



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

BRUNO MACHADO CALIL ELIAS

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA DAS ÁGUAS DE
ABASTECIMENTO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

RIO DE JANEIRO

2012

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA DAS ÁGUAS DE
ABASTECIMENTO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Monografia apresentada à Universidade
Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como
requisito necessário para obtenção do grau em
Geologia.

ORIENTADORES: Prof. Dra. Cícera Neysi de Almeida
Prof. Dr. Gérson Cardoso da Silva Jr.

RIO DE JANEIRO

2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Elias, Bruno Machado Calil

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO / Bruno Machado Calil Elias – Rio de Janeiro, 2012, 116p.

Monografia de graduação em Geologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

BRUNO MACHADO CALIL ELIAS

CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO
DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Monografia apresentada à Universidade
Federal do Rio de Janeiro como requisito
parcial para obtenção do grau em Geologia.

Aprovada em setembro de 2012

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Cícera Neysi de Almeida

Prof. Dr. Gérson Cardoso da Silva Jr.

Prof. Dr. José Carlos Sícoli Seoane

Dedico esse trabalho às pessoas que me ensinaram e me deram suporte para ser a pessoa que sou hoje.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por sempre ter iluminado meus caminhos, minhas escolhas e minha vida, e também pelas faculdades físicas e mentais em perfeitas condições para absorver o conhecimento geológico. Agradeço por ter me glorificado com a dádiva de viver.

Agradeço a minha família, pela base dada, pela infraestrutura que me serviu de apoio para chegar onde estou. Pelo carinho e pela dedicação de meus pais, que desde sempre priorizaram a nossa educação, a minha e a de meus irmãos, também agradeço a eles pelas experiências compartilhadas, pelo companheirismo, pelas conversas e pela amizade fraterna.

Agradeço a minha companheira pela paciência, pelo carinho, pela ajuda e pelo amor compartilhado, esses que também se mostraram fundamentais.

Agradeço aos meus amigos de curso, pelos conhecimentos geológicos trocados, pelas longas conversas geradas, que certamente foram fundamentais no nosso coletivo desenvolvimento.

Agradeço aos meus professores, pelo conhecimento disseminado para nós alunos, por transmitir a sabedoria de suas longas jornadas acadêmicas e científicas. Agradeço em especial a minha professora orientadora Cícera Neysi de Almeida, que sempre demonstrou paciência e me deu a assistência necessária, estando presente sempre que foi preciso, me ajudando e me ensinando.

Agradeço ao professor Gérson Cardoso Júnior pela paixão em ensinar hidrogeologia, pelos conhecimentos transmitidos durante as aulas, pela atenção dada a nós alunos, e por nos mostrar tantas vertentes interessantes no ramo das águas.

Agradeço à CPRM pela oportunidade dada, sem essa não seria possível à realização desse trabalho. Obrigado pelo voto de confiança e pela infraestrutura fornecida.

RESUMO

Palavras-chave: Água de abastecimento; Rio de Janeiro; mapas pontuais; pH; oxigênio dissolvido; condutividade elétrica; temperatura; brometo; cloreto; fluoreto; fosfato; nitrato; nitrito; sulfato

Esse trabalho está integrado ao Programa Levantamento Geoquímico do PPA (Projeto Plurianual de Desenvolvimento) ao qual o órgão CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil) está vinculado. Amostras de água bruta (antes de receber o tratamento) foram coletadas em diferentes Estações de Tratamento de Água (ETAs), em nascentes de serras, em poços credenciados ou não pelo governo, em todo o Estado do Rio de Janeiro. Parâmetros físico-químicos, tais como: potencial de hidrogênio (pH), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE) e temperatura (T) das águas de abastecimento foram analisados *in situ* através da multisonda modelo oakton WP600, e em laboratório através de cromatografia iônica e pelo método SM 4110. Os ânions analisados foram: brometo, cloreto, fluoreto, fosfato, nitrato, nitrito e sulfato e suas concentrações (em mg/l) disponibilizadas na forma de mapas temáticos pontuais, confeccionados no *software* “ArcGis 9.3”. Valores estabelecidos pelo CONAMA para esses parâmetros são apresentados e posteriormente os pontos são analisados de acordo com esses valores vigentes, avaliando onde que há discrepância entre os valores ou possíveis anomalias. No que se refere ao pH, nenhum valor ficou a cima do permitido (>9), porém foram observados valores que ficaram abaixo do limite estabelecido (<6). Referente ao OD, os valores que ultrapassaram o limite estabelecido pelo CONAMA foram registrados em poços e nos rios da região metropolitana do Rio de Janeiro. A distribuição de altas concentrações de cloreto, brometo, sulfato e condutividade elétrica em rios e poços situados na região litorânea, foram associadas ou à interação entre o ambiente fluvial costeiro com o ambiente marinho mais salino ou através de intrusão da cunha salina. Fosfato foi encontrado em maior concentração em um poço localizado na Estrada Velha de Jaconé-Squarema, e no riacho Mato Grosso-Roncador na ETA de Sampaio Correa. As concentrações de fluoreto, nitrato e nitrito encontradas não ultrapassaram o estabelecido pelo CONAMA.

ABSTRACT

Keywords: Water supply, Rio de Janeiro; maps of points, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, temperature, bromide, chloride, fluoride, phosphate, nitrate, nitrite, sulfate.

This work is integrated into the Geochemical Survey Program of the MAP (Multiannual Project Development) to which CPRM is bound. Samples of raw water (before receiving the treatment) were collected at different water treatment stations (ETA) in the entire State of Rio de Janeiro. Physic-chemical parameters, such as the, potential hydrogen (pH), dissolved oxygen (DO), electrical conductivity (EC) and temperature (T) were analyzed in situ by multiprobe (model WP 600 Oakton) and in the laboratory by ion chromatography (method SM 4110). Anions analyzed: bromide, chloride, fluoride, phosphate, nitrate, nitrite and sulfate. Concentrations were given in mg/l available in the form of thematic maps as points made in the software "ArcGIS 9.3". Values established by government agencies for these parameters are presented and subsequently points are analyzed according to these values in effect, evaluating where there is discrepancy between the values or possible anomalies. With regard to pH, no value remained above the permitted (> 9), but values were observed that were below the limit (< 6). Concerning the OD values exceeding the limit set by CONAMA were recorded in wells and rivers in the metropolitan region of Rio de Janeiro. The distribution of high concentrations of chloride, bromide, sulfate and electrical conductivity in rivers and wells located in the coastal region, or were associated to the interaction between the fluvial environment with the coastal marine environment through more salt or saline intrusion wedge. Phosphate was found in greatest concentration in a well located in Old Road Jaconé-Squarema, and the stream-Roncador in Mato Grosso ETA Sampaio Correa. The concentrations of fluoride, nitrate and nitrite found did not exceed that established by CONAMA.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO	14
3. METODOLOGIA	15
4. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	21
4.1. CLIMA	21
4.2. GEOMORFOLOGIA	24
4.3. SOLO	27
4.4. HIDROGRAFIA	30
4.5. GEOLOGIA	38
5. DISPONIBILIDADE HÍDRICA	49
5.1. DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NO BRASIL E NO MUNDO	50
5.2. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	53
6. ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL E NO RIO DE JANEIRO.....	57
7. A LEGISLAÇÃO DE ÁGUAS – RESOLUÇÃO DO CONAMA	64
8. RESULTADOS	68
8.1. POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH)	68
8.2. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	73
8.3. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)	76
8.4. TEMPERATURA (°C)	83
8.5. BROMETO (mg/l)	86
8.6. CLORETO (mg/l)	89
8.7. FLUORETO (mg/l)	93
8.8. FOSFATO (mg/l)	98
8.9. COMPOSTOS NITROGENADOS	102
8.9.1. NITRATO (mg/l)	102
8.9.2. NITRITO (mg/l)	106
8.10. SULFATO (mg/l)	109
9. CONCLUSÕES	112
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
11. ANEXO I.....	126

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 → Exemplo da aparência externa de uma Estação de Tratamento de Água. (ETA-Guandu, localizada no município de Nova Iguaçu e que abastece grande parte da região metropolitana do Rio de Janeiro).
- Figura 2 → Coleta de água da torneira realizada na ETA Macaé, no bairro Morro do Santana.
- Figura 3 → Locais de armazenamento de água bruta na Estação de Tratamento de Água em Vila Mariana, em Mendes, água captada do rio Santana.
- Figura 4 → Mapa de localização dos pontos amostrados.
- Figura 5 → Aplicação de ácido nítrico.
- Figura 6 → Caixa de isopor refrigerada, para a preservação das amostras de água.
- Figura 7 → Exemplo de um histograma de frequência de amostras no ARCGIS 9.3, aqui no caso de temperatura, as linhas azuis representam os limites entre os intervalos, que podem ser alocadas manualmente.
- Figura 8 → Mapa climático do Estado do Rio de Janeiro. (Fonte IBGE).
- Figura 9 → Mapa Geomorfológico 1:250.000 do Estado do Rio de Janeiro. (Fonte: CPRM, 2001).
- Figura 10 → Mapa de Solos do Estado do Rio de Janeiro. (Fonte: CPRM, 2001).
- Figura 11 → Regiões Hidrográficas do RJ; (Segundo INEA, Janeiro 2008).
- Figura 12 → Mapa de favorabilidade hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro. Onde pode se observar as províncias hidrogeológicas. (Fonte : CPRM, 2001).
- Figura 13 → Seção estrutural composta do Orógeno Ribeira com a relação entre os diferentes terrenos e domínios estruturais. (Fonte: Almeida et al., 1977, 1981; Heilbron et al., 2004, (Livro: Geologia do Continente Sul-americano, Cap. XIII).
- Figura 14 → Mapa tectônico do Segmento central do Sistema Orogênico Mantiqueira. (Fonte: Almeida et al., 1977, 1981; Heilbron et al., 2004, (Livro: Geologia do Continente Sul-americano, Cap. XIII).
- Figura 15 → Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro. (Fonte: CPRM, 2001).
- Figura 16 → Distribuição do Suprimento de Água no Planeta. (Adaptado de Shiklomanov, 1998).
- Figura 17 → Disponibilidade mundial de Recursos Hídricos por Habitante. (Fonte: World Resources Institute, 2001).
- Figura 18 → Eventos de seca e estiagem registrados nas províncias hidrológicas no ano hidrológico de 2009. (Fonte: ANA, 2010).

Figura 19 → Mapa esquemático da represa de Jurtunaíba. (Fonte: CILSJ, 2003)

Figura 20 → Tanques de armazenamento de água na ETA de Jurtunaíba.

Figura 21 → Represa de Jurtunaíba.

Figura 22 → Represa Ribeirão das Lages

Figura 23 → Coleta sendo realizada na Represa Ribeirão das Lajes.

Figura 24 → Relação de tipo de captação e quantidade de pontos amostrados.

Figura 25 → Situação da Oferta de Água – Mananciais e Sistemas. (Fonte: site da ANA 2012).

Figura 26 → Situação da Oferta de Água – Avaliação Oferta / Demanda. (Fonte: site da ANA 2012).

Figura 27 → Gráfico de distribuição dos valores de pH.

Figura 28 → Fonte que capta água diretamente da nascente na serra, ponto ML-246A, localizado em Contendas, distrito de Nova Friburgo.

Figura 29 → Água coletada diretamente do Rio Paraíba do Sul, em Cambuci.

Figura 30 → Mapa pontual para valores de pH no Estado do Rio de Janeiro.

Figura 31 → Gráfico de distribuição dos valores de condutividade elétrica.

Figura 32 → Mapa pontual para valores de condutividade elétrica no Estado do Rio de Janeiro.

Figura 33 → Lançamento de esgoto sem tratamento no rio Paraíba do Sul, no trecho de Taubaté; por dia, a bacia recebe até 75 toneladas de detritos.

Figura 34 → Construções irregulares em Cardoso Moreira.

Figura 35 → Gráfico de distribuição dos valores de oxigênio dissolvido.

Figura 36 → Coleta de água na ETA de São Francisco do Itabapoana.

Figura 37 → U.T Rio Douro, localizada no município de Nova Iguaçu.

Figura 38 → Coleta sendo realizada na represa da U.T Rio Douro.

Figura 39 → Água captada em poço na ETA de Farol de São Tomé.

Figura 40 → ETA São Sebastião de Campos.

Figura 41 → Mapa pontual para valores de oxigênio dissolvido em todo o Estado do Rio de Janeiro.

Figura 42 → Gráfico de distribuição dos valores de temperatura.

Figura 43 → Mapa pontual para os valores de temperatura das águas coletadas no Estado do Rio de Janeiro.

Figura 44 → Gráfico de distribuição dos valores de brometo em mg/l nos pontos amostrados.

Figura 45 → Mapa pontual para o íon brometo (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

Figura 46 → Gráfico de distribuição dos valores de cloreto em mg/l nos pontos amostrados.

Figura 47 → Mapa pontual para o íon cloreto (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

Figura 48 → Gráfico de distribuição dos valores de fluoreto em mg/l nos pontos amostrados.

Figura 49 → Mapa pontual para o íon fluoreto (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

Figura 50 → Gráfico de distribuição dos valores de fosfato em mg/l nos pontos amostrados.

Figura 51 → Mapa pontual para a concentração de fosfato (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

Figura 52 → Gráfico de distribuição dos valores de nitrato em mg/l nos pontos amostrados.

Figura 53 → Mapa pontual para os valores de nitrato (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

Figura 54 → Gráfico de distribuição dos valores de nitrito em mg/l nos pontos amostrados.

Figura 55 → Mapa pontual para os valores de nitrito (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

Figura 56 → Gráfico de distribuição dos valores de sulfato em mg/l nos pontos amostrados.

Figura 57 → Mapa pontual para os valores de sulfato (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

Figura 58 → Mapa pontual com a localização dos pontos críticos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 → Disponibilidade hídrica de água doce per capita para o ano de 2000. (Demamboro et al, 1999).

Tabela 2 → Disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas brasileiras. (Setti et al.2000).

Tabela 3 → pH obtidos em diversas localidades do rio Paraíba do Sul.

Tabela 4 → Abastecimento urbano de água no Brasil.

Tabela 5 → Relação entre municípios do Estado com seus sistemas de abastecimento, tratamento destinado à água (quando informado) e a captação.

Tabela 6 → Relação de tipo de captação e quantidade de pontos amostrados.

Tabela 7 → Classificação dos corpos de água. (CONAMA 2005).

Tabela 8 → pHs abaixo de 6,5.

Tabela 9 → pHs obtidos em diferentes localidades do rio Paraíba do Sul, nas proximidades do polo industrial.

Tabela 10 → Valores máximos de condutividade elétrica.

Tabela 11 → Valores mínimos de condutividade elétrica.

Tabela 12 → Valores mínimos de oxigênio dissolvido.

Tabela 13 → Valores máximos de oxigênio dissolvido.

Tabela 14 → Valores mínimos de temperatura.

Tabela 15 → Valores máximos de temperatura.

Tabela 16 → Valores mínimos de brometo em mg/l.

Tabela 17 → Valores máximos de brometo em mg/l.

Tabela 18 → Valores mínimos de cloreto em mg/l.

Tabela 19 → Valores máximos de cloreto em mg/l.

Tabela 20 → Valores mínimos de fluoreto em mg/l.

Tabela 21 → Valores máximos de fluoreto em mg/l.

Tabela 22 → Valores mínimos de fosfato em mg/l.

Tabela 23 → Valores máximos de fosfato em mg/l.

Tabela 24 → Valores mínimos de nitrato em mg/l.

Tabela 25 → Valores máximos de nitrato em mg/l.

Tabela 26 → Valores mínimos de nitrito em mg/l.

Tabela 27 → Valores máximos de nitrito em mg/l.

Tabela 28 → Valores mínimos de sulfato em mg/l.

Tabela 29 → Valores máximos de sulfato em mg/l.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho de fim de curso está integrado ao Programa Levantamento Geoquímico do PPA (Projeto Plurianual de Desenvolvimento) vinculado à CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil), e que possui como objetivo principal avaliar, no Estado do Rio de Janeiro, as composições químicas das águas de abastecimento, visando complementar os dados geoquímicos de sedimentos de corrente e água superficial gerados no Projeto Rio de Janeiro (Cunha, 2001).

Futuramente os resultados obtidos irão ser incorporados ao banco de dados geoquímicos da CPRM/Serviço Geológico do Brasil, visando disponibilizar a multiusuários informações sobre a pesquisa de novos depósitos minerais, a fertilidade natural para a agricultura, as fontes de contaminação naturais e antropogênicas de elementos químicos nocivos à saúde humana, animal e ambiental. Este banco de dados constituirá, também, o marco inicial para estudos de monitoramento ambiental em todo o território nacional.

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é analisar e interpretar os parâmetros físico-químicos analisados *in situ* (ph, oxigênio dissolvido, temperatura e condutividade elétrica) e valores de concentração em mg/l para os aniões (brometo, cloreto, fluoreto, fosfato, nitrato, nitrito e sulfato) das águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro, e com a disponibilidade do acervo de dados, confeccionar mapas pontuais no *software ARCGIS 9.3* para assim poder verificar, mais facilmente, a disposição desses valores pelo Estado.

Em nenhum momento este trabalho teve a intenção de analisar a competência da responsabilidade técnica pelo tratamento dado a água em sua estação de tratamento. Devido a esse fato, sempre houve coleta apenas de amostras de água bruta.

3. METODOLOGIA

A metodologia usada nesse trabalho consta com uma acurada revisão bibliográfica, em que foram levantadas junto ao acervo cartográfico da CPRM as cartas topográficas que cobrem todo Estado do Rio de Janeiro (nas escalas 1:250.000 e 1:100.000), georreferenciadas pela equipe da CPRM e que foram utilizadas na espacialização dos dados obtidos nas etapas de campo.

A etapa de campo foi realizada no período de 05/01/2011 a 29/01/2011 e compreendeu a coleta que somou um total de 140 amostras.

Para a coleta foi realizado o levantamento das Estações de Tratamento de Água (ETAs) (Fig.1) dos municípios do Rio de Janeiro, através de consulta na *internet* antes da ida ao campo, ou em consulta aos habitantes dos referidos municípios e ainda quando possível nas próprias ETAs.



Figura 1 - Exemplo da aparência externa de uma Estação de Tratamento de Água. (ETA-Guandu, localizada no município de Nova Iguaçu e que abastece grande parte da região metropolitana do Rio de Janeiro).

A coleta de água de abastecimento foi realizada preferencialmente nas ETAs onde inicialmente levantava-se a informação sobre a sua origem (rio, fonte natural, água de escoamento das serras, lagoa, poço, represa). A seguir procedia-se o recolhimento da água

nas torneiras (Fig.2), nos locais de armazenamento (Fig.3) ou diretamente nos rios e riachos, no ponto onde a água é captada pela ETA, e quando possível, quando a ETA capta de poço, dos próprios poços. Adicionalmente, coletou-se também água de fontes e águas de poços não oficiais na zona rural e nos bairros que são parcialmente ou não atendidos pelo poder público.



Figura 2 - Coleta de água da torneira realizada na ETA Macaé, no bairro Morro do Santana.



Figura 3 - Locais de armazenamento de água bruta na Estação de Tratamento de Água em Vila Mariana, em Mendes, água captada do rio Santana.

Nesta etapa foi realizada uma grade de amostragem para coleta, de forma a abranger todos os municípios do Estado (Fig.4).

Foi coletada pelo menos uma amostra por município. Em cada amostragem, foram retiradas duas alíquotas de 50 ml, preenchidas com água bruta para posterior análise química laboratorial, uma para os cátions, realizada através de ICP-OES e outra para os ânions, realizada através de cromatografia iônica e pelo método SM 4110 (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st. Edition, 2005*). Para este trabalho, o acesso aos dados restringiu-se apenas às análises iônicas, tais como as concentrações de brometo, cloreto, fluoreto, fosfato, nitrato, nitrito e sulfato presentes nas amostras.

Antes da armazenagem, tubos e seringas foram lavados com água do manancial, da torneira ou do poço. No caso de ser torneira ou poço, antes da coleta, deixava-se a água escorrer por 2 a 3 minutos, para evitar uma indesejável contaminação. No caso da coleta ser realizada em um balde, o mesmo também era lavado com água da fonte. Então, enchia-se a seringa com água, acoplava-se um filtro de 0,45 μ m na alíquota e transferia-se a água da seringa para a alíquota até perfazer um volume de 50 ml. Para preservação dos cátions aplicava-se 1 ml de ácido nítrico (HNO₃) que manterá o pH menor que 2 (Fig.5) e para distinguir os tubos são usadas fitas coloridas. Para preservação das amostras as alíquotas ficam em caixas de isopor refrigeradas (Fig.6) ou em geladeira até sua remessa ao laboratório analítico.

Simultaneamente à coleta de amostras foram determinados os parâmetros físico-químicos, tais como: pH, condutividade elétrica (μ S/cm⁻¹), oxigênio dissolvido (mg/l) e temperatura (°C), utilizando uma multisonda Oakton, modelo WP 600.

Após a coleta, levantam-se as coordenadas UTM do local utilizando-se um GPS e procede o seu registro em caderneta de campo juntamente com qualquer informação relevante (nome do rio do qual a água foi captada para o tratamento e futura distribuição para a sociedade; observações acerca do entorno do ponto de captação; profundidade de poço; população abastecida).

Em escritório foram realizados a confecção de tabelas no *software Excel* e a plotagem dos pontos no programa *ARCGIS 9.3* em cima de folhas 1:50.000, devidamente georreferenciadas, do Estado do Rio de Janeiro.

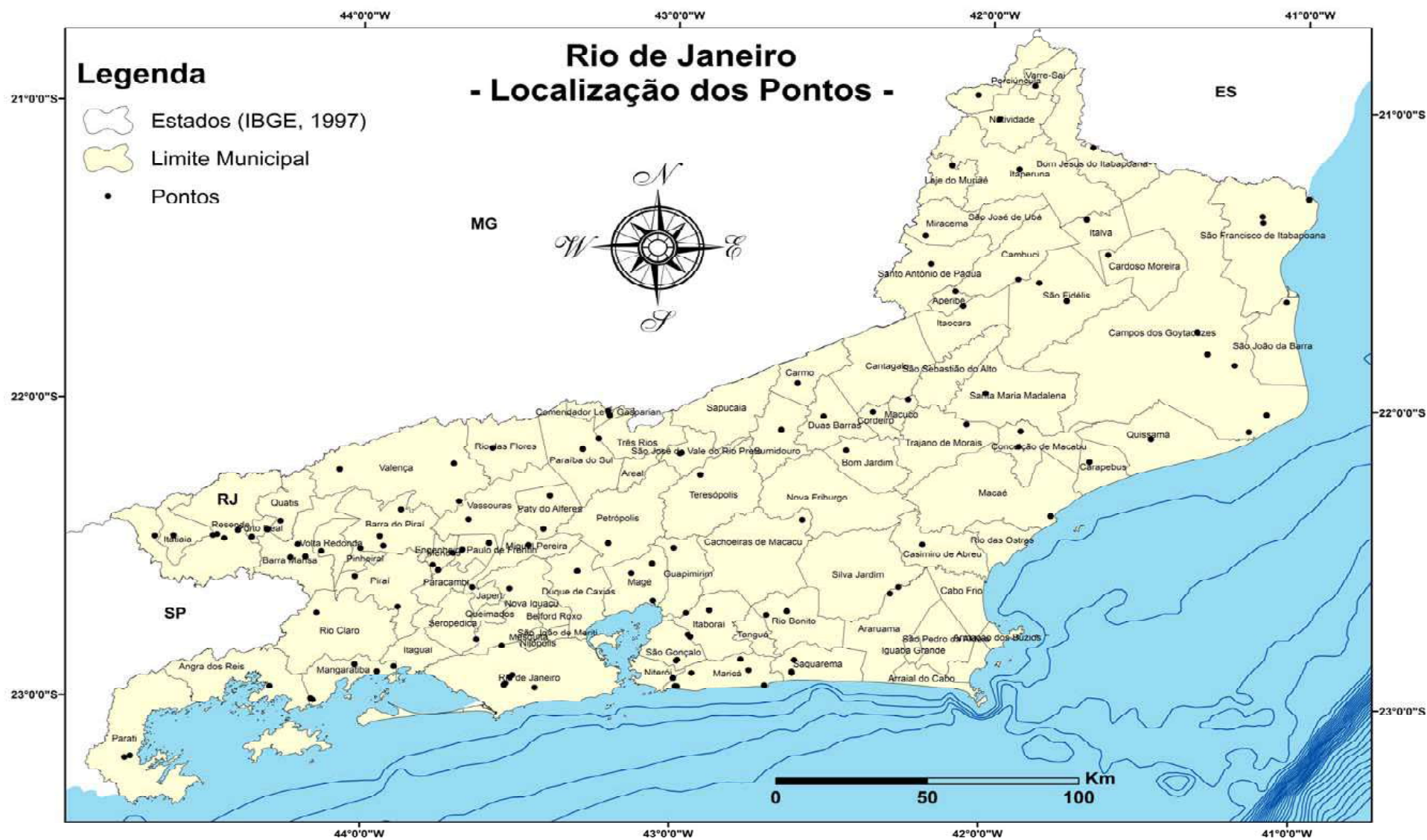


Figura 4 – Mapa de localização dos pontos amostrados.



Figura 5 - Aplicação de ácido nítrico.



Figura 6 - Caixa de isopor refrigerada, para a preservação das amostras de água.

No *software ARCGIS 9.3*, foi realizada a importação das tabelas e a plotagem dos pontos (no qual cada ponto estará caracterizado por seus valores físico-químicos de pH, oxigênio dissolvido na água, condutividade elétrica e temperatura, além dos valores aniônicos) para a confecção dos mapas pontuais temáticos, foi utilizado o método *Natural Breaks de Jenks*. (Fig.7). Quando a amostragem não ficou representativa as fronteiras dos intervalos foram editadas manualmente, em alguns casos, foi feita a normalização dos valores para escala logarítmica.

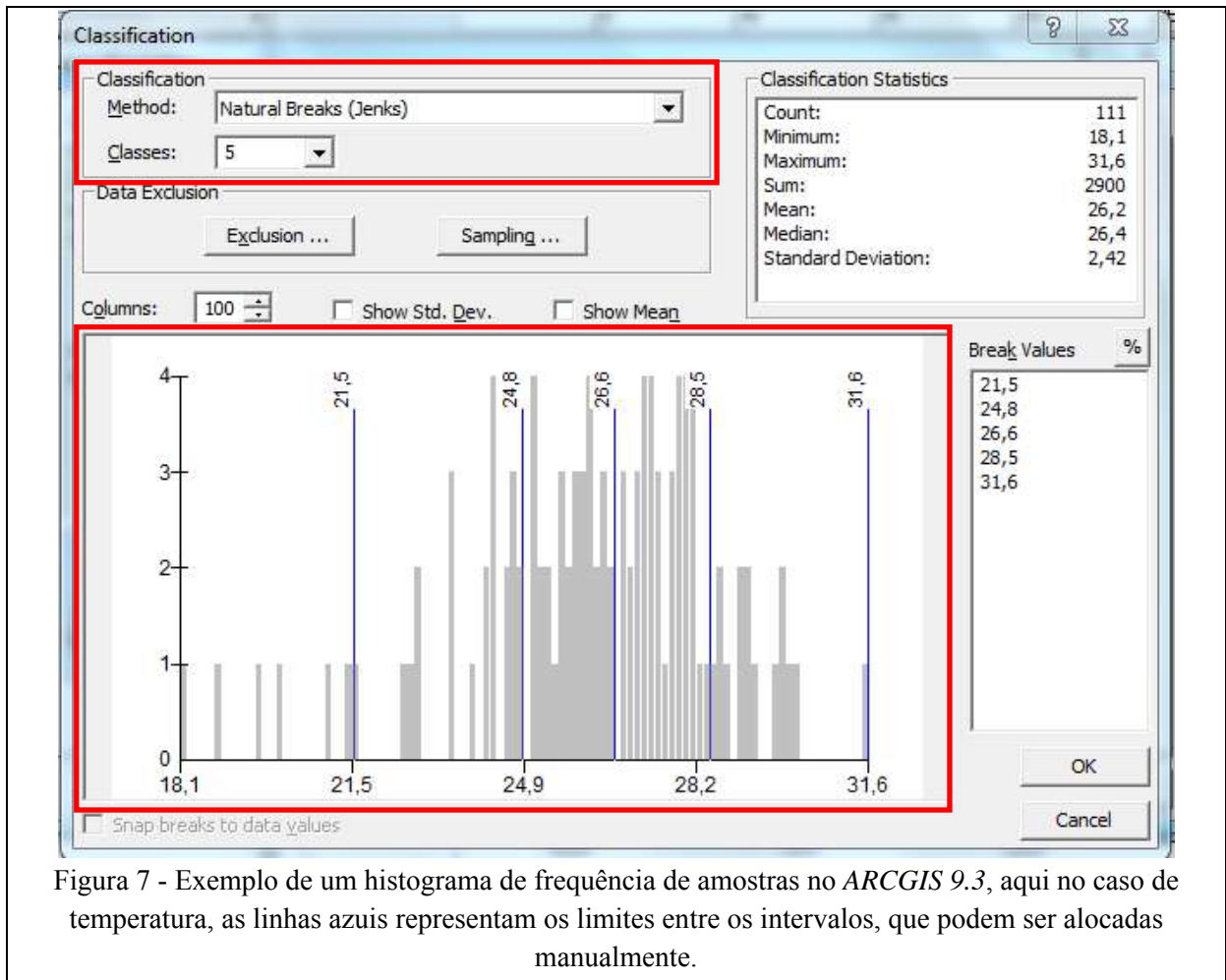


Figura 7 - Exemplo de um histograma de frequência de amostras no ARCGIS 9.3, aqui no caso de temperatura, as linhas azuis representam os limites entre os intervalos, que podem ser alocadas manualmente.

4. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

4.1. Clima

De acordo com o Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Sudeste (2006), devido à topografia acidentada e alinhada ao litoral somada com ventos litorâneos soprando quase constante pelos alísios de leste e nordeste contracenando com a trajetória de frentes polares, a região do Atlântico Sudeste possui grande diversidade climática. Em relação à precipitação, a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira possuem alta taxa de precipitação.

Predominantemente ocorrem no Rio de Janeiro os climas tropical (nas regiões de baixada) e tropical de altitudes (nas regiões mais elevadas em relação ao nível do mar). Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), domina o clima tropical semiúmido, com precipitações abundantes no verão, que é muito quente. Os invernos são secos, com temperaturas amenas. A temperatura média anual é de 23°C e o índice pluviométrico fica entre 1.000 a 1.500 milímetros anuais.

Nos pontos mais elevados da região serrana, ocorre o clima tropical de altitude. A temperatura média anual é de 16 °C. Os verões variam entre quentes e amenos e na maioria das vezes, chuvosos, e invernos frios e secos, com índice pluviométrico elevado, se aproximando dos 2.500 mm anuais em alguns pontos.

Na Baixada Litorânea, na Região dos Lagos, o clima é tropical marítimo, com média anual de cerca de 24°C, possuindo verões moderadamente quentes, mas amenizados devido aos ventos do mar, e invernos amenos. Devido ao vento frio trazido pela Corrente das Malvinas vindo do mar esta região é uma das mais secas do Sudeste, com precipitação anual de cerca de 750mm em cidades como Arraial do Cabo, Cabo Frio e Armação de Búzios, e não passando de cerca de 1.100 mm nas cidades mais chuvosas da região, como Maricá e Saquarema.

Ocasionalmente, podem ocorrer precipitações de neve nas partes altas do Parque Nacional do Itatiaia, onde está situado o Pico das Agulhas Negras.

Segundo Nimer (1979), publicado no Caderno da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste (novembro de 2006), na qual o Estado do Rio de Janeiro está enquadrado, na região do sudeste do Brasil, ocorrem em relação ao comportamento térmico, pelo menos quatro domínios climáticos: clima quente, clima subquente, clima mesotérmico brando e clima

mesotérmico médio, por sua vez divididos em subdomínios, marcados pela duração da época seca no ano.

O clima quente ocorre praticamente em toda a Bacia do Rio Doce, variando de úmido, na região da foz, a semiúmido, caracterizado por quatro a cinco meses secos ao ano.

A região do médio e baixo curso do rio Paraíba do Sul e a maior parte da Bacia do Rio Pomba são também marcadas pelos climas quente e subquente.

As maiores diversidades climáticas ocorrem na região das Serras do Mar e Mantiqueira. Desde a porção sul/sudeste do Estado do Espírito Santo, seguindo a Mantiqueira até a divisa dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, o clima vai de quente úmido, passando a quente super úmido e a subquente úmido nas partes mais altas, como nas cabeceiras dos rios Itapemirim, Itabapoana, Pomba e Muriaé. O clima chega a mesotérmico médio nos picos da Serra da Mantiqueira, na região da divisa dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais.

Na região litorânea, desde o norte do Rio de Janeiro ao norte paranaense, o clima varia de quente úmido a sub-quente super úmido.

