0260 - 0,1000
■	●	▲	▲	> 0,1000



Elemento	Mn (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	104
Valor Médio	0,024
Mediana	0,0035
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	0,56
Desvio Padrão	0,0687
Port MS 2914 / 2011	0,10
CONAMA 357/2005 -	0,10
CONAMA 396/2008 -	0,10
WHO 2011	

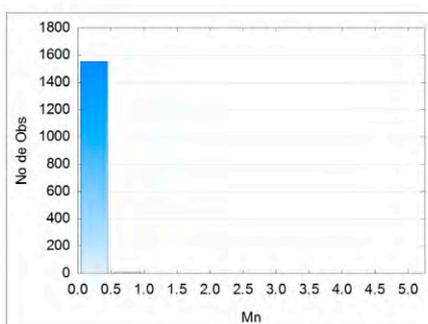
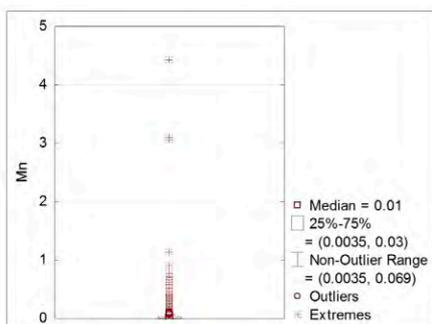


Legenda

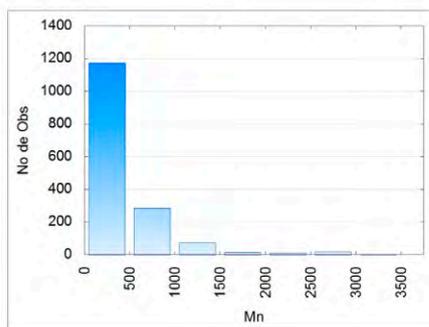
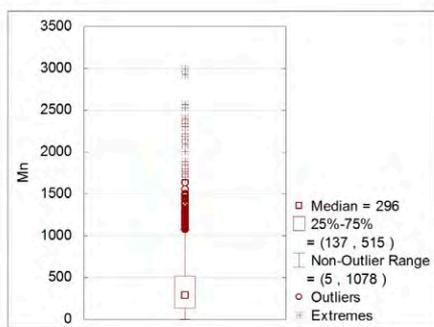
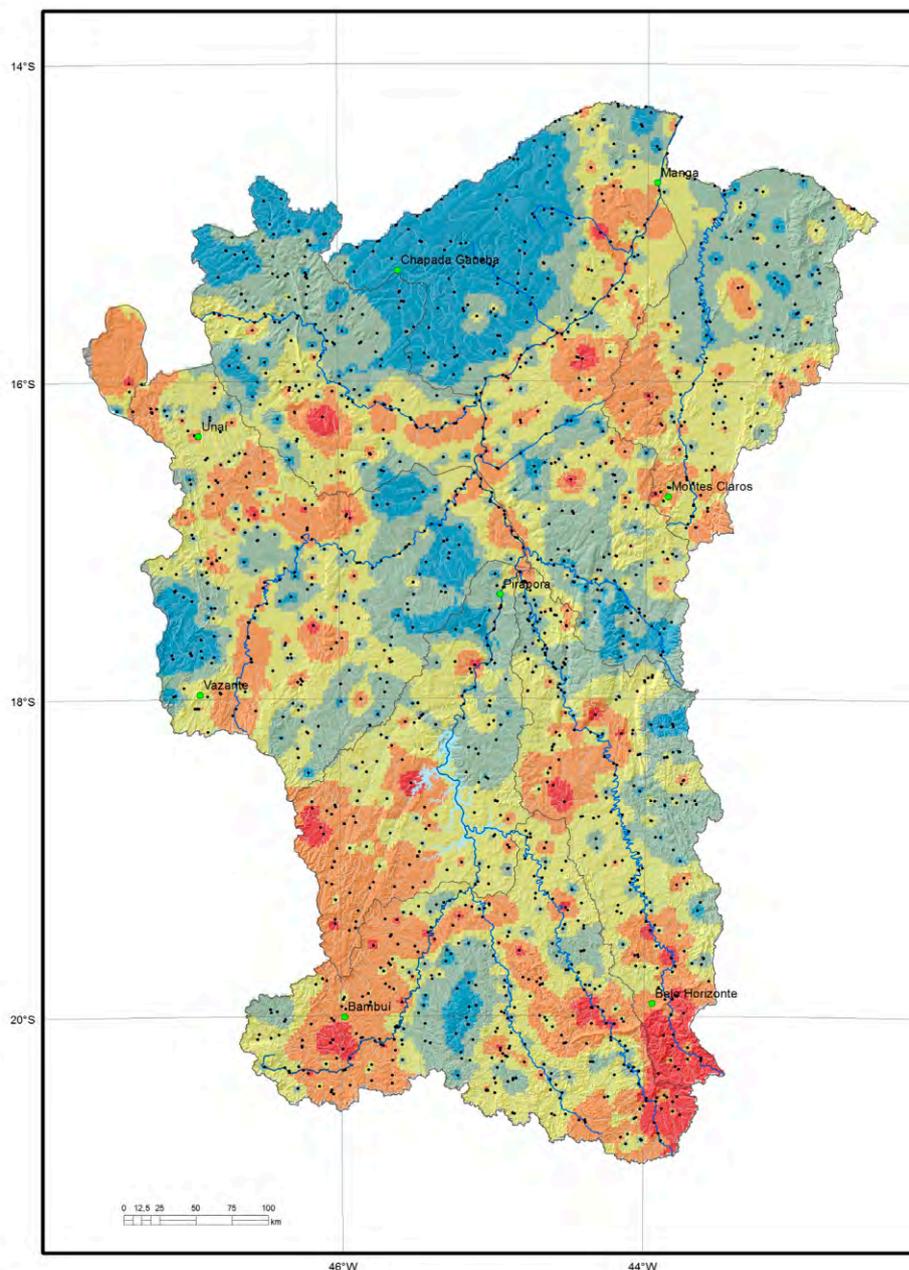
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⬭ sub-bacias trabalhadas

Mn (mg/L)

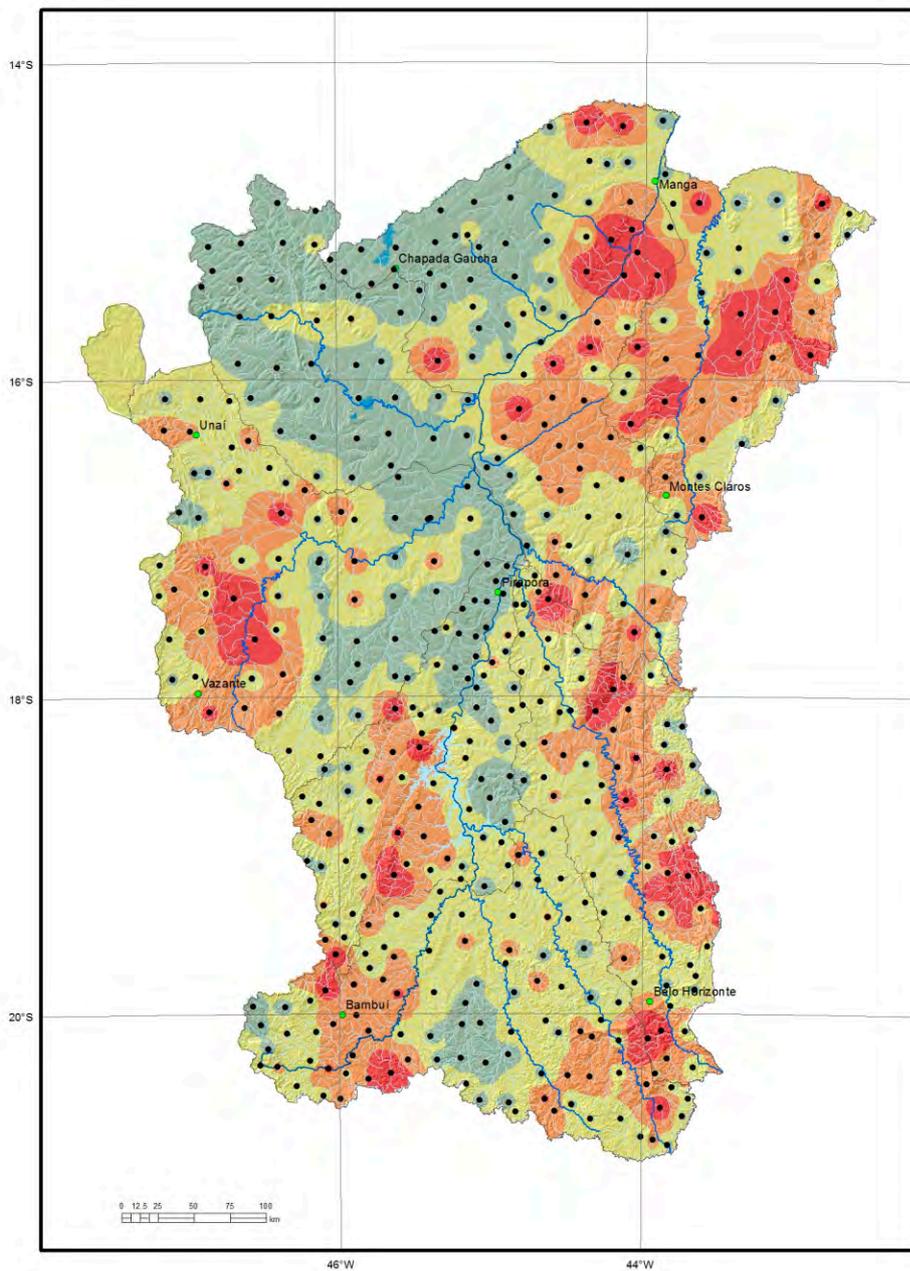
- < 0,0036
- 0,0036 - 0,0300
- 0,0300 - 0,0690
- 0,0690 - 0,1000
- > 0,1000



Elemento	Mn (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	1564
Result > Lim Detec	801
Valor Médio	0,0412
Valor Mínimo	0,0035
Valor Máximo	4,4390
Mediana	0,0035
Desvio Padrão	0,1754
Port MS 2914 / 2011	0,1000
CONAMA 357/2005 -	0,1000
CONAMA 396/2008 -	0,1000
WHO 2011	-



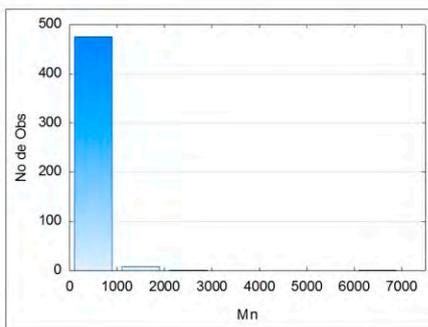
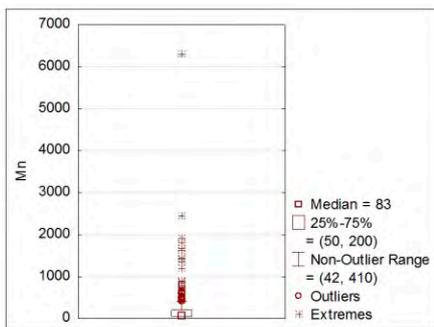
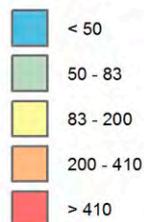
Elemento	Mn (ppm)
Limite de Detecção	5,00
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1570
Valor Médio	418,78
Valor Mínimo	2,50
Valor Máximo	10000
Mediana	296
Desvio Padrão	537,38
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	630



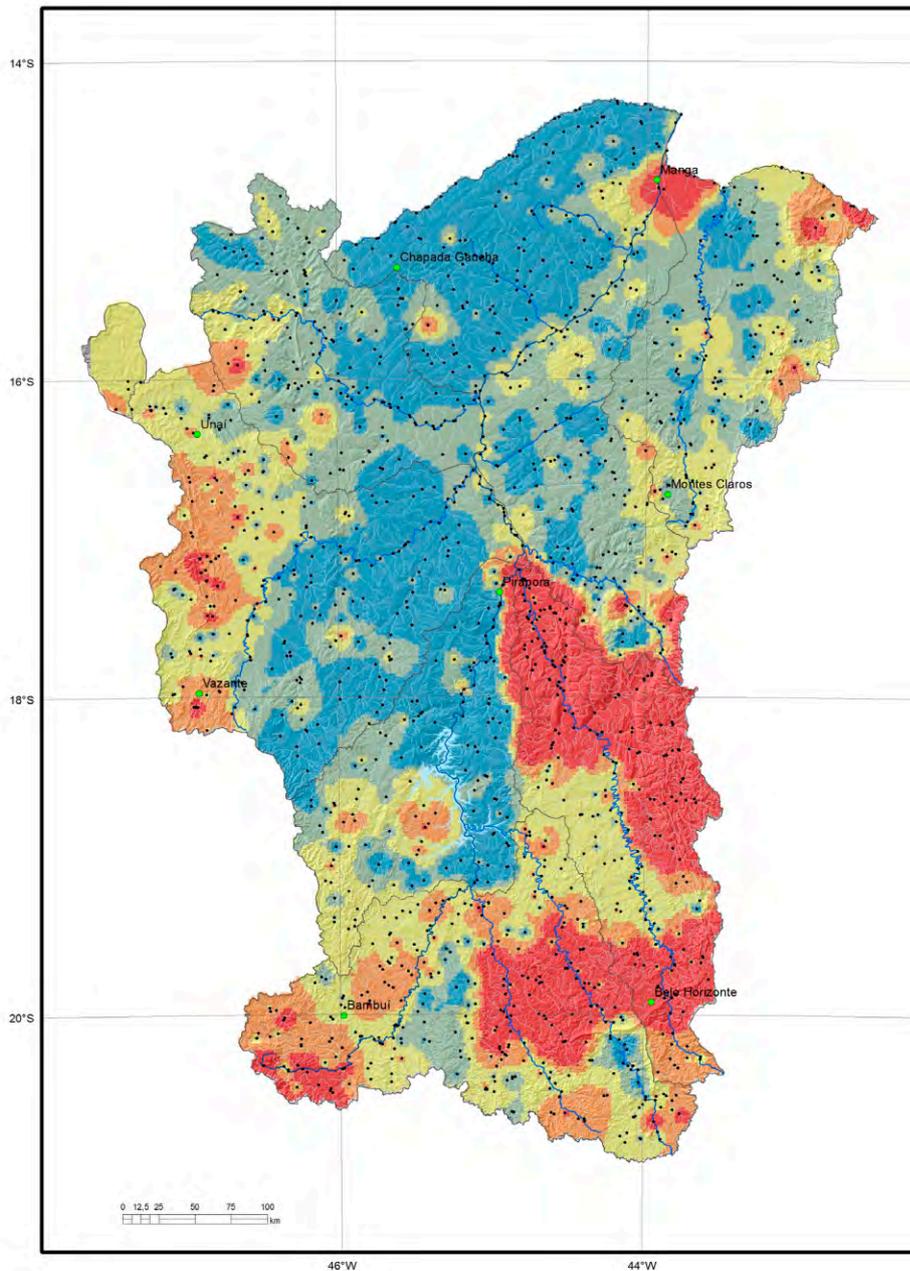
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Mn (ppm)



Elemento	Mn (ppm)
Limite de Detecção	100,0
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	293
Valor Médio	199,19
Valor Mínimo	50,00
Valor Máximo	6312,00
Mediana	83,0
Desvio Padrão	386,52
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	330,0

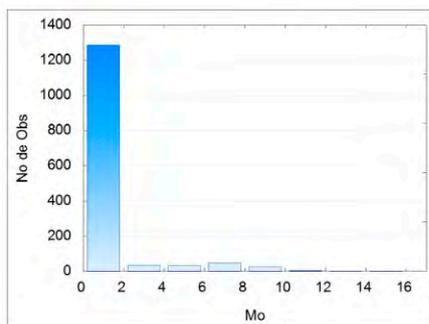
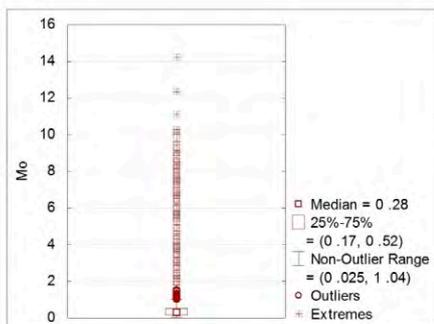


Legenda

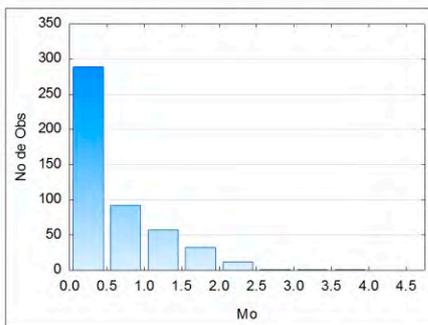
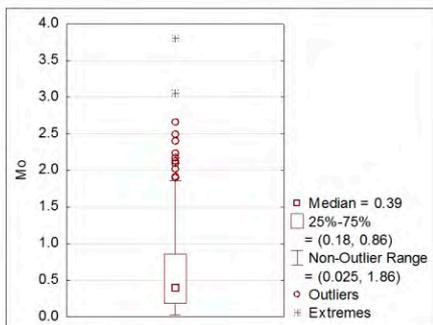
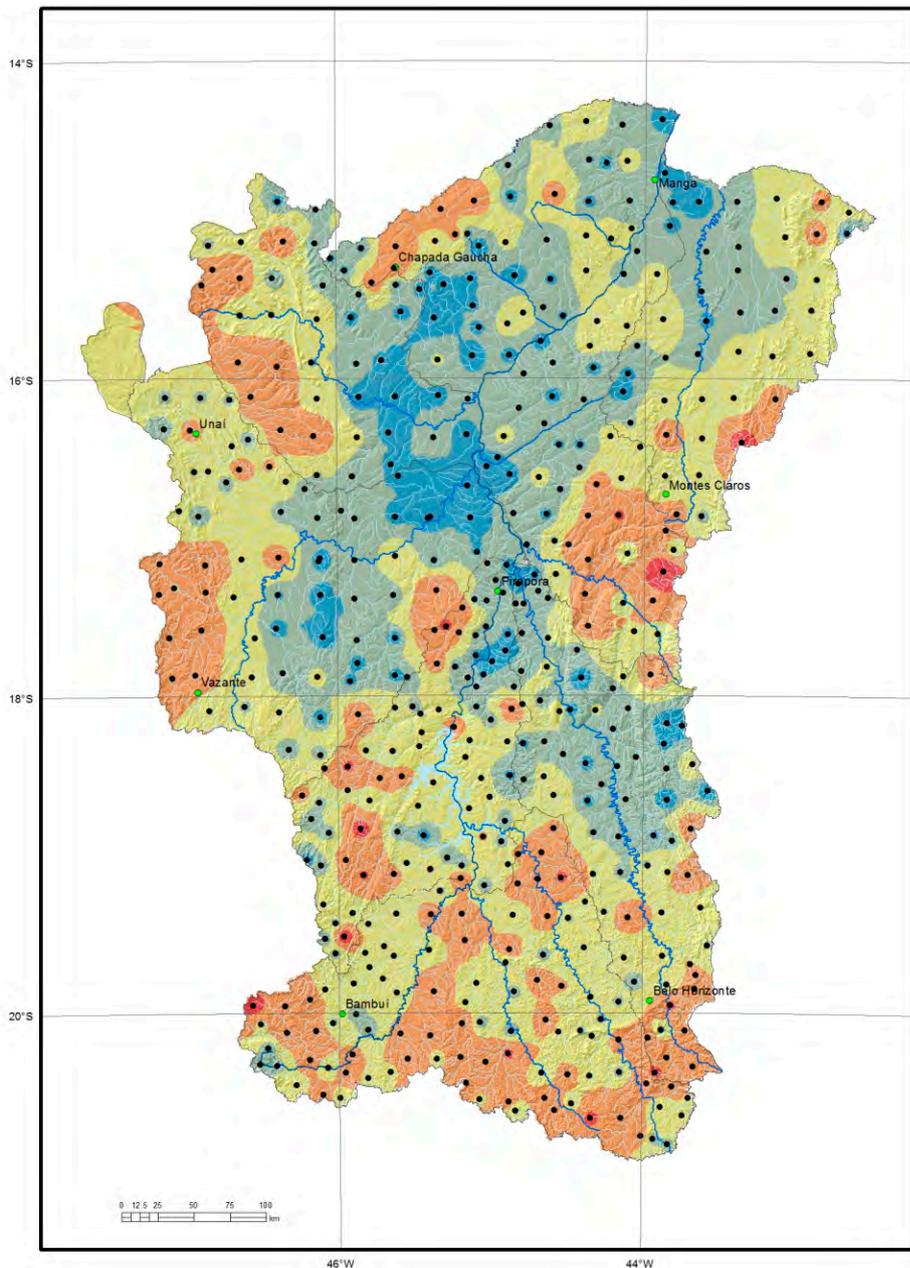
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Mo (ppm)

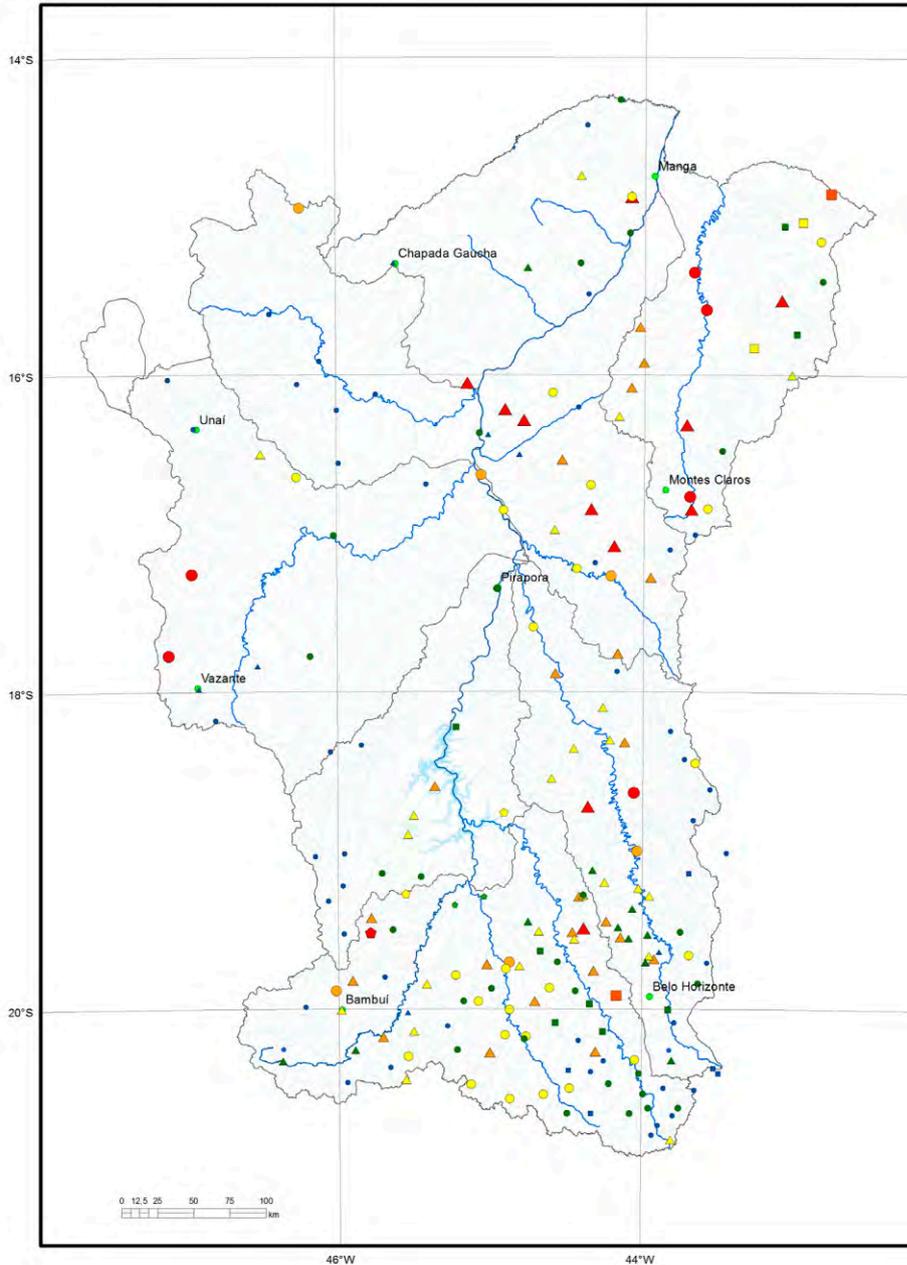
- < 0,17
- 0,17 - 0,28
- 0,28 - 0,52
- 0,52 - 1,04
- > 1,04



Elemento	Mo (ppm)
Limite de Detecção	0,050
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1432
Valor Médio	0,934
Valor Mínimo	0,050
Valor Máximo	14,23
Mediana	0,250
Desvio Padrão	1,957
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



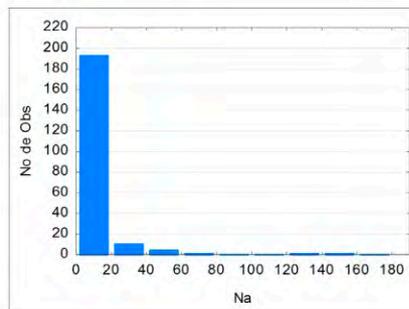
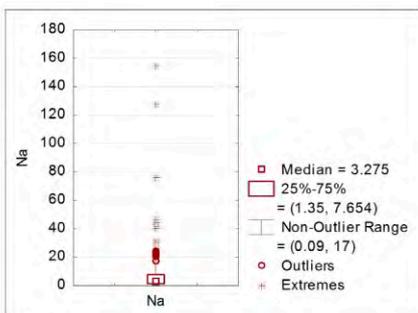
Elemento	Mo (ppm)
Límite de Detecção	0.05
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	476
Valor Médio	0.61
Valor Mínimo	0.05
Valor Máximo	3.81
Mediana	0.39
Desvio Padrão	0.58
CONAMA 454/2012 - V.Prev	30.0
VRQ FEAM-MG	0.90
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	3.00



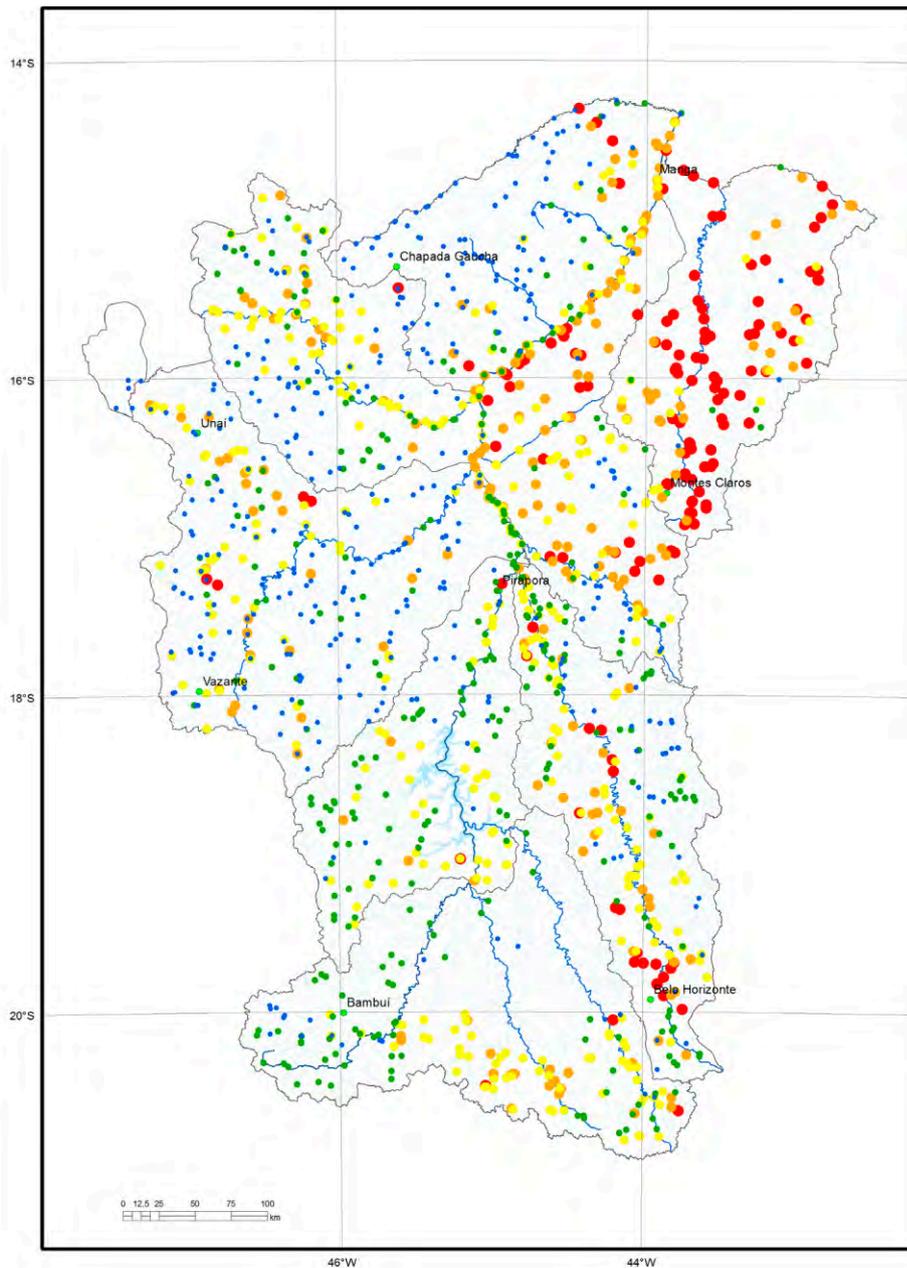
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⬭ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Sódio (mg/L)
■	●	▲	◆	< 1,350
■	●	▲	◆	1,350 - 3,275
■	●	▲	◆	3,275 - 7,654
■	●	▲	◆	7,654 - 17,000
■	●	▲	◆	> 17,000



Elemento	Na (mg/L)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	203
Result > Lim Detec	203
Valor Médio	7733
Mediana	3228
Valor Mínimo	0,09
Valor Máximo	155
Desvio Padrão	16385
Port MS 2914 / 2011	200
CONAMA 357/2005 -	
CONAMA 396/2008 -	200
WHO 2011	50

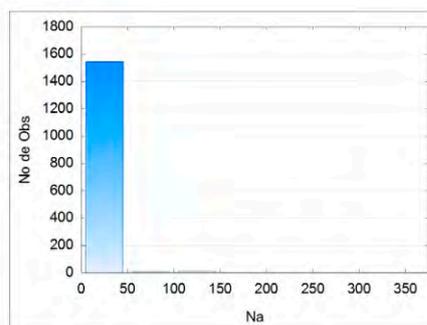
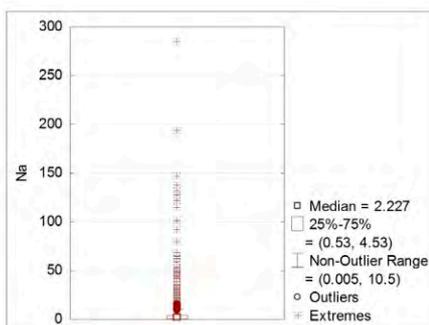


Legenda

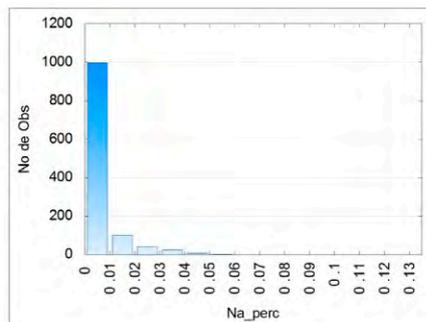
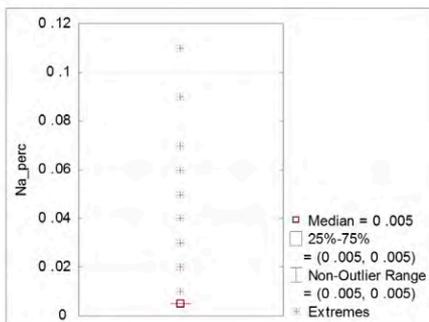
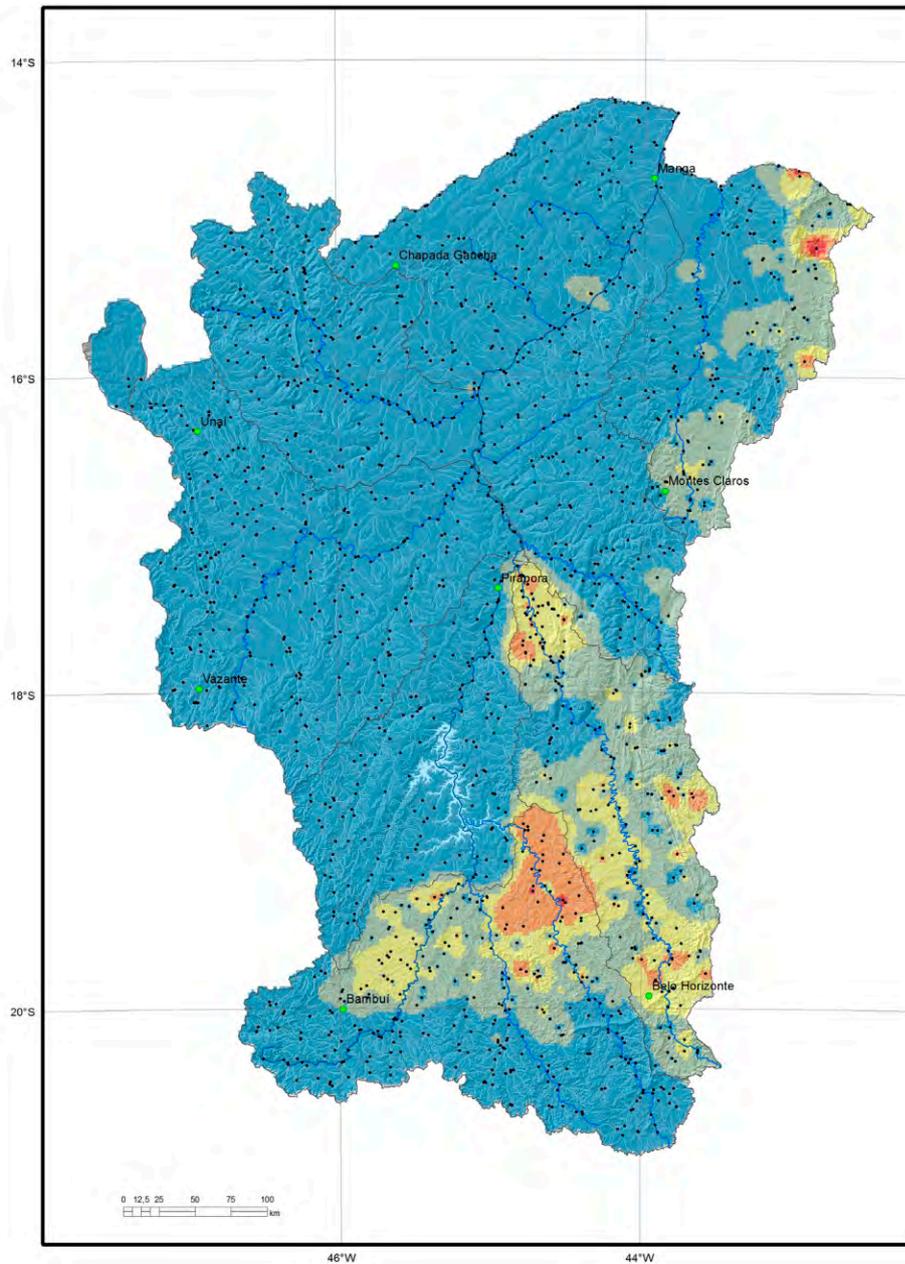
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Na (mg/L)

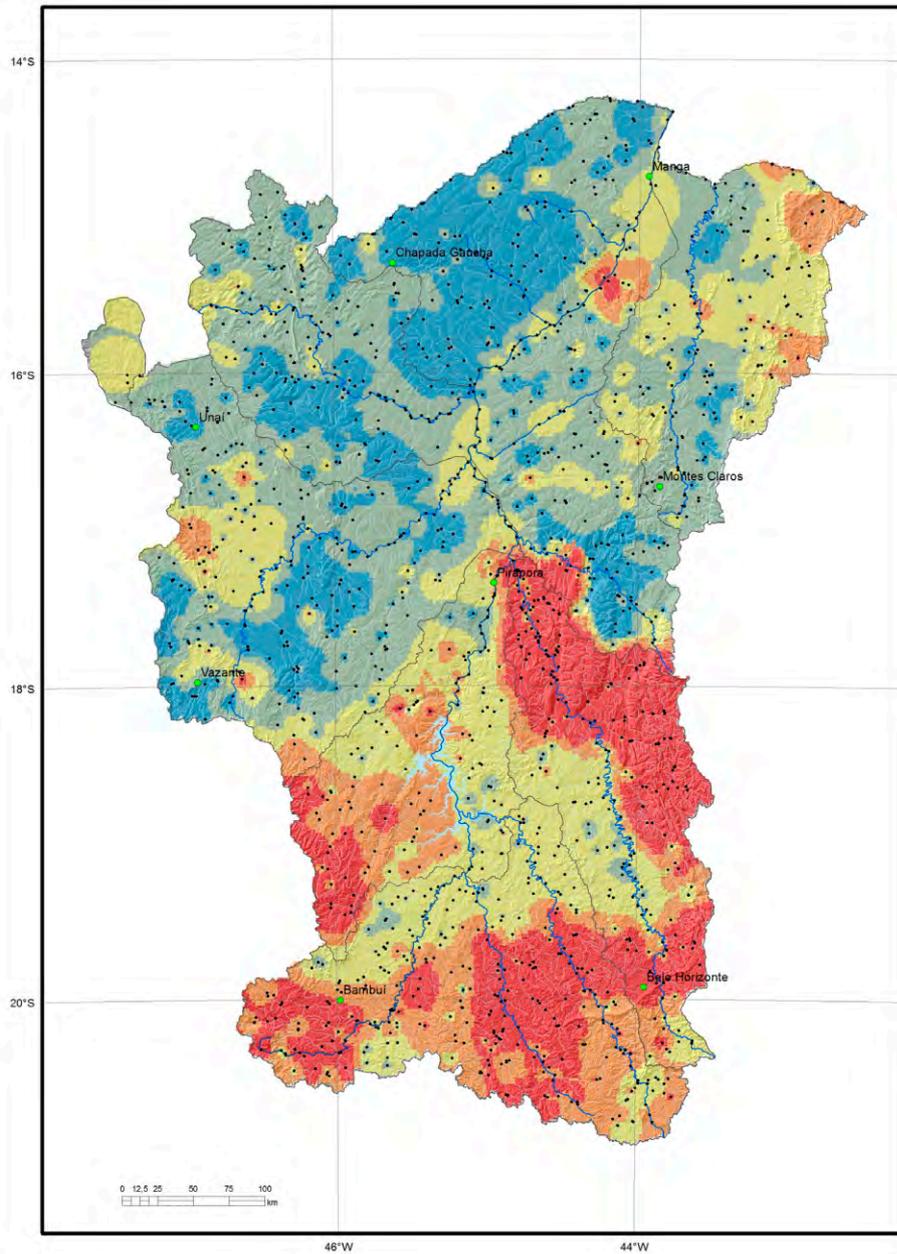
- < 0,530
- 0,530 - 2,227
- 2,227 - 4,530
- 4,530 - 10,500
- > 10,500



Elemento	Na (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1566
Result > Lim Detec	1413
Valor Médio	5,4491
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	285
Mediana	2,227
Desvio Padrão	15,1859
Port MS 2914 / 2011	200
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	200
WHO 2011	50



Elemento	Na (%)
Limite de Detecção	0,0100
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	251
Valor Médio	0,0078
Valor Mínimo	0,0050
Valor Máximo	0,1100
Mediana	0,0050
Desvio Padrão	0,0084
CONAMA 454/2012 V. Prev.	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

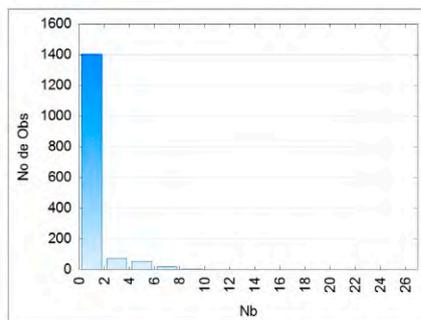
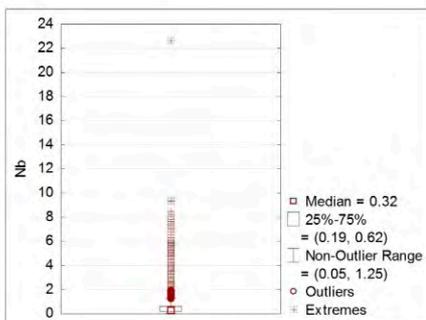


Legenda

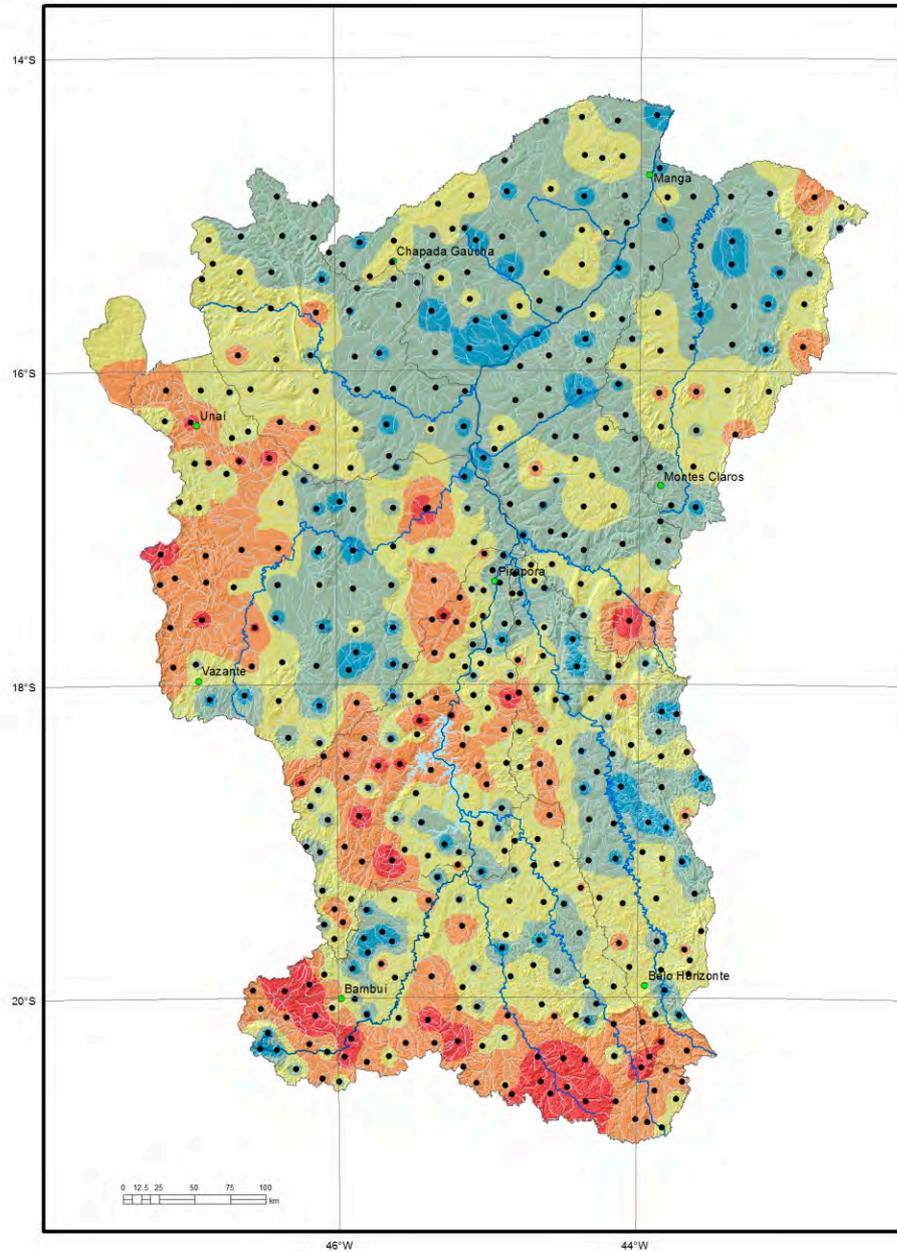
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊕ sub-bacias trabalhadas

Nb (ppm)

- < 0,19
- 0,19 - 0,32
- 0,32 - 0,62
- 0,62 - 1,25
- > 1,25



Elemento	Nb (ppm)
Limite de Detecção	0,050
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1556
Valor Médio	0,810
Valor Mínimo	0,050
Valor Máximo	22,610
Mediana	0,320
Desvio Padrão	1,462
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

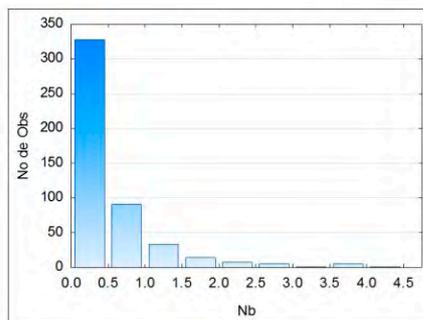
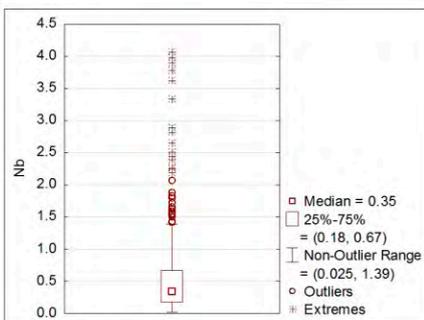


Legenda

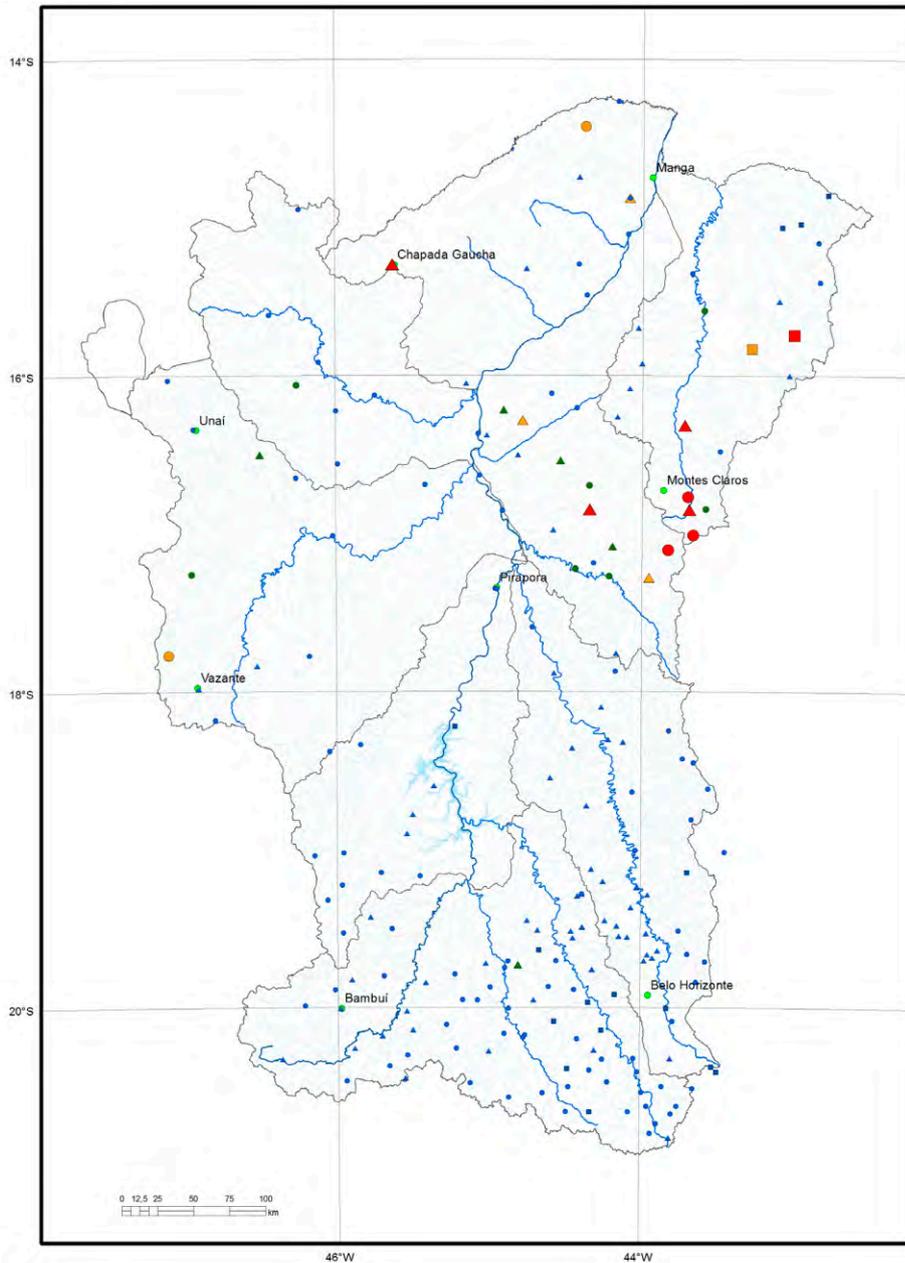
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Nb (ppm)

- < 0,18
- 0,18 - 0,35
- 0,35 - 0,67
- 0,67 - 1,39
- > 1,39



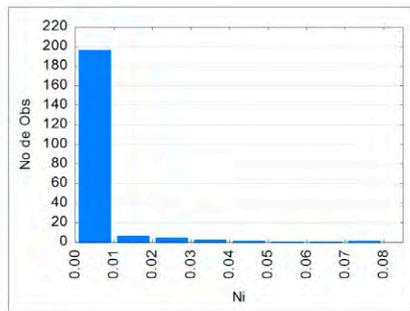
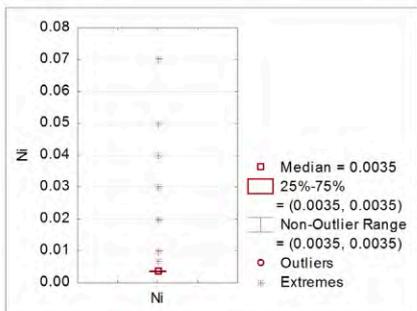
Elemento	Nb (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	462
Valor Médio	0,54
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	4,07
Mediana	0,35
Desvio Padrão	0,63
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



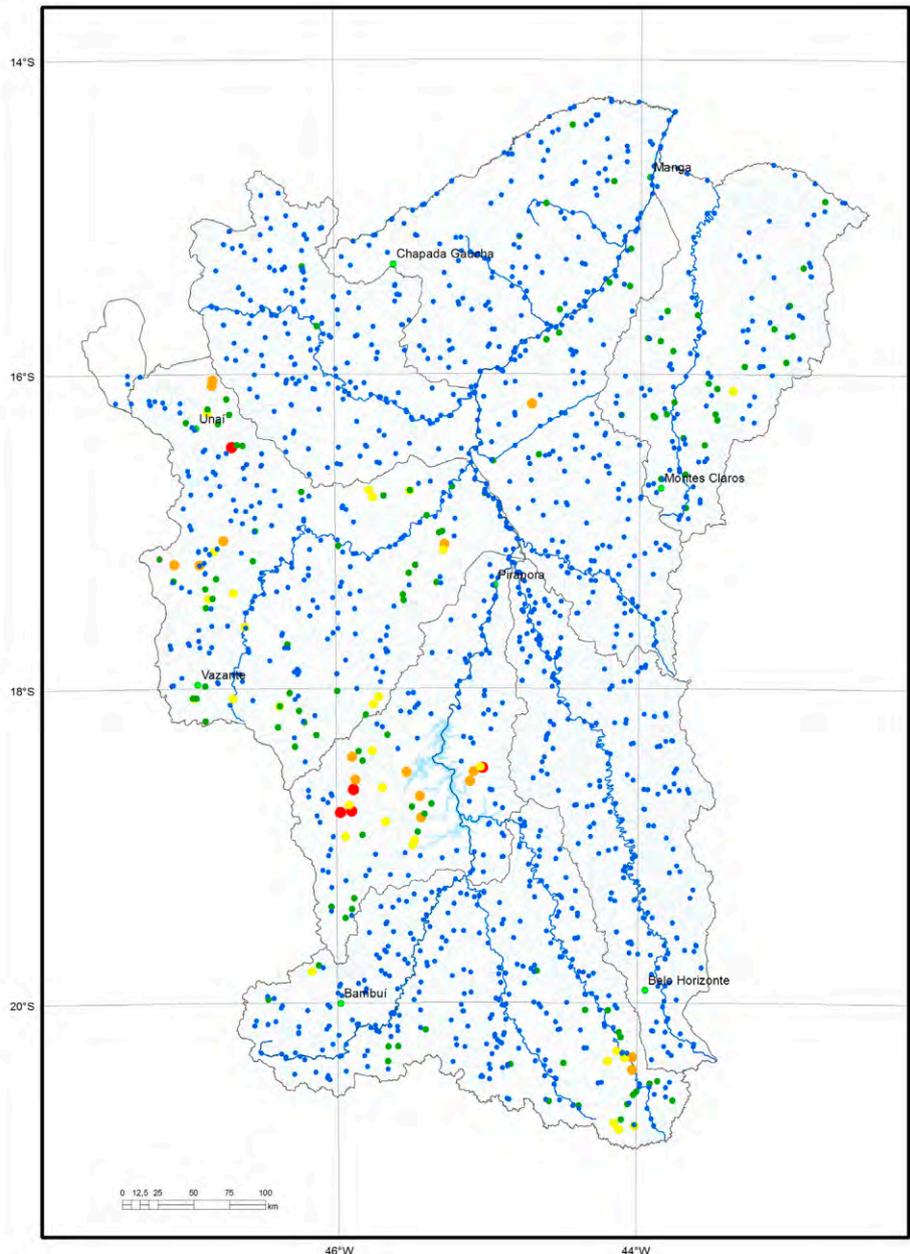
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Níquel (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,006
■	●	▲	●	0,006 - 0,012
■	●	▲	●	0,012 - 0,018
■	●	▲	●	0,018 - 0,024
■	●	▲	●	> 0,024



Elemento	Ni (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	27
Valor Médio	0,0057
Mediana	0,0035
Valor Mínimo	0,0035
Valor Máximo	0,07
Desvio Padrão	0,0079
Port MS 2914 / 2011	0,070
CONAMA 357/2005 -	0,025
CONAMA 396/2008 -	0,02
WHO 2011	0,07

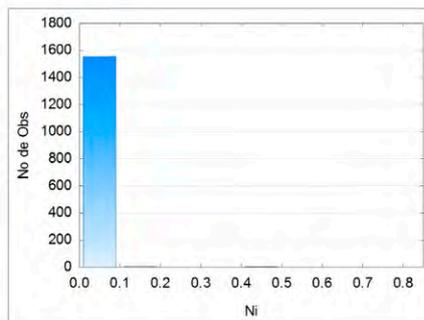
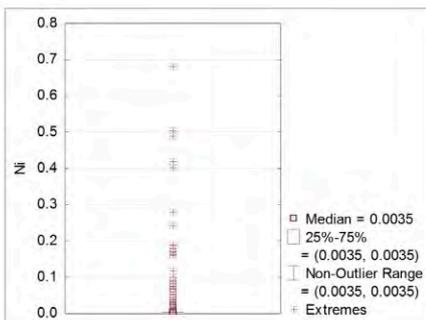


Legenda

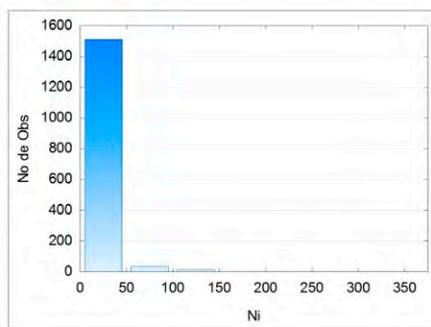
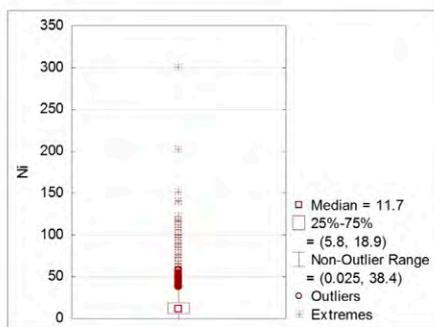
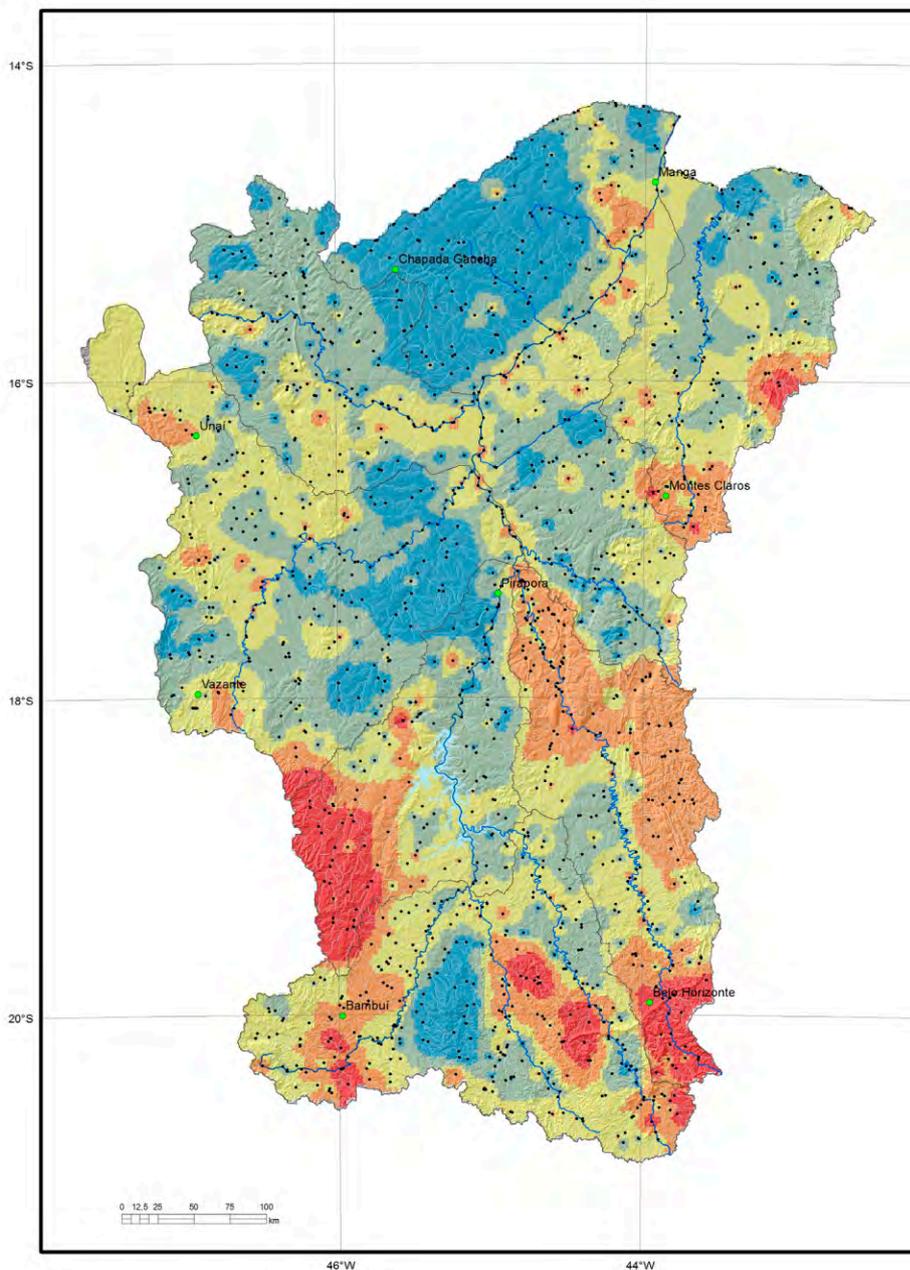
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ~ sub-bacias trabalhadas

Ni (mg/L)

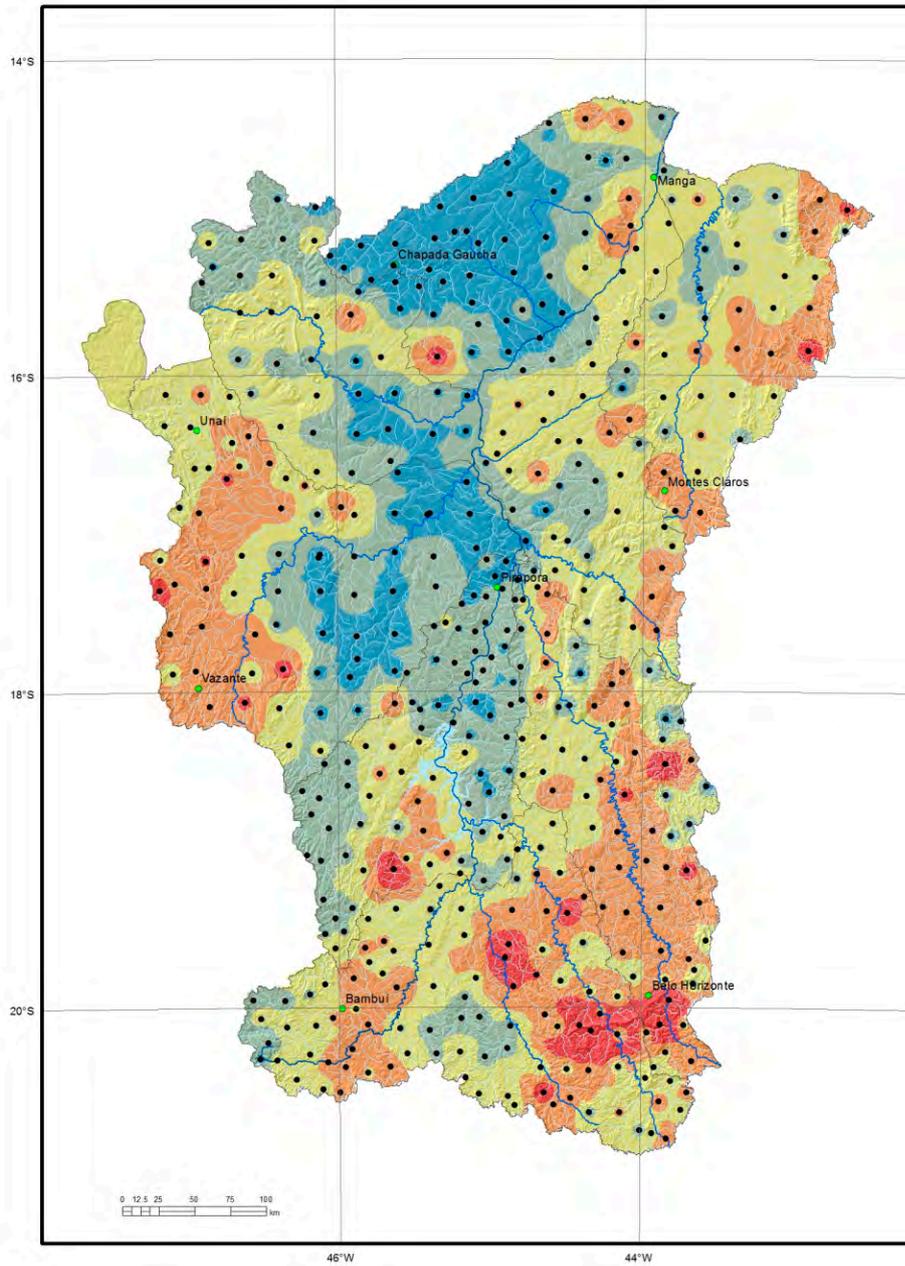
- < 0,0035
- 0,0035 - 0,0250
- 0,0250 - 0,0700
- 0,0700 - 0,2810
- > 0,2810



Elemento	Ni (mg/L)
Limite de Detecção	0,007
Número de medidas	1562
Result > Lim Detec	197
Valor Médio	0,0078
Valor Mínimo	0,0035
Valor Máximo	0,6829
Mediana	0,001
Desvio Padrão	0,0326
Port MS 2914 / 2011	0,070
CONAMA 357/2005 -	0,025
CONAMA 396/2008 -	0,020
WHO 2011	0,070



Elemento	Ni(ppm)
Límite de Detecção	0,5
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1561
Valor Médio	15,617
Valor Mínimo	0,5
Valor Máximo	300,8
Mediana	11,7
Desvio Padrão	18,737
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

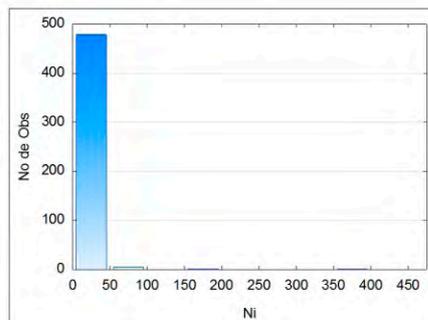
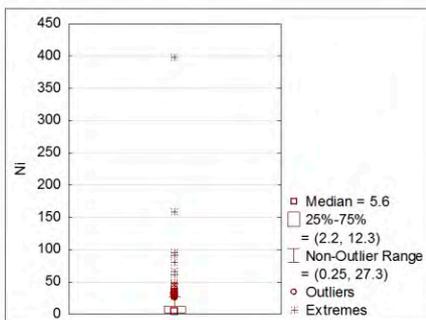


Legenda

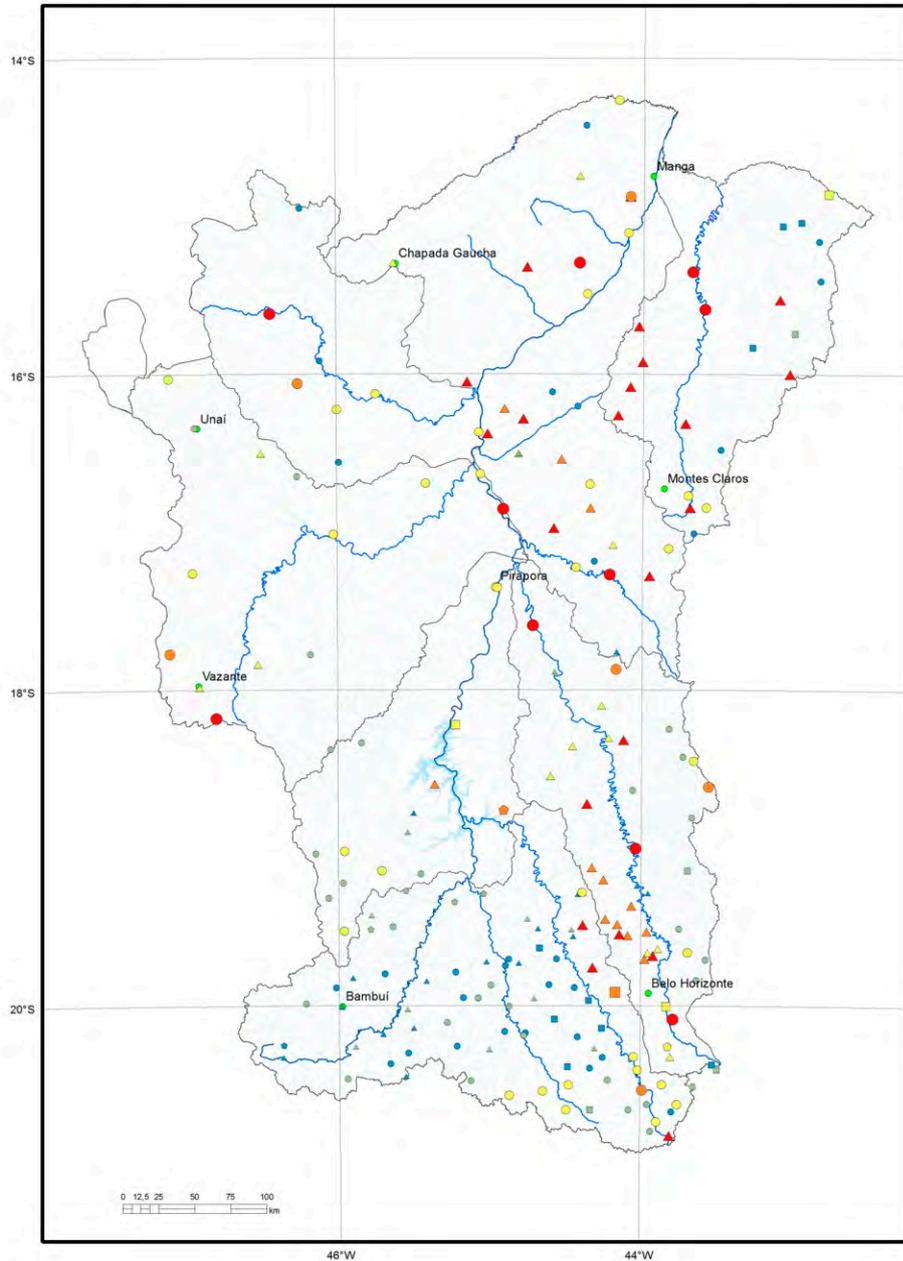
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Ni (ppm)

- < 2,2
- 2,2 - 5,6
- 5,6 - 12,3
- 12,3 - 27,3
- > 27,3



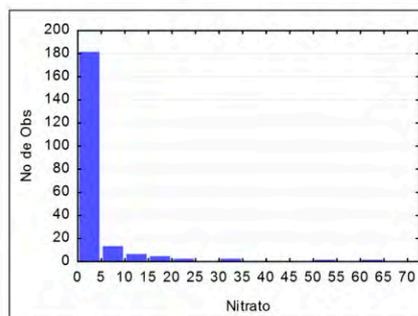
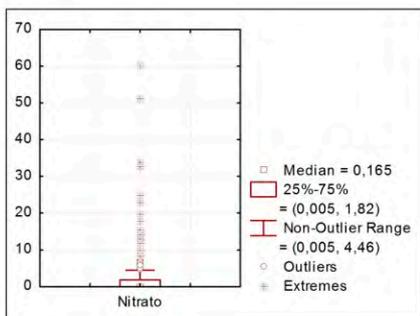
Elemento	Ni (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	475
Valor Médio	10,07
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	399,0
Mediana	5,65
Desvio Padrão	22,09
CONAMA 454/2012 - V.Prev	30,00
VRQ FEAM-MG	21,48
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	13,00