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, que leva em consideração a vegetação, a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação, o Rio de Janeiro estaria classificado como Aw, que significa clima tropical com estação seca de inverno (com chuvas no verão).

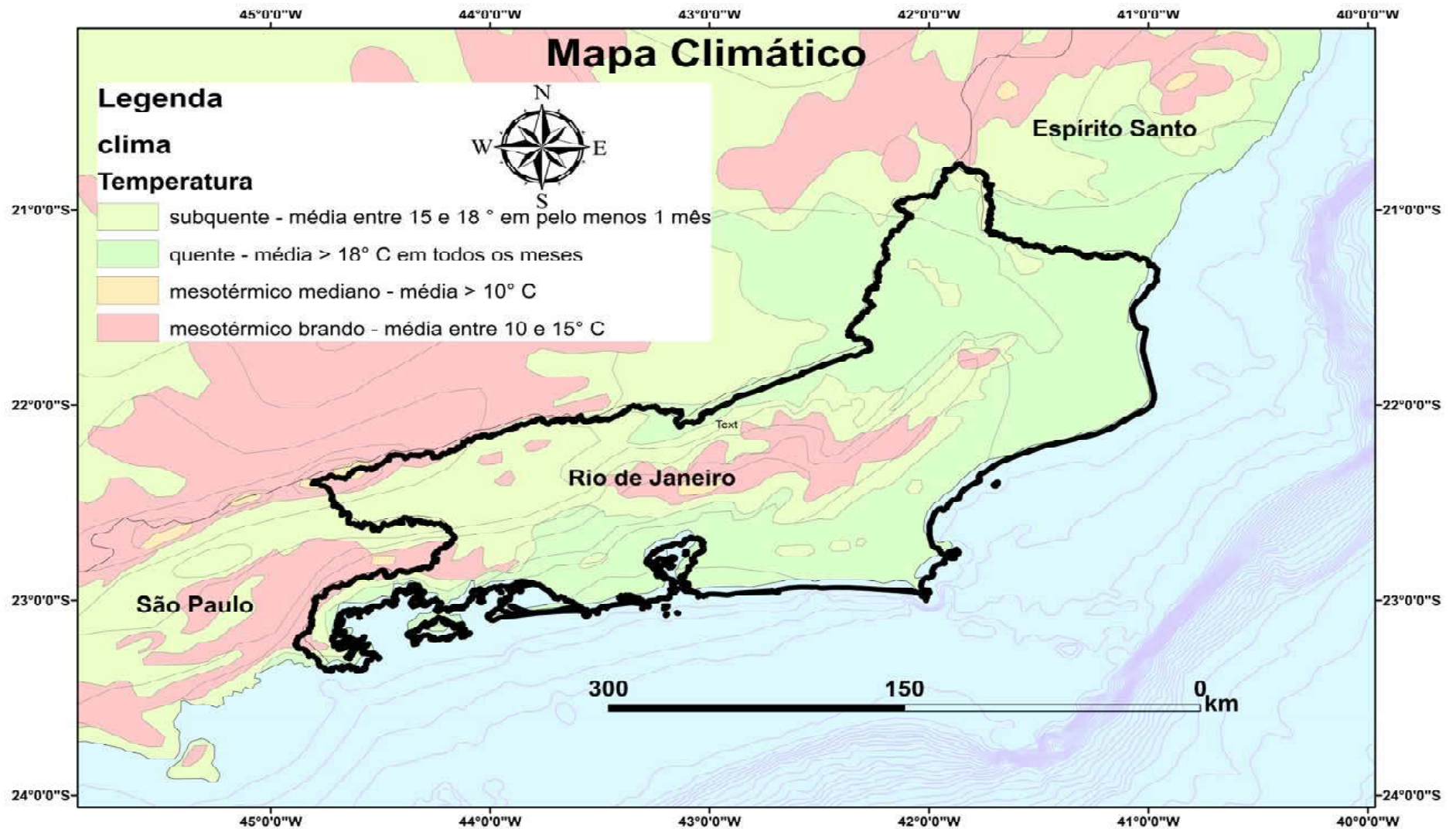


Figura 8 – Mapa climático do Estado do Rio de Janeiro. (Fonte IBGE).

4.2. Geomorfologia

A topografia do Atlântico Sudeste é caracteristicamente acidentada, favorecendo a precipitação. O relevo pode ser resumidamente descrito pela Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e Serra do Espinhaço. Entre as escarpas da Mantiqueira e do Mar surge o Vale do rio do Paraíba do Sul (Caderno do Atlântico Sudeste, 2006).

A geomorfologia do Rio de Janeiro é o resultado da interação entre aspectos geológicos, tectônicos e climáticos. A ocorrência de escarpas imponentes com grandes desníveis altimétricos reflete uma notável influência da tectônica na compartimentação do relevo.

A composição e a natureza das rochas combinados com suas estruturas, marcaram no relevo características que permitem a divisão da região em domínios morfoestruturais. Os fatores climáticos influíram, também, na variedade e intensidade dos processos morfogenéticos, responsáveis pelo modelado da paisagem.

Segundo Asmus e Ferrari (1978) os Maciços Costeiros e as escarpas das montanhas da Serra do Mar são resultantes do soerguimento e basculamento de blocos escalonados, apresentando direção principal WSW-ENE. Essa tectônica ocorreu no Cenozóico dando origem a blocos elevados e blocos abatidos formando depressões – hemigrabens – que posteriormente foram preenchidas por sedimentos constituindo bacias tafrogênicas continentais.

Os domínios morfoestruturais do Estado são divididos em duas grandes classes que por sua vez são divididas em sub-classes (Fig.9). A classe (1) compreende ao cinturão orogênico do atlântico, e como domínios morfoesculturais possui:

1.1– Maciços costeiros e interiores: Maciço da Juatinga; Maciço da Ilha Grande; Maciços das Ilhas da Marambaia, Jaguanum e Itacuruçá; Maciço da Pedra Branca; Maciço da Tijuca; Maciços da Região dos Lagos; Maciços de Macaé; Maciço de Itaoca; Maciços do Morro do Côco; Maciço de Bom Jesus de Itabapoana; Maciço de Suruí; Maciços de Conceição de Macabu.

1.2 – Maciços alcalinos intrusivos: Maciço de Itatiaia; Morro Redondo; Maciço do Tinguá; Maciço do Mendanha; Maciço de Itaúna; Maciços de Tanguá e Rio Bonito; Morro de São João; Ilha de Cabo Frio.

1.3 – Superfícies aplainadas nas baixadas litorâneas: Superfície Aplainada da Região dos Lagos; Superfície Aplainada do Litoral Leste Fluminense.

1.4 - Escarpas serranas: Escarpa da Serra da Mantiqueira; Escarpa das Serras da Bocaína, Mangaratiba e Mazomba; Escarpa das Serras das Araras e Paracambi; Escarpa das Serras do Couto e dos Órgãos; - Espigão das Serras de Santana e Botija; Escarpa das Serras de Macaé, Macabu e Imbé; Escarpa Reserva da Serra do Desengano; Escarpa do Planalto de Varre-Sai; Escarpa Reserva do Planalto da Região Serrana.

1.5 – Planaltos residuais: Planalto da Bocaína; Planalto do Reverso da Serra dos Órgãos; Planalto de Varre-Sai.

1.6 - Depressões interplanálticas: Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul; Depressão do Vale do Rio Negro; Depressão do Vale do Rio Pomba.

1.7 – Depressões interplanálticas com alinhamentos serranos escalonados: Depressão com Serras Alinhadas do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul; Depressão com Serras Alinhadas do Norte-Noroeste Fluminense.

Já a classe (2) corresponde as bacias sedimentares cenozoicas, como domínios morfoesculturais possui:

2.1 – Tabuleiros de bacias sedimentares eo-cenozoica: Bacia de Resende; Bacia de Volta Redonda; Bacia de Macacu; Tabuleiros de Quissamã; Tabuleiros de São Francisco de Itabapoana.

2.2 – Planícies fluvio-marinhas (baixadas): Baixadas da Baía da Ilha Gande; Baixadas da Baía de Guanabara, Sepetiba e Restinga da Marambaia; Baixada de Jacarepaguá; Baixadas da Região dos Lagos; Baixada do Rio São João; Baixada do Rio Macaé; Baixada do Rio Macabu; Baixada do Rio Imbé; Baixada Campista.

2.3 – Planícies costeiras: Feixes de Cordões Arenosos de Jurubatiba; Feixes de Cordões Arenosos do Rio Paraíba do Sul; Baixada do Rio Itabapoana.

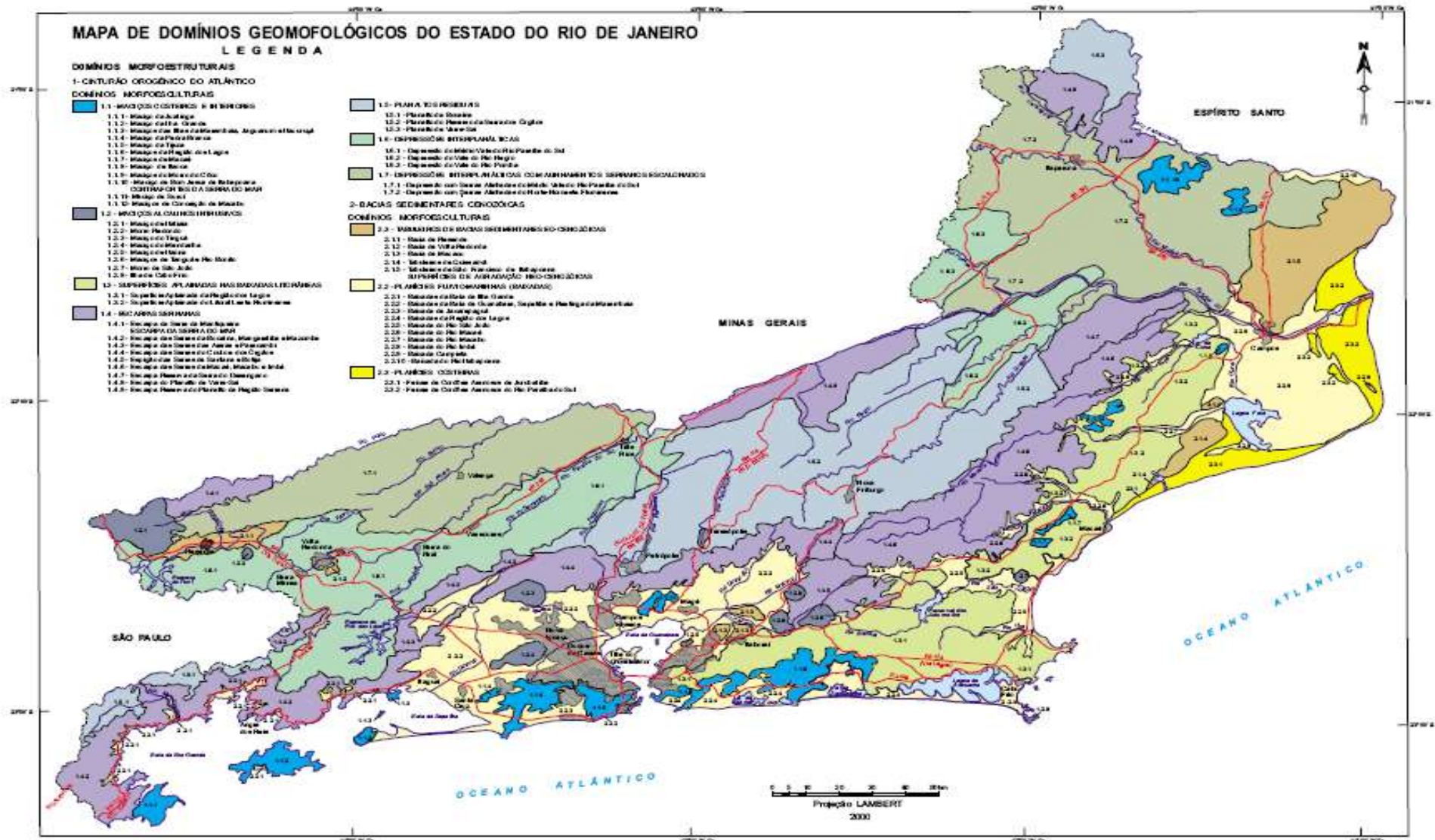


Figura 9 – Mapa Geomorfológico 1:500.000 do Estado do Rio de Janeiro. (Fonte: CPRM, 2001).

4.3. Solos

Em relação aos solos, o Estado do Rio de Janeiro possui variados tipos, tais como: argissolos vermelhos eutróficos (PV20); argissolos vermelho-amarelos (PVA80); cambissolos háplicos (CX3); espodosolos ferrocárbicos (*ES7); gleissolos háplicos (GX8); latossolos vermelho-amarelos (LVA7, LVA9, LVA53); neossolos flúvicos (+RU7) e planossolos háplicos (SX3, SX6). (Fig.10).

Os argissolos são solos que possuem alto teores de argila no horizonte B, que por sua vez é textural (Bt). No Estado do Rio de Janeiro, possui o subtipo argissolo vermelho-amarelo que ocorre na região noroeste, na região metropolitana e na baixada fluminense. Esses solos normalmente são mais rasos, bem drenados e com alto teor de ferro, não sendo muito utilizados para agricultura, por serem pouco férteis, porém podem ser utilizados para pastagem. Já o subtipo argissolo vermelho, que pode ser encontrado no sul e no sudeste do Estado, possui os maiores teores de ferro da classe, e é utilizado tanto na agricultura como para pastagem (Filho *et al*, 2000)

O tipo de solo cambissolo háplico é dominante na região serrana do Estado, e caracteriza-se por teores de ferro compreendidos entre 18% e 36%. Esse tipo de solo ocorre originalmente sob florestas perenifólias, porém por conta de ser utilizado para o plantio de cana-de-açúcar, quase não é mais visto com sua vegetação original (Filho *et al* 2000).

Os gleissolos são solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam o horizonte glei abaixo de horizontes A ou E, ausência de horizonte B textural. Os solos dessa classe encontram-se permanente ou periodicamente saturados em água, ao menos que sejam artificialmente drenados (Embrapa, 2009). No Estado do Rio de Janeiro, o gleissolo que ocorre é o háplico, encontrado na região do município de Campos dos Goytacazes e nos arredores da Lagoa Feia, na divisa dos municípios de Campos do Goytacazes com Quissamã. Esse subtipo é caracterizado por horizonte superficial pouco desenvolvido. Geralmente desenvolvem-se perto de cursos de água, em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, ou em áreas abaciadas e em depressões (Filho *et al*, 2000).

O planossolo que ocorre no Estado é o planossolo háplico. Esse por sua vez, é encontrado nas regiões costeiras lagunar e em baixadas de relevo aplanado da região litorânea, e geralmente não possuem uma boa fertilidade. Possuem horizonte B plânico, subjacente a algum tipo de horizonte A, apresentam ou não horizonte E, sem mudança textural abrupta do A para o B (Embrapa, 2009).

Os latossolos vermelho-amarelos do Estado do Rio de Janeiro ocorrem na região serrana no sul e no norte. Definidos como solos constituídos por material mineral, que apresentam um horizonte B latossólico imediatamente abaixo de um horizonte A qualquer, com aumento de teor de argila de A para B, são solos fortemente intemperizados, muito evoluídos (Embrapa, 2009).

Segundo (Filho *et al* 2000) os espodossolos estão relacionados aos sedimentos arenosos de origem marinha que constituem os cordões litorâneos em faixas subparalelas ao longo da costa, em geral estão associados a ambientes de delta (vide delta do Paraíba) e restingas. O tipo que ocorre no Estado do Rio de Janeiro é rico em ferro, pouco produtivo, porém ainda utilizado como pastagem natural de baixa qualidade e pontualmente como pequenos cultivos de coco. Segundo a Embrapa (2009) possuem o horizonte B espódico imediatamente abaixo de um horizonte eluvial E ou um horizonte A, sua sequência de horizontes comum é A, E, B espódico e C.

PROJETO RIO DE JANEIRO
MAPA DE SOLOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

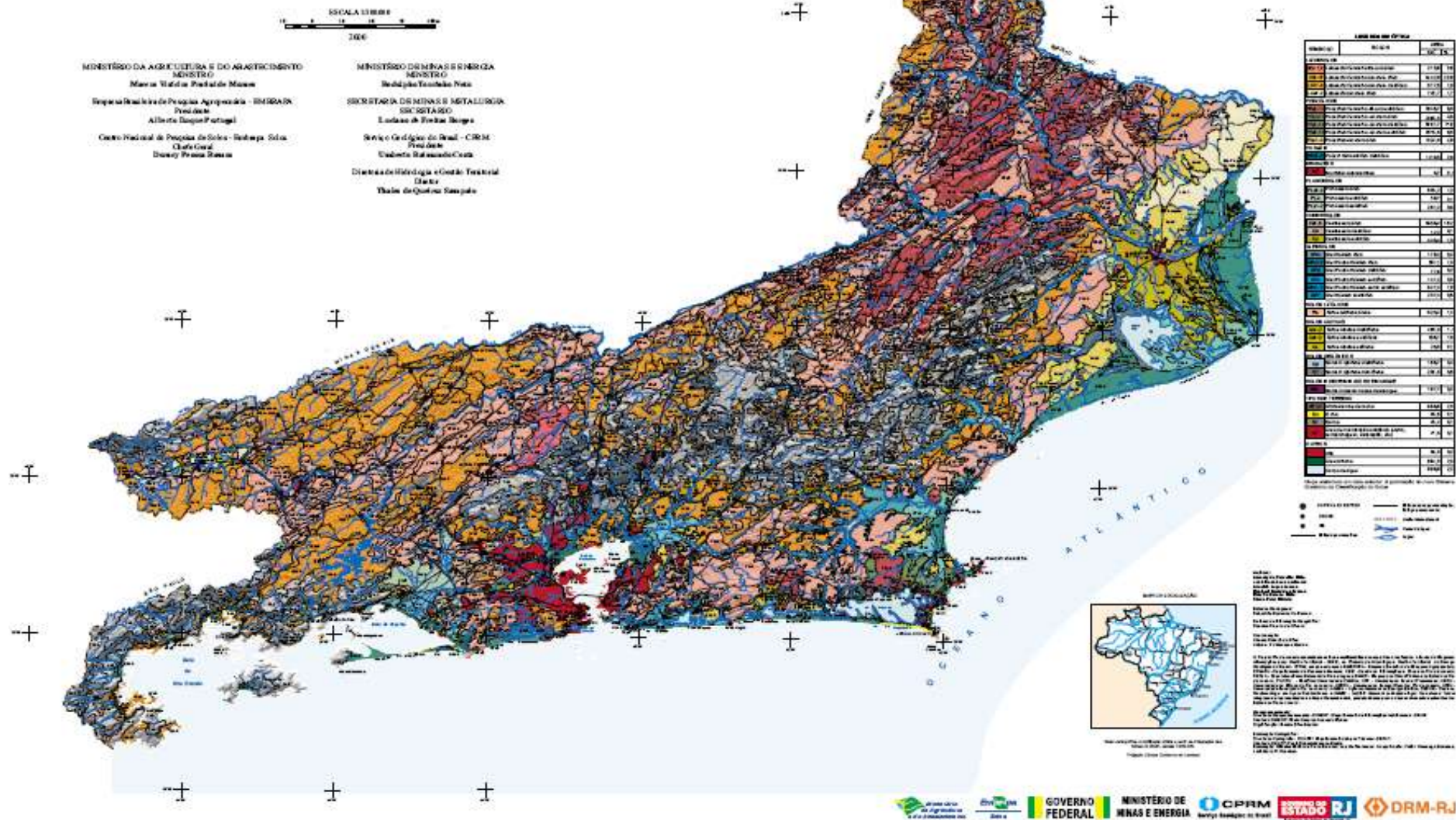


Figura 10 – Mapa de Solos 1:500.000 do Estado do Rio de Janeiro. (Fonte: CPRM, 2001).

4.4. Hidrografia

De acordo com o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, as Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro são divididas em 10 Regiões (de RH I até RH X) com suas abrangências listadas a seguir (Fig.11):

- RH I → Baía da Ilha Grande; Total: Parati e Angra dos Reis; Bacias Contribuintes à Baía de Parati, Bacia do Mambucaba, Bacias Contribuintes à Enseada de Bracuí, Bacia do Bracuí, Bacias Contribuintes à Baía da Ribeira, Bacias da Ilha Grande.
- RH II → Guandu; Total: Mangaratiba, Itaguaí, Seropédica, Queimados, Engenheiro Paulo de Frontin, Japeri e Paracambi; Parcialmente: Miguel Pereira, Vassouras, Barra do Piraí, Mendes, Nova Iguaçu, Piraí, Rio Claro e Rio de Janeiro; Bacia do Santana, Bacia do São Pedro, Bacia do Macaco, Bacia do Ribeirão das Lajes, Bacia do Guandu (Canal São Francisco), Bacia do Rio da Guarda, Bacias Contribuintes ao Litoral de Mangaratiba e Itacurussá, Bacia do Mazomba, Bacia do Piraquê ou Cabuçu, Bacia do Canal do Itá, Bacia do Ponto, Bacia do Portinho, Bacias da Restinga da Marambaia, Bacia do Piraí.
- RH III → Médio Paraíba do Sul; Total: Itatiaia, Resende, Porto Real, Quatis, Barra Mansa, Volta Redonda, Pinheiral, Valença, Rio das Flores e Comendador Levy Gasparian; Parcialmente: Rio Claro, Piraí, Barra do Piraí, Vassouras, Miguel Pereira, Paty do Alferes, Paraíba do Sul, Três Rios e Mendes; Bacia do Preto, Bacias do Curso Médio Superior do Paraíba do Sul.
- RH IV → Piabanha; Total: Areal, Teresópolis, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro, Carmo e Sapucaia; Parcialmente: Petrópolis, Paraíba do Sul, Três Rios e Paty do Alferes; Bacias da Margem Direita do Médio Inferior do Paraíba do Sul, Bacia do Piabanha, sub-bacias dos Rios Paquequer e Preto.
- RH V → Baía de Guanabara; Total: Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá, Guapimirim, Nilópolis, Duque de Caxias, Belford Roxo, Mesquita, São João de Meriti e Magé; Parcialmente: Maricá, Rio Bonito, Cachoeiras de Macacu,

Petrópolis, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro; Bacias Contribuintes às Lagunas de Itaipu e Piratininga, Bacia do Guaxindiba-Alcântara, Bacia do Caceribu, Bacia do Guapimirim-Macacu, Bacia do Roncador ou Santo Aleixo, Bacia do Iriri, Bacia do Suruí, Bacia do Estrela, Inhomirim, Saracuruna, Bacias Contribuintes à Praia de Mauá, Bacia do Iguaçu, Bacia do Pavuna-Meriti, Bacias da Ilha do Governador, Bacia do Irajá, Bacia do Faria-Timbó, Bacias Drenantes da Vertente Norte da Serra da Carioca, Bacias Drenantes da Vertente Sul da Serra da Carioca, Bacias Contribuintes à Praia de São Conrado, Bacias Contribuintes ao Complexo Lagunar de Jacarepaguá.

- RH VI → Lagos São João; Total: Silva Jardim, Araruama, Cabo Frio, Armação de Búzios, Saquarema, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia e Arraial do Cabo; Parcialmente: Rio Bonito, Cachoeiras de Macacu, Casimiro de Abreu e Maricá; Bacia do São João, Bacia do Una, Bacias Contribuintes ao Complexo Lagunar de Saquarema, Jacaré e Araruama, Bacias do Litoral de Búzios.
- RH VII → Rio Dois Rios; Total: Bom Jardim, Duas Barras, Cordeiro, Macuco, Cantagalo, Itaocara e São Sebastião do Alto; Parcialmente: Nova Friburgo, Trajano de Moraes, Santa Maria Madalena e São Fidélis; Bacia do Rio Negro e Dois Rios, Córrego do Tanque e Adjacentes, Bacia da Margem Direita do Médio Inferior do Paraíba do Sul.
- RH VIII → Macaé e Rio das Ostras; Total: Rio das Ostras; Parcialmente: Nova Friburgo, Casimiro de Abreu e Macaé; Bacia do Jundiá, Bacia do Macaé e Bacia do Imboacica.
- RH IX → Baixo Paraíba do Sul; Total: Quissamã, Natividade, São João da Barra, Cambuci, Itaperuna, São José de Ubá, Italva, Santo Antônio de Pádua, Cardoso Moreira, Apreibé, Miracema e Laje do Muriaé; Parcialmente: Trajano de Moraes, Conceição de Macabu, Macaé, Carapebus, Varre-Sai, São Francisco do Itabapoana, Campo dos Goytacazes, São Fidélis, Porciúncula e Santa Maria Madalena; Bacia do Muriaé, Bacia do Pomba, Bacia do Pirapetinga, Bacia do Córrego do Novato e Adjacentes, Pequenas Bacias da Margem Esquerda do Baixo Paraíba do Sul, Bacia do Jacaré, Bacia do Campelo, Bacia do cacimbas, Bacia do Muritiba, Bacia do Coutinho, Bacia do Grussaí, Bacia do Iquipari, Bacia do Açú,

Bacia do Pau Fincado, Bacia do Nicolau, Bacia do Preto, Bacia do Preto Uruaí, Bacia do Pernambuco, Bacia do Imbé, Bacia do Córrego do Imbé, Bacia do Prata, Bacia do Macabu, Bacia do São Miguel, Bacia do Arrozal, Bacia da Ribeira, Bacia Carepebus.

- RH X → Itabapoana; Total: Bom Jesus do Itabapoana; Parcialmente: Porciúncula, Campos dos Goytacazes, Varre-Sai, São Francisco de Itabapoana; Bacia do Itabapoana, Bacia do Guaxindiba, Bacia do Buena, Bacia do Baixa do Arroz e Bacia do Guriri.



Figura 11 – Regiões Hidrográficas do RJ. Escala: 1:565.00; (Segundo INEA, Janeiro 2008).

No que se refere às águas subterrâneas, Capucci (2006) subdividiu o Estado do Rio de Janeiro em 13 Províncias Hidrogeológicas (Fig.12):

Bacia de Campos:

1. Aquífero Fluvio-deltáico (Aluviões de Campos): areias finas a médias com matriz siltosa e a bandas argilosas. Aquífero livre com espessuras variando de 30 a 100 metros.
2. Formação Emborê: arenitos feldspáticos contendo glauconita e linhita. Aquíferos confinados com espessuras de até 220 metros.
3. Formação São Tomé II (Formação Barreiras Recente): Arenitos avermelhados, lateríticos com argilas cálcicas. Aquíferos confinados com espessuras de pelo menos 230 metros.
4. Formação São Tomé I (Formação Barreiras Recente): Arenitos avermelhados, lateríticos com argilas cálcicas. Aquíferos confinados com espessuras de pelo menos 230 metros.
5. Formação Barreiras (Formação Barreiras Primitiva): Argilas lateríticas e areias com óxido de ferro. Aquíferos livres, pouco produtivos.

Bacia de Resende:

6. Multi-camadas Resende: Sedimentos heterogêneos, com intercalação de pelitos com sedimentos arenosos. Aquíferos confinados a semi-confinados, com espessuras variando até 270 metros.
7. Terciário Volta Redonda: Areias e argilas, fortemente intercaladas, com presença de lateritas. Aquíferos livres a semi-confinados, com espessuras de 10 a 30 metros.
8. Formação Macacu: Argilas arenosas, areias finas e siltes variados. Aquíferos livres a semiconfinados com espessuras variáveis de 30 até 200 metros.

9. Alúvio-lacustre (Aluviões Arenosos): Areias e argilas intercaladas com matéria orgânica. Aquíferos livres com espessuras de 20 metros. Podem atingir espessuras de até 100 metros nos aluviões associados a rios como Macacu, Guandú, Macaé e etc. O termo Aluviões Arenosos é uma denominação recente de Capucci para o que figura em seu Mapa de Províncias Hidrogeológicas como “Áreas de Recarga de Rochas Duras”.
10. Cordões, restingas e terraços litorâneos: areias razoavelmente selecionadas, com matriz síltica argilosa, granulometria fina a grossa. Aquíferos livres e rasos, normalmente salinizados.
11. Argilas orgânicas costeiras: Argilas ricas em matéria orgânica, restritos a ambientes de manguezais. Sem condições de aproveitamento das águas subterrâneas.
12. Gráben do Paraíba do Sul e Faixa Tectônica do Noroeste Fluminense – regiões de aquífero fissural, que por suas características tectônicas, apresentam uma produtividade excepcional para esse tipo de aquífero;
13. Aquíferos Fissurais – cobrem aproximadamente 80% do território fluminense. Aquíferos pobres, sujeitos a trabalhos hidrogeológicos de locação para suas captações (poços).

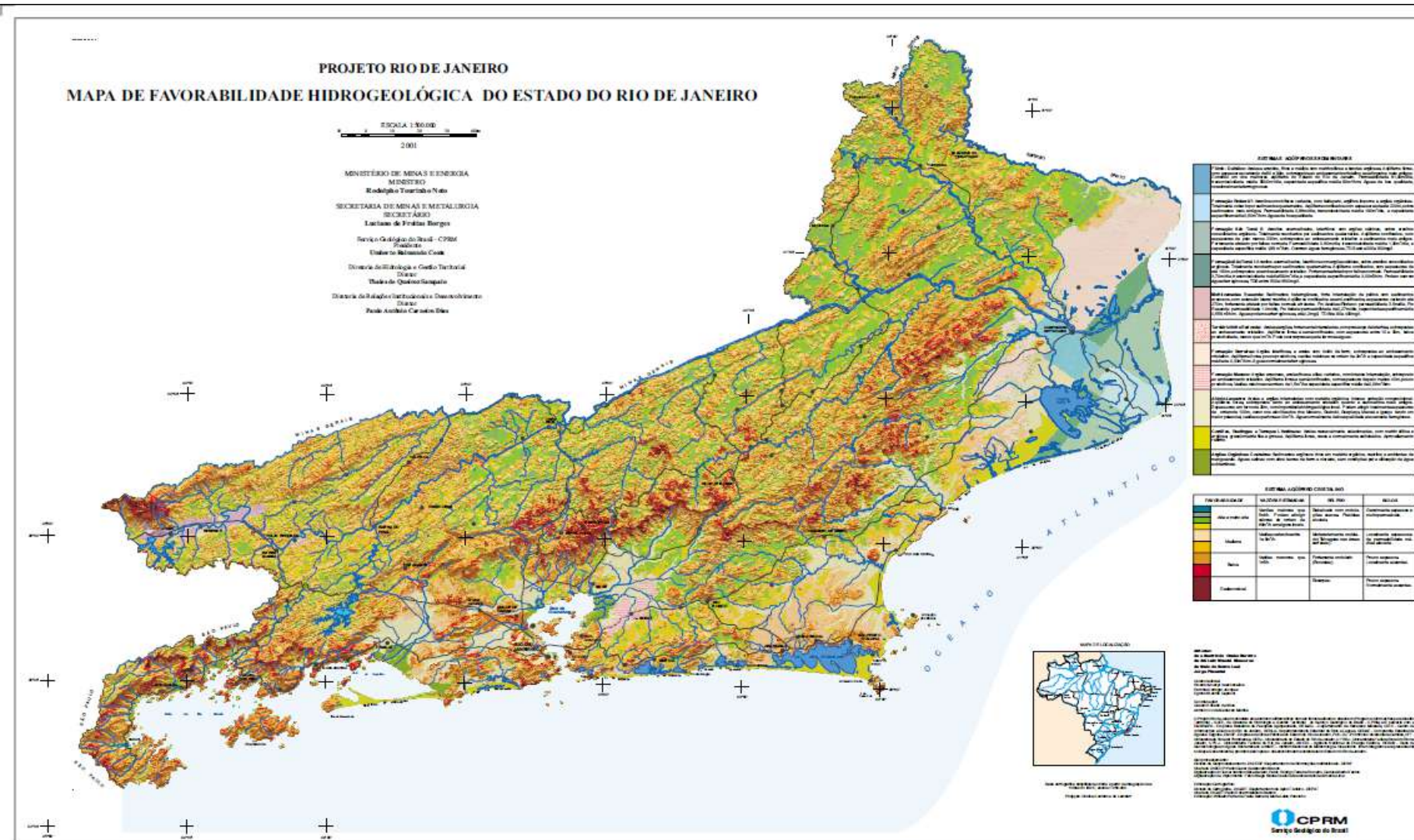


Figura 12 – Mapa de favorabilidade hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro 1:500.000. Onde pode se observar as províncias hidrogeológicas. (CPRM, 2001).

Apesar da maior parte do território do Estado do Rio de Janeiro ser constituída por rochas cristalinas, a intensa atividade tectônica é responsável pela ocorrência zonas de cisalhamento, de expressão regional, como o Gráben do Paraíba do Sul e o Gráben Guanabara, que possibilitaram acumulação excepcional de água, que em sua grande maioria, possuem um valor bastante baixo de sólidos totais dissolvidos, o que lhe confere um paladar agradável e sensação de leveza, sendo assim, típica para consumo humano.