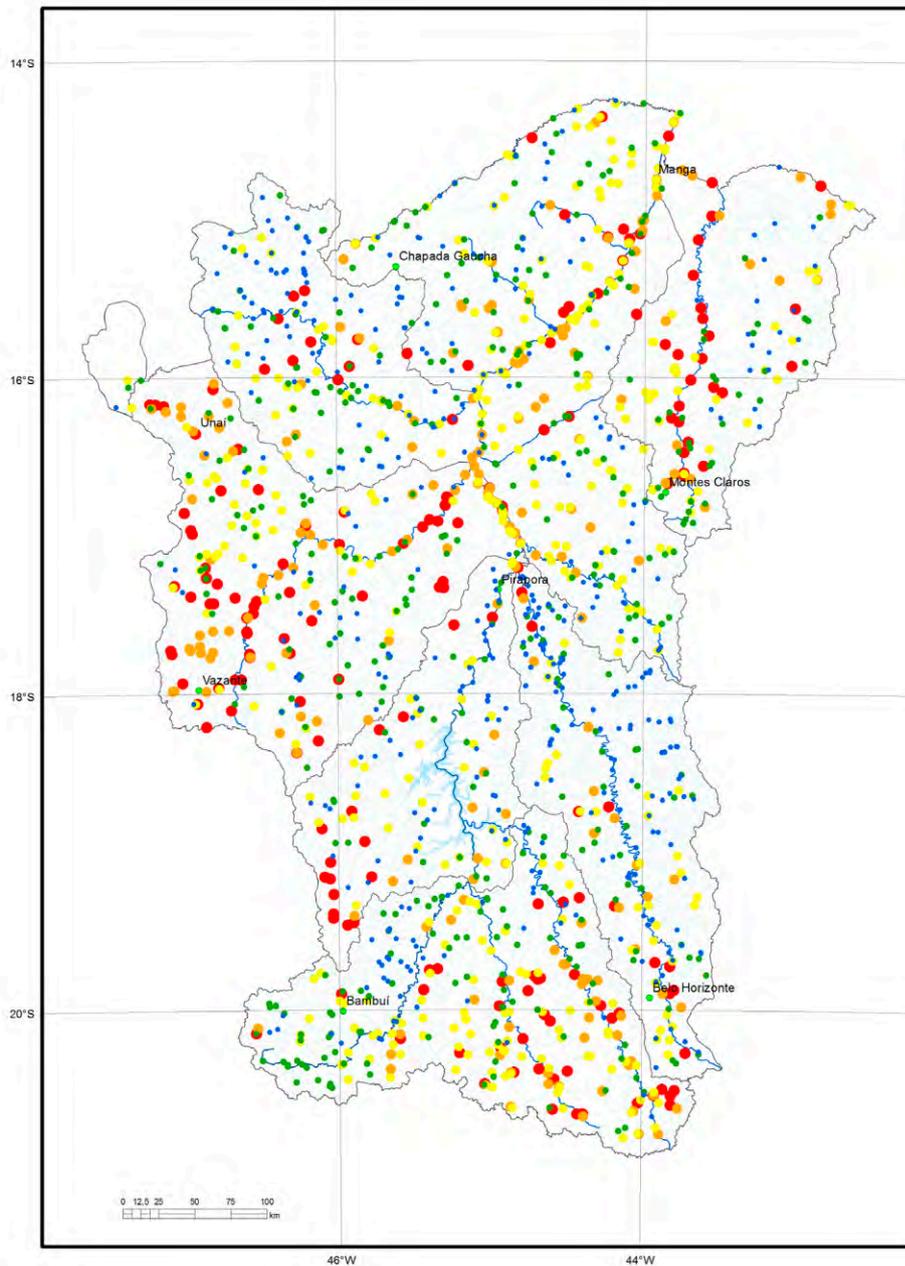
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⬭ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Nitrato (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,007
■	●	▲	●	0,007 - 0,165
■	●	▲	●	0,165 - 1,820
■	●	▲	●	1,820 - 4,460
■	●	▲	●	> 4,460



Elemento	Nitrato (mg/L)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	210
Result > Lim Delec	156
Valor Médio	2,7490
Mediana	0,165
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	60,20
Desvio Padrão	7,3506
Port MS 2914 / 2011	10,00
CONAMA 357/2005 -	10,00
CONAMA 396/2008 -	10,00
WHO 2011	50,00

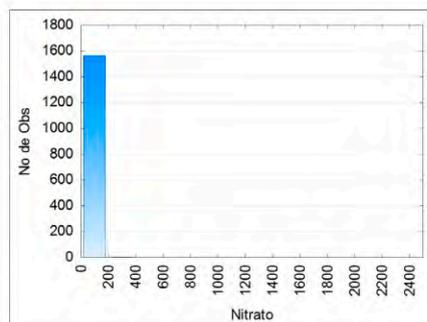
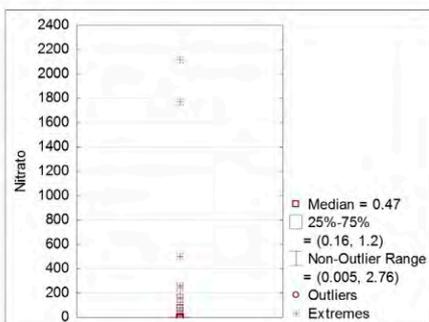


Legenda

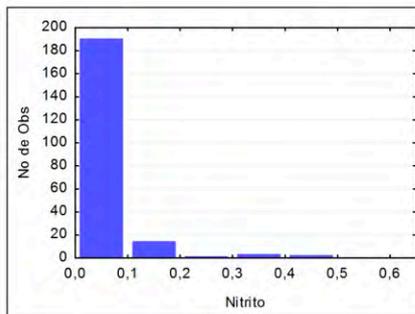
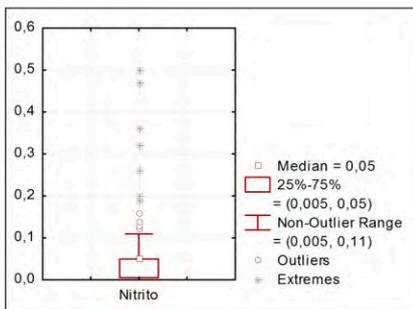
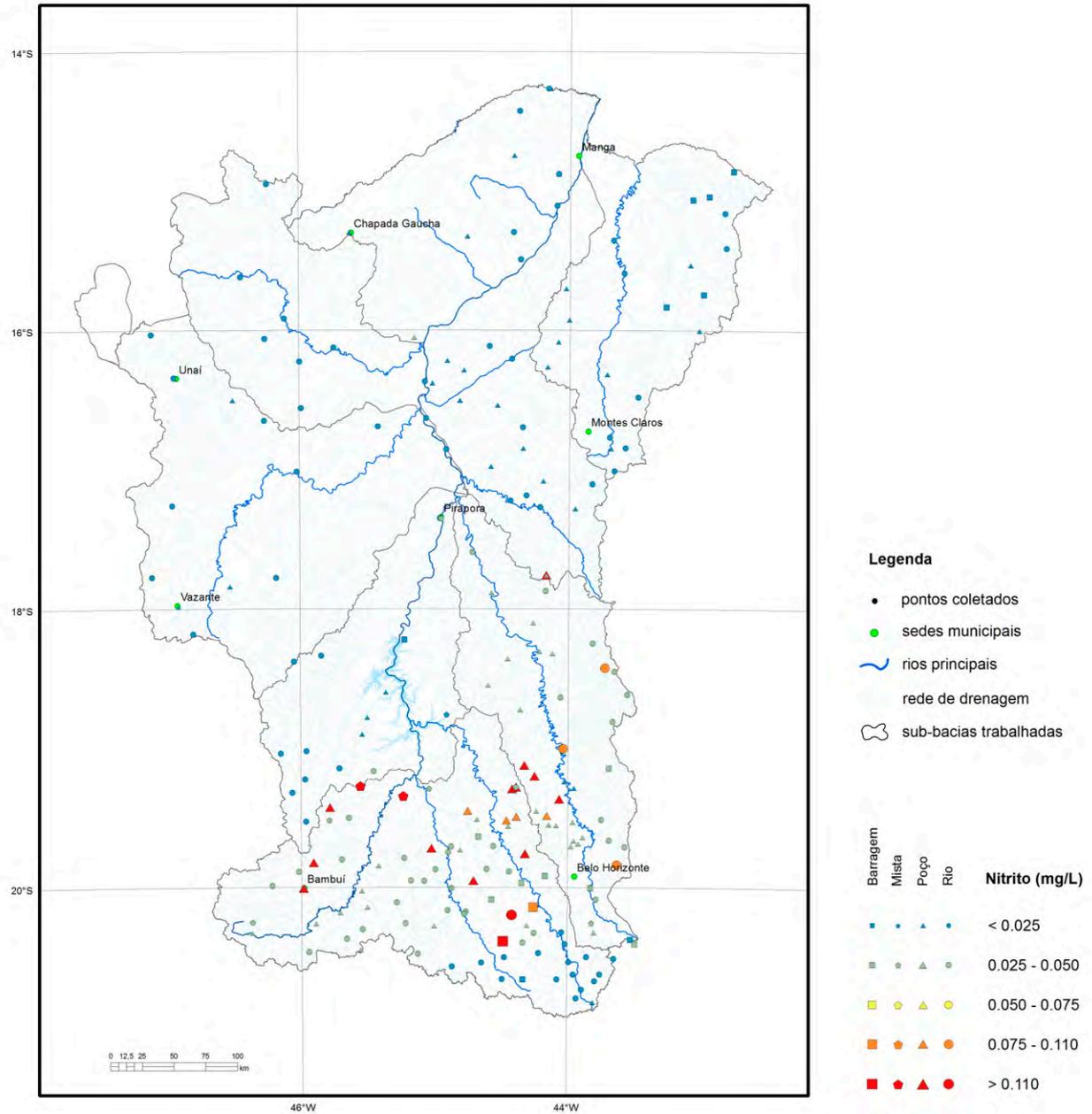
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Nitrato (mg/L)

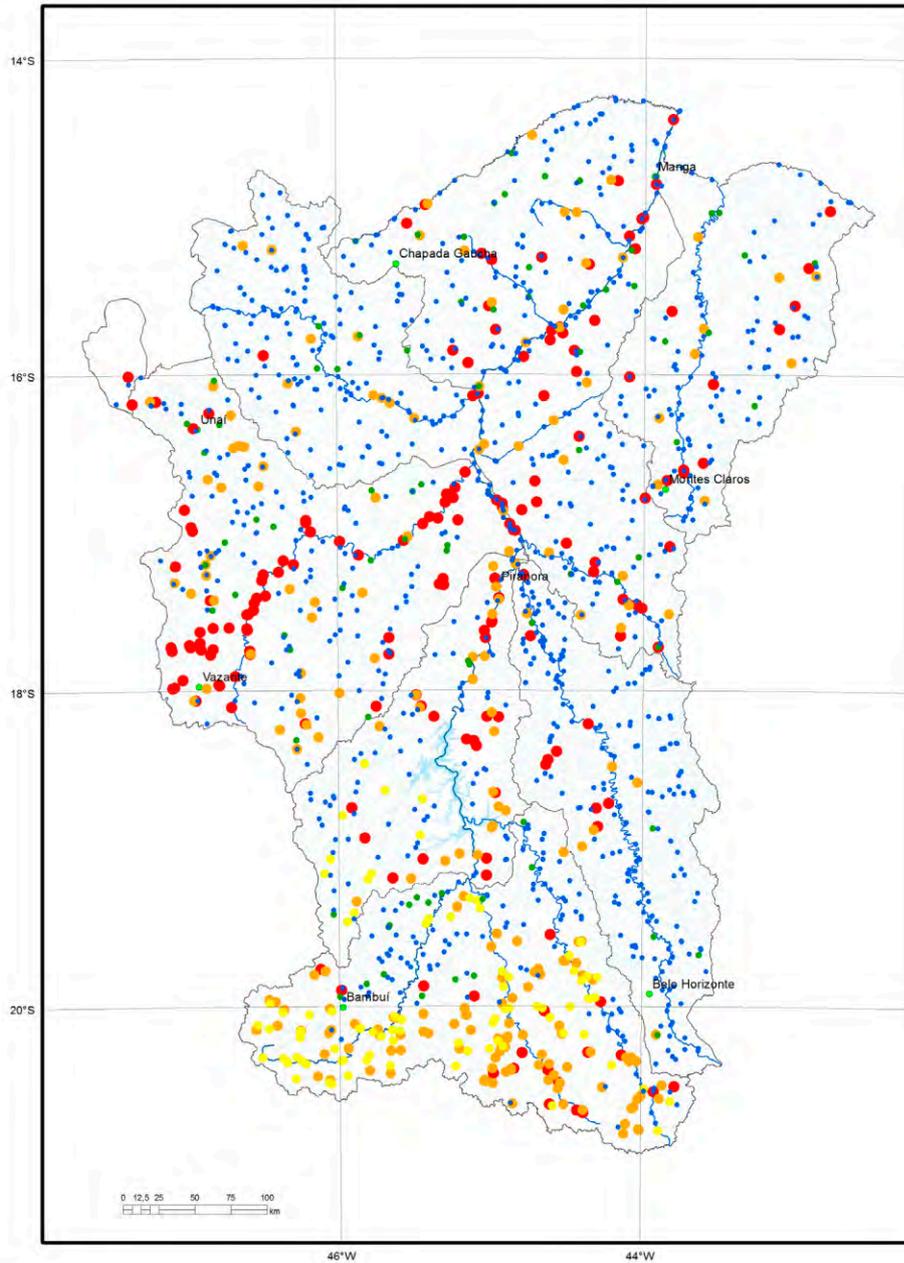
- < 0,160
- 0,160 - 0,470
- 0,470 - 1,200
- 1,200 - 2,760
- > 2,760



Elemento	Nitrato (mg/L)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	1564
Result > Lim Detec	1554
Valor Médio	5,822
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	2119,48
Mediana	0,470
Desvio Padrão	72,594
Port MS 2914 / 2011	10,0
CONAMA 357/2005 -	10,0
CONAMA 396/2008 -	10,0
WHO 2011	50,0



Elemento	Nitrito (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	123
Valor Médio	0,0456
Mediana	0,050
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,50
Desvio Padrão	0,0687
Port MS 2914 / 2011	1,00
CONAMA 357/2005 -	1,00
CONAMA 396/2008 -	1,00
WHO 2011	3,00

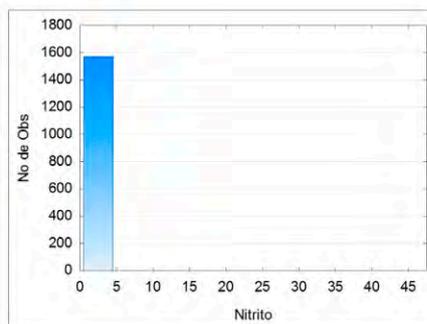
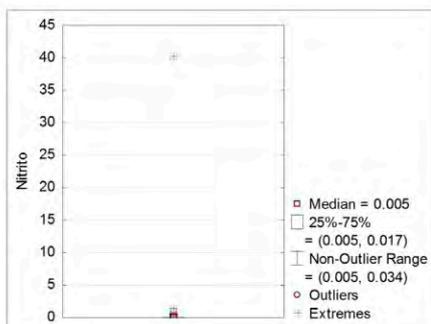


Legenda

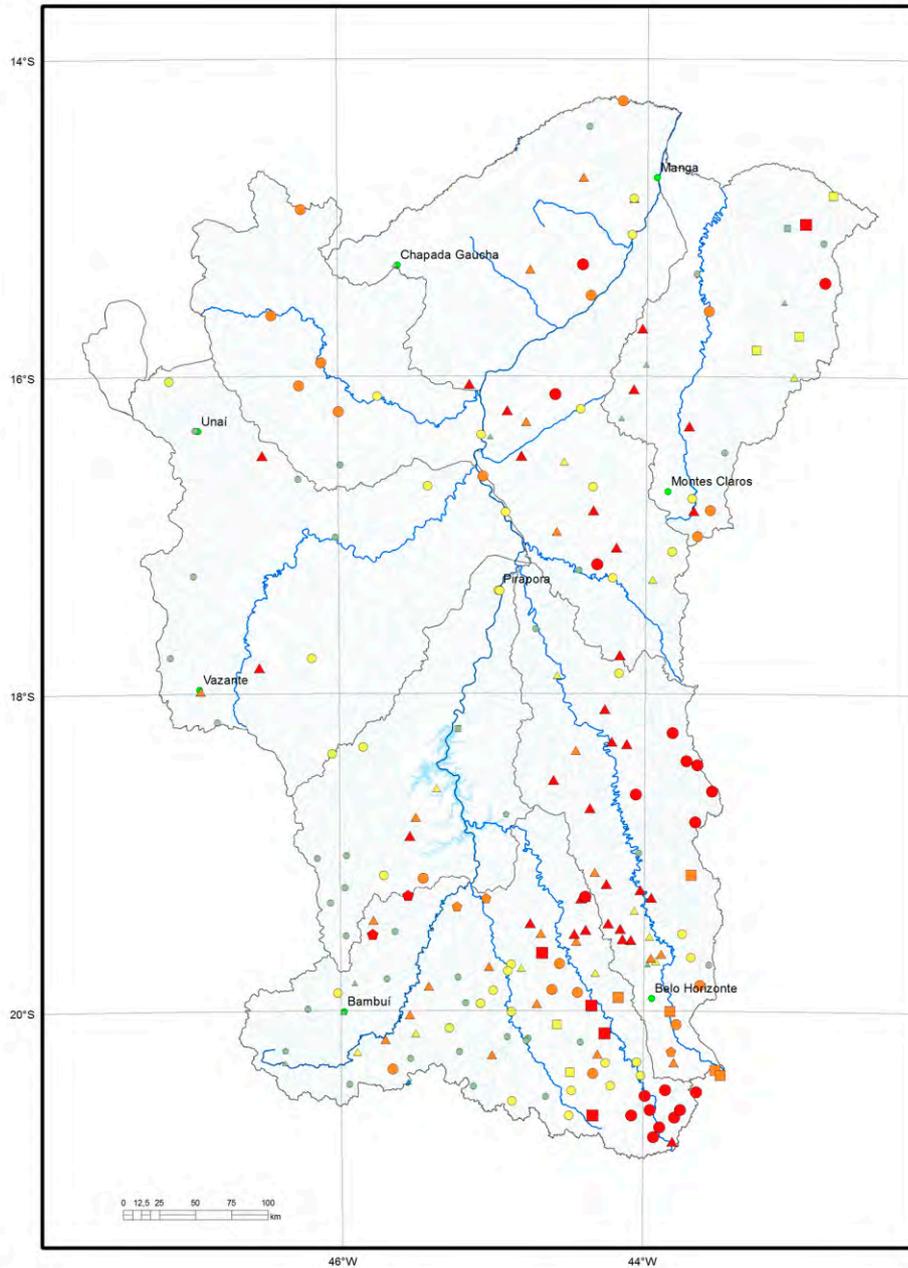
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ~ sub-bacias trabalhadas

Nitrato (mg/L)

- < 0,0051
- 0,0051 - 0,0110
- 0,0110 - 0,0170
- 0,0170 - 0,0340
- > 0,0340



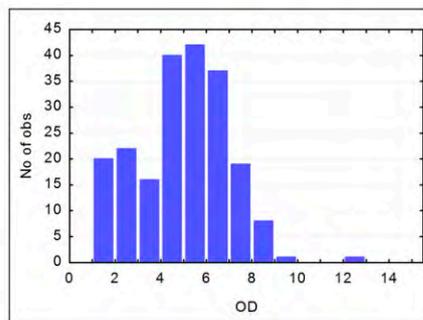
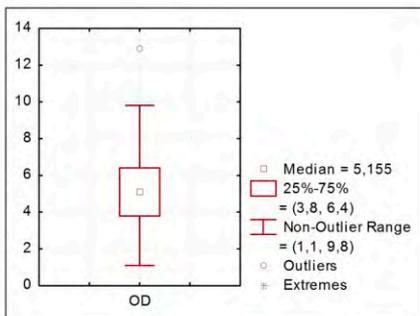
Elemento	Nitrato (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1564
Result > Lim Detec	673
Valor Médio	0,048
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	40,30
Mediana	0,005
Desvio Padrão	1,020
Port MS 2914 / 2011	1,0
CONAMA 357/2005 -	1,0
CONAMA 396/2008 -	1,0
WHO 2011	3,0



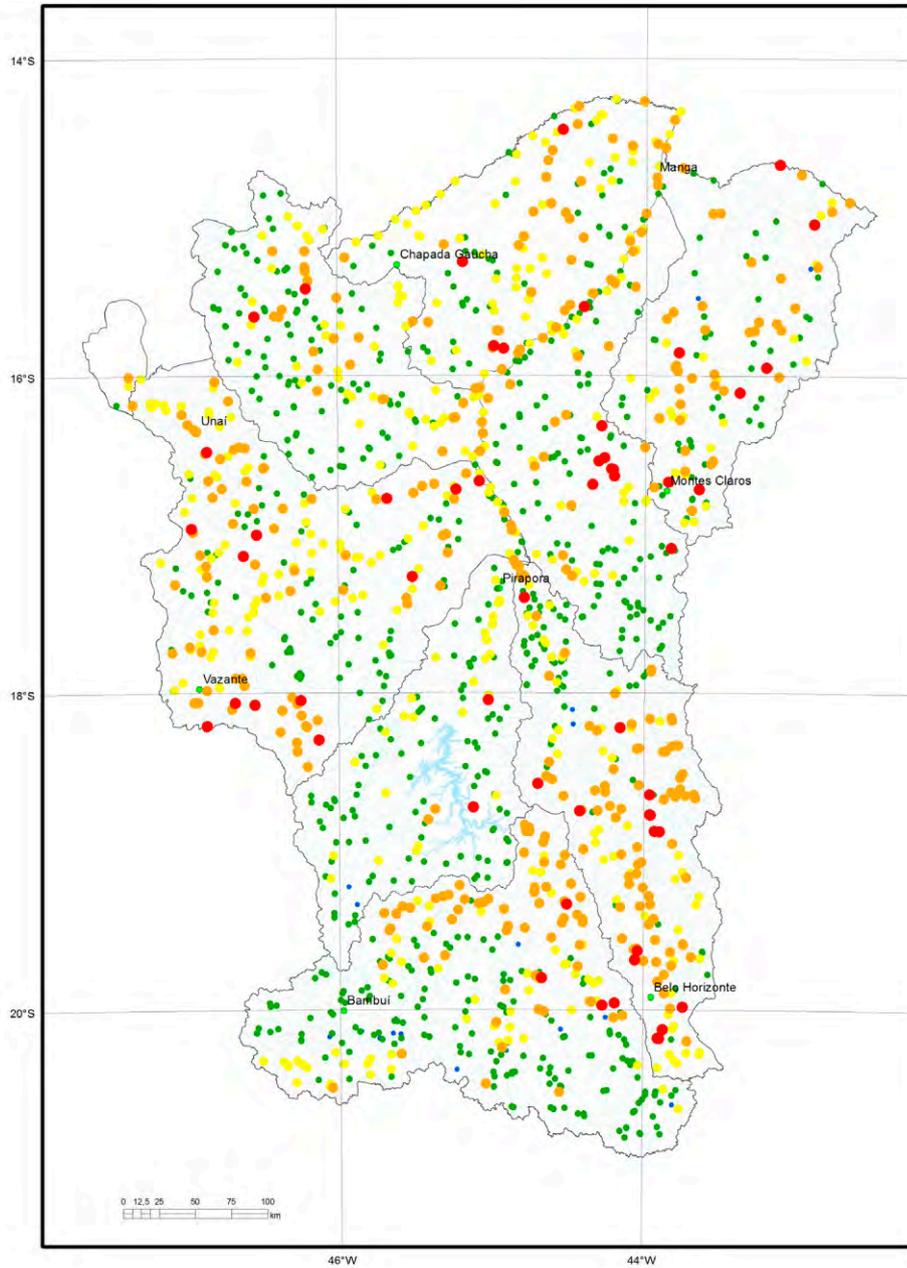
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	OD (mg/L)
■	●	▲	●	> 9,800
■	●	▲	●	6,400 - 9,800
■	●	▲	●	5,155 - 6,400
■	●	▲	●	3,800 - 5,155
■	●	▲	●	< 3,800



Elemento	OD (mg/L)
Limite de Detecção	-
Número de medidas	206
Result > Lim Detec	206
Valor Médio	5,0026
Mediana	5,155
Valor Mínimo	1,100
Valor Máximo	12,90
Desvio Padrão	2,0083
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	< 2
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-

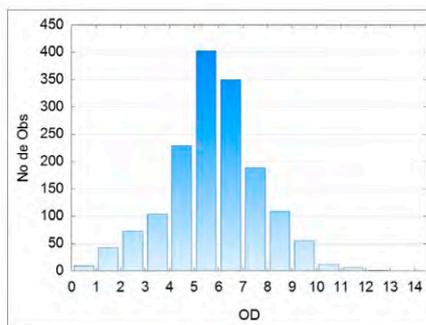
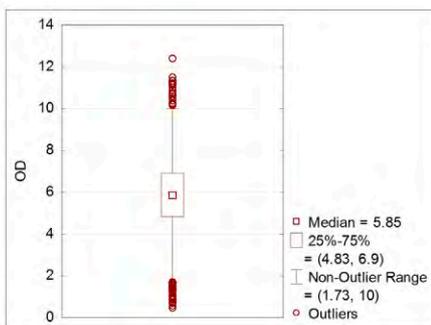


Legenda

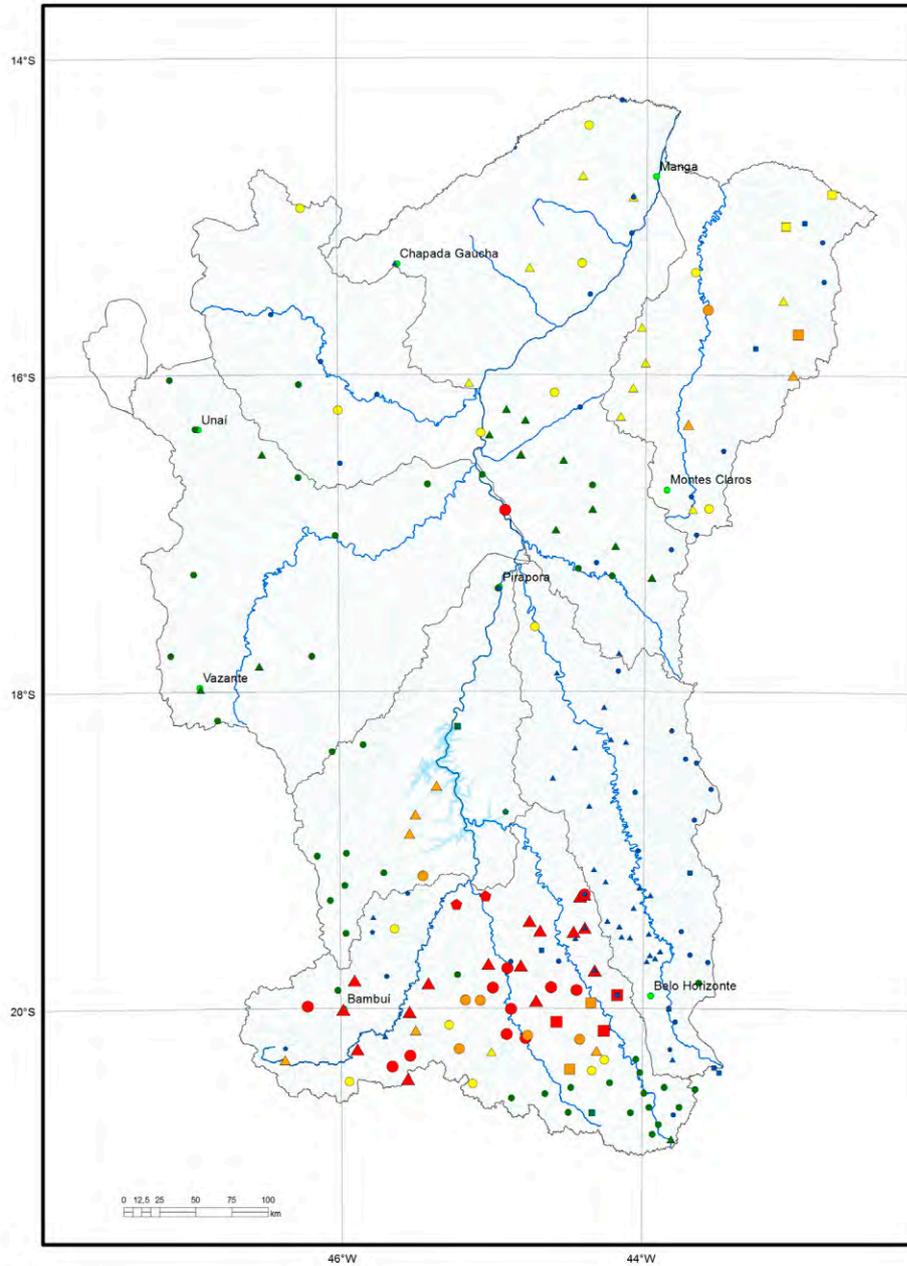
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

OD (mg/L)

- < 1,73
- 1,73 - 4,83
- 4,83 - 5,85
- 5,85 - 10,00
- > 10,00



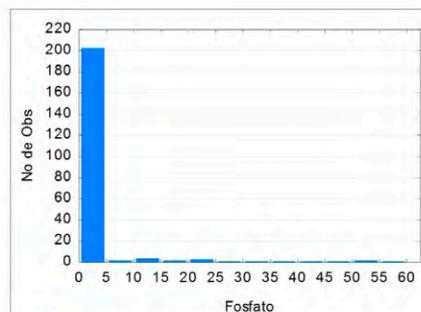
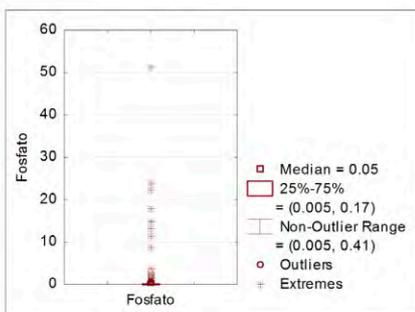
Elemento	OD (mg/L)
Limite de Detecção	-
Número de medidas	1581
Result > Lim Detec	1581
Valor Médio	5,830
Valor Mínimo	0,470
Valor Máximo	12,40
Mediana	5,850
Desvio Padrão	1,856
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	< 2,0
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-



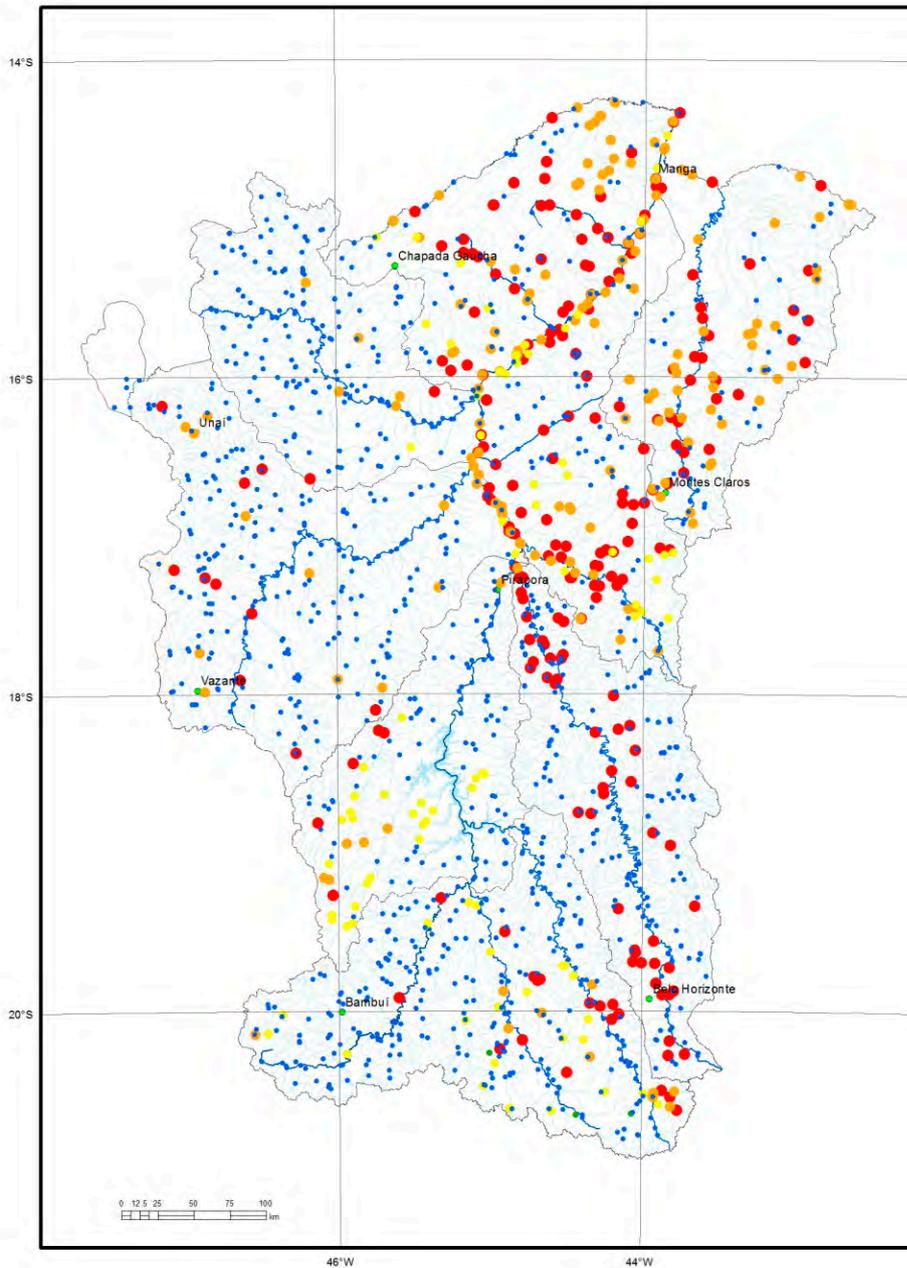
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⬭ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Fosfato (mg/L)
■	●	▲	◆	< 0,005
■	●	▲	◆	0,005 - 0,050
■	●	▲	◆	0,050 - 0,170
■	●	▲	◆	0,170 - 0,410
■	●	▲	◆	> 0,410



Elemento	Fosfato (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	202
Result > Lim Detec	143
Valor Médio	1037
Mediana	0,050
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	51,22
Desvio Padrão	4709
Port MS 2914 / 2011	
CONAMA 357/2005 -	
CONAMA 396/2008 -	
WHO 2011	

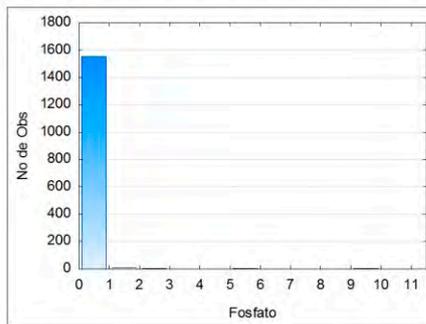
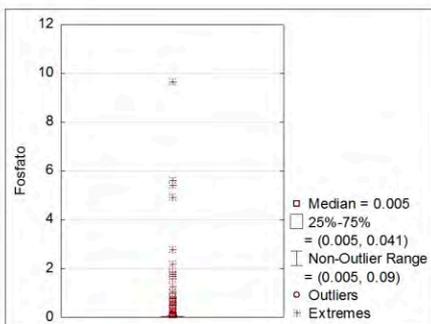


Legenda

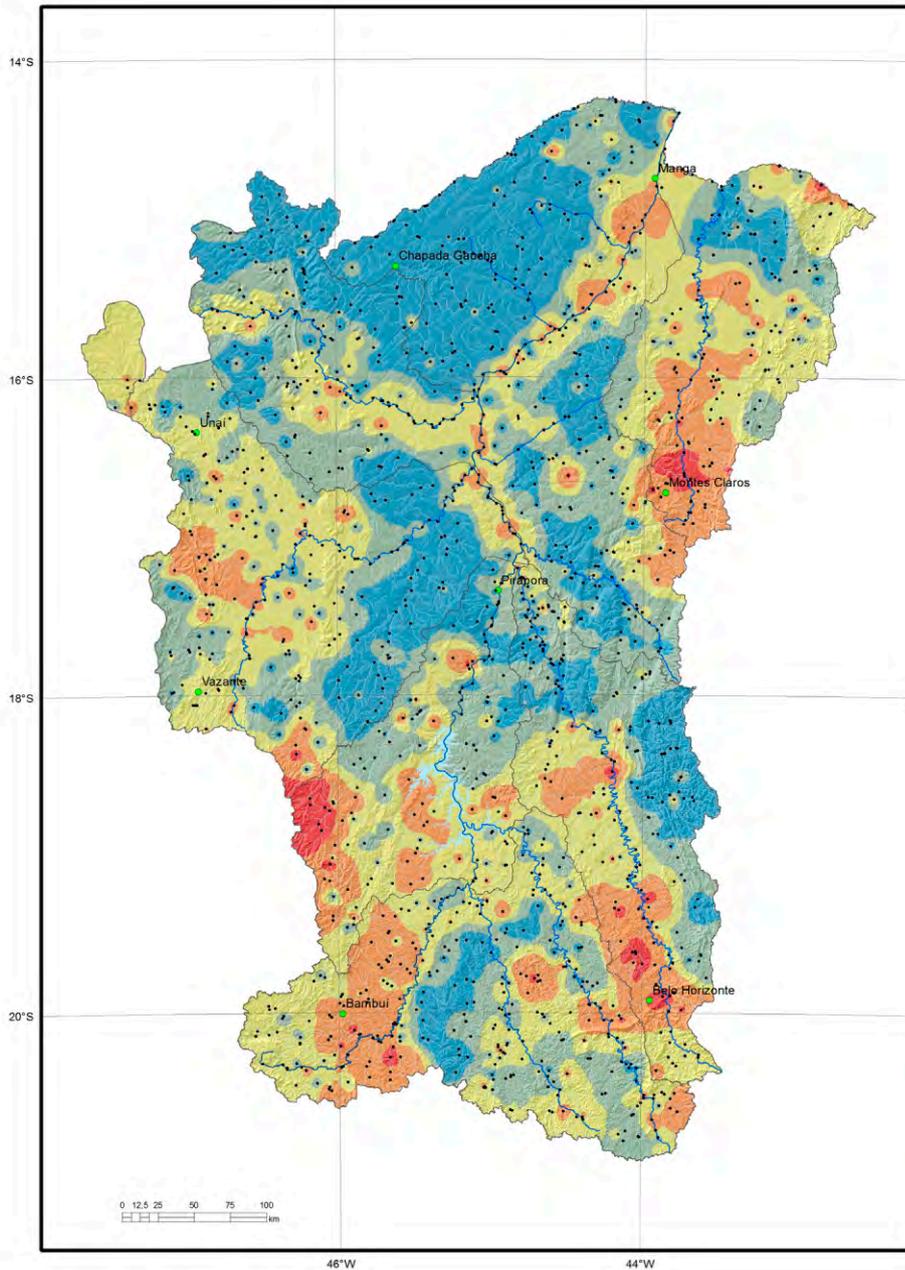
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Fosfato (mg/L)

- < 0,0051
- 0,0051 - 0,0110
- 0,0110 - 0,0410
- 0,0410 - 0,0900
- > 0,0900



Elemento	Fosfato (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1564
Result > Lim Detec	545
Valor Médio	0,078
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	9,700
Mediana	0,005
Desvio Padrão	0,448
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-

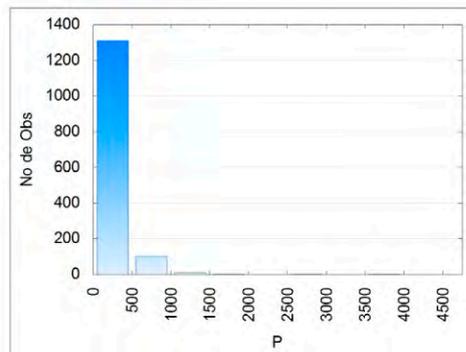
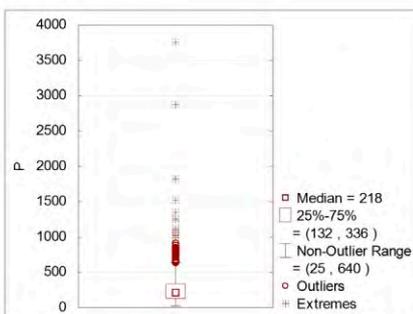


Legenda

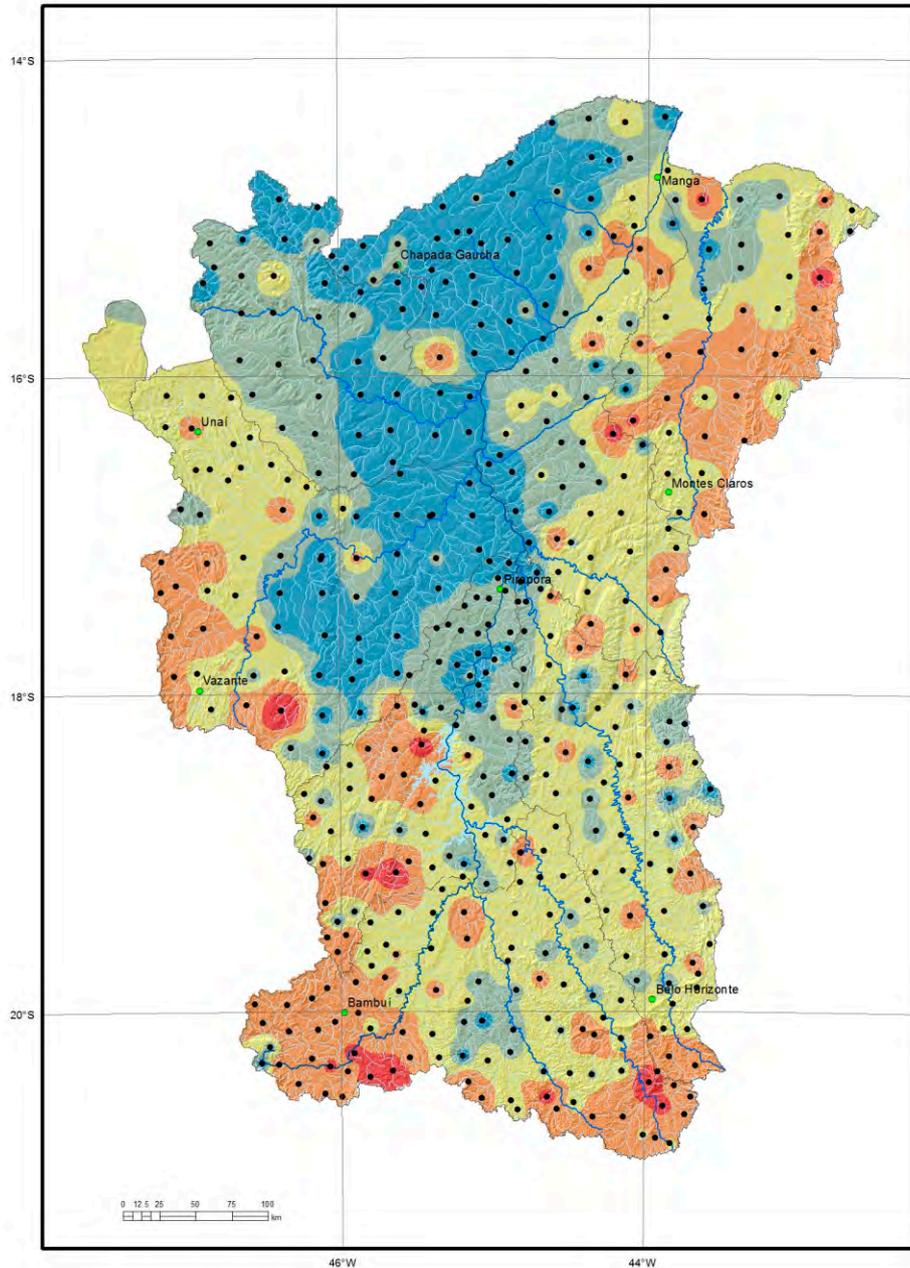
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

P (ppm)

- < 132
- 132 - 218
- 218 - 336
- 336 - 640
- > 640



Elemento	P (ppm)
Límite de Detecção	50
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1423
Valor Médio	260,73
Valor Mínimo	50
Valor Máximo	3753
Mediana	218
Desvio Padrão	214,468
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

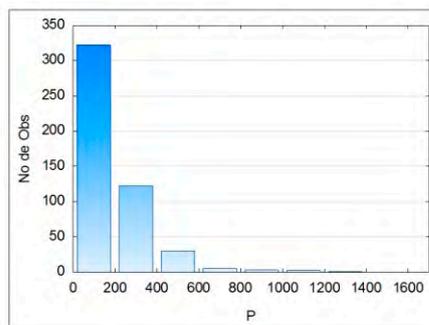
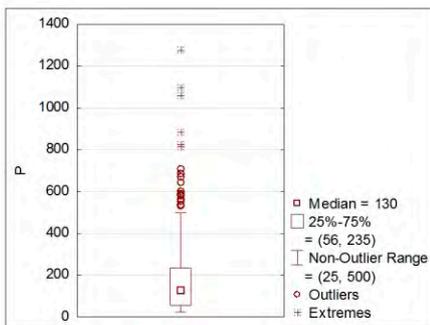


Legenda

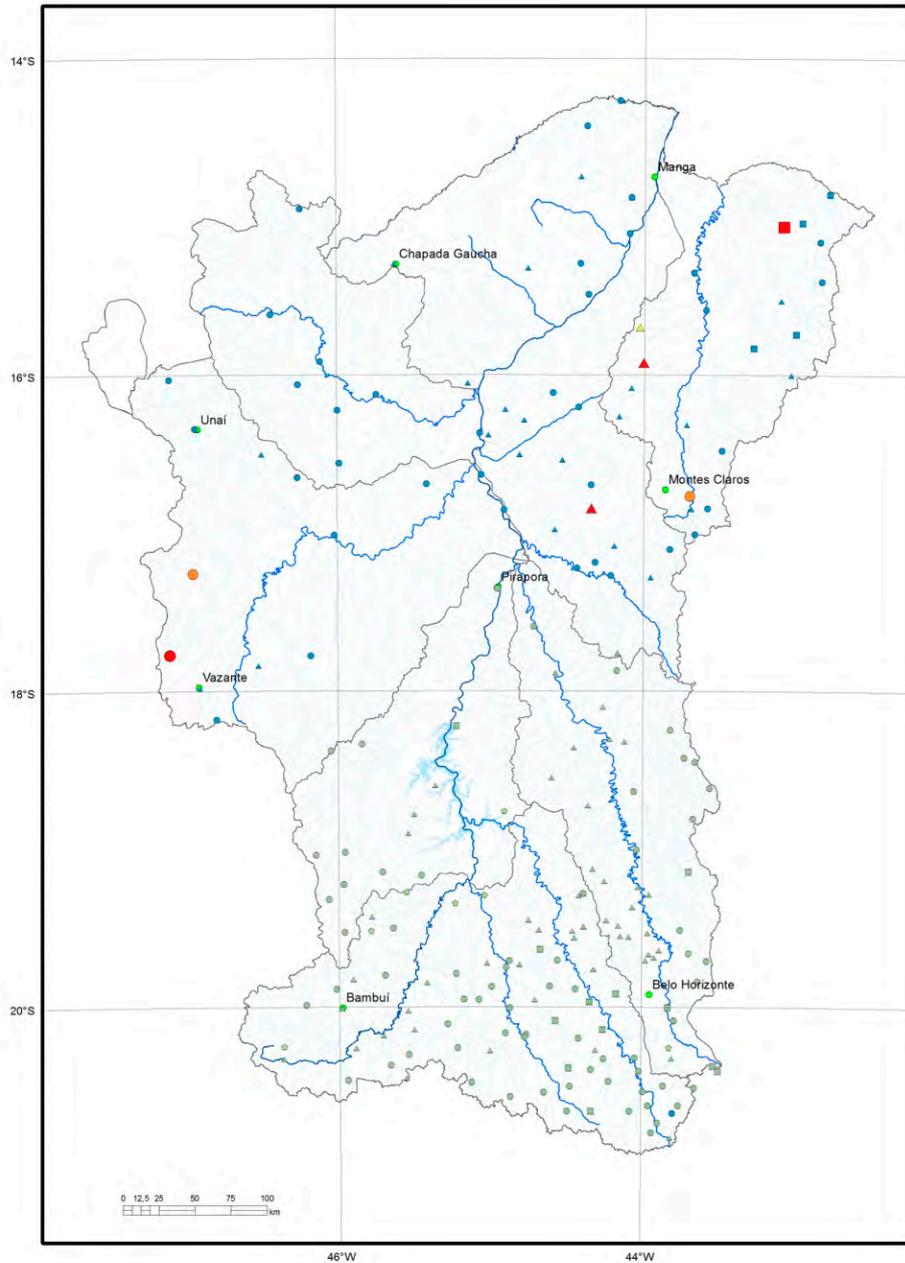
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ~ sub-bacias trabalhadas

P (ppm)

- < 56
- 56 - 130
- 130 - 235
- 235 - 500
- > 500



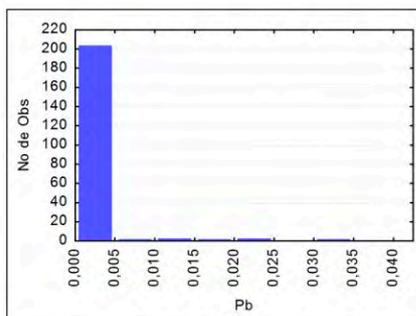
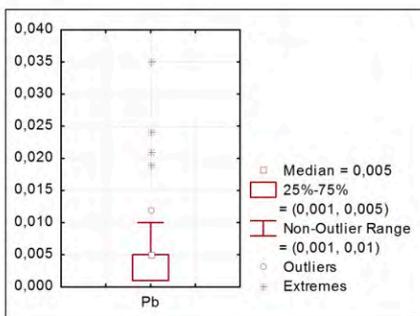
Elemento	P (ppm)
Limite de Detecção	50,0
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	377
Valor Médio	172,44
Valor Mínimo	50,0
Valor Máximo	1277,0
Mediana	130,50
Desvio Padrão	164,74
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



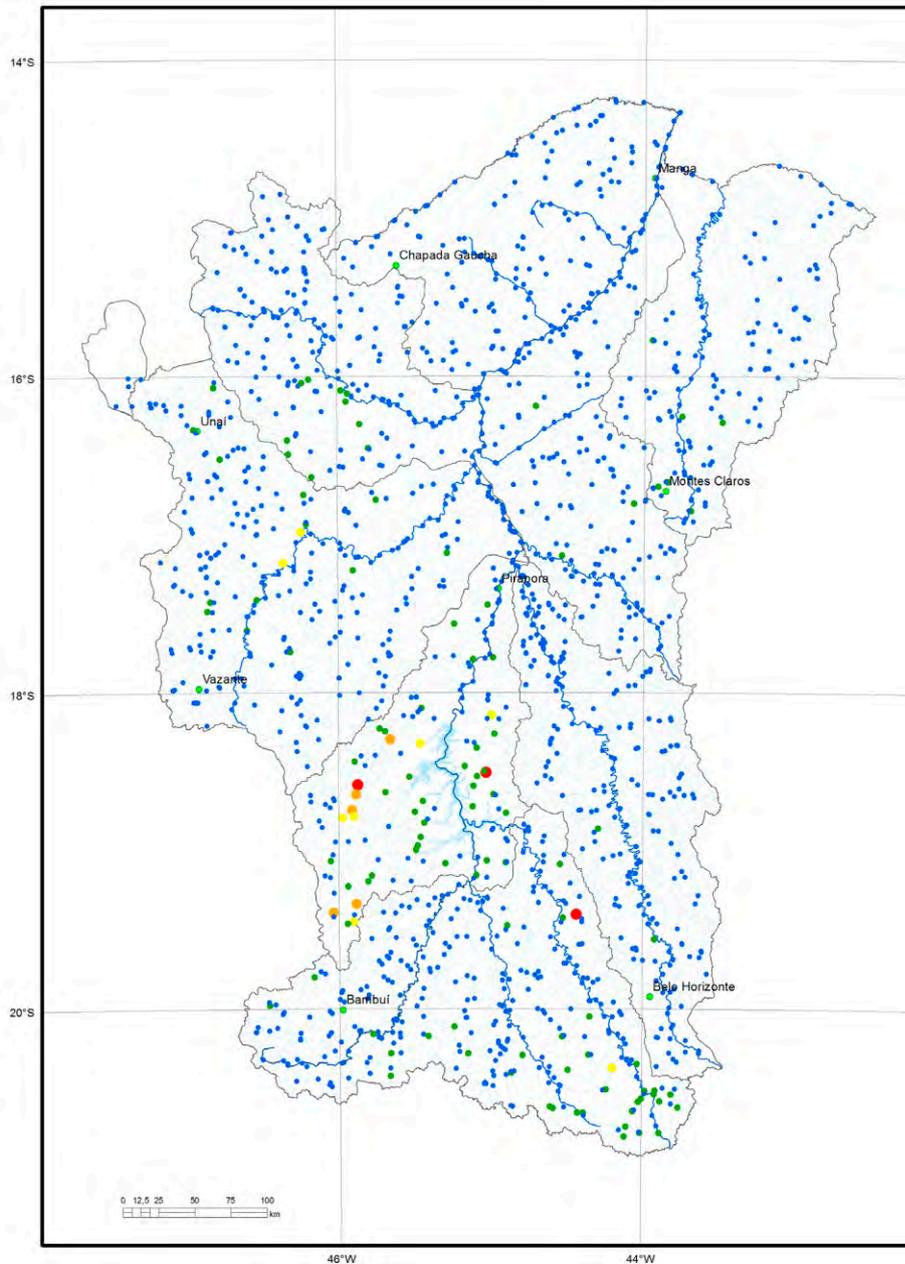
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Barraçagem	Mista	Popo	Rio	Chumbo (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,0038
■	●	▲	●	0,0038 - 0,0076
■	●	▲	●	0,0076 - 0,0114
■	●	▲	●	0,0114 - 0,0152
■	●	▲	●	> 0,0152



Elemento	Pb (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	67
Valor Médio	0,0044
Mediana	0,005
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	0,04
Desvio Padrão	0,0036
Port MS 2914 / 2011	0,01
CONAMA 357/2005 -	0,01
CONAMA 396/2008 -	0,01
WHO 2011	0,01

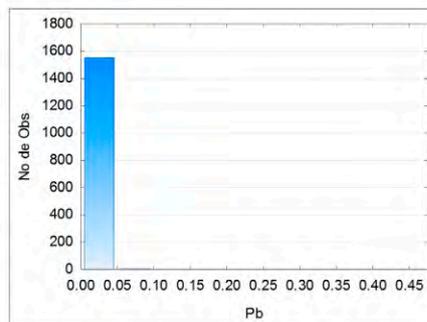
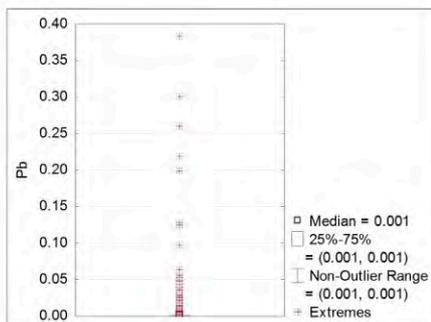


Legenda

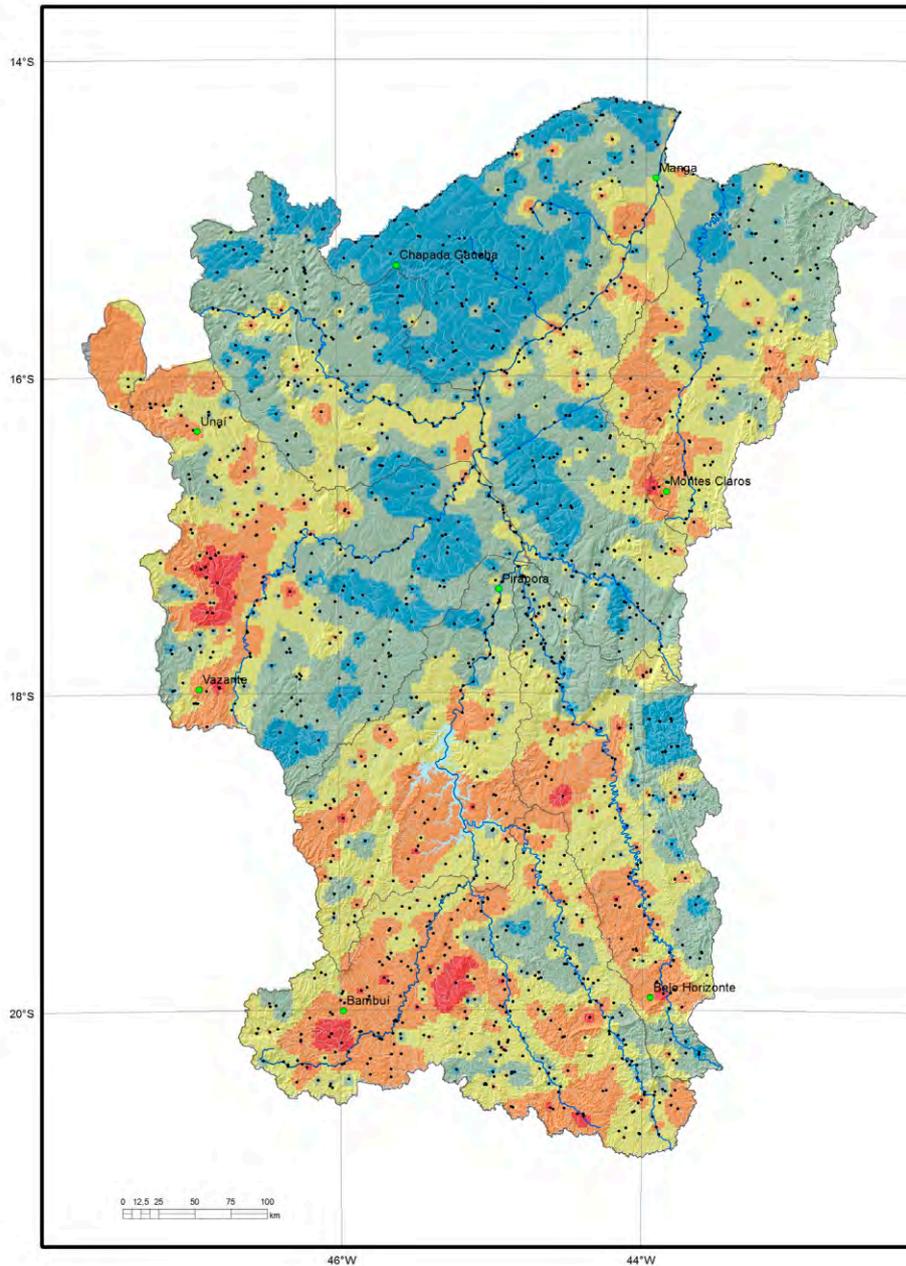
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Pb (mg/L)

- < 0,0011
- 0,0011 - 0,0290
- 0,0290 - 0,0981
- 0,0981 - 0,2185
- > 0,2185



Elemento	Pb (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	1563
Result > Lim Detec	126
Valor Médio	0,0028
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	0,3827
Mediana	0,001
Desvio Padrão	0,017
Port MS 2914 / 2011	0,010
CONAMA 357/2005 -	0,010
CONAMA 396/2008 -	0,010
WHO 2011	0,010

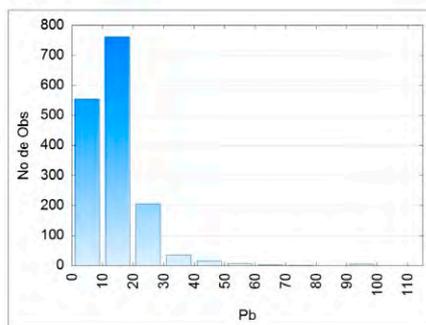
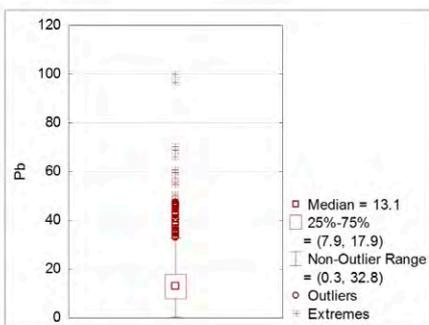


Legenda

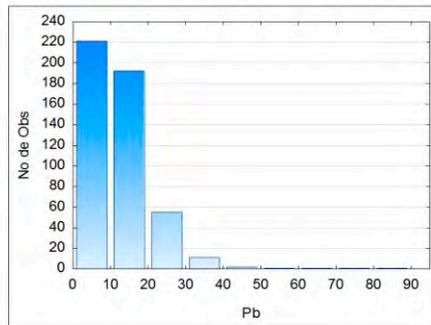
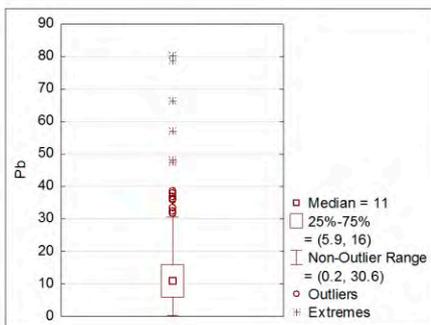
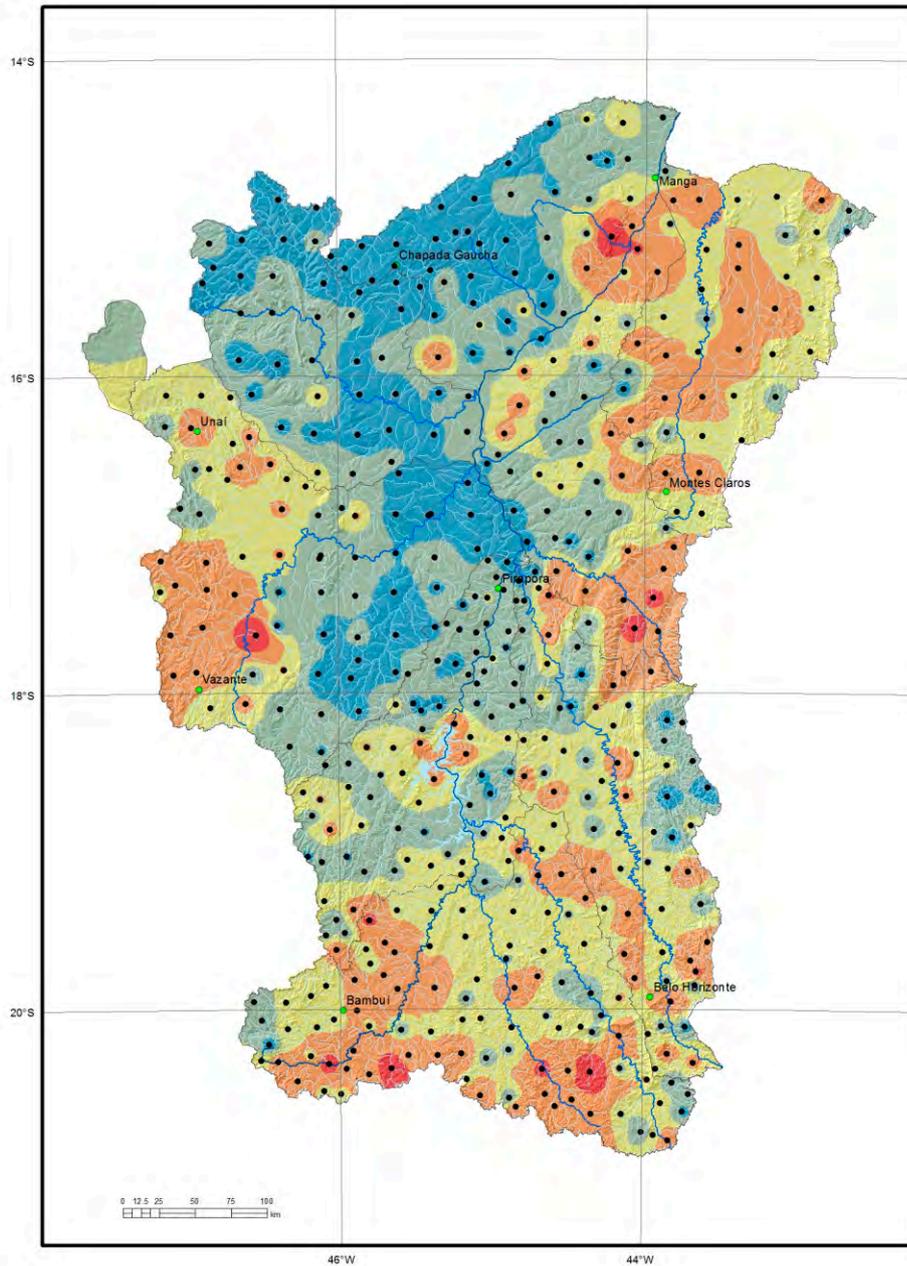
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ~ sub-bacias trabalhadas

Pb (ppm)

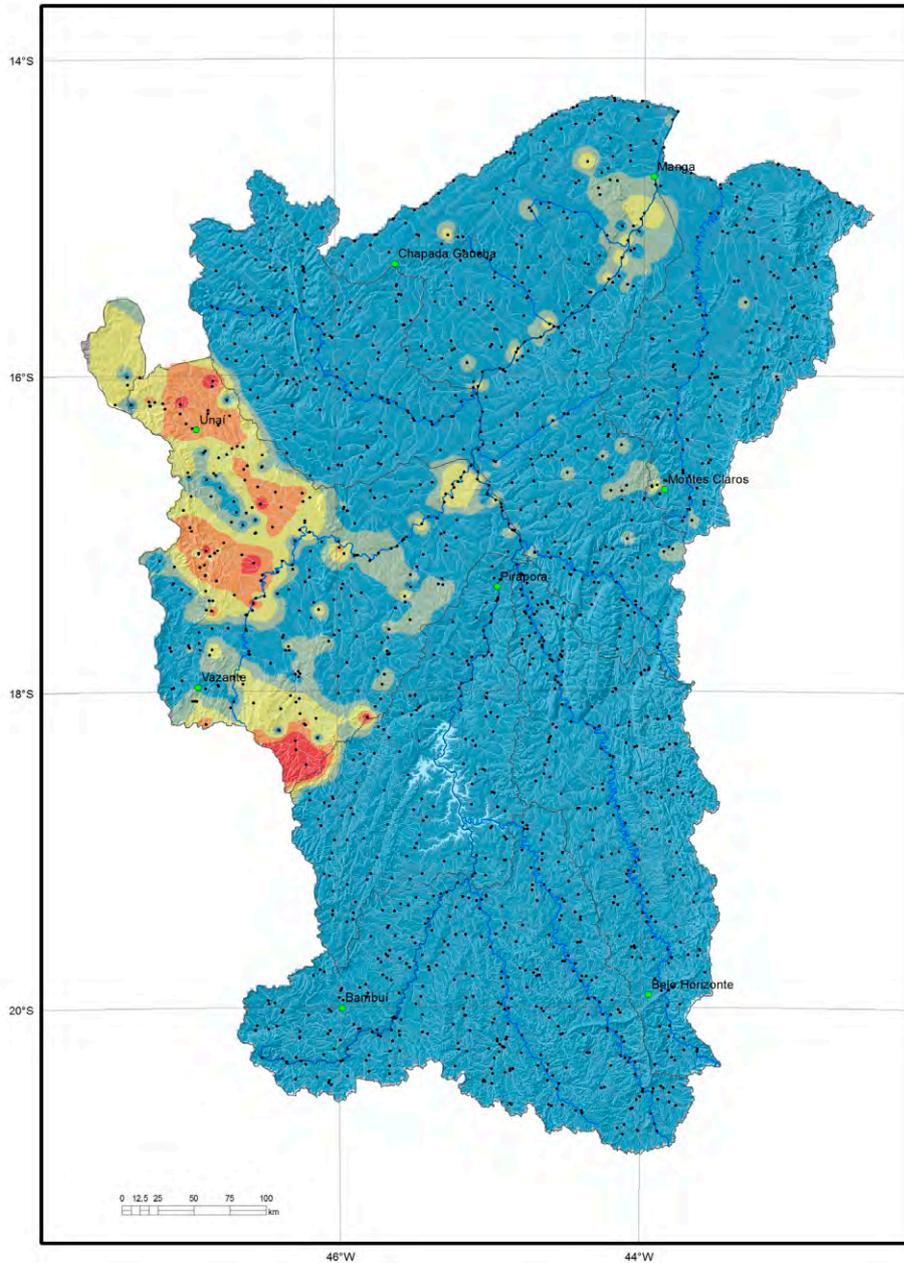
- < 7,9
- 7,9 - 13,1
- 13,1 - 17,9
- 17,9 - 32,8
- > 32,8



Elemento	Pb (ppm)
Limite de Detecção	0,200
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1587
Valor Médio	14,395
Valor Mínimo	354,8
Valor Máximo	13,1
Mediana	0,300
Desvio Padrão	13,503
CONAMA 454/2012 V. Prev	37
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	35



Elemento	Pb (ppm)
Límite de Detecção	0,20
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	484
Valor Médio	12,38
Valor Mínimo	0,60
Valor Máximo	80,40
Mediana	11,0
Desvio Padrão	9,52
CONAMA 454/2012 - V. Prev	72,0
VRQ FEAM-MG	19,50
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	55,0

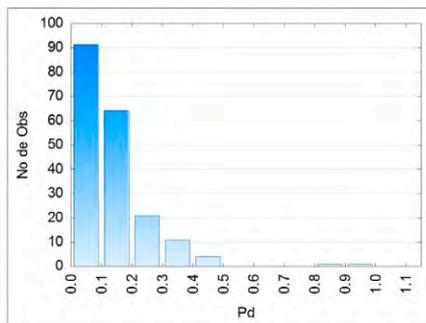
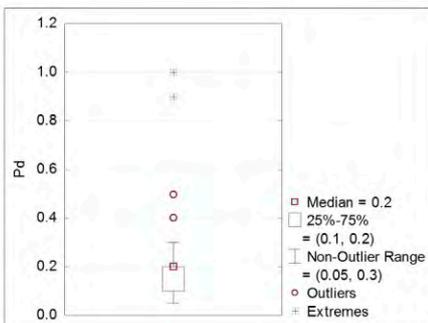


Legenda

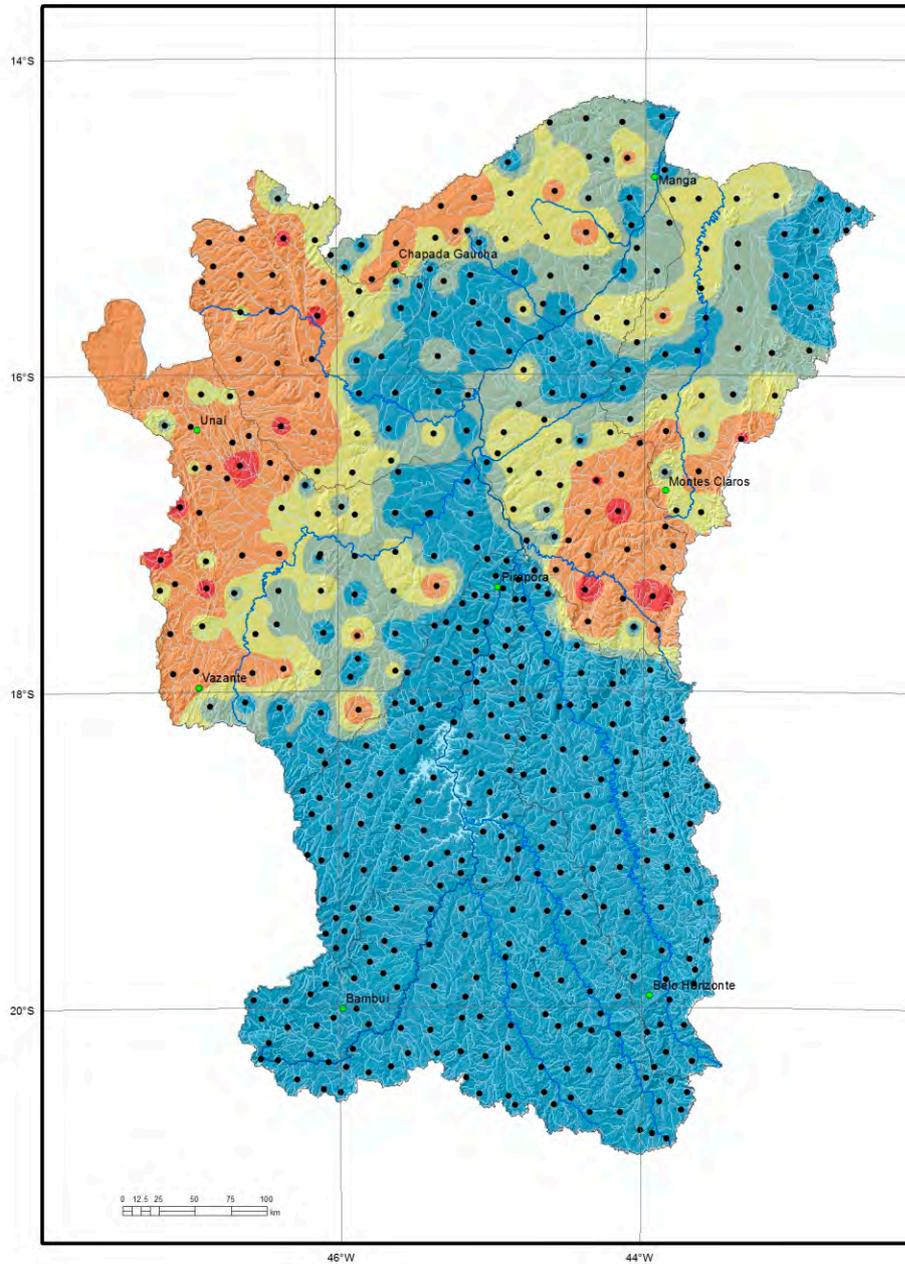
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ~ sub-bacias trabalhadas

Pd (ppm)

- < 0,05
- 0,05 - 0,10
- 0,10 - 0,20
- 0,20 - 0,30
- > 0,30



Elemento	Pd (ppm)
Limite de Detecção	0,100
Número de medidas	942
Result > Lim Detec	193
Valor Médio	0,189
Valor Mínimo	0,100
Valor Máximo	1,000
Mediana	0,200
Desvio Padrão	0,126
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

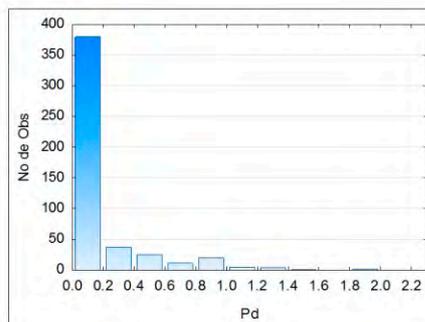
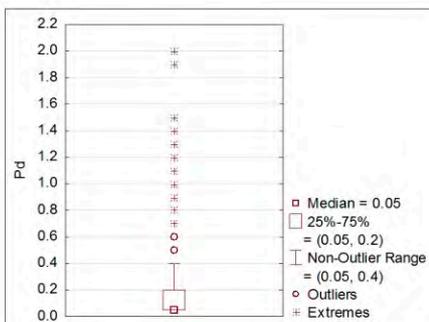


Legenda

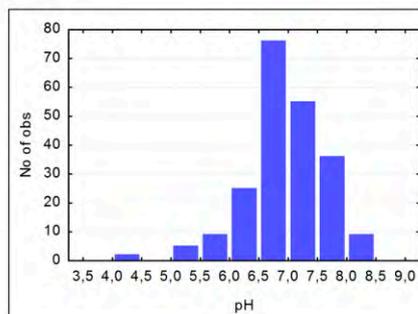
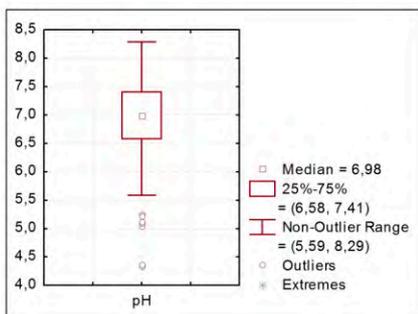
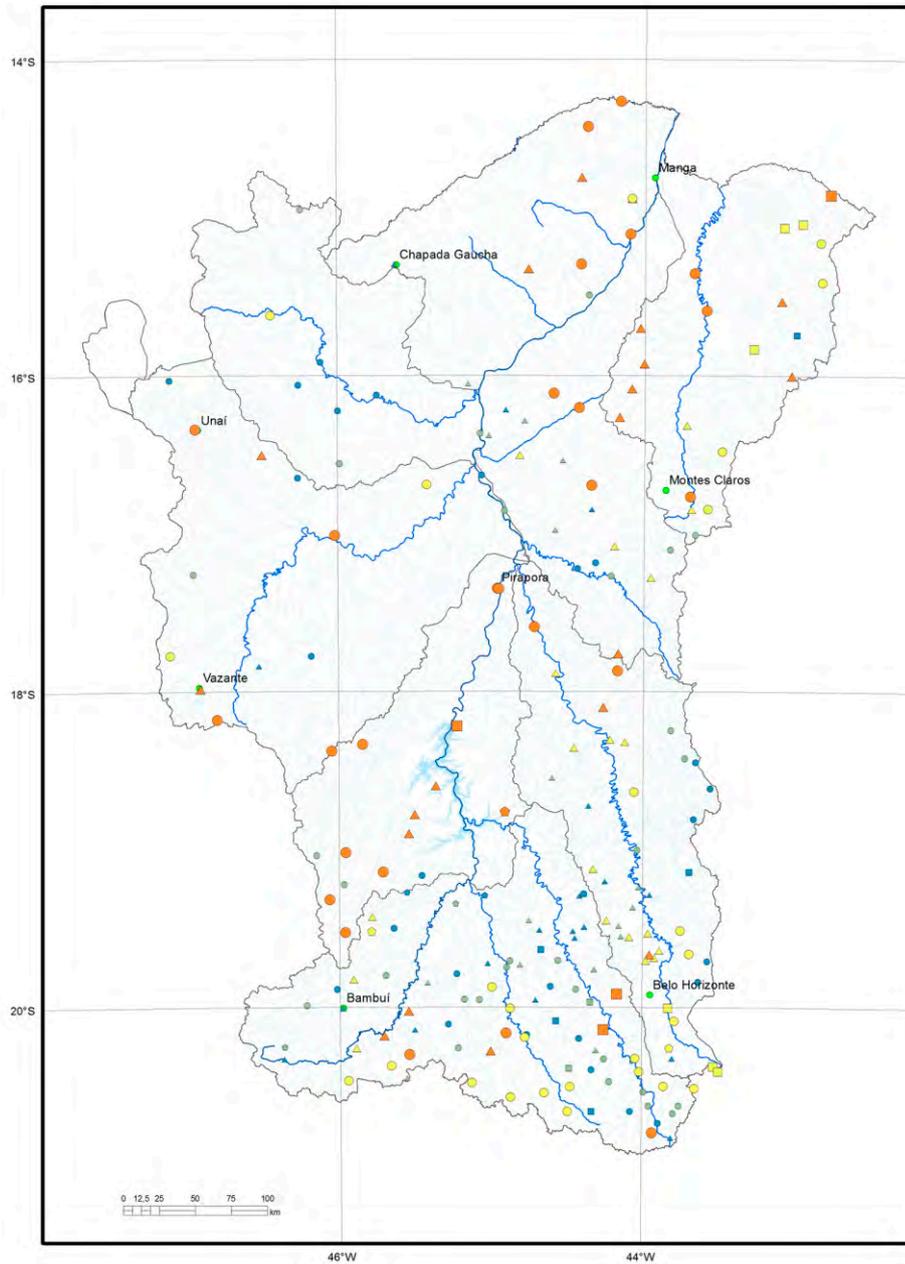
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Pd (ppm)

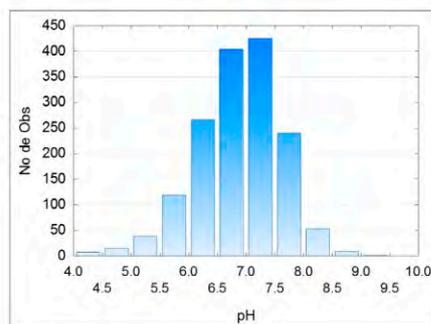
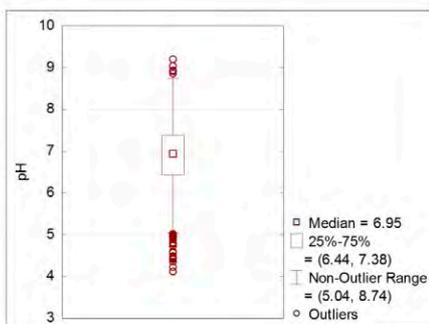
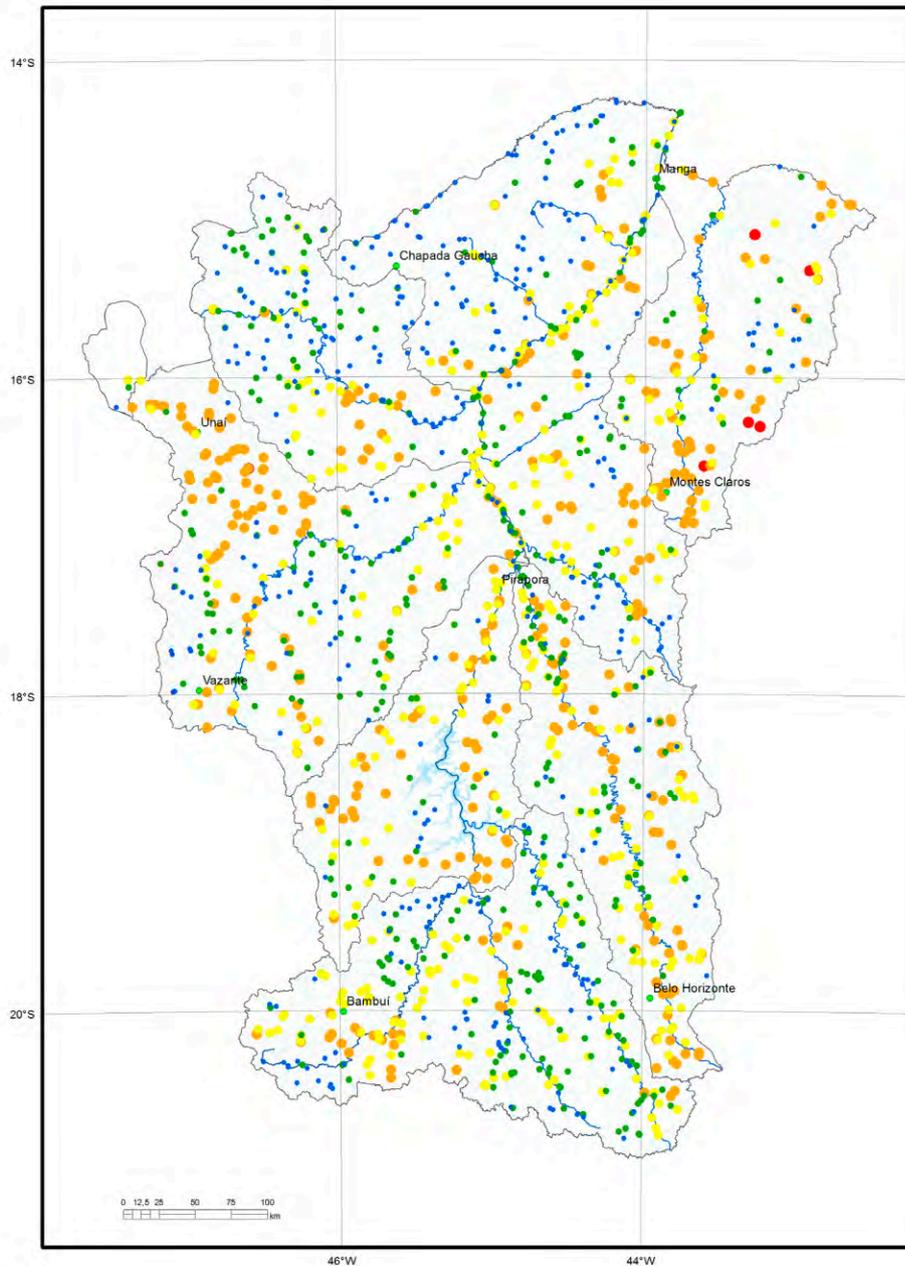
- < 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 1,0
- > 1,0



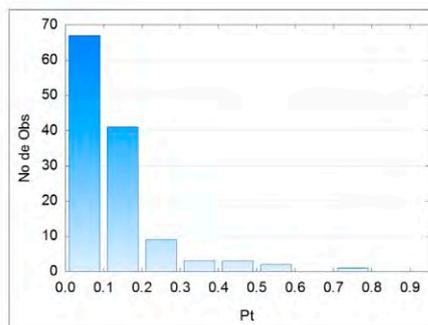
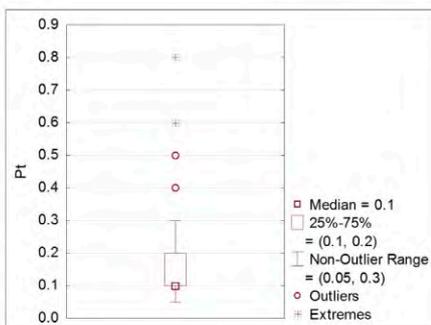
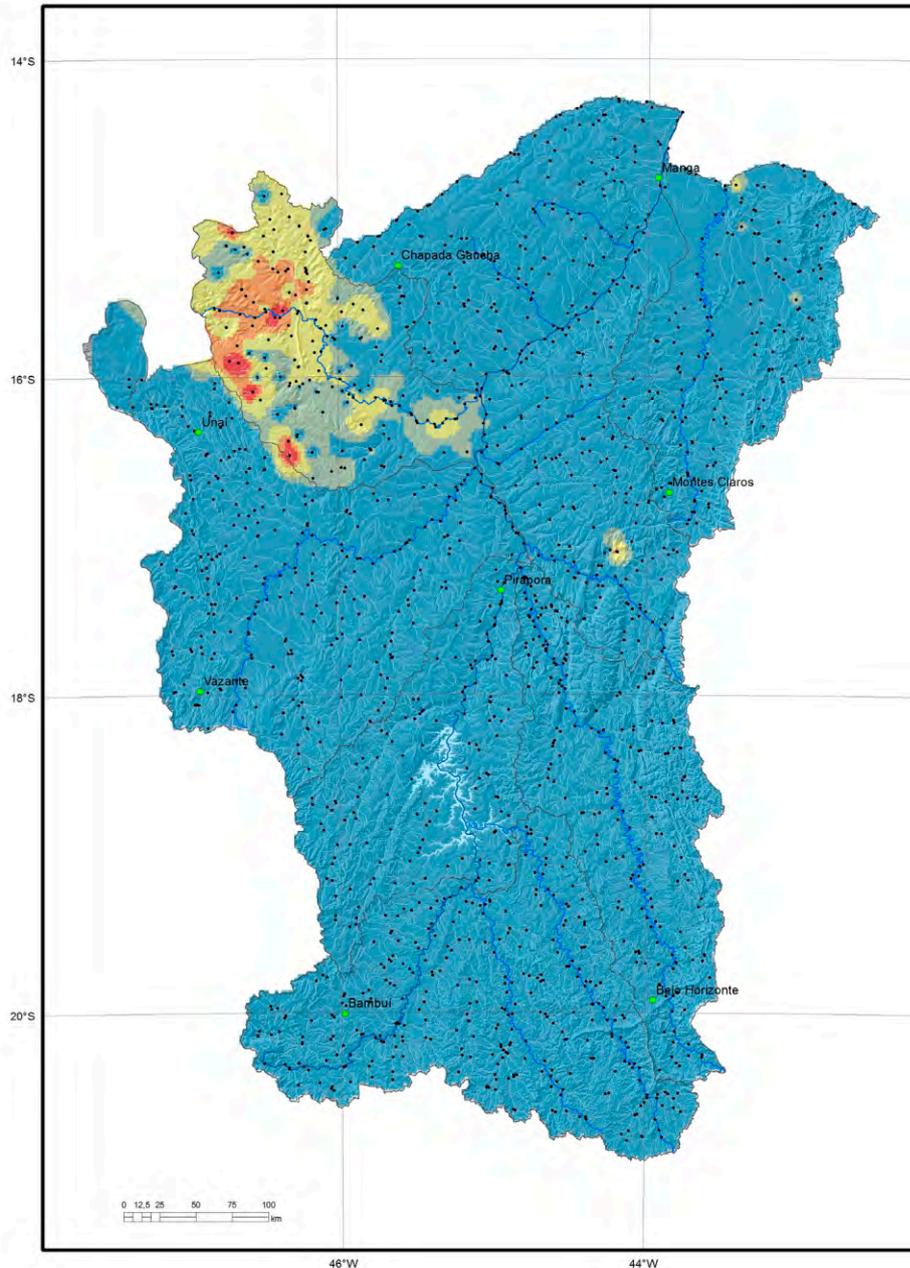
Elemento	Pd (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	175
Valor Médio	0,20
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	2,00
Mediana	0,05
Desvio Padrão	0,37
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



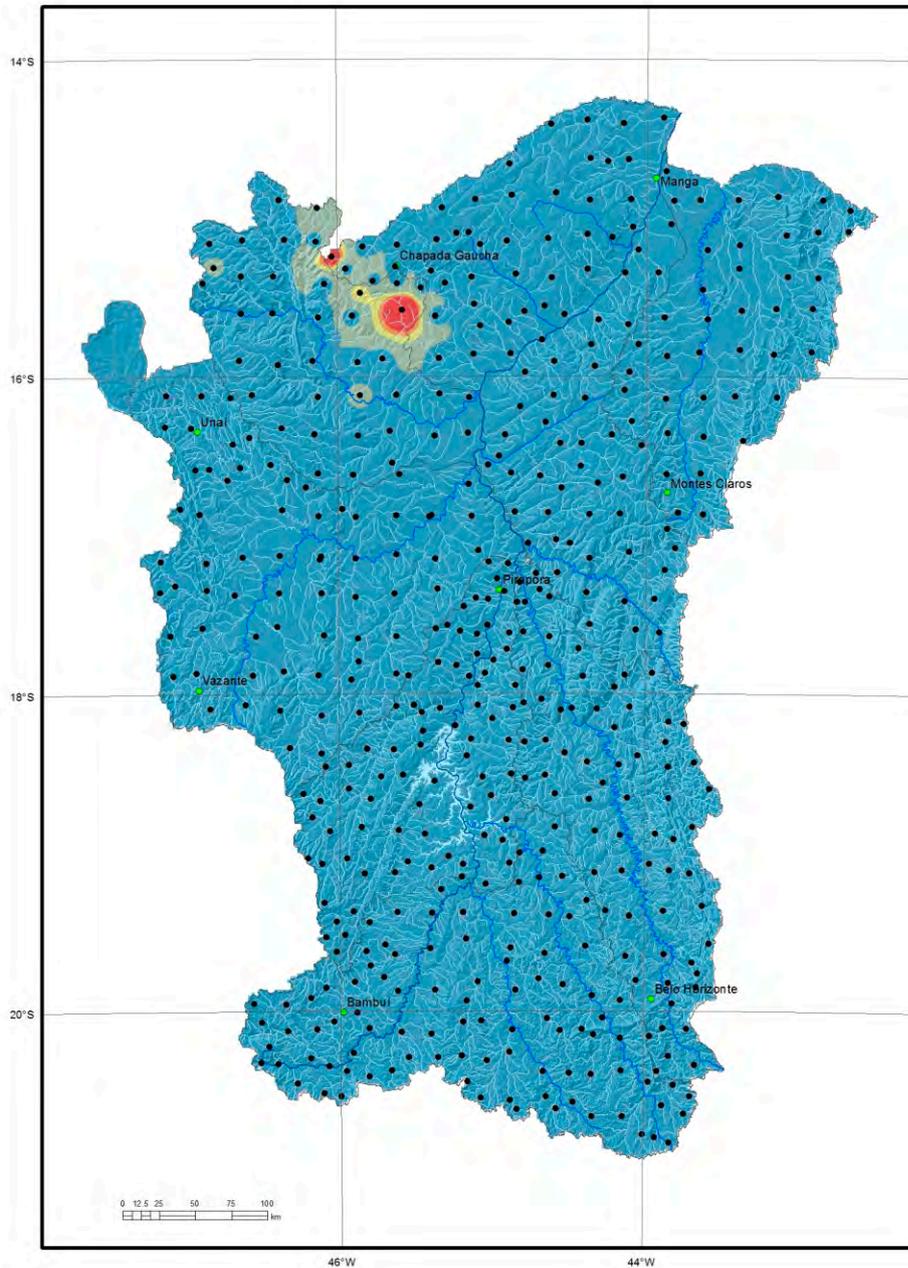
Elemento	pH
Límite de Detecção	-
Número de medidas	217
Result > Lim Detec	217
Valor Médio	6,9517
Mediana	6,980
Valor Mínimo	4,340
Valor Máximo	8,29
Desvio Padrão	0,6629
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	6 a 9
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-



Elemento	pH
Limite de Detecção	-
Número de medidas	1579
Result > Lim Detec	1579
Valor Médio	6.8830
Valor Mínimo	4.130
Valor Máximo	9.2100
Mediana	6.950
Desvio Padrão	0.725
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	6,0 a 9,0
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-



Elemento	Pt (ppm)
Límite de Detecção	0,100
Número de medidas	942
Result > Lim Detec	126
Valor Médio	0,177
Valor Mínimo	0,100
Valor Máximo	0,800
Mediana	0,100
Desvio Padrão	0,119
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

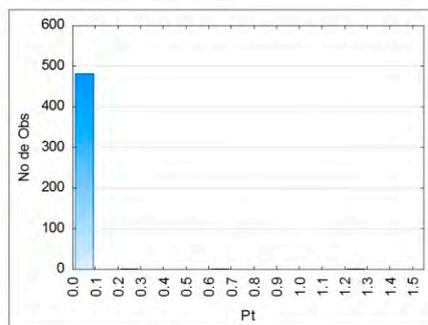
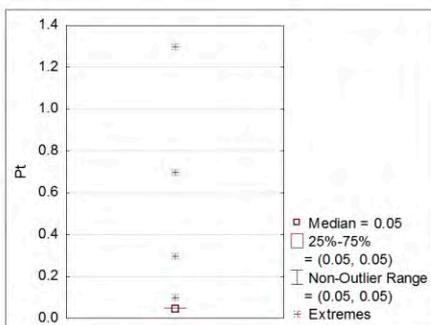


Legenda

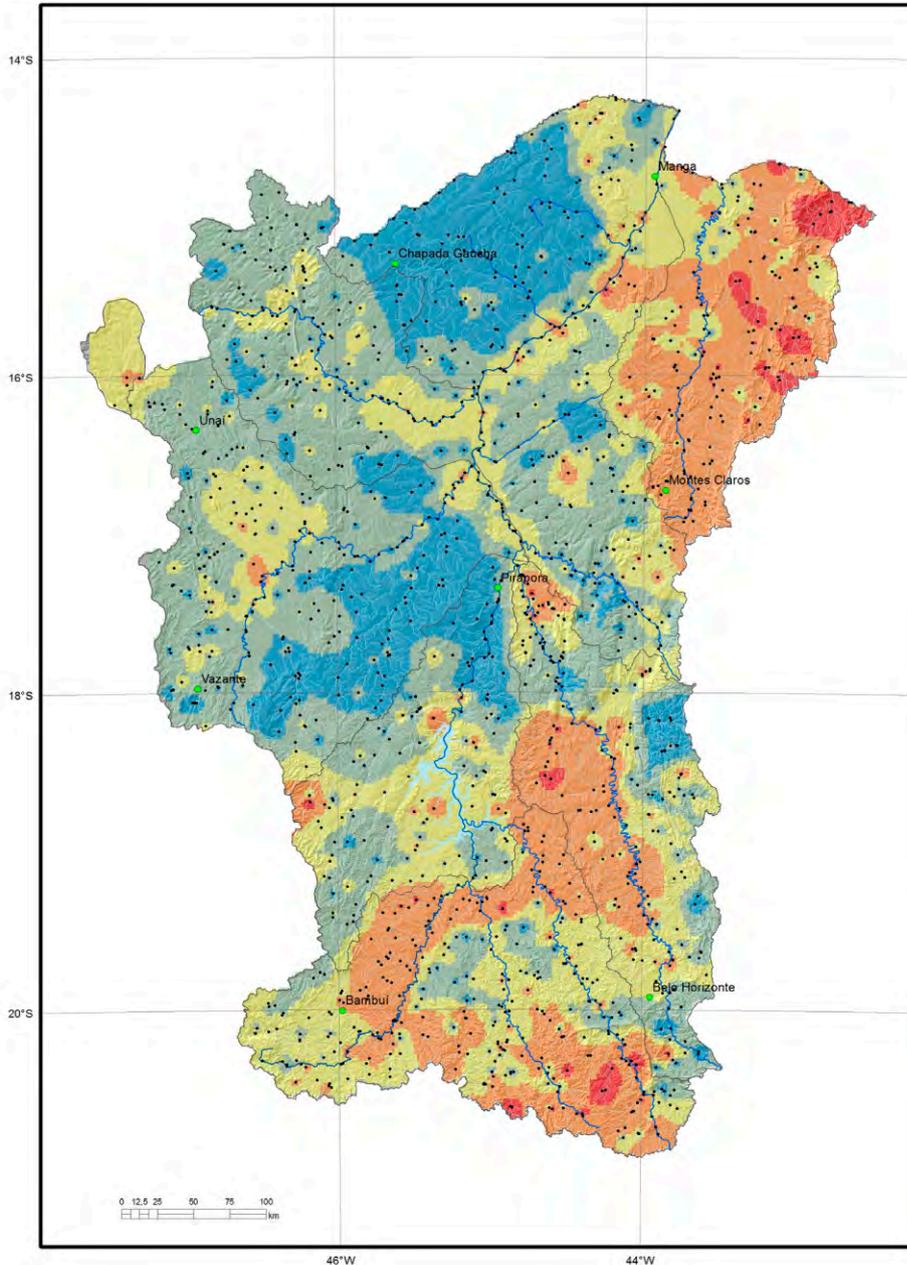
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Pt (ppm)

- < 0,05
- 0,05 - 0,20
- 0,20 - 0,30
- 0,30 - 0,40
- > 0,40



Elemento	Pt (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	6
Valor Médio	0,54
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	1,30
Mediana	0,05
Desvio Padrão	0,065
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

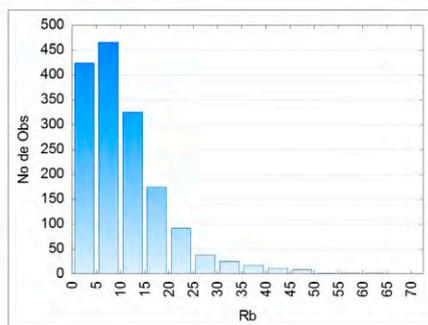
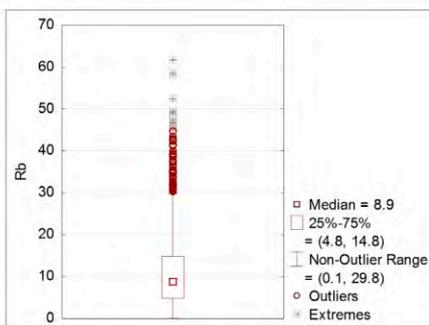


Legenda

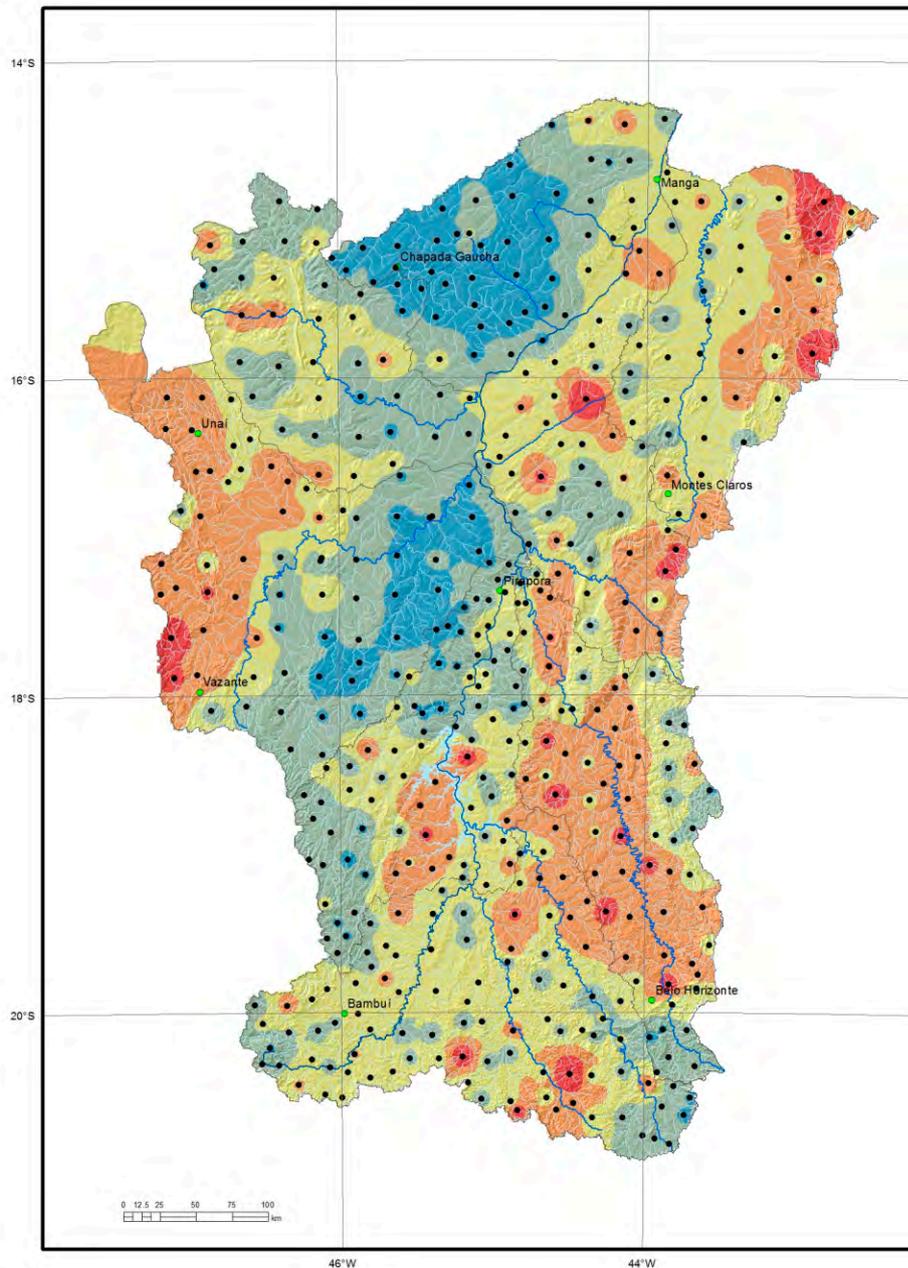
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Rb (ppm)

- < 4,8
- 4,8 - 8,9
- 8,9 - 14,8
- 14,8 - 29,8
- > 29,8



Elemento	Rb (ppm)
Límite de Detecção	0,200
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1586
Valor Médio	10,914
Valor Mínimo	0,200
Valor Máximo	61,700
Mediana	8,900
Desvio Padrão	8,892
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

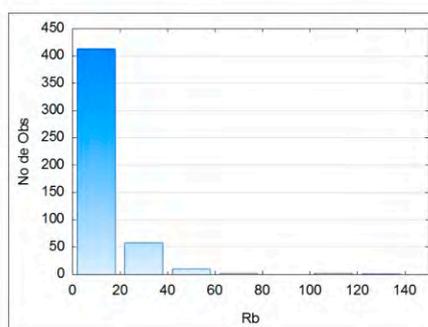
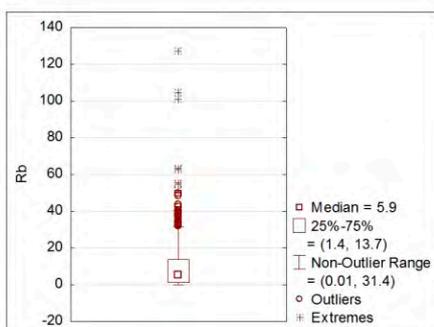


Legenda

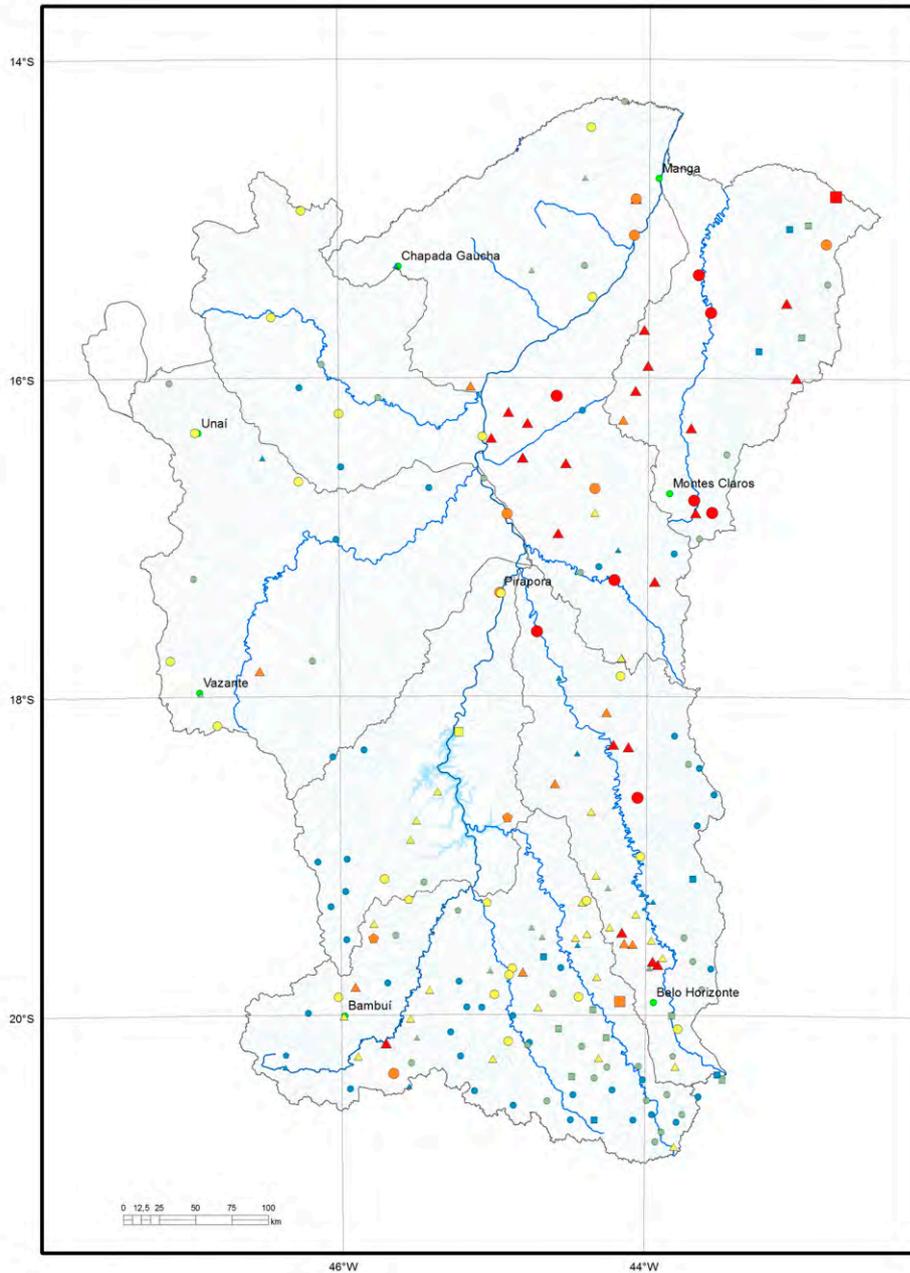
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Rb (ppm)

- < 1,4
- 1,4 - 5,9
- 5,9 - 13,7
- 13,7 - 31,4
- > 31,4



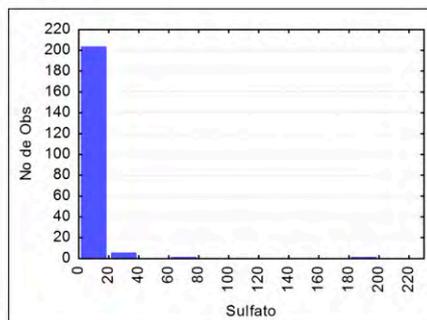
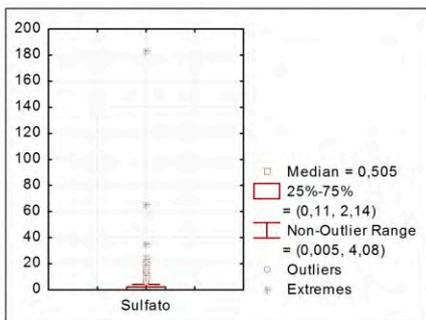
Elemento	Rb (ppm)
Limite de Detecção	0,2
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	453
Valor Médio	10,17
Valor Mínimo	0,20
Valor Máximo	127,00
Mediana	5,90
Desvio Padrão	13,82
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



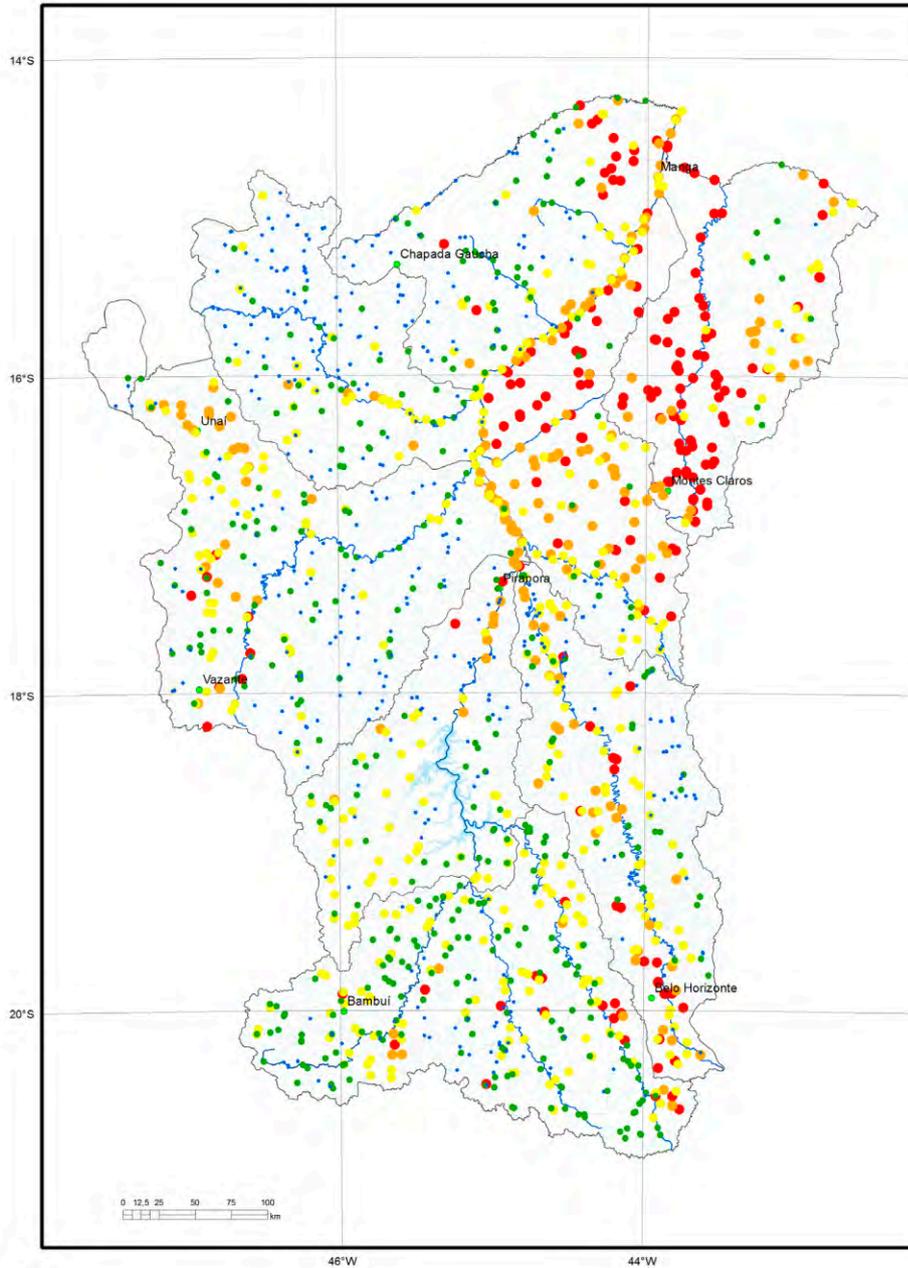
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Sulfato (mg/L)
■	●	▲	◆	< 0.110
■	●	▲	◆	0.110 - 0.505
■	●	▲	◆	0.505 - 2.140
■	●	▲	◆	2.140 - 4.080
■	●	▲	◆	> 4.080



Elemento	Sulfato (mg/L)
Limite de Detecção	0,010
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	205
Valor Médio	3,6403
Mediana	0,505
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	183
Desvio Padrão	14,1351
Port MS 2914 / 2011	250
CONAMA 357/2005 -	250
CONAMA 396/2008 -	250
WHO 2011	-

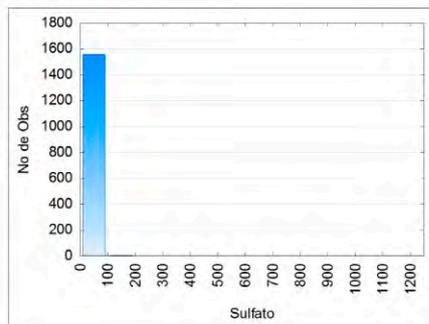
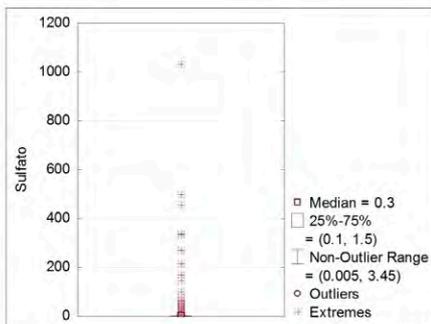


Legenda

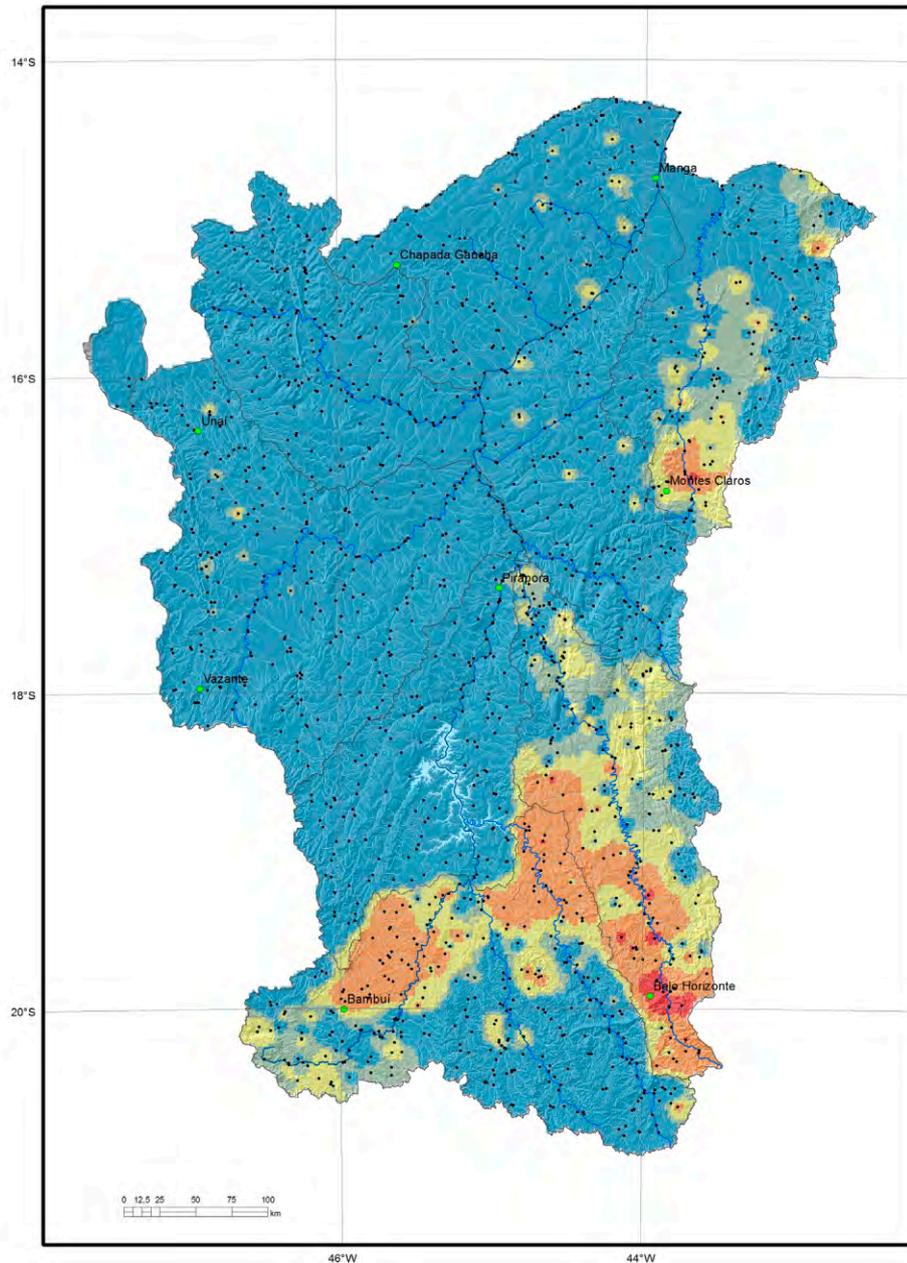
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Sulfato (mg/L)

- < 0,10
- 0,10 - 0,30
- 0,30 - 1,50
- 1,50 - 3,45
- > 3,45



Elemento	Sulfato (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1564
Result > Lim Detec	1518
Valor Médio	4,833
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	1030
Mediana	0,300
Desvio Padrão	35,758
Port MS 2914 / 2011	250
CONAMA 357/2005 -	250
CONAMA 396/2008 -	250
WHO 2011	-

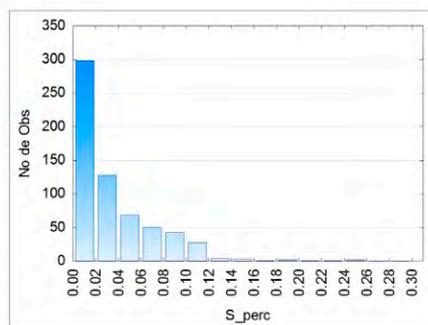
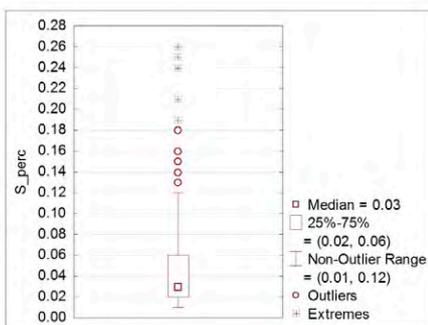


Legenda

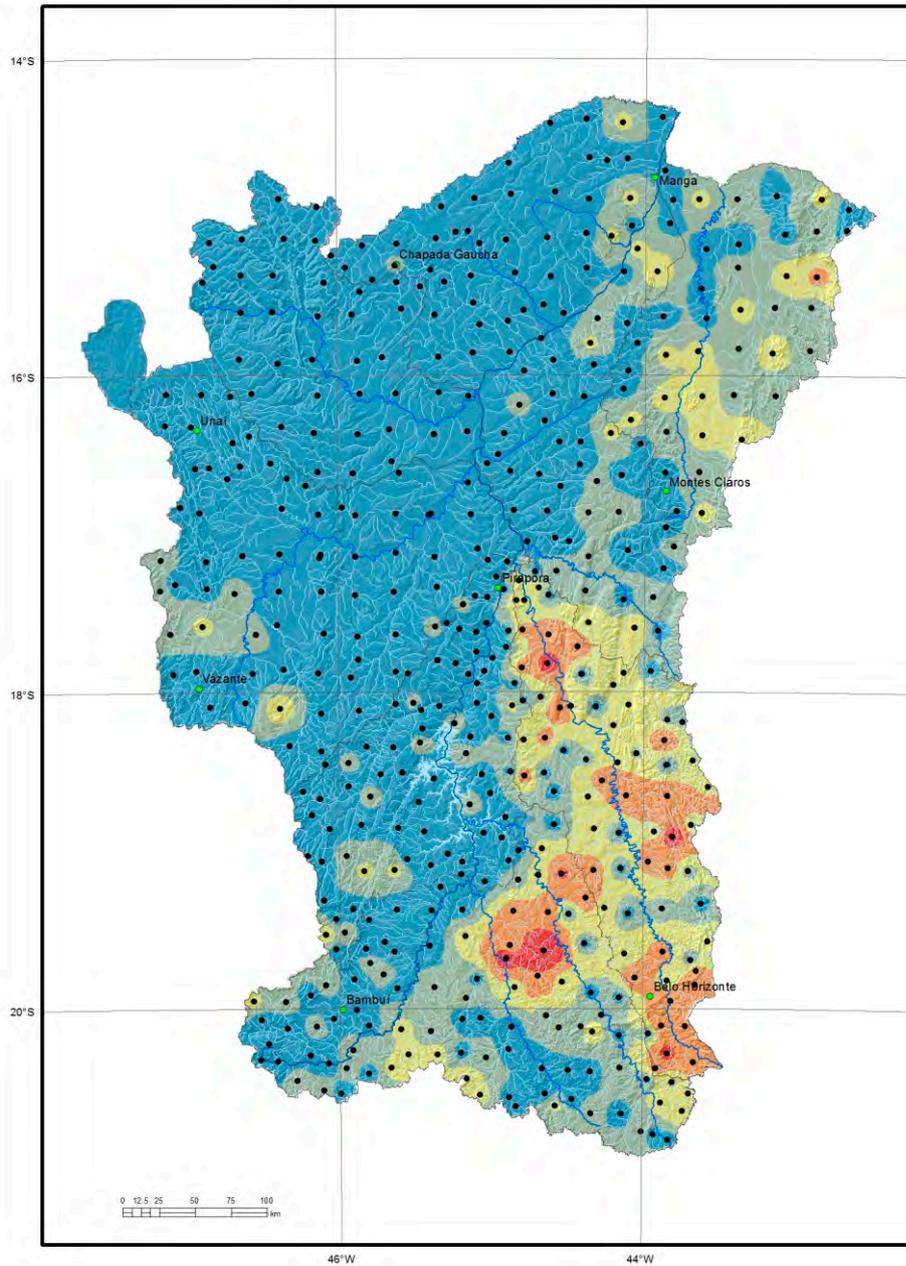
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

S (%)

- < 0,02
- 0,02 - 0,03
- 0,03 - 0,06
- 0,06 - 0,12
- > 0,12



Elemento	S (%)
Limite de Detecção	0,010
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	630
Valor Médio	0,041
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,260
Mediana	0,030
Desvio Padrão	0,037
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

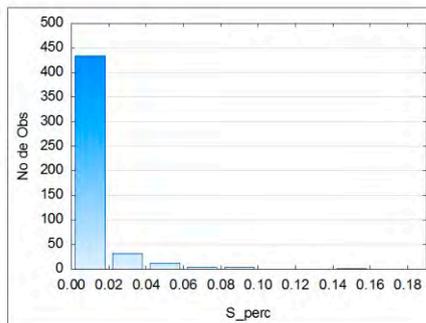
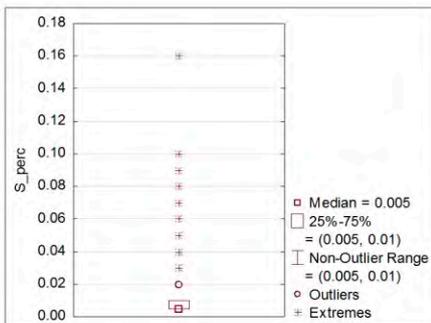


Legenda

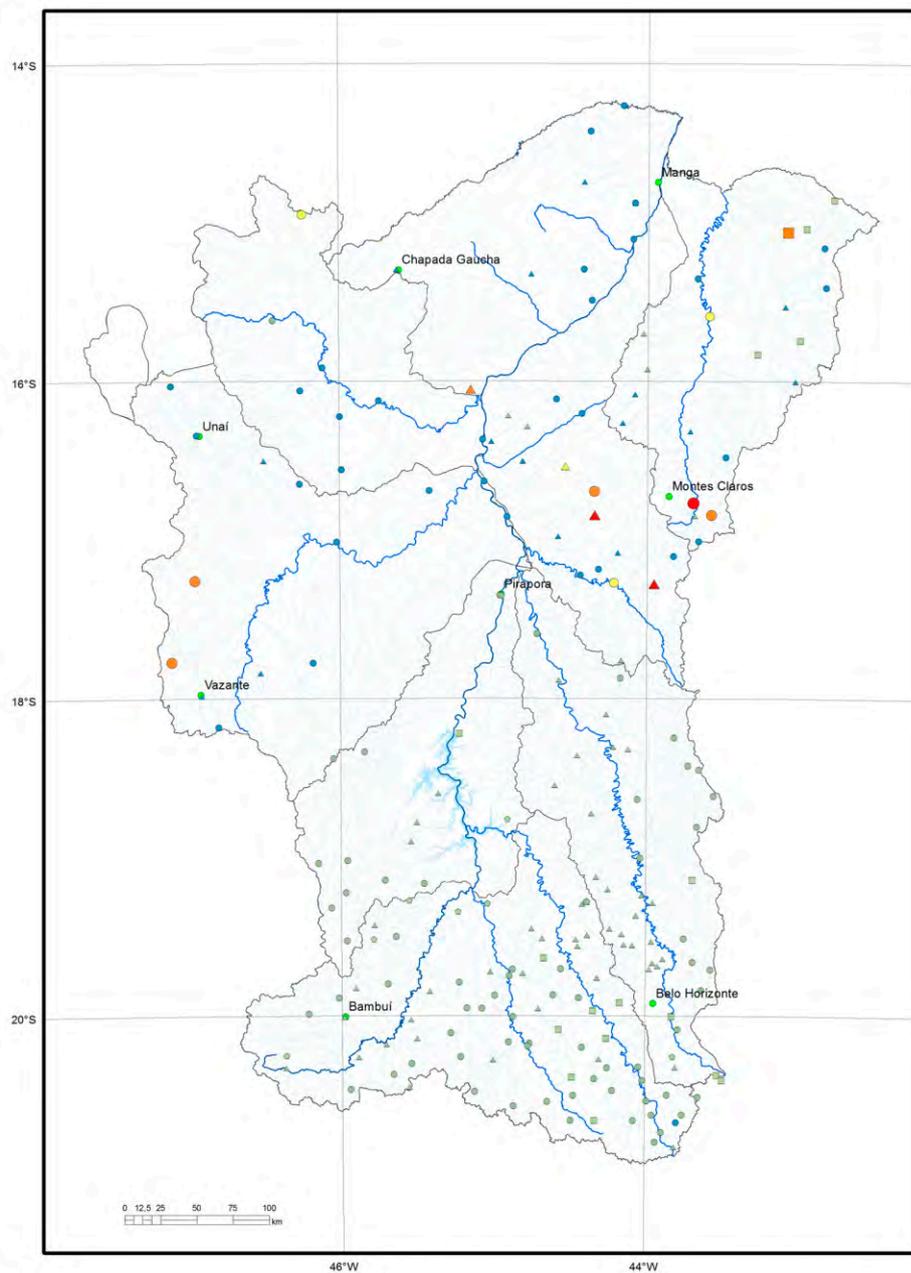
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

S (%)

- < 0,005
- 0,005 - 0,010
- 0,010 - 0,030
- 0,030 - 0,060
- > 0,060



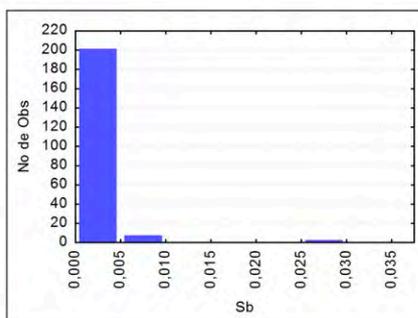
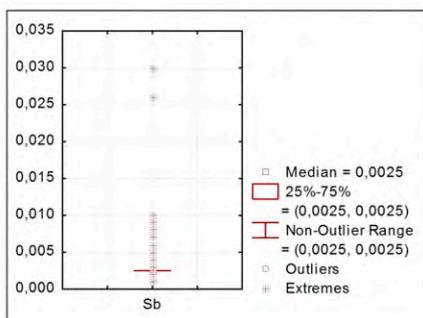
Elemento	S (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	168
Valor Médio	0,01
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,16
Mediana	0,005
Desvio Padrão	0,02
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



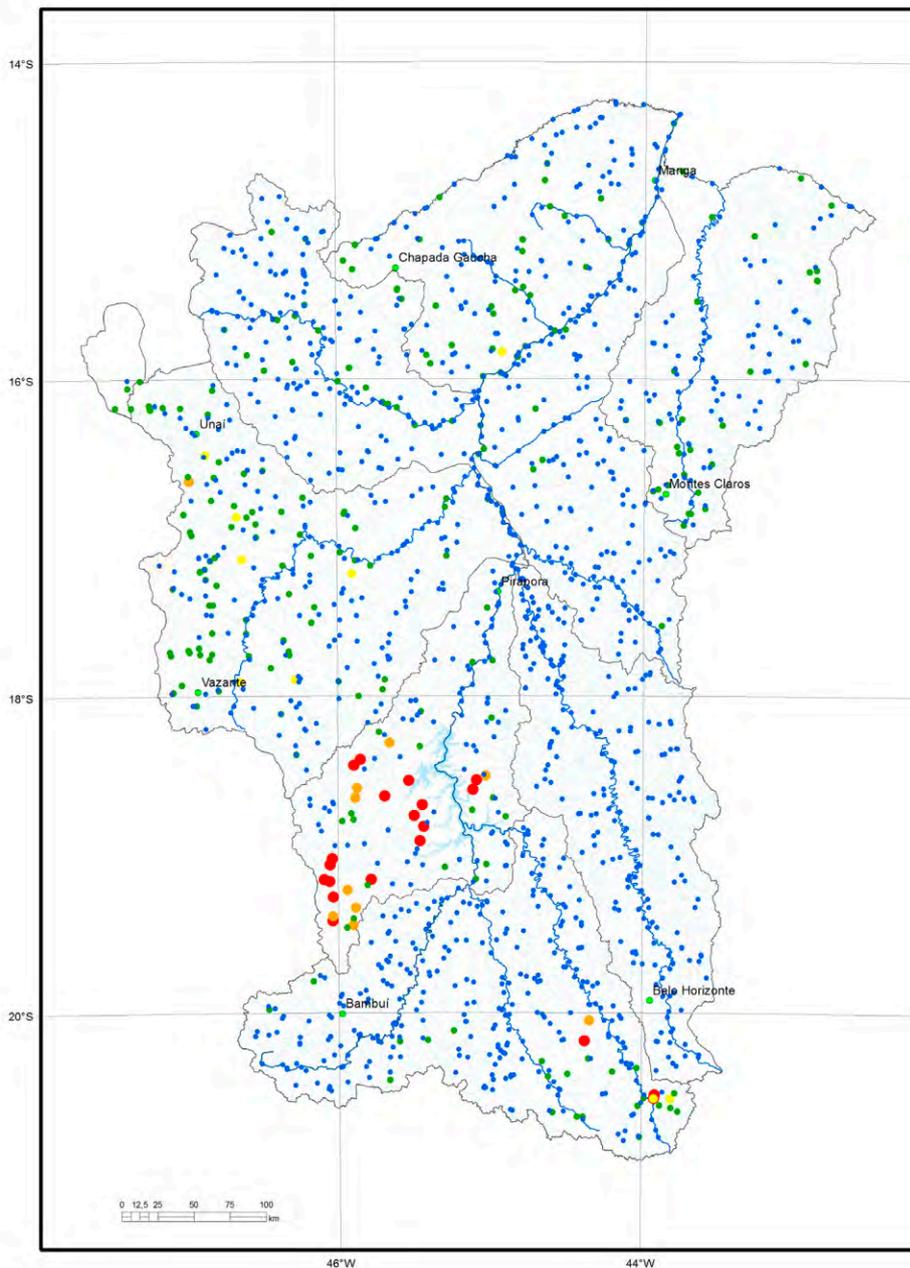
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Sb (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,001
■	●	▲	●	0,001 - 0,003
■	●	▲	●	0,003 - 0,005
■	●	▲	●	0,005 - 0,009
■	●	▲	●	> 0,009



Elemento	Sb (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	67
Valor Médio	0,0026
Mediana	0,003
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	0,03
Desvio Padrão	0,0028
Port MS 2914 / 2011	0,01
CONAMA 357/2005 -	0,01
CONAMA 396/2008 -	0,01
WHO 2011	0,02

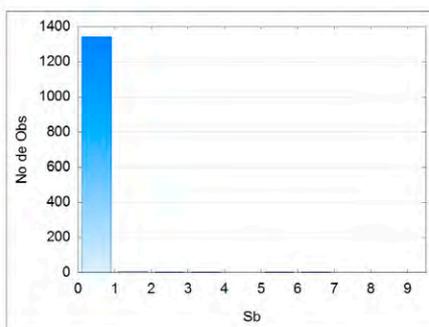
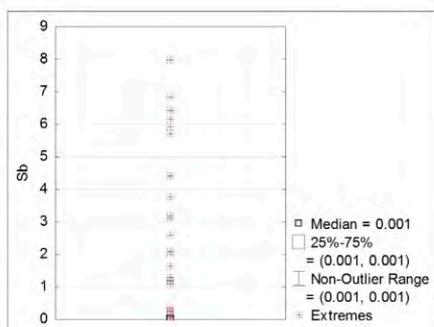


Legenda

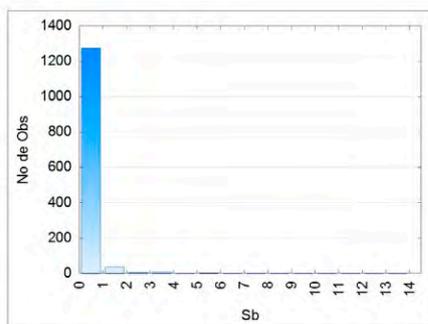
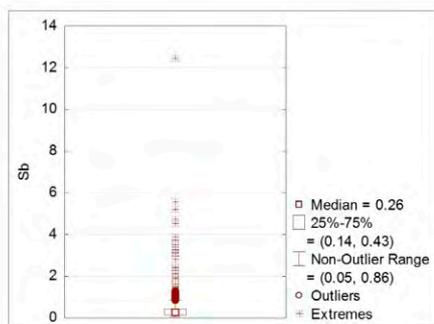
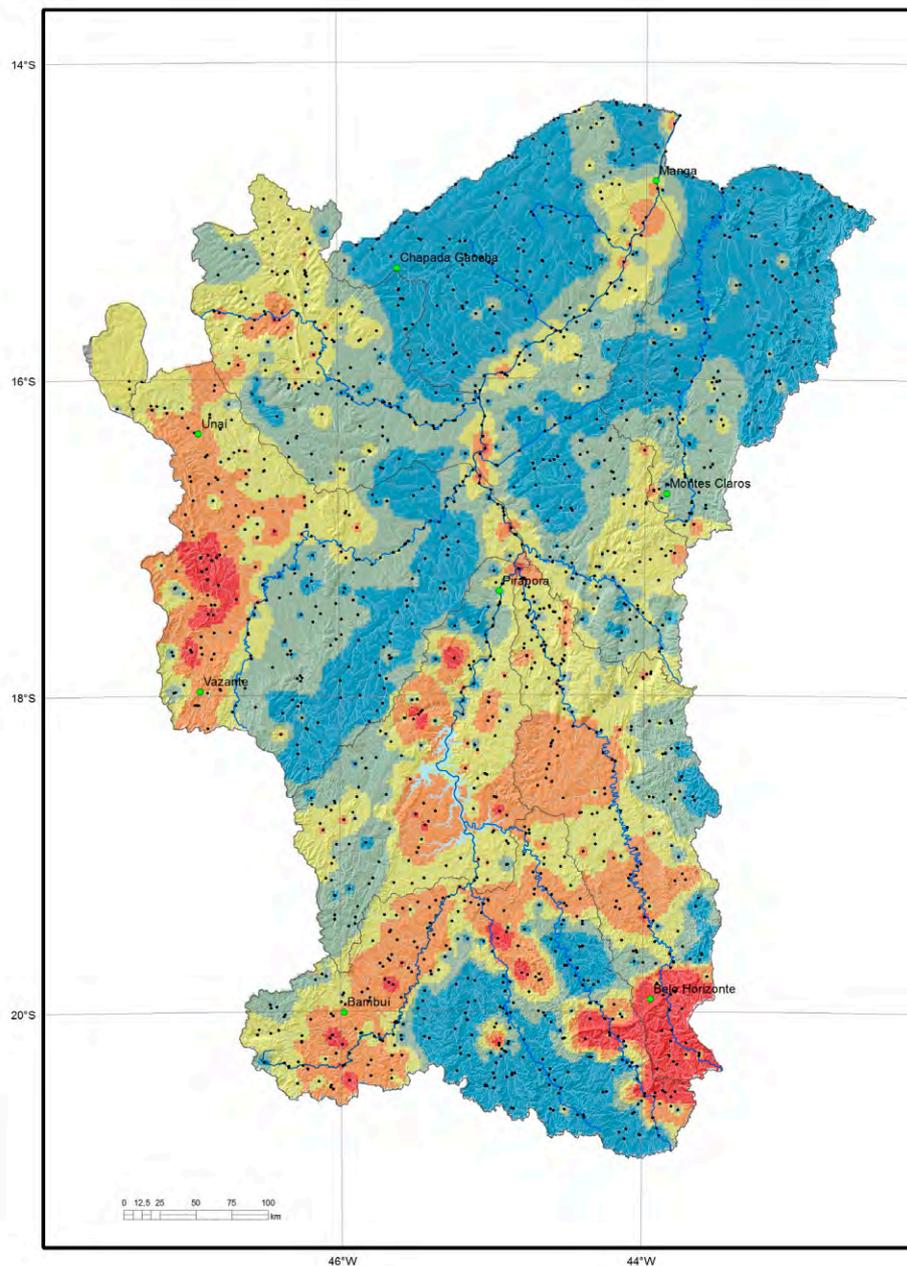
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Sb (mg/L)