O rio Paraíba do Sul é o principal rio do Estado. Nasce em Taubaté (São Paulo) e desemboca no Oceano Atlântico, na altura de São João da Barra. Seus principais afluentes, no estado, são os rios Paraibuna, Pomba e o Muriaé que por sua vez possui um importante afluente, o Carangola, subafluente do rio Paraíba do Sul, pela margem esquerda. O Piabinha e o Piraí correm pela margem direita.

Além do Paraíba do Sul, destacam-se de norte para sul, o rio Itabapoana que marca a fronteira com o Espírito Santo, o Macabu, que deságua na Lagoa Feia; o Macaé, o São João, o rio Macacu, o Majé e o Guandu (que é um braço do Paraíba do Sul).

O litoral fluminense é pontilhado por numerosas lagoas, antigas baías fechadas por cordões de areia. As mais importantes são as lagoas: Feia, que é a maior do estado, Saquarema, Maricá, Marapendi, Jacarepaguá e Rodrigo de Freitas, as três últimas no município do Rio de Janeiro.

4.5. Geologia

O Estado do Rio de Janeiro está quase em sua totalidade inserido no Orógeno Ribeira (Heilbron *et al.* 2000), que juntamente com as faixas Araçuaí, Brasília, Apiaí, Dom Feliciano e a zona de interferência entre as Faixas Ribeira e Brasília fazem parte da Província Mantiqueira, que é composta por várias zonas de empurrão que vão separando terrenos com filiação diferentes. (Tupinambá *et al.* 2007). A Província Mantiqueira se estende por cerca de 3.000 km com orientação NNE–SSW ao longo da costa atlântica, de Montevideu (Uruguai) ao sul da Bahia. A província guarda o registro de uma longa e complexa evolução do Neoproterozóico na América do Sul (900 – 520 Ma) preservando também remanescentes de unidades paleotectônicas arqueanas, paleoproterozóicas e mesoproterozóicas.

O Orógeno Ribeira jaz por cerca de 1.400 km posicionado em um *trend* NE-SW, é um complexo cinturão de dobramentos e empurrões. Este por sua vez é dividido em cinco terrenos tectono-estratigráficos separados por falhas de empurrão ou por zonas de cisalhamento oblíquas transpressivas. Estes terrenos são denominados: Ocidental, terreno/*klippe* Paraíba do Sul, Embu, Oriental e Cabo Frio. (Fig.13). (Heilbron *et al.*, 1993, 1995; 1998; 2000a). Os terrenos imbricam com vergência para oeste, em direção à margem do Cráton do São Francisco, sendo os quatro primeiros amalgamados há cerca de 580 Ma, enquanto o Terreno Cabo Frio só foi amalgamado aos demais em cerca de 520 Ma.

A evolução dessa orogênese estaria relacionada à convergência do Cráton do São Francisco com outras placas ou micropalacas localizadas a leste (Campos Neto & Figueiredo, 1995; Heilbron *et al.*, 1998; 2000a) sendo caracterizado no registro geológico dois eventos colisionais (I e II) relacionados a ela.

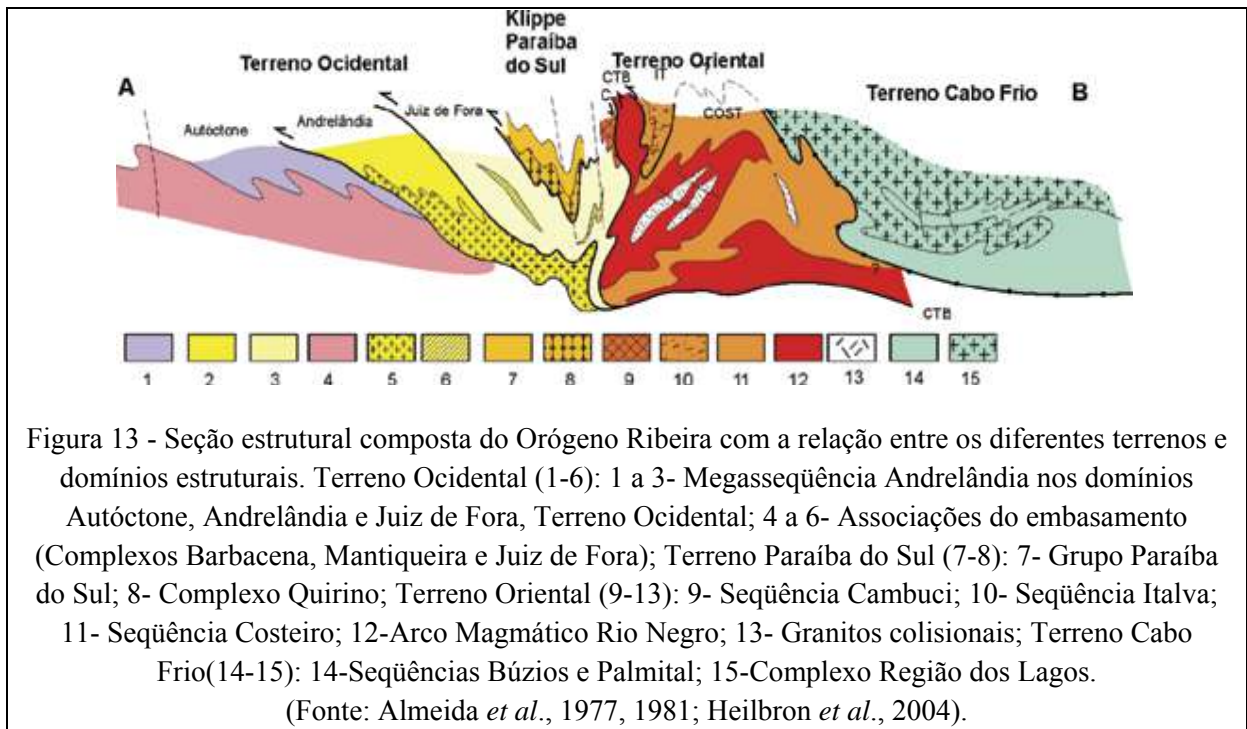
Evento I: relacionado à Orogênese Brasileira (630-550 Ma) foi marcado pela colisão entre o Cráton do São Francisco e o Terreno Oriental, incorporando ao novo continente o Arco Magmático Rio Negro, gerado durante a subducção destas duas placas (Heilbron & Machado, 2003).

Evento II: denominado Orogênese Búzios, transcorrido entre 525-495 Ma (Schmitt, 2000; Schmitt *et al.*, 2004; Heilbron *et al.* 2004) resultou na acresção do Terreno Cabo Frio ao Terreno Oriental.

O Terreno Ocidental compreende um domínio autóctone considerado como margem retrabalhada do Cráton do São Francisco e dois sistemas de empurrão com vergência para noroeste, representados pelos domínios Andrelândia e Juiz de Fora, os quais são separados

por zonas de cisalhamento e compostos por rochas Paleoproterozóicas do embasamento sobrepostas por sequências supracrustais Meso a Neoproterozóicas (Heilbron et al. 1998, Ribeiro et al., 1995; Paciullo et al., 2000).

O Terreno Cabo Frio litologicamente possui rochas supracrustais Neoproterozóicas-Cambrianas, intercaladas tectonicamente a baixo ângulo com rochas retrabalhadas do embasamento Paleoproterozóico (Schimitt *et al.*, 2008).



Cinco associações litológicas constituem o embasamento das bacias mesoproterozóicas e neoproterozóicas no Orógeno Ribeira e na porção sul do Orógeno Brasília, são elas:

- a) Faixas arqueanas do tipo *greenstone belt*, de direção NE-SW, afloram no Domínio Autóctone. São constituídas por rochas máficas e ultramáficas, de origem vulcânica e subvulcânica, metassedimentares com variado grau de deformação e metamorfismo de fácies xisto verde a anfibólito.
- b) Rochas ígneas de caráter bimodal (2,22 - 2,12 Ga) intrusivas nas faixas tipo *greenstone belt* ocorrem no Domínio Autóctone, em uma região denominada de Cinturão Mineiro (Teixeira, 1993). Esta associação está representada por gabros, dioritos, granitóides e subvulcanitos félsicos, intermediários e máficos, transformados em xistos e gnaisses. O metamorfismo varia desde a fácies xisto

verde a anfíbolito baixo. As rochas subvulcânicas e vulcânicas possuem composições entre riolito e basalto.

- c) Ortognaisses migmatíticos, granitóides e metabasitos, com idades arqueanas (2,8 - 2,7 Ga) a paleoproterozóicas (2,2 - 2,0 Ga). Alguns autores reportam um episódio metamórfico em cerca de 2,06 - 2,05 Ga. Os ortognaisses são tonalíticos a graníticos e subordinadamente trondhjemiticos. Dados químicos e isotópicos sugerem ambiente de arco cordilherano no Paleoproterozóico. Estes complexos possuem diversas denominações, tais como Mantiqueira, Piedade, Campos Gerais e Amparo.
- d) Ortogranulitos paleoproterozóicos integram um conjunto muito heterogêneo denominado Complexo Juiz de Fora. Os protólitos deste complexo incluem granitóides cálcioalcalinos representantes de arco magmático cordilherano e de arco de ilhas, e granitos colisionais (2,14 e 2,07 Ga). Os metabasitos podem ser agrupados em duas suítes. Uma delas tem tendência alcalina e é típica de ambiente intraplaca (cerca de 1,7 Ga), enquanto a outra, mais heterogênea, é formada por rochas toleíticas com assinaturas típicas de ambientes convergentes, que variam de E-MORB a toleítos de arco (2,4 Ga). Dados isotópicos Sm-Nd sugerem contribuição juvenil para as rochas cálcio-alcalinas (TDM: 2,22 - 2,13 Ga). Entretanto, Silva *et al.* (2002b) obtiveram uma idade arqueana para ortogranulitos félsicos deste complexo, situados nas proximidades de Juiz de Fora.
- e) Hornblenda ortognaisses paleoproterozóicos denominados de complexos Quirino e Região dos Lagos ocorrem nos terrenos Paraíba do Sul e Cabo Frio. O Complexo Quirino (2,19 e 2,17 Ga) compreende granitóides tonalítico-granodioríticos com enclaves de rochas meta-ultramáficas, metamáficas e cálcio-silicáticas (ricas em tremolita). O Complexo Região dos Lagos (cerca de 1,9 Ga) compreende ortognaisses tonalíticos a graníticos, com enclaves dioríticos e muitas lentes decamétricas de anfíbolitos (diques básicos desmembrados). Idades-modelo Sm-Nd sugerem tanto refusão de crosta arqueana como acreção juvenil no Paleoproterozóico.

A maior parte das associações metassedimentares neoproterozoicas do Orogêno Ribeira representam depósitos sedimentares de margem passiva, entretanto, na porção interna do cinturão (Terreno Oriental e Terreno Cabo Frio) existem sequências que parecem ter sido depositadas durante a Orogênese Brasileira, em bacias de ante-arco e retro-arco.

A cobertura metassedimentar que aflora nos terrenos Paraíba do Sul e Oriental compreende uma sucessão de rochas metapelíticas e metapsamíticas, rica em intercalações carbonáticas e cálcio-silicáticas.

No Terreno Paraíba do Sul, a sucessão metassedimentar compreende duas unidades: biotita gnaisses psamíticos e sillimanita-biotita gnaisses pelíticos. Granada e turmalina são minerais freqüentes, atingindo maior proporção nos gnaisses pelíticos. Estas duas unidades ocorrem intercaladas em todas as escalas de observação, definindo um bandamento composicional. Lentes centimétricas a métricas de rochas cálcio-silicáticas, sillimanita-quartzo xisto, gondito e mármore impuro ocorrem principalmente nos gnaisses pelíticos.

Três são os domínios estruturais do Terreno Oriental (I, II e III):

- I. Domínio Cambuci: ocorrem granada-biotita gnaisses migmatíticos com lentes de olivina mármore dolomítico e rochas cálcio-silicáticas. Lentes de rochas básicas, transformadas em granada diopsídio granulitos são freqüentes. Estas rochas encontram-se muitas vezes como restitos dentro de leucognaisse e charnockito. Dados U-Pb de zircão sugerem derivação tanto a partir do embasamento como do arco magmático neoproterozóico (Heilbron e Machado, 2003).
- II. Domínio Costeiro: predominam gnaisses peraluminosos (kinzigíticos), ricos em granada e sillimanita, localmente com cordierita. Esta sucessão possui muitas intercalações decamétricas de quartzitos impuros, biotita gnaisses bandados, rochas cálcio-silicáticas e anfibolitos. Idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de zircões detríticos dos quartzitos indicam fontes arqueanas, paleoproterozóicas e meso-neoproterozóicas (Valladares *et al.*, 2001).
- III. Domínio Italva: possui biotita gnaisses bandados, mármores calcíticos, anfibolitos e anfibólio xistos. O metamorfismo é de fácies anfibolito e a sucessão metavulcano-sedimentar sugere ambiente plataformal, com magmatismo basáltico contemporâneo. A idade U-Pb de 840 Ma obtida para anfibolitos intercalados nos mármores é a melhor estimativa da idade de deposição desta sucessão (Heilbron e Machado, 2003). Alguns autores sugerem que as sucessões de cobertura do Terreno Oriental podem representar bacia de margem passiva, rica em sedimentação carbonática, de um (micro) continente (Terreno Oriental ou Microplaca Serra do Mar) que não fazia parte da Placa São Francisco-Congo. Estas sucessões foram invadidas por rochas do arco magmático neoproterozóico, indicando a passagem de uma fase de margem passiva para margem ativa, relacionada com o início do processo de subducção (Heilbron e Machado, 2003).

A Sucessão Búzios (Heilbron et al., 1982) é constituída por metassedimentos aluminosos (sillimanita-cianita granada-biotita gnaisses) com freqüentes intercalações de camadas de rochas cálcio-silicáticas e corpos de anfibolitos. Intercalações subordinadas de granada-quartzo gnaisses e quartzitos feldspáticos também são observadas. Os metassedimentos aluminosos são granada gnaisses médios a grossos, cuja característica marcante é a presença de cianita e sillimanita, além de feldspato potássico. As intercalações anfibolíticas apresentam granada anfibolitos, diopsídio anfibolitos, titanita anfibolitos e meta-hornblenditos. As rochas cálcio-silicáticas (granada-clinopiroxênio gnaiss e diopsídio gnaiss) ocorrem como camadas centimétricas *boudinadas*, *boudins* isolados e como uma camada decamétrica na região da Praia Brava e Enseada do Forno, em Búzios. A Sucessão Palmital é constituída predominantemente por sillimanita-granada-biotita gnaisses com intercalações de rochas cálcio-silicáticas e granada quartzitos. Schmitt et al. (2003) reportaram idades U-Pb (SHRIMP) de zircões detríticos da Sucessão Palmital, que indicam fontes arqueas (cerca 2,5 Ga), paleoproterozóicas (cerca 2,0 Ga) e possivelmente neoproterozóicas (cerca 1,0 Ga e 800- 600 Ma). A posição geográfica destas seqüências, sua constituição litológica (meta-pelitos, meta-carbonatos e metabasaltos), bem como os dados geocronológicos sugerem deposição em bacia retro-arco neoproterozóica, relacionada ao Arco Magmático Rio Negro (Heilbron e Machado, 2003).

➤ Estágios Orogênicos:

O segmento central da Província Mantiqueira (Fig.14) registra claramente o diacronismo de diferentes etapas da Orogênese Brasileira, tanto no Orógeno Ribeira quanto na extremidade sul do Orógeno Brasília (Campos-Neto e Figueiredo, 1995; Campos-Neto, 2000; Trouw et al., 2000). Este diacronismo resulta da interação, em épocas distintas, de outro(s) continente(s) e/ou micro-continente(s) (Paranapanema ou Paraná, Oriental ou Serra do Mar, Cabo Frio) e/ou arco(s) de ilhas com a Placa São Francisco-Congo. Em ambos os orógenos, a subducção de litosfera oceânica resultou na geração de arcos magmáticos cordilheranos. Os estágios colisionais principais responsáveis pela deformação, metamorfismo e geração de granitóides crustais, foram marcadamente diacrônicos. O estágio colisional na extremidade sul do Orógeno Brasília ocorreu em torno de 630 Ma (Colisão I), mas no Orógeno Ribeira situa-se entre 580 e 560 Ma (Colisão II). Os efeitos da Colisão II atingiram o recém-estruturado Orógeno Brasília, resultando na complexa Zona de

Interferência entre os dois orógenos, materializada na região sul/sudoeste do Estado de Minas Gerais. O Orógeno Ribeira registra ainda uma colisão tardia em 520-510 Ma (Colisão III), no Terreno Cabo Frio. Os diferentes estágios orogênicos brasileiros são descritos resumidamente adiante, com base nos seguintes trabalhos: Heilbron *et al.*, 1982; 2000; 2003; Machado *et al.*, 1996; Trouw *et al.*, 2000; Campos-Neto & Caby, 2000; Campos-Neto, 2000; Janasi *et al.*, 2002; 2003; Cordani *et al.*, 2002; Heilbron & Machado, 2003; Valeriano *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2002a; 2002b; e Schmitt, 2000.

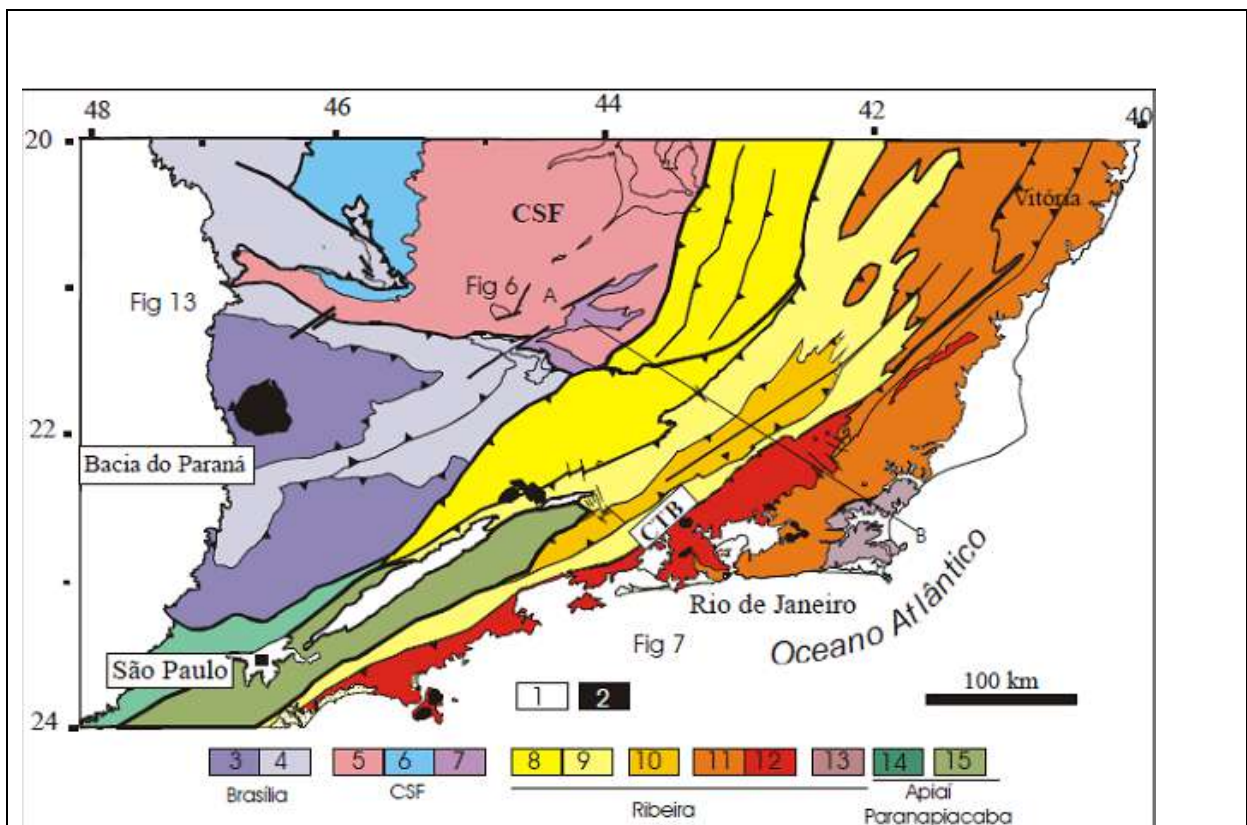


Figura 14 - Mapa tectônico do Segmento central do Sistema Orogênico Mantiqueira.

1- Riftes Cenozoicos; 2- Rochas alcalinas do Cretáceo e Terciário; Orógeno Brasília (3-4); 3- *Nappes* Inferiores; 4- *Nappes* Superiores; 5- Embasamento do CSF e domínio autóctone; 6- Supergrupo São Francisco; 7- Metassedimentos do Domínio Autóctone; Orógeno Ribeira (8-13); 8- Domínio Andrelândia e 9- Domínio Juiz de Fora do Terreno Ocidental; 10- *Klippe* Paraíba do Sul; 11- Terreno Oriental; 12- Granitóides do Arco Magmático Rio Negro; 13- Terreno Cabo-Frio; Orógeno Apiaí/Paranapiacaba (14-15); 14- Terrenos São Roque e Açunguá; 15- Terreno Embu.

Fonte: Almeida *et al.*, 1977, 1981; Heilbron *et al.*, 2004.

O fechamento do Oceano Adamastor e a construção do Orógeno Ribeira Estágio pré-colisional:

Rochas geradas em ambientes de arco magmático de margem continental ativa e/ou arco de ilhas são produtos que evidenciam o processo de subducção. No Orógeno Ribeira, no segmento central da Província Mantiqueira, estes produtos estão localizados no Terreno Oriental. No Orógeno Ribeira, a polaridade da subducção foi para leste, resultando na geração do Arco Mágmató Rio Negro, localizado no Terreno Oriental. Apenas a porção plutônica do Arco Mágmató Rio Negro está preservada e compreende ortognaisses tonalíticos a graníticos, cálcio-alcalinos, com corpos gabróicos associados. Dados litogeoquímicos indicam a presença de duas suítes magmáticas cálcio-alcalinas, sendo uma mais expandida e de médio-K e a outra de alto-K com predomínio de rochas mais ácidas. Estes granitóides estão alojados em paragnaisses do Domínio Costeiro, que provavelmente integravam a porção distal (turbidítica) da margem passiva do Terreno Oriental.

Dados isotópicos sugerem pelo menos duas etapas de geração de rochas neste arco: 790 Ma e 635-620 Ma (Tupinambá *et al.*, 2000; Heilbron & Machado, 2003). Destaca-se que os dados isotópicos de Pb indicam ausência de herança paleoproterozóica ou mais antiga, e que os dados de Nd indicam dois grupos de rochas, com níveis de contaminação crustal contrastante. Dados U-Pb sugerem que o Arco Mágmató Rio Negro atuou como área-fonte de sedimentos para o Domínio Cambuci (bacia ante-arco?) e para unidades do topo do Domínio Costeiro (bacia retro-arco?), indicando deposição contemporânea ao processo de subducção.

Estágio Colisional II (cerca 590-560 Ma)

O fechamento do Oceano Adamastor resultou na colisão entre o Paleocontinente São Francisco - Congo e outro(s) continente(s) localizados a leste (Terreno Oriental ou Serra do Mar). Este novo episódio colisional, denominado Colisão II, ocorreu entre 590 e 550 Ma, com ápice em 580 Ma, e estruturou o Orógeno Ribeira (Heilbron & Machado, 2003; Machado *et al.*, 1996). Contrastando com o estilo estrutural de colisão frontal observado no Orógeno Brasília, a Colisão II foi oblíqua. Isto resultou na partição da deformação em zonas de encurtamento frontal vergentes para oeste e zonas de mergulho íngreme, orientadas a NE-SW, com componente transpressivo dextral. Por isto, os limites entre os compartimentos tectônicos são representados por falhamentos reversos, com mergulhos íngremes (30° a 60°), ou por zonas de cisalhamento oblíquas.

A Colisão II colocou os terrenos Paraíba do Sul e Oriental (incluindo o Arco Rio Negro) sobre o Terreno Ocidental, que representa o embasamento retrabalhado do Cráton do

São Francisco, e sobre os terrenos recém-amalgamados da porção sul do Orógeno Brasília. A intensa deformação resultante da Colisão II originou dobras apertadas a isoclinais, forte xistosidade, muitas vezes textura milonítica, e lineação de estiramento. O metamorfismo no Terreno Ocidental varia desde a fácies xisto verde, na borda cratônica, até a fácies granulito de média pressão próximo ao contato com os terrenos Oriental e Paraíba do Sul. No topo do Terreno Ocidental, o Domínio Juiz de Fora se caracteriza como uma verdadeira *mélange* tectônica, definindo um duplex de escala crustal, onde rochas do embasamento e rochas da cobertura neoproterozóica estão milonitizadas e interdigitadas tectonicamente. As condições metamórficas sugerem gradiente de média pressão, com temperatura e pressão máximas estimadas da ordem de 700°C e 7 kbar. Restos de granulitos de pressão mais elevada são encontrados em metabasitos. O zoneamento metamórfico no Terreno Ocidental também é inverso e as idades metamórficas distribuem-se entre 595 e 550 Ma. O metamorfismo na *Klippe* Paraíba do Sul situa-se na fácies anfíbolito, mas no Terreno Oriental varia da fácies anfíbolito (Domínio Italva) à fácies granulito (domínios Cambuci e Costeiro). Nestes terrenos, a deformação principal está representada por uma xistosidade associada a dobras isoclinais a apertadas. O espessamento resultante da Colisão II originou diversas suítes granitóides, a exemplo da suíte porfírica cálcio-alcálica de alto-K precoce (ca. 590-580 Ma; tipos Maromba, Pedra Selada e Serra do Lagarto), leucogranitos (tipo Rio Turvo) e/ou granada charnockitos (ca. 580 Ma), suíte cálcio-alcálica de alto-K tardia (ca. 575-560 Ma; tipo gnaiss facoidal do Rio de Janeiro), e biotita granitos (ca. 560 Ma, tipo Serra dos Órgãos). Os granitóides relacionados à Colisão II são mais abundantes no topo do Terreno Ocidental (Domínio Juiz de Fora) e no Terreno Oriental (Estágio Colisional III (ca. 535-510 Ma). O último episódio colisional foi datado por Schmitt (2000) no Terreno Cabo Frio, que o designou Orogênese Búzios. Naquela época (meados do Cambriano), praticamente todos os orógenos em torno do Paleocontinente São Francisco-Congo já tinham completado sua história evolutiva, o que dificulta o entendimento do cenário tectônico naquele momento. Alguns autores sugerem a possibilidade deste episódio estar relacionado com o rápido fechamento de uma bacia oceânica, localizada entre o Arco Rio Negro/Terreno Oriental (bacia retro-arco?) e a borda sul do paleocontinente do Congo (Heilbron *et al.*, 2000; Heilbron & Machado, 2003). Este último episódio colisional resultou no amalgamamento tardio do Terreno Cabo Frio ao Orógeno Ribeira. A Colisão III gerou importante deformação de baixo ângulo no Terreno Cabo Frio. O metamorfismo é de pressão média a alta, apresentando cianita e feldspato potássico nos granulitos peraluminosos. Condições de pressão e temperatura mínimas, sugeridas por Schmitt (2000) para esta rocha, são 9 kbar e 780°C. Desta

mesma época ocorrem registros de deformação e metamorfismo nos terrenos já previamente amalgamados ao Orógeno Ribeira. Nos terrenos Oriental e Paraíba do Sul, e no Terreno Ocidental, este episódio resultou em redobramento normal de estruturas previamente formadas, associado à geração de zonas de cisalhamento destrais, espaçadas, como por exemplo as zonas de cisalhamento Além Paraíba, Três Corações e Caxambu. A separação lateral máxima calculada é da ordem de 15-18 km, para as duas últimas. Um novo episódio metamórfico (M2 de Machado et al., 1996) e granitos contemporâneos às zonas de cisalhamento indicaram idades entre 535 e 520 Ma. Dentre estas zonas de cisalhamento, a Zona de Além Paraíba (Campanha, 1981) tem maior expressão regional, estendendo-se desde o Estado de São Paulo até o norte do Estado do Rio de Janeiro. A ZCAP caracteriza-se por apresentar faixas miloníticas a ultramiloníticas com forte estrutura planar e lineação de estiramento que se alternam com faixas com muitas dobras e foliação protomilonítica mais localizada. Estudos cinemáticos e análises de *strain* indicam componente transpressivo (Ebert et al., 1991; 1995; Ebert & Hasui, 1998; Machado & Endo, 1993; Almeida, 2000). No seu eixo, na região de Três Rios afloram rochas granulíticas do Complexo Juiz de Fora e gnaisses kinzigíticos da megasequência Andrelândia em núcleos antiformais. Alguns autores já interpretaram esta estrutura antiformal como do tipo *pop up* (Machado & Endo, 1993). Outros autores, com base em estudos cinemáticos, microtexturais e experimentais sugerem que há evidências de reativação da trama milonítica (Almeida, 2000). É possível que estes registros térmicos e deformacionais acima comentados estejam relacionados a colisão do Terreno Cabo Frio (colisão III). Neste caso os efeitos deste episódio tectônico teriam ultrapassado os limites do Terreno Cabo Frio, atingindo os terrenos adjacentes com estilo estrutural diferente.

Estágio pós-colisional (ca. 510-480 Ma):

Nos terrenos Oriental e Cabo Frio ocorre uma fase de deformação pós-colisional que marca a transição para um regime tectônico extensional. Tal como no Orógeno Araçuai esta fase é interpretada como resultante do colapso extensional do edifício orogênico (Heilbron et al., 2000; Heilbron & Machado, 2003). Esta fase está representada por dois conjuntos de estruturas, que são: a) zonas de cisalhamento dúctil-rúpteis, normais, longitudinais ao orógeno e associadas a dobras com vergência para leste, e b) zonas de cisalhamento subverticais, de direção NW e transversais ao orógeno, com regime transtensivo e domínio do componente lateral dextral e do componente vertical normal (abatimento do bloco leste). Este regime tectônico está associado à geração de plutonismo pós-colisional com idades entre 510 e 480 Ma. Em geral são granitos cálcio-alcalinos que ocorrem como *stocks* circulares ou na forma de diques e soleiras. Este magmatismo pós-deformacional evoluiu regionalmente, adquirindo

uma tendência mais alcalina na direção sudoeste (Junho, 1992). As zonas de cisalhamento deste episódio têm importante papel como condutos para a ascensão destes magmas. Estruturas de fluxo magmático são frequentes.

Outra característica importante é a frequente associação com corpos básicos, gerando estruturas de mistura magmática. Como exemplos deste magmatismo temos os granitos Parati, Ilha Grande, Pedra Branca (ca. 510 Ma), Suruí, Teresópolis, Nova Friburgo e Sana (Penha *et al.*, 1980; Pires *et al.*, 1982; Penha & Wiedemann, 1984; Junho, 1993; Heilbron *et al.*, 1995; Machado & Demange, 1992; 1994; 1996; Machado, 1997; Porto Jr & Valente, 1988; Tupinambá, 1999).

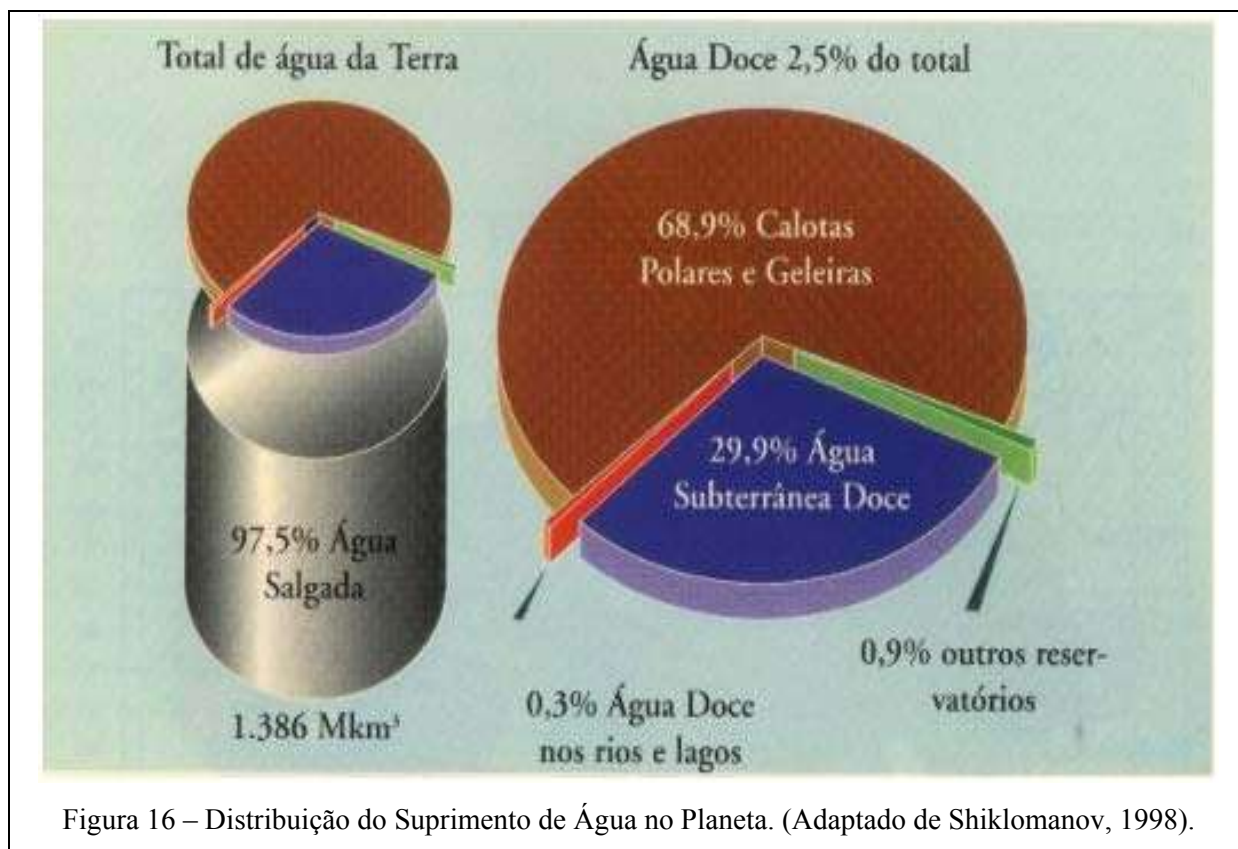
O mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro é observado na figura 15.

5. DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Os recursos hídricos disponíveis correspondem à água que se encontra em circulação nos continentes, tanto as águas superficiais (rios, lagos, lagoas) como as águas subterrâneas (nascentes naturais e as águas existentes no subsolo).

A disponibilidade hídrica, quantidade de água disponível, depende essencialmente do volume de precipitação e de sua distribuição ao longo do ano.

De acordo com a ANA (Agência Nacional de Águas) 97,50% da água disponível no mundo está nos oceanos, e, portanto é salgada; 2,24% de água doce do mundo não estão disponíveis para o consumo humano, restando apenas 0,26% de origem doce e disponível para consumo humano. Abaixo se tem uma figura (Fig.16) adaptada de Shiklomanov (1998), que ilustra a distribuição do suprimento de água no planeta Terra.



5.1. Disponibilidades Hídricas no Mundo e no Brasil

De acordo com os dados obtidos por Lima (2001), enquanto, a produção de água doce no planeta é estável, o consumo de água aumenta em nível superior ao crescimento populacional. Segundo esse autor, no século XX, a população mundial cresceu 4 vezes, enquanto o consumo de água cresceu 7 vezes. Atualmente, há mais de 1 bilhão de pessoas sem suficiente acesso à água para consumo doméstico e estima-se que em 30 anos haverá 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou séria falta de água (Demamoro e Mariotoni, 2001).

Como agravante dessa situação, a água doce é desigualmente distribuída no espaço, como pode ser observado na (Tabela 1), que apresenta valores sobre a distribuição da disponibilidade de água doce nos continentes.

Região	População no Ano 2000		Disponibilidade per capita	Escassez hídrica
	(milhões)	(%)	(mil m ³ /ano)	(%)
África	790	13	4.0	<10 a 40
Europa	726	12	7.7	10 a 40
América do Norte	305	5	17.0	10 a 40
América Sul / Central	508	8	25.0	<10
Ásia	3678	61	4.0	20 a 40
Oceania	30	1	33.0	<10
Mundo	6037	100	7.0	

Tabela 1 – Disponibilidade hídrica de água doce per capita para o ano de 2000. (Demamoro *et al.*, 1999).

Os aspectos de demanda e de escassez de água estão relacionados ao crescimento demográfico, à escala das atividades econômicas e à capacidade de suporte dos recursos naturais (Demamoro *et al.* 1999). Em relação às condições naturais, o maior produtor de água é o continente sul americano, seguido pela Ásia; este, porém, apresenta uma baixa disponibilidade hídrica, devido à grande concentração populacional. A Oceania, ao contrário, apresenta uma alta disponibilidade hídrica, em função da pequena população e não por condições naturais. Já a baixa disponibilidade da África existe em função da conjugação de fatores naturais e populacionais. Por fim, nos países industrializados (europeus e norte-

americanos), a disponibilidade hídrica per capita não será o fator limitante e sim a escassez hídrica provocada pelas atividades antrópicas, principalmente agrícola e industrial (Demandoro *et al.* 1999).

Já o Brasil possui 8% da água disponível no mundo, cerca de 6 mil Km³/ano, com disponibilidade hídrica per capita de 37 mil m³/hab.ano. Porém, 73% da água doce disponível está na bacia amazônica, onde se concentra apenas 4% da população brasileira (Setti *et al.* 2000; Tabela 2).

Bacias Hidrográficas	População 1996		Disponibilidade hídrica		
	milhões	%	Km ³ /ano	%	per capita (mil m ³ / hab.ano)
Amazônica	6.7	4	4200	73	629
Tocantins	3.5	2	372	6	106
Atlântico Norte - Nordeste	31.3	20	285	5	9
São Francisco	11.7	7	90	2	8
Atlântico Leste	35.9	23	137	2	4
Paraguai*	1.8	1	41	1	22
Paraná*	49.9	32	347	6	7
Uruguai	3.8	2	131	2	34
Atlântico Sudeste	12.4	8	136	2	11
Brasil	157	100	5750	100	37

Tabela 2 - Disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas brasileiras (Setti *et al.*, 2000).
 Fonte: SIH/ANEEL 1999. *Produção hídrica brasileira.

No Brasil temos um grande problema de desigualdade social. Segundo Rato e Macedo (1997), 38% das famílias que ganham até dois salários mínimos não têm acesso aos serviços públicos de abastecimento de água. Já nas famílias com renda acima de 10 salários, este percentual é menor que 1%. Sendo assim, a distribuição de água não é uniforme no espaço, e muito menos entre as classes sociais.

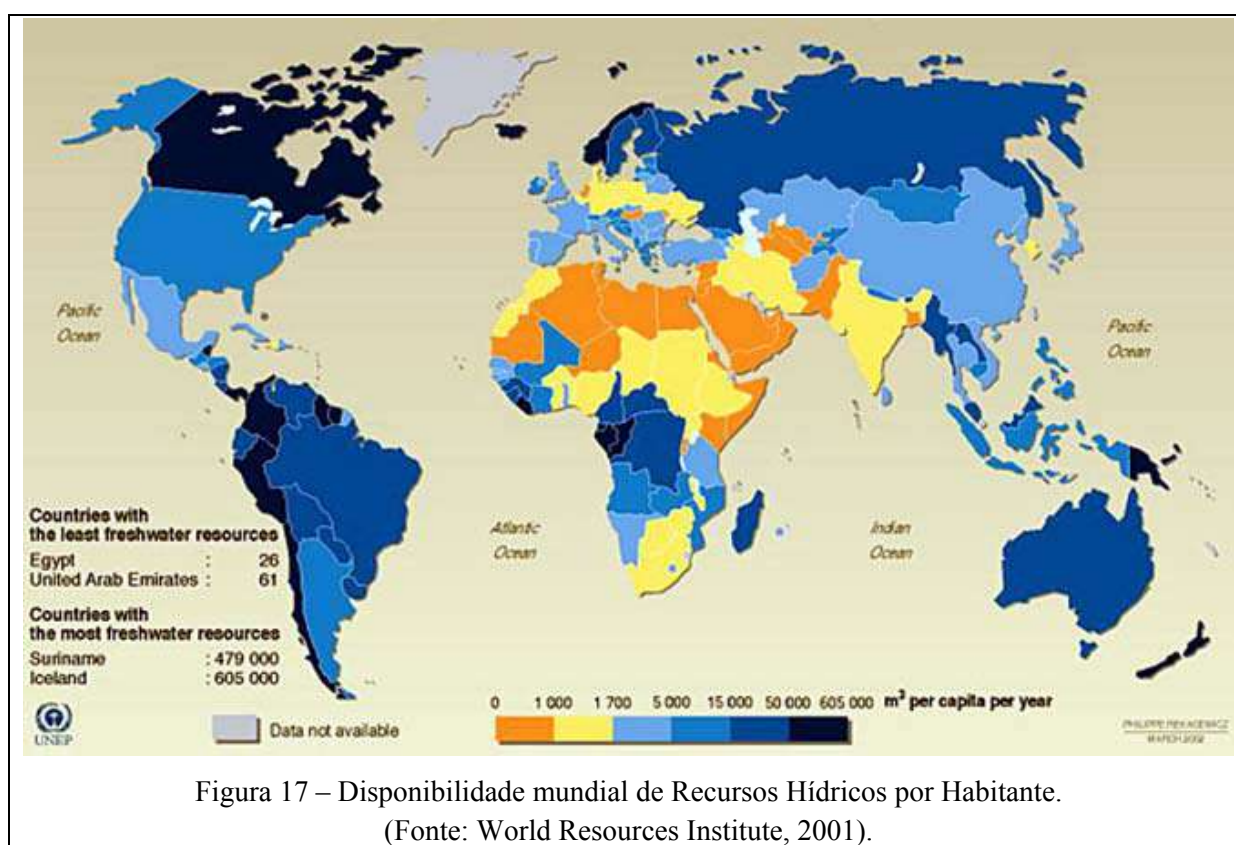
No Brasil, 72% do volume de água captado são destinados à atividade agrícola, seguindo a tendência mundial. Para as atividades industriais, são captados 10% do total. O restante da captação, 18%, é destinado ao abastecimento de água da população (Setti *et al.* 2000).

Segundo a ANA, a demanda dos recursos hídricos é distribuída da seguinte forma:

- Retiradas: 1.592 m³/s (irrigação 46%, urbano 26%, industrial 18%, animal 7%, rural 3%).

- Consumo: 841 m³/s (irrigação 69%, animal 11%, urbano 11%, Industrial 7%, rural 2%).

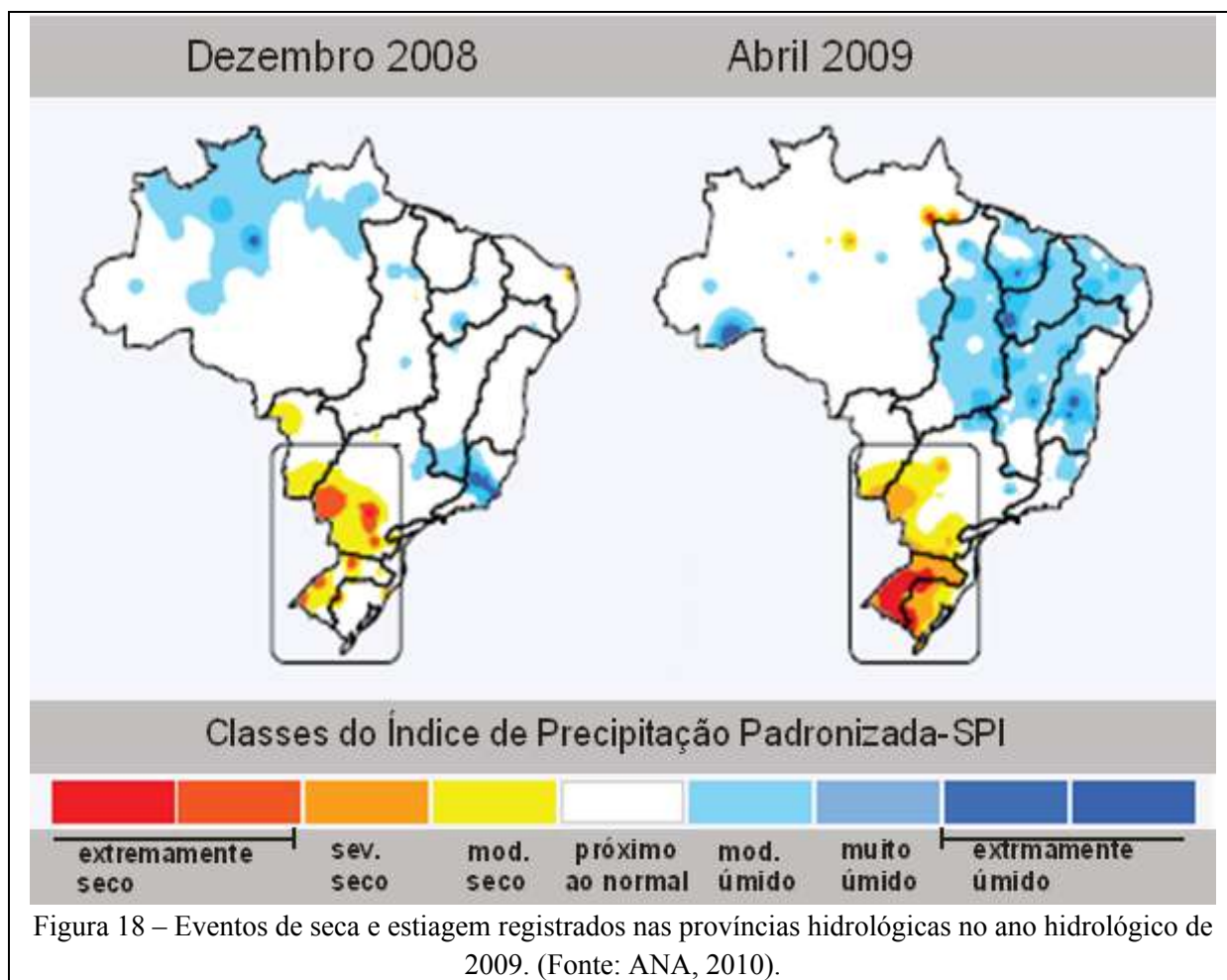
No mundo, conforme acima citado, a irrigação é a maior consumidora de água (70% dos recursos utilizados); onde cerca de um quinto da área plantada (1,4 bilhão de hectares) são irrigadas.



Como foi evidenciado anteriormente, o recurso hídrico é distribuído desigualmente no planeta. Enquanto um grupo de países ricos em água tem uma descarga de rios de 1 a 6 trilhões de m³/ano, no grupo de países mais pobres essa descarga fica no intervalo de apenas 15 a 900 bilhões m³/ano (Margat, 1998 in Rebouças, 1999), com países já em situação de “estresse de água”.

O Brasil, o país mais rico em água do mundo, tem uma descarga dos rios de 6,22 trilhões de m³/ano. Apesar da grande disponibilidade do Brasil, vivemos situações de escassez no Nordeste, principalmente durante os períodos de seca. Esse problema vem se manifestando em outras partes do país devido a falhas de suprimento e pela cultura de desperdício, além de

fatores climáticos, como na região sul, sudeste e centro-oeste (Fig.18). Recentemente, tivemos racionamentos em Recife e na Região Metropolitana de São Paulo. No Rio de Janeiro o sistema de abastecimento é também deficiente tanto na capital como na Região Metropolitana e nos municípios da Região dos Lagos, em particular, onde muitas vezes se configura um quadro de escassez (DRM-RJ, 2011).



5.2. Disponibilidade Hídrica no Estado do Rio de Janeiro

Em função de sua localização, em uma das mais complexas e desenvolvidas áreas do país, a Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, na qual o Rio de Janeiro está incluso, caracteriza-se pelo grande potencial de conflitos no que se refere ao uso dos recursos hídricos, pois fatores como crescimento econômico e populacional conjugados com a preservação ambiental ocorrem lado a lado.

O principal fator que compõe a disponibilidade hídrica é a precipitação média anual. No Estado do Rio de Janeiro, os índices pluviométricos mais relevantes são nas regiões do Paraíba do Sul (precipitação de 1.453 mm) e no Litoral do Rio de Janeiro (1.344 mm) (dados de novembro de 2006; Caderno da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste).

De acordo com (Barreto *et al.*, 2001) cerca de 80% do território do Rio de Janeiro é constituído por rochas cristalinas de médio a alto grau metamórfico, tradicionalmente tratadas como de baixa potencialidade para água subterrânea, mas no Estado do Rio de Janeiro ocorre o oposto: em algumas localidades as rochas cristalinas (que comumente possuem porosidade muito baixa), se apresentam fortemente intemperizadas, e têm descontinuidades, fraturas, ou falhas relevantes, podendo assim armazenar grande volume de água em seu interior. Por exemplo, próximo ao município de Vassouras, há poços que bombeiam água do melhor aquífero em rocha cristalina do Brasil, já o rio Paraíba do Sul está associado ao Rift Continental do Sudeste Brasileiro (RCSB), tendo seu curso encaixado na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul, possuindo vazão excepcional, e muitos afluentes, como o Complexo Guandú, que abastece grande parte da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. O rio Paraíba do Sul é um rio efluente, ou seja, o lençol freático aflora e alimenta diretamente o seu fluxo de base.

Devido ao clima e geomorfologia favoráveis, o Estado do Rio de Janeiro é em grande parte abastecido pelas águas fluviais, tendo como seu maior manancial, o rio Paraíba do Sul que pelo fato de atravessar três estados do sudeste: (Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo), é tido como de domínio federal. Só no estado do Rio de Janeiro ele atravessa dezenove municípios: Itatiaia, Resende, Porto Real, Quatis, Barra Mansa, Volta Redonda, Pinheiral, Valença, Rio das Flores, Comendador Levy Gasparian, Rio Claro, Pirai, Barra do Pirai, Vassouras, Miguel Pereira, Paty dos Alferes, Paraíba do Sul, Três Rios e Mendes.

A bacia hidrográfica do Médio Paraíba do Sul é uma das maiores do Estado, e junto com a bacia do Baixo Paraíba do Sul, ocupam em área 57% do território fluminense, sendo responsável pelo abastecimento de cerca de milhões de habitantes residentes entre os municípios de Campos e Resende (Francisco & Carvalho, 2004).

Devido à elevada densidade demográfica (não ordenada, com presença de favelas nas margens do manancial) e pelo fato desta região (Resende, Volta Redonda, Barra Mansa) estar localizada em um grande polo industrial associado ao setor de siderurgia-automobilístico, há uma preocupação em que haja constante despejo de resíduos sólidos e esgotos em suas águas e que isso possa está afetando a qualidade da água de um dos principais rios da região

fluminense. A tabela 3 mostra os valores de pH obtidos nesse projeto em diversas localidades do rio Paraíba do Sul.

A Bacia Hidrográfica do rio Guandú (braço do Paraíba do Sul) também possui um papel relevante no Estado. Segundo o INEA (Brasil, 2006), o rio Guandú é formado pelo rio Ribeirão das Lajes, pela vazão de até 20m³/s do rio Pirai e por 160m³/s de água do rio Paraíba do Sul. Em Barra do Pirai, 2/3 da vazão do rio Paraíba, cerca de 160m³ de águas, são captados e bombeados na elevatória de Santa Cecília para as usinas do Sistema LIGHT e são conduzidas ao reservatório de Santana, formando, então, o rio Guandú, onde se localizam a captação e a estação de tratamento de água da CEDAE.

Pode-se dizer que os rios Guandú e Paraíba do Sul são os mais importantes rios do Estado do Rio de Janeiro, já que são responsáveis pelo sistema de abastecimento de água para milhões de pessoas, incluindo 85% dos habitantes da Região Metropolitana.

Na tabela 3 são apresentados resultados, obtidos no presente trabalho, para os valores de pH ao longo do rio Paraíba do Sul, coletados em diferentes municípios do Estado.

rio Paraíba do Sul	
Localidade	pH
ETA Nova (Barra Mansa)	7,4
ETA Belmonte (Volta Redonda)	7,8
ETA Fazenda da Barra (Resende)	7,9
ETA Nova Liberdade (Resende)	7,6
ETA José Alves dos Santos (Quatis)	7,2
ETA Quatis	6,6
Paraíba do Sul (Captação da CEDAE)	8,1
Três Rios	7,7
ETA Pureza (São Fidélis)	7,8
ETA de São Fidélis	8,2
ETA Cambuci	8,6
ETA Itaocara	7,9
ETA de Campos dos Goytacazes	7,8
São João da Barra	7,7
ETA Vargem Alegre(distrito de Barra do Pirai)	8
ETA Itakomozi	6,8
ETA Vassouras	7,9

Tabela 3 – pH obtidos em diversas localidades do rio Paraíba do Sul.

Outro manancial de relativa importância trata-se do rio Bananal este também é um afluente da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, e corta o município de Barra Mansa, e por sua vez recebe dejetos poluentes da população local, devido à economia local que é baseada na agropecuária e atividade industrial.

Uma cultura relevante quando se trata de qualidade de água é a pecuária, esta cultura está relacionada a uma série de fatores que envolvem quantidade e qualidade de água. A demanda de água nesta atividade é enorme, seja na criação direta de animais ou na irrigação de culturas de ração (Hoekstra, 2003). As relações com a contaminação da água envolvem dejetos animais, fertilizantes e pesticidas usados nos cultivos das rações (IBGE, 2011), e que como efluentes podem vir a prejudicar o ecossistema se lançados no meio ambiente sem tratamento adequado.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, (IBGE, 2000) provavelmente por essa razão e pela grande disponibilidade de águas superficiais é que, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) dos 34 distritos (77,27% do total) onde há rede de abastecimento geral, somente um distrito é abastecido por poço profundo. Em todos os 10 distritos que não possuem rede de abastecimento geral (23,73% do total), poços particulares são utilizados como a principal solução alternativa.

Como será visto mais adiante, nesse trabalho foram coletadas 26 amostras de poços no Estado, porém nem todos monitorados por prefeituras municipais, sendo 10 municípios oficialmente abastecidos por poço profundo, porém, na realidade esse número é muito maior, porque como já citado, onde o abastecimento público não atende, a principal alternativa é a água subterrânea, tanto na área urbana quanto na rural.

Nas regiões serranas do Estado do Rio de Janeiro, as melhores condições de ocorrência de água subterrânea estão nos vales, que, não raro, refletem fraturamentos abertos, e nos depósitos de encosta, às vezes espessos, resultantes dos constantes movimentos de massa estimulados pelas fortes declividades e dos elevados índices pluviométricos.

6. ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL E NO RIO DE JANEIRO

O abastecimento de água no Brasil é de responsabilidade dos governos estaduais ou municipais, que por sua vez podem terceirizar essa atividade.

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2008), o Brasil possui um alto índice urbano de cobertura de abastecimento de água (Tabela 4).

	2004	2005	2006	2007	2008
Abastecimento urbano de água	95,4	96,3	93,1	94,2	94,7

Tabela 4 - Abastecimento urbano de água no Brasil.

O Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água (ANA, 2011) reúne informações sobre a situação dos 5.565 municípios brasileiros com relação às demandas urbanas, à disponibilidade hídrica dos mananciais, à capacidade dos sistemas de produção de água e dos serviços de coleta e tratamento de esgotos.

Segundo os dados apresentados no Atlas, 3.059, ou 55% dos municípios, que respondem por 73% da demanda por água do país, precisam de investimentos prioritários que totalizam R\$ 22,2 bilhões. As obras nos mananciais e nos sistemas de produção são fundamentais para evitar déficit no fornecimento de água nas localidades indicadas, que devido às estatísticas em 2025 vão concentrar 139 milhões de habitantes, ou seja, 72% da população. Concluídas até 2015, as obras podem garantir o abastecimento até 2025.

O Norte e o Nordeste possuem, relativamente, as maiores necessidades de investimentos em sistemas produtores de água (mais de 59% das sedes urbanas). Chama a atenção a precariedade dos pequenos sistemas de abastecimento de água do Norte, a escassez hídrica no Semiárido e a baixa disponibilidade de água das bacias hidrográficas litorâneas do Nordeste. No Sudeste, os principais problemas decorrem da elevada concentração urbana e da complexidade dos sistemas produtores de abastecimento, que motivam, muitas vezes, disputas pelas mesmas fontes hídricas.

No Rio de Janeiro, em relação ao abastecimento de água, existe um importante sistema, vital para a Região dos Lagos, é a Represa de Juturnaíba, essa grande represa (Fig.19) está situada no Rio São João no município de São Vicente (distrito de Araruama), e é responsável pelo abastecimento de água na Região dos Lagos nos municípios de: Iguabinha,

Bacaxá, São Vicente, Araruama, Silva Jardim, Praia Seca, Iguaba Grande, São Pedro D'Aldeia, Arraial do Cabo, Cabo Frio e Búzios.

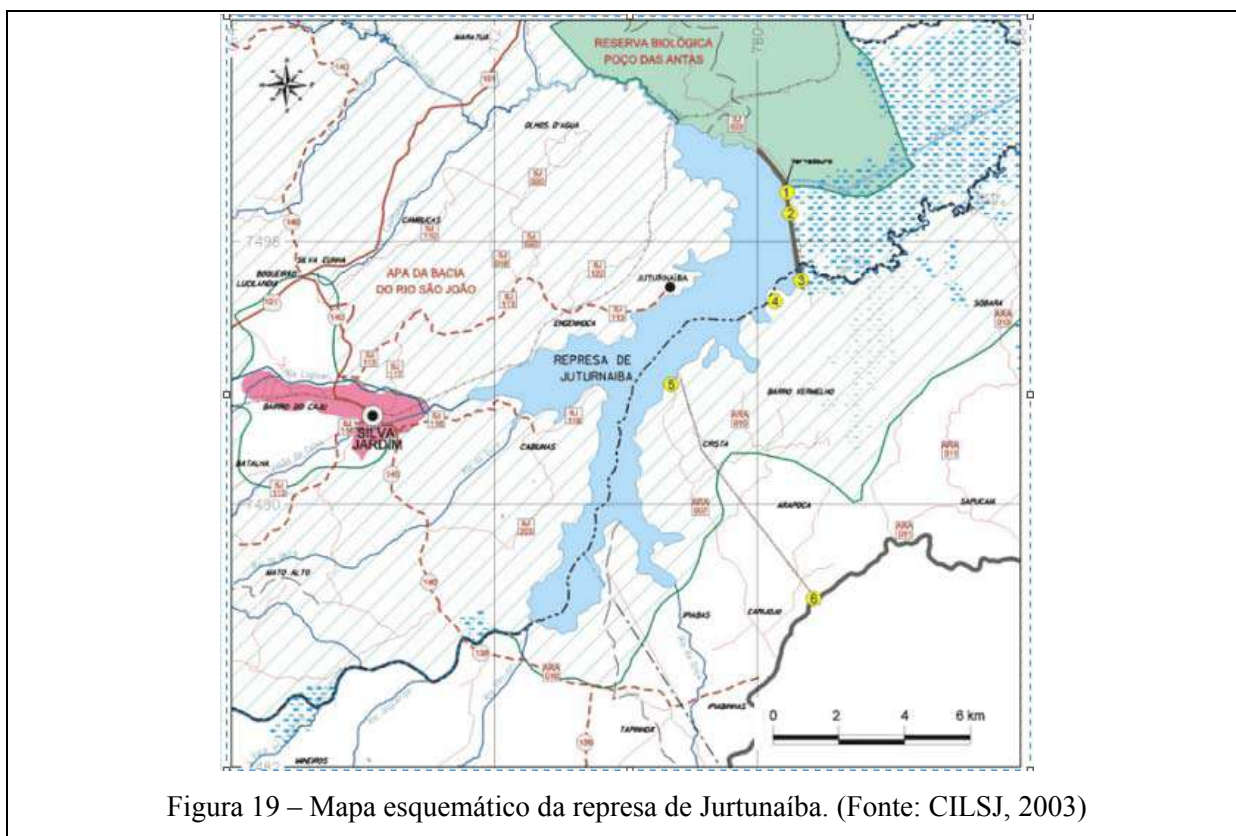


Figura 19 – Mapa esquemático da represa de Jurtunaíba. (Fonte: CILSJ, 2003)

De acordo com o CILS (Consórcio Intermunicipal Lagos São João), os objetivos da construção da represa foram: 1) acumular maior volume de água para garantir o abastecimento domiciliar e industrial na Região dos Lagos, em especial nos municípios citados a cima; 2) para controlar as cheias na baixada do rio São João, no trecho a jusante da barragem; e 3) assegurar água para irrigação de 31.800 ha de terras agrícolas na baixada selecionadas pelo Pró-alcool e outros diferentes cultivos.

A represa é administrada pela concessionária Prolagos, essa têm duas Estações de Tratamento de Água (ETA) capazes de produzir mais de 1200 litros por segundo para abastecer a região: a ETA de Jurtunaíba, e a ETA de Tamoios, que é responsável pelo abastecimento do distrito de Tamoios, em Cabo Frio, e capta água na Lagoa de Tamoios.

Na ETA de Jurtunaíba (Figs.20 e 21), obteve-se o valor de nitrato na concentração de 7,36 mg/l; o valor de pH= 8; e valor de OD menor que 6 (5,67).



Figura 20 – Tanques de armazenamento de água
na ETA de Jurtunaíba.



Figura 21 – Represa de Jurtunaíba.

A água da represa é escoada através das comportas instaladas na barragem. A quantidade de água liberada rio baixo é variável (vazão regularizável), dependendo do volume acumulado na represa. A represa tem capacidade de acumular um volume de 10 milhões de m^3 , sendo o tempo de residência da água (detenção hidráulica) estimado em 38 dias pela FEEMA.

Outra grande represa localizada no Estado é a Represa Ribeirão das Lajes, localizada no município de Piraí, essa é responsável pelo abastecimento de água nos municípios de: Seropédica, Itaguaí, Piraí, Japerí, Queimados, Paracambi e Rio de Janeiro. (Figs. 22 e 23).



Figura 22 – Represa Ribeirão das Lajes.



Figura 23 – Coleta sendo realizada na
Represa Ribeirão das Lajes.

Essa represa faz parte do Sistema Gerador da LIGHT, que é formado por sete usinas hidrelétricas, sendo cinco geradoras (Ilha dos Pombos, Fontes Nova, Nilo Peçanha, Pereira

Passos e Santa Branca) e duas elevatórias (Santa Cecília, em Barra do Pirai e Vigário, em Pirai, que bombeiam as águas do rio Paraíba do Sul e do rio Pirai, para geração de energia e para abastecimento de água para o Grande Rio através do sistema Guandu, que é operado pela CEDAE), além de um conjunto de reservatórios, barragens, diques e estruturas hidráulicas associadas.

Este Sistema encontra-se inserido na bacia hidrográfica de maior desenvolvimento econômico do País (de elevada expressão econômica), que é a bacia do rio Paraíba do Sul, e faz a transposição das águas desta bacia para a do Rio Guandú.

De acordo com a LIGHT, a principal interferência do Sistema Gerador ocorre no atendimento aos requisitos de abastecimento público de água para a RMRJ. Como na área do entorno desta região não existem mananciais de água significativos, foram construídas, no início da década de 40, duas adutoras para fins de abastecimento público com capacidade total de 5,5 m³/s, utilizando-se as águas provenientes do Reservatório de Lajes após serem turbinadas pela Usina Hidrelétrica Fontes Nova. Devido às excelentes condições de preservação ambiental do Reservatório de Lajes, até hoje essa água é distribuída pela CEDAE sem tratamento, apenas sendo clorada diretamente na tubulação.

O Desvio Paraíba-Pirai (esse permite a transposição das águas da bacia do Rio Paraíba do Sul para a bacia do Ribeirão das Lajes) veio a constituir-se no mais importante reforço para o suprimento de água potável para a RMRJ. O Rio Guandú, que em condições naturais teria uma vazão de cerca de 25 m³/s, recebe uma contribuição média de 146 m³/s do Desvio Paraíba-Pirai e de 10 m³/s do Desvio Tócos-Lajes. Essa contribuição adicional permitiu a construção pela CEDAE da ETA do Rio Guandú, que entrou em operação em 1955, e hoje processa 47 m³/s de água para atendimento da população da RMRJ.

A tabela 5 mostra a relação entre alguns municípios do Estado, com seus respectivos sistema de abastecimento, o tratamento utilizado (quando foi informado), e a captação. A tabela 6 e a figura 24 relacionam o tipo de captação com a quantidade de pontos amostrados nesse projeto.

MUNICÍPIO	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	Tipo de Tratamento	CAPTAÇÃO
Angra dos Reis	Cabo Severino e Japuiba	Tratamento simplificado	zona serrana rios Cabo Severino e Japuiba
Aperibé	(ETA) – Aperibé	Não informado	Rio Pomba
Barra do Piraí	(ETA) – Vargem Alegre.	Não informado	rio Paraíba do Sul
Cachoeiras de Macacu	sistema Souza e sistema Posto Pena	Tratamento simplificado	zona serrana (com grande vegetação) nas confluências dos rios Souza e São Joaquim e dos rios Macacu, Apolinário e Jacutinga
Bom Jardim	(ETA) – Bom Jardim, Alto São José Unidade de Tratamento de São José do Ribeirão	Não informado	Córrego Santa Teresa e Poço
Bom Jesus do Itabapoana	(ETA) – Bom Jesus do Itabapoana	Não informado	rio Itabapoana e Carabuçu
Cambuci	(ETA) – Cambuci	Não informado	rio Paraíba do Sul e Nascente
Cardoso Moreira e Italva	(ETA) – Italva, Cimento Paraíso e Cardoso Moreira e a Unidade de Tratamento de São Joaquim	Não informado	rio Muriaé e Poço
Casemiro de Abreu e Rio das Ostras	(ETA) – Rio Dourado	Não informado	rio Macaé
Duas Barras	(ETA) – Duas Barras	Não informado	rio Macuquinho
Duque de Caxias	Sistema Guandu	Tratamento completo	rio Guandu; águas da represa de Ribeirão das Lajes e rio Santana
Japeri	sistema São Pedro e sistema Ribeirão das Lajes	Não informado	represas da área de proteção ambiental da Reserva Biológica do Tinguá e represa Ribeirão das Lajes
Lajes do Muriaé	(ETA) – Lajes do Muriaé	Não informado	rio Muriaé
Magé	U.T de Piabetá, Santo Aleixo, Suruí e Paraíso	Tratamento simplificado	rios Cachoeira Grande, Pedras Negras, Cachoeirinha e Paraíso
Paty do Alferes e Miguel Pereira	(ETA) – Miguel Pereira, Conrado, Paty do Alferes e Avelar	Não informado	rio Santana, córrego Palmares e córrego Japão
Nilópolis	sistema Guandú	Tratamento completo	rio Guandu; águas da represa de Ribeirão das Lajes e rio Santana
Nova Iguaçu	sistema Guandú; sistemas São Pedro; Rio D'Ouro e Tinguá	Tratamento completo/Tratamento simplificado	rio Guandu; águas da represa de Ribeirão das Lajes e rio Santana e represas da área de proteção ambiental da Reserva Biológica do Tinguá
Paracambi	sistemas Ribeirão das Lajes; Saudoso e e Fábrica Brasil	Tratamento simplificado/Tratamento convencional	represa de Ribeirão das Lajes, rio Saudoso e rio dos Macacos
Paraíba do Sul	(ETA) – Paraíba do Sul	Não informado	rio Paraíba do Sul
Engº Paulo de Frontin	(ETA) – Engº Paulo de Frontin e Morro Azul	Não informado	rio Santana
Piraí	(ETA) – Piraí, Santanésia, Varjão e Rosa Machado	Não informado	Paraíba do Sul, Córrego Maria Preta, Córrego Pau D'Alho, Rio Piraí
Rio Bonito	(ETA) - Rio Bonito e Basílio, U.T de Boa Esperança Velha, Boa Esperança Nova, Lavras e Poço de Boa Esperança	Tratamento completo	rio Bacaxá, rio Mineiro, rio Pinto e rio Grande; rio Bracanã e Poço de Boa Esperança
Rio Claro	(ETA) – Rio Claro e Passa Três e a U.T. de Lídice	Não informado	rio Piraí e São Clemente
Rio de Janeiro	sistema Guandú; sistema Ribeirão das Lajes; mananciais na Floresta da Tijuca e no maciço da Pedra Branca	Tratamento completo/Tratamento simplificado	rio Guandu; águas da represa de Ribeirão das Lajes e rio Santana; mananciais de pequeno porte: Afonso Visu, Dois Murinhos, Taylor, Gávea Pequena, Paineiras, Ciganos, Rio Grande, Camorim, Sacarrão, Caboclos, Quininha, Batalha, Mendanha e Tachas.
Santa Maria Madalena	(ETA) – Santa Maria Madalena	Tratamento simplificado	rio Rifã, Dubois e rio Vermelho
Santo Antônio de Pádua	(ETA) – Santo Antônio de Pádua e Campelo	Não informado	rio Pomba
São Francisco do Itabapoana	(ETA) – Praça João Pessoa e as U.T. de São Francisco, Praia de Guaxindiba e Praia de Santa Clara	Não informado	Poços Profundos
São Fidélis	(ETA) - São Fidélis e Pureza	Não informado	rio Paraíba do Sul
São Gonçalo e Ilha de Paqueta	(ETA) - Laranjal	Tratamento completo	canal de Imunana (águas oriundas dos rios Guapiáçu e Macacu)
São João da Barra	(ETA) – São João da Barra e as U.T. de Atafona, Degredo, Barra do Açu e Barcelos	Não informado	rio Paraíba do Sul e Poços
São João de Meriti	sistema Guandú	Tratamento completo	rio Guandu; águas da represa de Ribeirão das Lajes e rio Santana
São José de Ubá	(ETA) – São José de Ubá	Não informado	rio Muriaé
São Sebastião do Alto	(ETA) - São Sebastião do Alto e Valão do Barro	Não informado	rio Negro e rio Grande
Sapucaia	(ETA) – Sapucaia, Anta, N.S. Aparecida e Jamaparã	Não informado	rio Paraíba do Sul, córrego Santa Rita, córrego Cortiço.
Seropédica	sistema Ribeirão das Lajes	Tratamento simplificado	represa Ribeirão das Lajes (decantação natural das águas dos rios Ribeirão das Lajes, Araras e Sertão)
Trajano de Moraes	(ETA) – Trajano de Moraes	Não informado	rio Soledade
Varre-Sai	(ETA) – Varre-Sai	Não informado	córrego Santa Cruz

Tabela 5 – Relação entre municípios do Estado com seus sistemas de abastecimento, tratamento destinado à água (quando informado) e a captação.

CAPTAÇÃO	PONTOS
Águas da serra	7
Rios	73
Represa / Barragem	12
Poço	26
Outros	2

Tabela 6 – Relação de tipo de captação e quantidade de pontos amostrados.
(*Alguns pontos não entraram para a estatística).

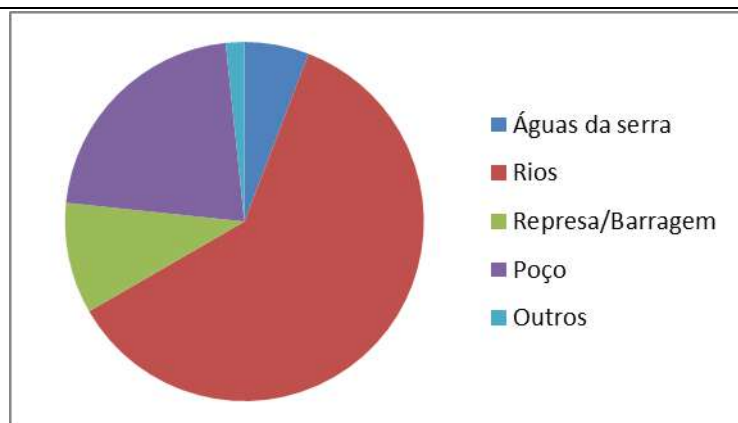


Figura 24 – Relação de tipo de captação e quantidade de pontos amostrados.

As figuras 25 e 26 mostram respectivamente, a situação da oferta de água e o diagnóstico para necessidade de investimento para o ano de 2015 no Estado do Rio de Janeiro.

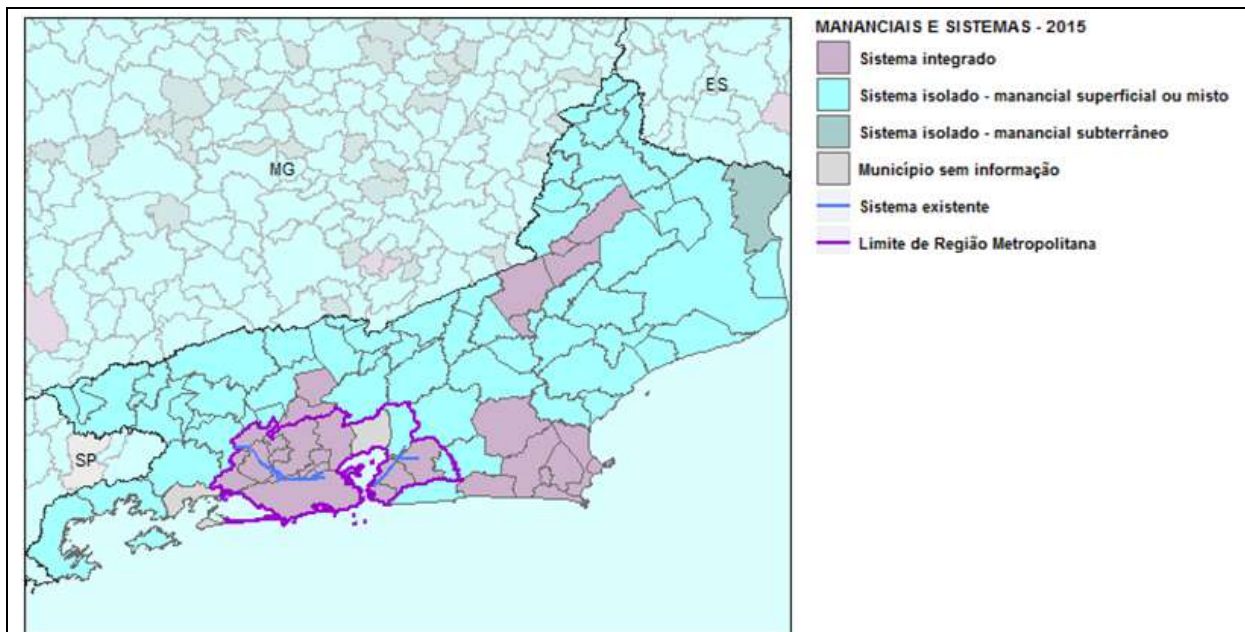


Figura 25 – Situação da Oferta de Água – Mananciais e Sistemas. (Fonte: *site* da ANA 2012).

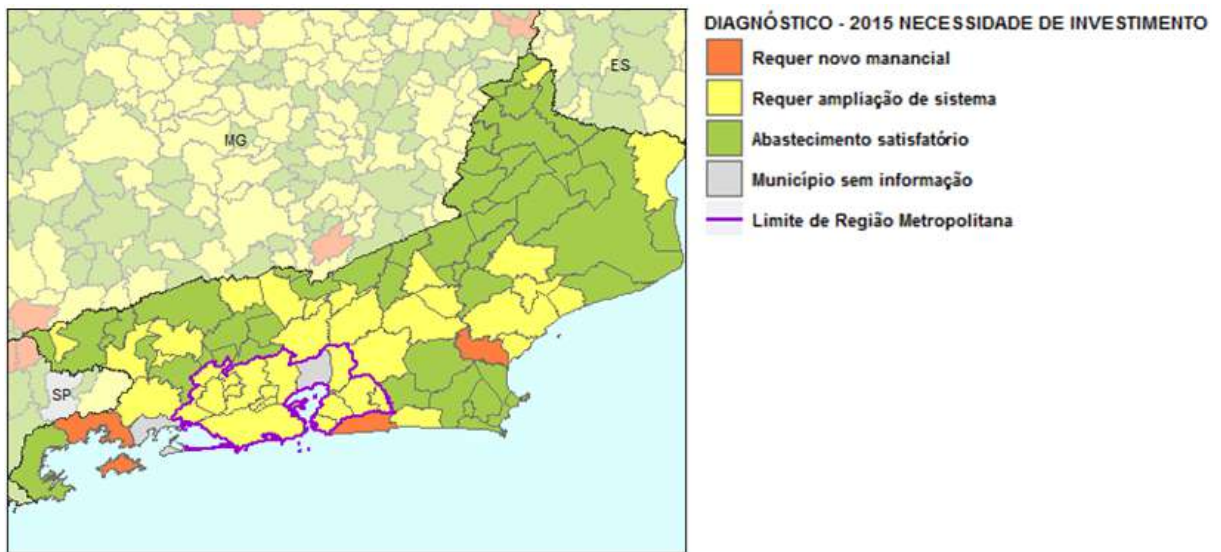


Figura 26 – Situação da Oferta de Água – Avaliação Oferta / Demanda. (Fonte: *site* da ANA 2012).

7. A LEGISLAÇÃO DE ÁGUAS – RESOLUÇÃO DO CONAMA

Segundo a Resolução CONAMA N° 357 (2005) as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade. Aquelas classificadas como água de abastecimento estão inseridas nas classes especial, 1, 2, e 3 das águas doces (com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰), conforme o tratamento recebido. Há uma resolução mais nova do CONAMA, número 396 do ano de 2008, porém para os parâmetros abordados neste trabalho, os valores máximos permitidos continuam os mesmos.

As águas doces da classe especial são destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; as águas da classe 1 são destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado; as águas da classe 2 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; as águas da classe 3 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado.

Alguns padrões que são utilizados para determinar a qualidade dessas águas e que são tema do presente estudo são apresentados na tabela 7.

Os recursos hídricos no Brasil, tem a sua gestão através do Código de Águas, estabelecido em 1934 pelo Decreto Federal nº 24.643. (Segundo Lacorte, 1994), o código foi instituído no momento em que o Brasil passava de uma economia baseada no setor agrário para uma economia urbano-industrial e necessitava da produção de energia hidrelétrica para movimentar este setor.

Segundo a Constituição Federal de 1988 foram estabelecidos apenas dois domínios para os corpos d'água: (1) domínio da União, para rios e lagos que banhem mais de um estado, ou que sirvam de fronteira entre essas unidades, ou de fronteira entre o Brasil e países vizinhos, ou deles provenham ou para eles se estendam e (2) domínio estadual, para os corpos d'água que se situem exclusivamente em um estado (MMARH, 1997).

No artigo 1º da Lei das Águas, (Lei 9.433 de Janeiro de 1997), são estabelecidos seus princípios básicos: (1) a adoção da bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento, (2) o uso múltiplo das águas, (3) o reconhecimento da água comum um bem natural limitado, (4) reconhecimento do valor econômico da água e (5) gestão descentralizada e participativa.

De acordo com a Lei 9.433 de Janeiro de 1997:

Os fundamentos são:

- I. A água é um bem de domínio público;
- II. A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III. Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV. A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V. A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH (Política Nacional de Recursos Hídricos) e atuação do SNGRH Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Os objetivos são:

- I. Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II. Utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III. Prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Os instrumentos são:

- I. Os planos de Recursos Hídricos;
- II. O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III. A Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV. A cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V. Sistema de informações sobre Recursos Hídricos.

A água é um dos recursos naturais mais importantes, cuja utilização deve ser feita de maneira a não comprometer a disponibilidade para as gerações futuras. Sua disponibilidade é hoje limitada não apenas quanto à quantidade, mas também pela qualidade. Um dos maiores desafios atuais para o desenvolvimento sustentável será minimizar os efeitos da escassez permanente ou sazonal e da poluição da água. A água para a conservação dos ecossistemas também deverá receber mais atenção como tema sócio-político. Será imprescindível que os novos projetos para atender à demanda sejam concebidos dentro de uma perspectiva de sustentabilidade econômica, social e ambiental. A solução vai exigir tanto a exploração cuidadosa de novas fontes, quanto medidas para estimular o uso mais eficiente da água (Salati, Lemos e Salati, 1999).

CLASSE 1	
PARÂMETROS	PADRÃO
pH	6,0 a 9,0
OD	Não inferior a 6mg/L O ₂
Cloreto	250 MG/L Cl
Fluoreto	1,4 mg/L F
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Sulfato	250 mg/L SO ₄
CLASSE 2	
pH	6,0 a 9,0
OD	Não inferior a 5mg/L O ₂
Cloreto	250 MG/L Cl
Fluoreto	1,4 mg/L F
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Sulfato	250 mg/L SO ₄
CLASSE 3	
Ph	6,0 a 9,0
OD	Não inferior a 4,0mg/L O ₂
Cloreto	250 mg/L Cl
Fluoreto	1,4 mg/L F
Nitrato	10 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Sulfato	250 mg/L SO ₄

Tabela 7: Classificação dos corpos de água. (CONAMA 2005).

* Aplicam-se as águas doces da classe 2 às condições e padrões da classe 1 com algumas exceções

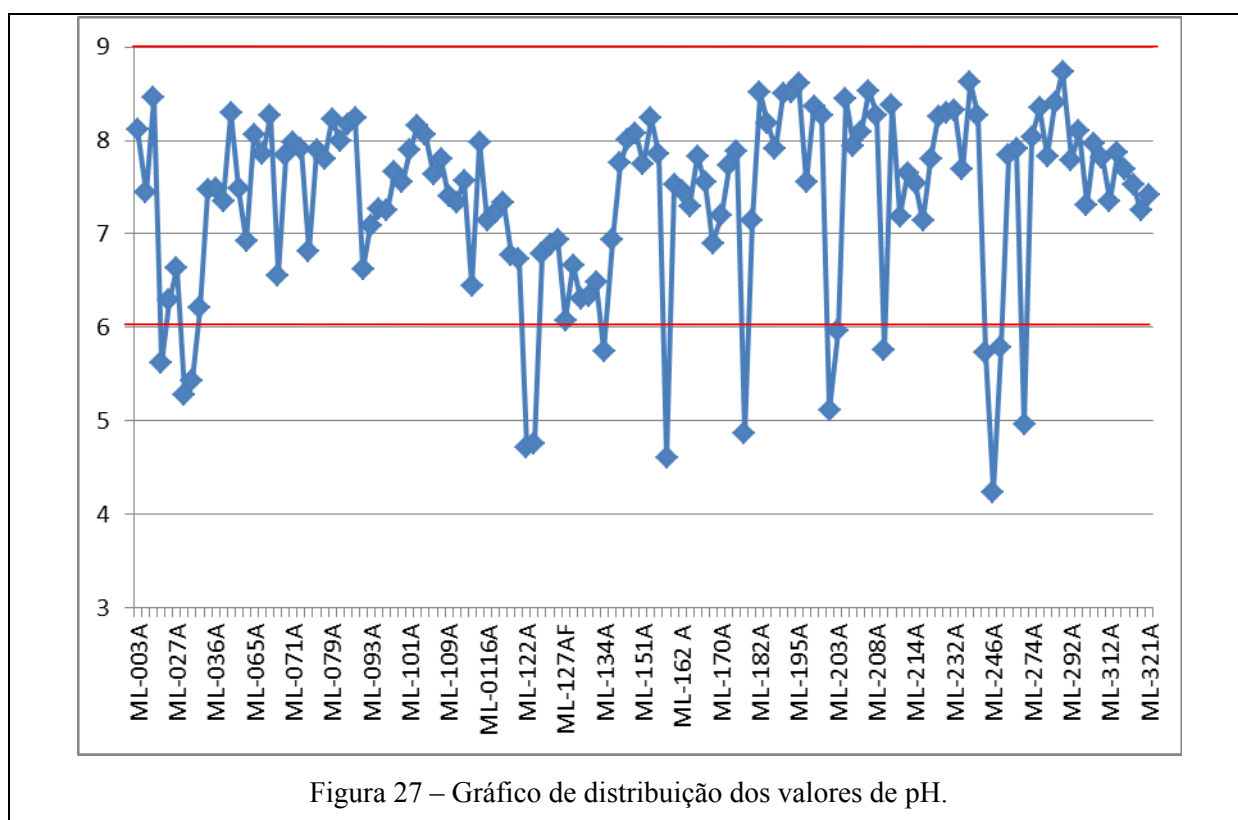
8. RESULTADOS

Nesse tópico serão apresentados os dados referentes aos parâmetros físico-químicos e químicos das águas de abastecimento, disponibilizados na forma de mapas temáticos pontuais.

8.1. Potencial de Hidrogênio (pH)

O pH é definido como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio. e em uma solução expressa a concentração efetiva dos íons de hidrogênio, classificando-a em ácida (pH entre 0 – 7), neutra (pH=7), alcalina ou básica (pH entre 7 -14).

Os valores de pH nas amostras de água analisadas variaram entre 4,24 e 8,74, com média de 7,2 (Fig.27), e em sua maioria, estão dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA (2005) para as águas de abastecimento.



Os valores mais baixos de pH (menores que 6,0) foram observados predominantemente em amostras provenientes de poços localizados na zona litorânea, entretanto, na região serrana em Contendas, Distrito de Nova Friburgo também se registrou pH menor que 5,0. Nesta mesma localidade, uma fonte que capta água provenientes de nascentes na serra e utilizada pela população local, apresentou valor de pH relativamente baixo, igual a 4,24 (Fig.28).

AMOSTRA	pH	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-022A	5,62	Águas do Imperador	Águas oriundas da Serra dos Órgãos	Petrópolis
ML-028A	5,28	Sistema de Tratamento Santo Aleixo	rio Santo Aleixo	Santo Aleixo - Magé
ML-029A	5,43	Estrada Velha - Piedade - Magé	poço	Estrada Velha - Piedade - Magé
ML-122A	4,76	Itaipuaçu, Rua das Açucenas	poço	Itaipuaçu, Rua das Açucenas
ML-123A	4,78	Itaipuaçu, Avenida Zumbi dos Palmares	poço	Itaipuaçu, Avenida Zumbi dos Palmares
ML-159A	4,71	ETA Quissamã	Lagoa Feia	Quissamã
ML-177A	4,96	Poço em residência - rodovia Simão Mansur	poço	Valão Seco
ML-202A	5,11	ETA - Santa Maria Madalena	rio Vermelho	Santa Maria Madalena
ML-209A	5,76	ETA - Lage do Muriaé	rio Muriaé	Lage do Muriaé
ML-245A	5,73	Contendas (distrito de Nova Friburgo)	Poço da prefeitura	Contendas (distrito de Nova Friburgo)
ML-246A	4,24	Contendas (distrito de Nova Friburgo)	Fonte em Rodovia captada das nascentes da Serra	Contendas (distrito de Nova Friburgo)
ML-255A	5,96	ETA de Carapebus	riacho Maricota	Carapebus
ML-271A	5,11	Fazenda Boa Sorte	Poço	Boa Sorte (distrito de São Francisco de Itabapoana

Tabela 8 - pHs abaixo de 6,0.

Os valores de pH mais elevados foram registrados nas amostras de água coletadas nas ETAs de Miguel Pereira, Cambuci e Sumidouro (8,74; 8,62; 8,61) que captam as águas do rio Santana, rio Paraíba do Sul (Fig.29) e rio Paquequer, respectivamente.



Figura 28 – Fonte que capta água diretamente da nascente na serra, ponto ML-246A, localizado em Contendas, distrito de Nova Friburgo.



Figura 29 – Água coletada diretamente do Rio Paraíba do Sul, em Cambuci.

Com os dados obtidos foi confeccionado um mapa pontual com um *intervalo* de valores de pH em todas as regiões do Estado do Rio de Janeiro (Fig.30).

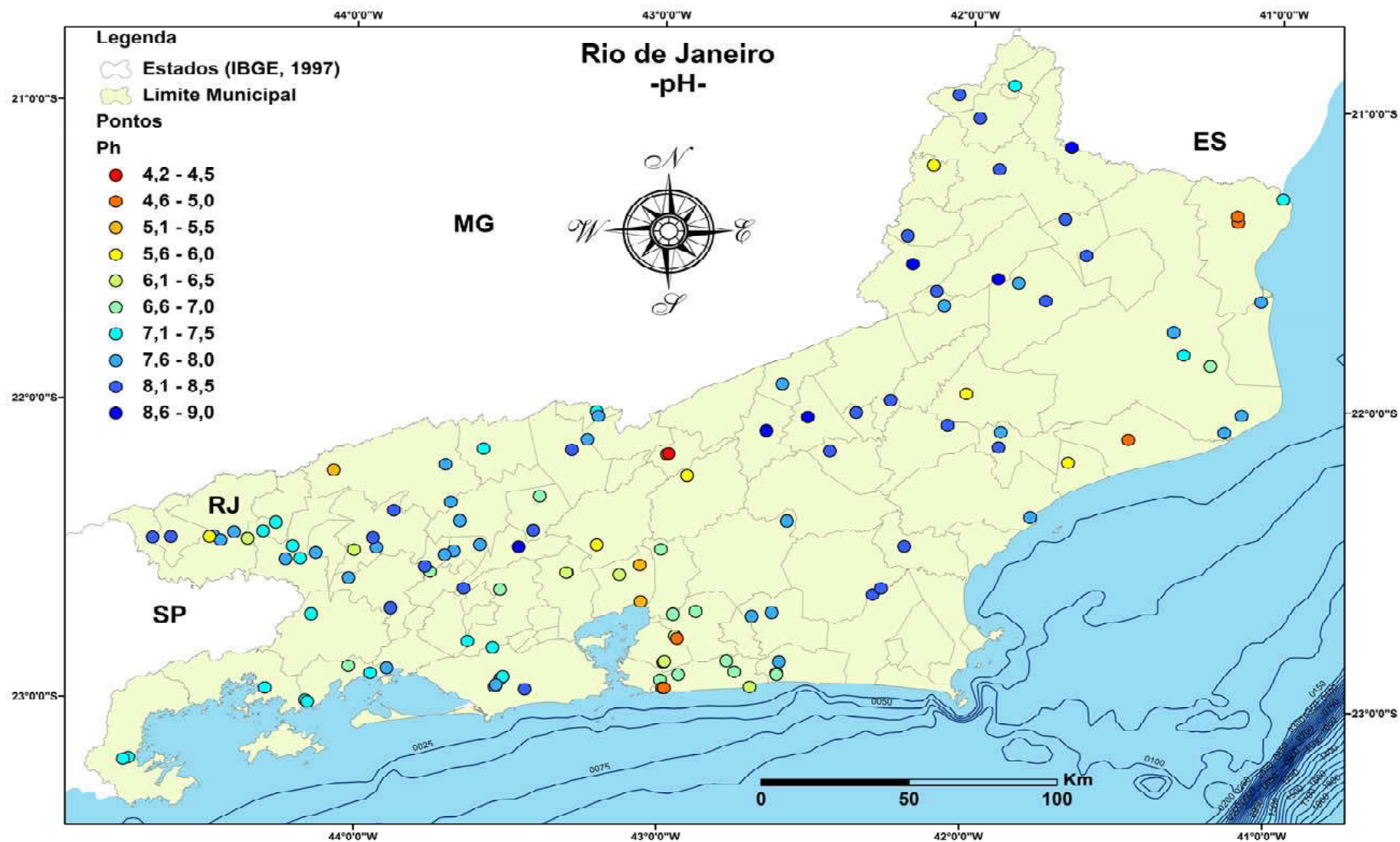


Figura 30 – Mapa pontual para valores de pH no Estado do Rio de Janeiro.

Ao analisar o mapa percebe-se que os valores mais baixos de pH estão localizados em três principais setores: 1) ao redor da Baía de Guanabara, nos municípios de: Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Nova Iguaçu; 2) na região litorânea, entre os municípios de Carapebus e São Francisco de Itabapoana; e 3) na região serrana, no município de Contendas (distrito de Nova Friburgo) por exemplo, foram coletadas duas amostras, uma de um poço da prefeitura (5,7) e outra proveniente de uma nascente da serra (4,2).

Em Itaipuaçu (bairro de Maricá) foram coletados duas amostras com o pH igual a 4,7 ambos de poços. Em Ipiiba (distrito de São Gonçalo) foram também coletadas em duas diferentes localidades água de poço que se apresentaram com o valor de pH de 6,3. Em Magé, no ponto de captação do Sistema de Tratamento Santo Aleixo foi detectado um pH igual a 5,2, a água é captada de um rio, bem próximo da Baía de Guanabara, onde provavelmente ele desemboca.

Na região do polo industrial automobilístico nas proximidades de Resende, Volta Redonda, Porto Real, Quatis e outros municípios e distritos adjacentes os valores de pH ficaram intermediários a altos desde 6,4 na ETA de Bulhões (Distrito de Resende) onde a água é captada em represa e até 7,9 na ETA Fazenda da Barra onde a água é captada diretamente do Paraíba do Sul. Foi confeccionada uma tabela (Tabela 9) indicando os valores de pH obtidos nas coletas de água em diferentes localidades do rio Paraíba do Sul nessa região.

rio Paraíba do Sul	
Localidade	pH
ETA Nova (Barra Mansa)	7.4
ETA Belmonte (Volta Redonda)	7.8
ETA Fazenda da Barra (Resende)	7.9
ETA Nova Liberdade (Resende)	7.6
ETA José Alves dos Santos (Quatis)	7.2
ETA Quatis	6.6

Tabela 9 – pHs obtidos em diferentes localidades do rio Paraíba do Sul, nas proximidades do polo industrial.

8.2. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions.

Condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma solução transmitir eletricidade. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 S/cm ($10^8 \mu\text{S/cm}$) indicam ambientes impactados (CETESB; <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>).

Nas coletas realizadas para esse trabalho, a unidade utilizada nas medições, em que a multisonda estava configurada, era a do $\mu\text{S/cm}$, tal que $1\text{S} = 1.000.000\mu\text{S/cm}$.

A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, ou seja, o TSD (Total de Sólidos Dissolvidos) está diretamente relacionado à condutividade elétrica. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

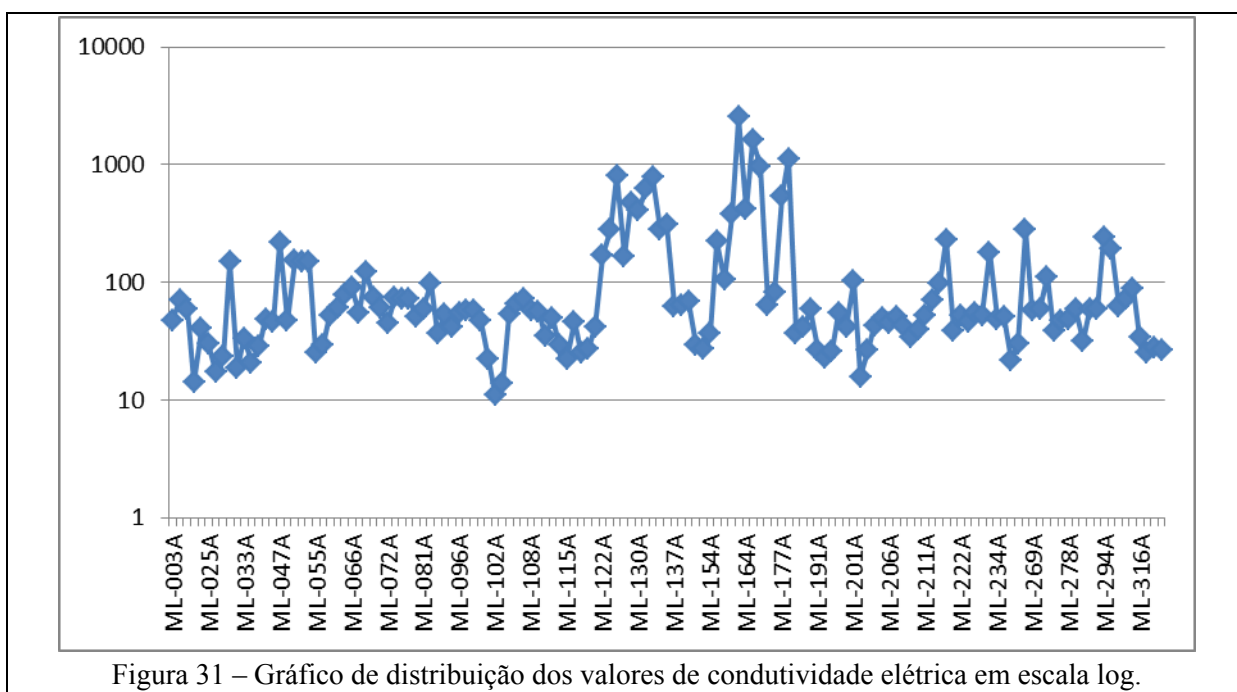
Não há um valor determinado pelos órgãos governamentais para qualificar a água de abastecimento em termos da condutividade.

Os valores de condutividade elétrica nas amostras de água analisadas variaram entre $11,1\mu\text{S/cm}$ e $2529\mu\text{S/cm}$, com média de $140,56\mu\text{S/cm}$ (Fig. 31), todos extremamente abaixo do valor de referência do CETESB (2005) para as águas de abastecimento. Devido a grande variação entre o valor mínimo e o máximo da amostragem, foi utilizada a escala em logaritmo.

Os valores mais elevados estão sistematicamente associados às águas provenientes de poços localizados em zonas costeiras e que provavelmente, sofrem influência marinha, porém há uma concentração de valores elevados também na região que abrange os municípios de Paracambi, Bara do Pirai, Vassouras, Valença, Engenheiro Passos, Paty do Alferes, Rio das Flores (poço), Levy Gasparian (poço), devido a sua localização geográfica, não é possível justificar esses valores altos através da intrusão da cunha salina (comum nas regiões litorâneas), esses talvez possam estar associados a quantidade de sólidos dissolvidos (partículas minerais provenientes das rochas que compõem o substrato ou/e as montanhas da região, partículas biogênicas ou/e antropogênicas) presentes nas águas dessa região.

A separação dos intervalos na confecção dos mapas pelo *software ARCGIS 9.3* com os valores obtidos para condutividade elétrica no Estado, foi dada através de uma normalização em logaritmo.