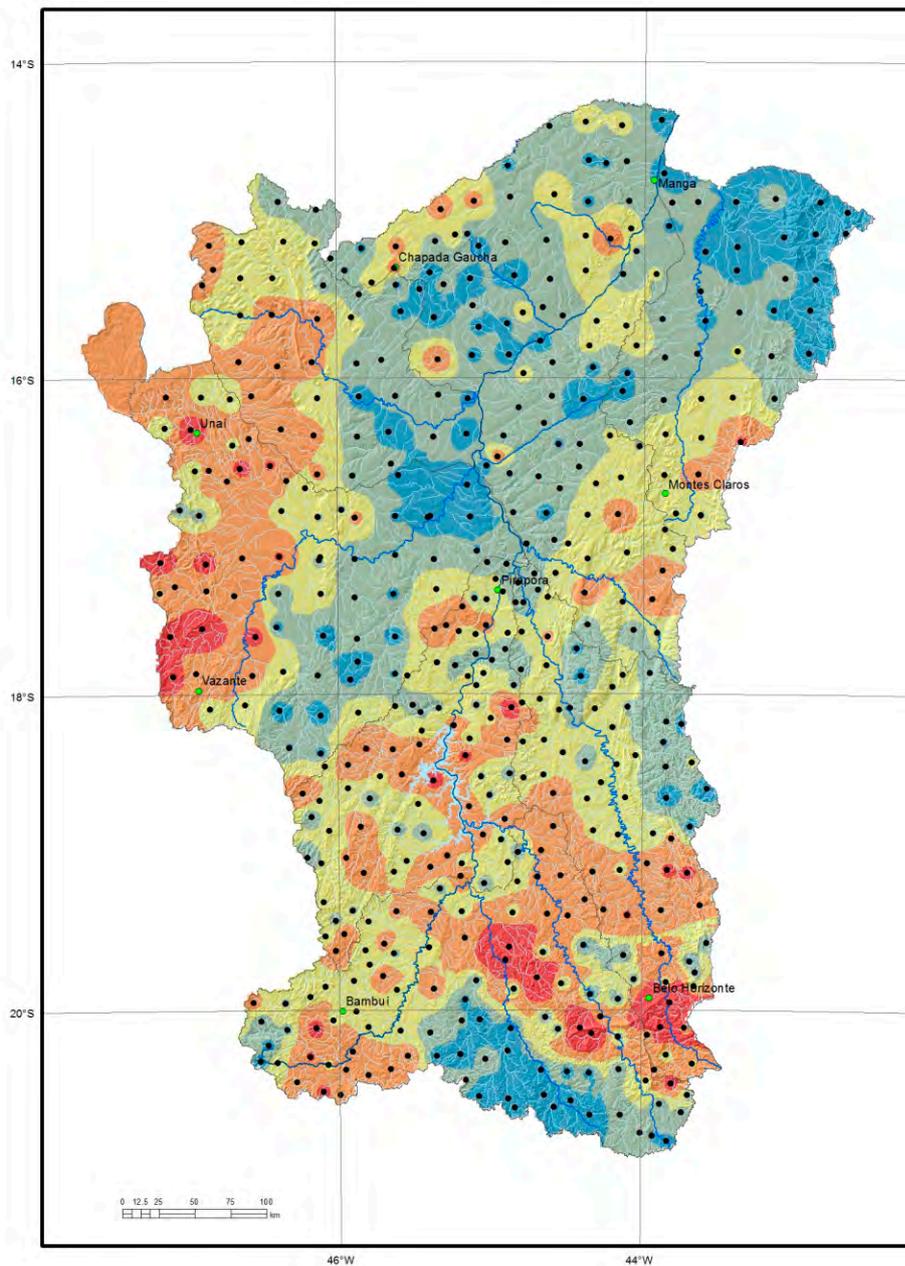
- < 0,0011
- 0,0011 - 0,0551
- 0,0551 - 0,1000
- 0,1000 - 0,5000
- > 0,5000



Elemento	Sb (mg/L)
Límite de Detecção	0,002
Número de medidas	1358
Result > Lim Detec	249
Valor Médio	0,0550
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	7,9750
Mediana	0,001
Desvio Padrão	0,4957
Port MS 2914 / 2011	0,005
CONAMA 357/2005 -	0,005
CONAMA 396/2008 -	0,005
WHO 2011	0,020



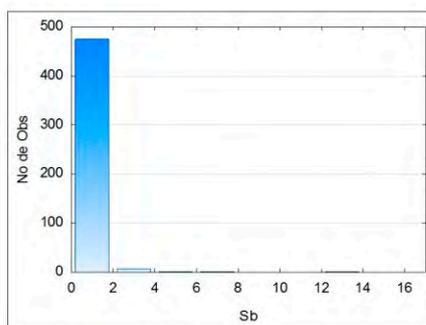
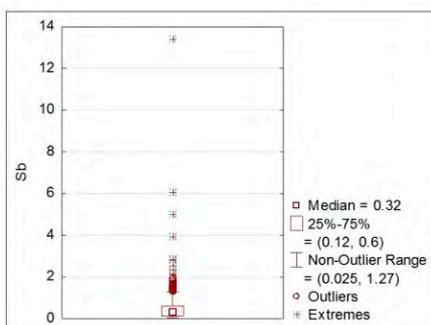
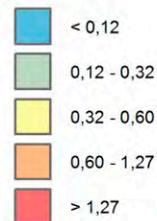
Elemento	Sb (ppm)
Límite de Detecção	0,050
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1336
Valor Médio	0,326
Valor Mínimo	0,050
Valor Máximo	12,450
Mediana	0,260
Desvio Padrão	0,566
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	3,000



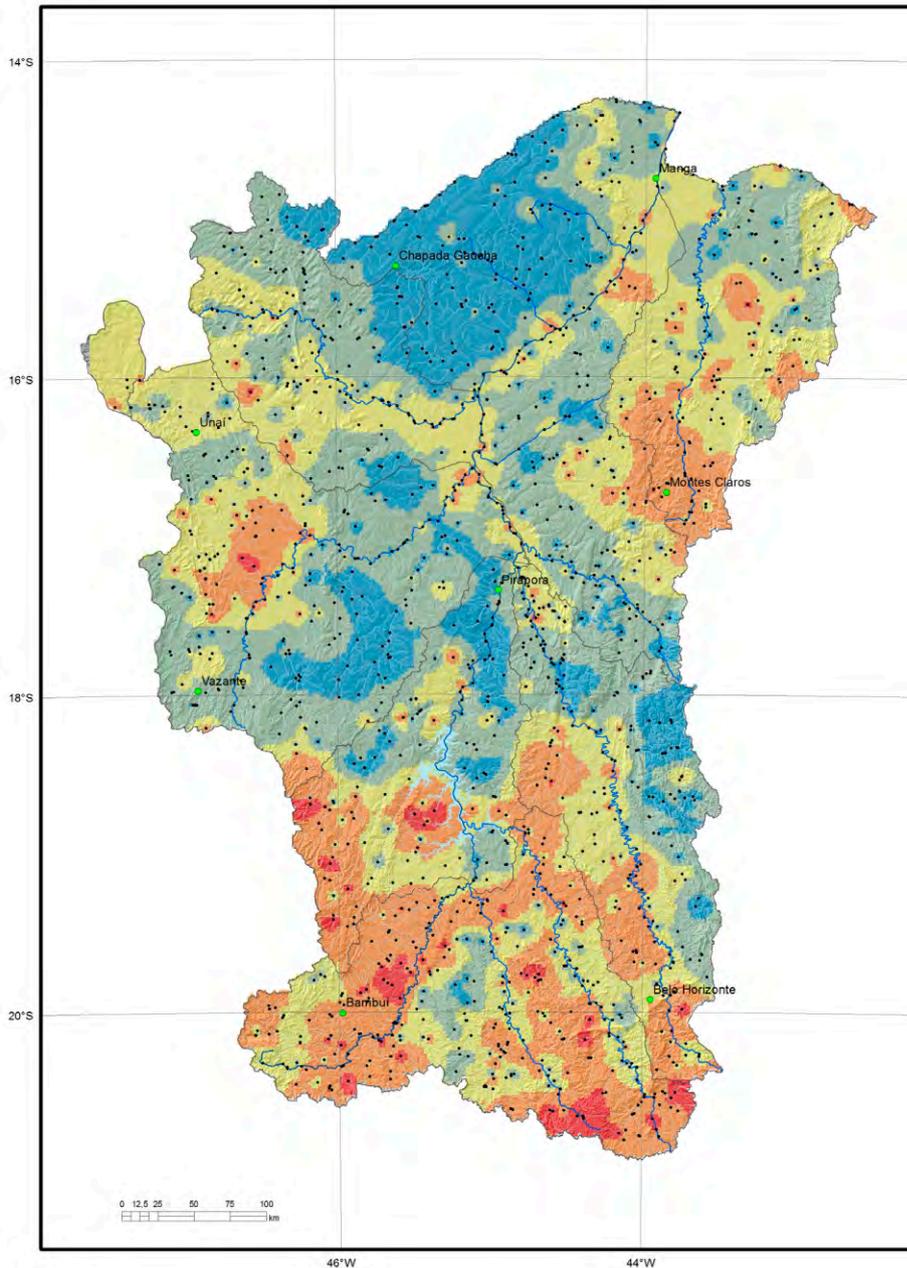
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Sb (ppm)



Elemento	Sb (ppm)
Límite de Detecção	0,05
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	435
Valor Médio	0,50
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	13,43
Mediana	0,32
Desvio Padrão	0,85
CONAMA 454/2012 - V.Prev	2,0
VRQ FEAM-MG	0,50
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	3,0

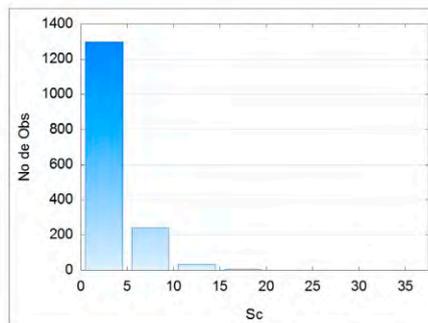
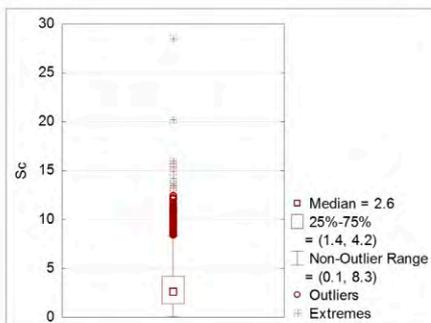


Legenda

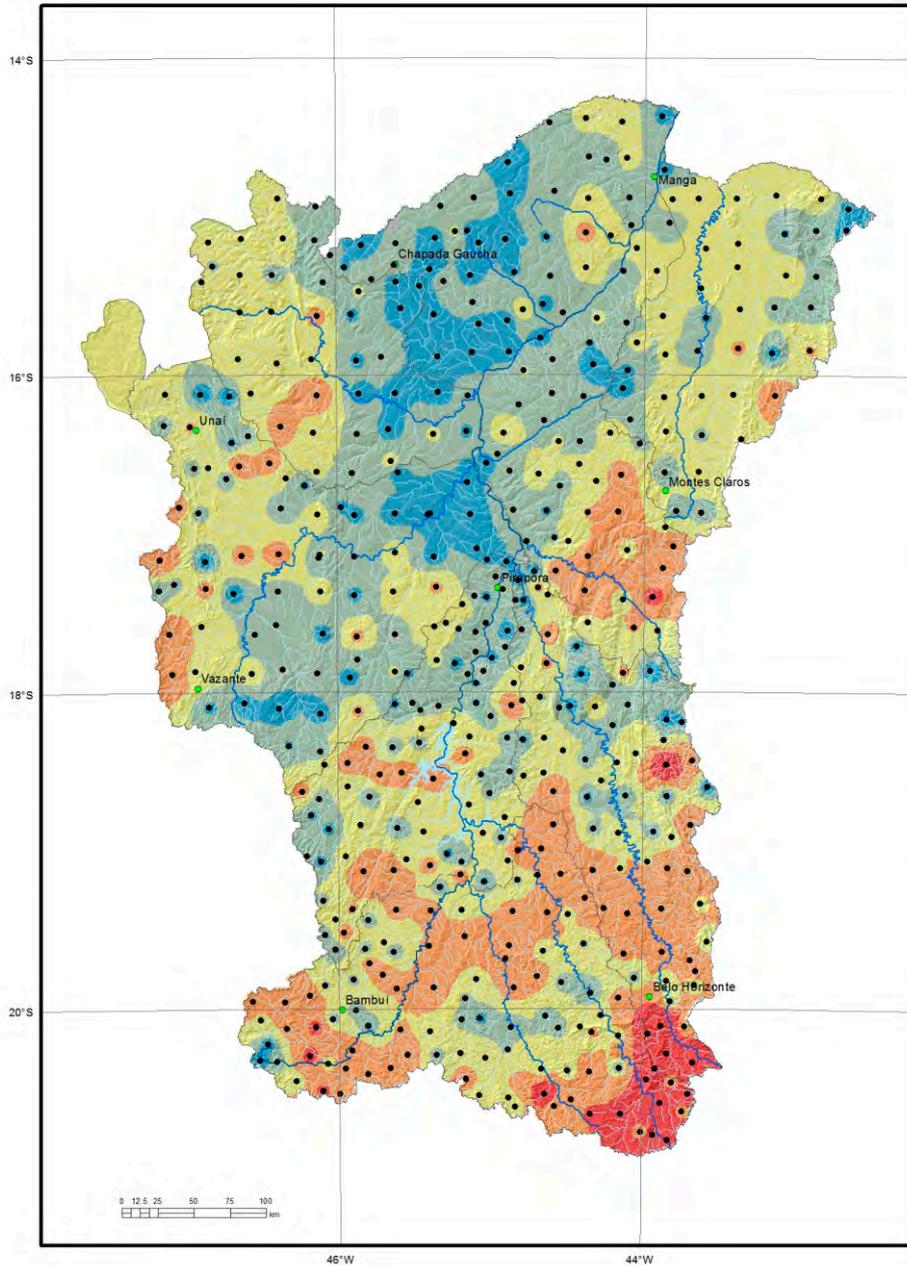
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Sc (ppm)

- < 1,4
- 1,4 - 2,6
- 2,6 - 4,2
- 4,2 - 8,3
- > 8,3



Elemento	Sc (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1580
Valor Médio	3,20
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	28,50
Mediana	2,60
Desvio Padrão	2,57
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

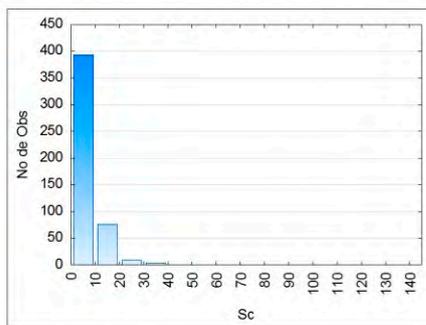
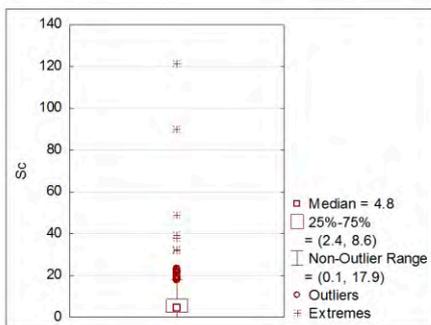


Legenda

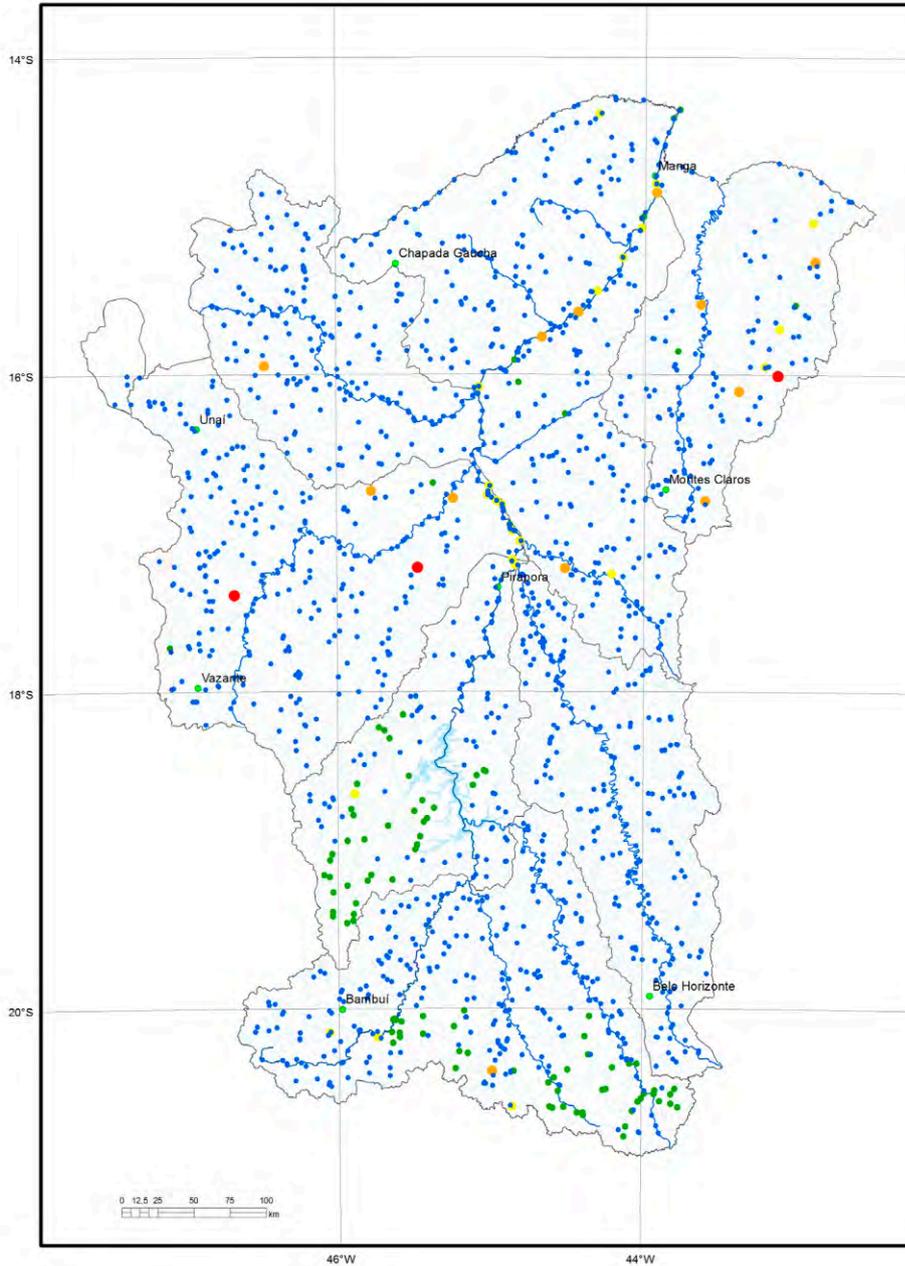
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Sc (ppm)

- < 2,4
- 2,4 - 4,8
- 4,8 - 8,6
- 8,6 - 17,9
- > 17,9



Elemento	Sc (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	482
Valor Médio	6,85
Valor Mínimo	0,20
Valor Máximo	121,40
Mediana	4,80
Desvio Padrão	8,69
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

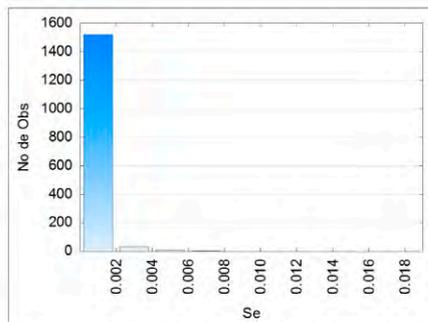
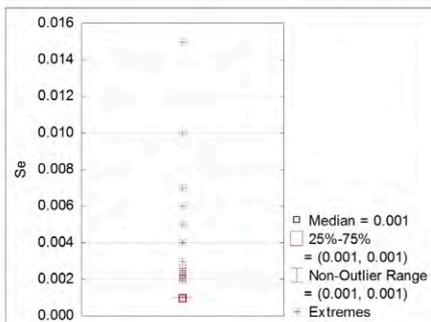


Legenda

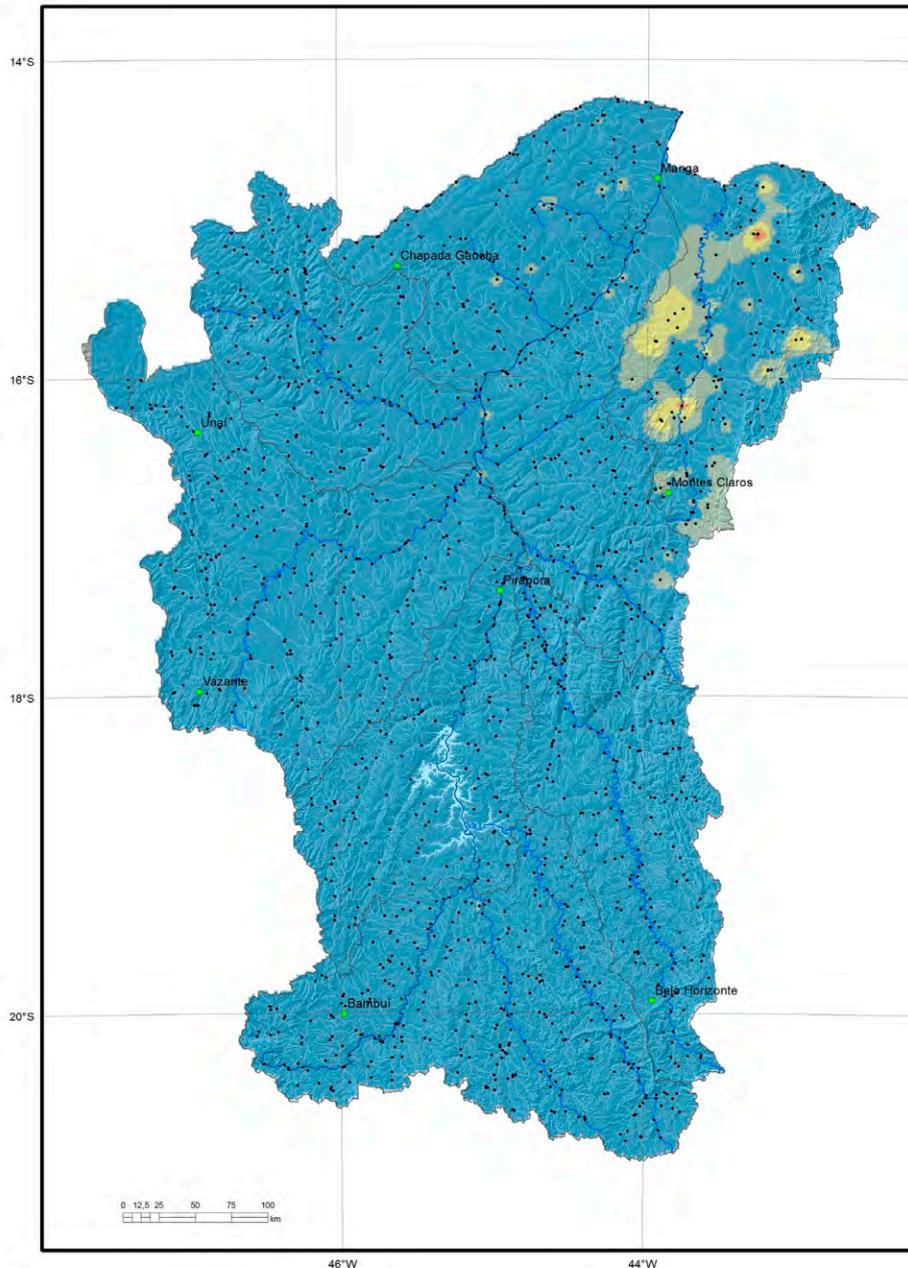
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⬭ sub-bacias trabalhadas

Se (mg/L)

- < 0,0011
- 0,0011 - 0,0026
- 0,0026 - 0,0040
- 0,0040 - 0,0070
- > 0,0070



Elemento	Se (mg/L)
Límite de Detecção	0,002
Número de medidas	1562
Result > Lim Detec	128
Valor Médio	0,0011
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	0,0150
Mediana	0,001
Desvio Padrão	0,0007
Port MS 2914 / 2011	0,010
CONAMA 357/2005 -	0,010
CONAMA 396/2008 -	0,010
WHO 2011	0,040

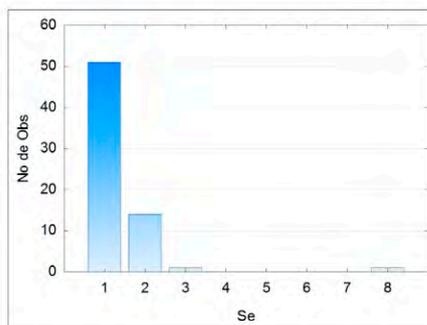
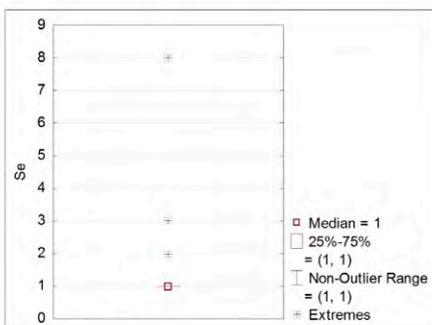


Legenda

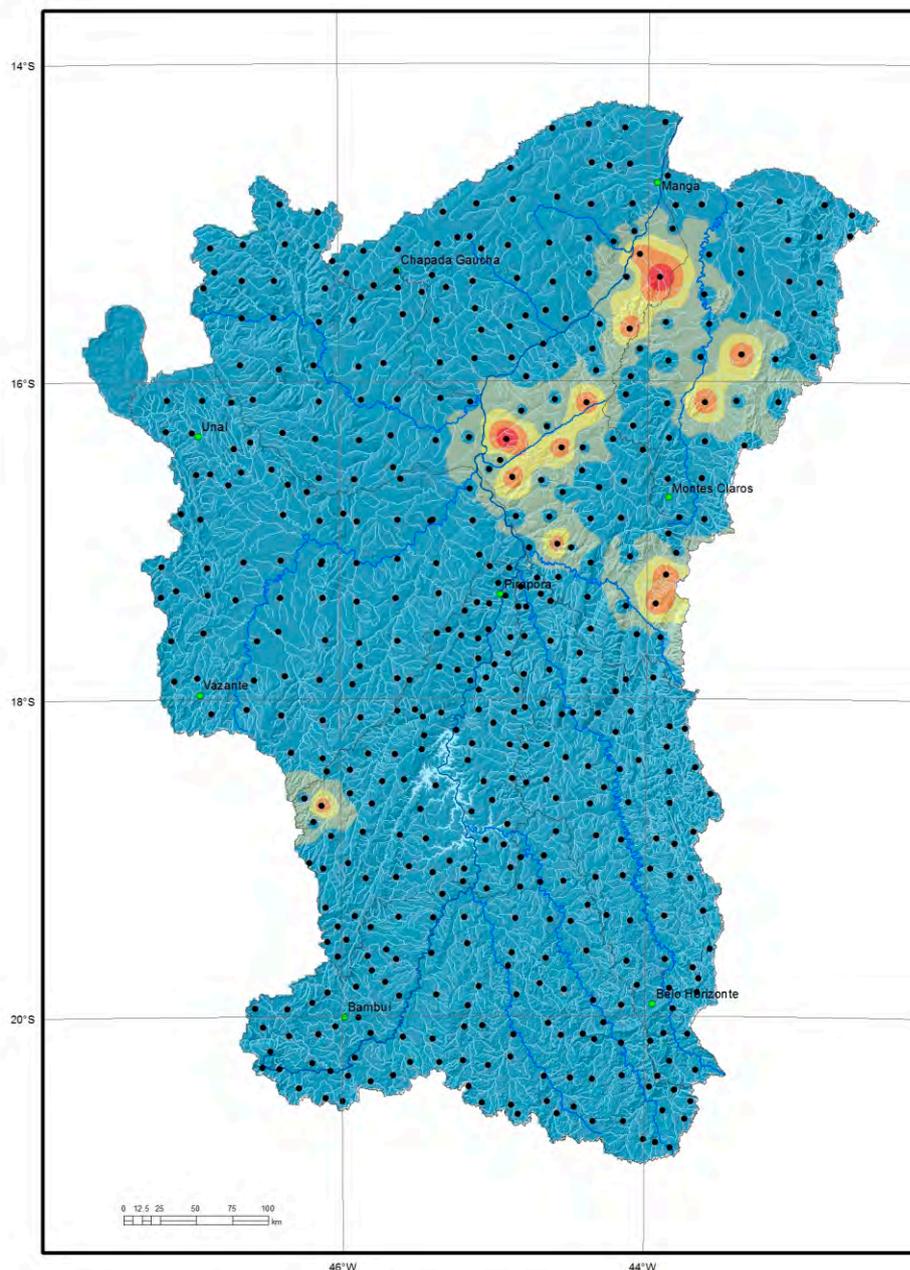
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Se (ppm)

- < 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- > 3



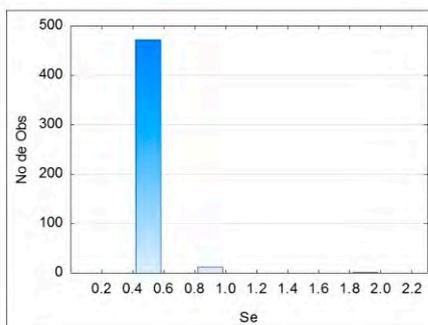
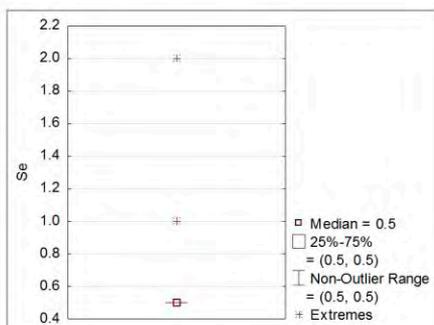
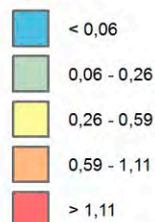
Elemento	Se (ppm)
Limite de Detecção	1,0
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	67
Valor Médio	1,343
Valor Mínimo	1,0
Valor Máximo	8,0
Mediana	1,0
Desvio Padrão	0,946
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	0,290



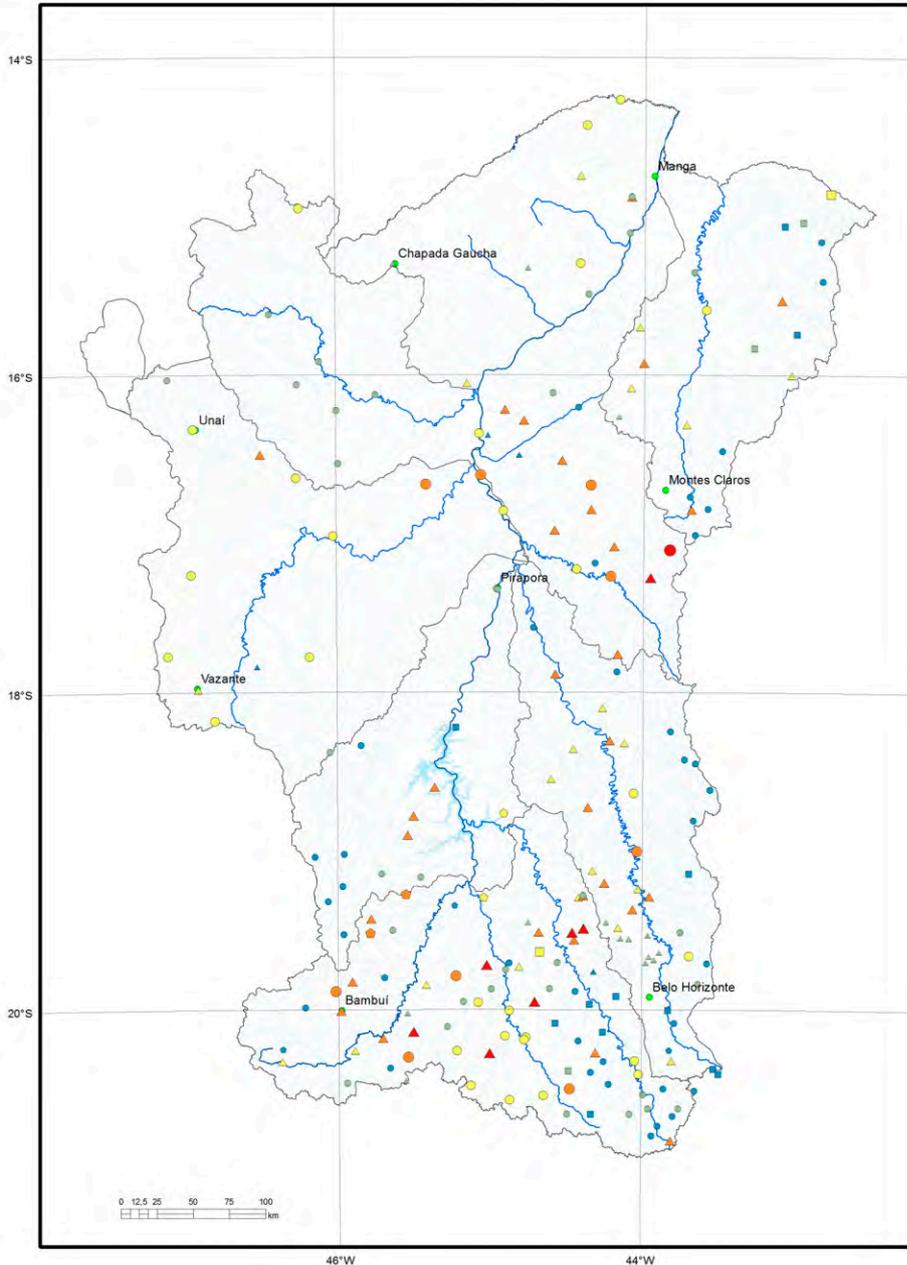
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Se (ppm)



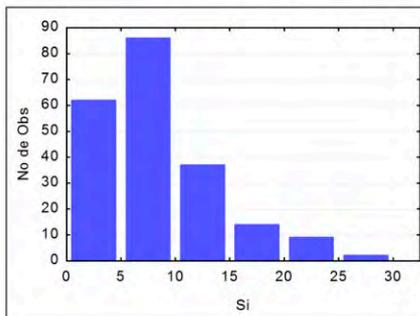
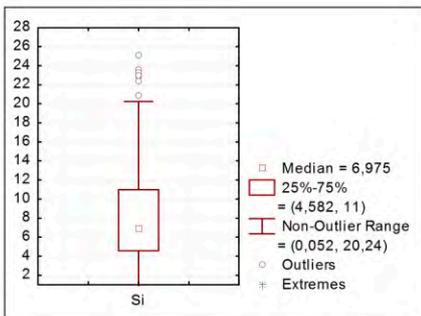
Elemento	Se (ppm)
Limite de Detecção	1,0
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	13
Valor Médio	0,10
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	2,00
Mediana	0,50
Desvio Padrão	0,38
CONAMA 454/2012 - V. Prev	5,0
VRQ FEAM-MG	0,51
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	0,26



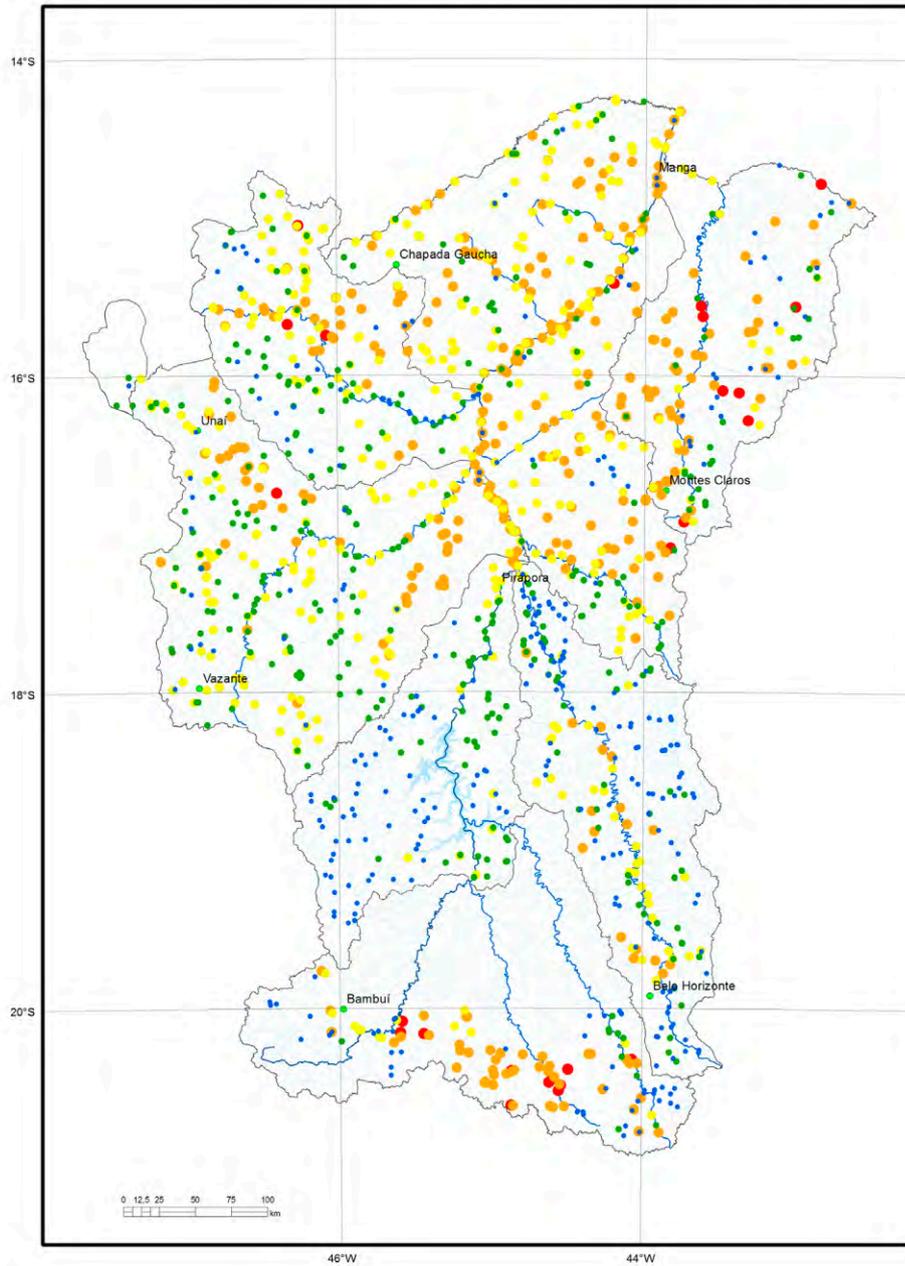
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mistra	Poço	Rio	Si (mg/L)
■	●	▲	●	< 4.582
■	●	▲	●	4.582 - 6.975
■	●	▲	●	6.975 - 11.000
■	●	▲	●	11.000 - 20.240
■	●	▲	●	> 20.240



Elemento	Si (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	210
Valor Médio	8,3472
Mediana	6,975
Valor Mínimo	0,052
Valor Máximo	25,190
Desvio Padrão	5,3493
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-

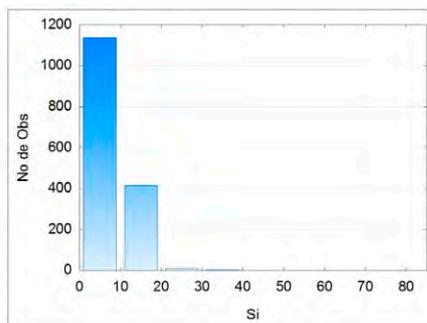
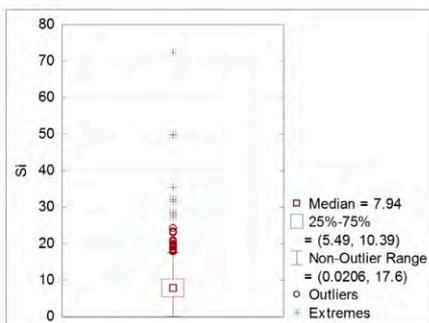


Legenda

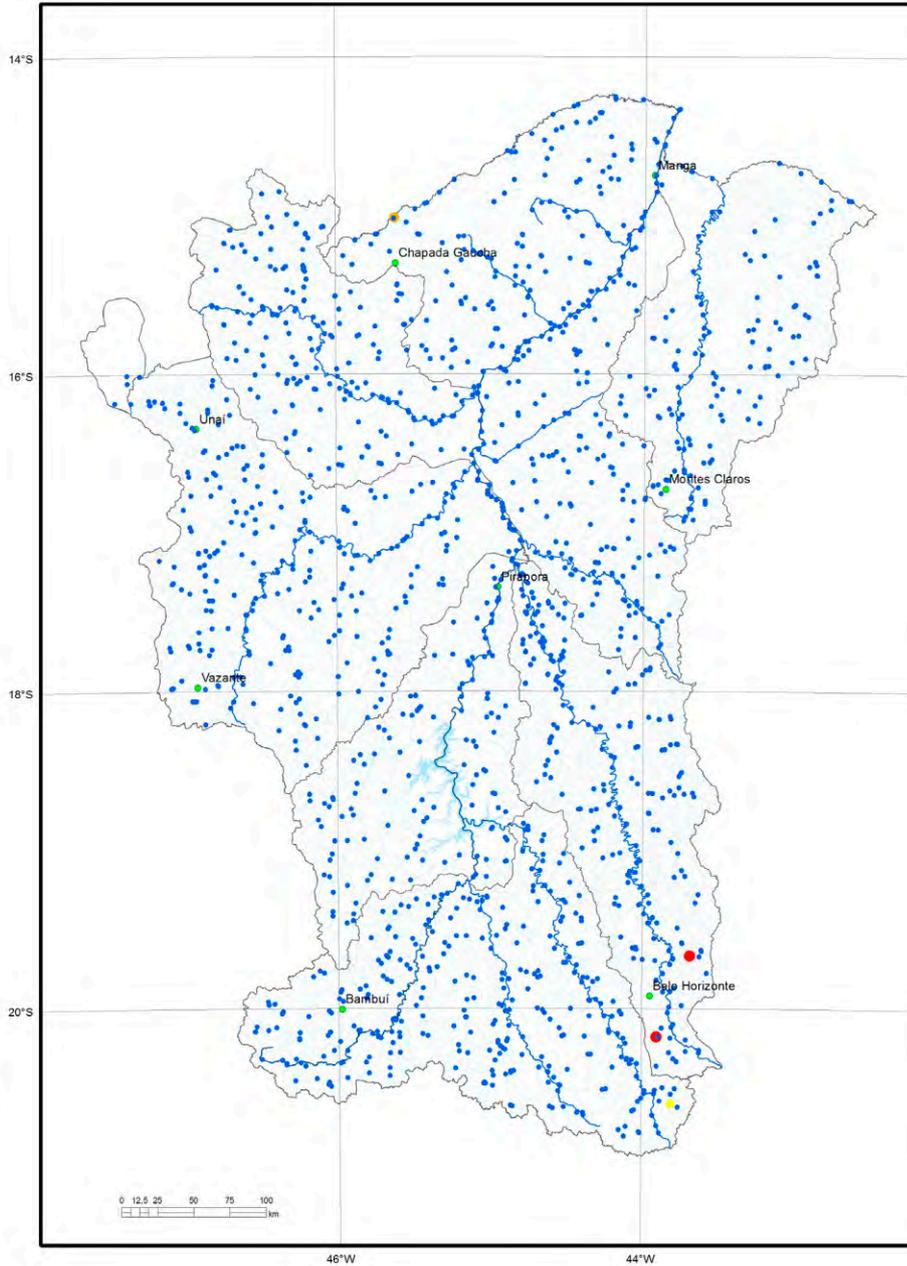
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Si (mg/L)

- < 5,49
- 5,49 - 7,94
- 7,94 - 10,39
- 10,39 - 17,60
- > 17,60



Elemento	Si (mg/L)
Limite de Detecção	0,002
Número de medidas	1567
Result > Lim Detec	1433
Valor Médio	8,0118
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	72,50
Mediana	7,940
Desvio Padrão	4,4256
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-

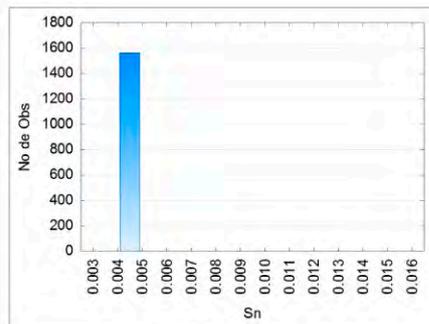
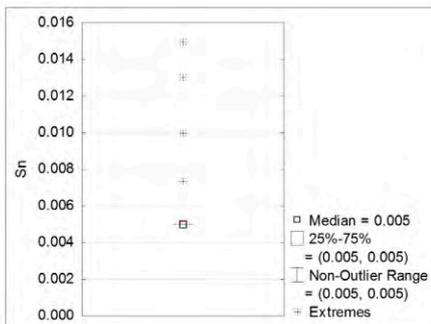


Legenda

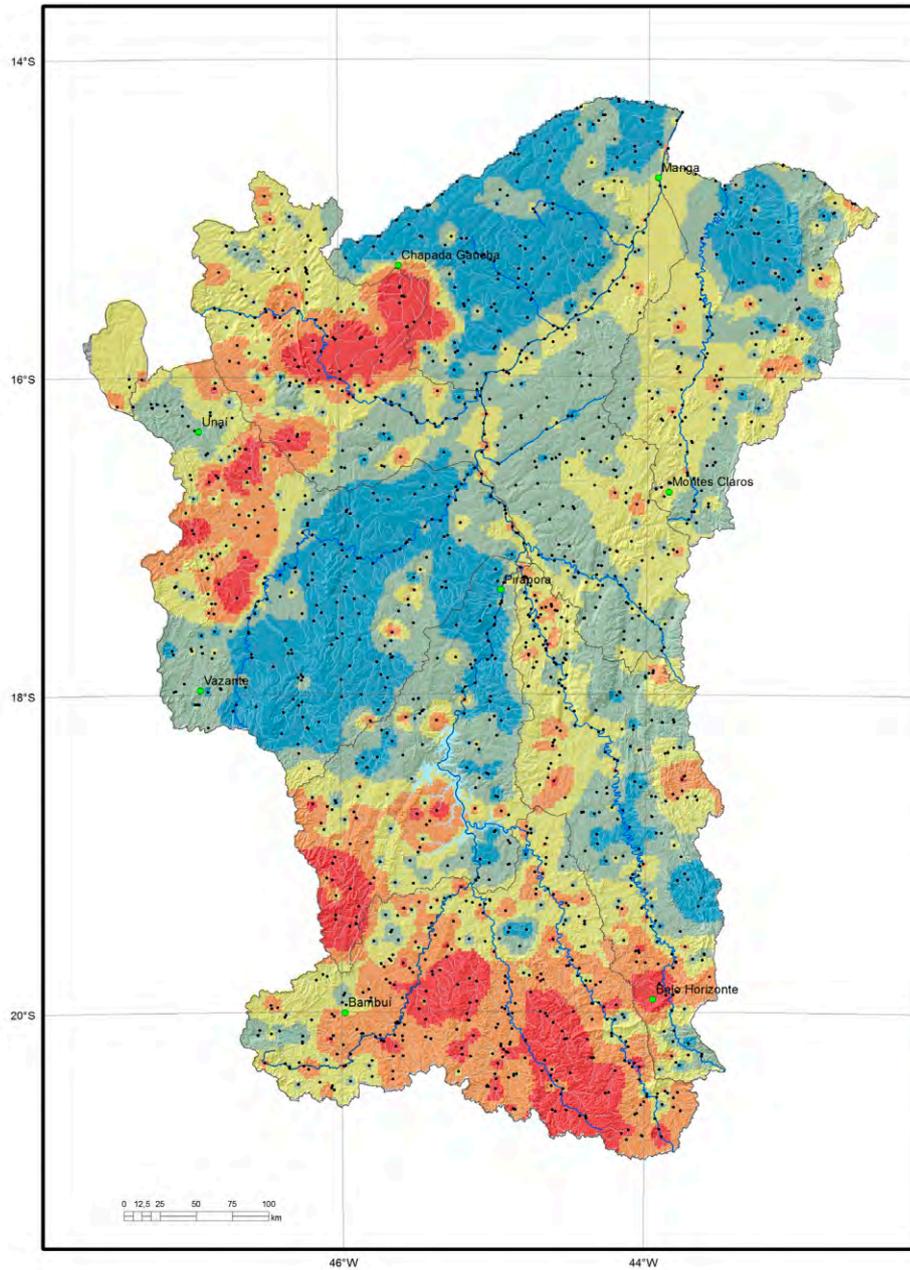
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⬭ sub-bacias trabalhadas

Sn (mg/L)

- < 0,0051
- 0,0051 - 0,0070
- 0,0070 - 0,0090
- 0,0090 - 0,0100
- > 0,0100



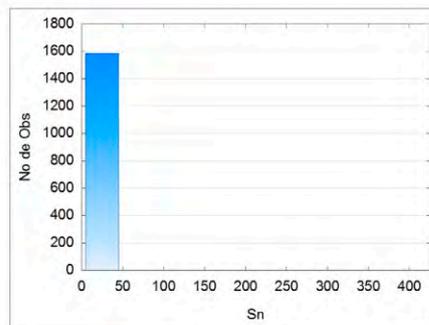
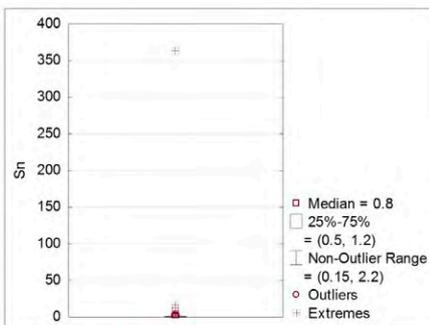
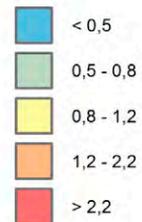
Elemento	Sn (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1562
Result > Lim Detec	18
Valor Médio	0,005
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,015
Mediana	0,005
Desvio Padrão	0,00035
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-



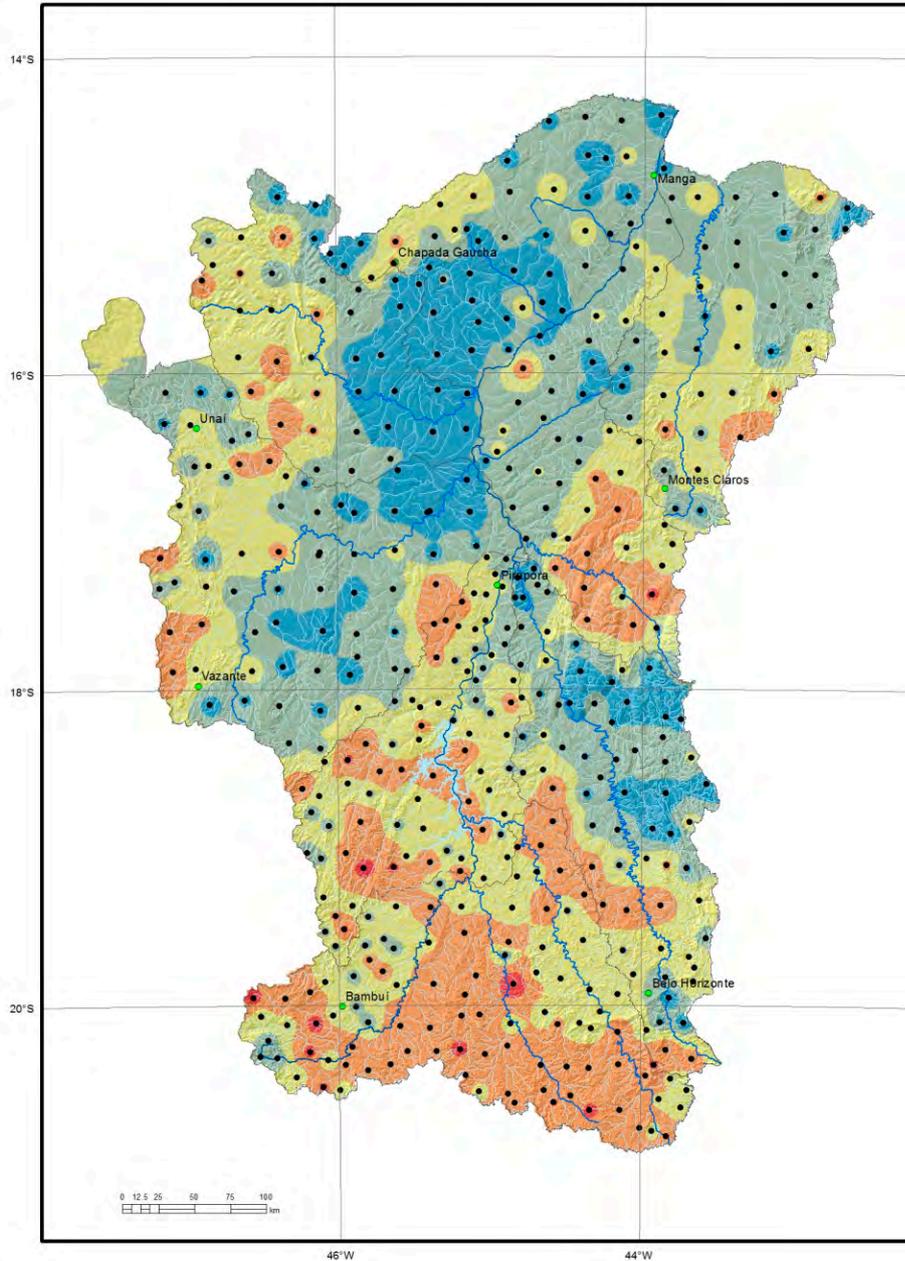
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Sn (ppm)



Elemento	Sn (ppm)
Limite de Detecção	0,300
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1585
Valor Médio	1,273
Valor Mínimo	0,3
Valor Máximo	363,1
Mediana	0,8
Desvio Padrão	9,154
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	5,0

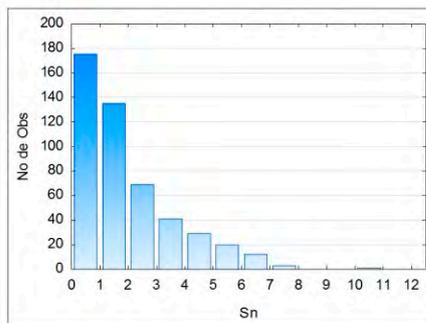
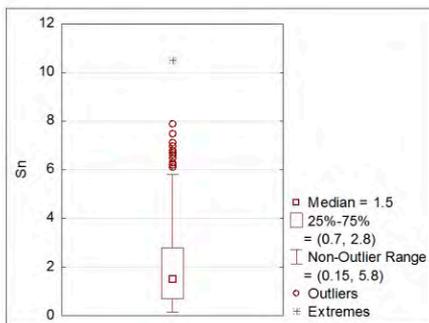


Legenda

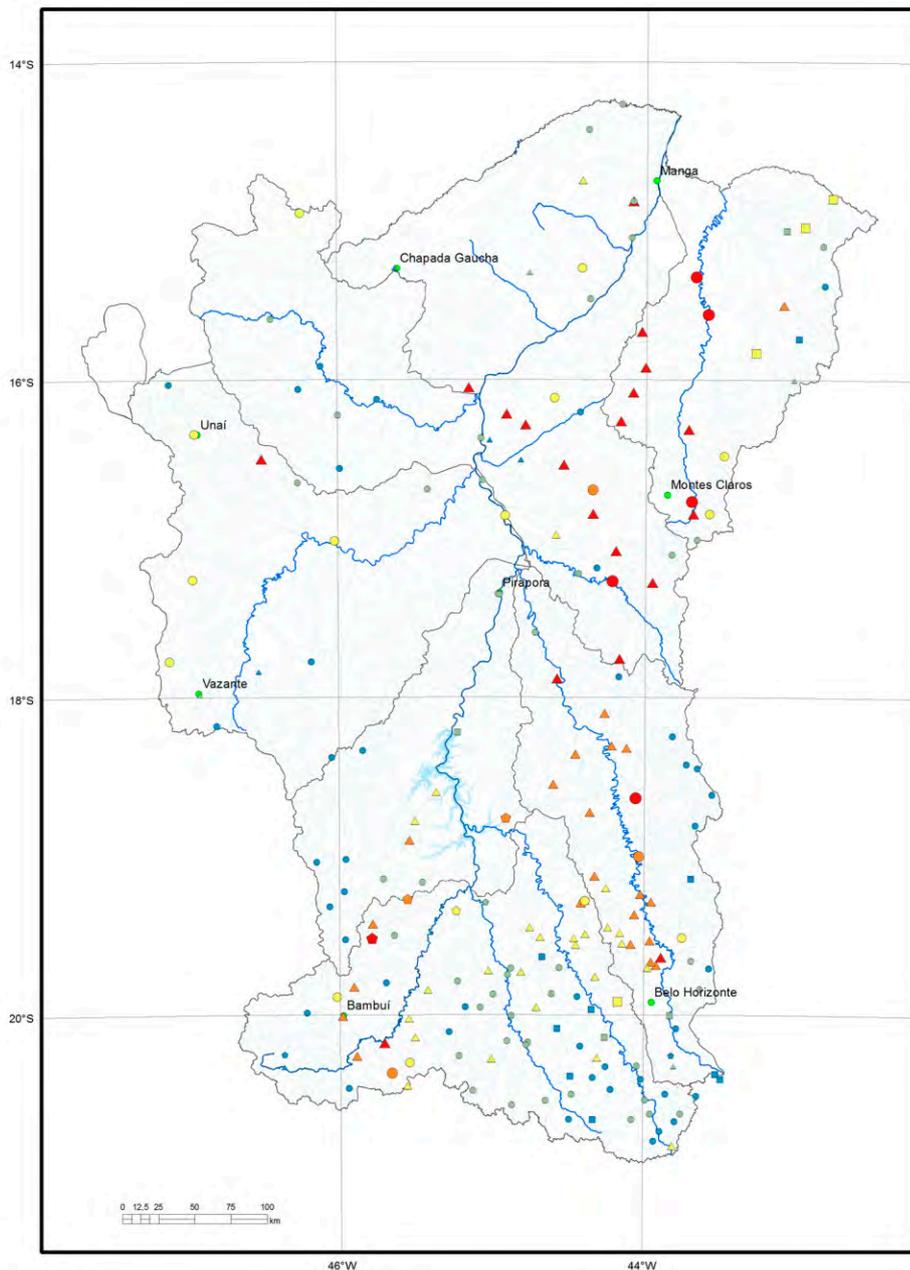
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Sn (ppm)

- < 0,7
- 0,7 - 1,5
- 1,5 - 2,8
- 2,8 - 5,8
- > 5,8



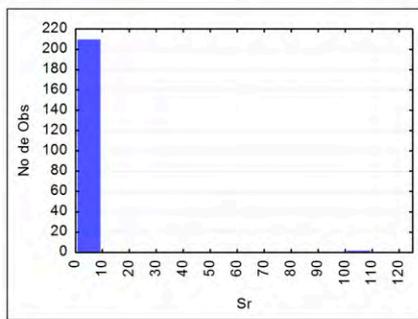
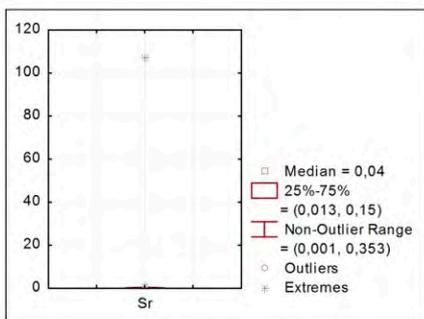
Elemento	Sn (ppm)
Limite de Detecção	0,30
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	445
Valor Médio	1,99
Valor Mínimo	0,15
Valor Máximo	10,50
Mediana	1,50
Desvio Padrão	1,69
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	0,89



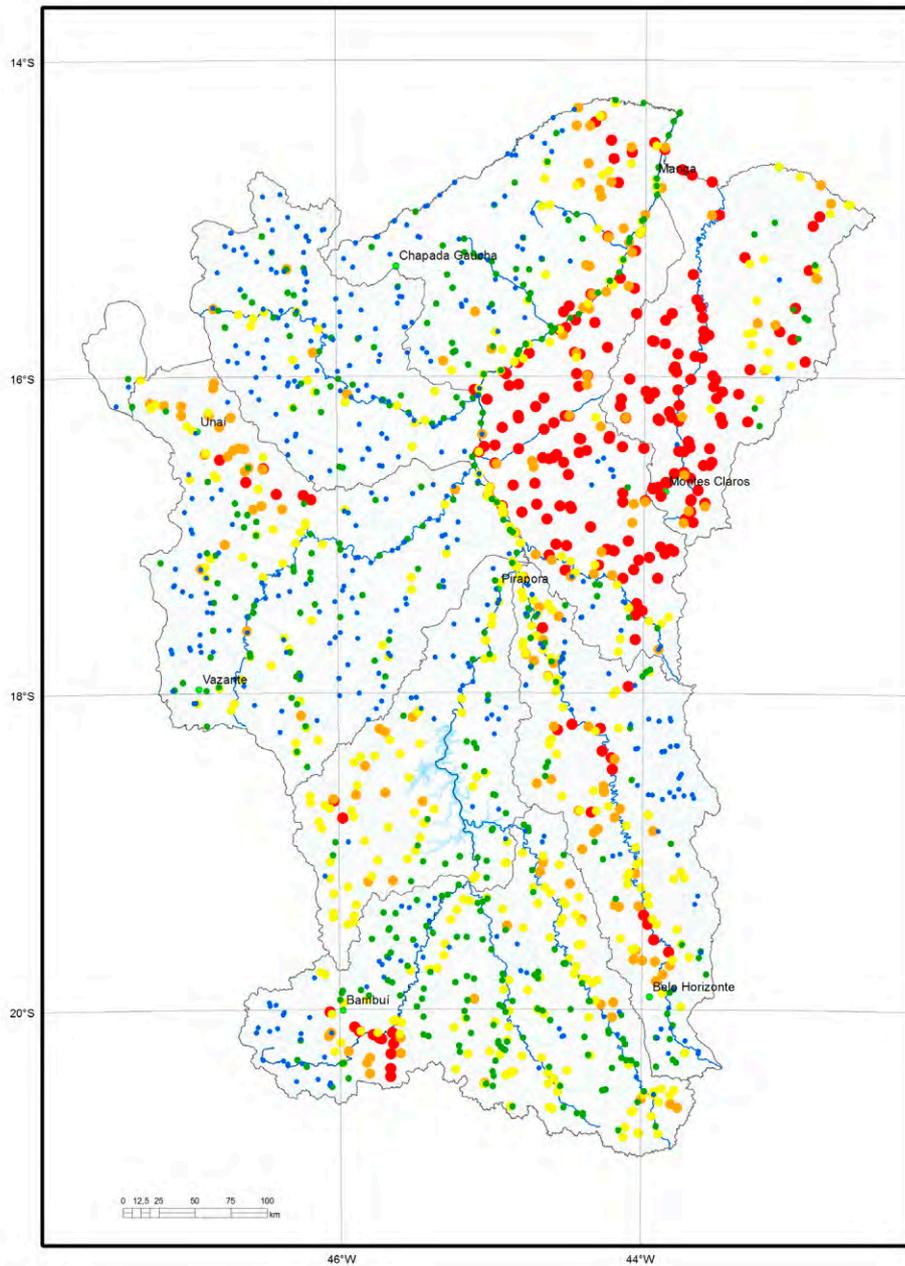
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Sr (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,013
■	●	▲	●	0,013 - 0,040
■	●	▲	●	0,040 - 0,150
■	●	▲	●	0,150 - 0,353
■	●	▲	●	> 0,353



Elemento	Sr (mg/L)
Limite de Detecção	0,010
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	201
Valor Médio	0,6402
Mediana	0,040
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	107
Desvio Padrão	7,3774
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-

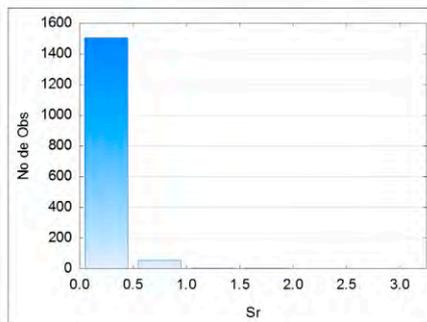
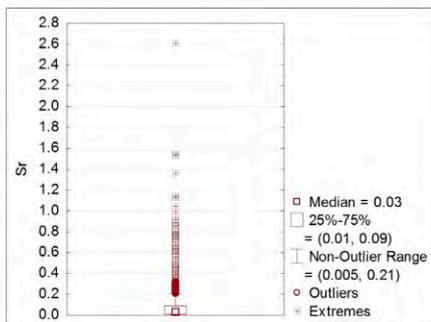


Legenda

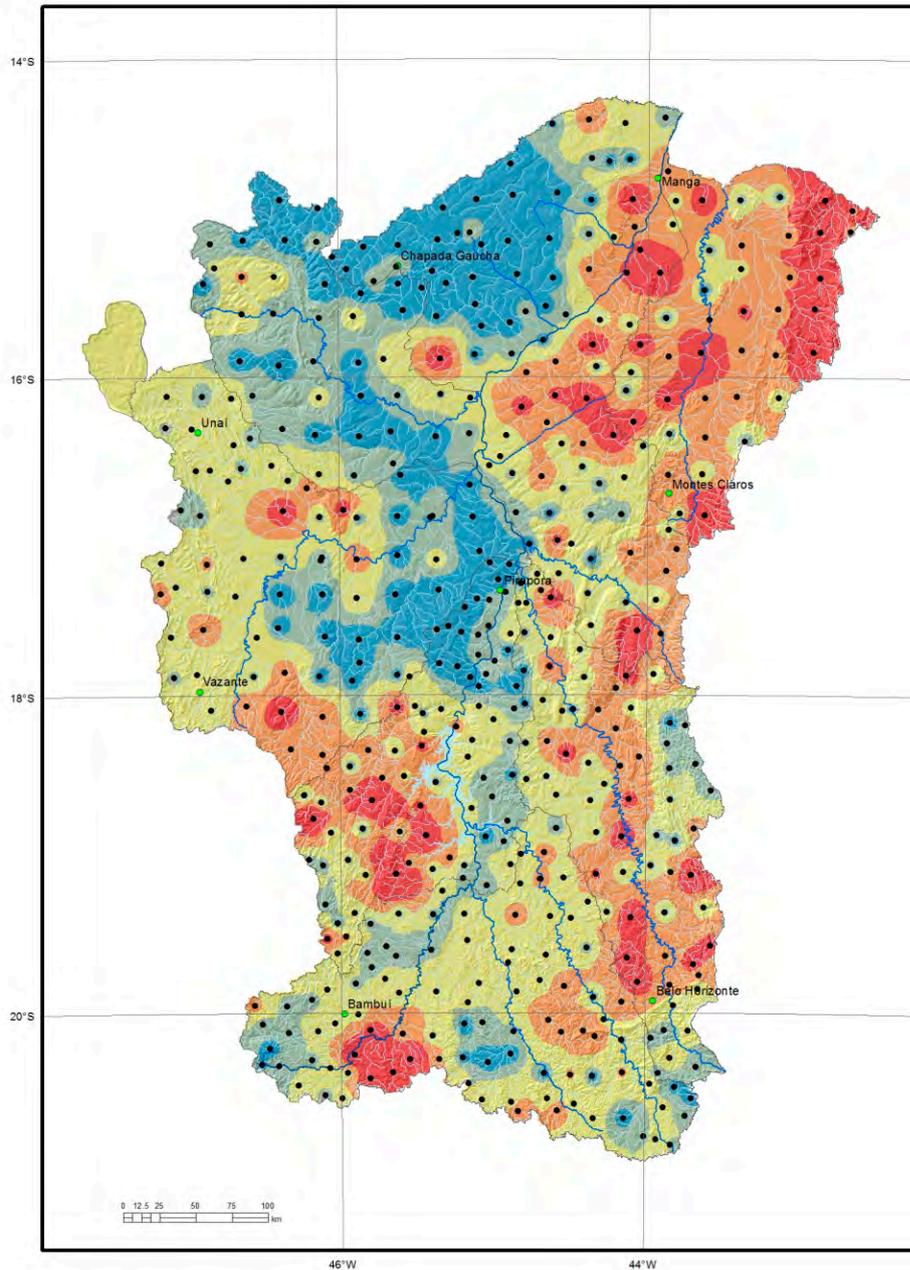
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Sr (mg/L)

- < 0,010
- 0,010 - 0,030
- 0,030 - 0,090
- 0,090 - 0,210
- > 0,210



Elemento	Sr (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1566
Result > Lim Detec	1241
Valor Médio	0,0997
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	2,610
Mediana	0,030
Desvio Padrão	0,1890
Port-MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-

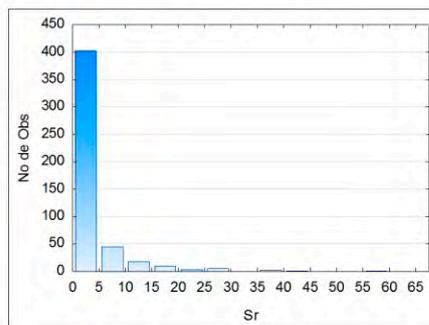
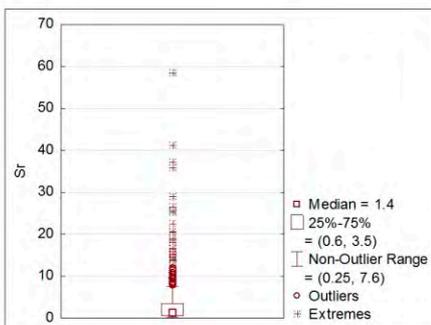