Os valores de máximos (tabela 10) em relação à condutividade são respectivamente: 2529 μ S/cm (ML-163A) na ETA de Farol de São Tomé (distrito de Campos dos Goytacazes); 1627 μ S/cm (ML-169A) na ETA São Sebastião de Campos e 1118 μ S/cm na ETA de Itabapoana. O valor mínimo de condutividade foi registrado na ordem de 11,1 μ S/cm (ML-102A) em Itatiaia, na Unidade de Tratamento de Itatiaia, próximo ao maciço alcalino, onde pôde se observar a transparência da água. Os valores mínimos de condutividade estão na tabela 11. A média dos valores ficou na ordem de 140,56 μ S/cm. O mapa pontual para os valores de condutividade elétrica que abrange todas as regiões do Estado do Rio de Janeiro é visualizado na figura 32.



AMOSTRA	COND. ELÉTRICA	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-163A	2529	ETA de Farol de São Tomé	poço	Farol de São Tomé
ML-169A	1627	ETA de São Sebastião do Campo	poço	São Sebastião do Campo
ML-178A	1118	ETA de Itabapoana	poço	Itabapoana

Tabela 10 – Valores máximos de condutividade elétrica.

AMOSTRA	COND. ELÉTRICA	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-102A	11,1	U.T. Itatiaia	rio Campo Belo	Itatiaia
ML-103A	13,81	ETA Engenheiro Passos	rio Nosco	Engenheiro Passos
ML-022A	14,04	Águas do Imperador	Águas oriundas da Serra dos Orgãos	Petrópolis
ML-202A	15,9	ETA Santa Maria Madalena	rio Vermelho	Santa Maria Madalena
ML-027A	17,54	ETA Guapimirim	Canalização de cachoeiras da Serra dos Orgãos	Estrada da Barreira
ML-032A	18,58	ETA Piabetá-Magé	rio Piabetá	Cachoeira Grande

Tabela 11– Valores mínimos de condutividade elétrica.

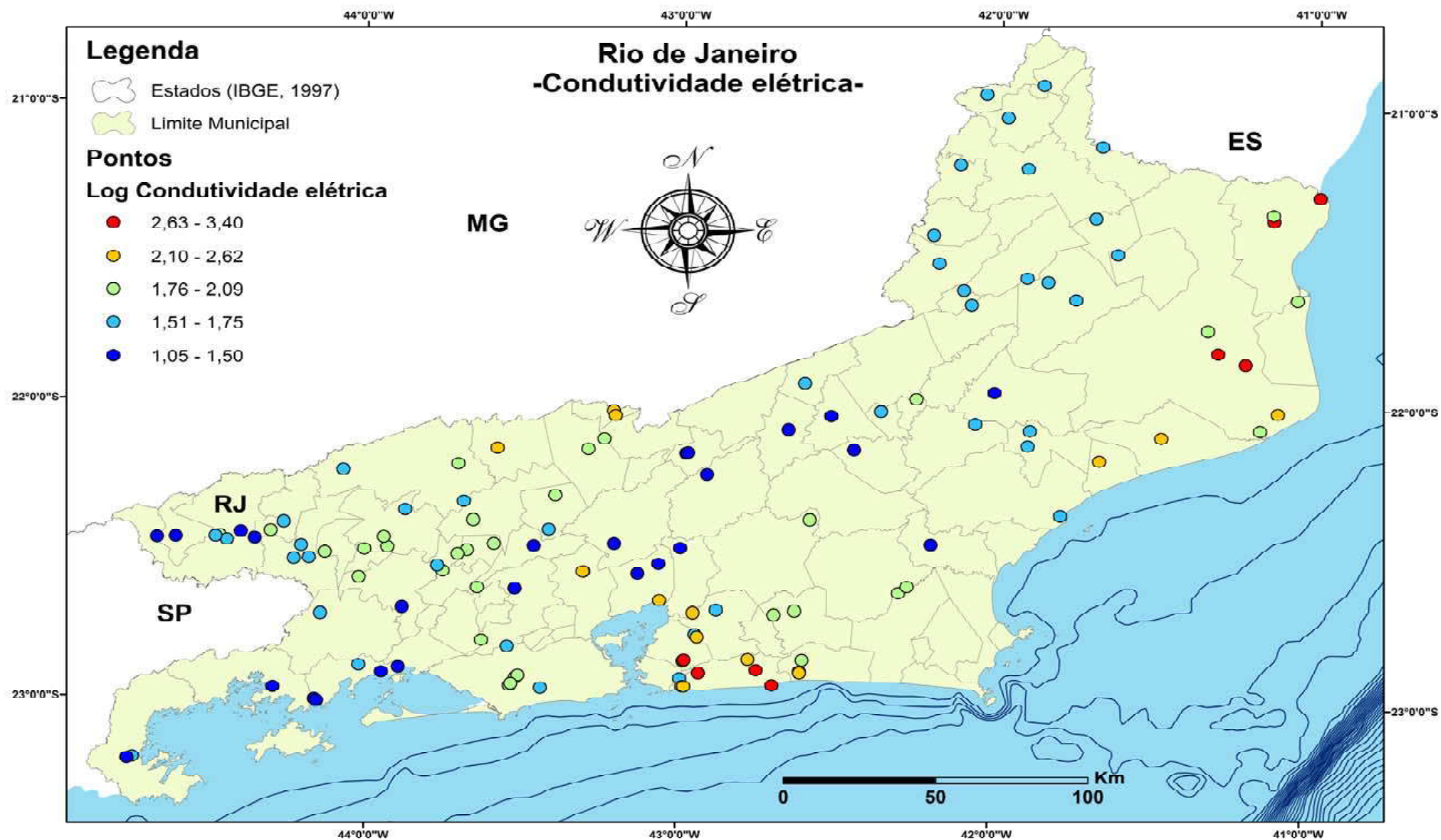


Figura 32 – Mapa pontual para valores de condutividade elétrica no Estado do Rio de Janeiro.

8.3. Oxigênio Dissolvido (OD)

Oxigênio Dissolvido (OD) é a quantidade, em mg/l, desse elemento que encontra-se dissolvido na água. Possui duas possíveis fontes de origem: 1) o oxigênio da atmosfera dissolvido diretamente; e 2) o oxigênio proveniente da fotossíntese de plantas aquáticas. O índice OD é um dos mais importantes para se avaliar a capacidade de um corpo hídrico em suportar atividade biológica de organismos aquáticos.

Este fenômeno (2) ocorre em maior proporção em águas eutrofizadas, ou seja, aquelas em que a decomposição dos compostos orgânicos lançados levou à liberação de sais minerais no meio, especialmente os de nitrogênio e fósforo, que são utilizados como nutrientes pelas algas. Porém, esta fonte não é muito significativa nos trechos de rios à jusante de fortes lançamentos de esgotos, pois a turbidez e a cor elevadas dificultam a penetração dos raios solares e sobrevivem apenas poucas espécies resistentes às condições severas de poluição. A contribuição fotossintética de oxigênio só é expressiva após grande parte da atividade bacteriana na decomposição de matéria orgânica ter ocorrido, bem como após terem se desenvolvido também os protozoários que, além de decompositores, consomem bactérias clarificando as águas e permitindo a penetração de luz. (CETESB).

Portanto, águas muito poluídas comumente apresentam OD baixo, em alguns casos extremos podem até ter 0 mg/l, mas esse valor não foi observado no trabalho, porém, nas adjacências do Volta Redonda (4,7), Barra Mansa (4,67), Resende (3,61), Quatis (5,0), a água do rio Paraíba do Sul apresentou valores baixos de OD (inferiores a cinco), provavelmente por correr por municípios com elevada taxa demográfica e que possuem atividade industrial, esse manancial, como já foi visto antes tem importância vital para o abastecimento de água em todo Estado. Dejetos urbanos (devido à alta densidade demográfica ao entorno desse importante rio) contribuem para poluição.

O Rio Paraíba do Sul recebe atualmente o esgoto da maioria dos municípios pelos quais passa. Um estudo recente desenvolvido pela Universidade de Taubaté (UNITAU) revelou que o rio possui um alto nível de poluentes, que apresentam riscos de danos genéticos e de câncer em organismos aquáticos e humanos. Dentre os agentes poluidores, como os resíduos industriais, extrativistas, da pecuária e da agricultura, o estudo aponta como sendo o mais preocupante o esgoto urbano.



Figura 33 - Lançamento de esgoto sem tratamento no rio Paraíba do Sul, no trecho de Taubaté; por dia, a bacia recebe até 75 toneladas de detritos.



Figura 34 – Construções irregulares em Cardoso Moreira

Pelas cidades de Campos, Cardoso Moreira e São João da Barra, dos problemas visíveis, o maior são as construções irregulares. Além de estarem em áreas de risco, moradores jogam dejetos e, em alguns casos, o esgoto é despejado diretamente nas águas.

Em Cardoso Moreira, próximo à Ponte Doutor Salobrá, no Centro, por exemplo, há dezenas de casas na beira do rio. Em dias de muita chuva não é raro o Paraíba do Sul encher e inundar toda a área central do município, o que põe construções em risco.

Os últimos dados dos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS 2010), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostram que o Rio Paraíba do Sul é considerado um dos dez mais poluídos do país. Mais especificamente, está na nona posição.

O estudo revela que o rio, que tem como alguns dos principais agentes poluidores a indústria, a agropecuária e a população, recebe, nos seus 1.120 quilômetros, esgoto da maioria dos municípios pelos quais passa.

O diretor do programa Mata Atlântica, da ONG Conservação Internacional do Brasil, Carlos Alberto Mesquita é um estudioso do Rio Paraíba do Sul. Segundo ele, o esgoto doméstico (não necessariamente das casas irregulares construídas em áreas de risco) é um dos fatores fundamentais da poluição.

Porém, a CEDAE garante que trata, diariamente, 43 metros cúbicos de água poluída do rio por segundo, a água desemboca na Estação de Tratamento de Água (ETA) do Guandu, localizada em Nova Iguaçu, na Baixada Fluminense. O órgão informa ainda que o material que chega ao local passa pelos processos de tranquilização, floculação, decantação, filtração, clarificação, desinfecção com cloro e finalmente a fluoretação.

Em contrapartida, do outro lado do Estado, perto da foz do rio Paraíba do Sul, na localidade de São João da Barra, distrito de Campos dos Goytacazes, foi também registrado um valor de OD menor que cinco (4,89), mas é válido ressaltar que a amostra de água coletada apresentou um valor de temperatura na ordem de 27,6 °C.

Os valores de oxigênio dissolvido estão diretamente relacionados com os valores de temperatura, visto que quanto mais quente, maior o aumento da “agitação” das moléculas de oxigênio, que por sua vez, voltam para a atmosfera.

De acordo com a CETESB, a taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, com a velocidade normalmente bastante baixa.

Em alguns casos, os poços possuem lâmina de água livre, ou seja, a água utilizada para o abastecimento encontra-se em contato com o ar atmosférico, nesse caso, é registrado um alto valor de OD para o poço.

Em contrapartida, poços que captam água diretamente do lençol freático, e, portanto, tratam de água subterrânea (que possui pouco contato com a atmosfera) possuem OD baixo.

Os valores de OD variam entre 2,12 e 11,38, com a média na ordem de 5,82 mg/l no Estado do Rio de Janeiro (Fig.35). Estes valores correspondem, respectivamente ao ponto ML-178A, coletado na ETA de Itabapoana (Fig.36), onde a água é captada de poço, e ao ponto ML-055A (Fig.37) na U.T. Rio Douro que fica localizada na reserva biológica do Tinguá na zona rural do município de Nova Iguaçu. A água dessa unidade de tratamento é captada de uma represa (Fig.38), que foi construída pelos escravos da Corte no ano de 1883, e que capta a água do rio e abastece o sistema Acari que fornece água para alguns bairros da região metropolitana do Rio de Janeiro. A estação de captação de Rio D’ouro possui um grande valor histórico já que é uma construção da época do império. A estação é constituída de um tanque de decantação que é abastecido por um túnel de quase um 1 km, com caimento de 1% aproveitando a topografia do terreno e fornecendo a água, considerada de melhor qualidade de toda rede da CEDAE.

Como era de se esperar, os valores mais baixos de OD foram registrados em poços (Tabela 12), onde a circulação de oxigênio é restrita, devido à falta de interação com a atmosfera. Ainda, no que se referem aos poços, os valores mais elevados foram registrados nos pontos ML-164A e ML-169A, 7,22 e 7,27 respectivamente, valores relativamente altos para OD em poços. Esses pontos estão localizados na ETA de Farol de São Tomé (Fig.39) e

na ETA de São Sebastião de Campos (Fig.40), ambos no município de Campos dos Goytacazes.

Os valores, ora obtidos estão espacializados no mapa da figura 41, sendo que os intervalos apresentados foram definidos manualmente, reparar intervalos abaixo de 6 (cores quentes) e intervalos superiores a 6 (cores frias), visto que de acordo com o CONAMA (2005), nas águas de abastecimento, o valor de OD, em qualquer amostra, não pode ser inferior a 6 mg/l.

Ao observar o mapa, percebe-se que alguns municípios em torno da Baía de Guanabara, tais como: Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Magé, Guapimirim, Itaboraí e Niterói possuem valores de OD relativamente altos, porém em São Gonçalo há registro de OD relativamente baixo, em água coletada de poço.

Municípios ao norte do Estado, tais como, Varre-Sai, Natividade, Porciúncula, Bom Jesus do Itabapoana, Laje do Muriaé, Itaperuna, Italva, Cardoso Moreira, São Fidélis, Itaocara, Aperibé, Santo Antônio de Pádua, Miracema, Cambuci e São José de Ubá apresentaram OD aproximadamente entre 3,72 a 6,0 mg/l. Nessa região, os valores mais baixos foram associados a poços (Itabapoana em um poço da prefeitura, foi registrado o menor valor, na ordem de 2,12 mg/l; em Valão Seco, distrito de Campos dos Goytacazes, foi registrado o segundo menor valor em um poço de uma residência (3,64), porém o valor mais alto também foi registrado em água de poço nessa região, numa residência rural na Fazenda Boa Sorte, também em São Francisco de Itabapoana (6,15). Todos os valores intermediários (entre 4,77 e 6,1 mg/l) nessa região, foram captados em águas superficiais, dos rios: Carangola, Muriaé, Paraíba do Sul, Pomba, Itabapoana e o córrego de Santa Cruz.

As tabelas 12 e 13 apresentam respectivamente os valores mínimos e máximos de OD coletados no Estado.

Válido ressaltar que os valores máximos para oxigênio dissolvido correspondem a rios localizados na região metropolitana do Rio de Janeiro, onde a maioria desses mananciais provavelmente recebem esgotos.

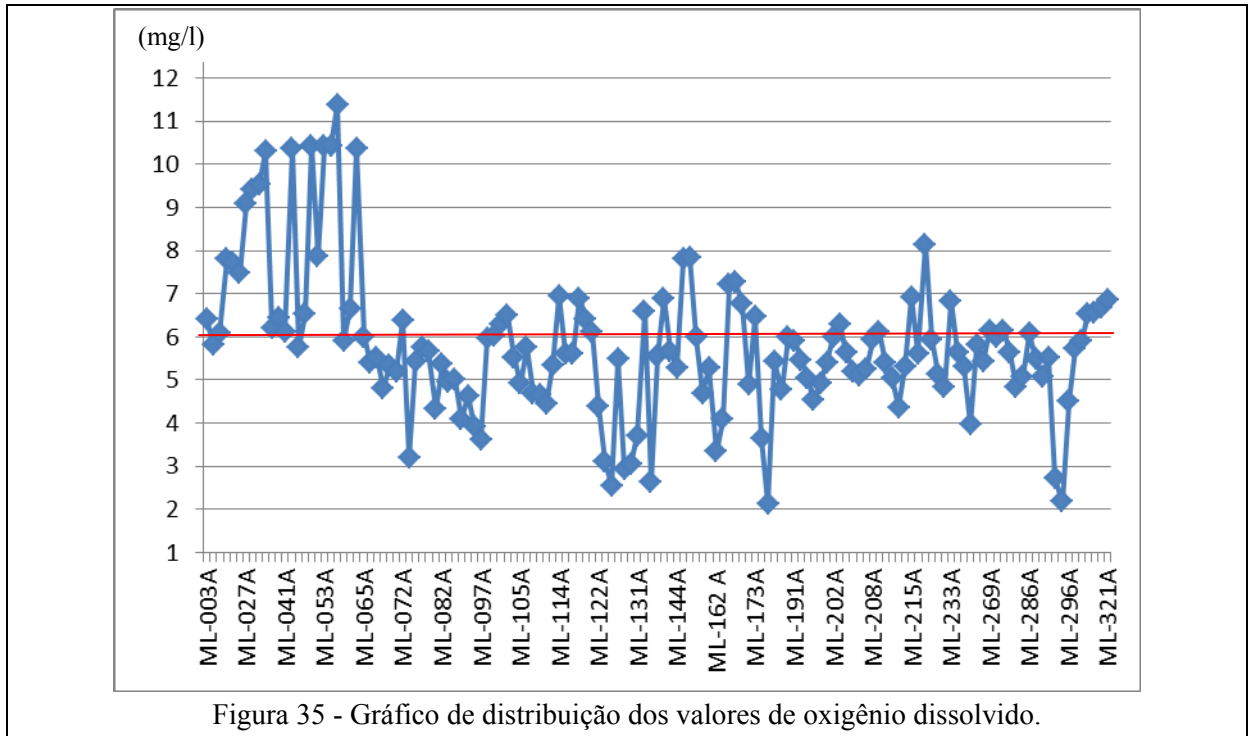


Figura 36 – Coleta de água na ETA de São Francisco do Itabapoana.



Figura 37 – U.T Rio Douro, localizada no município de Nova Iguaçu



Figura 38 – Coleta sendo realizada na represa da U.T Rio Douro



Figura 39 – Água captada em poço na ETA de Farol de São Tomé



Figura 40 - ETA São Sebastião de Campos.

AMOSTRA	OD	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-178A	2,12	ETA de Itabapoana	poço	Itabapoana
ML-295A	2,19	Levy Gasparian	poço	Levy Gasparian
ML-124A	2,55	Inoã	poço	Inoã
ML-134A	2,64	Jaconé	poço em residência	Jaconé, distrito de Saquarema
ML-294A	2,72	Levy Gasparian	poço	Levy Gasparian
ML-126A	2,92	Manoel Ribeiro	poço	Manoel Ribeiro, distrito de Maricá

Tabela 12 – Valores mínimos de oxigênio dissolvido.

AMOSTRA	OD	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-055A	11,38	U.T Rio Douro	represa	Reserva biológica do Tinguá, Nova Iguaçu
ML-048A	10,43	ETA Porto de Caixas	rio Guapiacu e Macacu	Itaboraí
ML-053A	10,42	Estrada do Xerém	poço	Xerém
ML-064A	10,36	U.T Batalha-Quininha	represa do rio Batalha	Rio de Janeiro
ML-045A	10,35	ETA São Gonçalo	rio Macacu e rio Itinguçu	Laranjal, Alcântara
ML-032A	10,29	ETA Piabetá-Magé	rio Piabetá	Cachoeira Grande

Tabela 13 – Valores máximos de oxigênio dissolvido.

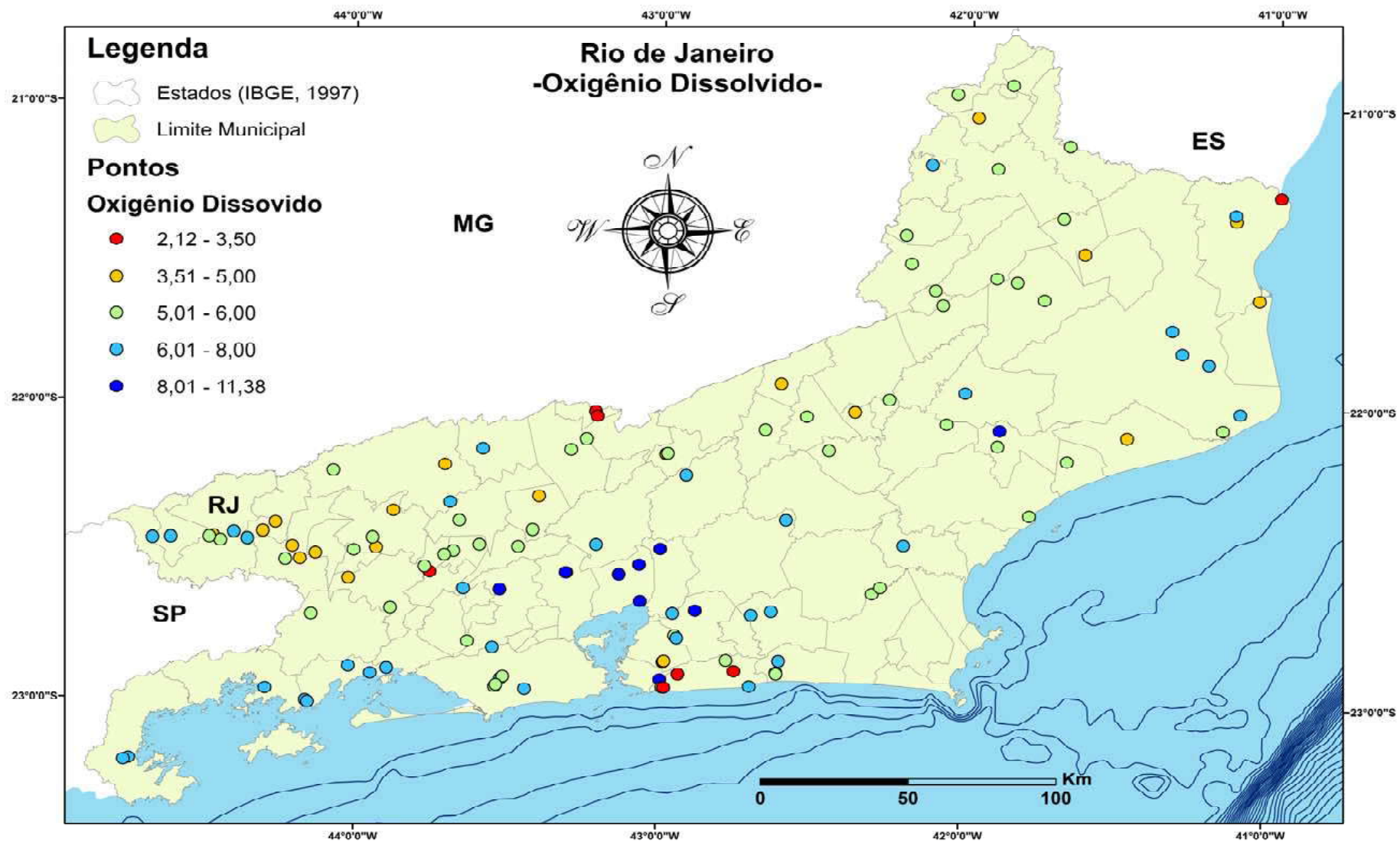


Figura 41 – Mapa pontual para valores de oxigênio dissolvido em todo o Estado do Rio de Janeiro.

8.4. Temperatura (°C)

Variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais, diurnas e verticais. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais e usinas termoelétricas (CETESB, 2009).

Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. (CETESB).

A temperatura média para as águas coletadas no Estado foi de 26,47 °C, registrando-se o valor mais baixo (18,1 °C) no ponto ML-246A, em Contendas (distrito de Nova Friburgo), numa fonte cuja captação era obtida diretamente de uma nascente na serra. Salienta-se que a região serrana fluminense registra as temperaturas mais baixas do estado, e, além disso, a amostra foi coletada em um dia nublado. A temperatura mais alta foi de 32,5 °C, registrada no ponto ML-123A, em um poço de uma residência na Avenida Zumbi dos Palmares em Itaipuaçu. A maioria dos valores ficou entre o intervalo de 23-30°C, haja vista que a maior parte da coleta foi feita em janeiro, mês que comumente registram-se temperaturas muito elevadas em todo o estado.

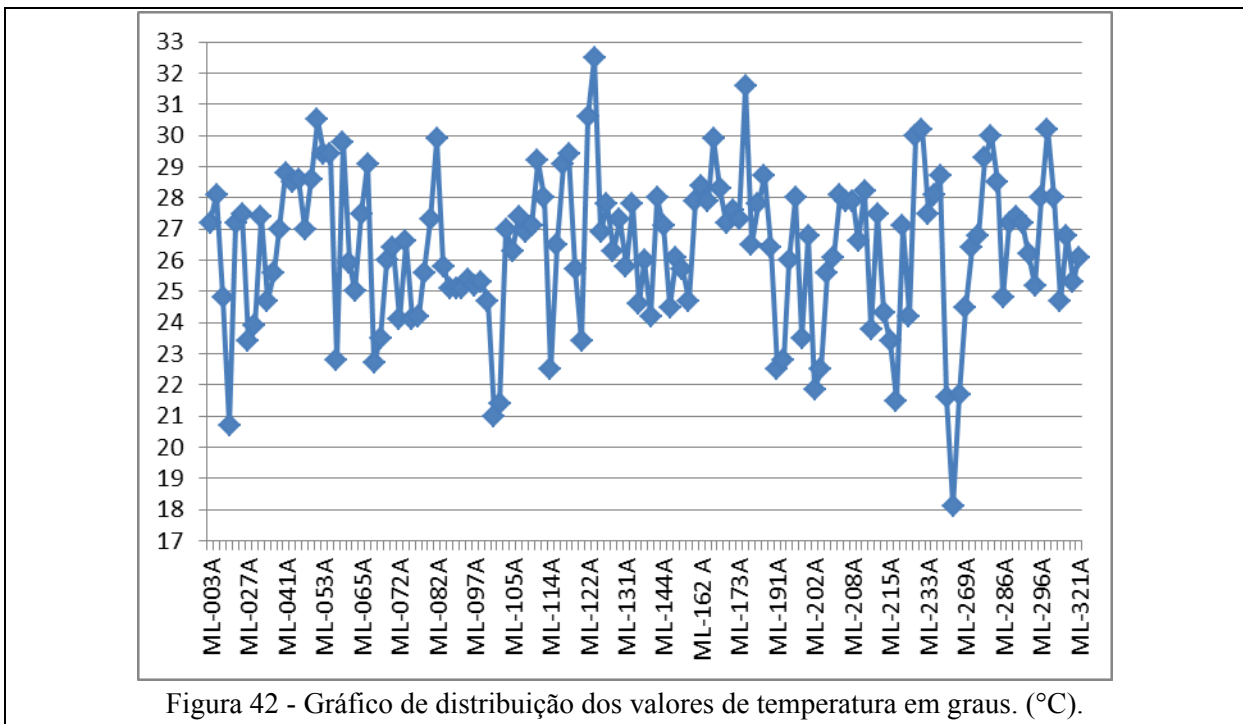
Os dados obtidos foram utilizados para elaborar as tabelas 14 e 15 (valores mínimos e máximos de temperatura respectivamente), o gráfico (Fig.42) de distribuição dos valores de temperatura das amostras coletadas e o mapa pontual para os valores temperatura que abrange todas as regiões do Estado do Rio de Janeiro (Fig.43).

AMOSTRA	TEMPERATURA	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-246A	18,1	Contendas (distrito de Nova Friburgo)	Fonte em Rodovia captada das nascentes da Serra	Contendas (distrito de Nova Friburgo)
ML-022A	20,7	Águas do Imperador	Águas oriundas da Serra dos Órgãos	Petrópolis
ML-102A	21	U.T. Itatiaia	rio Campo Belo	Itatiaia
ML-103A	21,4	ETA Engenheiro Passos	rio Nosco	Engenheiro Passos

Tabela 14 – Valores mínimos de temperatura.

AMOSTRA	TEMPERATURA	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-123A	32,5	Avenida Zumbi dos Palmares	poço	Itaipuaçu
ML-177A	31,6	residência rural	poço	Valão Seco
ML-122A	30,6	Rua Açucenas	poço	Itaipuaçu
ML-232A	30,2	ETA de Cardoso Moreira	rio Muriaé	Cardoso Moreira

Tabela 15 – Valores máximos de temperatura.



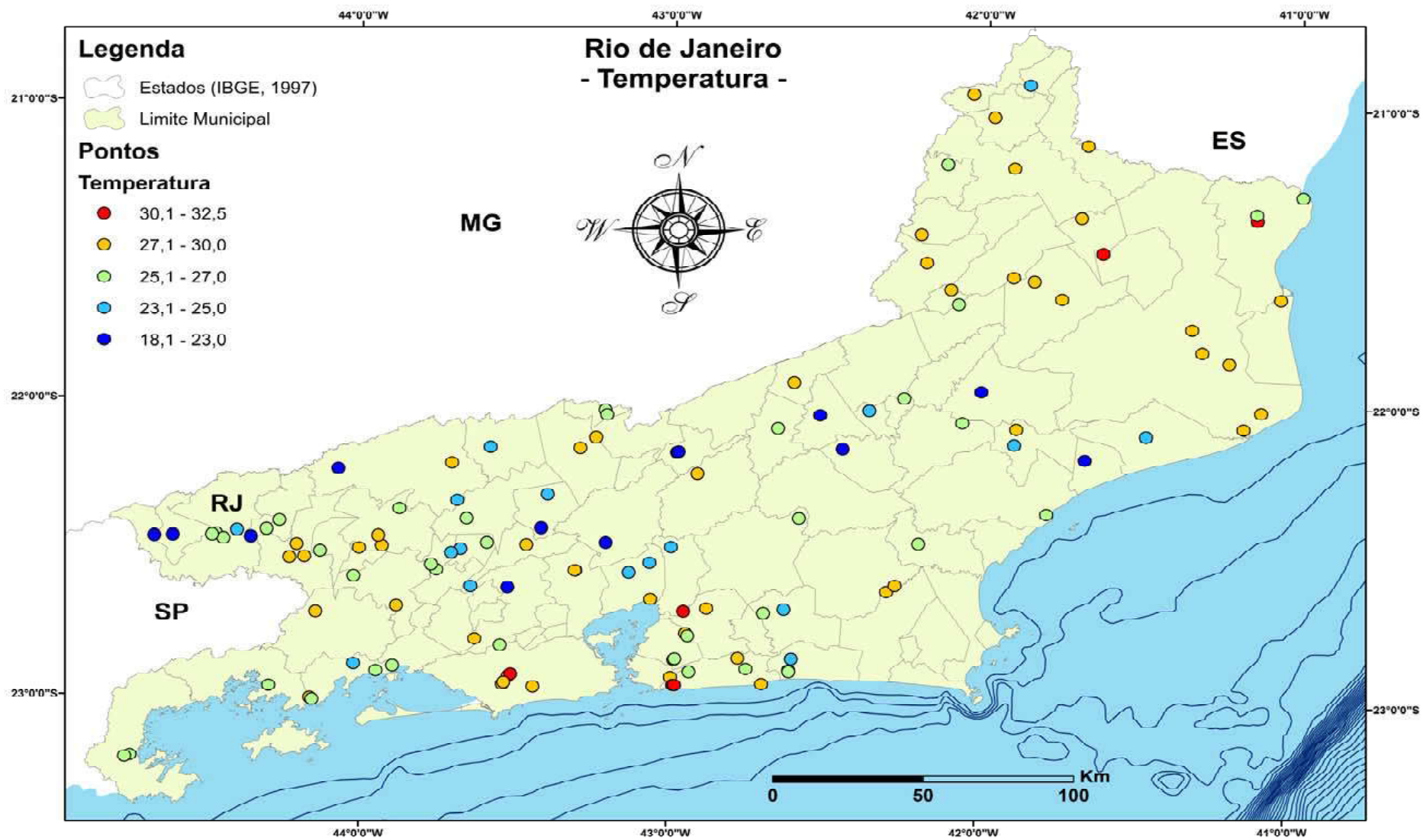


Figura 43 – Mapa pontual para os valores de temperatura das águas coletadas no Estado do Rio de Janeiro.

8.5. Brometo

O bromo tem comportamento químico similar ao cloro, porém é muito menos abundante na natureza, tendo as maiores concentrações na água do mar (65 mg/l) em salmouras (>1000 mg/l), e em águas de chuva são de 0,005 mg/l a 0,15 mg/l (Hem, 1985).

O bromo possui elevada toxidez e, em determinadas condições ambientais, sejam reductoras ou oxidantes, mostra uma grande mobilidade e possibilidade de dispersão. Por sua vez, o bromo pode estar relacionado com o emprego de pesticidas organoclorados diretamente na lavoura ou na preservação de grãos durante a armazenagem (brometo de metila). Também é utilizado na produção de inibidores de chama em plásticos, produtos fotográficos e medicamentos (Winter, 1998). As regiões com anomalias de bromo (salvas às exceções dos poços em regiões costeiras) encontram explicação quando associadas e interpretadas com dados relativos à ocupação e uso do solo e principalmente à atividade agrícola. A interseção desta anomalia com região de culturas vegetais sugere que seja a expressão do impacto ambiental de produtos usados nessa atividade e que contém bromo na molécula do princípio ativo.

Segundo o Glossário de Termos Hidrogeológicos do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) de Portugal, O íon brometo tem um comportamento químico semelhante ao do íon cloreto. Sendo assim é um composto extremamente reativo e corrosivo. Valores acima dos 0.05 mg/l podem indicar a existência de resíduos industriais.

Nesse projeto o valor mais alto de brometo foi de 1,92 mg/l, coletado no ponto ML-163A, na ETA de Farol de São Tomé, no distrito de Campos dos Goytacazes, onde a água foi coletada em poço,

A resolução do CONAMA (2005) não estabelece limite de concentração de brometo para as águas de abastecimento das classes 1,2 e 3 referentes nesse trabalho.

Similarmente, em outros poços localizados na região litorânea, (São João, Farol de São Tomé, Donana, Maricá e São Gonçalo) os valores de brometo foram os mais elevados, sugerindo a contaminação dos aquíferos por cunha salina. Nas represas, apresentaram-se valores comumente baixos, sendo os mais altos na ordem de 0,04 e 0,03 mg/l no Rio de Janeiro, nas represas Andorinha e Quininha respectivamente, e 0,03 mg/l na represa de Jurtunaíba, em São Vicente, distrito de Araruama, e na represa Camorim, localizada no Rio de Janeiro, e que capta água da serra. Os valores associados a rios/riachos/corrégos geralmente se apresentaram em concentrações relativamente baixas.

A partir dos dados obtidos foram elaborados: o gráfico de distribuição dos valores de brometo em mg/l na escala log (Fig.44), as tabelas referentes aos valores mínimos (Tabela 16) e máximos (Tabela 17) e o mapa pontual para a distribuição de valores de brometo nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (Fig.45).

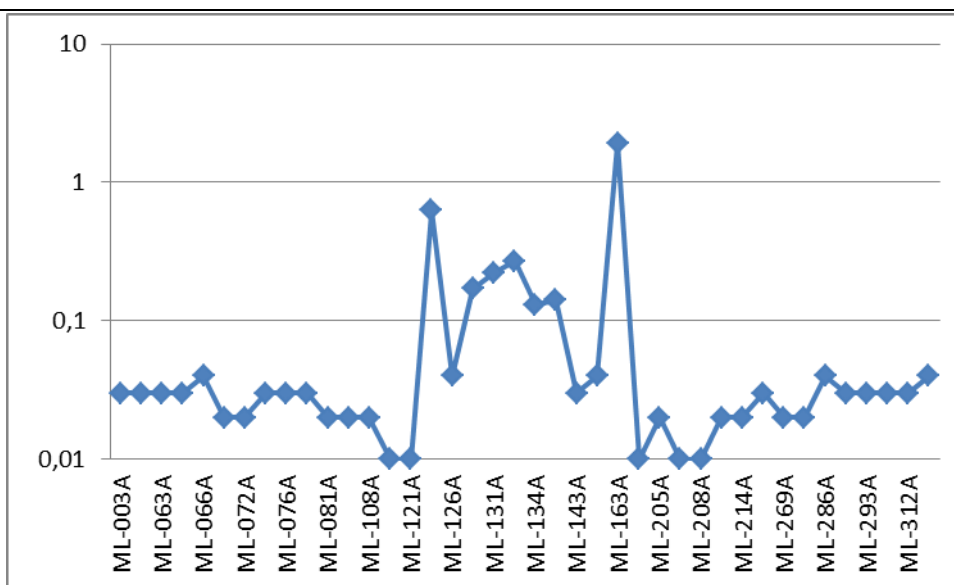


Figura 44 - Gráfico de distribuição dos valores de brometo em mg/l em escala log.

AMOSTRA	BROMETO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-011A	0,005	ETA Guandu	rio Guandu	Rio de Janeiro
ML-033A	0,005	Represa do Caboclo	Represa do Caboclo	Paraty
ML-036A	0,005	Represa da Pedra Branca	Represa da Pedra Branca	Paraty
ML-041A	0,005	ETA Japuíba	rio Japuíba	Angra dos Reis
ML-062A	0,005	Represa ribeirão das Lajes	Represa Ribeirão das Lajes	Pirai
ML-064A	0,005	U.T Batalha-Quininha	represa do Rio Batalha	Rio de Janeiro

Tabela 16 – Valores mínimos de brometo em mg/l.

AMOSTRA	BROMETO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-163A	1,92	ETA de Farol de São Tomé	Poço	Farol de São Tomé (Distrito de Campos dos Goytacazes)
ML-124A	0,63	Rua Caio Figueiredo, 15; lj 04	Poço	Inoá (Distrito de Maricá)
ML-133A	0,27	Av. Benjamin Silva, Qd2, Lt 11	Poço	Maricá (Bairro de Ponta Negra)
ML-131A	0,22	Antonieta da Silva Lote 2, Qd 15	Poço	Ipiiba (Distrito de São Gonçalo)
ML-130A	0,17	Rua Fco. Azevedo Coutinho, 34	Poço	Ipiiba (Distrito de São Gonçalo)
ML-135A	0,14	Estrada Velha de Jacané-Saquarema	Poço	Jacané (Distrito de Saquarema)

Tabela 17 – Valores máximos de brometo em mg/l.

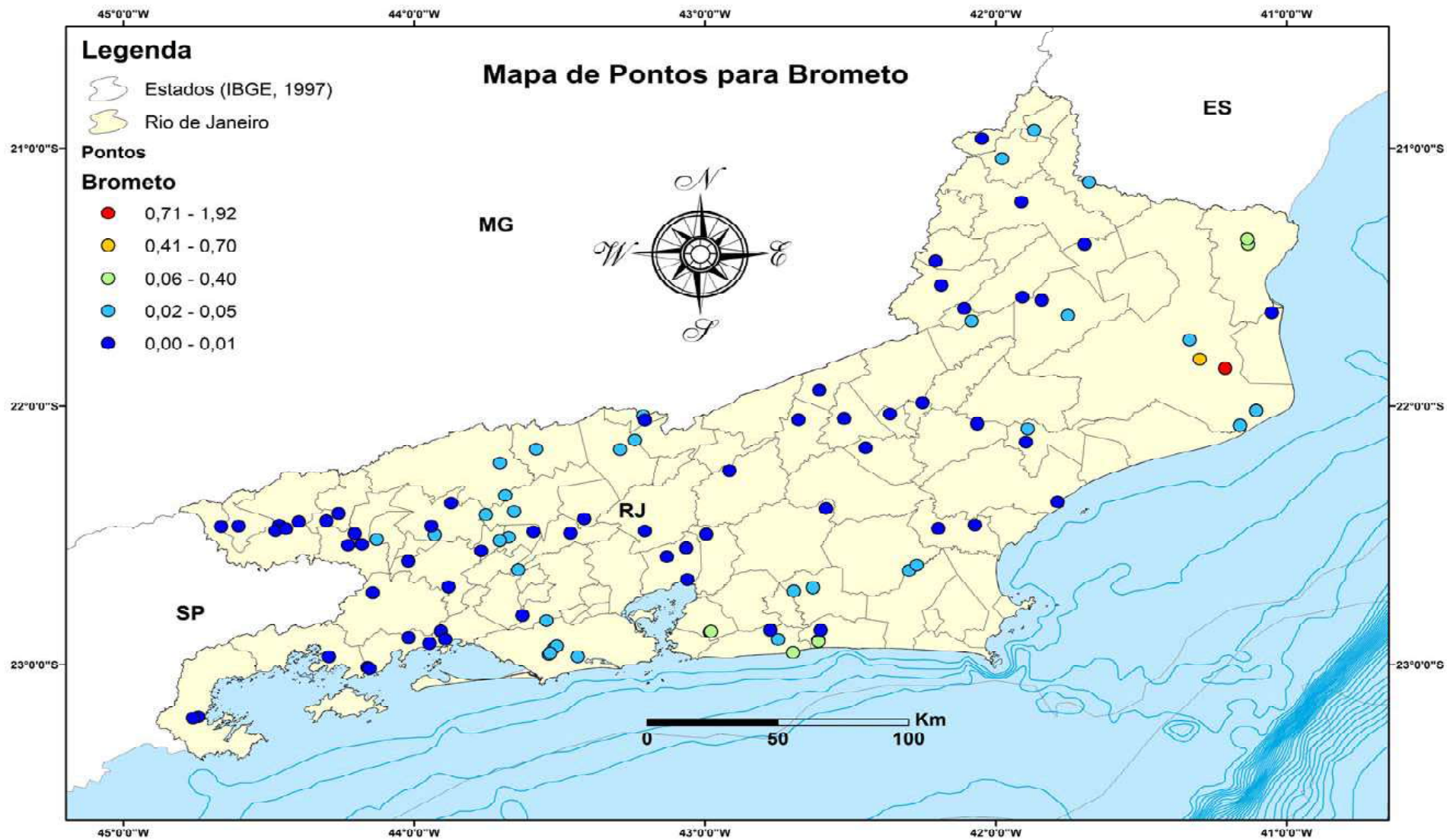


Figura 45 – Mapa pontual para o íon brometo (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

8.6. Cloreto

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas e superficiais, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais, contribuem também, as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6 gramas de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/l. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, etc. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da cunha salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto. Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água (CETESB, 2005).

Para as águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade, segundo a Portaria 1469 do Ministério da Saúde. O cloreto provoca sabor “salgado” na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mg/l, valor este que é tomado como padrão de potabilidade. No caso do cloreto de cálcio, o sabor só é perceptível em concentrações de cloreto superior a 1000 mg/l. Embora hajam populações árabes adaptadas no uso de águas contendo 2.000 mg/l de cloreto, são conhecidos também seus efeitos laxativos (CETESB, 2005).

Da mesma forma que o sulfato, sabe-se que o cloreto também interfere no tratamento anaeróbio de efluentes industriais, constituindo-se igualmente em interessante campo de investigação científica. O cloreto provoca corrosão em estruturas hidráulicas, como por exemplo, em emissários submarinos para a disposição oceânica de esgotos sanitários, que por isso têm sido construídos com polietileno de alta densidade (PEAD). (CETESB, 2005).

Também eram utilizados como indicadores da contaminação por esgotos sanitários, podendo-se associar a elevação do nível de cloreto em um rio com o lançamento de esgotos domésticos. Hoje, porém, o teste de coliformes fecais é mais preciso para esta função. O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos (CETESB, 2004).

Embora o cloro possa ocorrer em vários estados de oxidação, a forma cloreto é a mais importante na água exposta a atmosfera e formam pares de íons ou complexos iônicos com cátions nas águas naturais. O cloreto, em geral, é muito estável em solução e dificilmente se

precipita, não oxida e nem se reduz em águas naturais. É proveniente de minerais ferromagnesianos de rochas ígneas (pobres em cloretos) e de rochas evaporíticas tal como salgema. Altas quantidades de cloretos são tóxicas para a maioria dos vegetais, inibindo o seu crescimento, além de ser considerado como bom indicador de poluição (Hem, 1985).

Todas as águas naturais, em maior ou em menor grau, contêm íons cloreto resultantes da dissolução de minerais ou de sais e da intrusão de águas salinas no continente. Altas concentrações de cloretos impedem o uso da água para a agricultura e exigem tratamento adequado para usos industriais (Pereira, 2004).

O cloreto (Cl^-) é um íon conservativo; sua abundância, em geral, relaciona-se com a água que cai da chuva e evapora ao chegar no solo (perde massa). O cloreto muito dificilmente vai para a atmosfera, ou seja, precipita, e assim é removido para as águas superficiais ou penetra para as porções mais profundas do solo, podendo chegar até o aquífero.

Por não se misturar com nenhum outro íon ou cátion (conservativo) é considerado um bom traçador em hidrogeoquímica, além disso, uma alta concentração de Cl^- indica que há uma alta evaporação na área em questão.

Geralmente o íon de cloro ocorre associado ao íon de sódio estando presente em quase todas as águas naturais.

Cloretos estão presentes nas águas naturais com valores situados entre 10 e 250 mg/l nas águas doces, porém são mais abundantes na água do mar com valores entre 18.000 e 21.000 mg/l, podendo chegar a 220.000 mg/l nas salmouras naturais (Custodio e Llamas, 1983). As águas subterrâneas comumente apresentam teores de cloretos inferiores a 100 mg/l.

Nas amostras coletadas, o mínimo e o máximo registrados para o ânion cloreto foi de respectivamente: 0,04 mg/l e de 687 mg/l. Os pontos em questão foram o ML-111A (na ETA Colônia, que capta água diretamente do rio Bananal no município de Barra Mansa) e novamente o ML-163A que se localiza na ETA de Farol de São Tomé (poço), distrito de Campos dos Goytacazes.

Nos rios/riachos/córregos, de acordo com a amostragem, as concentrações de cloreto em mg/l se apresentaram relativamente baixas, sendo as maiores na ordem de 14,1 e 12,6 localizadas respectivamente no rio Canal das Flechas, em Barra do Furado (distrito de Campos dos Goytacazes) e no riacho Mato Grosso-Roncados, na ETA de Sampaio Correia (região serrana).

Segundo CONAMA (2005), o valor limite de concentração do íon cloreto nas águas de abastecimento, das classes 1,2 e 3 é de 250 mg/l. Assim, a maior parte das águas de abastecimento do estado do Rio de Janeiro encontram-se dentro do padrão exigido pelo CONAMA.

A partir dos dados obtidos foram elaborados: o gráfico de distribuição dos valores de cloreto em mg/l nos pontos amostrados (Fig.46), as tabelas referentes aos valores mínimos (Tabela 18) e máximos (Tabela 19) e o mapa pontual para a distribuição de valores de cloreto nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (Fig.47).

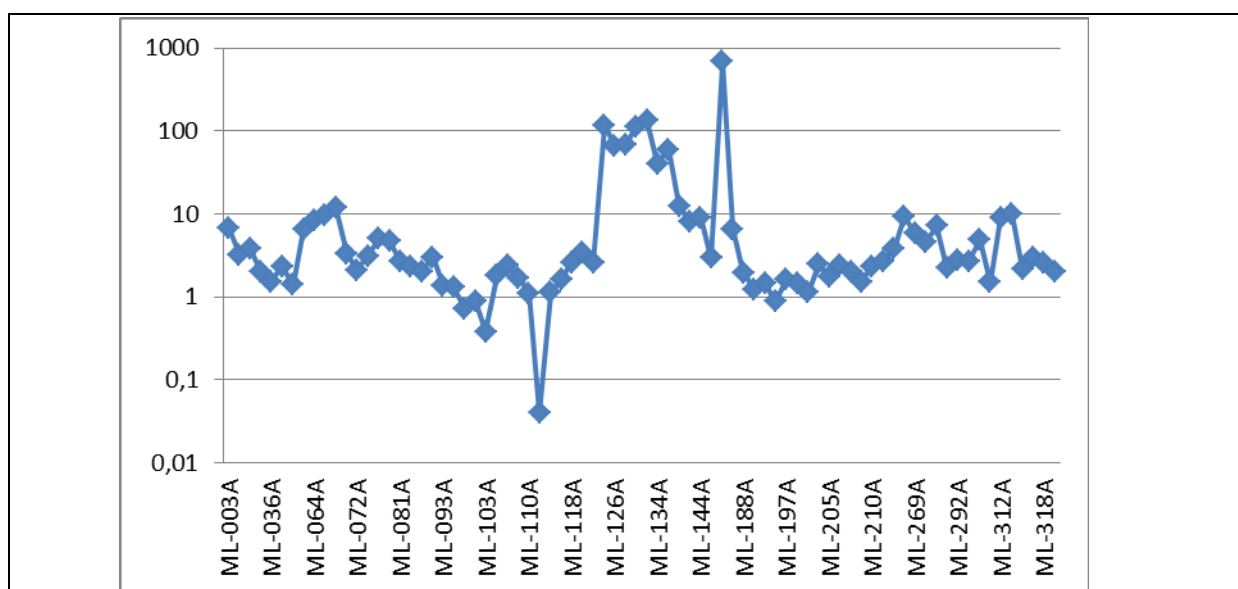


Figura 46 - Gráfico de distribuição dos valores de cloreto em mg/l nos pontos amostrados. Escala Log.

AMOSTRA	CLORETO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-110A	1,11	ETA Vista Alegre	nascentes das serras	Barra Mansa
ML-102A	0,9	U.T. Itatiaia	rio Campo Belo	Itatiaia
ML-195A	0,88	ETA Sumidouro	rio Paquequer	Sumidouro
ML-101A	0,73	ETA Fazenda da Barra	rio Paraíba do Sul	Resende
ML-103A	0,38	ETA Engenheiro Passos	rio Nosco	Engenheiro Passos
ML-111A	0,04	ETA Colonia	rio Bananal	Barra Mansa

Tabela 18 – Valores mínimos de cloreto em mg/l.

AMOSTRA	CLORETO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-163A	687	ETA de Farol de São Tomé	Poço	Farol de São Tomé (Distrito de Campos dos Goytacazes)
ML-133A	134	Av. Benjamin Silva, Qd2, Lt 11	Poço	Maricá (Bairro de Ponta Negra)
ML-124A	117	Rua Caio Figueiredo, 15; lj 04	Poço	Inoã (Distrito de Maricá)
ML-131A	113	Antonieta da Silva Lote 2, Qd 15	Poço	Ipiiba (Distrito de São Gonçalo)
ML-130A	67,4	Rua Fco. Azevedo Coutinho, 34	Poço	Ipiiba (Distrito de São Gonçalo)
ML-126A	65	Manoel Ribeiro	Poço	Manoel Ribeiro, distrito de Maricá

Tabela 19 – Valores máximos de cloreto em mg/l.

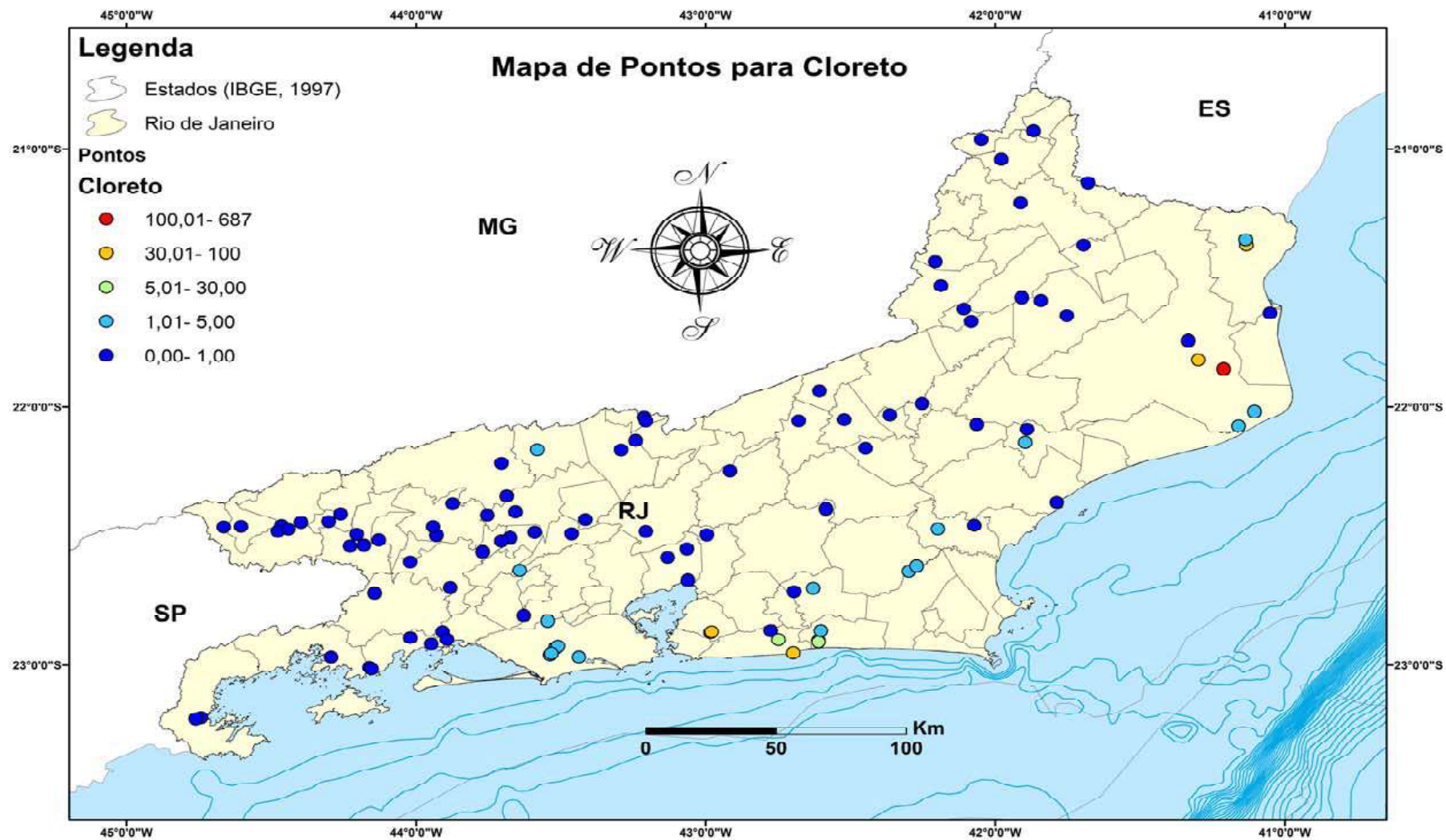


Figura 47 – Mapa pontual para o íon cloreto (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

8.7. Fluoreto

O flúor é o mais eletronegativo de todos os elementos químicos, ele é tão reativo que nunca é encontrado em sua forma elementar na natureza, sendo normalmente encontrado na sua forma combinada como fluoreto. O flúor é o 17º elemento em abundância na crosta terrestre representando de 0,06 a 0,9% e ocorrendo principalmente na forma de fluorita (CaF_2). Ainda que a fluorita (CaF_2) seja o mineral de flúor mais comum, ocorrendo em rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, outros minerais como a apatita $\text{Ca}_5(\text{Cl},\text{F},\text{OH})(\text{PO}_4)_3$, hornblenda, algumas das micas e criolita (Na_3AlF_6), também são outros minerais que comumente contêm flúor.

Porém, para que haja disponibilidade de fluoreto livre, ou seja, disponível biologicamente, são necessárias condições ideais de solo, presença de outros minerais ou outros componentes químicos e água.

Concentrações de fluoretos são determinadas na maioria das análises de água, mas as concentrações presentes nas águas naturais são pequenas, geralmente, inferior a 1,0 mg/l, e apenas uma pequena porcentagem está contida na água do mar, sendo a maior parte originada de rochas contendo minerais de flúor (Hem, 1985). Frequentemente ocorre com concentrações entre 0,1 e 1,5 mg/l nas águas naturais, podendo chegar às vezes até 10 mg/l em locais onde existem minerais ricos em flúor, tais como próximos a montanhas altas ou áreas com depósitos geológicos de origem marinha e, dificilmente a 50 mg/l. Nas águas dos oceanos, seus valores estão situados entre 0,6 a 0,7 mg/l.

A maior concentração de flúor registrada em águas naturais é de 2.800 mg/l, no Quênia (CETESB, 2004).

O fluossilicato de sódio era o composto mais utilizado, tendo sido substituído pelo ácido fluossilícico em diversas estações de tratamento de água. Apesar da corrosividade do ácido, o fato de se apresentar na forma líquida facilita sua aplicação e o controle seguro das dosagens, condição fundamental para a fluoretação. O fluoreto de sódio é muito caro e o fluoreto de cálcio, pouco solúvel.

Alguns efluentes industriais também descarregam fluoreto nas águas naturais, tais como as indústrias de vidro e de fios condutores de eletricidade.

No ar, a presença de fluoreto deve-se principalmente a emissões industriais e sua concentração varia com o tipo de atividade. Estima-se um valor de exposição abaixo de $1\mu\text{g/l}$, pouco significativo em relação à quantidade ingerida através da água e de alimentos. Todos os

alimentos possuem ao menos traços de fluoreto. Os vegetais possuem concentrações maiores principalmente devido à absorção da água e do solo. Alguns alimentos tais como peixes, certos vegetais e chá, possuem altas concentrações de fluoreto. O uso da água fluoretada na preparação de alimentos pode dobrar a quantidade de fluoreto presente, (CETESB, 2003). Estima-se uma quantidade diária ingerida de 0,2 a 3,1 mg para adultos e 0,5 mg para crianças de 1 a 3 anos.

Outras fontes de fluoreto são as pastas de dente, gomas de mascar, vitaminas e remédios. O uso tópico de fluoreto contribui para uma absorção maior. O fluoreto ingerido através da água é quase completamente absorvido pelo corpo humano, enquanto que o flúor presente nos alimentos não é totalmente absorvido; em alguns casos como através de peixes e outras carnes, chega apenas a 25%, (CETESB, 2007). Uma vez absorvido, o fluoreto é distribuído rapidamente pelo corpo humano, grande parte é retida nos ossos, enquanto que uma pequena parte nos dentes. O fluoreto pode ser excretado pela urina e sua eliminação é influenciada por uma série de fatores tais como o estado de saúde da pessoa e seu grau de exposição a esta substância.

O fluoreto é adicionado às águas de abastecimento público para conferir-lhes proteção à cárie dentária. O fluoreto reduz a solubilidade da parte mineralizada do dente, tornando mais resistente à ação de bactérias e inibe processos enzimáticos que dissolvem a substância orgânica protéica e o material calcificante do dente. Constitui-se também em meio impróprio ao desenvolvimento de *Lactobacillus acidophilus*, (CETESB, 1988).

Nesse sentido, a fluoretação das águas deve ser executada sob controle rigoroso, utilizando-se bons equipamentos de dosagem e implantando-se programas efetivos de controle de residual de fluoreto na rede de abastecimento de água, o que nem sempre tem acontecido.

Os benefícios da aplicação de fluoreto em águas para a prevenção da cárie dentária são reconhecidos. Estudos desenvolvidos nos Estados Unidos demonstram que, para as condições lá existentes, os seguintes resultados podem ser esperados: o índice utilizado é o número de dentes cariados, perdidos e obturados por cem crianças, (CETESB, 2004). Os estudos são conclusivos de que para concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/l, ocorre aumento na incidência da fluorose dentária; para concentrações de fluoreto da ordem de 1,0 mg/l, ocorre redução do c.p.o. (incidência de dentes cariados, perdidos e obturados) da ordem de 60% sem ocorrer fluorose; para concentrações de fluoreto menores que 1,0 mg/l, ocorrem menores reduções percentuais na redução da cárie. Na verdade, o que é necessária é a ingestão de 1,5 mg/dia de fluoreto, o que para um consumo de água de 1,2 a 1,6 litros por dia, resulta em

concentrações da ordem de 1,0 mg/l. A resolução do CONAMA adotada nesse trabalho, 357/2005, estabelece um valor máximo permitido para fluoreto de 1,4 mg/l na água potável, (CONAMA, 2005).

O íon fluoreto apresentou o valor mínimo e de máximo respectivamente nos pontos ML-111A, com valor de concentração menor que 0,01 mg/l (na ETA Colônia, em Barra Mansa, que capta água diretamente do rio Bananal) e ML-295A, com valor de concentração na ordem de 0,79 mg/l (em Levy Gasparian, água coletada em poço). Os maiores valores de fluoreto foram observados em amostras de poços, localizados na zona costeira, porém o maior valor foi observado em uma região localizada entre as montanhas, no município de Levy Gasparian, onde as atividades econômicas (de pequenas e médias indústrias) restringem-se a produto alimentícios, metalurgia, confecção, embalagens e materiais de construção. (Fonte: *site* do município).

No rio Paraíba do Sul, no município de Quatis, em água coletada na estação de tratamento apresentou a concentração de fluoreto na ordem de 0,2 mg/l.

Abaixo, se observa tanto o gráfico de distribuição dos valores de fluoreto nos pontos amostrados (Fig.48), como as tabelas de valores mínimos (Tabela 20) e valores máximos (Tabela 21), quanto o mapa pontual para a distribuição de valores de fluoreto nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro, que foi elaborado a partir dos dados obtidos na campanha de campo. (Fig.49).

Os intervalos foram divididos no *software* ARCGIS 9.3 através do *Natural Breaks* de *Jenks*.

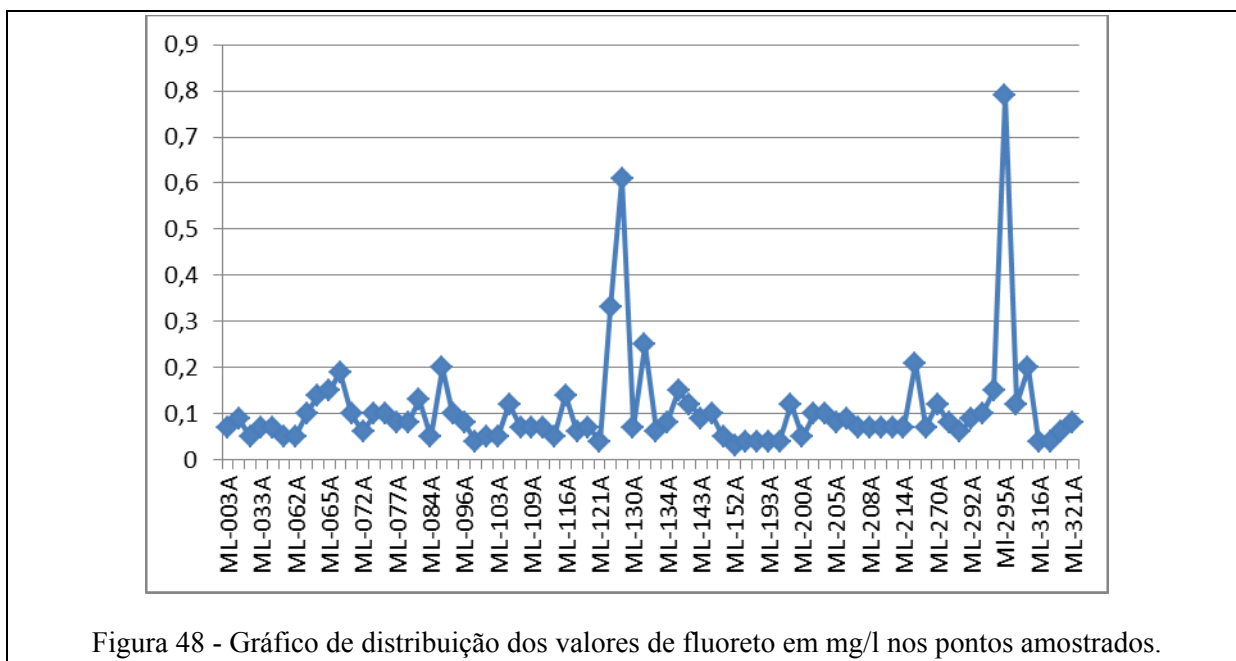


Figura 48 - Gráfico de distribuição dos valores de fluoreto em mg/l nos pontos amostrados.

AMOSTRA	FLUORETO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-169A	0,005	ETA São Sebastião de Campos	poço	São Sebastião de Campos (Distrito de Campos de Goytacazes)
ML-163A	0,02	ETA de Farol de São Tomé	Poço	Farol de São Tomé (Distrito de Campos dos Goytacazes)
ML-152A	0,03	ETA Casimiro de Abreu	Rio Matumbu	Casimiro de Abreu
ML-316A	0,04	U.T. Mazomba	rio Mazomba	Mazomba (Distrito de Itaguaí)
ML-317A	0,04	ETA Itingussu	rio Itingussu	Itingussu (Distrito de Itaguaí)
ML-195A	0,04	ETA Sumidouro	rio Paquequer	Sumidouro

Tabela 20 – Valores mínimos de fluoreto em mg/l.

AMOSTRA	FLUORETO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-295A	0,79	Levy Gasparian	Poço	Levy Gasparian
ML-126A	0,61	Manoel Ribeiro	Poço	Manoel Ribeiro, distrito de Maricá
ML-124A	0,33	Rua Caio Figueiredo, 15; lj 04	Poço	Inoã (Distrito de Maricá)
ML-131A	0,25	Antonieta da Silva Lote 2, Qd 15	Poço	Ipiiba (Distrito de São Gonçalo)
ML-215A	0,21	ETA Solidão	poço	Rio das Flores
ML-092A	0,2	ETA Quatis	rio Paraíba do Sul	Quatis

Tabela 21 – Valores máximos de fluoreto em mg/l.