Legenda

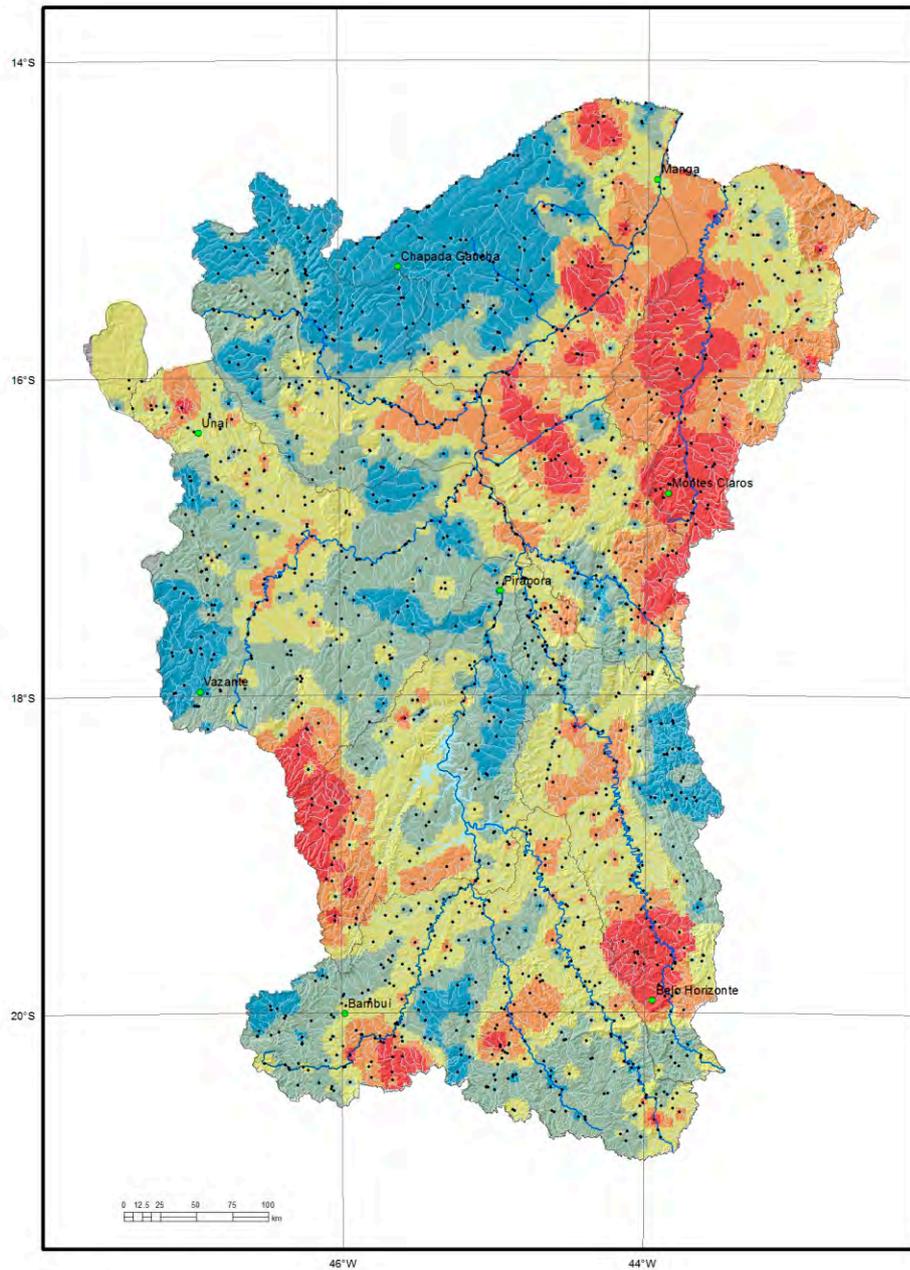
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊞ sub-bacias trabalhadas

Sr (ppm)

- < 0,6
- 0,6 - 1,4
- 1,4 - 3,5
- 3,5 - 7,6
- > 7,6



Elemento	Sr (ppm)
Limite de Detecção	0,50
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	377
Valor Médio	3,37
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	58,60
Mediana	1,40
Desvio Padrão	6,34
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	9,47
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	120,0

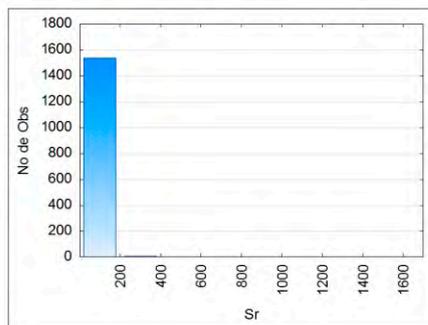
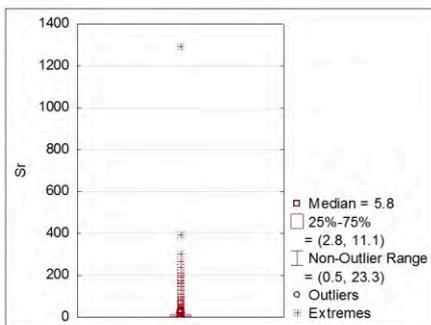


Legenda

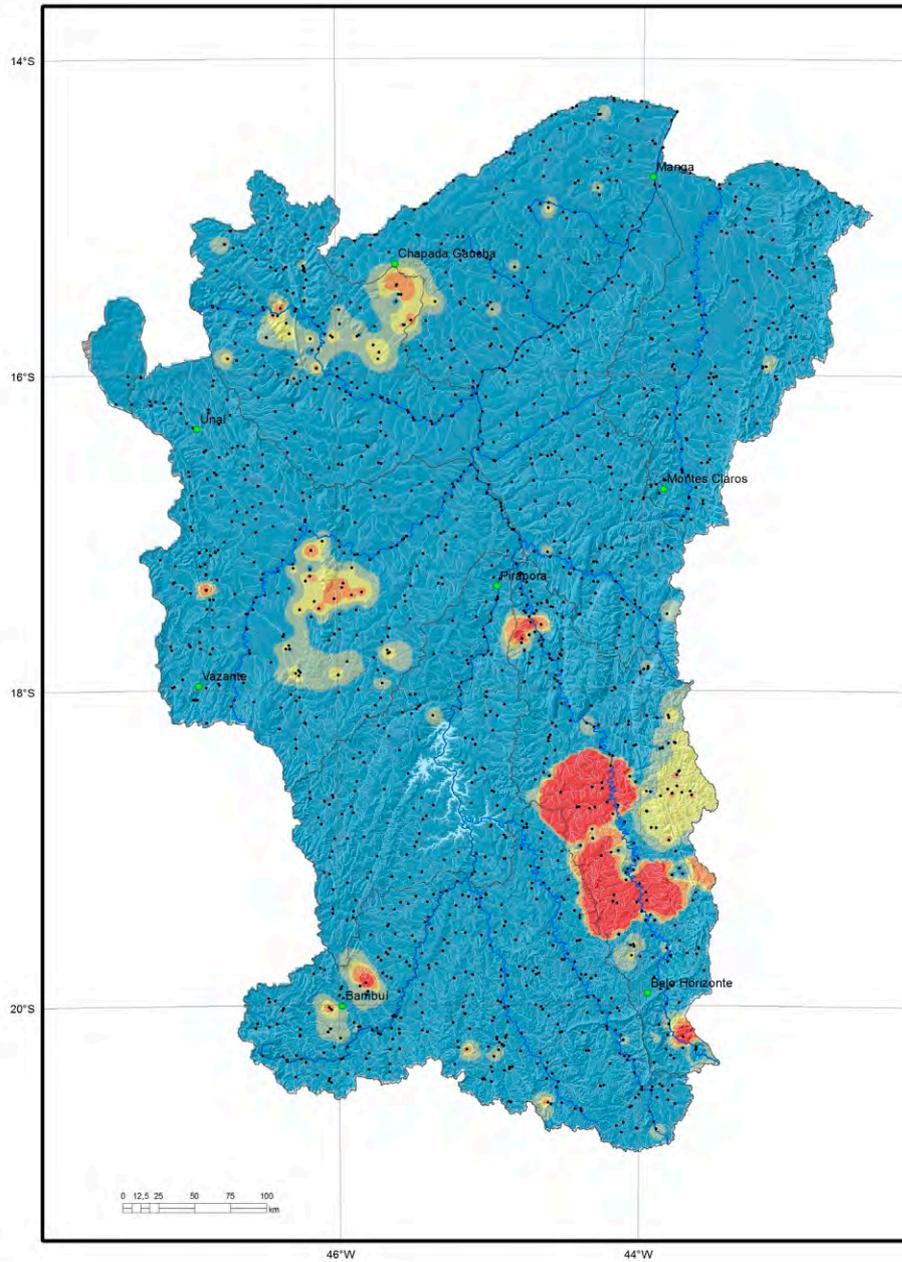
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Sr (ppm)

- < 2,8
- 2,8 - 5,8
- 5,8 - 11,1
- 11,1 - 23,3
- > 23,3



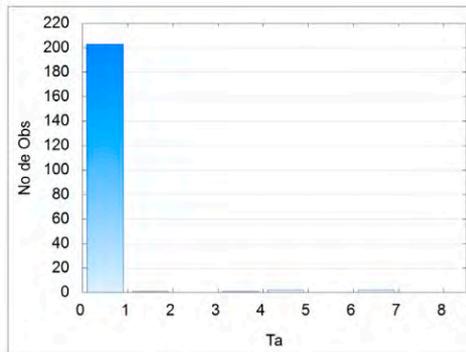
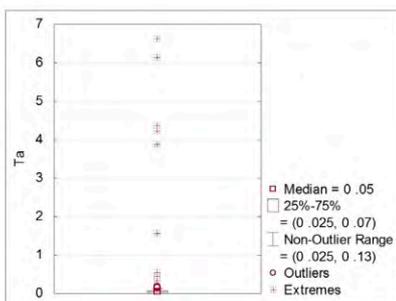
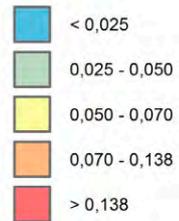
Elemento	Sr (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1547
Valor Médio	11,778
Mediana	0,500
Valor Mínimo	1292,000
Valor Máximo	5,800
Desvio Padrão	39,706
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	49,00



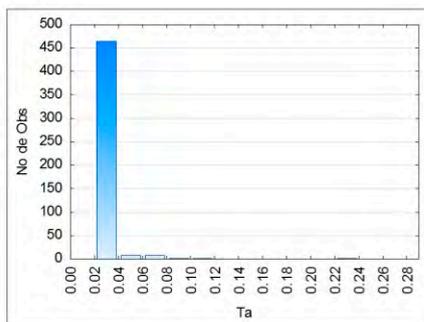
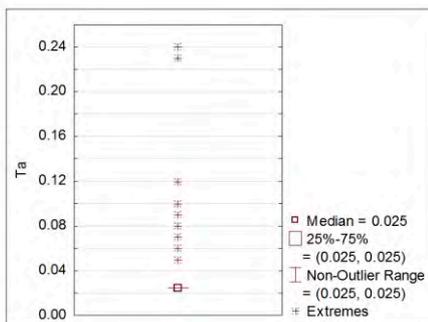
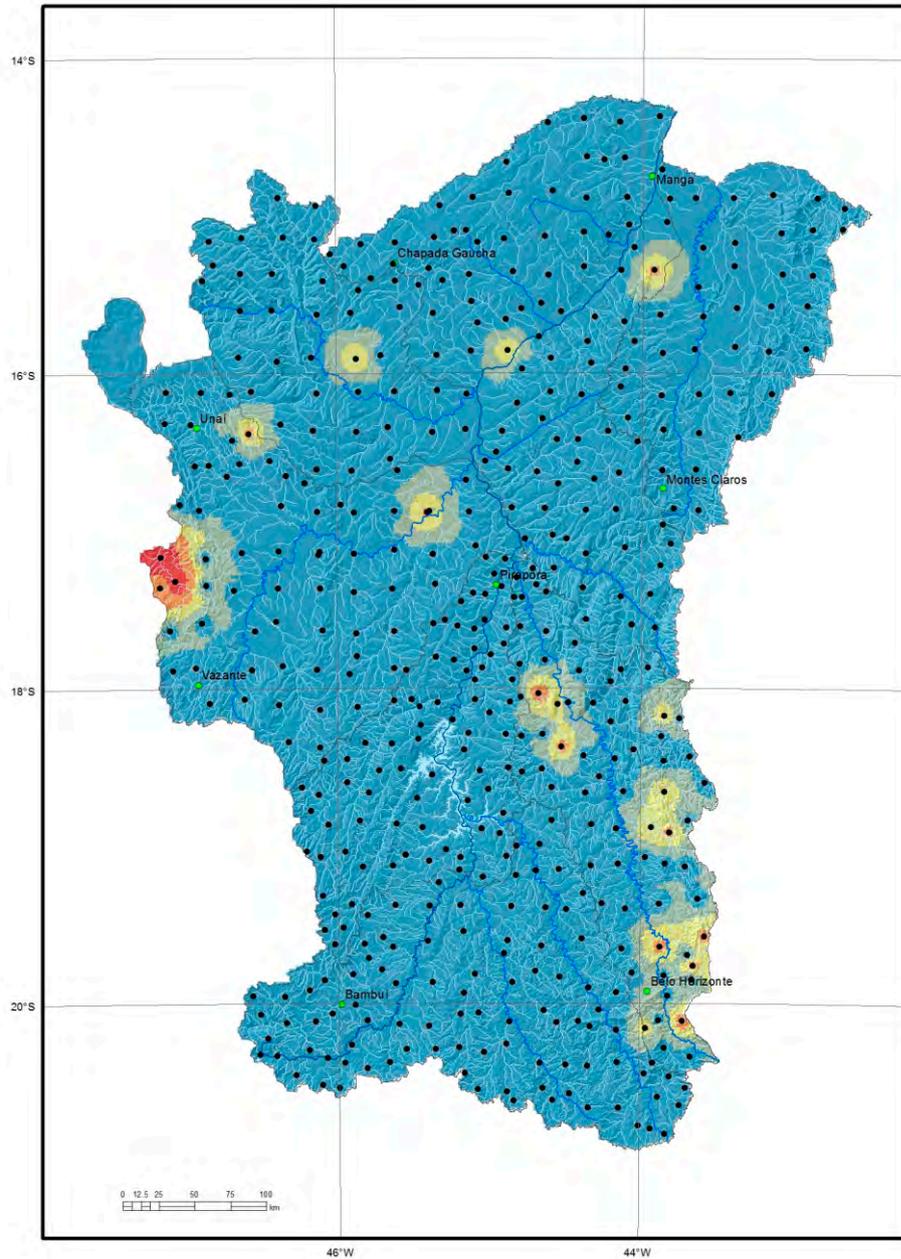
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

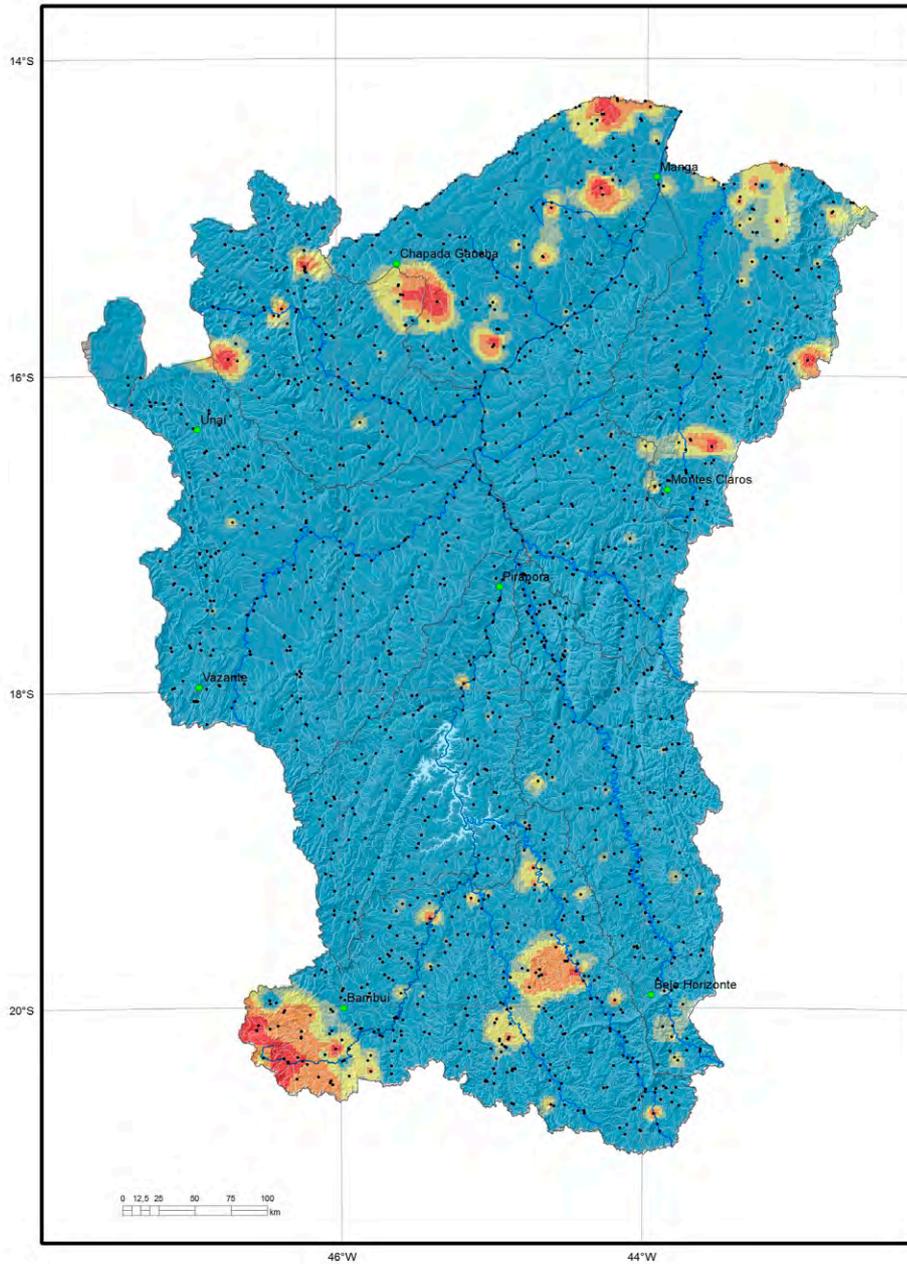
Ta (ppm)



Elemento	Ta (ppm)
Limite de Detecção	0,50
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1547
Valor Médio	11,78
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	1292,00
Mediana	5,80
Desvio Padrão	39,706
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	49,00



Elemento	Ta (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	20
Valor Médio	0,025
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	0,24
Mediana	0,025
Desvio Padrão	0,050
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

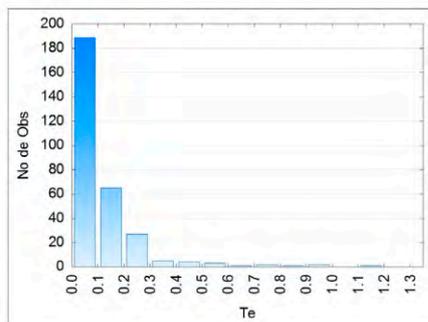
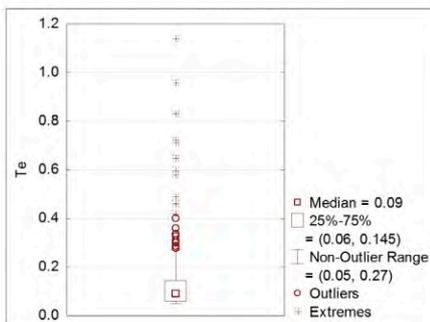


Legenda

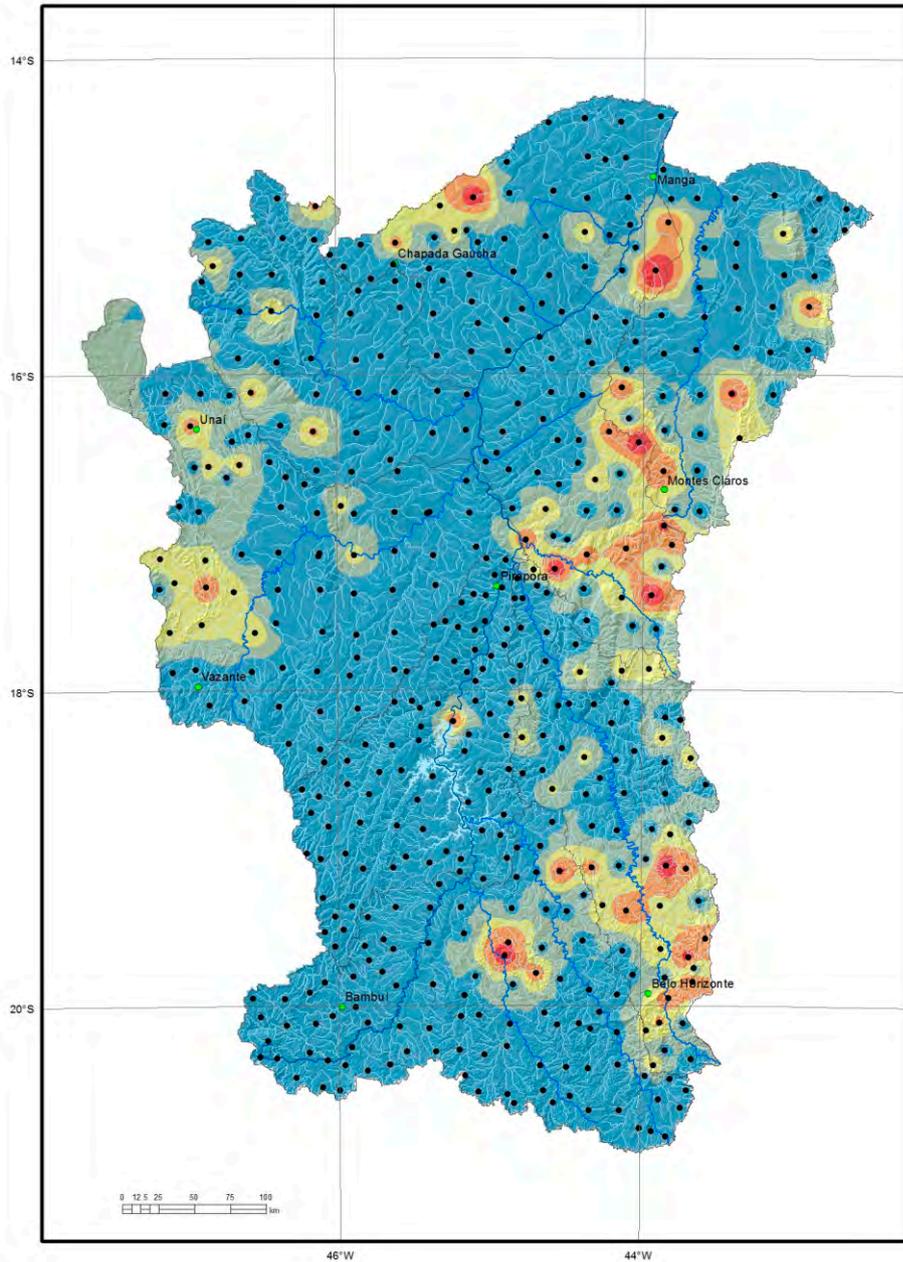
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ~ sub-bacias trabalhadas

Te (ppm)

- < 0,060
- 0,060 - 0,090
- 0,090 - 0,145
- 0,145 - 0,270
- > 0,270



Elemento	Te (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	300
Valor Médio	0,137
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	1,14
Mediana	0,09
Desvio Padrão	0,145
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

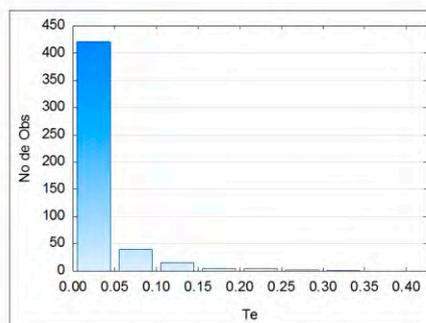
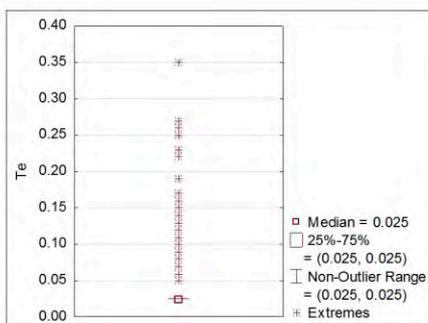


Legenda

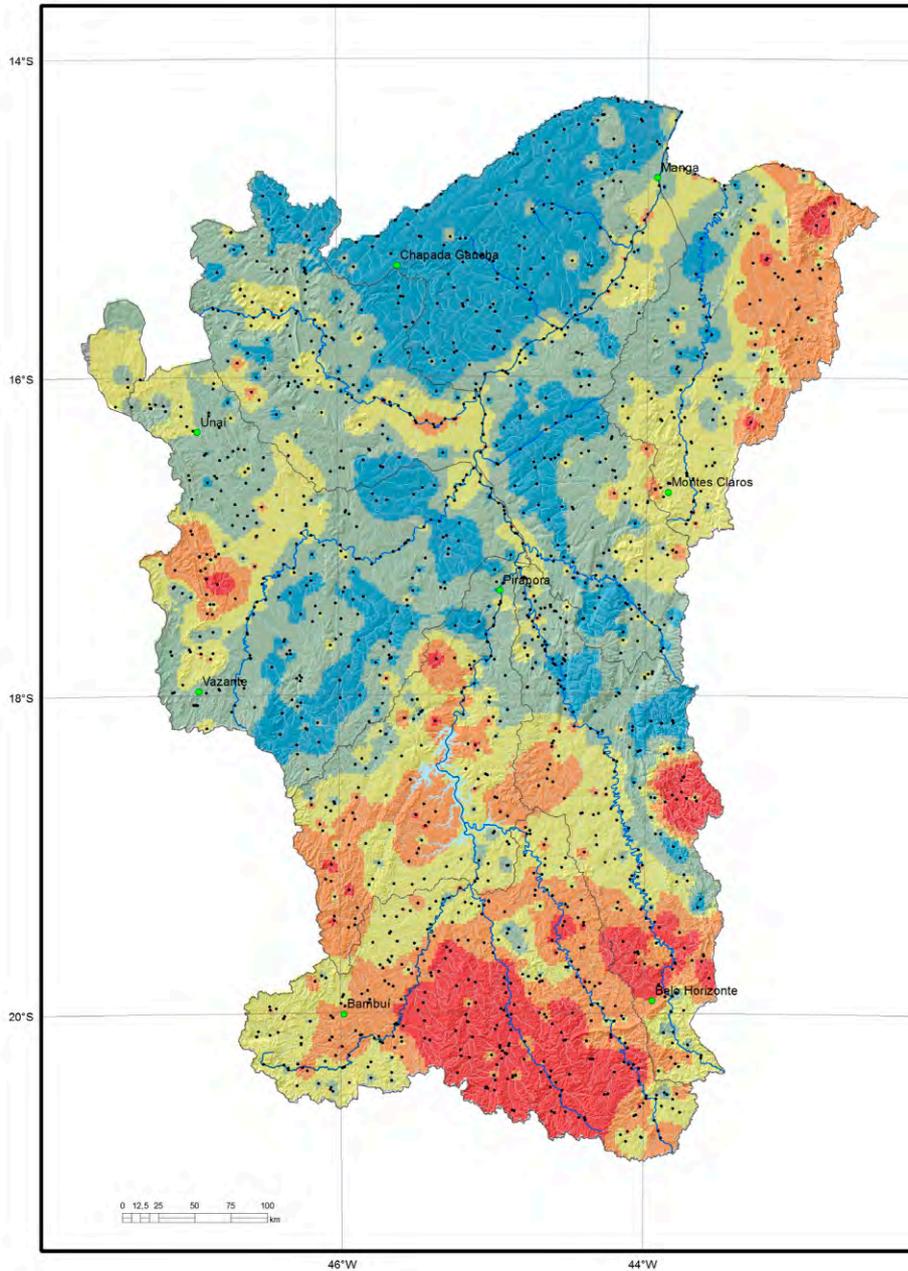
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Te (ppm)

- < 0,013
- 0,013 - 0,041
- 0,041 - 0,079
- 0,079 - 0,146
- > 0,146



Elemento	Te (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	166
Valor Médio	0,025
Valor Mínimo	0,025
Valor Máximo	0,35
Mediana	0,025
Desvio Padrão	0,04
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

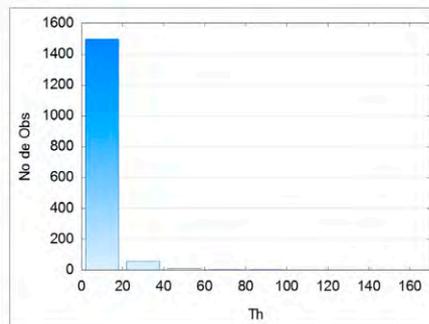
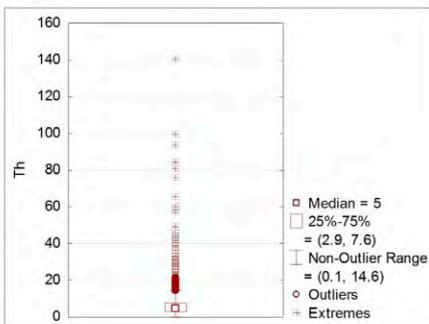


Legenda

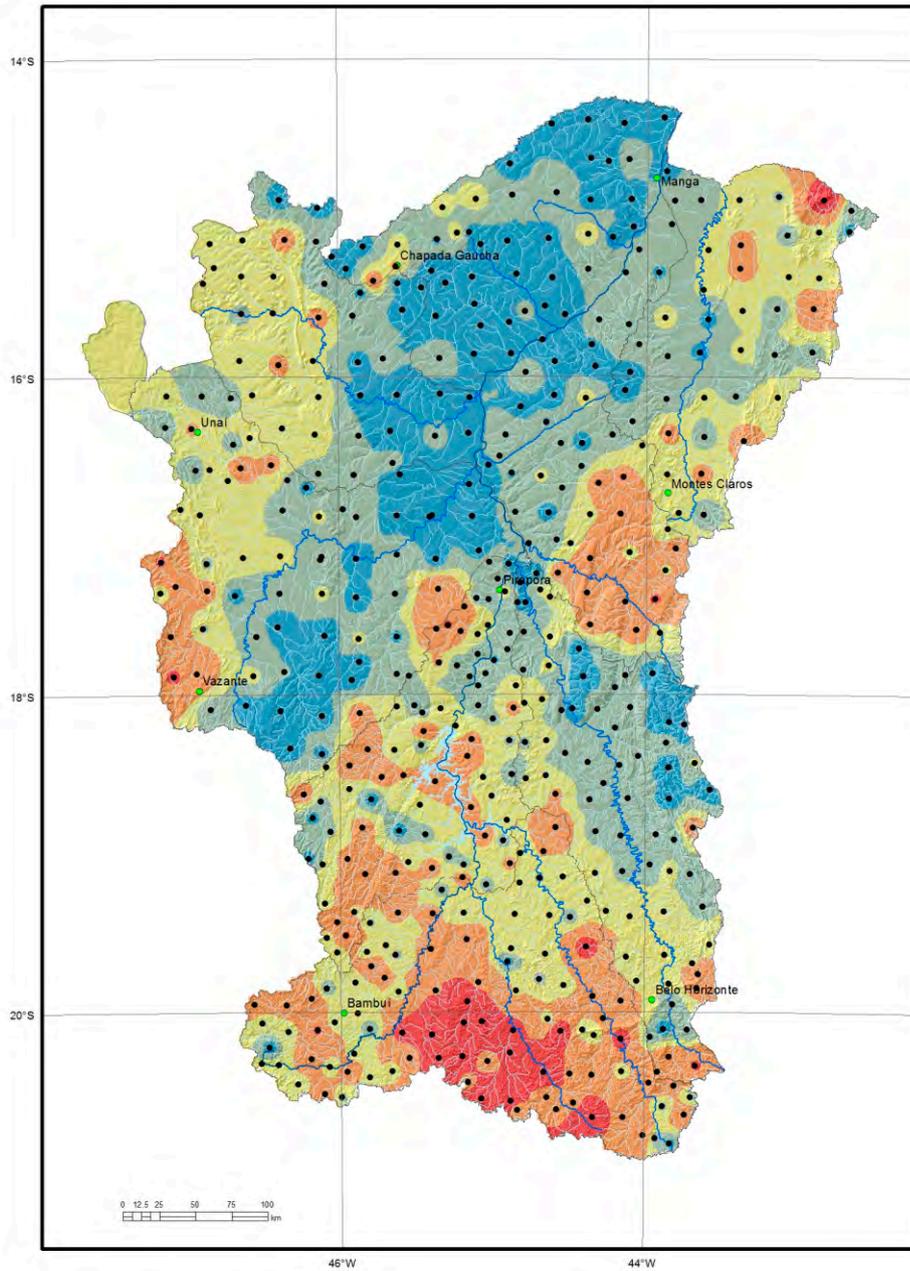
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Th (ppm)

- < 2,9
- 2,9 - 5,0
- 5,0 - 7,6
- 7,6 - 14,6
- > 14,6



Elemento	Th (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1576
Valor Médio	6,933
Valor Mínimo	0,1
Valor Máximo	140
Mediana	5
Desvio Padrão	8,961
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

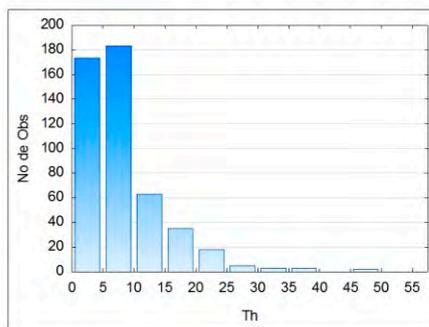
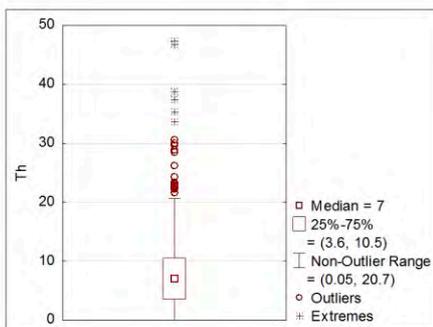


Legenda

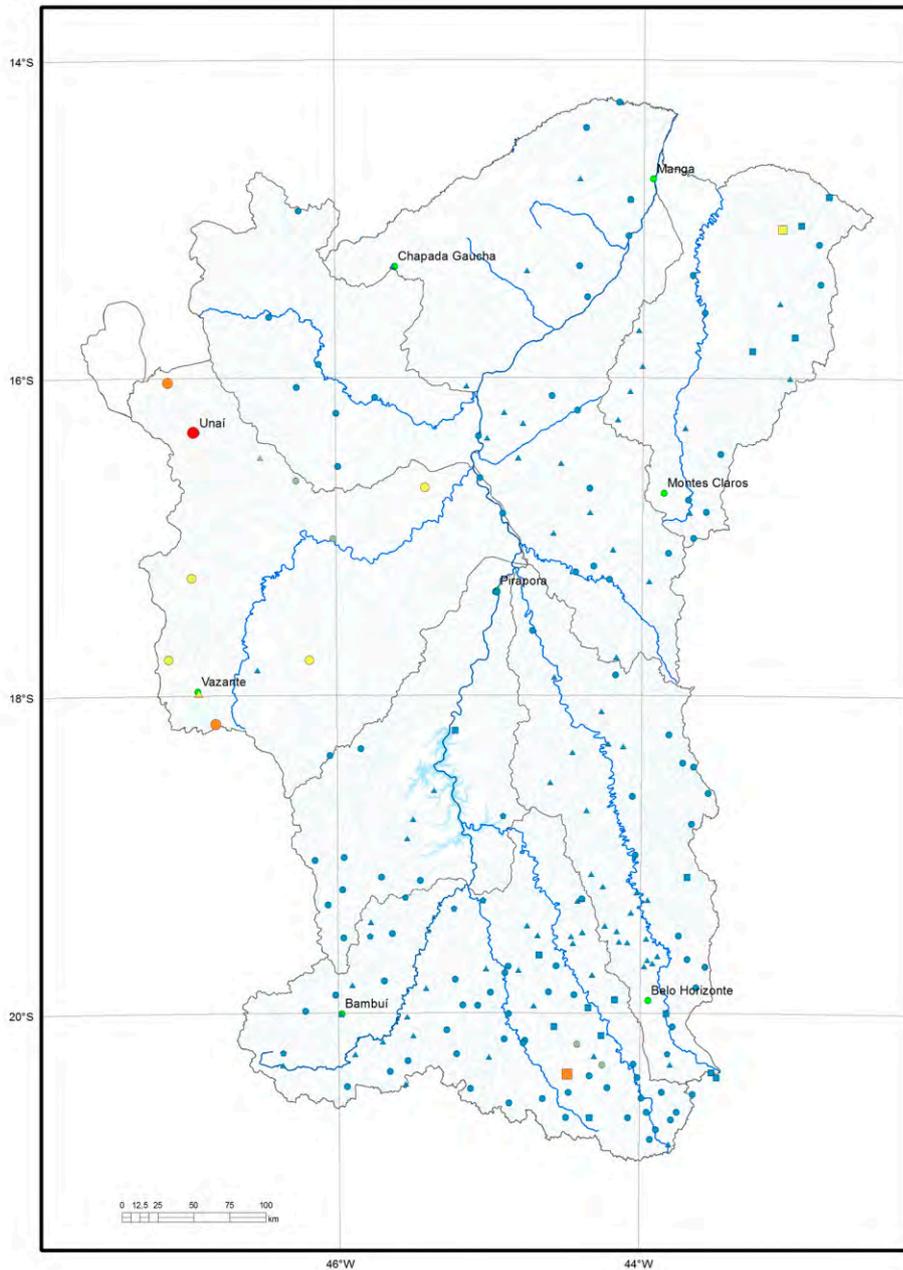
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Th (ppm)

- < 3,6
- 3,6 - 7,0
- 7,0 - 10,5
- 10,5 - 20,7
- > 20,7



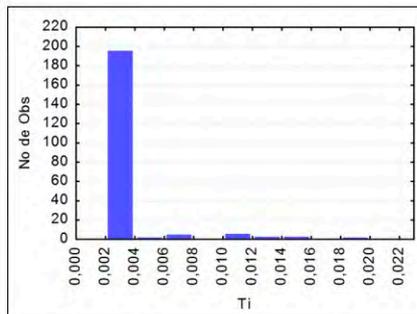
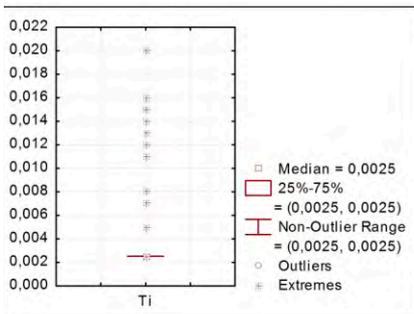
Elemento	Th (ppm)
Límite de Detecção	0,10
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	479
Valor Médio	8,33
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	47,40
Mediana	7,00
Desvio Padrão	6,95
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



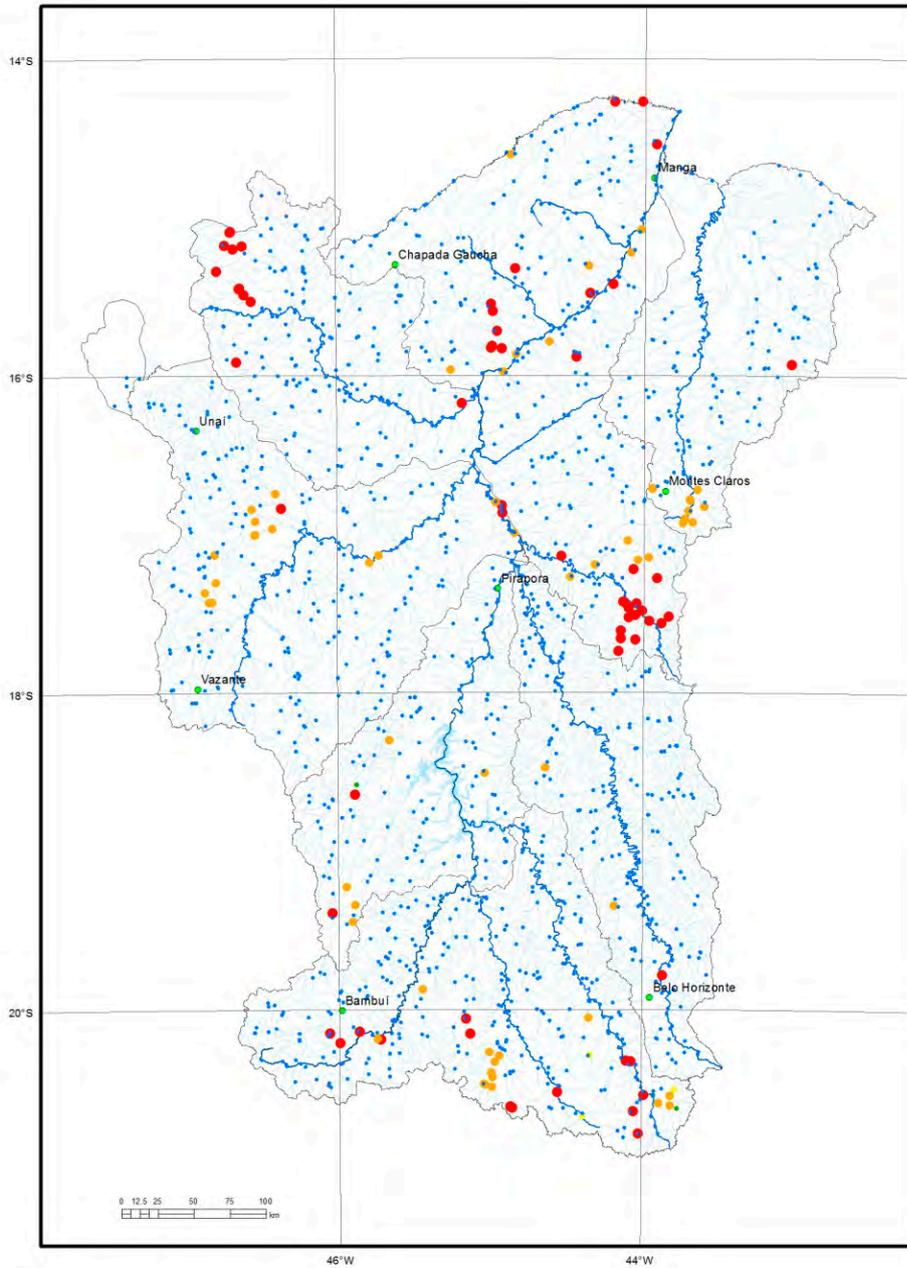
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊕ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Titânio (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,0025
■	●	▲	●	0,0025 - 0,0080
■	●	▲	●	0,0080 - 0,0130
■	●	▲	●	0,0130 - 0,0160
■	●	▲	●	> 0,0160



Elemento	Ti (mg/L)
Limite de Detecção	0,005
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	16
Valor Médio	0,0031
Mediana	0,003
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	0,0200
Desvio Padrão	0,0025
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-

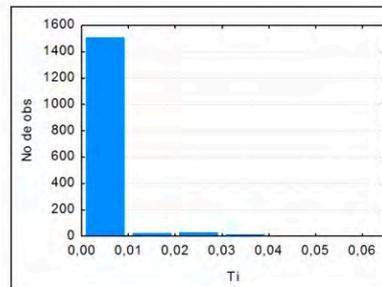
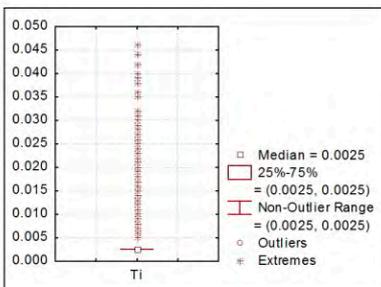


Legenda

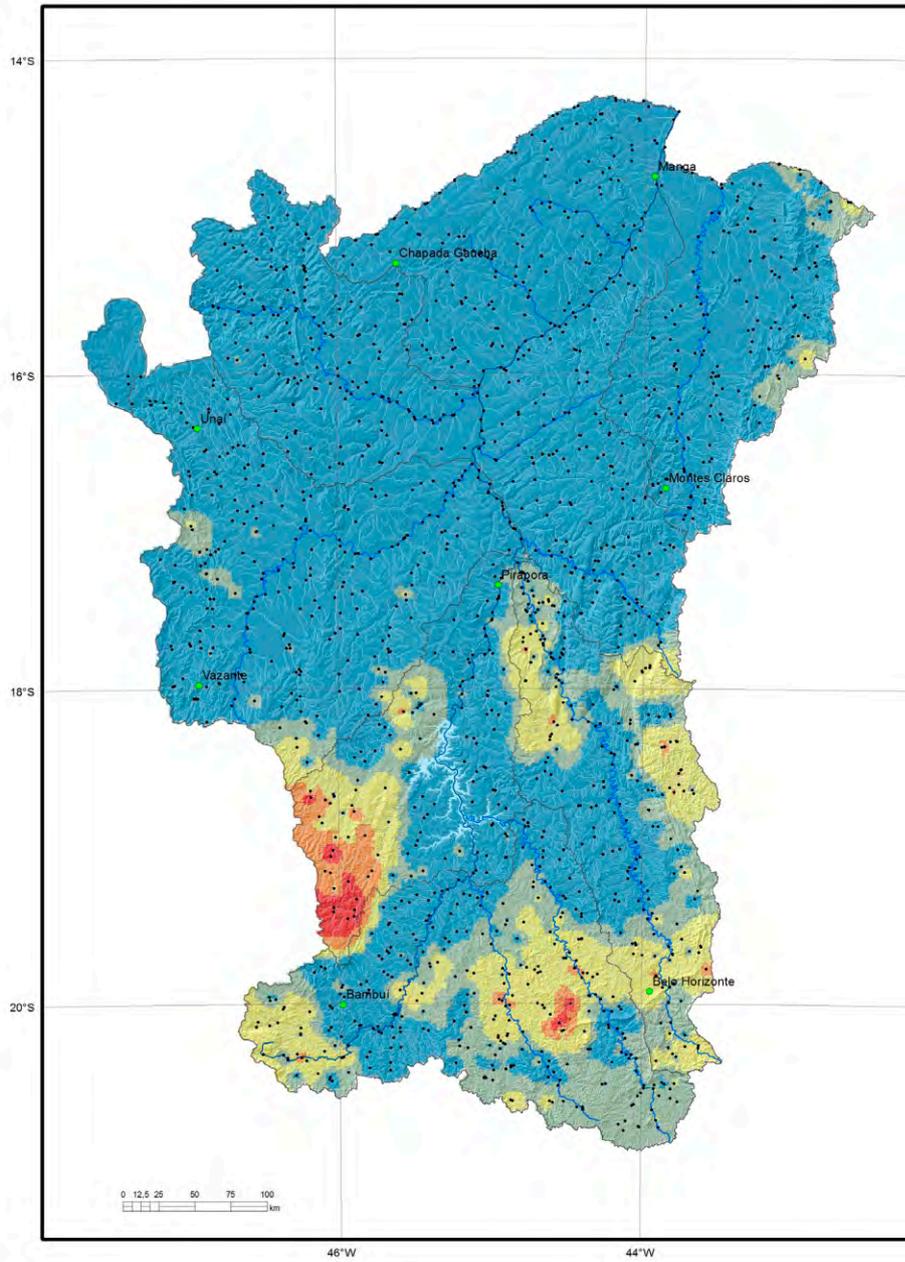
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Ti (mg/L)

- < 0,0026
- 0,0026 - 0,0030
- 0,0030 - 0,0035
- 0,0035 - 0,0100
- > 0,0100



Elemento	Ti (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1566
Result > Lim Detec	1241
Valor Médio	0,09970
Valor Mínimo	0,00500
Valor Máximo	2,61000
Mediana	0,03000
Desvio Padrão	0,18900
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	-
CONAMA 396/2008 -	-
WHO 2011	-

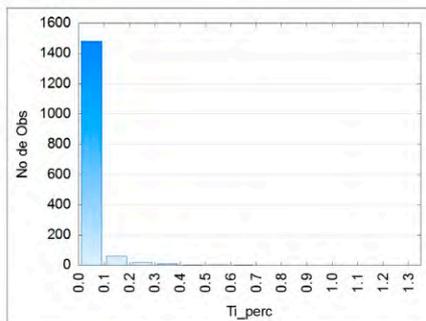
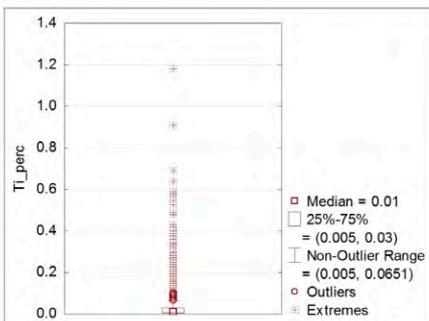


Legenda

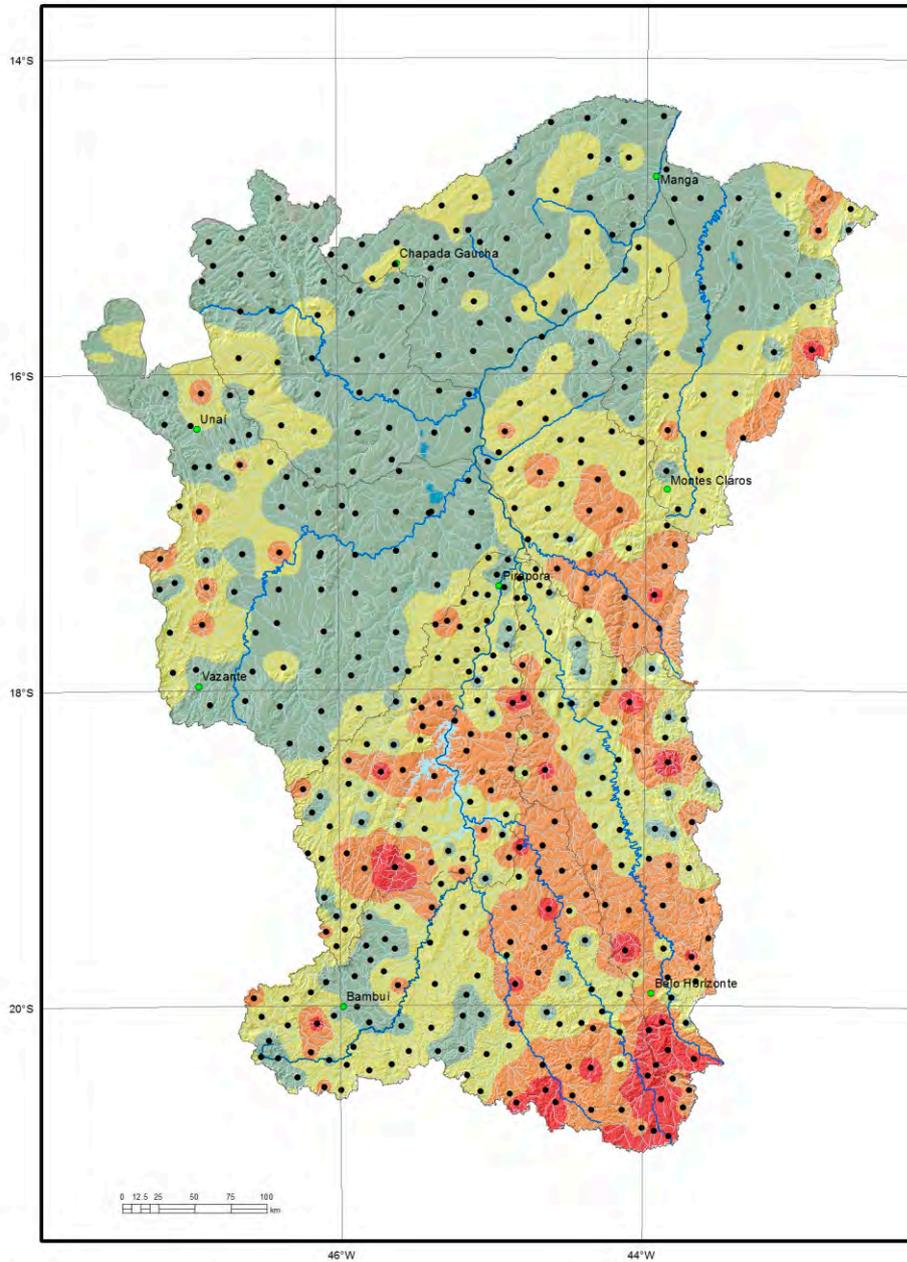
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Ti (%)

- < 0,033
- 0,033 - 0,065
- 0,065 - 0,213
- 0,213 - 0,400
- > 0,400



Elemento	Ti (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	924
Valor Médio	0,033
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	1,18
Mediana	0,01
Desvio Padrão	0,076
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

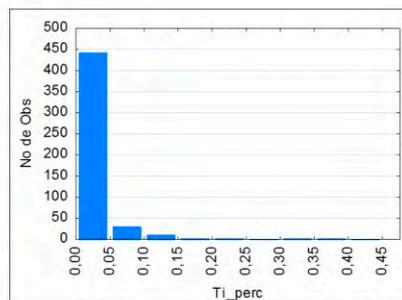
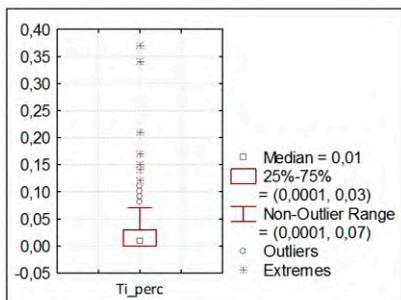


Legenda

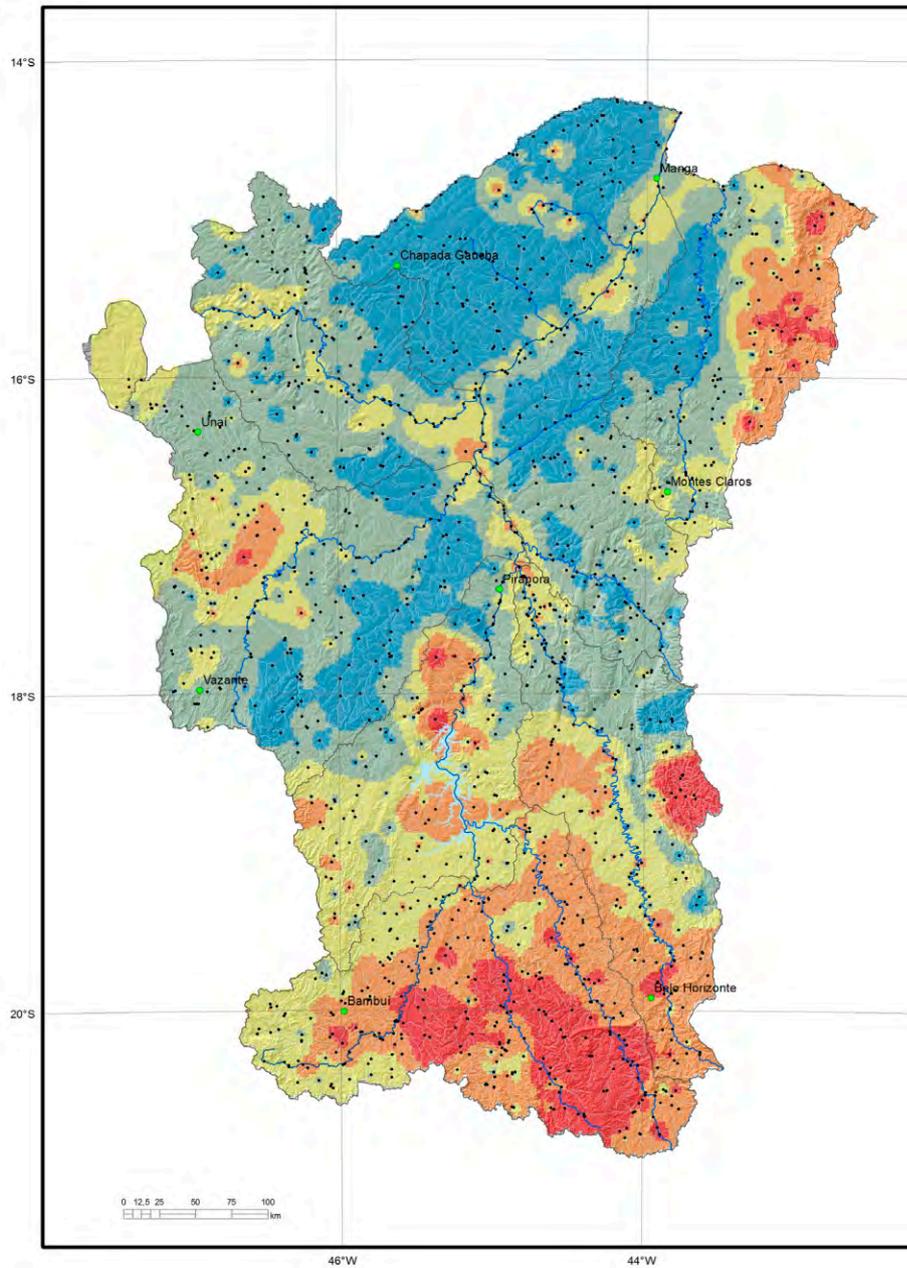
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Ti (%)

- < 0,0001
- 0,0001 - 0,01
- 0,01 - 0,03
- 0,03 - 0,07
- > 0,07



Elemento	Ti (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	299
Valor Médio	0,02
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,37
Mediana	0,01
Desvio Padrão	0,04
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

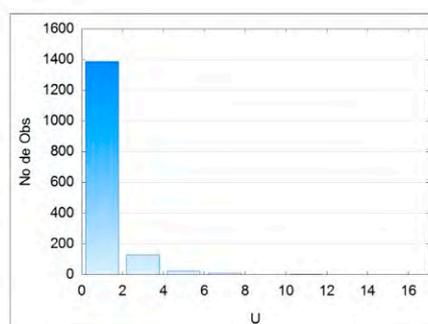
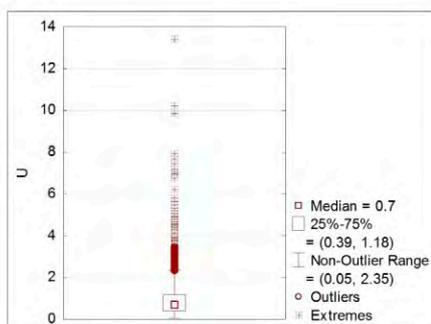


Legenda

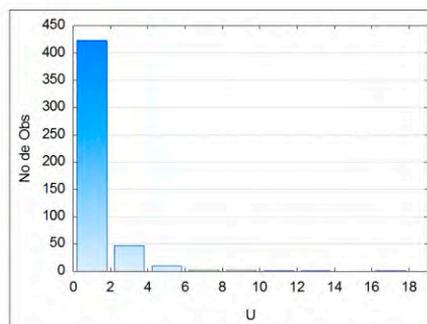
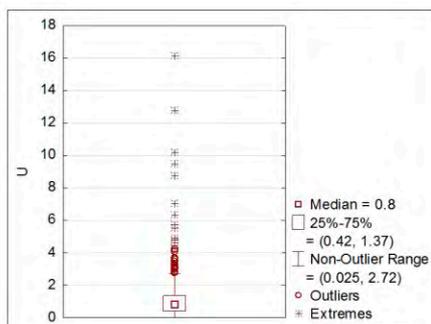
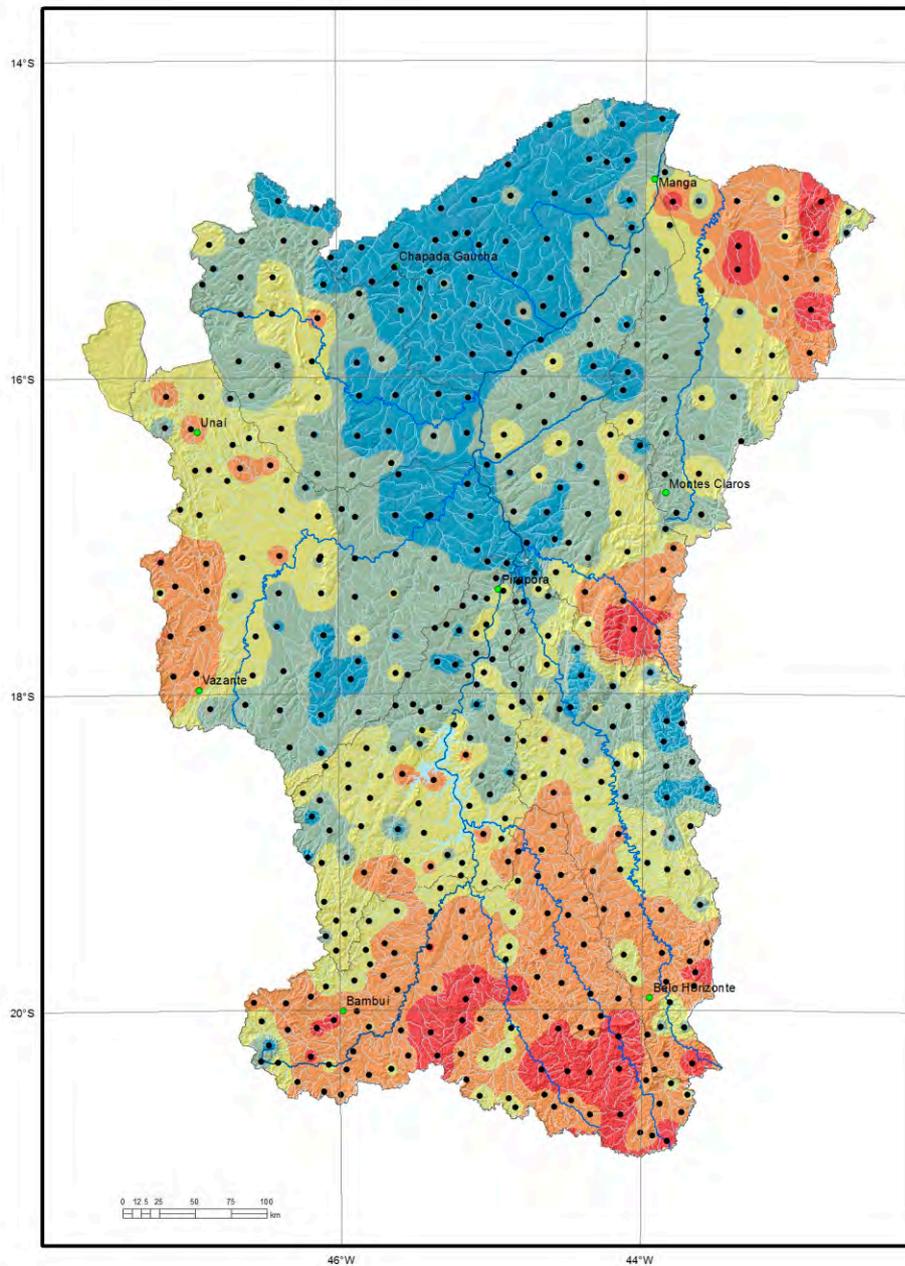
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- ~ rede de drenagem
- ~ sub-bacias trabalhadas

U (ppm)

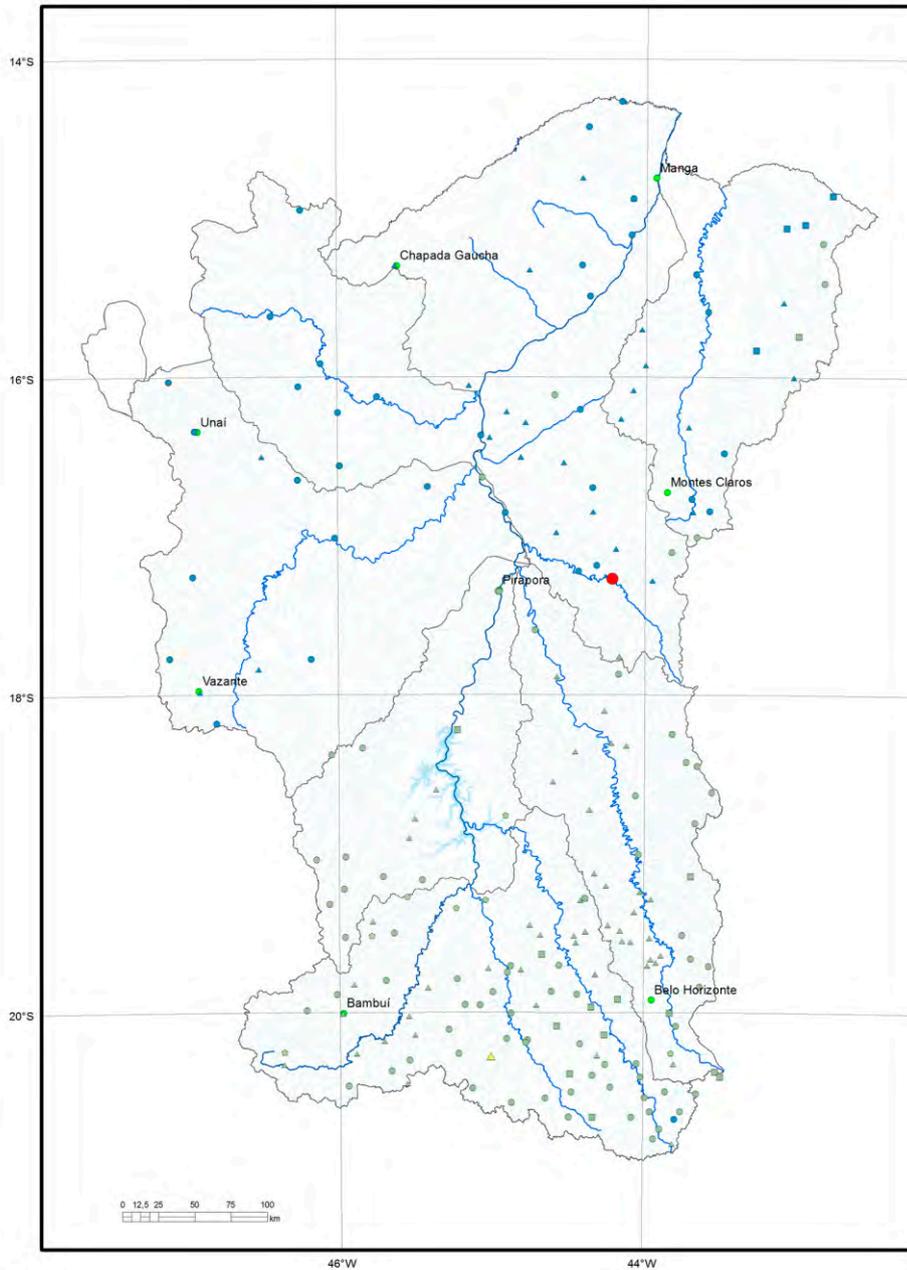
- < 0,39
- 0,39 - 0,70
- 0,70 - 1,18
- 1,18 - 2,35
- > 2,35



Elemento	U (ppm)
Límite de Detecção	0,05
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1553
Valor Médio	1,008
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	13,41
Mediana	0,69
Desvio Padrão	1,142
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



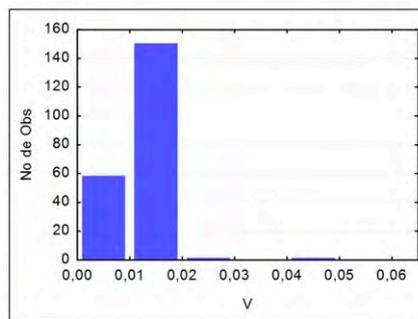
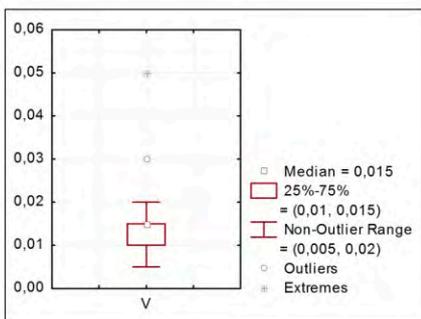
Elemento	U (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	482
Valor Médio	1,16
Valor Mínimo	0,06
Valor Máximo	16,16
Mediana	0,80
Desvio Padrão	1,45
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	5,0



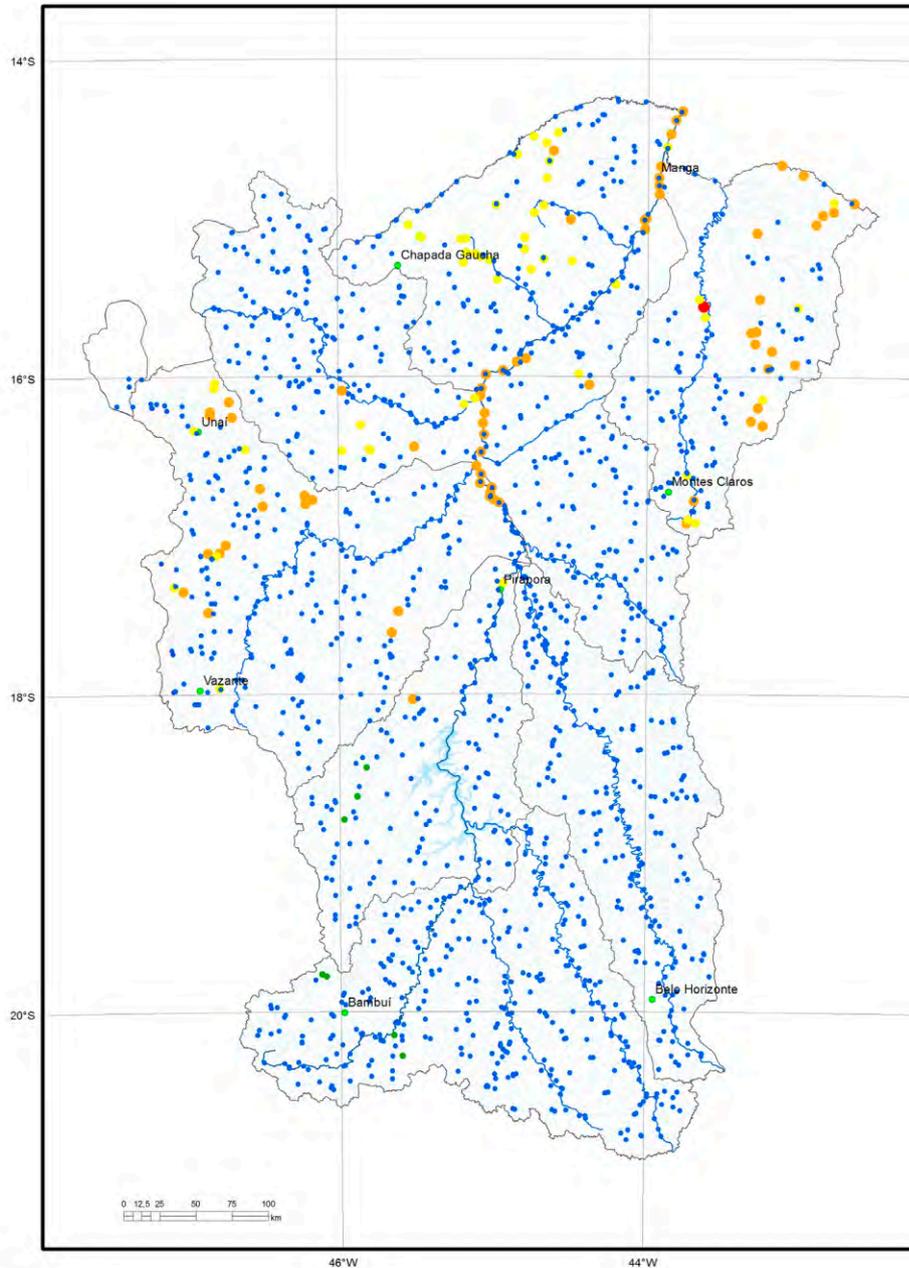
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	V (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,010
■	●	▲	●	0,010 - 0,020
■	●	▲	●	0,020 - 0,030
■	●	▲	●	0,030 - 0,040
■	●	▲	●	0,040 - 0,050



Elemento	V (mg/L)
Limite de Detecção	0,010
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	158
Valor Médio	0,0128
Mediana	0,015
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,0500
Desvio Padrão	0,0053
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	0,1
CONAMA 396/2008 -	0,05
WHO 2011	-

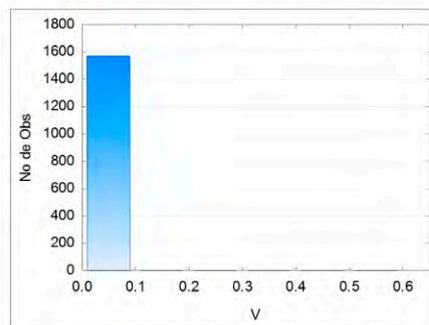
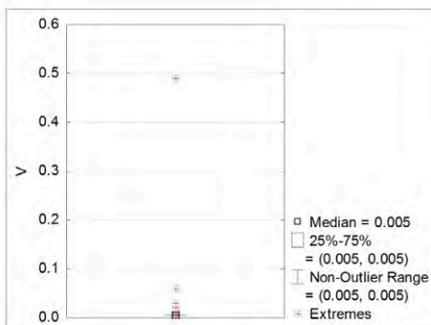


Legenda

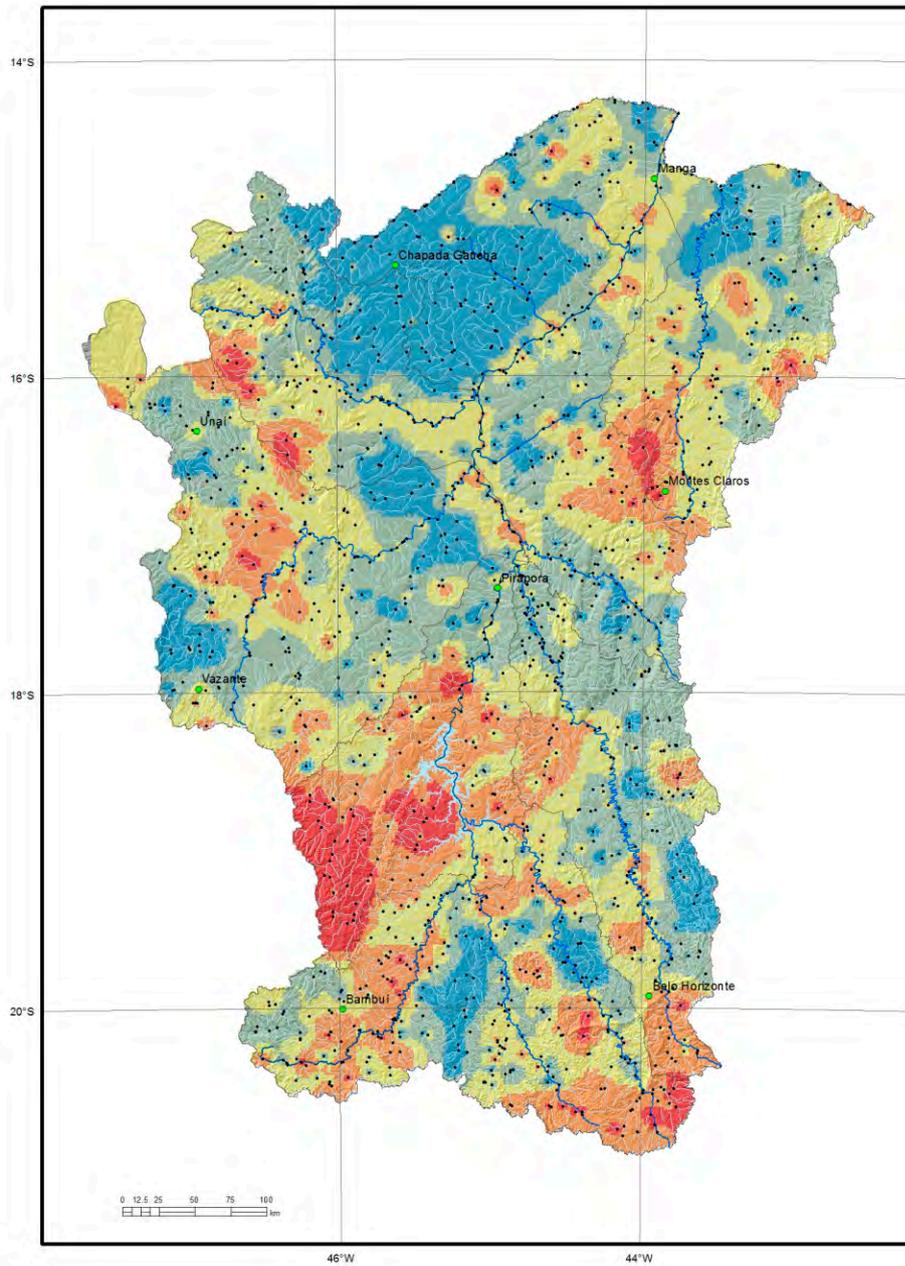
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

V (mg/L)

- <math>< 0,005</math>
- 0,005 - 0,007
- 0,007 - 0,010
- 0,010 - 0,100
- > 0,100



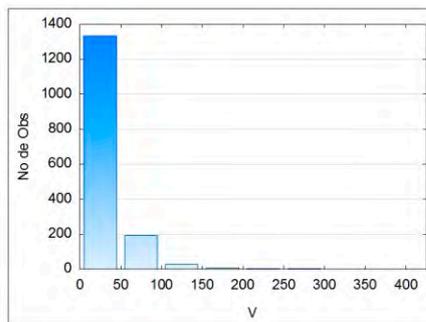
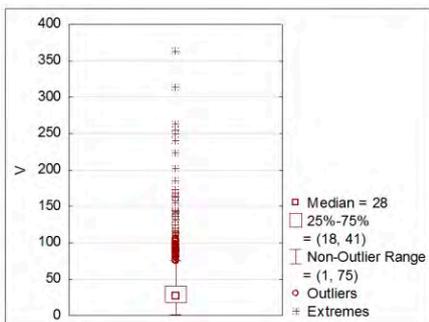
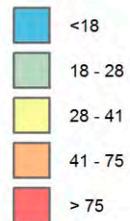
Elemento	V (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1566
Result > Lim Detec	114
Valor Médio	0,00638
Valor Mínimo	0,00500
Valor Máximo	0,49000
Mediana	0,00500
Desvio Padrão	0,01297
Port MS 2914 / 2011	-
CONAMA 357/2005 -	0,10
CONAMA 396/2008 -	0,05
WHO 2011	-



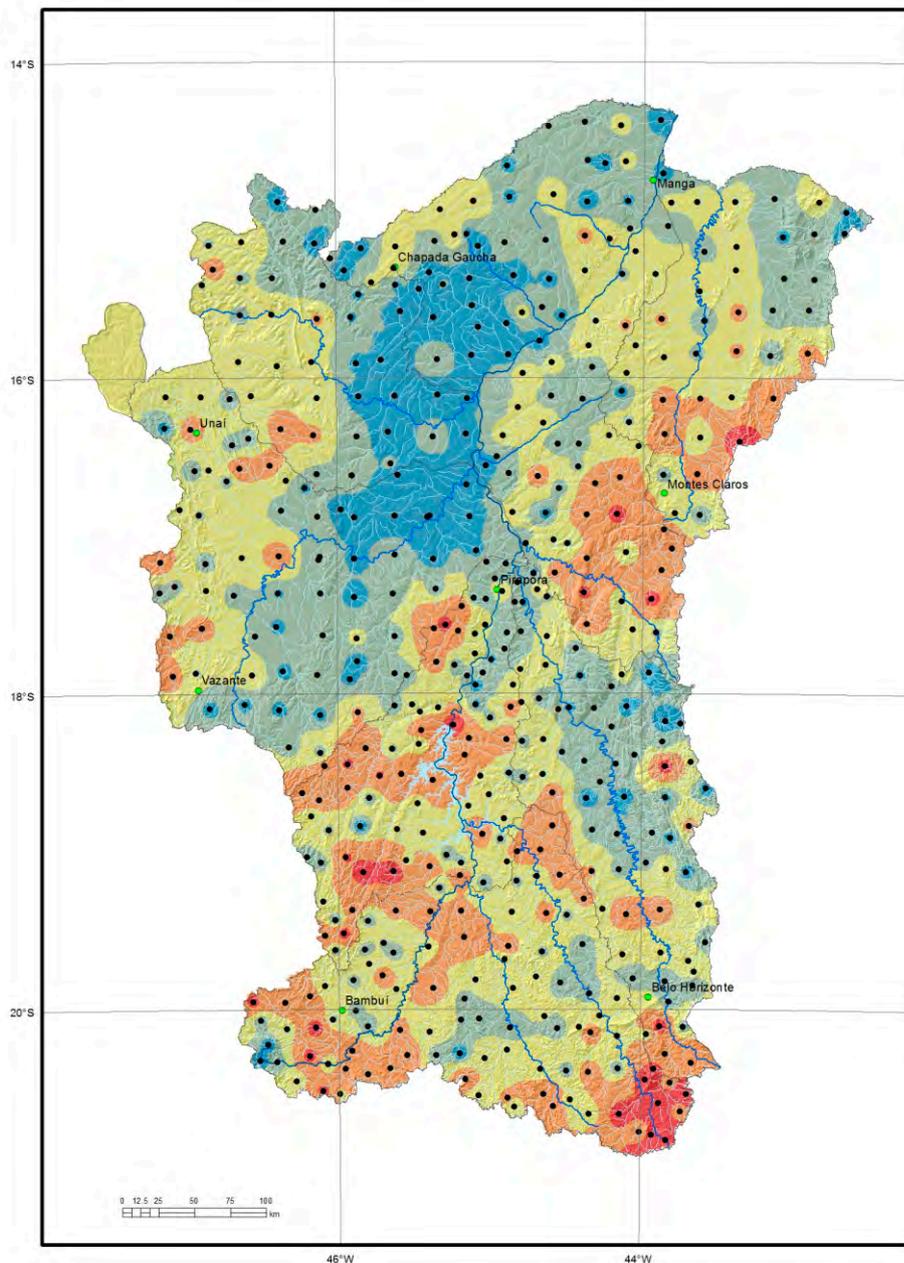
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

V (ppm)



Elemento	V (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1569
Valor Médio	33,665
Mediana	1,000
Valor Mínimo	363,000
Valor Máximo	28,000
Desvio Padrão	29,458
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	50,000

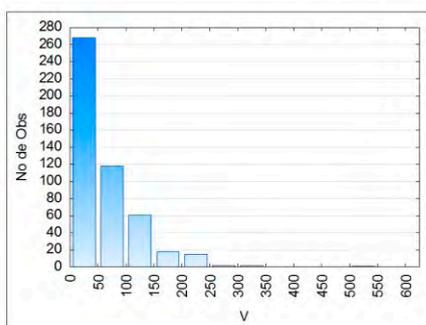
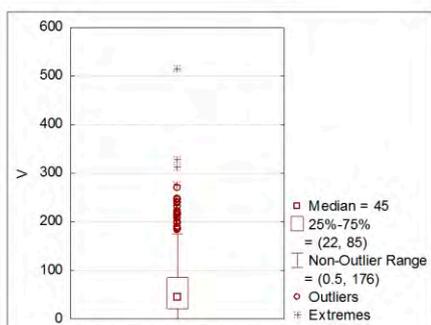


Legenda

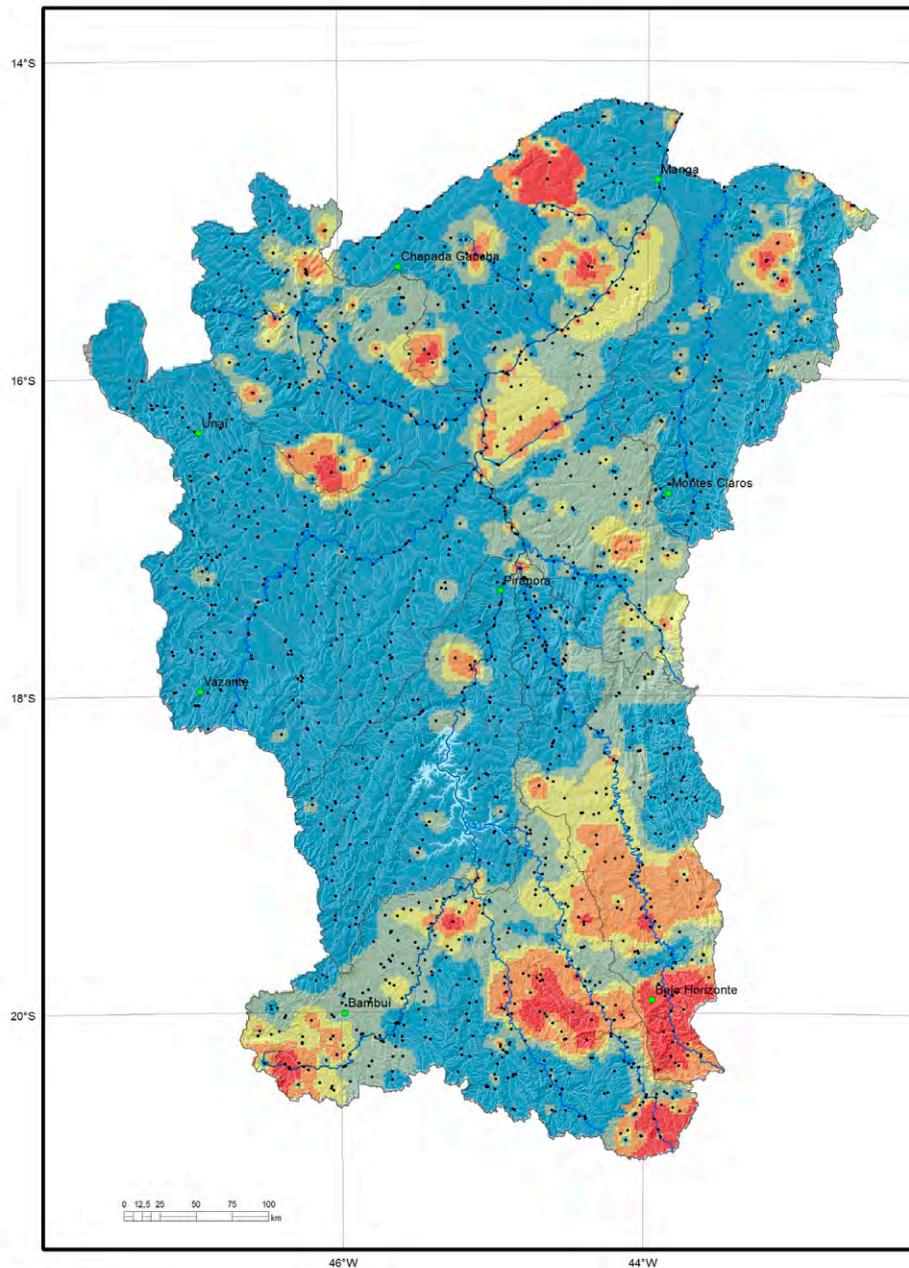
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

V (ppm)

- < 22
- 22 - 45
- 45 - 85
- 85 - 176
- > 176



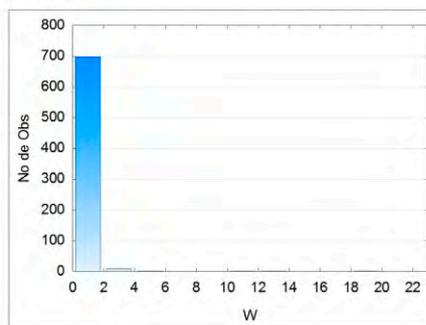
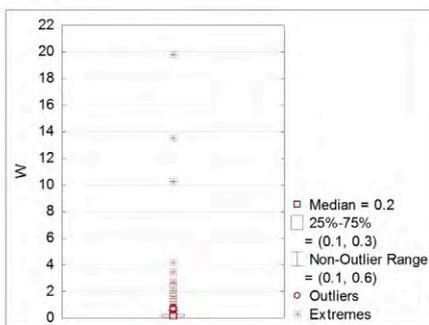
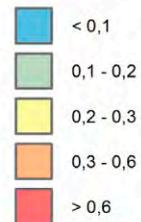
Elemento	V (ppm)
Limite de Detecção	1,0
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	482
Valor Médio	63,66
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	515,00
Mediana	45,00
Desvio Padrão	60,00
CONAMA 454/2012 - V.Prev	275,0
VRQ FEAM-MG	128,51
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	58,0



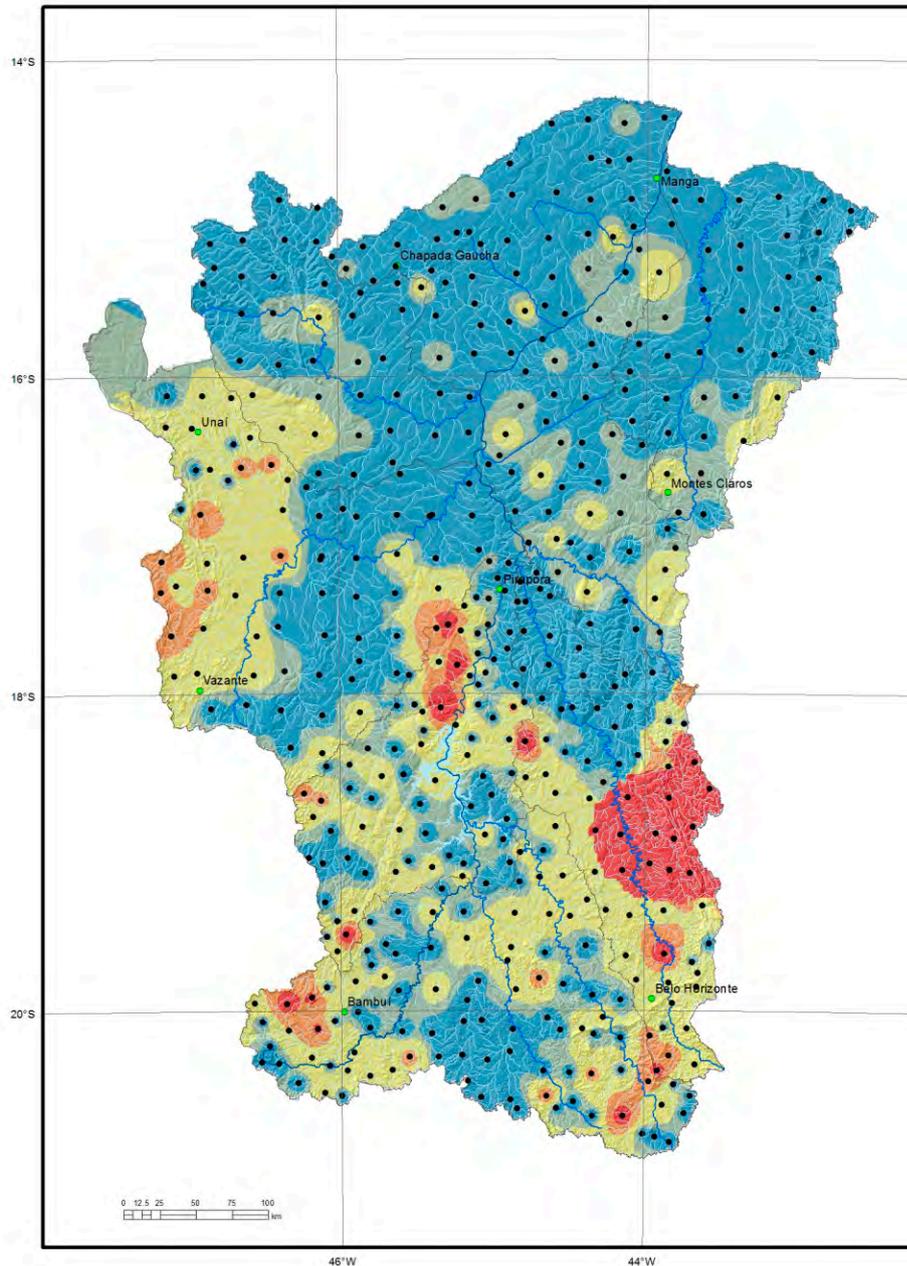
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- ☁ sub-bacias trabalhadas

W (ppm)



Elemento	W (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	708
Valor Médio	0,345
Valor Mínimo	0,1
Valor Máximo	19,8
Mediana	0,2
Desvio Padrão	1,034
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

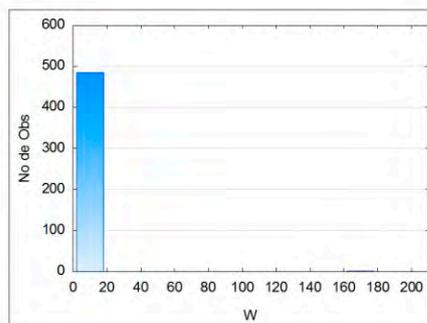
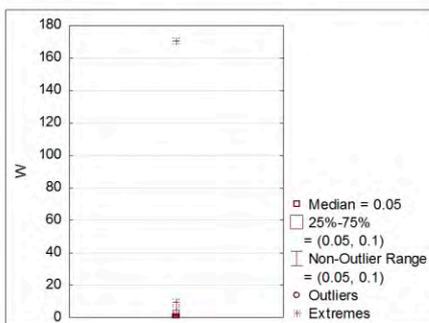


Legenda

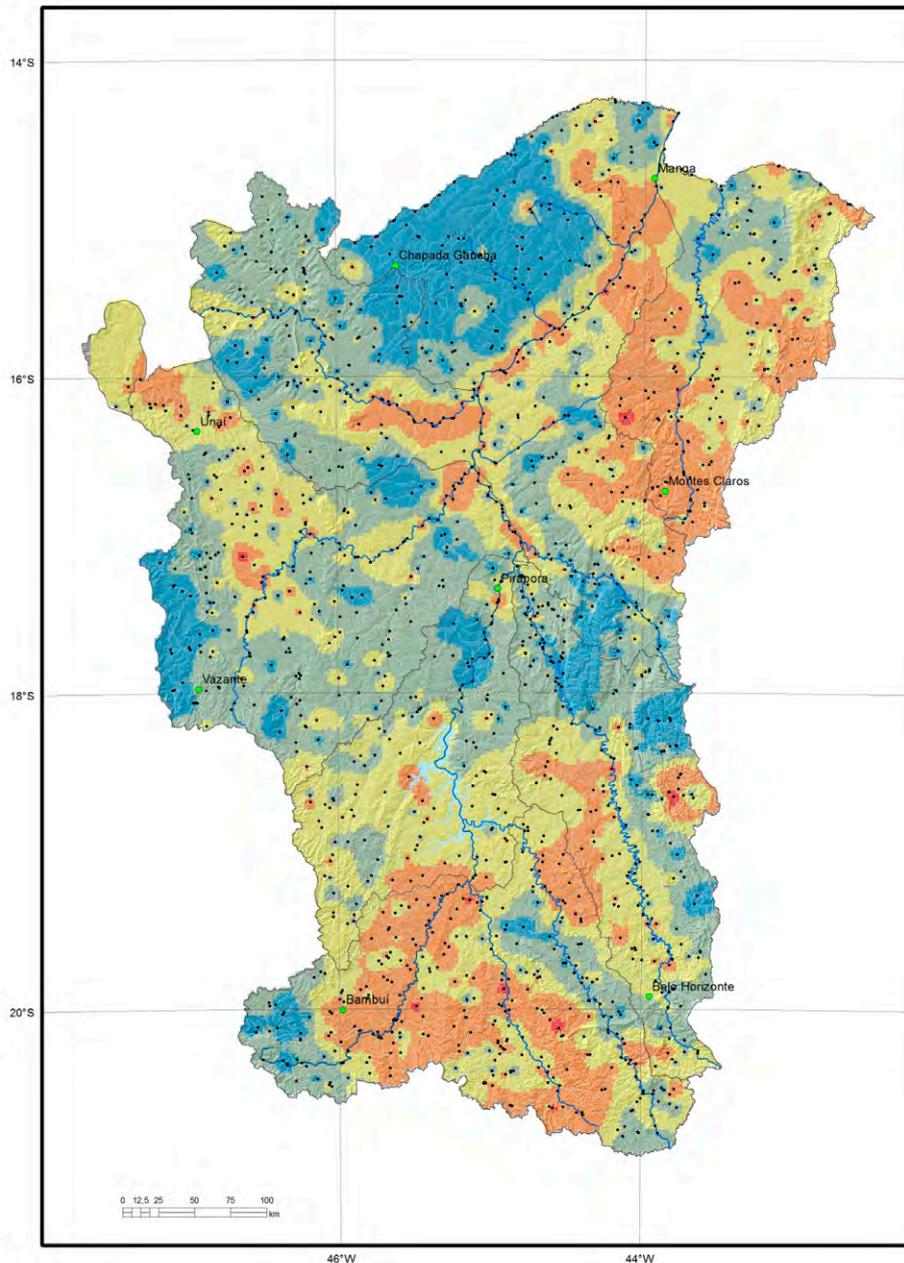
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

W (ppm)

- < 0,05
- 0,05 - 0,10
- 0,10 - 0,30
- 0,30 - 0,60
- > 0,60



Elemento	W (ppm)
Límite de Detecção	0,1
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	178
Valor Médio	0,51
Valor Mínimo	0,1
Valor Máximo	170,20
Mediana	0,05
Desvio Padrão	12,75
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	400,0

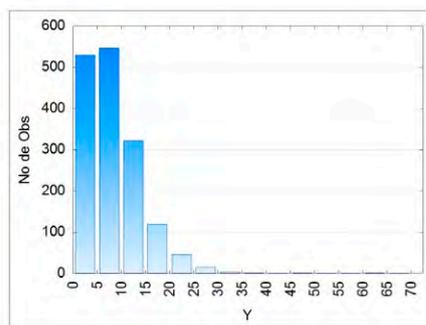
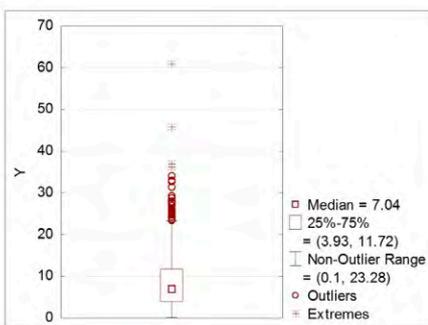


Legenda

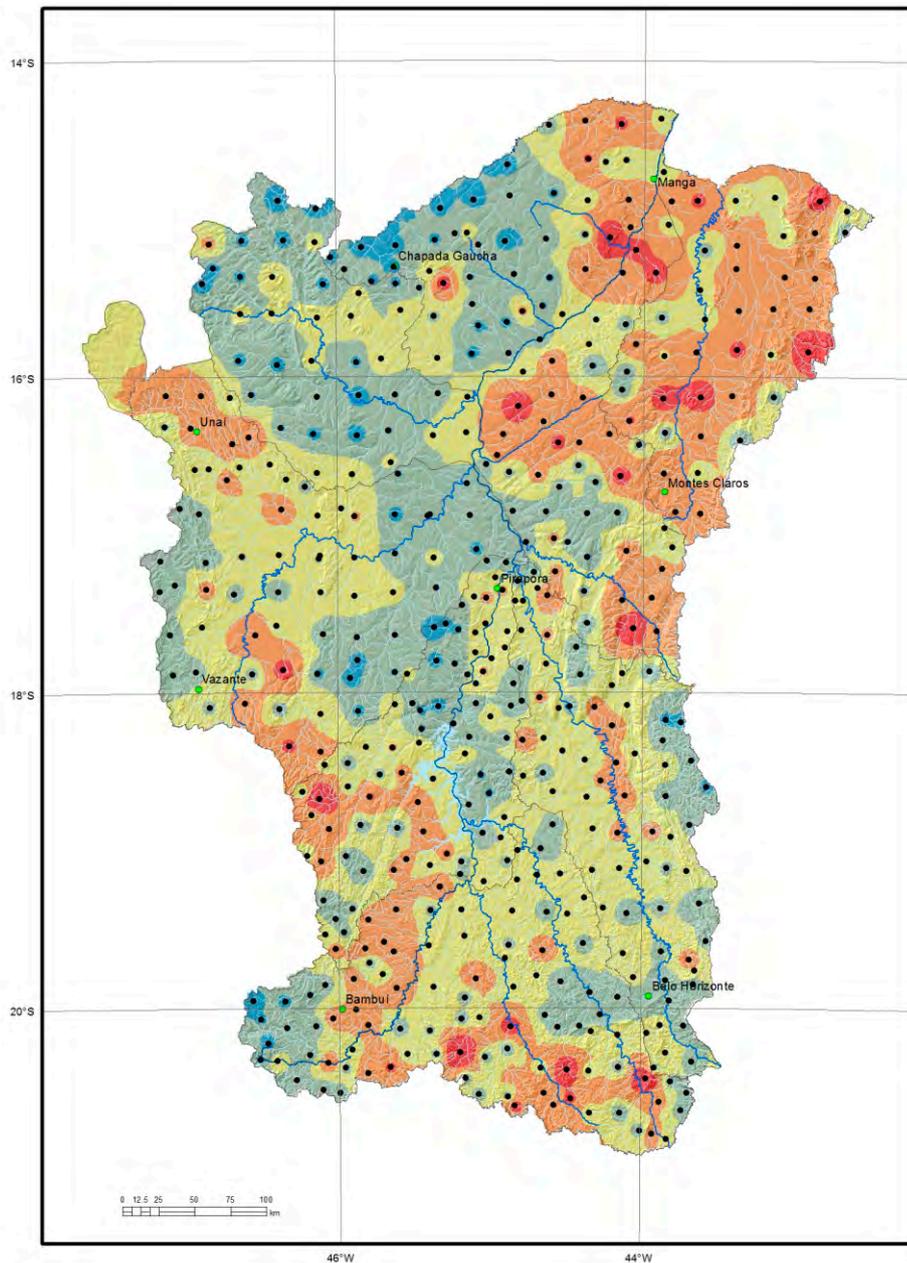
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊞ sub-bacias trabalhadas

Y (ppm)

- < 3,93
- 3,93 - 7,04
- 7,04 - 11,72
- 11,72 - 23,28
- > 23,28



Elemento	Y (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1585
Valor Médio	8,318
Valor Mínimo	0,1
Valor Máximo	60,97
Mediana	7,04
Desvio Padrão	6,001
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

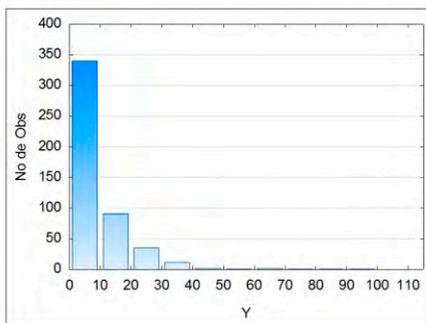
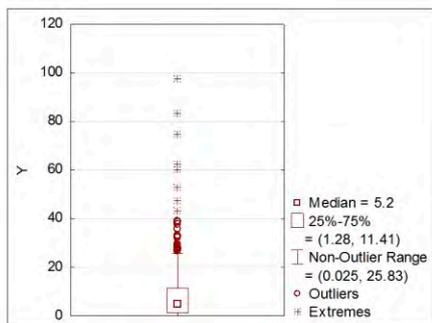


Legenda

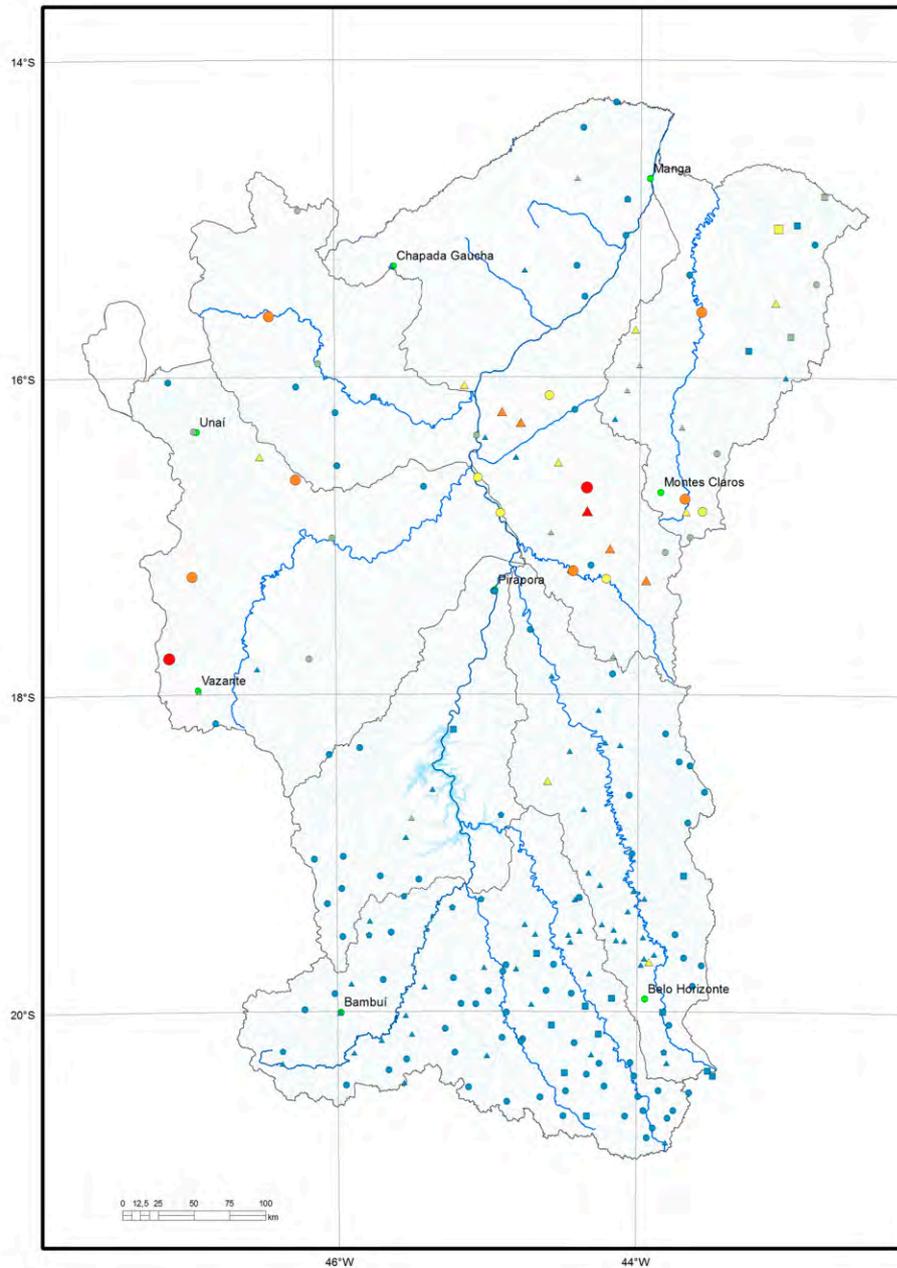
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Y (ppm)

- < 1,28
- 1,28 - 5,20
- 5,20 - 11,41
- 11,41 - 25,83
- > 25,83



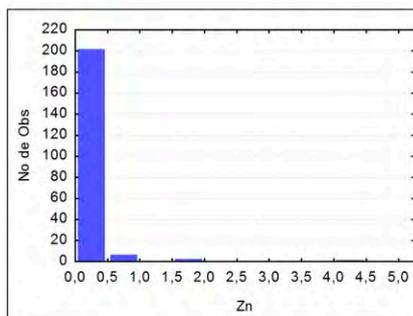
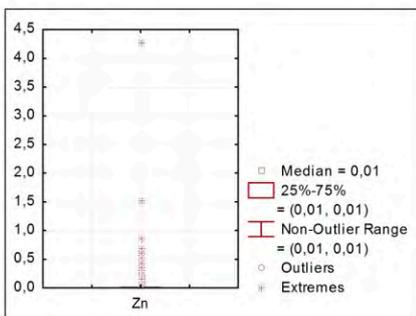
Elemento	Y(ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	484
Valor Médio	8,76
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	97,52
Mediana	5,20
Desvio Padrão	11,32
CONAMA 454/2012 - V. Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



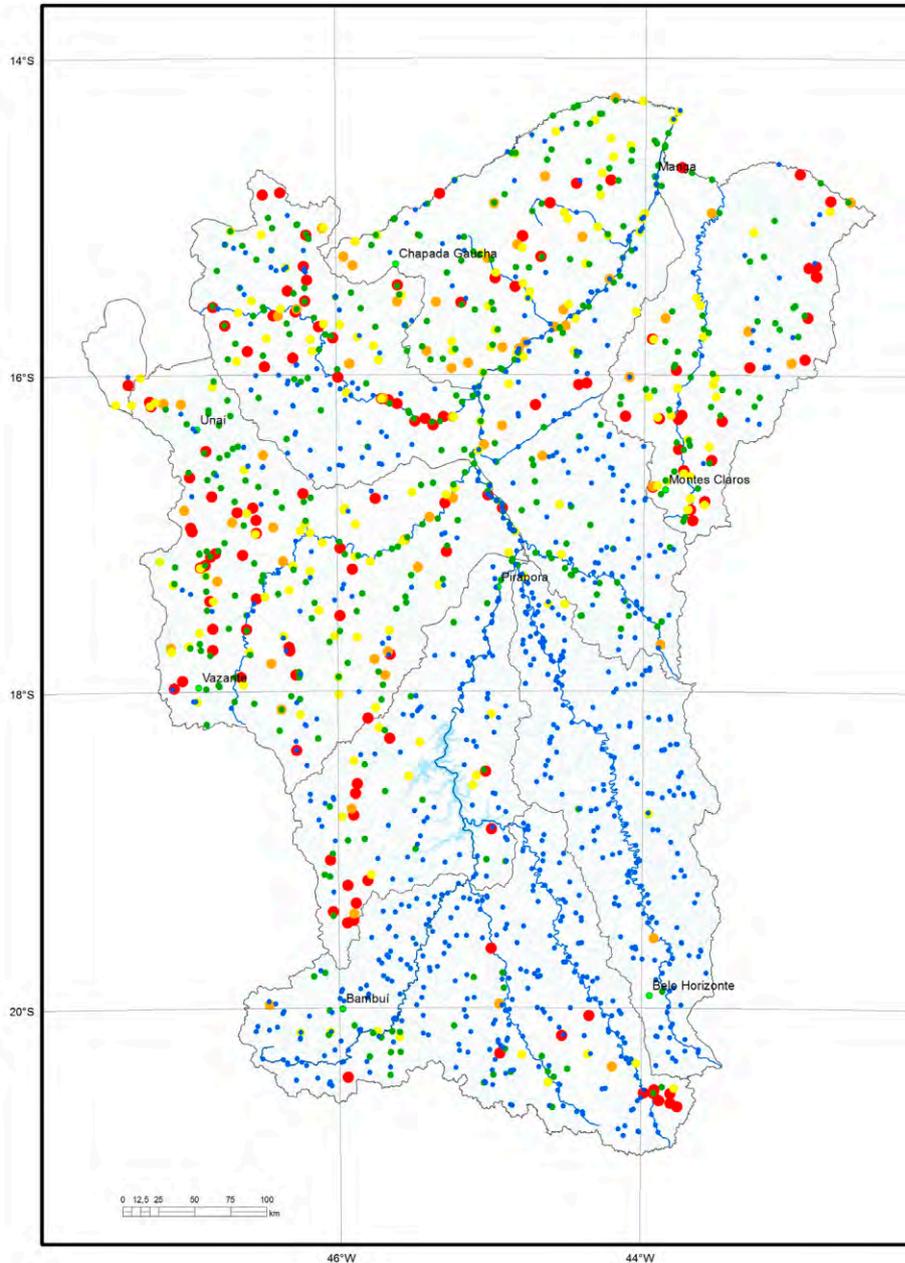
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

Barragem	Mista	Poço	Rio	Zn (mg/L)
■	●	▲	●	< 0,022
■	●	▲	●	0,022 - 0,090
■	●	▲	●	0,090 - 0,300
■	●	▲	●	0,300 - 0,870
■	●	▲	●	> 0,870



Elemento	Zn (mg/L)
Limite de Detecção	0,010
Número de medidas	210
Result > Lim Detec	199
Valor Médio	0,0843
Mediana	0,010
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	4,2700
Desvio Padrão	0,3481
Port MS 2914 / 2011	5,00
CONAMA 357/2005 -	0,18
CONAMA 396/2008 -	5,00
WHO 2011	-

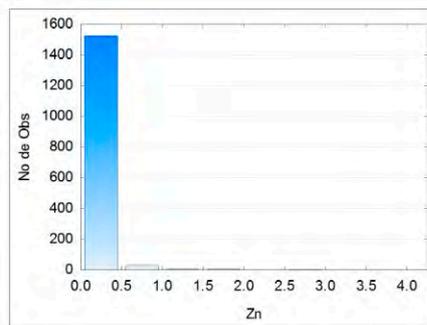
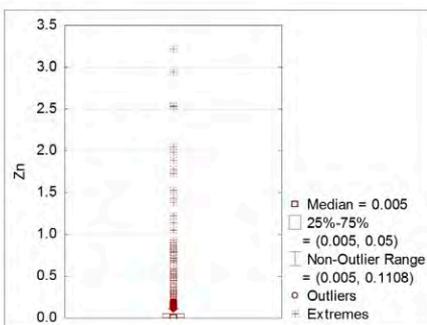


Legenda

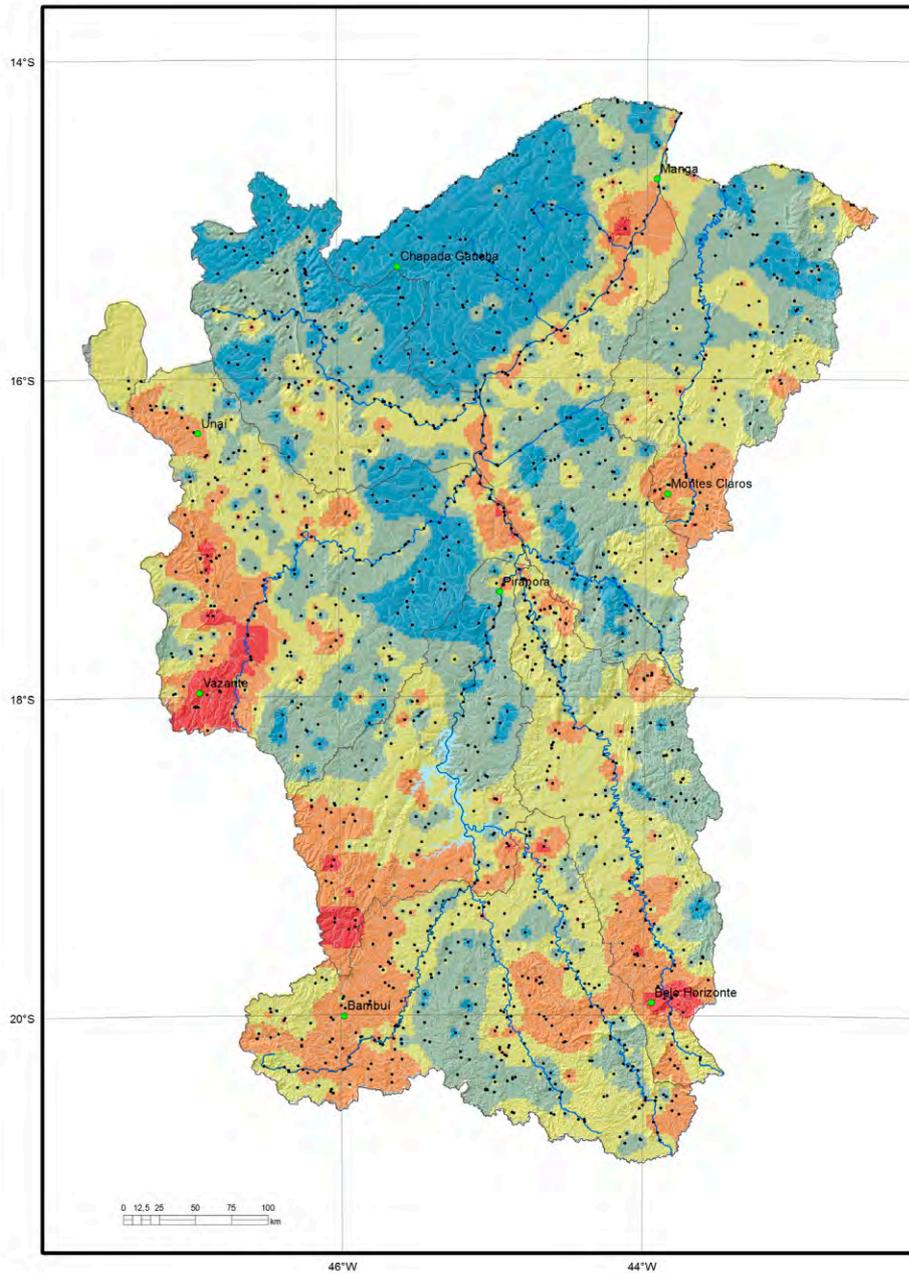
- pontos coletados
- sedes municipais
- rios principais
- rede de drenagem
- sub-bacias trabalhadas

Zn (mg/L)

- < 0,005
- 0,005 - 0,050
- 0,050 - 0,110
- 0,110 - 0,180
- > 0,180



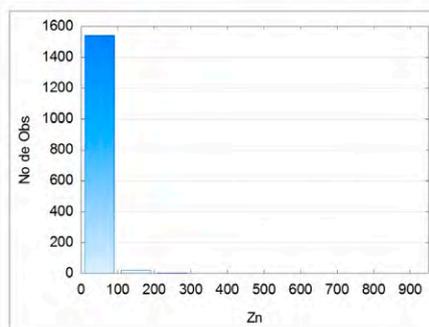
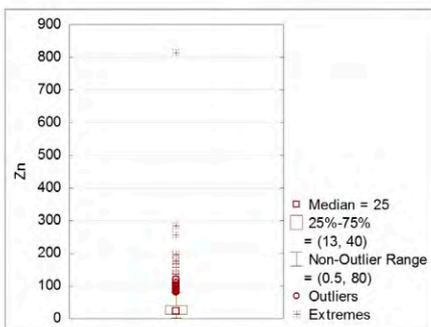
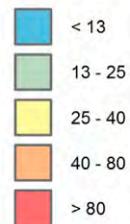
Elemento	Zn (mg/L)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	1564
Result > Lim Detec	683
Valor Médio	0,07140
Valor Mínimo	0,00500
Valor Máximo	3,21600
Mediana	0,00500
Desvio Padrão	0,22770
Port MS 2914 / 2011	5
CONAMA 357/2005 -	0,18
CONAMA 396/2008 -	5,00
WHO 2011	-



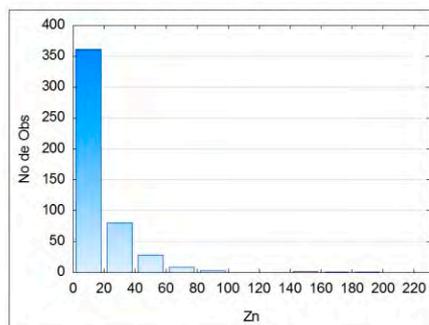
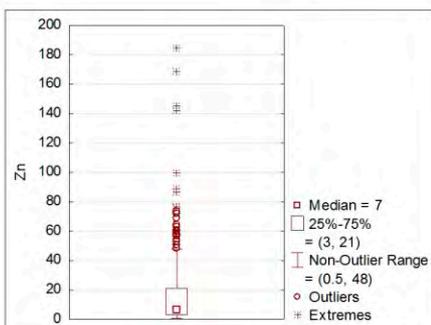
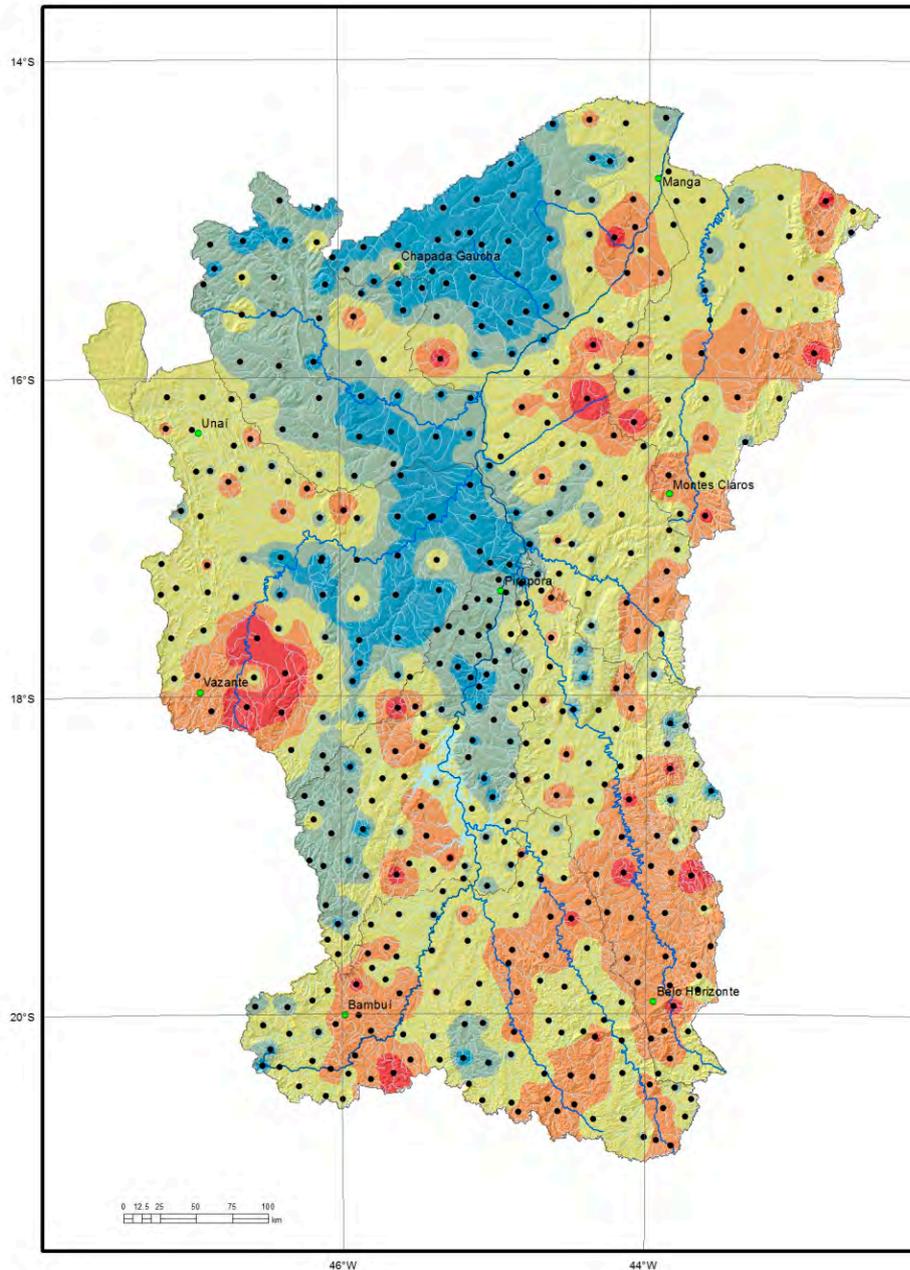
Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊂ sub-bacias trabalhadas

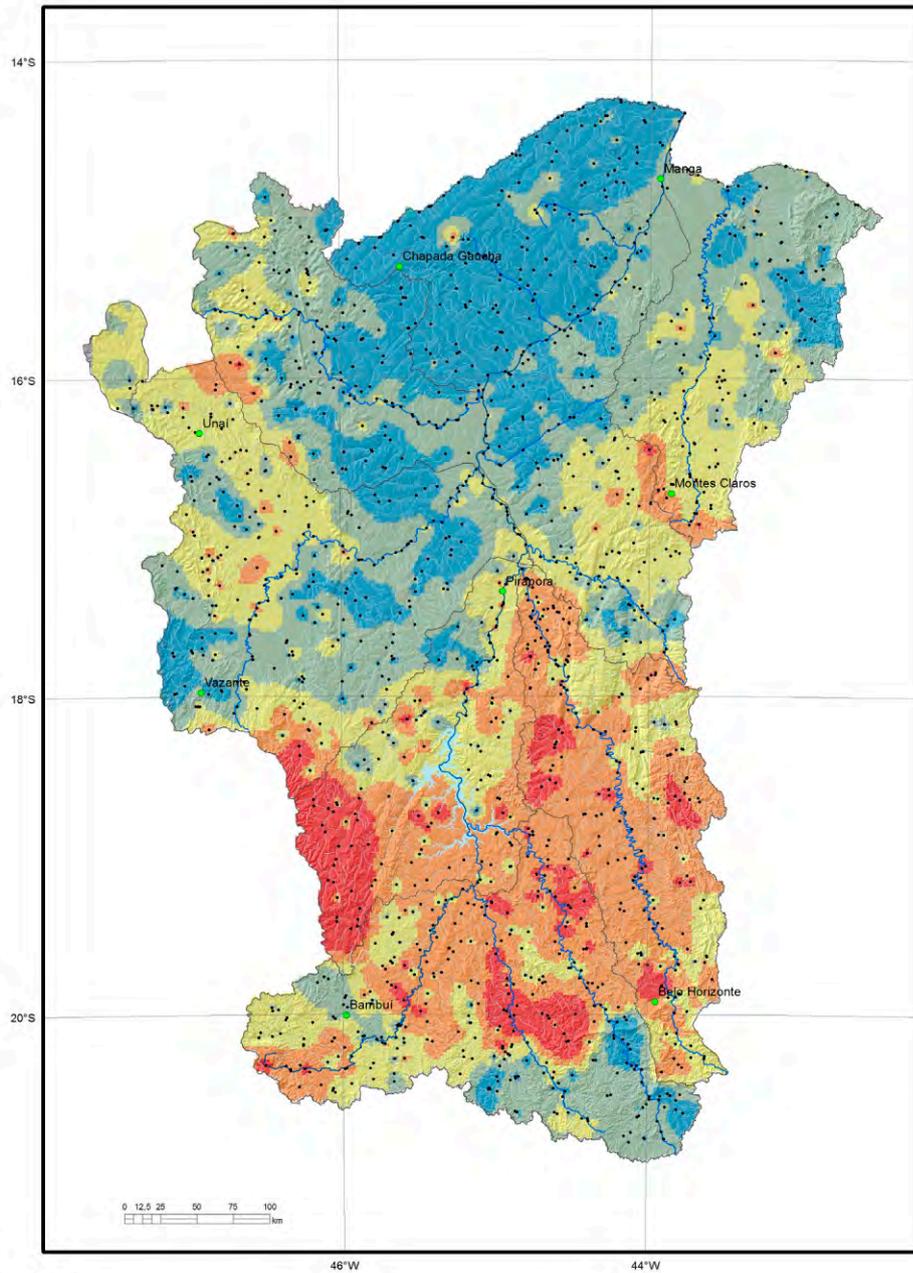
Zn (ppm)



Elemento	Zn (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1562
Valor Médio	30,30
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	814,00
Mediana	25,00
Desvio Padrão	32,447
CONAMA 454/2012 V. Prev	123,00
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	98,00



Elemento	Zn (ppm)
Limite de Detecção	1,0
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	440
Valor Médio	16,89
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	185,00
Mediana	7,00
Desvio Padrão	31,82
CONAMA 454/2012 - V.Prev	300,0
VRQ FEAM-MG	46,30
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	48,00

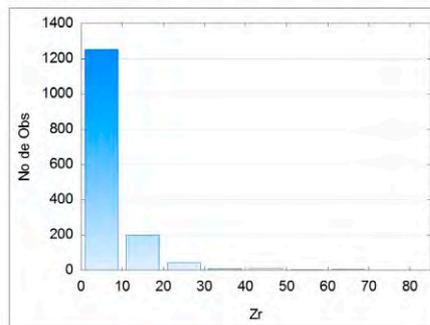
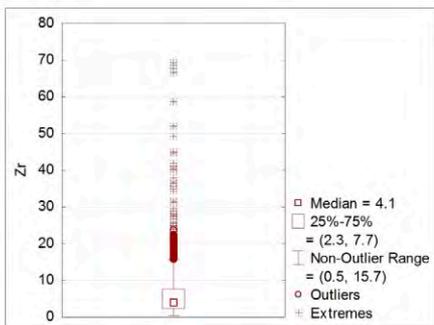


Legenda

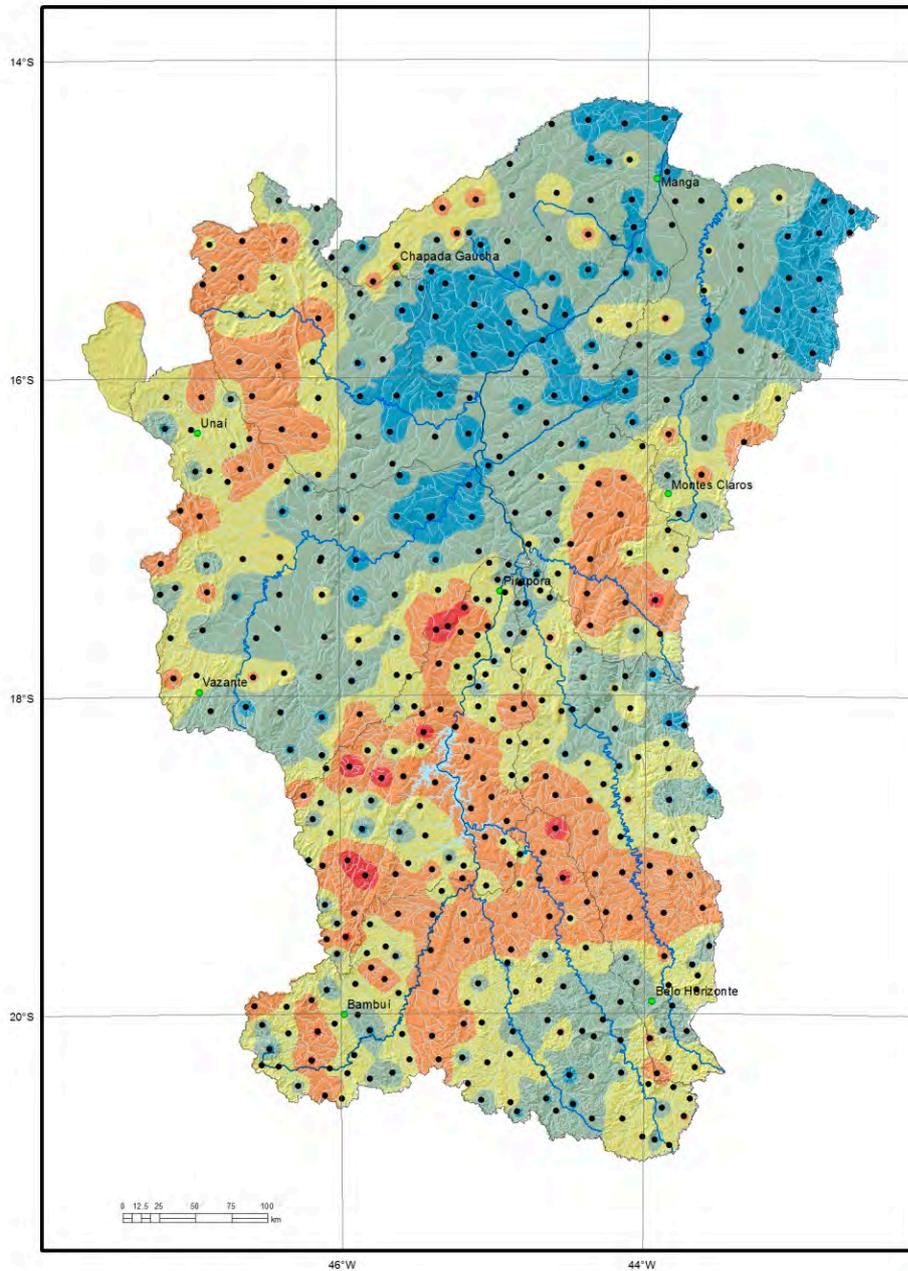
- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊞ sub-bacias trabalhadas

Zr (ppm)

- < 2,3
- 2,3 - 4,1
- 4,1 - 7,7
- 7,7 - 15,7
- > 15,7



Elemento	Zr (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	1587
Result > Lim Detec	1519
Valor Médio	6,419
Valor Mínimo	0,500
Valor Máximo	69,500
Mediana	4,100
Desvio Padrão	7,313
CONAMA 454/2012 V. Prev	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-

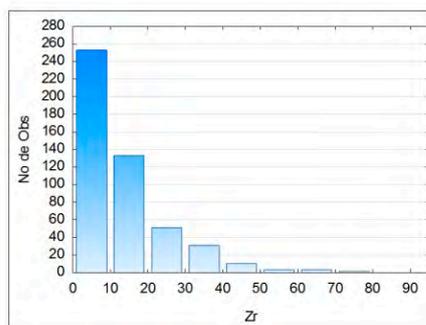
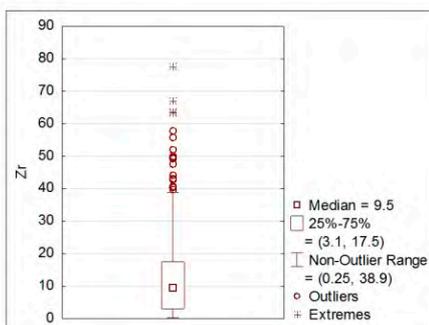


Legenda

- pontos coletados
- sedes municipais
- ~ rios principais
- rede de drenagem
- ⊞ sub-bacias trabalhadas

Zr (ppm)

- < 3,15
- 3,15 - 9,55
- 9,55 - 17,50
- 17,50 - 38,90
- > 38,90



Elemento	Zr (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	484
Result > Lim Detec	472
Valor Médio	12,81
Valor Mínimo	0,60
Valor Máximo	77,60
Mediana	9,55
Desvio Padrão	3,40
CONAMA 454/2012 - V.Prev	-
VRQ FEAM-MG	-
(TEL) NOAA SQRT V. Aten.	-



DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

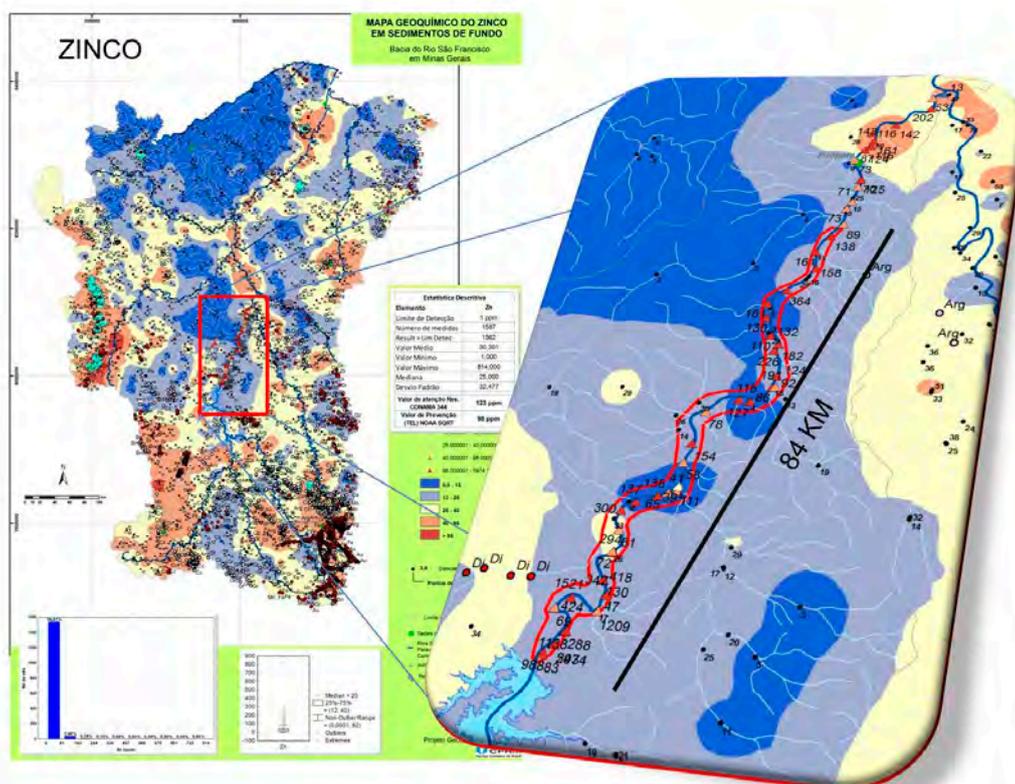
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dentre as diversas ocorrências detectadas, destacam-se: a grande anomalia de As em todos os meios, evidenciando as ocorrências auríferas de Morro do Ouro em Paracatu e do Quadrilátero Ferrífero e contaminações antropogênicas após a confluência do Rio das Velhas; a anomalia geogênica de Zn em Vazante; a migração da escória depositada nos anos 50 na base da represa de Três Marias por mais de 160 km a jusante, alcançando a cidade de Ponto Chique; a ocorrência de valores acima dos permitidos legalmente para água do Rio das Velhas, com origem na região metropolitana de Belo Horizonte; e a grande extensão da anomalia de flúor ao longo de quase todo o Rio Verde Grande (200 x 80 km) em todos os meios amostrados.

■ Anomalias de Cd, Pb e Zn em Três Marias

Trabalhos anteriores efetuados por Baggio (2008) e Trindade (2010) definiram a ocorrência de valores acima do permitido pela legislação para os elementos Cd, Pb e Zn em sedimentos de fundo entre a represa de Três Marias e a cidade de Pirapora, nos rios Formoso e São Francisco. No trabalho atual foram definidos para estes elementos os *backgrounds* regionais em solo, 0,01 ppm, 11,05 ppm e 7,00 ppm e em sedimento, 0,03 ppm, 13,1 ppm e 25 ppm, respectivamente. As curvas de tendência dos resultados de

sedimento com base nos valores de *background* permitem definir as fontes de origem antropogênica e geogênica. Os valores obtidos no rio Formoso (máximos de 1,126 ppm, 25,75 ppm e 12,63 ppm) confirmam a origem antropogênica do Cd e Zn provavelmente relacionado à agroquímicos. Os valores obtidos para o rio São Francisco (35 ppm, 291 ppm e 5947 ppm) indicam forte contribuição da planta de beneficiamento de Zn existente próximo à barragem da Represa de Três Marias, em operação há mais de 50 anos. A interpolação desses valores por sobre o mapa de *background* confeccionado para a bacia permitiu definir o halo de dispersão e sua origem antropogênica, tendo como fonte provável os rejeitos da planta de beneficiamento de zinco existente às margens do rio São Francisco, feita de forma in natura a partir da década de 50. O passivo ambiental da deposição desordenada de rejeitos no leito do rio no início da operação continua no sedimento de fundo, ativo até os dias de hoje, contaminando-o por mais de 160 km de extensão ao longo do curso do rio São Francisco, até a cidade de Ponto Chique, com halo de teores acima da legislação (160 vezes para o Cd, 60 vezes para o Zn e 8 vezes para o Pb) com quase 40 km de extensão. Para todos os outros trechos com valores acima do *background*, sugere-se uma origem antropogênica provavelmente relacionada à utilização de agroquímicos na agricultura, visto que não existem indicativos geológicos para uma origem geogênica.



■ Anomalias Antropogênicas da Bacia do rio das Velhas

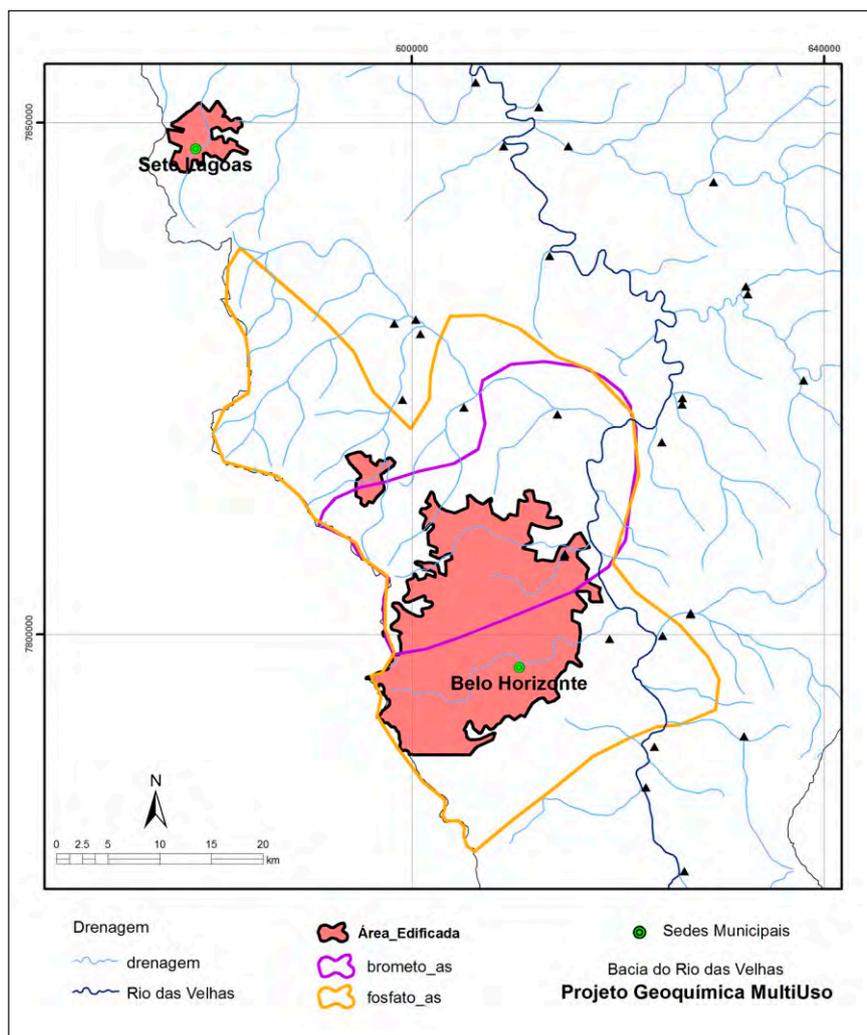
As curvas de tendência dos resultados de água de superfície dos ânions Br, Cl, F, NO₃ e PO₄ e os cátions Ba, K, Li, Mn e Na marcam claramente a região metropolitana de Belo Horizonte, embora apenas K, Br, e PO₄ apresentem atualmente valores (9,29, 0,07 e 5,6 mg/L respectivamente) acima do permitido pela legislação em vigor no Brasil (0,037, 0,025 e 0,1 mg/L respectivamente). Os valores obtidos em sedimentos de fundo dos elementos Ag, Ca, Cd, Cu, Fe, Hf, Hg, Ni, P, Pb, S, Sb, Sn, Sr, W, Zn e Zr e em solo para os elementos Ag, La e Sb também delineiam esta região metropolitana, sugerindo fortemente uma origem antropogênica para estas anomalias (Viglio & Cunha, 2009, 2010 e 2010).

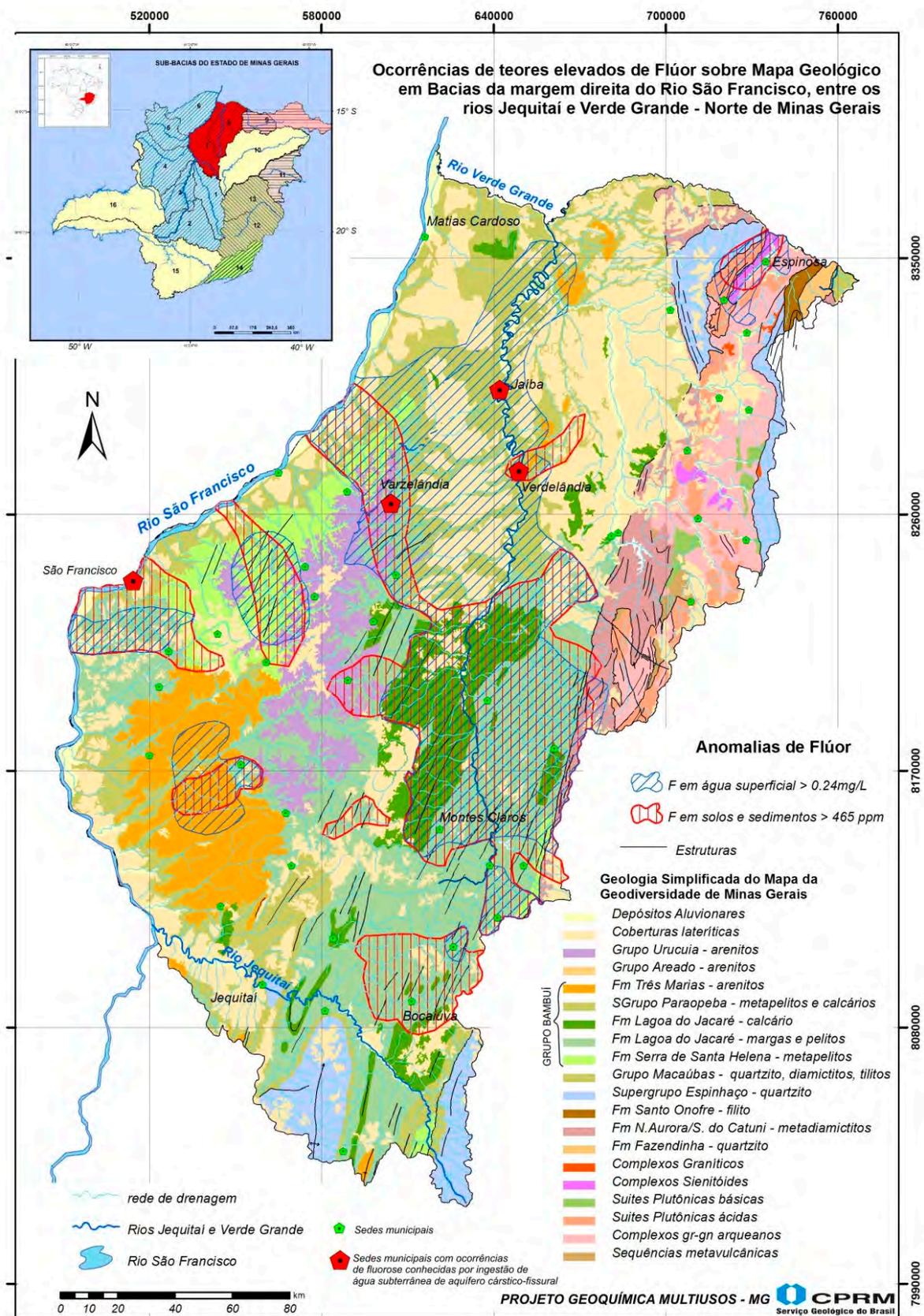
■ Flúor na bacia do Verde Grande

No levantamento atual foram obtidos valores médios e máximos para flúor de 376 e 1720 ppm para

solo, 320 e 1076 ppm para os sedimentos de fundo e 0,20 e 1,02 mg/L para águas de superfície verificando-se uma correlação positiva do fluoreto em águas superficiais com a condutividade elétrica e o pH (Viglio et al, 2011). A sobreposição das curvas de distribuição de flúor em todos os meios amostrados sobre o mapa geológico do Projeto Geodiversidade (Silva & Machado, 2010) demonstra que, com exceção de área situada próximo à Espinosa relacionada a rochas sieníticas, todas as outras anomalias situam-se sobre litologias do Grupo Bambuí. No entanto, a maior parte delas está em regiões de planície relacionadas às litologias de metapelitos e margas aflorantes e não sobre calcários. A distribuição tão extensiva destas curvas, tanto para solo, quanto para sedimentos de fundo e águas de superfície em teores tão elevados quando comparados aos mencionados anteriormente indica que: é provável que exista outra fonte de flúor proveniente dos

sedimentos do Grupo Bambuí, como flúor-apatitas presentes em camadas enriquecidas em fósforo da Formação Serra da Saudade (Lima et al, 2007), mapeada como formando a base da Serra do Jaíba (Iglesias & Uhlein, 2008). Tal fonte se somaria à já conhecida fluorita presente nos calcários, como responsável pela elevação dos teores de flúor nas águas superficiais. Como possível consequência de existência de tão extensa área com presença de flúor está o impacto sobre a saúde humana, vegetal e animal, visto que tais insumos são plantados, e criados sobre solos ricos em F e regados com água enriquecida em fluoreto. Estudos específicos podem ser levados a efeito prioritariamente nas áreas delimitadas como mais propensas à exposição danosa de flúor, que já causa vários casos conhecidos de fluorose nas cidades de São Francisco, Varzelândia e Jaíba (Menegasse, 2007).

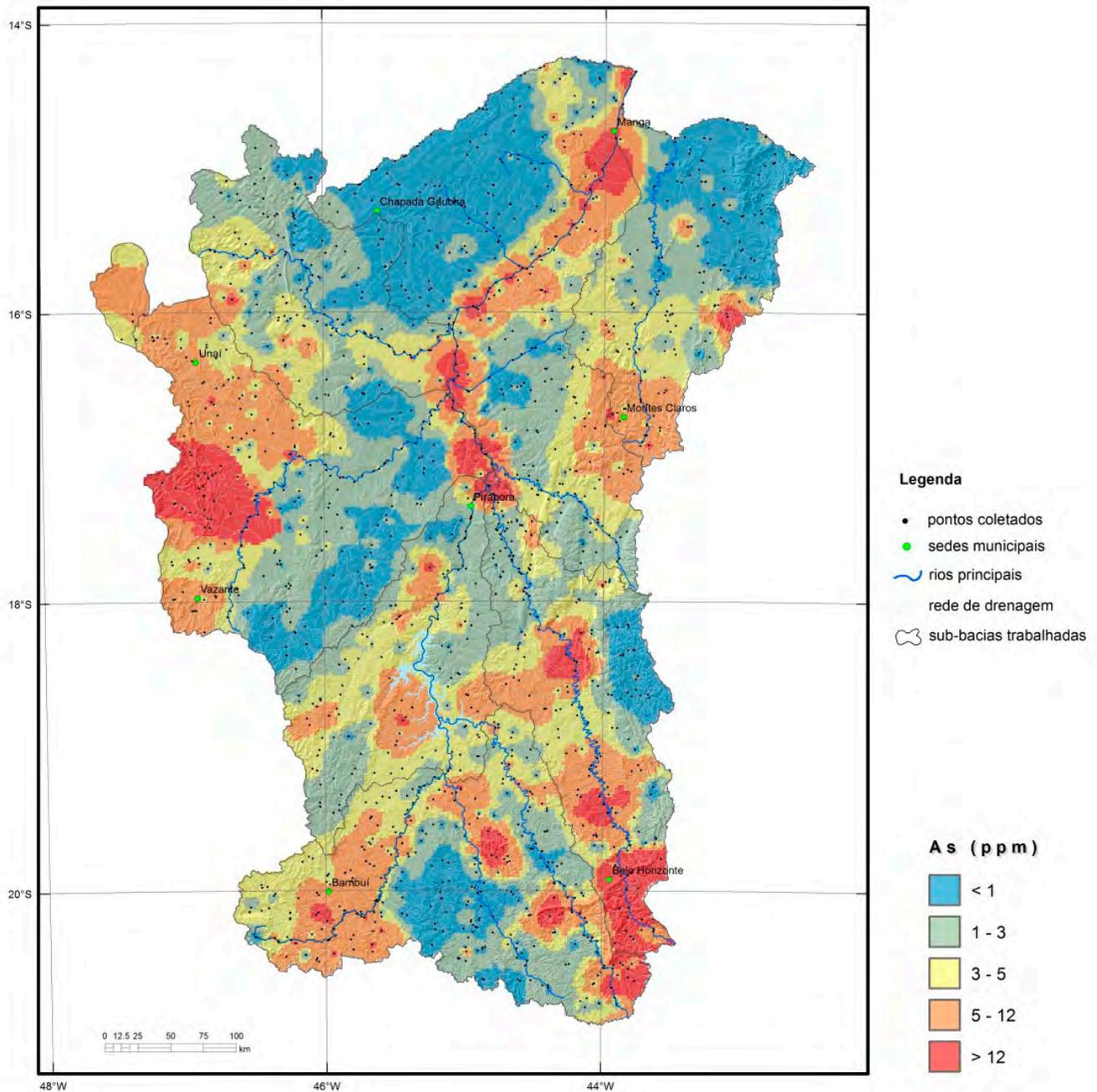




■ **Arsênio em Paracatu**

Uma anomalia de grande extensão areal, com raio de 10 km e com teores muito elevados de arsênio, evidência a zona mineralizada em ouro em Paracatu, que tem a Mina de Morro do Ouro como principal componente. Valores de até 124 ppm em solo, 1800 ppm em

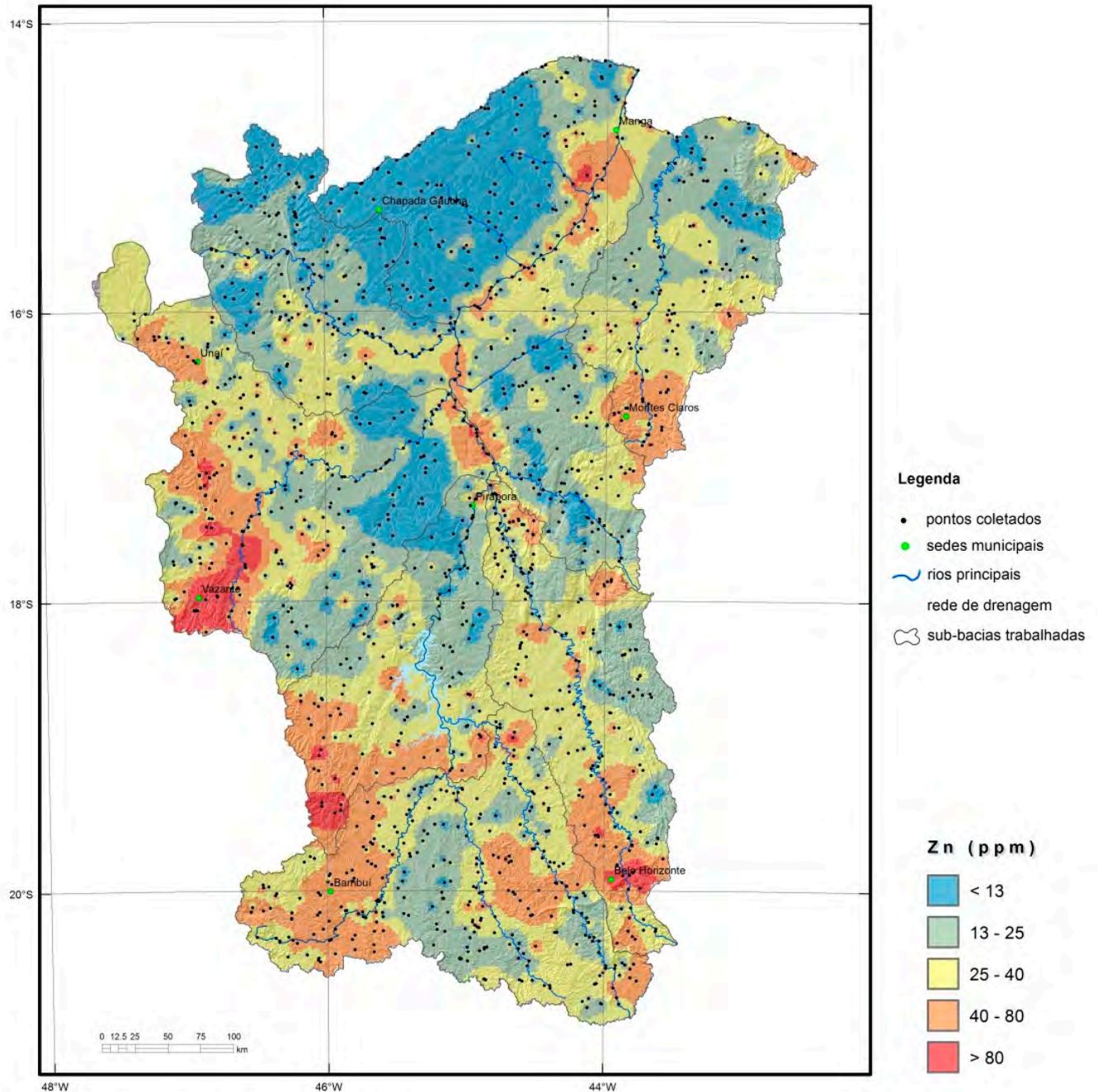
sedimento de fundo e 0,135 mg/L em águas superficiais ocorrem naturalmente na região, tratando-se de forte anomalia geogênica (Viglio et al, 2010 e 2014). Outra anomalia geogênica definida pelo elemento Arsênio está no Quadrilátero Ferrífero, evidenciado por teores de até 300 ppm em sedimento de fundo.



■ **Zinco em Vazante**

Estendendo-se de Lagamar até Paracatu e Vazante anomalia com valores de até 185 ppm em solo e 814 ppm

em sedimento de fundo, uma grande anomalia geo-gênica (natural) delinea aproximadamente a região da Mina de Zinco de Vazante.



ELEMENTOS

Ag – Prata

A prata (do latim – *argentum*) é um metal relativamente raro, de coloração esbranquiçada, altamente dúctil, maleável e com alta resistência à corrosão. Quando puro é o mais notável condutor de eletricidade e calor dentre todos os metais. Pode ocorrer como elemento livre na natureza ou associada a minérios sulfetados de Pb, Co, Ni, Sr e As, principalmente como o mineral argentita (Ag₂S). É usada principalmente como insumo na fotografia, radiologia, joias, instrumentação cirúrgica, baterias e produção de chuva artificial. Trata-se de um elemento tóxico podendo causar a morte. As principais reservas do elemento no Brasil encontram-se no estado do Pará, mas ocorrem também em Minas Gerais.

O elemento Prata apresenta uma faixa anômala com teores acima de 0,050 ppm nas amostras de solo, coincidente com a Faixa Brasília, situada no limite W-NW da bacia. Tal faixa não é refletida pelos sedimentos, que mostram valores elevados, acima de 0,50 ppm na região de Paracatu, no oeste da bacia. Apenas dois valores encontram-se acima dos limites legais estabelecidos para sedimentos (NOAA SQRT) em Vazante e para solos (VRQ-FEAM) em Paraopeba.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

Al - Alumínio

O alumínio é um metal de coloração prateada, litófilo, leve, maleável, dúctil, com baixo ponto de fusão, bom condutor de eletricidade e resistente à corrosão, sendo o metal que existe em maior quantidade na crosta terrestre, embora seja o terceiro elemento mais abundante, depois do oxigênio e silício. O Al não é encontrado livre na natureza, mas nos minerais silicatados combinado com ferro, metais alcalinos e alcalino-terrosos. O Al dissolvido se enriquece nas argilas neoformadas e desta forma sua concentração é alta nos sedimentos argilosos e rochas pelíticas, e nas derivadas de argilominerais como os filitos e micaxistos (Mineropar, 2005; Koljonen *et al.*, 1992). O principal mineral-minério é a bauxita, uma mistura de óxidos, alumina (Al₂O₃), hidróxidos, gibbsita e outras impurezas. Muito usado no mundo moderno em ligas metálicas que compõem a maioria dos utensílios e máquinas existentes na atualidade. Não é um nutriente essencial e, se assimilado em excesso, pode ser prejudicial e tóxico. As maiores reservas de bauxita brasileira encontram-se no estado do Pará.

O elemento Alumínio apresenta para as amostras de solo, um terço da área da bacia com valores anômalos, acima do estabelecido pelo NOAA SQRT (>4,7%), agrupando-se principalmente na cabeceira da bacia, no Quadrilátero Ferrífero, na Faixa Brasília no bordo oeste e beirando a Serra do Espinhaço no limite leste, nas proximidades de Montes Claros. Estas faixas não são refletidas nos resultados de sedimento, que ocorrem em valores mais elevados apenas pontualmente, principalmente na região de Paracatu, Bambuí e Paraopeba, principalmente.

As amostras de água mostram grandes concentrações de Al aparentemente não relacionadas aos resultados de solo e de sedimento. A principal ocorrência de valores extremamente altos de até 81 mg/L, muito acima do limite máximo permitido de 0,2 mg/L, está a oeste da represa de Três Marias, entre Matutina e São Gonçalo do Abaeté. Concentrações um pouco menores, mas igualmente anômalas ocorrem no alto curso do Rio das Velhas, em São Joaquim de Bicas e Conselheiro Lafaiete, e entre Manga e Miravânia, no extremo norte da bacia.

A grande maioria das águas de abastecimento público encontra-se dentro dos parâmetros legais, com exceção da região entre os municípios de São João da Lagoa e Guaraciama, na região de Montes Claros e de toda a faixa que bordeja a Serra do Espinhaço, até Espinosa, onde ocorrem valores mais elevados de Alumínio.

As - Arsênio

O arsênio é um não metal de coloração variando de cinza metálica a amarela, comumente fixando-se na forma de arsenatos em argilominerais e matéria orgânica. Ocorre raramente em estado nativo e tem como principais minerais a arsenopirita (FeAsS), loellingita (FeAs₂), ouro-pigmento (As₂S₃) e o realgar (As₄S₄). Sua principal utilização é em vidros clarificados, ligas metálicas, fogos de artifício e em diversos biocidas. Elemento altamente tóxico, carcinogênico para a maioria dos seres vivos embora seja micronutriente para alguns. As principais ocorrências brasileiras de arsênio estão associadas a depósitos auríferos do tipo *greenstone belt* na Bahia (rio Itapicuru), Goiás (Crixás) e Minas Gerais (Paracatu).

O elemento arsênio apresenta nas amostras de solo anomalias principalmente nas regiões do Quadrilátero Ferrífero e de Vazante a Paracatu, onde ocorre o valor mais elevado de 124 ppm. Cerca de 10% da área da bacia apresenta valores mais elevados

que o patamar considerado como VRQ pela FEAM-MG, de 8 ppm. O mapa de As no sedimento reflete fortemente as mesmas zonas, com valores de 1800 ppm em Paracatu e 300 no Quadrilátero Ferrífero, e apresenta quatro distintos focos ao longo da calha do rio São Francisco, aparentemente desconexos com os valores ao redor e com a geologia do Grupo Bambuí.

As amostras de água de superfície acompanham as curvas de solo e sedimento, ocorrendo grande área com concentrações de até 0,135 mg/L em Paracatu e de 0,127 mg/L no Quadrilátero Ferrífero, próximo a Raposos, sendo este último um valor pontual. Apenas a água de abastecimento público de Várzea da Palma, vinda do Rio das Velhas, apresentou concentração de As acima do permitido pela legislação.

Au – Ouro

O ouro é um metal de transição, de cor amarela, denso e brilhante, é o mais maleável e mais dúctil de todos os metais. Pela sua bela cor amarela, por ser inalterado e pela sua raridade o credenciaram como metal nobre por excelência, com isso o mesmo tem seu preço cotado diariamente. Ocorre como ouro nativo e em teluretos (krennerita, calaverita e silvanita) e pirita. É usado principalmente na confecção de joias, circuitos eletrônicos, padrão de conversão de moedas, utilizado no tratamento de câncer, revestimento de satélites espaciais (bom refletor de radiação infravermelha) e processos fotográficos (ácido cloroáurico). Não apresenta função biológica conhecida, e não é bem absorvido pelo corpo humano, mas seus compostos não são tóxicos (Mineropar, 2005). No Brasil existem vários depósitos em MG, GO, BA, MT e PA.

O elemento Ouro ocorreu em apenas 5 amostras de solo e 31 de sedimento em concentrações acima do limite de detecção do método utilizado, que não é o método ideal para dosar Au. As amostras de solo apresentaram 5 valores de 0,20 ppm. Já as de sedimento apresentaram 8 focos, sendo os maiores no Quadrilátero Ferrífero, em Rio Acima e em Paracatu. Outros 6 focos ocorreram no interflúvio do rio das Velhas e entre o São Francisco e o Paracatu. Estas ocorrências, no entanto, devem ser vistas apenas como uma tendência necessitando de cheque em campo.

Não foram efetuadas análises nas águas para o elemento.

B – Boro

O boro é considerado um não metal, sendo um péssimo condutor de eletricidade. É um elemento

químico muito leve, 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, como a turmalina, a kernita e o bórax. É usado na pirotecnia (cor verde), utilizações nobres na parte pesquisa nuclear e estruturas aeroespaciais, em inseticidas, esmaltes, vidros, fertilizantes, sabões e detergentes. É elemento nutriente para as plantas, sendo sua falta ou excesso prejudicial à sua saúde. Pode ser tóxico principalmente se inalado. Comumente encontrado como efluente onde há utilização de detergentes. O Brasil não possui depósitos significativos de boro.

O elemento Boro apresentou apenas 2 valores acima do limite de detecção para amostras de solo de 17 e 28 ppm, ambos acima do padrão de VRQ da FEAM-MG, no norte da bacia, em Campo Azul e Catuti. Apenas 7 amostras de sedimento apresentaram valores acima do limite de detecção para o Boro. O valor próximo a Campo Azul se repetiu, e no extremo norte da bacia, próximo a Espinosa, ocorreram outros 5. O maior valor, de 35 ppm, ocorreu no sul da bacia, nas cabeceiras do Rio das Velhas, próximo a Conselheiro Lafaiete.

As amostras de água de superfície detectaram Boro em 66 casos, todos abaixo dos limites legais permitidos. Os maiores valores ocorreram no rio São Francisco, abaixo da represa de Três Marias e próximo à foz do Urucuia, no Ribeirão dos Tiros, Abaeté e Paraopeba e nas cabeceiras do Urucuia, Verde Grande e Jequitaiá. Todas as amostras de abastecimento público encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

Ba – Bário

O bário é um metal alcalino-terroso de coloração branco-prateada, de altíssima densidade e alto ponto de fusão. Não é encontrado livre na natureza, mas quando puro é altamente oxidável e em contato com o ar apresenta aspecto fluorescente. Seus principais minerais são a barita (BaSO₄) e witherita (BaCO₃). Elemento básico para a fabricação de fluidos de perfuração de poços profundos, de vidros e pigmentos, borracha e papel. Ele não apresenta função biológica conhecida, os compostos insolúveis não são tóxicos, mas quando dissolvido ionicamente na água, é altamente tóxico. As maiores reservas de barita no Brasil estão na Bahia (Aramari e Camamu), Minas Gerais e São Paulo.

O elemento bário apresenta os maiores teores em solo nas proximidades de Abaeté (300 ppm), Santana do Riacho (746 ppm), Brasília de Minas (286 ppm) e Espinosa (226 ppm), todos muito acima do VRQ-FEAM-MG de 93 ppm. Estes pontos não são refletidos pelos sedimentos, que apresentam uma extensa área com teores bastante elevados, de até 1230 ppm, na região de São Gotardo a Arapuá no bordo sudoeste da bacia. Outros pequenos focos ocorrem próximo a Lontra, Itacarambi, Jaíba e Montes Claros.

As amostras de água de superfície apresentam maiores concentrações nas bacias dos rios Jequitaiá / Verde Grande e Tiros / Abaeté, e uma ocorrência mais frequente em todos os bordos da bacia. Não ocorrem valores acima do permitido pela legislação. As águas de abastecimento apresentam valores mais elevados na porção nordeste da bacia, com um valor acima do máximo permitido pela legislação em São João da Lagoa, com 1,27 mg/L.

Be – Berílio

O berílio é um metal alcalino-terroso, de coloração cinza-prateada, macio, pouco reativo, de alta condutividade térmica e elétrica, alto ponto de fusão e boa elasticidade. Durante o intemperismo permanece nos resíduos minerais mais resistentes. Em solo se acumula nos horizontes mais ricos em substâncias orgânicas (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Quanto à sua natureza geoquímica, assemelha-se ao alumínio, tendo como principais minerais o berílio $[\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6]$, a bertrandita $[\text{4BeO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$, o crisoberilo $(\text{BeAl}_2\text{O}_4)$ e fenacita $(\text{Be}_2\text{SiO}_4)$. As variedades transparentes do berílio, esmeralda (verde) e azul (água-marinha) são muito apreciadas como gemas. Possui algumas outras aplicações nobres na fabricação de molas especiais e em reatores nucleares. O pó do mineral é danoso aos pulmões e seus sais são muito tóxicos. As principais jazidas de berílio ocorrem em regiões pegmatíticas de Minas Gerais, Goiás, Bahia e Ceará.

O elemento berílio apresenta concentrações acima do limite para solos do NOAA SQRT de 1,1 ppm em diversos pontos, sendo o maior valor de 3,70 ppm na cabeceira do rio das Velhas em Jeceaba. De um modo geral, ocorrem valores mais elevados de berílio nos bordos da bacia e, a partir do médio curso do São Francisco, apenas na margem direita, praticamente inexistindo na margem esquerda, até Itacarambi onde o elemento volta a ocorrer. Os resultados de sedimento acompanham aproximadamente a mesma geometria, encontrando-se valores mais elevados ao

longo da cabeceira do São Francisco, entre Paracatu e João Pinheiro e nos rios Carinhanha e Verde Grande.

Nenhuma das amostras de água acusou a presença do elemento berílio.

Bi – Bismuto

O bismuto é um metal de coloração prata-esbranquiçada, quebradiço e pouco abundante na crosta terrestre. Apresenta baixa condutibilidade elétrica e térmica, sendo o mais diamagnético de todos os metais. Apresenta isótopos levemente radioativos e é encontrado livre na natureza, mas sua forma mais comum é a bismutinita (Bi_2S_3) , bismita (Bi_2O_3) e bismutita $[(\text{BiO})_2\text{CO}_3]$. É usado na indústria farmacêutica, de cosméticos, em ímãs e soldas. Não possui função biológica conhecida e é o menos tóxico metal pesado. As principais jazidas de bismuto do Brasil são apenas pequenas ocorrências em Minas Gerais e no Rio Grande do Norte, onde ele é extraído como subproduto.

O elemento bismuto mostra valores bastante elevados praticamente ao longo de toda a bacia, com exceção do interflúvio dos rios São Francisco e Paracatu e a margem esquerda do São Francisco no extremo norte, do rio Urucuia até o rio Peruaçu. Concentrações de até 2,18 ppm ocorrem principalmente ao longo do alto curso do São Francisco, no extremo sul da bacia, próximo às suas nascentes, na região de Tiros, Paracatu e João Pinheiro, na cabeceira do Paraopeba, no interflúvio entre o São Francisco e o rio das Velhas na altura da represa de Três Marias, na foz do Urucuia, no interflúvio entre os rios Peruaçu, Carinhanha e São Francisco, no extremo norte, e numa faixa ligando a cabeceira do rio Verde Grande a cidade de Itacarambi. Os valores elevados das amostras de sedimento encontram-se mais concentrados na cabeceira do São Francisco e Paraopeba, em Paracatu, em Buritis e na cabeceira do Verde Grande, além de um foco isolado na cidade de Riacho dos Machados.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

Brometo

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 cloro e, sendo assim, o Br pode substituí-lo na estrutura dos minerais. Nunca é encontrado livre na natureza, sempre sob a forma de sais. Está presente na água do mar e nos evaporitos. Sua principal utilização é como brometo de etileno utilizado em combustíveis

para evitar a acumulação de chumbo, sendo também usado como corante, agente branqueador e purificador de águas. Os brometos de terras-raras encontram aplicação na indústria farmacêutica e fotográfica. O metilbrometo é usado como inseticida. O Br não possui função biológica essencial em mamíferos mas participa do metabolismo de algas marinhas. Metilbrometo pode causar danos à saúde humana. O Brasil não produz bromo, tendo que importar para suprir suas necessidades internas.

O ânion brometo foi detectado em 25% das amostras de água de superfície coletadas, apresentando valor máximo de 1,62 mg/L. Todos os valores mais elevados encontram-se distribuídos na porção norte da bacia, principalmente na margem direita e ao longo do rio Verde Grande. Em mais de 38% das amostras de água de abastecimento coletadas o ânion brometo foi detectado em valor máximo de 90,9 mg/L, na cidade de Miravânia, mas ainda assim abaixo do limite máximo permitido pela legislação de 250 mg/L. A maior presença de concentrações mais elevadas também ocorre na porção norte da bacia.

Ca – Cálcio

O cálcio é um metal alcalino-terroso, calcófilo, branco-prateado, de baixa dureza, altamente reativo quando em contato com o ar e a água, não sendo encontrado na forma elementar. É o quinto metal mais abundante na crosta terrestre. Na natureza o cálcio é encontrado como parte integrante dos minerais constituintes das rochas, formando um grande número de silicatos, carbonatos e fosfatos, sendo os plagioclásios os principais hospedeiros do Ca (Mineropar, 2005). O Ca dissolvido é cristalizado nos sedimentos ou precipitado de soluções por organismos, formando aragonita (CaCO_3) e calcita (CaCO_3), ou dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] e fosfatos, principalmente apatita [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{OH},\text{Cl})$]. Em evaporitos, o cálcio também é precipitado como gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), O elemento possui ampla utilização em vários setores da indústria, fábricas, construção e agricultura. É o elemento mais abundante em nosso corpo e um nutriente essencial para todos os seres vivos. As principais jazidas de calcário do Brasil são em Minas Gerais, ocorrendo minas em praticamente em todos os estados.

O elemento cálcio apresenta um padrão bem distinto e diretamente relacionado à ocorrência de rochas calcárias do Grupo Bambuí, apresentando uma faixa que se inicia na cabeceira do rio São Francisco,

passando por Pains até Belo Horizonte, alargando-se de Corinto até Sete Lagoas englobando todo o reservatório da represa de Três Marias. Esta faixa contorna o Quadrilátero Ferrífero e segue até as cabeceiras dos rios das Velhas e Paraopeba. No extremo norte da bacia, as ocorrências de teores elevados de cálcio começam nas cabeceiras do rio Verde Grande, passando pelo interflúvio do rio Jequitaí até Itacarambi e Montalvânia, já na margem esquerda do São Francisco. Outra região que apresenta concentrações elevadas de cálcio se inicia na margem oeste da bacia, sobre a Faixa Brasília, até Unai e depois acompanhando o bordo da bacia e passando por Buritis e terminando em Chapada Gaúcha. O mapa de sedimento apresenta uma grande concentração de teores muito elevados, com máximo de 20% nas bacias dos rios Jequitaí e Verde Grande, acompanhando as ocorrências de calcário na margem esquerda do São Francisco de Peruaçu até Montalvânia. Outros núcleos localizados de altas concentrações ocorrem em Pains, São Sebastião do Oeste, Belo Horizonte e Sete Lagoas, Corinto, Paracatu, Unai e Uruçuaia.

As amostras de água de superfície apresentaram concentrações de até 549 mg/L de Ca, todas localizadas ao redor de Pains, acompanhando a cabeceira do São Francisco até a represa de Três Marias, bem como os rios Pará e Paraopeba, de seu médio curso até a represa. As águas de abastecimento, principalmente as que tem como fonte poços profundos, apresentam teores elevados de cálcio de até 243 mg/L, acompanhando as faixas definidas pelos solos e sedimentos.

Cd – Cádmio

O cádmio é um metal de transição, com coloração branco-prateada a azulada, maleável, dúctil, e em pó queima na presença do ar. O Cd possui propriedades químicas semelhantes ao Zn e entra facilmente em solução durante os processos intempéricos. O cádmio ocorre associado com minerais de Zn (esfalerita – ZnS) e mais raramente como grenockita (CdS). Seu principal uso é o de baterias recarregáveis, ligas de solda, tubos de imagem de TV, metalurgia e como pigmento. É bastante tóxico quando inalado e dificilmente é expelido pelos seres vivos acumulando-se nos organismos. A toxicidade é menor quando ingerido ou em contato com a pele. A maior parte do cádmio é recuperada como subproduto de minas de zinco, cobre ou chumbo.

O elemento cádmio ocorre nas amostras de solo quase exclusivamente na porção sul da bacia, entre

as cabeceiras do São Francisco, Pará e Paraopeba, em extensiva faixa desde Pains até Corinto e em dois locais mais restritos nos municípios de Buritizeiro e Paracatu. Os teores encontrados de até 0,98 ppm encontram-se bem acima do recomendado pelo VRQ da FEAM-MG, de 0,04 ppm. Os valores de sedimento não são coincidentes com os de solo, e ocorrem basicamente nas cabeceiras dos rios das Velhas, Paracatu e Urucuia e no rio São Francisco, entre a foz do rio Paracatu até o rio Urucuia e nas proximidades da foz do Peruçu. Nos sedimentos ocorrem valores de até 6,77 ppm, muito acima dos 0,600 ppm do valor de atenção da legislação.

As amostras de água de superfície detectaram o elemento cádmio em 56 casos, sendo que em 05 os valores excederam os limites legais, ocorrendo em concentrações de até 0,020 mg/L, principalmente no rio dos Tiros, na região de São Gotardo e Morada Nova de Minas, a montante da represa de Três Marias. Os demais locais onde o elemento foi detectado foram no extremo nordeste da bacia, próximo a Espinosa e na cabeceira do Verde Grande, no extremo sul, perto das cabeceiras dos rios das Velhas e Paraopeba e no rio Paracatu. Apenas o valor de água de abastecimento de São João da Lagoa, 0,002 mg/L ficou acima dos limites da legislação para o elemento Cádmio.

Ce – Cério

O cério é um metal de transição pertencente à série dos Lantanídeos (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb e Lu) ou elementos de terras-raras (ETR), tendo coloração cinza levemente prateada, maleável, dúctil e resistente, bem reativo quando exposto ao ar úmido. O cério é o mais abundante dos ETR sendo encontrado principalmente na monazita, cerita e allanita. Seu principal uso é na formação de ligas metálicas, em superímãs, catalisadores, na indústria do vidro, polimento ótico e como sedativo. Não apresenta papel biológico conhecido, sendo usado em alguns remédios. Pode ser tóxico e as principais jazidas no Brasil se encontram em Poços de Caldas (MG) e Guarapari (ES).

O elemento cério em solo apresenta os maiores valores pontualmente distribuídos nas cabeceiras do rio Pará, no interflúvio do São Francisco com o Pará, próximo a Jequitai e Espinosa. O valor máximo encontrado foi de 305 ppm. As amostras de sedimento apresentaram-se mais distribuídas que as de solo, principalmente na porção sul-sudoeste da bacia, no curso do rio Pará e cabeceiras do São Francisco e

Tiros, além de Paracatu e na região de Gouveia. Os teores em sedimento alcançaram 519 ppm.

As amostras de água não foram analisadas para o elemento cério.

Cloreto

O cloro apresenta-se sob a forma de cloretos, clo-ratos, 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, combinado com outros elementos e minerais como a silvinita, ou na carnallita. Nas águas superficiais estão presentes como cloretos de cálcio, sódio e magnésio. É componente na fabricação de plásticos, solventes, agrotóxicos, tratamento de água e em vários produtos químicos. O íon está presente nos fluidos dos corpos dos animais superiores, sendo o principal fator na regulação da pressão osmótica e manutenção do pH. Está presente em diversos efluentes industriais. O cloro pode reagir com substâncias orgânicas e exercer efeitos nocivos em tecidos do trato respiratório e irritação dos olhos.

O ânion cloreto foi detectado em todas as amostras de água de superfície coletadas, com valor máximo obtido de 7,56 mg/L na bacia do rio Verde Grande, acima do limite legal máximo permitido de 460 mg/L. A maior parte dos altos valores ocorre no médio curso dos rios das Velhas, Paraopeba, Pará, Alto São Francisco e cabeceiras do Paracatu e Urucuia. O restante encontra na porção norte da bacia. O ânion cloreto também foi detectado em todas as amostras de água de abastecimento coletadas, obtendo valor máximo de 460 mg/L no poço que abastece a cidade de Pai Pedro. Os maiores valores também são encontrados na bacia do rio Verde Grande.

Co – Cobalto

O cobalto é um metal duro, quebradiço, possui afinidade calcófila e parte siderófila, que ocorre principalmente como siegenita (NiCo)₄S₄, cobaltita (CoAsS), esmaltita (CoNiFe)As₂ e pirrotita [Fe(CoNi)S]. É usado para confecção de ligas de Ni-Cr-Co-Mo para a indústria aeroespacial, aço inoxidável (Co-Cr-Fe), utilizado no aumento da resistência de aço para ferramentas, usos químicos, cerâmicos e ligas resistentes à corrosão. O radioisótopo ⁶⁰Co é usado como fonte de radiação gama em radioterapia, esterilização de alimentos (pasteurização fria). O Co é um nutriente essencial, necessário à formação da vitamina B12, mas em elevadas

concentrações é tóxico e carcinogênico, podendo resultar em danos nos pulmões, coração e formação de dermatites. No Brasil, os principais depósitos se encontram em Niquelândia e Americana do Brasil – GO.

O elemento cobalto foi encontrado em 92 amostras de solo com teores acima do limite legal do VRQ da FEAM-MG, de 6 ppm, em concentrações de até 51,6 ppm. Sua distribuição é pontual mas preferencialmente nos bordos da bacia. Apenas na região de Montes Claros e Montalvânia que as áreas com ocorrências de valores altos de cobalto são maiores e contínuas. Os valores de sedimento ocorrem em teores de até 105 ppm preferencialmente na região de São Gotardo, acompanhando a Faixa Brasília, nas cabeceiras do São Francisco, Paraopeba e rio das Velhas, nos arredores de Montes Claros e Riacho dos Machados.

As amostras de água de superfície mostram uma distribuição com possível contribuição tanto antropogênica quanto geogênica. A maioria das amostras com presença do elemento cobalto encontra-se no extremo norte da Bacia acima dos rios Urucua e Jequitaiá. No entanto, os valores mais elevados estão próximos a Belo Horizonte e Paracatu, ocorrendo de forma isolada mas sem atingir o máximo permitido pela legislação. Apenas duas amostras de água de abastecimento detectaram a presença do elemento cobalto, em Maravilhas e em Lagoa dos Patos, sendo que neste último em valores acima do permitido pela legislação.

Condutividade

O parâmetro físico-químico da Condutividade Elétrica (CE) representa a maior ou menor facilidade das águas ou de qualquer líquido, em conduzir a corrente elétrica. Assim, está diretamente associada com a quantidade de sólidos totais dissolvidos sob a forma de íons.

A CE das amostras e água de superfície obteve valor médio de 125,04 $\mu\text{S}/\text{cm}$, variando de 1,89 a 1731 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo que em 555 amostras a medida ficou acima do valor de referência de qualidade de água de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A maior parte destes valores encontra-se na porção norte da bacia e na faixa oeste entre Lagamar e Unaí, sobre a Faixa Brasília, além de concentrações ao longo do rio das Velhas, e núcleos em Congonhas, Contagem e Pains. A CE nas amostras de abastecimento obteve um valor médio de 137,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, variando de 1,03 até 1039 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em Pai Pedro, sendo que 82 amostras apresentaram valores acima do patamar legal de referência de qualidade de água de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Cr – Cromo

O cromo é um metal de cor cinza, duro, quebradiço, que apresenta pouca atração magnética; e que se apresenta mais comumente como cromita (FeCr_2O_4). É usado na fabricação de aço inoxidável (Fe-C-Cr) e ferro-ligas, na indústria química, na produção de pigmentos para tinta, e de refratários. É um micronutriente essencial aos seres humanos - funciona aumentando a tolerância à glicose no sangue, o que potencializa ação da insulina (Mineropar, 2005). Se inalado, o Cr+6 pode causar irritações nasais e sangramentos. Se ingerido, ocorrem problemas estomacais, úlceras, convulsões e danos nos rins e fígado, e por contato dermal, provoca ulcerações na pele. No Brasil, o cromo é encontrado principalmente nos estados da Bahia (distritos cromíferos de Campo Formoso e do Vale do Jacurici), Amapá (Mazagão) e Minas Gerais (Alvorada de Minas).

O elemento cromo ocorre de forma intensa no extremo sul da bacia, nas cabeceiras dos rios das Velhas, Paraopeba, Pará e São Francisco, Abaeté, Tiros e nas proximidades da cidade de Riacho dos Machados, em valores de até 2167ppm, definindo extensa faixa com concentrações muito acima do valor máximo permitido pela legislação de 75 ppm para solos. As amostras de sedimento apresentam resultados mais abrangentes que as de solo, exibindo um padrão onde quase 1/3 da bacia possui teores de sedimento acima dos padrões máximos permitidos definidos pela legislação. Grandes extensões da bacia do rio das Velhas e médias bacias do Paraopeba e Pará, cabeceira do São Francisco e toda a bacia do Abaeté, desde a Serra da Saudade, mostram grande continuidade de teores do elemento cromo. Ocorrências mais localizadas próximas a Montes Claros e Riacho dos Machados são visíveis no mapa das curvas de tendência do elemento para os sedimentos. Aparentemente, esta grande extensão areal pode não estar condicionada apenas a fatores geogênicos mas também a fatores antropogênicos.

Os resultados de água de superfície mostram a presença do elemento cromo em 372 amostras, mas apenas uma com valor acima do limite máximo permitido pela legislação. No entanto, o padrão das amostras de água com presença de Cr não são coincidentes com os sedimentos. Das 210 amostras de água de abastecimento coletadas na bacia, 67 detectaram a presença do elemento mas em nenhuma em níveis acima do máximo permitido pela legislação.

Cs – Césio

O césio é um metal alcalino de coloração ouro-prateada, dúctil, macio e apresenta baixo ponto de fusão. Tal como o mercúrio (Hg) e o gálio (Ga), encontra-se em estado líquido a temperaturas próximas da ambiente, mas não é encontrado livre na natureza. É o mais eletropositivo dos elementos alcalinos e reage explosivamente na presença de água fria. Ocorre na zeólita polucita [(Cs,Na)2Al2Si4O12.H2O] e na mica lepidolita [KCsLi2Al(Al,Si)3O10(F,OH)2]. É usado como catalisador na indústria química, relógio atômico e células fotoelétricas. Utiliza-se seu isótopo radioativo no tratamento do câncer. Não apresenta função biológica conhecida, mas devido a sua similaridade química com o K, pode substituí-lo no corpo humano, bem como pode danificar as células se expostas a grandes quantidades de Cs radioativo (ATSDR, 1999). No Brasil não há registro de mineral com Cs em exploração, sendo algumas ocorrências do filosilicato lepidolita relacionadas a rochas pegmatíticas e quartzitos (RN e PB).

O elemento césio mostra um padrão de anomalias pontuais nas amostras de solo, com apenas três regiões mais extensas no interflúvio do rio das Velhas com o Paraopeba, na Faixa Brasília a oeste de Vazante e na cabeceira do rio Jequitaiá, exibindo valores de até 9,12 ppm. As amostras de sedimento apresentam um padrão diferente das de solo, com os mais altos teores ocorrendo em uma faixa com direção NE, a sudeste da represa de Três Marias, e nas proximidades de Paracatu, Unaí e Riacho dos Machados, com teores de até 6,48 ppm.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

Cu – Cobre

O cobre (do latim – *cuprum*) é um metal de transição, de cor avermelhada, alta condutividade térmica e elétrica, maleável e dúctil. Assim como o Ni, Zn e Pb, possui forte afinidade com o enxofre, formando minerais sulfetados sob condições redutoras. Nos processos supergênicos, em condições oxidantes, forma hidróxidos e carbonatos. Tem como principais minerais a calcopirita (CuFeS₂), calcocita (Cu₂S), bornita (Cu₅FeS₄), cuprita (Cu₂O), tetraedrita (Cu₃SbS₃), malaquita [Cu₂CO₃(OH)], azurita [Cu₃(CO₃)₂(OH)₂] e o cobre nativo. É importante para a fotossíntese vegetal e essencial para a boa saúde humana, mas em excesso e exposições prolongadas pode causar irritações nas vias respiratórias, vertigem, náuseas

e diarreias. O cobre é indispensável à vida em geral, participando no organismo humano do processo de fixação do ferro na hemoglobina do sangue (Koljonen *et al.*, 1992; Mineropar, 2005). Os principais depósitos no Brasil se encontram em Carajás, no Pará, na Bahia e em Goiás (Biondi, 2003).

O elemento cobre nas amostras de solo ocorre preferencialmente nos bordos da bacia exibindo anomalias pontuais com valores acima dos permitidos pela legislação. A região mais extensamente coberta por valores mais altos encontra-se na cabeceira do rio das Velhas. Ocorrem valores de até 114 ppm. Nos sedimentos, os maiores valores ocorrem no bordo norte do Quadrilátero Ferrífero, de Belo Horizonte até Caeté e nas cabeceiras do rio São Lamberto em Claro dos Poções, com valores de até 668 ppm.

Cerca de 40% das amostras de água de superfície mostram a presença do elemento cobre, principalmente na margem esquerda do rio São Francisco, a partir do rio Paracatu e no bloco nordeste na bacia do rio Verde Grande. Apesar de apresentarem valores acima do permitido pela resolução CONAMA357 de 2005, de 0,009 mg/L, nenhuma alcançou o patamar das demais legislações (CONAMA 296 e MS 2914), de 2 mg/L, sendo o maior teor encontrado de 0,678 mg/L. As amostras de água de abastecimento também apresentam em cerca de 40% da população a presença do elemento cobre, também na margem esquerda do rio São Francisco e na bacia do Verde Grande. No entanto, nenhum teor acima do máximo permitido pela legislação foi detectado.

F – Flúor e fluoreto

O flúor é um halogênio abundante na crosta terrestre, sendo o elemento mais eletronegativo e reativo de todos na tabela periódica. É um elemento químico gasoso, não metálico, de cor amarelo-esverdeada e cheiro penetrante. Está presente no meio ambiente sob a forma de fluoretos, que podem ser encontrados em pequenas quantidades na água, ar, plantas e animais. O F também pode ser encontrado em águas naturais provenientes de efluentes industriais (indústrias de vidro, de polímeros e de fios condutores de eletricidade). Seus principais minerais são a fluorita, a criolita e a fluorapatita. É usado na indústria metalúrgica na fabricação do aço, nas indústrias química e cerâmica sob a forma de ácido fluorídrico e flúor elementar, em cremes dentais para a proteção da cárie e em outros medicamentos. A adição de

fluoretos à água potável é 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. As reservas brasileiras de fluorita localizam-se nos estados de Santa Catarina (58%), Paraná (29%) e Rio de Janeiro (13%).

O elemento flúor foi analisado para solo apenas na porção norte da bacia do São Francisco, abrangendo as sub-bacias do Verde Grande, Jequitaiá, Uruçua e Carinhanha, devido às ocorrências de fluorose já conhecidas. Para sedimento foram analisadas apenas as amostras das bacias do Verde Grande e Jequitaiá. O mapa de solo mostra uma discrepância flagrante dos teores, ocorrendo valores muito mais elevados na margem direita do São Francisco do que na margem esquerda. As anomalias em solo apresentam-se na cabeceira e ao longo do médio curso do Verde Grande, chegando às margens do São Francisco. O mapa de sedimento corrobora o mapa de solo, ocorrendo ainda altos teores de até 1076 ppm próximo a cidade de São Francisco.

O ânion fluoreto foi analisado em todas as amostras de água coletadas e foi detectada a sua presença em todas elas. Os maiores valores ocorrem na margem direita do São Francisco em sua porção nordeste, com valores de até 7,56 mg/L, muito acima do permitido pela legislação que é 1,5 mg/L. Também ocorrem valores anômalos nas proximidades da zona metropolitana de Belo Horizonte, próximo a Pains, Vazante, Paracatu e Miravânia. Já para as águas de abastecimento o elemento Flúor foi detectado em 90% das amostras sendo obtidos valores de até 1,36 mg/L, também acima do permitido pela legislação.

Fe – Ferro

O ferro é um metal de transição com coloração branco-prateada, magnético, altamente suscetível à corrosão, bom condutor de calor e eletricidade, dúctil e maleável. É um dos maiores constituintes da litosfera e nas rochas está presente nas classes dos silicatos, óxidos, sulfetos e carbonatos, sendo encontrado em maiores quantidades nas rochas ígneas máficas (Mineropar, 2005). Seus principais minerais

são a hematita (Fe₂O₃), magnetita (Fe₃O₄), siderita (FeCO₃), limonita (Fe₂O₃.nH₂O), ilmenita (FeTiO₃), pirrita (FeS₂), pirrotita (FeS) e outros. A principal de suas inúmeras utilidades é a manufatura de aço e outras ligas decorrentes de sua mistura com outros elementos na siderurgia. É essencial para os processos fisiológicos de todos os seres vivos. Tem papel fundamental no metabolismo de algumas enzimas, e como componente da hemoglobina, cuja deficiência conduz à anemia (Koljonen *et al.* 1992). No Brasil ocorrem os grandes depósitos de Carajás no Pará, Minas Gerais (Quadrilátero Ferrífero) e Mato Grosso do Sul.

O elemento ferro apresenta-se nas amostras de solo com mais de 70% do território da bacia com valores acima do TEL do NOAA SQRT. A FEAM-MG não estabeleceu limites de VRQ para o ferro em solos. Toda a região do Quadrilátero Ferrífero apresentou amostras com concentrações acima de 20%, limite máximo de detecção do método utilizado. As áreas de ocorrência estão dispostas nos bordos da bacia, principalmente em toda a sua porção Sul, sobre a Faixa Brasília e bordejando a Serra do Espinhaço. O mapa das amostras de sedimento delinea perfeitamente o Quadrilátero Ferrífero, e uma região associada ao Grupo Mata da Corda, a oeste de Tiros, ambos com valores acima de 20%. Regiões anômalas ocorrem a oeste da represa de Três Marias, no rio Formoso, bem como em regiões sobre a Faixa Brasília e na cabeceira do rio Verde Grande.

Nas águas de superfície o cátion ferro foi detectado em quase 90% da população, com valores de até 8,39 mg/L, muito acima do limite máximo permitido pela legislação de 0,3 mg/L. Apenas regiões restritas aos interflúvios do Carinhanha e São Francisco, Uruçua e Preto, Paracatu e São Francisco, Jequitaiá e Velhas e cabeceira do São Francisco apresentam valores mais baixos de ferro. O cátion foi detectado em 75% das amostras de água de abastecimento, com valor máximo de 4,31 mg/L em Glaucilândia.

Fosfato e P – Fósforo

O fósforo (do latim – *phosphorus*) é um elemento não metálico, semitransparente, fosforescente no escuro e que pega fogo espontaneamente quando exposto ao ar. O fósforo não é encontrado livre na natureza, mas ocorre largamente em muitos minerais na forma de fosfatos associados com o cálcio. Quando puro, é incolor, transparente e insolúvel em água. Os principais minerais são a apatita [Ca₅(PO₄)₃(F,Cl,OH)], monazita [(Ce, La, Nd, Th).(PO₄,SiO₄)] e xenotímio

(YPO₄). Também é extraído de fosforitos, rochas sedimentares de origem marinha com alto teor de minerais fosfatados. O P é usado principalmente em fosfatos solúveis na indústria de fertilizantes, em ração animal e na indústria química (vidros especiais, tipos de aços contra corrosão, em tubulações e caldeiras) (Mineropar, 2005). É um componente essencial para a vida (constituente do RNA e DNA), e o fosfato de cálcio é o principal composto formador de ossos e dentes: hidroxiapatita [Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂] e fluorapatita [Ca₅(PO₄)₃F], respectivamente. Compõe o tecido nervoso e do protoplasma celular dos animais. Por outro lado, o P na sua forma elementar é altamente tóxico (Lopes Jr., 2007). No Brasil as principais jazidas estão em Tapira, Patos de Minas e Araxá-MG, Catalão-GO e Cajati-SP (DNPM, 2009).

O elemento fósforo ocorre de forma homogênea nas amostras de solo sendo detectado em quase 75% da população com teores de até 1277 ppm. As regiões anômalas concentram-se nos bordos sudeste, sudoeste, a oeste de Três Marias, na Faixa Brasília e no bordo nordeste da bacia, acompanhando o alto curso do rio Verde Grande e a Serra do Espinhaço. As amostras de sedimento mostram uma migração das regiões anômalas para o médio curso dos rios das Velhas, Paraopeba e alto São Francisco com concentrações de até 3753 ppm. Apresentam grande anomalia na cabeceira do rio Abaeté, em Arapuá e sobre todo o alto curso do rio Verde Grande, com grande anomalia a norte de Montes Claros.

O ânion fosfato ocorre de forma bastante concentrada em 35% das amostras de água de superfície, nas proximidades da região metropolitana de Belo Horizonte, ao redor de Montes Claros e ao longo dos rios Verde Grande e Jequitaiá. Algumas amostras na margem esquerda mostram também a presença do ânion fosfato. Ocorrem valores em águas de superfície de até 9,7 mg/L. Cerca de 70% das amostras de água de abastecimento mostraram a presença do ânion fosfato, com teores de até 51,22 mg/L. A porção sul da bacia é onde são encontrados os maiores teores de fosfato nas águas de abastecimento.

Ga – Gálio

O gálio é um metal de coloração prateada brilhante (estado sólido) a acinzentada (fundido), possui ponto de fusão baixíssimo, ou seja, é um metal que pode ser líquido a temperatura ambiente, tem baixa solubilidade, em estado puro é pouco atacado por ácidos e apresenta-se como supercondutor a temperaturas

em torno de -272°C. Não é encontrado livre na natureza nem forma minerais próprios, ocorrendo em pequenas concentrações associado a minérios de outros metais como diásporo [AlO(OH)], blenda/esfalerita (ZnS) e bauxita (mistura de óxidos/hidróxidos de Al). É empregado na indústria de semicondutores na fabricação de diodos, LEDs, transistores, sensores de temperatura, luz e campos magnéticos. Ainda não foi identificada função biológica no organismo humano e seus compostos não são considerados tóxicos (Mineropar, 2005). No Brasil não há jazidas ou ocorrências registradas, nem extração como subproduto.

O elemento gálio foi detectado em todas as amostras de solo, apresentando valor máximo de 51 ppm. Suas anomalias são pontuais e isoladas, encontrando-se todas nos bordos da bacia. O elemento também foi detectado em todas as amostras de sedimento obtendo um valor máximo de 21,9 ppm. As anomalias de sedimento são também isoladas, ocorrendo na cabeceira do rio Pará, ao longo do alto curso do São Francisco, na porção oeste da represa de Três Marias e em Paracatu.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

Ge – Germânio

O germânio é um semimetal sólido, duro, cristalino, de coloração branco-acinzentada de ocorrência muito rara. Apresenta a mesma estrutura cristalina do diamante e resiste à ação dos ácidos e álcalis. Os seus principais minerais são argirodita (4Ag₂S.GeS₂), germanita (7CuS.FeS.GeS₂), canfieldita (4Ag₂S.(Sn, Ge)S₂) e renierita ((Cu, Ge, Fe, Zn, As)S). É usado em ligas com o berílio ou cobre, e, como óxido na indústria de vidros e joias. Alguns compostos de germânio (tetracloro de germânio) apresentam certa toxicidade nos mamíferos, porém são letais para algumas bactérias. Não existem ocorrências ou exploração do elemento no Brasil.

O elemento germânio foi detectado em 60% das amostras de solo, exibindo um valor máximo de 1 ppm a sul de Belo Horizonte. Seu padrão de distribuição é interessante porque a grande maioria das amostras com presença de germânio encontra-se na porção nordeste, nas bacias dos rios Verde Grande e Jequitaiá. Já nas amostras de sedimento, o elemento foi detectado em apenas 36% da população, exibindo valor máximo de 0,7 ppm mas com distribuição preferencial na porção sul da bacia, principalmente no sudoeste entre Bambuí e Moema.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

Hf – Háfnio

O háfnio é um metal dúctil, prateado, brilhante e resistente à corrosão. Tem propriedades cristaloquímicas semelhantes às do zircônio e por isso tais elementos são encontrados sempre juntos na natureza. As fontes que contêm háfnio coincidem com os minerais de zircônio: baddeleyita (ZrO₂) e zircão (ZrSiO₄) (Mineropar, 2005). É usado em barras de controles de reatores nucleares; na produção de transistores e microprocessadores (em substituição ao óxido de silício). Como carboneto, nitreto e boreto, forma compostos com ponto de fusão dos mais elevados conhecidos até o momento (3.000°C- 4.000°C). O háfnio não apresenta papel biológico conhecido e seus compostos não são considerados tóxicos, apesar de se fazer necessário o manuseio com cautela (Mineropar, 2005). No Brasil o háfnio é extraído como subproduto do óxido de zircônio, principalmente associado à baddeleyita (ZrO₂), nas minas de Jacupiranga-SP e Poços de Caldas-MG.

O elemento háfnio mostra anomalias pontuais nas amostras de solo na porção noroeste da bacia, entre Buritis e Formoso, no interflúvio entre os rios Paracatu e São Francisco em Buritizeiro e no oeste da represa de Três Marias, com valores de até 2,18 ppm. Já para as amostras de sedimento os maiores teores ocorrem principalmente na parte sul da bacia, nos médios cursos dos rios Pará, Paraopeba e das Velhas e, principalmente no Abaeté e Ribeirão dos Tiros, a oeste da represa de Três Marias – a anomalia mais extensa, com valores de até 2,74 ppm.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

Hg – Mercúrio

O mercúrio (do latim – hydrargyrum) é um metal de transição, denso, altamente volátil, pobre condutor de calor e eletricidade. Raramente ocorre livre na natureza, é líquido em condições de temperatura ambiente e tem cor prateada. Seu principal mineral é o cinábrio (HgS). Tem facilidade em formar ligas com muitos metais como ouro, prata e estanho, denominadas amálgamas. É bastante utilizado para amalgamar ouro nos garimpos e minerações. É largamente empregado em instrumentos de laboratório (termômetro e barômetro), lâmpadas de vapor de mercúrio, relés, eletrodos na fabricação de baterias, na produção de pesticidas, pigmentos e em odontologia. Não desempenha papel biológico conhecido até o momento, sendo intrinsecamente tóxico (Mineropar, 2005). O Hg orgânico (metilmercúrio e

dimetilmercúrio) é altamente tóxico, sendo rapidamente absorvido pelos tratos respiratório, gastrointestinal e epidérmico. O Hg é biocumulativo, e biomagnificado na natureza através da cadeia trófica, tendo características toxicológicas capazes de proporcionar doenças neurológicas, mutagênese e teratogênese. Os sais de mercúrio são altamente tóxicos, tais como: fulminato [Hg(CNO)₂], usado como detonante; cloreto de mercúrio (I) ou calomelano (Hg₂Cl₂), usado anteriormente como purgante, anti-helmíntico e diurético, e o cloreto de mercúrio (II), empregado como desinfetante e o primeiro remédio eficaz contra sífilis; timerosal [COO-Na+(C₆H₄)(S-Hg-C₂H₆)], usado como agente bacteriostático análogo ao merthiolate (Mineropar, 2005). As principais fontes pontuais de poluição são as indústrias de soda-cloro, através dos seus efluentes, e as usinas termoelétricas que utilizam carvão mineral. O elemento não é explorado comercialmente no Brasil.

O elemento mercúrio ocorre em anomalias isoladas nas amostras de solo embora configurem uma extensa zona com valores acima do VRQ da FEAM-MG que é de 0.03 ppm, com quase 15% da área da bacia, principalmente nos bordos leste e próximo a Pains, Medeiros, Paracatu, Onça de Pitangui e Corinto – Várzea da Palma. Ocorrem valores de até 0,53 ppm. Nas amostras de sedimento, 47 detectaram valores acima do máximo permitido pela legislação que é de 0,17 ppm, ocorrendo valores de até 1,22 ppm. Os núcleos anômalos, ao contrário do que o solo apresenta, são mais restritos, nas regiões da cabeceira do Paraopeba e Quadrilátero Ferrífero, cabeceira do São Francisco, Buritizeiro, Paracatu, cabeceira do Verde Grande e Montes Claros, de Riacho dos Machados a Pai Pedro e na confluência dos rios Verde Grande e Pequeno.

As amostras de água foram quase todas analisadas para o cátion, sendo encontrados 21 resultados acima do limite de detecção do método, quase todos situados na borda sul da bacia. Nenhum valor acima do limite máximo permitido pela legislação foi encontrado. Apenas 2 amostras de água de abastecimento detectaram a presença do cátion Mercúrio, com teores abaixo do limite legal, em Guarda-Mor e Paracatu.

In – Índio

O índio é um metal branco-prateado, calcófilo, brilhante, maleável, dúctil, resistente à corrosão, possui isótopos com meia-vida curta (111In e 113In), ponto de fusão baixo para um metal, e é bom condutor

de eletricidade e de calor. Durante o intemperismo acompanha o Fe^{3+} e Mn^{4+} , e parcialmente o Al^{3+} , precipitando na forma de hidróxidos de Fe. Forma raros minerais, tais como roquesita (CuInS_2), dzhalindita ($\text{In}(\text{OH})_3$) e indita (FeIn_2S_4), mas sua ocorrência está geralmente associada a sulfetos. Cerca de 45% do consumo mundial de índio destina-se para confecção de filmes (óxido de índio) em visores de cristal líquido; o restante é usado em ligas e soldas na manufatura de transistores, em baterias alcalinas (substituindo o Hg), em sistemas de telecomunicações com fibra ótica, controle de reatores nucleares e na medicina nuclear como radioisótopos de vida curta. Não apresenta papel biológico conhecido e seus compostos são considerados altamente tóxicos, causando problemas ao coração, fígado e rins, além serem teratogênicos (Mineropar, 2005). No Brasil, o In pode ser encontrado nas reservas estaníferas, principalmente no maciço da serra da Mangabeira (GO).

O elemento índio ocorre de forma muito homogênea, com pouca amplitude de valores nas amostras de solo, preferencialmente nos bordos sul, leste e oeste da bacia. O vale central da maioria dos grandes rios não apresentam ocorrência do elemento. O teor máximo obtido em solo foi de 0,22 ppm. As amostras de sedimento possuem anomalias com localização bastante restrita, ocorrendo em núcleos de valores mais elevados, de até 0,17 ppm, nas proximidades de Paracatu, norte de Unai, porção oeste da represa de Três Marias, ao longo do alto curso do rio São Francisco, cabeceiras do Paraopeba e das Velhas, entre Belo Horizonte e Caeté e no interflúvio dos rios Verde Grande, Jequitai e São Francisco nas proximidades de Montes Claros.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

K – Potássio

O potássio (K – do latim kalium) é um metal alcalino, de cor prateada, mole, bom condutor de calor e eletricidade, que se oxida facilmente e, depois do Li, é o metal mais leve. Em virtude de sua alta reatividade não é encontrado livre na natureza. É um dos constituintes maiores dos minerais formadores de rocha e o sexto mais comum na natureza, depois do Ca. Ocorre em K-feldspatos, como o ortoclásio (KAlSi_3O_8) e microclina (KAlSi_3O_8), e outros silicatos, entre eles alunita [$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$], leucita (KAlSi_2O_6), muscovita [$\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$], em evaporitos, como a silvinita (mistura de silvita (KCl) e halita (NaCl)), nitro ou caliche (KNO_3) e carnalita ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). O

principal uso do K é como fertilizante na agricultura. A liga de K-Na é usada como meio de transferência de calor. É um macronutriente não tóxico, ativando reações enzimáticas, importante para o crescimento das plantas e da dieta humana. Os íons de K^+ assim como os de Na^+ agem nas membranas celulares na transmissão de impulsos eletroquímicos dos nervos e fibras musculares. Por outro lado, os sais de K são extremamente tóxicos quando injetados na corrente sanguínea. O composto KCN (cianeto de potássio) e o HCN (ácido cianídrico) são letais, considerados hematológicos (Revista Química Nova na Escola, 2004). As principais reservas subterrâneas de sais de potássio no Brasil localizam-se nos estados de Sergipe (mina Taquari/Vassouras e Santa Rosa do Lima) e Amazonas (Fazendinha e Arari).

O elemento potássio, nas amostras de solo, ocorre em baixos teores uniformemente distribuídos ao longo dos bordos da bacia, com exceção do limite noroeste, com valores de até 0,86%. As principais anomalias encontram-se no bordo oeste da represa de Três Marias, no médio curso do rio das Velhas, nas proximidades de Campo Azul e entre Riacho dos Machados e Espinosa. O padrão do mapa de sedimentos é semelhante ao de solo, com maior frequência de ocorrência de valores mais elevados no bordo leste da bacia, principalmente no interflúvio entre os rios Jequitai e Paracatu da margem direita, próximo a Coração de Jesus, associado à rochas da Formação Três Marias.

As amostras de água de superfície detectaram o cátion potássio em 90% da população, com teores de até 44,5 mg/L. As concentrações mais elevadas estão agrupadas na porção centro-sul e nordeste da bacia. Todas as amostras de água de abastecimento mostraram a presença do cátion Potássio, preferencialmente na porção nordeste da bacia e com teores de até 11,2 mg/L.

La – Lantânio

O lantânio é um metal de cor branco-prateada, maleável, sendo um dos mais reativos do grupo dos elementos de terras-raras (ETR); oxida-se rapidamente quando exposto ao ar, não sendo encontrado livre na natureza. O La é encontrado em minerais que contêm outros metais de terras-raras, como monazita [$(\text{La},\text{Ce},\text{Th})(\text{PO}_4 \cdot \text{SiO}_4)$], bastnasita [$(\text{La},\text{Ce})\text{CO}_3(\text{F},\text{OH})$] e allanita [$(\text{Ca},\text{La},\text{Al}_2,\text{Fe}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH}))$]. É usado na indústria eletroeletrônica; na composição de vidros e lapidação; fabricação de lentes ópticas especiais; na ressonância magnética nuclear; em cristais

geradores de laser; supercondutores; na melhoria da maleabilidade de ligas, ductibilidade e resistência ao impacto do aço e na datação de rochas e minérios (La-Ba) (Mineropar, 2005). Na nutrição e no corpo humano o La ainda não desempenha papel conhecido, mas como segue o Ca, encontra-se mais presente no esqueleto humano. Todos os compostos de La são considerados tóxicos, podendo causar problemas ao fígado, além de risco de explosão em laboratório (Mineropar, 2005; Koljonen, 1992). No Brasil, as principais ocorrências estão em Poços de Caldas, São Gonçalo do Sapucaí, Cordislândia, Silvianópolis, Pouso Alegre (MG); São Francisco de Itabapoana (RJ); província mineral de Pitinga (AM); Mato Preto (PR), Anitápolis (SC) e Catalão (GO).

O elemento lantânio ocorre de forma homogênea por toda a bacia, para as amostras de solo, exceto no extremo noroeste. Os maiores teores ocorrem no alto curso do rio São Francisco, Pará e bacias do Verde Grande e Jequitaiá, com valores de até 150 ppm. O mapa de sedimento é bastante semelhante ao de solo, sendo que os maiores teores ocorrem na bacia do rio Pará, com valores de até 239 ppm.

O elemento não foi analisado para as amostras de água.

Li – Lítio

O lítio é um metal alcalino, o mais leve que se tem conhecimento, pouco abundante, de coloração branco-prateada brilhante, possuindo alto potencial de oxidação e o calor específico mais alto dentre as substâncias sólidas. Ocorre nas rochas, principalmente nos silicatos. É liberado facilmente dos minerais primários em meios oxidantes e ácidos face ao intemperismo, sendo predominantemente incorporado aos argilominerais, coloides e óxidos/hidróxidos de Fe-Mn. Seus principais minerais são: espodumênio ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$), ambligonita $[(\text{Li},\text{Na})\text{Al}(\text{PO}_4)(\text{F},\text{OH})]$, lepidolita $[\text{KLi}_2\text{Al}(\text{Al},\text{Si})_3\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2]$, petalita ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$), montebrasita $[\text{LiAl}(\text{PO}_4)(\text{OH})]$ e zinnwaldita $(\text{KLiFeAl}(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2)$. Usado principalmente como composto para baterias, na transferência de calor, lubrificantes, síntese de compostos orgânicos e depurador de ar em naves espaciais e submarinos, bem como em aplicações nucleares. É um poderoso analgésico, sendo também usado no tratamento da depressão bipolar. Os compostos deste metal são considerados levemente tóxicos, sendo alguns deles carcinogênicos e teratogênicos. Não apresenta papel importante conhecido até o momento nos

processos biológicos (Mineropar, 2005). 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.

O elemento lítio apresenta-se heterogeneamente distribuído no mapa de amostras de solo, estando praticamente todas as ocorrências de altos teores distribuídas ao longo de todo o bordo leste da bacia, principalmente na bacia do rio das Velhas. Os teores alcançam um máximo de 43 ppm. As amostras de sedimento possuem uma distribuição mais restrita, ocorrendo principalmente ao longo do alto São Francisco, Pará, das Velhas e Verde Grande, com teores de até 101 ppm.

Apenas aproximadamente 40% das amostras de água de superfície e de abastecimento mostraram a presença do cátion lítio. Nas águas de superfície nota-se uma concentração de valores mais altos preferencialmente nas cabeceiras do sul, na Faixa Brasília e no interflúvio do Verde Grande com o São Francisco. Na água de abastecimento o comportamento parece ser semelhante. Foram obtidos valores máximos de 0,226 mg/L para as águas de superfície e 0,034 mg/L para abastecimento, todos bem abaixo do limite legal estabelecido de 2,5 mg/L.

Mg – Magnésio

O magnésio é um metal alcalino-terroso, prateado, que se oxida em contato com o ar e é o oitavo elemento mais abundante na crosta. 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). Os minerais de Mg intemperizam-se facilmente por dissolução. Ocorre como magnesita MgCO_3 , carnalita ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) e bischofita ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (Mineropar, 2005). O óxido de magnésio e seus compostos são utilizados em lâmpadas (flashes), pirotecnia, indústria aeronáutica e bélica e agricultura. Na medicina, o óxido de magnésio é utilizado para aliviar a dor de estômago, como antiácido e como laxante de curto prazo. Seus sais são amplamente usados em fármacos, e como revestimento de tijolos refratários (Mineropar, 2005). No corpo humano é um nutriente não tóxico. É também um importante constituinte da clorofila. Alguns compostos, entretanto, são tóxicos e os asbestos (minerais do grupo das serpentinatas) são considerados carcinogênicos. Sua deficiência no organismo humano pode causar distúrbios neurológicos e uma ligeira calcificação. O ser humano necessita

consumir cerca de 0,3 g de Mg por dia (Koljonen et al., 1992). No Brasil, as principais reservas estão na Bahia (Brumado) e Ceará.

O elemento magnésio ocorre em 55% das amostras de solo coletadas, apresentando um valor máximo de 0,77%. Apresenta um padrão de distribuição preferencial ao longo da margem direita do São Francisco alargando-se até o bordo leste. As exceções são núcleos a oeste da represa de Três Marias até a cabeceira do rio Paracatu, nas proximidades de Brasilândia de Minas, e a norte de Uruçuaia. Praticamente todas as amostras de sedimento apresentaram o elemento magnésio, com teores de até 1,23 % mas com distribuição diversa da que ocorre com o solo. A maior extensão de teores anômalos está na cabeceira do Ribeirão dos Tiros, na região da Serra da Saudade, na foz do rio Uruçuaia, no riacho dos Poções em Montalvânia e em Riacho dos Machados.

Cerca de 90% das amostras de água de superfície apresentaram o cátion magnésio, com teores de até 105 mg/L, distribuídos em núcleos bem definidos na Faixa Brasília, na cabeceira do São Francisco, no interflúvio entre Pará e Paraopeba e em toda a porção Nordeste nas bacias do Verde Grande e Jequitaiá. Todas as amostras de água de abastecimento detectaram a presença do elemento magnésio com teor máximo de 61,6 mg/L na sede de Pai Pedro.

Mn – Manganês

O manganês é um metal de transição, relativamente abundante na crosta, de cor branco-acinzentada, frágil, refratário, facilmente oxidável e não é encontrado livre na natureza. O Mn pode ser remobilizado durante a atividade hidrotermal regional. Em processos intempéricos, os compostos de Mn são oxidados, liberados e reprecipitados (minerais secundários) em função das condições de Eh e pH (Mineropar, 2005). Existem inúmeros minerais de Mn, destacando-se: pirolusita (MnO₂), rodocrosita (MnCO₃), psilomelano [(Ba,H₂O)₂Mn₅O₁₀], criptomelana (KMn₈O₁₆), haussmannita (Mn₂O₄) e a manganita [MnO(OH)]. Alguns nódulos encontrados no assoalho oceânico podem conter em torno de 24% de Mn. É utilizado principalmente na produção de ligas de aço (pela capacidade de endurecer o aço sem torná-lo mais frágil), na produção de pilhas e para coloração de vidros. Desempenha papel fundamental nos processos fotossintéticos de produção de O₂. O manganês é um oligoelemento não tóxico, essencial para todas as formas de vida, nas quais tem funções tanto estruturais

quanto enzimáticas e é importante na fixação da vitamina B1. Se inalado em quantidades excessivas, pode causar danos neurológicos irreversíveis (Lopes Jr., 2007; Koljonen et al., 1992). No Brasil tem-se os depósitos do Azul (Província Mineral de Carajás)-PA, de Corumbá-MS, Mariana e Conselheiro Lafaiete-MG e de Caitité-BA (DNPM, 2009).

O elemento manganês apresenta valores muito altos em solo, com concentrações de até 6312 ppm ocorrendo principalmente em faixas ao longo do alto São Francisco, margem direita do rio das Velhas, cabeceiras do Paracatu e Paraopeba e em todo o limite norte da bacia, abrangendo as sub-bacias do Verde Grande e Poções em Montalvânia. Alguns lotes das amostras de solo foram analisados em %, o que elevou o limite de detecção do método. Praticamente todas as zonas anômalas apresentam valores acima do valor de prevenção para solos do NOAA SQRT, já que a FEAM-MG não definiu VRQ para o elemento manganês. As amostras de sedimento, com teores acima de 1057 ppm, mostram-se mais localizadas nas cabeceiras dos rios das Velhas e Paraopeba, São Francisco, e a região oeste da represa de Três Marias. Focos isolados ocorrem em Riachinho, Morro das Garças, Lontra e Corinto. Muitas amostras de sedimento apresentaram resultados acima do limite máximo de detecção de 10.000 ppm. Toda a região que engloba as cabeceiras dos rios das Velhas e Paraopeba encontra-se com valores acima do permitido pela legislação.

O cátion manganês mostra-se presente em 50% das amostras de água de superfície coletadas, sendo que em 132 casos com resultados acima do valor máximo permitido pela legislação de 0,1 mg/L, atingindo um máximo de 4,44 mg/L. Sua ocorrência é maior em toda a porção sul da bacia e ao longo do rio Uruçuaia e São Francisco a partir da foz do Uruçuaia. Cerca de 50% das amostras de água de abastecimento apresentaram a presença de manganês, sendo que em 13 casos com resultados acima do valor máximo permitido, sendo em Pequi o maior valor encontrado de 0,546 mg/L.

Mo – Molibdênio

O molibdênio é um metal de transição de coloração branco-prateada, resistente à corrosão, com alto ponto de fusão, bom condutor de eletricidade e calor, não sendo encontrado livre na natureza. No intemperismo, os sulfetos com Mo são lentamente oxidados produzindo MoO₄²⁻ (em pH neutro a moderadamente alcalino) e HMoO₄⁻ (valores de pH baixo)

(Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Ocorre principalmente como molibdenita (MoS_2), powellita [$\text{Ca}(\text{MoW})\text{O}_4$] e wulffanita [$\text{Pb}(\text{MoO}_4)$]. É usado para ligas metálicas de alta dureza e resistência mecânica; em peças de mísseis, aeronaves e de uso nuclear; catalisadores na indústria petroquímica; filamentos para a indústria elétrica e lubrificantes resistentes a altas temperaturas. É um micronutriente essencial, porém moderadamente tóxico (Koljonen et al., 1992). Ao lado do F e do Se, faz parte do grupo de elementos que possuem estreita margem entre concentrações essenciais e tóxicas (Lopes Jr., 2007). No Brasil, o molibdênio ocorre em rochas calssilicáticas, ocasionalmente extraído como subproduto da scheelita na Província Scheelitífera do Seridó nos estados do RN e PB (DNPM, 2009).

O elemento molibdênio apresenta muitos valores baixos e homogêneos nas amostras de solo, ocorrendo anomalias apenas de forma pontual, sendo a que possui maior área nas proximidades de Engenheiro Navarro, com 3,81 ppm. Grandes áreas na porção sul da bacia, na Faixa Brasília, a oeste da barragem de Três Marias, a sul de Montes Claros e próximo a Riacho dos Machados apresentam valores acima do VRQ da FEAM-MG de 0,90 ppm. Cerca de 90% das amostras de sedimento detectaram o elemento molibdênio, com valor máximo de 14,23 ppm em anomalias bem marcadas e de grande extensão, ocorrendo em faixa E-W entre o médio curso do rio Pará e a região do Quadrilátero Ferrífero, outra de direção SE-NW pegando toda a margem direita do rio das Velhas e seu baixo curso até sua foz e a região da cabeceira do São Francisco. Regiões com áreas menores ocorrem entre Paracatu e Vazante, próximo a Manga e Espinosa.

Apenas 01 amostra nas proximidades de Verde-lândia na bacia do Verde Grande mostrou a presença do cátion molibdênio nas águas de superfície e nenhuma nas águas de abastecimento público.

Na – Sódio

O sódio (do latim – natrium) é um metal alcalino, intensamente reativo, de cor prateada a branca, sendo encontrado na natureza apenas quando combinado com outros elementos. Com o cloro forma um dos mais importantes alimentos naturais, o sal (NaCl), usado desde tempos pré-históricos. Apresenta-se em pequenas quantidades nos sedimentos arenosos, mesmo contendo algum feldspato, mas é o sétimo elemento mais abundante da crosta. Durante o intemperismo, o sódio é dissolvido dos feldspatos e removido para os rios e mares, sendo responsável

pelo aumento da salinidade da água (Mineropar, 2005). Seus principais minerais são: sais de evaporitos, tais como a halita (NaCl), bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), mirabilita ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), thenardita (Na_2SO_4), soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) e trona ($\text{Na}_3\text{HCO}_3\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Mineropar, 2005). É usado principalmente como condimento alimentar, além de diversos produtos como soda cáustica (NaOH); hipoclorito de sódio (NaClO), usado para purificação e desinfecção de água; produtos para panificação (bicarbonato de sódio – NaHCO_3); produção de vidro; fabricação do sabão; na indústria têxtil e química (Mineropar, 2005). É um elemento vital, não tóxico, sendo importante na dieta alimentar humana, para o equilíbrio das soluções celulares e de algumas funções das células nervosas. Os sais de sódio são geralmente inofensivos, como o NaCl (“sal de cozinha”), mas não podem ser ingeridos em excesso, principalmente por pessoas com problemas cardíacos, porque eleva a pressão arterial (Mineropar, 2005). No Brasil, existe produção de sal marinho em superfície, principalmente no Rio Grande do Norte e Rio de Janeiro. Em Alagoas, existe produção de NaCl para fins industriais, sendo retirado de mina subterrânea.

O elemento sódio só foi detectado em 4 amostras de solo com teor muito baixo, 0,01% e não foi elaborado mapa. As amostras de sedimento apresentaram resultados acima do limite de detecção do elemento Sódio em 251 valores, com máximo de 0,11%, principalmente na bacia do rio Verde Grande.

Cerca de 90% das amostras de água de superfície detectaram o cátion sódio, com valor máximo de 285 mg/L. Apresentaram valores acima do permitido pela legislação 153 amostras, localizadas principalmente nas porções sul e nordeste da bacia. Todas as amostras de água de abastecimento apresentaram o cátion sódio, mas nenhuma com concentração acima do máximo permitido pela legislação.

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. Forma uma série mineral que varia da columbita (Nb predominante) até tantalita (Ta predominante), podendo ocorrer ainda como pirocloro [(Na,Ca) $_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH},\text{F})$], samarskita (óxido complexo de ETR, U, Fe, Ti, Sn, Nb e Ta), loparita [(Ce,Na,Ca)(Ti,Nb) O_3], fergusonita (óxido complexo de Nb e ETR), euxenita [(Y,Ca,Ce,U,Th)(Nb,Ta,Ti) O_6] e tapiolita (Fe,Mn)(Nb,Ta) O_6 (Rankama & Sahama, 1954).

Usado principalmente em aços inoxidáveis e ligas de metais não ferrosos; indústria nuclear; na indústria aeronáutica, na produção de joias e como superligas. O carboneto de nióbio (NbC) é usado nos bits de brocas de perfuração. Ligas de nióbio fisiologicamente inertes e com características hipoalergênicas são usadas em muitos dispositivos médicos tal como o marca-passo. Não é conhecido até o momento o papel que desempenha nos processos vitais e seus compostos são considerados tóxicos (Mineropar, 2005). As principais reservas de nióbio no Brasil se encontram em Minas Gerais localizadas no Complexo Alcalino de Araxá e no município de Nazareno; em Goiás estão nos municípios de Catalão e Ouidor; e no Amazonas nos municípios de São Gabriel da Cachoeira e Presidente Figueiredo (Biondi, 2003)

O elemento nióbio foi detectado em quase todas as amostras de solo, com teor máximo de 4,07 ppm e zonas anômalas definidas no bordo sul da bacia, sobre a Faixa Brasília, a oeste da represa de Três Marias e em regiões restritas na foz do Paracatu, Buritizeiro e cabeceira do rio Jequitaiá. Quase todas as amostras de sedimento também mostram a presença do elemento nióbio, que possui uma distribuição extremamente semelhante à do Molibdênio, ocorrendo em valores de até 22,61 ppm nas cabeceiras do São Francisco, médio curso do Pará, Paraopeba e ao longo de quase toda a margem direita do rio das Velhas, desde o Quadrilátero Ferrífero até sua foz. Altos teores também ocorrem na faixa a oeste da represa de Três Marias até o limite da bacia, na Serra da Saudade. Pequeno foco nas proximidades de Januária também apresenta valores elevados, mas pontuais.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

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 intemperismo, o íon Ni⁺² é facilmente mobilizado em soluções aquosas podendo migrar por grandes distâncias. Geralmente se associa ao Co, Cu e Pt em depósitos sulfetados em minerais como a pentlandita [(NiFe)₉S₈], milerita (NiS), violarita (FeNi₂S₄), nicolita ou niquelina (NiAs), garnierita [(NiMg)₆(OH)₈Si₄O₁₀] e heazlewoodita (Ni₃S₂). O mineral pirrotita (FeS) pode conter até 5% de Ni. Meteoritos de Fe, os sideritos podem conter de 5 a 20% de Ni. É usado principalmente como componente em aços inoxidáveis, ligas não ferrosas e eletrodeposição (Mineropar, 2005). O níquel

não tem papel biológico conhecido, mas acredita-se que participe de reações enzimáticas. Possui seu efeito deletério na saúde humana marcado por reações alérgicas, chegando até a causar câncer respiratório, irritação gastrointestinal, dermatite e malformações congênitas (Koljonen et al.,1992). Ocorre no Brasil em Jaguar, Santa Rita, Onça-Puma, Vermelho, Jacaré-Jacarezinho, Niquelândia, Barro Alto, Americana do Brasil, Água Branca e São João do Piauí (DNPM, 2009).

O elemento níquel foi detectado em praticamente todas as amostras de solo, mostrando grandes áreas anômalas sobre o Quadrilátero Ferrífero e a região de Onça do Pitangui, apresentando valores de até 399 ppm e vários acima do VRQ da FEAM-MG que é de 21,48 ppm. Praticamente todas as amostras de sedimento apresentam o elemento, em áreas anômalas bem definidas, muito semelhante as de molibdênio e nióbio, na faixa a oeste da represa de Três Marias até a Serra da Saudade, cabeceira do São Francisco, interflúvio dos rios Pará e Paraopeba em seus médios cursos e em toda a cabeceira do rio das Velhas sobre a região do Quadrilátero Ferrífero. A faixa da margem direita do rio das Velhas não se constitui de valores máximos da distribuição, mas delineiam igualmente grande região com valores acima do permitido pela legislação de 18 ppm para os sedimentos.

Quase 13% das amostras de água de superfície detectaram a presença do cátion níquel em concentrações de até 0,683 mg/L, valor muito acima do permitido pela legislação de 0,07 mg/L, concentradas próximo ao município de Moeda, ao redor da represa de Três Marias e nas proximidades de São Gonçalo do Abaeté e Varjão de Minas. Outros núcleos ocorrem entre Vazante e Paracatu e nas proximidades de Unai e Luislândia. O cátion níquel foi detectado em 27 amostras de abastecimento público mas apenas em Glauclândia a concentração foi a mesma do limite máximo permitido pela legislação de 0,07 mg/L.

Nitrato e Nitrito

O nitrogênio (do grego nitrogenium) é um elemento não metálico, que forma os compostos N₂, um gás inerte, incolor, inodoro, insípido, que possui alta eletronegatividade e compõe 78% de nossa atmosfera; o nitrato (NO₃⁻), um ânion que ocorre nas águas superficiais, subterrâneas e em efluentes domésticos e industriais; o nitrito (NO₂⁻), ânion intermediário que se forma a partir da oxidação da amônia e da redução do nitrato; a amônia (NH₃⁻), um composto presente naturalmente nas águas superficiais e subterrâneas,

facilmente adsorvida por partículas finas do solo; e o nitrogênio orgânico, que ocorre em proteínas e peptídeos, ácidos nucleicos e ureia. Conhecido desde a antiguidade, onde formava a “água régia” dos alquimistas, é um elemento de extrema importância para a vida vegetal, sendo sua transferência entre as plantas e o solo conhecida como o “ciclo do nitrogênio”. É utilizado em diversas aplicações como na fabricação de aço inoxidável, criogenia, explosivos, combustível de foguetes e medicina nuclear, além de funcionar como fertilizante associado ao carbono e ao fósforo e em nitratos de cálcio, amônia e ureia. A destilação fracionada do ar liquefeito é o principal meio de produção do nitrogênio, como subproduto da produção do oxigênio. Devido à sua baixa reatividade as plantas necessitam que ele seja decomposto por alguma bactéria para ser consumido por suas raízes.

O ânion nitrato foi encontrado em praticamente todas as amostras de água de superfície coletadas enquanto o ânion nitrito foi detectado em 43% delas. O teor máximo encontrado para nitrato foi de 2119 mg/L e em um total de 65 amostras foi excedido o limite legal estabelecido de 10 mg/l. O teor máximo encontrado para nitrito foi 40,3 mg/L, no rio Guavinipam, bacia do rio Jequitaí, onde havia lançamento direto de esgoto “in natura” e de 1,47 mg/L no rio Acari, da bacia do Carinhanha. Os demais teores encontram-se abaixo do limite máximo da legislação.

Em 75% das amostras de água de abastecimento coletadas foi detectada a presença do ânion nitrato, sendo que em 16 casos com valores acima do permitido pela legislação, com máximo de 60 mg/L em São José das Missões. Quase 60% das amostras de água de abastecimento coletadas detectaram a presença do ânion nitrito, com valor máximo de 0,5 mg/L, abaixo dos limites estabelecidos pela legislação.

Vale ressaltar que o prazo legal estabelecido pelas normas para a execução da análise após a coleta ser efetuada não foram cumpridos para os ânions Nitrato e Nitrito.

Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é um fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de auto-depuração 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.

O OD das amostras de água de superfície obteve valor médio de 5,83 mg/L, variando de 0,47 a 12,4

mg/L, sendo que 52 amostras obtiveram valores menor que 2 mg/L, valor mínimo estabelecido pela legislação. Estes valores mais baixos encontram-se principalmente no rio das Velhas, na foz do Paraopeba e nas cabeceiras do Paracatu e Preto. O OD nas amostras de água de abastecimento obteve valor médio de 5,01 mg/L, variando de 1,1 a 12,9 mg/L, sendo que 20 amostras obtiveram valores menor que 2 mg/L. No entanto, para as águas de abastecimento, grande parte destas amostras com valores de OD baixos referem-se a poços artesianos.

Pb – Chumbo

O chumbo (do latim – plumbum) é um metal pesado de cor branco-azulada, maleável, dúctil, resistente à corrosão e fraco condutor de eletricidade. Ressalte-se que parte do chumbo na natureza tem sido formada pelo decaimento radioativo do urânio e tório (Mineropar, 2005; Koljonen, 1992). Tem como principais minerais: galena (PbS), anglesita (PbSO₄), cerusita (PbCO₃) e os menos comuns bournonita (PbCuSb₃S₃), jamesonita (Pb₄FeSb₆S₁₄) e wulfenita (PbMoO₄). É usado principalmente como liga metálica, baterias automotivas, fusíveis, revestimentos de cabos elétricos, pigmento de tinta e em revestimentos protetores de raios X. Como não é elemento essencial nem faz parte do metabolismo humano, é perigoso quando presente em excesso no meio ambiente e geralmente se fixa na porção mais superior do solo (Koljonen et al., 1992 ; Kabata-Pendias & Pendias, 1992). O Pb quando absorvido pode se acumular nos ossos, fígado e rins (tecidos ricos em Ca) (Mineropar, 2005). Este elemento pode afetar todos os órgãos internos do corpo humano e causar danos irreversíveis ao cérebro (saturnismo), não importando se a contaminação se deu por ingestão, contato dermal ou inalação. Apesar de ser intrinsecamente tóxico, a maior parte do Pb ingerido passa pelo organismo sem ser absorvido (Mineropar, 2005). A principal produção de concentrado de Pb no Brasil é proveniente da mina do Morro Agudo em Paracatu-MG (DNPM, 2009).

O elemento chumbo ocorre em todas as amostras de solo, apresentando teores de até 80,4 ppm em anomalias pontuais nas regiões de Doresópolis e Pains, Itatiaiuçu, alto rio Paracatu, alto rio Jequitaí e foz do Peruaçu. Em 69 amostras as concentrações ultrapassaram o limite do VRQ da FEAM-MG de 19,5 ppm. O elemento chumbo também ocorre em todas as amostras de sedimento com valores de até 354 ppm, quase 10 vezes o limite máximo permitido pela

legislação de 37 ppm. As áreas anômalas são restritas e ocorrem na cabeceira do rio Pará, nas proximidades de Belo Horizonte, na região de Bom Despacho e Bambuí, entre Paracatu e Vazante, na Faixa Brasília, em Curvelo e em Montes Claros.

O cátion chumbo foi detectado em 126 amostras de água de superfície, sendo que em 51 os valores encontrados, de até 0,383 mg/L, excederam os limites da legislação, ocorrendo principalmente na região a oeste da represa de Três Marias no rio dos Tiros e no rio Paraopeba e Paracatu. Em 32% das amostras de água de abastecimento foi detectada a presença do cátion chumbo, sendo que em 7 os valores encontrados de até 0,035 mg/L excederam os limites legais estabelecidos, nos municípios de São João da Lagoa e da Ponte, Varzelândia, Gameleiras e Montes Claros, na porção nordeste, Guarda-Mor e Paracatu, na porção oeste.

Pd – Paládio

O paládio faz parte de um grupo de elementos de comportamento químico muito semelhante denominado de platinóides, compostos por Pt, Ir, Os, Rh e Ru. É o menos denso destes elementos, possui coloração prateada clara, é dúctil, maleável, apresenta pouca reatividade e possui notável capacidade de absorção de hidrogênio. Na natureza o paládio é encontrado tanto em sulfetos de metais básicos como pirrotita, calcopirita e petlantida como em alguns minerais específicos e raros como bragita ((Pt,Pd)S), estilwaterita (Pd₈As₃), genkinita ((Pt,Pd,Rh)₄Sb₃), estibiopaladinita (Pd₅Sb₂), sudberita ((Pd,Ni)Sb), froodita (PdBi₂), kotulskita (PdTe), merenskiita ((Pd,Pt)(Te,Bi)₂), michenerita (Pd(Bi,Sb)Te) e moncheita ((Pt,Pd)(Te,Bi)₂). Raramente ocorre em estado nativo, e, quando ocorre, o faz na forma de ligas com os outros metais do grupo e, mais raramente, com estanho ((Pd,Pt)₃Sn – atokita e (Pt,Pd)₃Sn – rustenburgita) e mercúrio (PdHg). É usado em ligas metálicas de circuitos condutores, catalisadores, revestimentos, na fabricação do “ouro branco” utilizado na joalheria, no setor odontológico e como commodity no mercado financeiro. Apesar de não ser considerado um elemento tóxico, o contato com seus sais pode afetar a saúde, causando câncer, reações alérgicas e danos em órgãos como intestinos, rins e medula. Tanto em ambiente oxidante quanto em redutor, o Pd se comporta como elemento imóvel. No Brasil, as reservas estão em MG, como subproduto do Au que é recuperado por sua vez como subproduto da lavra de Fe. Ocorrem nos carbonatitos de Catalão e Ipanema em Goiás e na jazida de Serra

Pelada, no famoso “ouro paladiado” de aspecto cinzento como uma palha de aço.

O elemento paládio ocorre em 175 amostras de solo com teor máximo de 2 ppm, principalmente sobre a Faixa Brasília e no bordo oeste da bacia, entre as cabeceiras dos rios Paracatu, Urucuia e Carinhanha. As amostras de sedimento possuem uma distribuição bem menos abrangente, restringindo-se ao bordo oeste da bacia, ao longo dos rios Preto, nas proximidades de Paracatu e na cabeceira do rio da Prata, a oeste de Varjão de Minas, com teores de até 1 ppm.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

À exemplo do Au, o método utilizado não é o ideal para a quantificação do elemento paládio.

pH – Potencial Hidrogeniônico

O pH representa a atividade do íon hidrogênio na água, de forma logaritimizada, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula da água e posteriormente acrescida pelo hidrogênio de outras fontes como, por exemplo, de efluentes industriais. Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos antropogênicos, o pH é um parâmetro importante em estudos geoquímicos e varia de acordo com a temperatura e a composição mineral do corpo d'água. A escala logarítmica do pH compreende valores de 0 a 14, sendo que o 7 é considerado o valor neutro. O valor 0 representa a acidez máxima e o valor 14, a alcalinidade máxima. A condição de pH que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado é o da neutralidade, tanto nos ambientes aeróbios, como nos anaeróbios.

O pH das amostras de água de superfície obteve valor médio de 6,88, variando de 4,13 obtido no rio do Peixe da bacia do rio Carinhanha até 9,21 obtido no Córrego Mata Veado, na bacia do rio Verde Grande. As medidas acompanharam a geologia, sendo os valores máximos obtidos nas regiões com calcários aflorantes e os menores nas regiões de quartzitos e arenitos aflorantes. Para as águas de abastecimento foi obtido um pH médio de 6,95, variando de 4,34 em Bom Despacho até 8,29 no rio Verde Grande em Jaíba.

Pt – Platina

A platina é um elemento de um grupo de elementos de comportamento químico muito semelhante denominado de platinóides, compostos por Pd, Ir, Os, Rh e Ru. É o mais denso destes elementos, possui coloração prateada clara, é dúctil, maleável, apresenta pouca reatividade e possui extraordinária resistência à

corrosão. Na natureza a platina é encontrada tanto em sulfetos de metais básicos como pirrotita, calcopirita e petlantida como em alguns minerais específicos e raros como bragita ((Pt,Pd)S), cooperita (PtS), esperrilita (PtAs₂), genkinita ((Pt,Pd,Rh)₄Sb₃), sudberita ((Pd,Ni)Sb), geversita (Pt(Sb,Bi)₂), merenskiita ((Pd,Pt)(Te,Bi)₂) e moncheita ((Pt,Pd)(Te,Bi)₂). Raramente ocorre em estado nativo, e, quando ocorre, o faz na forma de ligas com os outros metais do grupo e, mais raramente, com ferro, estanho e cobre. É usada principalmente como catalisador e nos setores de joalheria, instrumentação cirúrgica e laboratorial e quimioterapia, vidraçaria, refino do petróleo e como commodity no mercado financeiro. Apesar de não ser considerado um elemento tóxico, o contato com seus sais podem afetar a saúde, causando câncer, reações alérgicas e danos em órgãos como intestinos, rins e medula. Tanto em ambiente oxidante quanto em redutor, a Pt se comporta como elemento imóvel. No Brasil, as reservas estão em MG, como subproduto do Au que é recuperado por sua vez como subproduto da lavra de Fe. Ocorrem nos carbonatitos de Catalão e Ipanema em Goiás e na jazida de Serra Pelada, no Pará.

Apenas 6 amostras de solo mostraram a presença do elemento platina, em região bem restrita nas proximidades de Chapada Gaúcha, no ribeirão da Areia, com valores de 1,3 ppm. Cerca de 126 amostras de sedimento detectaram a presença de platina, com resultados de até 0,8 ppm ocorrendo principalmente na cabeceira do rio Urucuia, entre as cidades de Bonfinópolis e Buritis.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

À exemplo do Au, o método utilizado não é o ideal para a quantificação do elemento platina.

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 espécies minerais potássicas, onde aparece como impureza. É um metal alcalino, coloração branco-prateada brilhante, baixa temperatura de fusão, eletropositivo, muito reativo e elevada volatilidade. É encontrado em diversos minerais como a lepidolita, leucita, polucita e zinwaldita. 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 reações atômicas e na fabricação de fogos de artifícios.

Possui isótopo radioativo ⁸⁷Rb fazendo par com o Sr (⁸⁷Rb/⁸⁷Sr) utilizado para estabelecer idades convencionais em rochas para eventos de magmatismos e metamorfismos. O rubídio não apresenta um papel biológico importante conhecido, sendo considerado atóxico. Pode se acumular no organismo junto ao K nos músculos (Mineropar, 2005) e no corpo, quando substitui o K (em grandes quantidades), pode causar irritabilidade e espasmos (Winter, 1998). Não existe exploração do elemento no Brasil.

O elemento rubídio ocorre em mais de 90% das amostras de solo, com teores de até 127 ppm, apresentando anomalias pontuais, sendo as principais localizadas entre Espinosa e Riacho dos Machados, a oeste de Lagamar e no interflúvio dos rios Verde Grande e Urucuia, no bordo leste da bacia. Presente em todas amostras de sedimento, o elemento Rubídio mostra os valores mais elevados, de até 61,7 ppm, na bacia do rio Verde Grande, entre Espinosa e Mamonas e entre Riacho dos Machados e Verdelândia. Outra região que apresenta teores mais elevados é o interflúvio entre os rios Pará e Paraopeba, no bordo oeste do Quadrilátero Ferrífero.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

Re – Rênio

O rênio é um elemento metálico, de coloração prateada clara, com ponto de fusão extremamente elevado (3.180°C) e com uma estrutura cristalina extremamente estável o que o torna excepcionalmente resistente ao calor e ao desgaste. O rênio raramente ocorre como elemento nativo ou em seu próprio sulfeto, a rheniita (ReS₂), podendo substituir o molibdênio na molibdenita (MoS₂). É usado na produção de superligas metálicas de molibdênio e níquel para a fabricação de turbinas de jatos, como catalisador juntamente com a platina, em filamentos de lâmpadas e flashes e tubos usados em vários tratamentos médicos. Seu composto com boro é tão duro quanto o diamante. Tanto em ambiente oxidante quanto em redutor, o Re se comporta como elemento imóvel. A exposição pode causar irritações nos olhos, na pele e, se ingerido dissolvido em líquidos, pode causar irritação do trato respiratório. As propriedades toxicológicas ainda não estão bem definidas. É extraído como subproduto a partir da lavra de molibdênio e do cobre. O Chile contém as maiores reservas e é o maior produtor.

O elemento rênio não foi detectado em nenhuma das amostras de solo nem de sedimento coletadas.

O elemento rênio não foi analisado nas amostras de água.

S – Enxofre e Sulfato

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, mau 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. 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 contêm enxofre, podemos citar a galena, pirita, esfalerita e cinábrio entre outros. 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. Nutriente essencial para todos os organismos vivos. É constituinte de algumas enzimas e vitaminas, neutraliza os tóxicos e ajuda o fígado na secreção da bÍlis. As plantas absorvem o enxofre do solos como íon sulfato. No Brasil parte do enxofre (35%) é obtida 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).

O elemento enxofre foi detectado em 168 amostras de solo distribuídas preferencialmente no bordo leste da bacia, principalmente na bacia do rio das Velhas e no interflúvio dos médios cursos dos rios Pará e Paraopeba, apresentando teores de até 0,16%. O elemento enxofre ocorre em 40% das amostras de sedimento coletadas, com teores de até 0,26%, com anomalias bem definidas nas bacias do rio das Velhas, principalmente na região metropolitana de Belo Horizonte, do rio Verde Grande a norte de Montes Claros e do rio São Francisco a montante da represa de Três Marias.

O ânion sulfato foi dosado nas amostras de água e foi detectado em 97% das amostras de superfície com teor de até 1030 mg/L, distribuídos principalmente na porções nordeste, sul e oeste da bacia, nas regiões do Verde Grande / Jequitaiá, Rio das Velhas e Paraopeba e Paracatu. Seis amostras apresentaram valores acima do limite da legislação de 250 mg/L nas proximidades de Capitão Eneias, Montes Claros e Brumadinho. Mais de 97% das amostras de água de abastecimento detectaram a presença do ânion sulfato, com valor máximo de 183 mg/L.

Sb – Antimônio

O antimônio (do latim – stibium) é um semimetálico de coloração branco-acinzentada, brilho metálico, mau condutor de calor e eletricidade, solúvel em água-régia, sendo por vezes encontrado livre na natureza. O Sb é incorporado aos sedimentos de drenagem na forma de minerais sulfetados detríticos. Tem como principais minerais a estibinita (Sb₂S₃), ulmanita (NiSbS), kermesita (Sb₂S₂O), valentinita (Sb₂O₃), stibiconita [(Sb₃)O₆(OH)] livingstonita (HgSb₄S₈), tetradrita [(Cu,Fe)₁₂Sb₄S₁₃], calcostibita (CuSbS₂) e jamesonita (Pb₄FeSb₆S₁₄). É usado principalmente em ligas junto com o Sn e Pb na fabricação de placas para baterias e revestimentos de cabos; materiais retardadores de chama; semicondutores; indústria da borracha; pigmentos; fabricação de vidros; esmaltes; pinturas; cerâmicas e pequena parte para elaboração de fármacos (compostos injetáveis usados no tratamento da leishmaniose). O Sb não tem papel biológico conhecido e seus compostos são altamente tóxicos. Quando em excesso provoca severos danos ao fígado (Mineropar, 2005; Koljonen et al., 1992). Depósitos do elemento são raros e sempre relacionados às jazidas de Pb Hg e Ag.

O elemento antimônio foi detectado em cerca de 90% das amostras de solo coletadas, apresentando anomalias no limite norte do Quadrilátero Ferrífero, região metropolitana de Belo Horizonte, interflúvio entre os médios cursos dos rios Paraopeba e Pará e a oeste de Vazante, na Faixa Brasília, com valores de até 13,43 ppm. Grande parte das regiões sul e oeste da bacia apresenta valores acima do VRQ da FEAM-MG de 0,50 ppm. Cerca de 84% das amostras de sedimento detectaram a presença do elemento antimônio em valores de até 12,45 ppm, bem acima do máximo permitido pela legislação de 3 ppm. As principais anomalias delineiam perfeitamente o Quadrilátero Ferrífero e a região de Paracatu. Focos isolados ocorrem ao longo do alto rio São Francisco, baixo Paraopeba, a sudoeste da represa de Três Marias e na foz do rio das Velhas.

Apenas 16% das amostras de água de superfície detectaram a presença do cátion antimônio acima do limite de detecção, em valores de até 7,975 mg/L, muito acima do máximo permitido pela legislação que é de 0,005 mg/L. Estes valores elevados ocorrem preferencialmente nos arredores da represa de Três Marias e cabeceira do ribeirão dos Tiros, e em São Brás do Suaçui, no alto Paraopeba.

Pouco mais de 31% das amostras de água de abastecimento detectaram a presença do cátion, em valores de até 0,030 mg/L em São João da Lagoa. Os demais valores acima da legislação foram encontrados em Pintópolis, Gameleiras, Juramento, Montes Claros, Guarda-mor e Paracatu.

Sc – Escândio

O escândio é um elemento de coloração prateada, baixa densidade, alto ponto de fusão e sob a ação do ar adquire película amarelada a rosada. Não é encontrado livre na natureza. Seus principais minerais são a thortveitita $[(ScY)Si_2O_7]$ e a kolbeckita $(ScPO_4 \cdot 2H_2O)$ (Mineropar, 2005). É usado na indústria metalúrgica formando ligas leves e de alta resistência com o Al; fontes de luz (ScI_3) ; o composto Sc_2O_3 é usado em lâmpadas de alta intensidade; quando o Sc é irradiado por uma fonte de nêutrons, passa a emitir uma radiação, com a possibilidade de uso em radioterapia (revista Química Nova na Escola, 2005). Não tem papel biológico conhecido, mas seus compostos são considerados tóxicos e carcinogênicos, apesar de pouco estudados. É extraído como subproduto de depósitos de níquel, ferro e urânio.

Quase todas as amostras de solo coletadas apresentam o elemento escândio em teores de até 121,4 ppm, posicionados quase exclusivamente na porção sul do Quadrilátero Ferrífero. Praticamente todas as amostras de sedimento também detectaram o elemento, com valores de até 28,5 ppm e anomalias posicionadas nas cabeceiras dos rios das Velhas, Paraopeba, Pará, São Francisco e na porção a oeste da represa de Três Marias e nas proximidades de Paracatu.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

Se – Selênio

O selênio é um não metal de coloração cinza, média densidade, baixo ponto de fusão, apresentando efeito fotoelétrico. É um elemento raro na natureza, existindo naturalmente em rochas, sedimentos e solos em estado nativo ou em minerais sulfetados ou como selenato associado a Pb, Hg, Cu, Ag e Th. 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. É um micronutriente para todas as formas de vida, sendo essencial ao organismo humano. No entanto, torna-se tóxico e cancerígeno quando associado a algumas de suas formas orgânicas e se

consumido em quantidades elevadas. 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 e pele amarelada. O selênio é produzido a partir de depósitos de cobre, como subproduto.

Apenas 13 amostras de solo detectaram a presença do elemento selênio, ocorrendo em valores de até 2 ppm principalmente ao longo da margem direita dos rios Jequitaiá, São Francisco e Verde Grande, na região nordeste da bacia. Tais valores estão acima do limite estabelecido pelo VRQ da FEAM-MG de 0,51 ppm. Apenas 67 amostras de sedimento detectaram a presença do elemento selênio em valores de até 8 ppm, também acima do limite da legislação que é de 0,29 ppm. Novamente, todas as amostras são encontradas na porção nordeste da bacia, ao longo do rio Verde Grande.

O cátion selênio foi detectado em 128 amostras das amostras de água de superfície com concentração máxima de 0,015 mg/L, sendo que duas na bacia do rio Paracatu e uma nas proximidades de Riacho dos Machados possuem valor acima do limite legal estabelecido de 0,01 mg/L. O cátion não foi detectado nas amostras de água de abastecimento.

Si – Silício

O silício é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, ficando apenas atrás apenas do oxigênio, que compõe quase a metade de toda a crosta. É encontrado em praticamente todas as rochas e solos. Combinado com o oxigênio forma a sílica (SiO_2) ; com oxigênio e outros elementos (alumínio, magnésio, cálcio, sódio, potássio ou ferro) forma silicatos, sendo os principais quartzo, feldspatos e mica. É um componente essencial da grande maioria das rochas que formam a crosta terrestre. É utilizado para a produção de ligas metálicas, na preparação de silicones, na indústria cerâmica, na fabricação de vidros, na indústria eletrônica e microeletrônica, para a produção de chips, células solares e em diversas variedades de circuitos eletrônicos, entre outros. Apesar de sua abundância, não é nutriente nem essencial às formas de vida. A exposição ocupacional à poeira contendo silício apresenta o maior risco à saúde humana, causando silicose. O quartzo em suas variadas formas e cores é encontrado em grandes quantidades nos estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia.

O cátion silício foi analisado apenas nas amostras de água, sendo detectado em mais de 90% das amostras de água de superfície, apresentando um valor máximo de 72,5 mg/L. Os maiores teores distribuem-se pelo alto curso do rio São Francisco, Pará e Paraopeba, a norte da represa de Três Marias. Todas as amostras de água de abastecimento apresentaram o elemento silício, com teor máximo de 25,19 mg/L. Os maiores valores são encontrados na mesma região da água de superfície e nas cabeceiras dos rios Jequitá e Verde Grande.

Sn – Estanho

O estanho (do latim – stannum) é um metal siderófilo, de coloração branco-metálica brilhante, maleável, bom condutor de eletricidade e de calor, resistente à corrosão, inerte ao oxigênio em condições ambiente, e que apresenta baixa temperatura de fusão em relação aos outros metais. Cassiterita (SnO_2) é a principal fonte, embora pequenas quantidades de estanho sejam recuperadas de sulfetos complexos tais como a estanita (Cu_2FeSnS) e teallita (PbSnS_2). É usado em ligas metálicas, desde a antiguidade pela sua liga com o cobre (Idade do Bronze – 3.300 a.C.), em galvanoplastia, solda (Pb-Sn), componentes eletrônicos, objetos decorativos, na fabricação de molas e espelhos, remédios e fungicidas. Seus compostos orgânicos são considerados extremamente tóxicos, e em níveis elevados podem ser carcinogênicos e teratogênicos (Lopes Jr., 2007; Mineropar, 2005). As principais minas do Brasil são a mina do Pitinga (AM) e a Província Estanífera de Rondônia (DNPM, 2009).

Pouco mais de 90% das amostras de solo coletadas detectaram o elemento estanho em valores de até 10,5 ppm, principalmente na região sul da bacia e a oeste da represa de Três Marias. O valor de referência do NOAA SQRT é muito baixo e metade da área da bacia fica fora de seus limites de prevenção. Praticamente todas as amostras de sedimento mostraram a presença do elemento Estanho com um teor máximo de 363,1 ppm, que ocorre a sul de Bom Despacho.

Apenas 18 amostras mostraram a presença do cátion estanho nas amostras de água de superfície, com valor máximo de 0,015 mg/L, ocorrendo preferencialmente nas cabeceiras dos rios Paraopeba e ribeirão dos Tiros. O elemento não foi detectado nas amostras de água de abastecimento.

Sr – Estrôncio

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

cidade e que se oxida rapidamente quando exposto ao ar. Durante o intemperismo é facilmente mobilizado, principalmente em ambientes oxidantes ácidos. O conteúdo de Sr nos solos é fortemente controlado pela rocha-fonte e pelo clima; com isto suas razões variam nos horizontes superficiais, sendo fortemente lixiviado em solos ácidos (Kabata-Pendias & Pendias, 1992; Koljonen et al., 1992). Seus principais minerais são a celestita (SrSO_4) e a estroncianita (SrCO_3). É usado no refino de açúcar, na síntese da gema fabulita (titanato de estrôncio), fogos de artifício (nitratos), composição de pigmentos (cromatos), fabricação de cerâmicas, medicina, odontologia, vidros para tubos de imagem de TV, ímãs de ferrita e cremes dentais. O isótopo ^{90}Sr é usado em radioterapia e em geradores para converter diretamente radiação em energia elétrica. O ^{87}Sr radioativo é produzido pela desintegração do ^{87}Rb radioativo (método Rb-Sr utilizado para datação de rochas). O elemento não é tóxico, exceto a forma radioativa (^{90}Sr artificial, remanescente de explosões nucleares). Por se assemelhar ao Ca, o Sr é absorvido pelo corpo e armazenado nos ossos em substituição ao primeiro. O isótopo ^{90}Sr se ingerido, é perigoso, pois ao ocupar o lugar do Ca na estrutura óssea pode causar câncer (Lopes Jr., 2007). No Brasil há apenas um pequeno depósito não comercial de celestita em rochas sedimentares da bacia do Apodi, RN, e uma ocorrência na bacia do Araripe, CE (Lima et al., 1994).

O elemento estrôncio ocorre em 78% das amostras de solo coletadas, apresentando valor máximo de 58,6 ppm, acima do valor legal definido pelo VRQ da FEAM-MG, mas abaixo do valor de prevenção do NOAA SQRT, que é de 120 ppm. As anomalias são pontuais, ocorrendo em maior extensão areal em três locais, de Riacho dos Machados até Espinosa, no nordeste da bacia, a oeste da represa de Três Marias e na região de Pains, entre outras. Praticamente todas as amostras de sedimento detectaram a presença do elemento estrôncio, com valor máximo de 1292 ppm, bem acima do limite legal de prevenção do NOAA SQRT de 49 ppm. As anomalias de sedimento são mais bem definidas por teores de até 1292 ppm e com maior extensão areal, abrangendo praticamente toda a bacia do rio Verde Grande e margem direita do rio São Francisco a partir da foz do rio Jequitá. As regiões a oeste da bacia entre São Gotardo e Arapuá, a de Pains e a região metropolitana de Belo Horizonte também são bem definidas.

Quase 80% das amostras de água de superfície detectaram o cátion estrôncio em valor máximo de

2,61 mg/L, ocorrendo principalmente em toda a bacia do Verde Grande e Jequitaí, entre Belo Horizonte e Sete Lagoas, próximo a Pains e a Paracatu. Praticamente todas as amostras de abastecimento detectaram o cátion estrôncio, em valores muito elevados em alguns casos, de até 107 mg/L em São João da Lagoa.

Ta – Tântalo

O tântalo é um metal extremamente dúctil e maleável, inclusive em baixas temperaturas, sendo considerado um elemento de abundância razoavelmente baixa na crosta terrestre, com poucos depósitos conhecidos. É encontrado frequentemente associado com nióbio e tório e elementos radioativos, como o urânio. Seu principal mineral é a tantalita (Ta), que forma uma série com a columbita (Nb). É usado na fabricação de capacitores na indústria eletrônica, em superligas para produzir peças de motores a jato, mísseis e reatores nucleares, na manufatura de próteses para o tratamento de fraturas e marca-passos cardíacos. Sua utilização cresceu principalmente a partir dos anos de 1980, impulsionada pela crescente demanda da indústria de componentes eletrônicos. Normalmente não causa problemas quando manuseado em laboratório; entretanto, deve ser considerado como altamente tóxico, porque há evidência de que os compostos de tântalo podem causar tumores, e a poeira do metal é explosiva. No Brasil, as maiores lavras ocorrem no Rio Grande do Norte (Borborema), no Amazonas e no interior do Amapá (DNPM, 2015).

O elemento tântalo foi detectado em apenas 20 amostras de solo, com valor máximo de 0,24 ppm localizado a oeste de Paracatu. As anomalias são pontuais e localizadas. Apenas 13% das amostras de sedimento detectaram a presença do elemento tântalo, com teor máximo de 6,62 ppm. Ocorrem praticamente duas grandes regiões anômalas localizadas no médio curso do rio das Velhas, entre Sete Lagoas e Corinto. Outros pequenos focos ocorrem na cabeceira do rio das Velhas, próximo a Bambuí e Várzea da Palma.

O elemento tântalo não foi analisado nas amostras de água.

Te – Telúrio

O telúrio é um semimetal (metaloide), frágil e facilmente pulverizável. É um elemento raro, às vezes encontrado na forma nativa, porém mais frequentemente na forma de telureto de ouro ou, em pequena

quantidade, combinado com outros metais constituindo diversos minerais como altaíta (PbTe), calaverita (AuTe₂), coloradoíta (HgTe), rickardita (Cu₇Te₅), petzita (Ag₃AuTe₂), silvanita ((Ag,Au)Te₂) e tetradiimita (Bi₂Te₂S) e na forma de dióxido (TeO₂). A maior aplicação do telúrio é em ligas com outros metais, em cerâmicas, adicionado à borracha, como pigmento azul em vidros. Também é usado em espoletas de explosivos e apresenta potenciais aplicações em painéis solares como telureto de cádmio. 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 a baixas concentrações) pode causar desde ressecamento na boca e hálito desagradável a dores de cabeça e vertigens. O telúrio é obtido principalmente como subproduto na produção de cobre, chumbo, níquel, prata e ouro.

O elemento telúrio foi detectado em um terço das amostras de solo coletadas, apresentando um teor máximo de 0,35 ppm. O elemento distribui-se em valores pontuais, principalmente ao longo do bordo direito da bacia e ao longo do rio Jequitaí. Apenas 19% das amostras de sedimento detectaram a presença do elemento telúrio, com valor máximo de 1,14 ppm, de forma mais localizada que no solo. Três regiões se destacam: a cabeceira do rio São Francisco no extremo sudoeste da bacia, o rio Pardo, a sudeste de Chapada Gaúcha e a foz do rio Coxá em Juvenília, no extremo norte da bacia.

As amostras de água não foram analisadas para o elemento telúrio.

Th – Tório

O tório é um metal da série dos actinídeos, sendo o isótopo ²³²Th o único disponível na natureza, sólido, de cor branca brilhante a prateada, e quando exposto ao ar é levemente radioativo. É um condutor intermediário de calor e corrente elétrica, litófilo e concentrando-se nas partes superiores da litosfera (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Os minerais de tório são geralmente resistatos, concentrando-se nos sedimentos residuais em areias e placers como minerais pesados (Koljonen, 1992). Os principais minerais de tório são a monazita [(Ce,La,Nd,Th,Y)PO₄], a thoriata [(Th,U)SiO₄] e a euxenita [(Y,Ca,U,Th)(Nb,Ta,Ti)2O₆]. Seus principais usos são como fonte de energia nuclear (no processo de obtenção de ²³³U), ligas metálicas com o Mg, catalisador de reações, fabricação de

filamentos de W e células fotoelétricas. 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 ^{230}Rn e o ^{208}Pb . No Brasil, o tório é encontrado incluso no minério de ferro-nióbio nas minas de Catalão-Ouvidor em Goiás, e em intrusões alcalinas na borda NE da bacia do Paraná.

Quase todas as amostras de solo coletadas detectaram a presença do elemento tório, com valor máximo de 47,4 ppm, definindo duas principais regiões anômalas, uma no extremo norte da bacia, próximo a Espinosa e outra, bem mais extensa, na borda sul da bacia, no interflúvio dos rios Pará e alto curso do São Francisco. Praticamente todas as amostras de sedimento coletadas também detectaram o elemento tório, com valor máximo de 140 ppm. As duas áreas anômalas definidas pelas amostras de solo ampliam-se com as curvas de tendência do sedimento e aparecem outras, na região metropolitana de Belo Horizonte, em Gouveia e Datas, e próximo a Paracatu.

As amostras de água não foram analisadas para o elemento tório.

Ti – Titânio

O titânio é um elemento litófilo. Quando puro, é um metal branco e brilhante, que ocorre em três estados de oxidação (Ti^{2+} , Ti^{3+} e Ti^{4+}) e possui boa resistência mecânica à corrosão. É o nono elemento mais comum na crosta terrestre (Koljonen, 1992). Seus principais minerais são a ilmenita (FeTiO_3), rutilo (TiO_2) e suas variedades polimórficas brookita e octaedrita/anatásio, e sphene/titanita (CaTiSiO_5), além dos pouco comuns perovskita (CaTiO_3) e loparita ($(\text{Ce},\text{Na},\text{Ca})(\text{Ti},\text{Nb})\text{O}_3$). É usado na confecção de ligas na indústria aeroespacial, confecção de próteses ortopédicas; indústria bélica; como refletor de radiação infravermelha (Mineropar, 2005). A maior parte dos concentrados provenientes dos minerais de titânio é destinada à produção de pigmentos. Não tem papel biológico conhecido até o momento e não é tóxico, mas suspeita-se de ser carcinogênico. No Brasil os principais depósitos se localizam na zona costeira dos estados do RJ, ES, PB, RN, BA e RS, sendo a jazida tipo placer de Mataraca-PB a mais importante (Biondi, 2003)

Pouco mais de 60% das amostras de solo coletadas detectaram a presença do elemento titânio, com valor máximo de 0,37 %, definindo duas principais áreas anômalas no Quadrilátero Ferrífero e próximo a Abaeté. Quase 60% das amostras de sedimento de corrente coletadas detectaram a presença do elemento titânio, com valores de até 1,18%, em grandes áreas anômalas que cobrem toda a porção sudoeste desde a cabeceira do São Francisco até a cabeceira do Abaeté, a região do médio Pará, Paraopeba, a cabeceira e a foz do rio das Velhas, a cabeceira do rio Jequitai e a região de Gouveia e Datas no limite leste da bacia.

Pouco menos de 10% das amostras de água de superfície coletadas detectaram a presença do cátion titânio, com concentrações de até 0,046 mg/L, que ocorrem principalmente nas cabeceiras de todos os grandes contribuintes desta bacia, com exceção dos rios das Velhas e do Paracatu. Apenas 16 amostras de água de abastecimento detectaram a presença do cátion titânio, com teor máximo de 0,020 mg/L na cidade de Unai, no noroeste da bacia.

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 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 áridas. Seus principais minerais são a pechblenda, variedade impura da uraninita (UO_2), e a carnotita [$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$]. É usado como combustível nuclear para geração de energia elétrica, explosivos nucleares e produção de raios X. Não é um elemento nutriente e ocorre em alguns locais devido a vazamentos e acidentes em usinas nucleares e no armazenamento do lixo atômico. Por ser radioativo e bioacumulativo, pode causar sérios problemas ao sangue, ossos, rins e fígado, sendo altamente carcinogênico (ATSDR, 1999). No Brasil, as principais jazidas estão na Bahia (Lagoa Real, município de Caitité), no Ceará (Itataia, município de Santa Quitéria) e em Minas Gerais (Poços de Caldas).

O elemento urânio foi detectado em praticamente todas as amostras de solo coletadas, apresentando

valor máximo de 16,16 ppm, maior que o valor de atenção do NOAA SQRT de 5 ppm. As grandes anomalias de solo situam-se nos interflúvios do alto curso do rio São Francisco e do rio Pará, nas cabeceiras dos rios Pará, Paraopeba e das Velhas, em Rio Acima, na cabeceira do rio Jequitáí e no extremo nordeste da bacia, de Riacho dos Machados a Espinosa. Cerca de 98% das amostras de sedimento detectaram a presença do elemento urânio, com valores de até 13,41 ppm. As áreas anômalas coincidem com as de solo, sendo um pouco ampliadas e aparecendo valores anômalos também em Datas e Gouveia, a norte da represa de Três Marias e em Paracatu.

O elemento Urânio não foi analisado nas amostras de água.

V – Vanádio

O vanádio é um metal de cor branco-prateada, macio, dúctil, litófilo, e que ocorre em vários estados de oxidação. Não é encontrado livre na natureza e ocorre junto com o urânio em sedimentos ricos em matéria orgânica, notadamente em ambientes redutores (Koljonen et al., 1992). Seus principais minerais são a carnotita $[K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O]$, ferghanita $[U_3(VO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ e vanadinita $[Pb_5(VO_4)_3Cl]$. 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). É usado principalmente como componente da liga Fe-V, na indústria de aços especiais e como compostos químicos em agentes catalisadores. 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 (Mineropar, 2005). No Brasil, o vanádio pode ser encontrado no município de Maracás-BA, mas ainda não há produção no país na forma de metal (DNPM 2009).

O elemento vanádio foi detectado praticamente em todas as amostras de solo coletadas com valor máximo de 515 ppm, em anomalias pontuais, sendo as duas mais extensas na cabeceira do Paraopeba e Abaeté. Vários locais apresentam valores acima do VRQ da FEAM-MG de 128,51 ppm. Cerca de 99% das amostras coletadas de sedimento detectaram a presença do elemento vanádio, com teores de até 363 ppm, delineando uma grande anomalia que se estende da cabeceira do Abaeté à represa de Três Marias e na cabeceira do Paraopeba, semelhante a delineada

pelas amostras de solo. Ocorrem ainda mais regiões anômalas nas proximidades de Montes Claros e Uruanã de Minas.

O cátion vanádio foi detectado em apenas 7% das amostras de água de superfície, sendo obtido valor máximo de 0,49 mg/L, mais elevado do que os parâmetros legais de permissividade. A grande maioria das amostras anômalas ocorre entre os rios Paracatu e Preto, em amostras na foz, próximas ao São Francisco entre o rio das Velhas e o Uruçuia, e depois próximo de Manga e a foz do Carinhonha e na bacia do Verde Grande e bordo nordeste da bacia do São Francisco. Cerca de 75% das amostras de água de abastecimento detectaram a presença do cátion vanádio, com teores de até 0,05 mg/L, sem ocorrência de valores fora dos limites permitidos pela Legislação.

W – Tungstênio

O tungstênio, também conhecido como wolfrâmio, 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. Ocorre principalmente nos minerais scheelita ($CaWO_4$) e wolframita $[(Fe,Mn)WO_4]$, que são muito resistentes ao intemperismo e costumam ser concentrados em areias (*placers*) junto com outros minerais pesados. É usado principalmente no setor de ferro-ligas (Fe, Ni ou Co); na forma de carbeto (WC e W_2C), tipo *widia* (conhecido como metal duro), em brocas de perfuração (*bits*), nas indústrias de produtos químicos e de curtumes (Mineropar, 2005). Não possui papel biológico conhecido e todos os seus compostos são levemente tóxicos; não é considerado carcinogênico (ATSDR, 1999). No Brasil, o tungstênio (scheelita) é encontrado no Rio Grande do Norte e Paraíba (principalmente nas minas da região do Seridó, porção central do RN), bem como nos estados do Pará e Rondônia (Fonte: DNPM, 2009).

O elemento tungstênio ocorre em um terço das amostras de solo coletadas com valor máximo de 170,2 ppm, delineando duas principais regiões anômalas ao redor de Gouveia e a norte da represa de Três Marias, na margem esquerda do rio São Francisco. Aproximadamente 45% das amostras de sedimento coletadas mostraram a presença do elemento tungstênio, com teor máximo de 19,8 ppm delineando anomalias bem localizadas em 9 regiões distintas: porção leste do Quadrilátero Ferrífero, cabeceira do rio Paraopeba, interflúvio do Pará e Paraopeba, cabeceira do rio São Francisco, nas proximidades das cidades de Bonfinópolis, Uruçuia, Cônego Marinho e

entre Montalvânia e Miravânia, todas na margem esquerda do São Francisco na porção noroeste da bacia e próximo a Gameleira, na porção nordeste da bacia.

O elemento tungstênio não foi analisado nas amostras de água.

Y – Ítrio

O ítrio, embora não seja um lantanídeo, é considerado por vários autores como um dos ETR (elementos de terras-raras), devido às suas semelhanças geoquímicas e metalúrgicas. Possui cor prateada metálica, é dúctil, reativo e estável em contato com o ar. Tem como principais minerais o xenotímio (YPO₄), a fergusonita [(Y(Nb,Ta)O₄)] e a monazita [(Y,La,Nd,Th,Ce)PO₄]. É bastante utilizado na confecção de ligas de Al e Mg para aumentar a resistência em vidros ópticos, cerâmicas supercondutoras, catalisadores, *lasers* infravermelhos e filtros de micro-ondas. Na medicina, alguns de seus isótopos radioativos são usados na radioterapia do câncer. Não possui função biológica conhecida, sendo considerado levemente tóxico e suspeito de ser carcinogênico (Mineropar, 2005). No Brasil, o ítrio é obtido como subproduto em rochas alcalinas na mina Barreiro, Araxá-MG, (Biondi, 2003).

O elemento ítrio foi detectado em todas as amostras de solo, apresentando anomalias muito pontuais com valor máximo de 97,62 ppm nas proximidades de São Sebastião do Oeste. O elemento ítrio também foi detectado em todas as amostras de sedimento, apresentando um valor máximo de 60,97 ppm próximo a Gouveia, em anomalias igualmente pontuais sem expressão areal importante.

O elemento ítrio não foi analisado nas amostras de água.

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. Tem como principais minerais: esfalerita (ZnS), smithsonita (ZnCO₃), hidrozincita [Zn₅(CO₃)₂(OH)₆], zincita (ZnO), calamina [Zn₄Si₃O(OH)₂], willemita (Zn₂SiO₄) e franklinita [(Zn,Mn,Fe)₂O₄]. Os compostos de Zn possuem uma variada utilização na indústria (desodorantes, xampu, tintas luminescentes, cosméticos, borrachas, tintas, pilhas e baterias etc.). É utilizado também em ligas como latão e o bronze, entretanto seu uso principal está no processo de galvanização.

Elemento-traço essencial para os sistemas vivos é encontrado em todos os tecidos e fluidos do corpo humano, sendo essencial para o crescimento, desenvolvimento e reprodução (Koljonen *et al.*, 1992). O Zn metálico e seus compostos não são considerados tóxicos, salvo em elevadas quantidades, mas alguns sais podem ser carcinogênicos (ATSDR, 1999). O Brasil tem as principais jazidas nos estados de Minas Gerais e Paraná (DNPM 2009).

O elemento zinco foi detectado em 90% das amostras de solo coletadas, definindo diversas anomalias pontuais e uma extensa nas proximidades de Vazante, na cabeceira do rio Paracatu, predominantemente em sua margem direita, com valores de até 185 ppm. Em todos estes focos pontuais anômalos, o valor encontrado excede o valor de VRQ da FEAM-MG de 46,3 ppm. Mais de 98% das amostras de sedimento coletadas detectaram o elemento zinco, configurando três grandes regiões anômalas e diversos outros focos pontuais. Estas regiões são a parte norte do Quadrilátero Ferrífero, a região de São Gotardo, e a região que se estende desde Lagamar até Paracatu, com teor máximo obtido de 814 ppm. Em todos os focos delineados são obtidos valores acima do máximo permitido pela legislação que é de 123 ppm.

Quase 43% das amostras de água de superfície coletadas detectaram a presença do cátion zinco, em concentrações de até 3,216 mg/L, ocorrendo preferencialmente na região de Congonhas, em toda a margem esquerda do São Francisco nas proximidades das cabeceiras dos rios Abaeté, Paracatu, Preto, Uruçuaia, Peruaçu e Carinhanha e nas cabeceiras e bacia do rio Verde Grande, na margem direita. Os valores estão acima do valor de atenção da resolução CONAMA 357 de 0,18 mg/L, mas abaixo do limite da Portaria MS 2914 de 5 mg/L. O elemento foi detectado em 95% das amostras de água de abastecimento coletadas obtendo valor máximo de 4,27 mg/L em São João da Lagoa.

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. Ocorre como zircão (ZrSiO₄), também conhecido como zirconita ou zircônia, e baddeleyita (ZrO₂) e eudialita [Na₁₅Ca₆(Fe,Mn)₃Zr₃SiO(O,OH,H₂O)₃] ou enriquecido na titanita (Mineropar, 2005). O zircão é um dos minerais mais resistentes ao

intemperismo (resistato), sendo concentrado em sedimentos atuais arenosos do tipo *placers* (Koljonen *et al.*, 1992). É usado 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. Não é conhecida função na fisiologia animal e vegetal. No Brasil, as reservas encontram-se distribuídas nos estados do AM, RJ, MG, PB, TO e BA (DNPM, 2009).

O elemento zircônio foi detectado em mais de 97% das amostras de solo coletadas, obtendo valor máximo de 77,6 ppm, ocorrendo em anomalias pontuais concentradas principalmente no interflúvio entre os rios Paracatu e São Francisco, a oeste da represa de Três Marias. Em mais de 96% das amostras de sedimento coletadas o elemento zircônio foi encontrado, com valor máximo de 69,5 ppm delineando 5 regiões anômalas principais: no limite oeste da bacia, nas cabeceiras do rio Abaeté a oeste da represa de Três Marias, no médio curso do rio Pará, no médio curso do rio Paraopeba, no interflúvio dos rios Paraopeba e das Velhas na altura de Corinto e nas proximidades de Gouveia. A concentração do elemento na porção sul da bacia é muito evidente no mapa de tendência do elemento zircônio.

O elemento zircônio não foi analisado nas amostras de água.

CONCLUSÕES

Os trabalhos efetuados nas 11 subbacias do rio São Francisco evidenciaram diversas regiões cujos resultados encontram-se definindo zonas com altas concentrações ou com concentrações acima dos parâmetros legais definidos pelas legislações estaduais,

federais e indicativos internacionais para todos os meios trabalhados.

Ao longo dos anos de execução do projeto em Minas Gerais, diversos trabalhos foram elaborados apresentando esses resultados, com destaque para os indicados no item Discussão de Resultados.

De uma forma geral, sendo Minas Gerais o estado das minas gerais, tivemos a comprovação de que a metodologia regional de baixa densidade é capaz de identificar alvos de grande porte que definem regiões economicamente ativas, definir sua extensão, bem como a temporalidade das atuações antrópicas quando comparados são os resultados de água e de sedimento para um mesmo elemento no mesmo ponto de drenagem.

Nossa malha de solo, 25 x 25 km mostrou-se muito aberta, embora ela tenha tido bom resultado em estados com menor variação geológica. A metodologia atual envolve a inclusão de mais uma amostra no centro da folha 1:100.000 além da coleta das amostras Top (de 0,00 a 0,20 m) associadas às do topo do Horizonte B (sub).

Todos os dados estão disponibilizados em nossa página da internet (www.cprm.gov.br), na seção relacionada ao DEGET, em Geologia Médica – Atlas Geoquímicos. Em breve todos os dados estarão também no GeoSGB, nosso banco de dados de trabalhos geocientíficos. Eles podem também ser fornecidos em formato de shape para trabalhos específicos, que gostaríamos de ver, estimulados com a divulgação destes resultados. Trabalhos de Conclusão de Curso, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado na área das geociências ou na área médica podem utilizar nossos dados de forma a ampliar o conhecimento sobre determinada região ou elemento.

-
-
-

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS

- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY – ATDSR. **Hazardous Substances release. Health effect database**. Atlanta: Public Health Statement, 1995. Disponível em < <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=107> > Acesso em: 25 mai. 2017
- BAGGIO, Hernando. 2008. **Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em água superficial e sedimento de corrente na Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, 2008**. 216 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- BIONDI, João Carlos. **Processos metalogenéticos e os depósitos minerais brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003. 528 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357**, 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. Brasília: MMA, 2005. 23 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 396**, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília: MMA, 2008. 11 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade 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. Brasília: MMA, 2009. 16 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 454**, 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. Brasília: MMA, 2012. 17 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS 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.
- BRITISH GEOLOGICAL SURVEY. **Platinum-group elements. Mineral Profile**, Nottingham, UK, 32 p., Sep. 2009. Disponível em: <<https://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/mineralProfiles.html>>. Acesso em: 27 nov. 2016.
- BUCHMAN, Michael F. **NOAA screening quick reference tables**. Seattle, WA: NOAA, 2008. 34 p. (NOAA OR&R Report 08-1). Disponível em: < <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/9327> >. Acesso em: 28 nov. 2016.
- CUNHA, Fernanda Gonçalves da; MACHADO, Gilberto José. Geoquímica ambiental. In: **Projeto APA SUL RMBH: estudos do meio físico**. Belo Horizonte: CPRM, 2005. v. 7, 80 p. Programa Informações para Gestão Territorial - GATE.
- JOHN, David. **Rhenium: a rare metal critical to modern transportation**. Reston, VA: USGS, Apr. 2015. 2 p. (Fact Sheet 2014–3101). USGS mineral resources program. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/fs/2014/3101/pdf/fs2014-3101.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- KABATA-PENDIAS, Alina; PENDIAS, Henryk. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1992.
- KOLJONEN, Tapio (Ed.). **The geochemical atlas of Finland: part 2: till**. Espoo: Geological Survey of Finland, 1992. 218 p.
- LOPES JR., Idio. **Atlas geoquímico do Vale do Ribeira: geoquímica dos sedimentos ativos de corrente**. 2. ed. rev. São Paulo: CPRM, 2007. 77 p.
- MACHADO, Marcely Ferreira; SILVA, Sandra Fernandes da (Org.). **Geodiversidade do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2010. 1 DVD. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.
- MINAS GERAIS (Estado). **Deliberação normativa COPAM nº 166**, de 29 de junho de 2011. Altera o anexo I da Deliberação normativa conjunta COPAM CERH nº 2 de 6 de setembro de 2010, estabelecendo os valores de referência de qualidade dos solos. Belo Horizonte: COPAM, Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2011. 6 p.
- MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Atlas geoquímico do estado do Paraná: geoquímica das águas superficiais, geoquímica dos sedimentos de fundo**. Curitiba: MINEROPAR, 2001. 71 p.
- MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Geoquímica de solo: horizonte B: relatório final de projeto**. Curitiba: MINEROPAR, 2005. 2 v.
- SUMÁRIO Mineral 2009. Brasília: DNPM, v. 29, jun. 2010. 104 p.
- SUMÁRIO Mineral 2011. Brasília: DNPM, v. 31, 2012. 135 p.
- TRINDADE, W.M. 2010. **Concentração e distribuição de metais pesados nos sedimentos do Rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora: fatores naturais e antrópicos**. 2010. 173 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- VIGLIO, Eduardo Paim; CUNHA, Fernanda Gonçalves da. **Projeto geoquímica multiuso no estado de Minas Gerais: a bacia do rio das Velhas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 12.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY, 8., 18-22 out. 2009, Ouro Preto. [Anais...]. [S.l.]: SBGq, 2009.
- VIGLIO, Eduardo Paim; CUNHA, Fernanda Gonçalves da. **Atlas geoquímico da bacia do rio das Velhas**. Belo Horizonte: CPRM, 2010. 181 p. il. color. Programa Geologia do Brasil. Projeto Geoquímica Multiuso no Estado de Minas Gerais.

VIGLIO, Eduardo Paim. **O Alumínio nas Bacias dos rios São Francisco e Doce no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2010. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17285>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

VIGLIO, Eduardo Paim; VELASQUEZ, Leila Nunes Menegasse; BAGGIO, Hernando. **Use of Regional Geochemical Prospecting of Fluorine in Sub-Basins of the Middle São Francisco River, North of Minas Gerais State, Brazil**. In: International Conference on Medical Geology, 4, 2011, Itália. Book of Abstracts. Bari: Digitalabs Pub, 2011. p. 260.

VIGLIO, Eduardo Paim; TRINDADE, Wallace Magalhães; BAGGIO, Hernando. **Anomalias de Cd, Pb e Zn na Bacia do Rio São Francisco, Estado de Minas Gerais, Brasil**. In: International Symposium on Environmental Geochemistry, 9, 2012, Aveiro. Book of Abstracts. Aveiro: PLM-plural, S.A, 2012. p. 200-201.

VIGLIO, Eduardo Paim; CUNHA, Fernanda Gonçalves da; ROCHA, Jully Barbosa; PAULA, Sara Cirlene de. **Geoquímica MultiUso em MG - O Atlas Geoquímico da Bacia do São Francisco no Estado de Minas Gerais**. In: Congresso

Brasileiro de Geologia, 47., 2014, Salvador. Anais do 47º Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador: SBG – Núcleo Bahia, 2014. p. 1235.

Vulcan, Tom. **Rhenium: son of Moly**. Disponível em: <<http://www.etf.com/sections/features-and-news/1002-rhenium-son-of-moly?nopaging=1>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

WINTER, Mark. **WebElements: the periodic table on the WWW**. Reino Unido: The University of Sheffield, [200-?]. Disponível em: <<https://www.webelements.com/>>. Acesso em: 05 jul. 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking water quality: recommendations. 3rd ed. Geneva: WHO, 2008. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf>. Acesso em: 13 set. 2010.

ZIENTEK, Michael Leslie; LOFERSKI, Patricia J. **Platinum-group elements: so many excellent properties**. Reston, VA: USGS, Jul. 2014. 2 p. (Fact Sheet 2014–3064). USGS mineral resources program. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/fs/2014/3064/pdf/fs2014-3064.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.



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