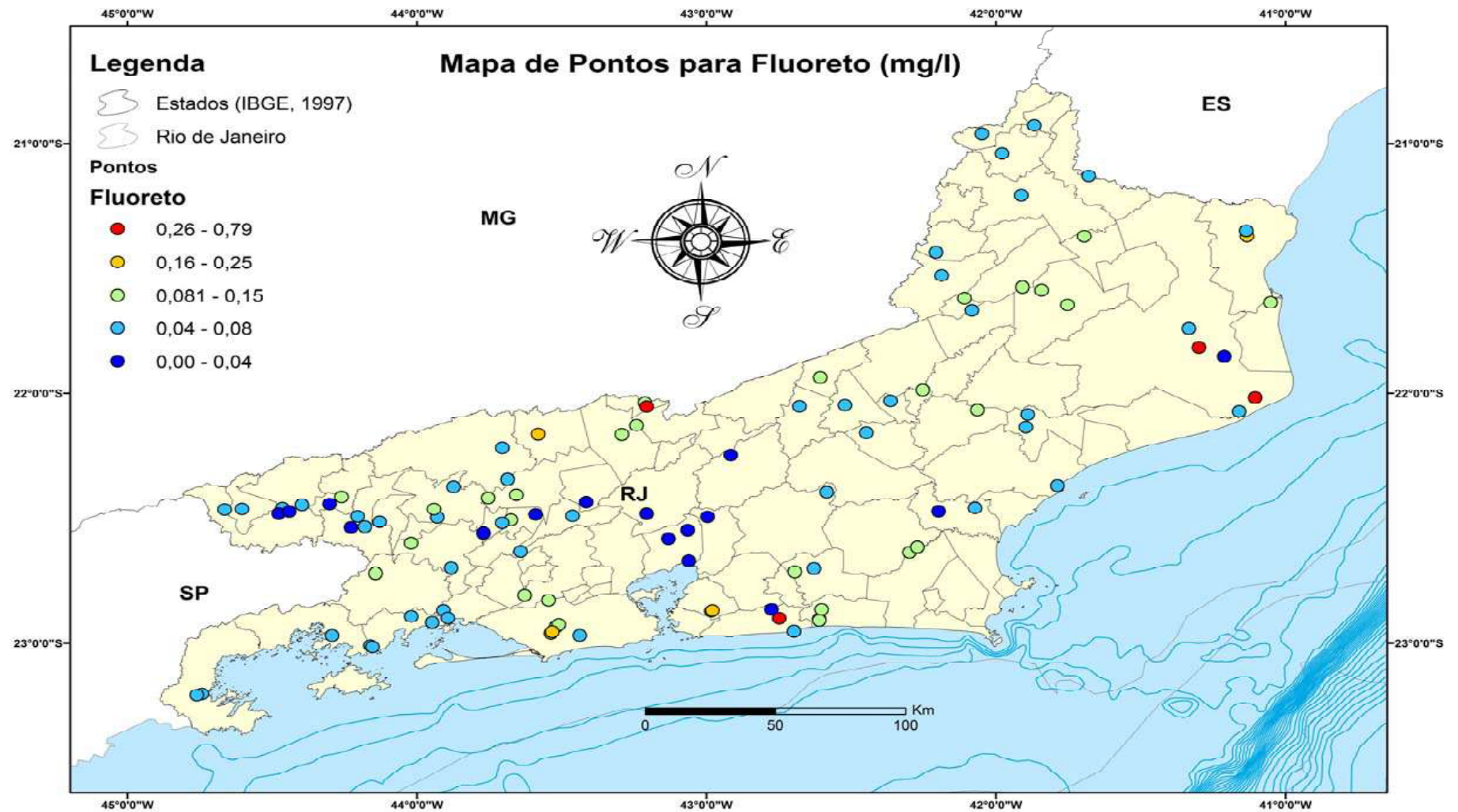


Figura 49 – Mapa pontual para o íon fluoreto (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

8.8. Fosfato

O fósforo é um elemento químico essencial à vida aquática e ao crescimento de microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, e na forma de fosfatos dissolvidos é um importante nutriente para produtores primários. Também pode ser o fator limitante da produtividade primária de um curso d'água.

Segundo *Water Quality Criteria* (1976), algumas das origens dos fosfatos em águas naturais são: a) constituintes de detergentes, aparecendo em produtos de limpeza e enriquecendo as águas residuais urbanas; b) constituintes de fertilizantes, que são levados pelas chuvas até cursos d'água ou em resíduos não tratados de indústrias de fertilizantes; c) presentes em sedimentos de fundo e lodos biológicos, na forma de precipitados químicos inorgânicos.

Fosfatos naturais são constituídos por minerais do grupo das apatitas e pode ser originária através de processos naturais, como dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, lixiviação de rochas contendo fosfato. (Gremillion & McClellam, 1980; Kaminsky, 1983)

As fontes naturais de fosfato encontram-se principalmente em minerais como a fluorapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$), de origem ígnea, francólita ($\text{Ca}_8\text{MgNa}_2(\text{PO}_4)_5\text{CO}_3\text{F}_3$), de origem sedimentar e fosforita ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) por exemplo.

Os minerais apatíticos formaram-se sob diferentes regimes geológicos – ígenos, metamórficos ou sedimentares – além de terem sofrido transformações por intemperismo, lixiviação, reprecipitação e contaminação várias, quando as condições de formação do jazimento permitiram e os fatores climáticos contribuíram para tal.

Assim, os depósitos de fosfatos de origem ígnea, ou magmática, são geralmente pobres em sílica, possuem textura simples e contém rochas associadas do tipo carbonatitos e ultrabásicas, em que a fluorapatita é o principal mineral fosfático, como Jacupiranga e Catalão no Brasil e Tennessee nos EUA. Estes fosfatos representam, aproximadamente, 17% das reservas mundiais e cerca de 50% das reservas brasileiras (Hammond, 1977; Kaminski, 1990).

Os fosfatos de origem sedimentar possuem história geológica complexa e variada, podendo ser detríticos, precipitados químicos ou conter quantidades significativas de apatita fóssil (orgânica). Sua textura é subdividida em rochas consolidadas, que apresentam cimentação por sílica, carbonatos ou óxido de ferro e/ou de alumínio, rochas não consolidadas originárias de processos secundários, como reordenação, lixiviação, intemperização e processos de enriquecimento natural; e os minerais predominantes são apatitas com alto grau de substituições isomórficas de fosfato por carbonato, e são encontradas em áreas desérticas ou de clima seco.

Eles são muitas vezes identificados como francolitas ou fosforitas. São oferecidos no mercado de fertilizantes como fosfatos naturais reativos que permitem sua utilização diretamente na agricultura, como os fosfatos naturais da Carolina do Norte, EUA, de Gafsa, Tunísia, de Sechura, Peru e de Arad, Israel (Hammond, 1977).

Segundo Mathess & Harvey (1982), devido a ação de microrganismos, a concentração de fosfato deve ser baixa ($< 0,5$ mg/l) em águas naturais. A concentração varia geralmente entre 0,01 e 1 mg/l, podendo chegar a 10 mg/l (Custódio & Llamas, 1983). Valores acima de 1,0 mg/l, geralmente, são indicativos de águas poluídas.

A concentração do íon fosfato (PO_4^{3-}) em águas naturais é geralmente muito baixa. Fatores antropogênicos podem vir a elevar a concentração desse íon na água, pois ele pode estar presente em efluentes domésticos, inseticidas, pesticidas, detergentes e etc.

Em três diferentes localidades foram obtidas as concentrações mínimas de menos que 0,01 mg/l para o íon fosfato, nos pontos: ML-111A, ML-316A e ML-317A, que respectivamente estão distribuídos geograficamente em Levy Gasparian (água de poço), Mazomba (U.T Mazomba, que capta água do Rio Mazomba) e Itinguçu (ETA Itinguçu, que capta água do rio Itinguçu). Mazomba e Itinguçu ambos são distritos de Itaguaí.

A localidade de Jaconé, distrito de Saquarema, registrou a maior concentração de fosfato em mg/l, sendo de 1,36. A amostra foi coletada em um poço de uma residência na Estrada Velha de Jaconé-Saquarema.

Abaixo estão o gráfico de distribuição dos valores de fosfato nos pontos amostrados (Fig.50), as tabelas de valores mínimos (Tabela 22) e máximos (Tabela 23) e o mapa pontual para a concentração de fosfato (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro. (Fig.51).

A resolução n° 357 (CONAMA, 17/03/2005) considera os diferentes ambientes aquáticos e apresenta, para rio classe 1 e 2, teores máximos de P_{total} em ambientes lótico igual a 0,100 mg/l, e aqui adotado o equivalente para fosfato de 0,30 mg/L. Dessa forma, a grande maioria das águas de abastecimento do estado do Rio de Janeiro apresentam valores acima do permitido pelo CONAMA.

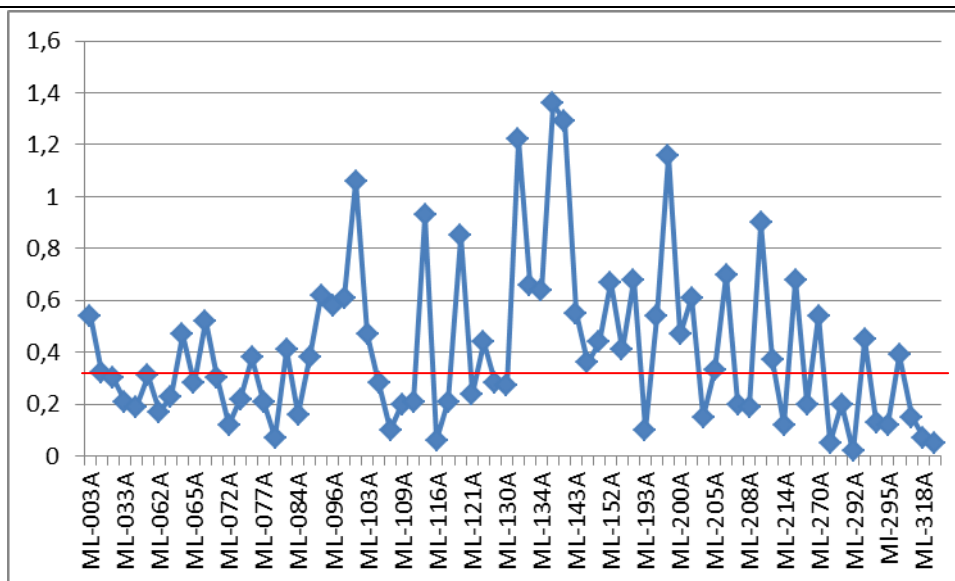


Figura 50 - Gráfico de distribuição dos valores de fosfato em mg/l nos pontos amostrados.

AMOSTRA	FOSFATO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-111A	0,005	ETA Colonia	rio Bananal	Barra Mansa
ML-316A	0,005	U.T. Mazomba	rio Mazomba	Mazomba (Distrito de Itaguaí)
ML-317A	0,005	ETA Itingussu	rio Itingussu	Itingussu (Distrito de Itaguaí)
ML-233A	0,005	ETA Cambuci	nascentes da Fazenda Inez	Cambuci
ML-292A	0,02	Três Rios	rio Paraíba do Sul	Três Rios
ML-237A	0,03	ETA de São Fidélis	rio Paraíba do Sul	São Fidélis

Tabela 22 - Valores mínimos de fosfato em mg/l.

AMOSTRA	FOSFATO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-135A	1,36	Estrada Velha de Jaconé-Squarema	Poço	Jaconé (Distrito de Squarema)
ML-137A	1,29	ETA Sampaio Correia	riacho Mato Grosso-Roncador	Sampaio Correia
ML-131A	1,22	Antonieta da Silva Lote 2, Qd 15	Poço	Ipiiba (Distrito de São Gonçalo)
ML-197A	1,16	ETA de Carmo	rio Santo Antônio	Carmo
ML-102A	1,06	U.T. Itatiaia	rio Campo Belo	Itatiaia
ML-115A	0,93	ETA Rio Claro	rio Pirai	Rio Claro

Tabela 23 - Valores máximos de fosfato em mg/l.

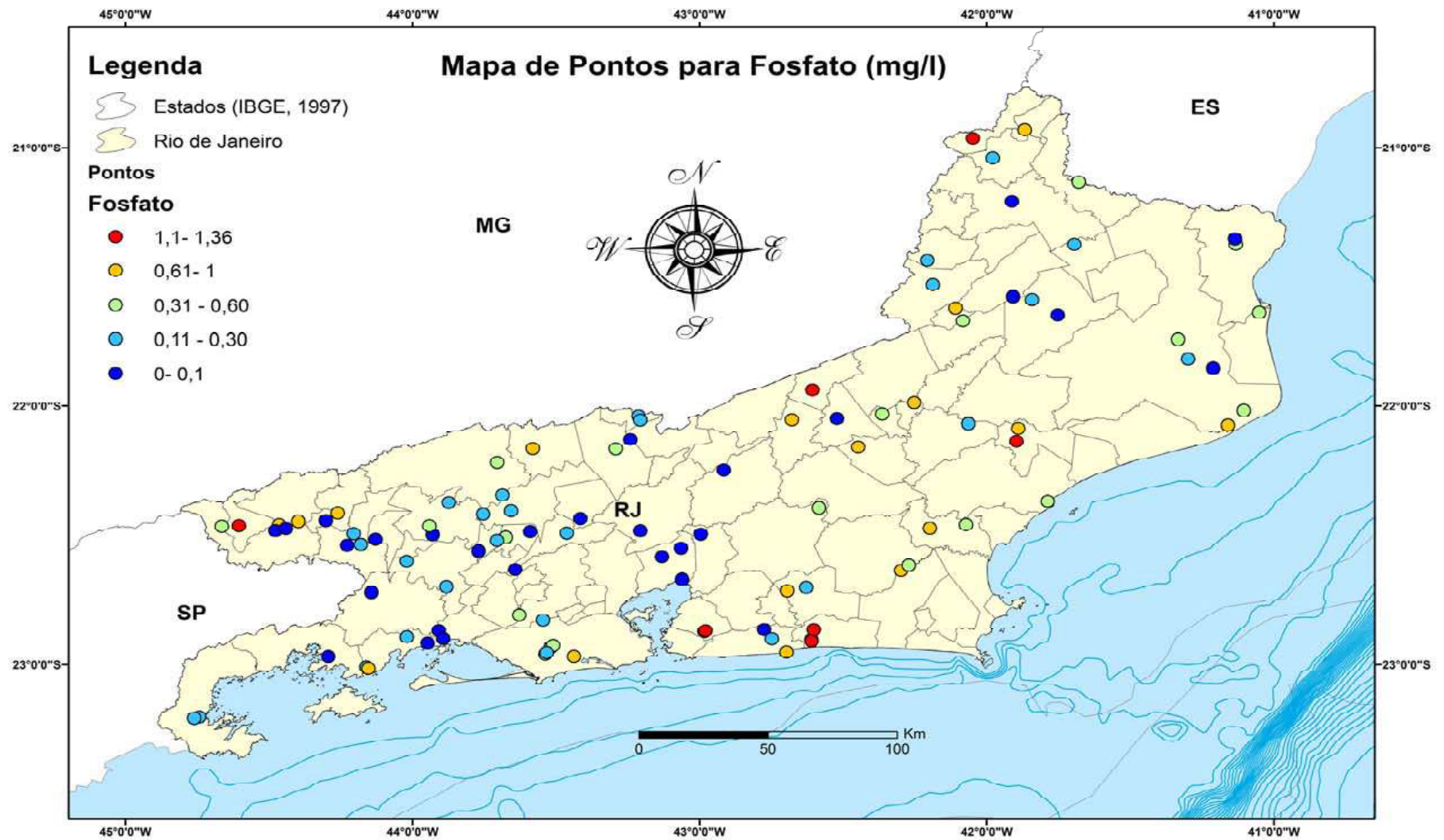


Figura 51 – Mapa pontual para a concentração de fosfato (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

8.9. Compostos Nitrogenados

Os compostos de nitrogênio são de grande importância nos processos vitais de todas as plantas e animais. Segundo Von Sperling (1995), as principais características dos compostos nitrogenados são: a) a indispensabilidade ao crescimento de vegetais e organismos em geral, pois é utilizado para a síntese de aminoácidos; b) os processos bioquímicos de oxidação do amônio ao nitrito e deste para nitrato implicando no consumo de oxigênio dissolvido do meio, o que pode afetar a vida aquática quando a oxigenação do ambiente é menor que o consumo de oxigênio por esses processos; c) a identificação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio de poluição.

Altas concentrações de nitrogênio usualmente denotam poluição fresca ou recente de origem animal. Os resíduos de produtos proteicos recentemente produzidos podem contaminar. Eles são provenientes de esgotos, fezes, resíduos de cozinha e são relativamente ricos em nitrogênio. A determinação de várias formas de nitrogênio dá informação do histórico sobre a contaminação da água. (CETESB).

Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, alternam-se várias formas e estados de oxidação. O ciclo do nitrogênio é dominado pelos processos biológicos, que transformam o nitrogênio (N_2) em compostos orgânicos nitrogenados, como amônio (NH_3), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), aminoácidos e proteínas. A conversão do íon amônio em nitrato é fundamental para o desenvolvimento vegetal, já que as plantas são capazes de absorver nitrato, mas não o amônio ou a amônia.

No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio molecular (N_2), escapando para a atmosfera; nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão); nitrogênio amoniacal, como amônia (NH_3) e o íon amônio (NH_4^+); nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) (APHA et. al., 1995).

8.9.1. Nitrato

O nitrato é um íon de grande mobilidade, portanto pode ser removido das camadas superiores do solo para a água subterrânea. As águas subterrâneas dissolvem geralmente, teores de nitrato que variam entre 0,1 a 10 mg/l. Contudo, em águas poluídas, os teores podem atingir valores na ordem dos 200 mg/l e em casos mais extremos até 1000 mg/l.

O nitrato provém da utilização de adubos na agricultura, dos produtos de rejeição da

criação de animais e de sistemas sépticos deficientes, podendo ser altamente prejudicial para a saúde humana. Teores acima dos 5 mg/l podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea.

Altas concentrações de nitrato são extremamente perigosas para as crianças, podendo produzir grandes malefícios para a saúde e, em casos mais extremos, provocar a morte por cianose (doença que ocorre no indivíduo devido ao aumento da hemoglobina não oxidada (desoxi-hemoglobina) ou de pigmentos hemoglobínicos anormais). As implicações à saúde que resultam da exposição ao nitrato presente na água de bebida foram relatados pela primeira vez na literatura científica por Comly em 1945, depois da observação de cianose em crianças em Iowa, EUA, onde a água de poços era usada na preparação de medicamentos. Desde então, a maioria dos estudos a respeito dos efeitos à saúde pela ingestão de água com nitratos tem focado nas crianças por elas serem mais vulneráveis a essa exposição. (MANASSARAM *et al.*, 2007). O nitrato também tem ação na produção de nitrosaminas no estômago do homem, que são substâncias tidas como cancerígenas. (FEITOSA, 1997).

Devido à relação com o ciclo da vida, as concentrações de nitrato são influenciadas pelas atividades das plantas e dos animais. As bactérias possuem um papel importante na relação dos nitratos na água.

Nas águas de abastecimento do Estado o maior valor de nitrato (NO_3) encontrado foi de 49,1 mg/l no ponto ML-131A localizado em um poço de uma residência em Ipiiba (distrito de São Gonçalo), o limite proposto é igual a 10mg/l de N (CONAMA, 2005). Sendo assim, a amostra mais concentrada em nitrato possui em mg/l de N a concentração de 3,5, estando portanto, abaixo do máximo permitido pelo CONAMA 2005.

Em contrapartida o menor valor em concentração de mg/l para o nitrato foi no ponto ML-111A localizado em Barra Mansa, na ETA Colonia, que capta a água do rio Bananal.

A partir dos dados obtidos foram elaborados: o gráfico de distribuição dos valores de nitrato em mg/l na escala log (Fig.52), as tabelas de valores mínimos (Tabela 24) e máximos (Tabela 25) e o mapa pontual para a distribuição de valores de nitrato nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (Fig.53). Os intervalos foram divididos no *software* ARCGIS 9.3 através do *Natural Breaks* de Jenks.

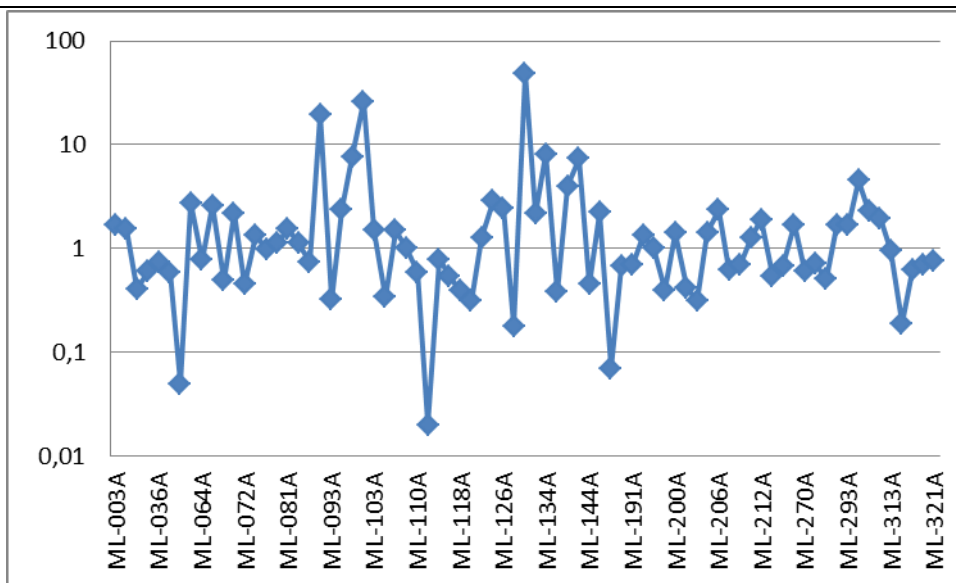


Figura 52 - Gráfico de distribuição dos valores de nitrato em mg/l nos pontos amostrados. Escala em Log.

AMOSTRA	NITRATO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-161A	0,19	Águas do Paraíba	rio Canal das Flechas	Barra do Furado (Distrito de Campos de Goytacazes)
ML-316A	0,19	U.T. Mazomba	rio Mazomba	Mazomba (Distrito de Itaguaí)
ML-130A	0,18	Rua Fco. Azevedo Coutinho, 34	Poço	Ipiiba (Distrito de São Gonçalo)
ML-152A	0,07	ETA Casimiro de Abreu	Rio Matumbu	Casimiro de Abreu
ML-062A	0,05	Represa ribeirão das Lajes	Represa Ribeirão das Lajes	Pirai
ML-111A	0,02	ETA Colonia	rio Bananal	Barra Mansa

Tabela 24 – Valores mínimos de nitrato em mg/l.

AMOSTRA	NITRATO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-131A	49,1	Antonieta da Silva Lote 2, Qd 15	Poço	Ipiiba (Distrito de São Gonçalo)
ML-102A	26,2	U.T. Itatiaia	rio Campo Belo	Itatiaia
ML-092A	19,6	ETA Quatis	rio Paraíba do Sul	Quatis
ML-134A	8,17	Jaconé	poço em residência	Jaconé, distrito de Saquarema
ML-101A	7,71	ETA Fazenda da Barra	rio Paraíba do Sul	Resende
ML-143A	7,36	ETA de Juturnaiba	represa de Juturnaiba	São Vicente (Distrito de Araruama)

Tabela 25 – Valores máximos de nitrato em mg/l.

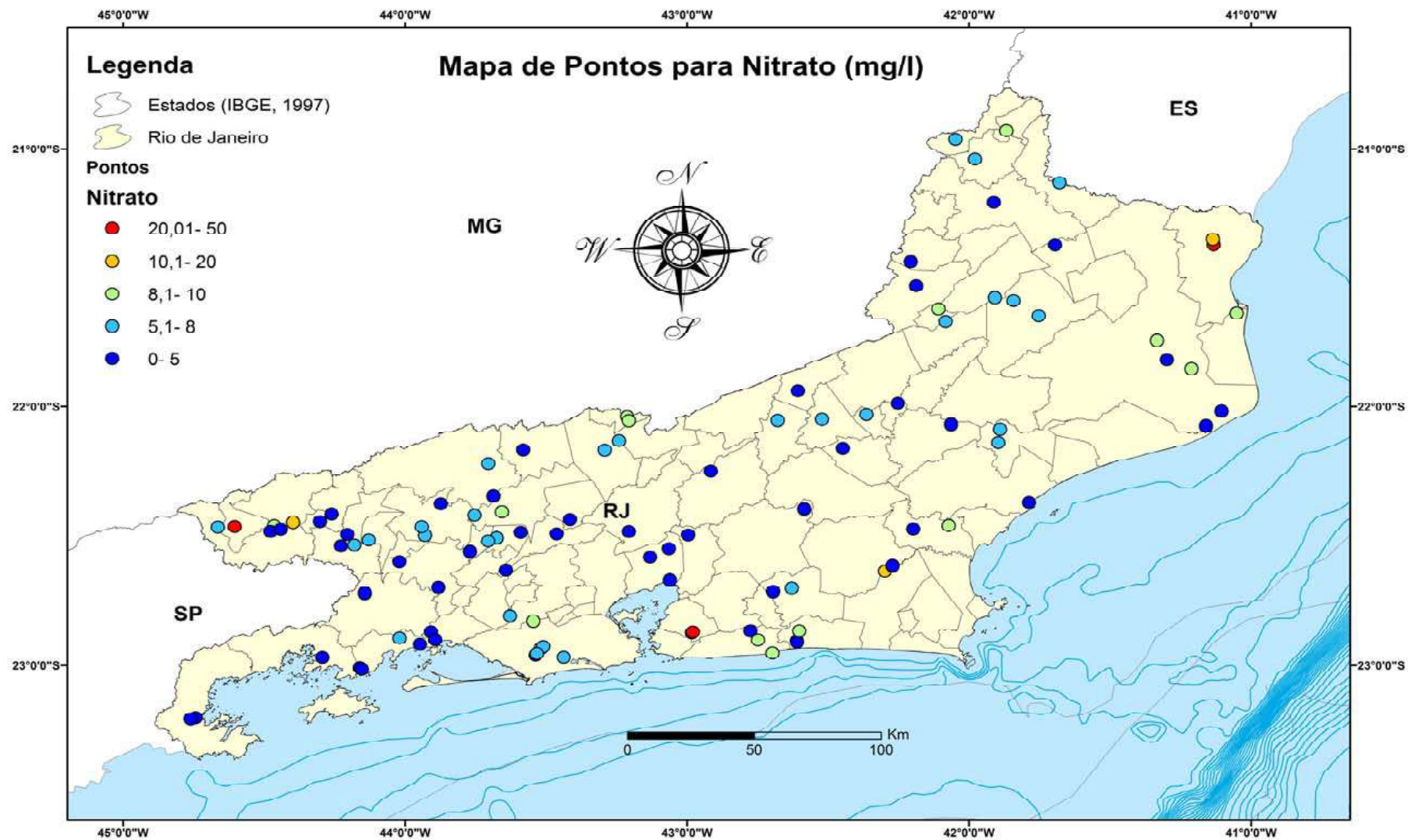


Figura 53 – Mapa pontual para os valores de nitrato (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

8.9.2. Nitrito

O nitrito é um sal de ácido nitroso (HNO_2), geralmente são altamente solúveis, podendo oxidar-se para formar nitratos ou reduzir-se para formar amônia.

Valores altos de nitrito (NO_2^-) podem ser associados à fontes naturais, caso o rio atravesse planícies flúvio-lagunares, com terrenos argilosos orgânicos de paleolagunas colmatadas (Dantas, 2001), e também não naturais, caso a região sofra influência de uma área agrícola, onde muitos compostos nitrogenados são adicionados ao sistema por meio de fertilizantes em atividades crônicas.

A presença de íons de nitrito indica que houve contaminação (mesmo em quantidades pequenas há indício de um processo biológico ativo). Quantidades baixas como 0,003 mg/l podem indicar poluição recente.

Os valores mais altos de nitrito (0,31mg/l, 0,1 mg/L e 0,09mg/L) foram registrados, respectivamente, em amostra coletada no município de Campos dos Goytacazes, na ETA localizada no centro de Campos, onde a água é captada diretamente do rio Paraíba do Sul (ponto ML-173A); na ETA Vista Alegre em Barra Mansa, onde a água é captada diretamente de nascentes na serra (ponto ML-110A); e no rio das Flores, município de Valença, que abastece o referido município.

Valores relativamente baixos, menores que 0,01 mg/l foram registrados em diversas localidades do Estado.

Os valores mais altos de nitrito estão sistematicamente associados a águas superficiais, sendo todos os valores maiores ou iguais a 0,01mg/l obtidos nas análises químicas em questão nesse trabalho são pertencentes a algum manancial, nascente de serra ou represa. (Salva duas exceções em amostras de água coletada de poços em residências: uma em Ipiiba, distrito de São Gonçalo, onde obteve-se uma concentração de 0,01 mg/l e em Ponta Negra, bairro de Maricá onde obteve-se uma concentração de 0,04 mg/l.

A resolução do CONAMA (2005) considera como 1,0 mg/l o limite de concentração de nitrito permitido para as águas de abastecimento das classes 1, 2 e 3. Sendo assim, nenhuma amostra de água bruta no Estado do Rio de Janeiro transgrediu o valor máximo estabelecido pela resolução adotada neste trabalho.

A partir dos dados obtidos foram elaborados o gráfico de distribuição dos valores de nitrito em mg/l (Fig.54), as tabelas de valores mínimo (Tabela 26) e máximos (Tabela 27) e o mapa pontual para a distribuição de valores de nitrito nas águas de abastecimento do Estado

do Rio de Janeiro (Fig.55). Os intervalos foram divididos no *software* ARCGIS 9.3 através do *Natural Breaks* de Jenks.

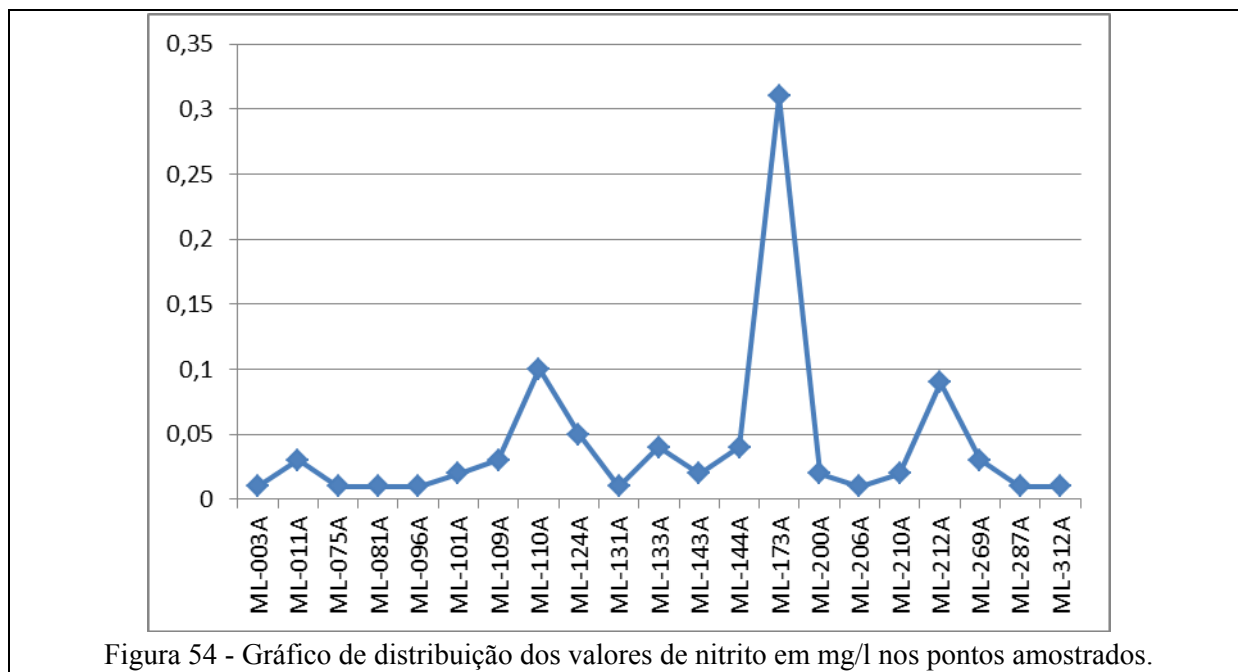


Figura 54 - Gráfico de distribuição dos valores de nitrito em mg/l nos pontos amostrados.

AMOSTRA	NITRITO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-016A	0,005	ETA Saudoso	rio Saudoso	Paracambi
ML-033A	0,005	Represa do Caboclo	Represa do Caboclo	Paraty
ML-077A	0,005	ETA Vila Mariana	rio Santana	Mendes
ML-170A	0,005	ETA Donana	Poço	Donana (Distrito de Campos dos Goytacazes)
ML-178A	0,005	Eta de Itabapoana	Poço	Itabapoana
ML-274A	0,005	Eta de Itaperuna	rio Muriaé	Itaperuna

Tabela 26 – Valores mínimos de nitrito em mg/l.

AMOSTRA	NITRITO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-173A	0,31	ETA de Campos dos Goytacazes	rio Paraíba do Sul	Campos de Goytacazes (Bairro Centro)
ML-110A	0,1	ETA Vista Alegre	nascentes das serras	Barra Mansa
ML-212A	0,09	estrada Valença-Pentagna	rio das Flores	Valença
ML-124A	0,05	Inoã	Poço	Inoã
ML-133A	0,04	Av. Benjamin Silva, Qd2, Lt 11	Poço	Maricá (Bairro de Ponta Negra)
ML-144A	0,04	ETA Águas do Juturnaiba	represa do Juturnaiba	São Vicente (Distrito de Araruama)

Tabela 27 – Valores máximos de nitrito em mg/l.

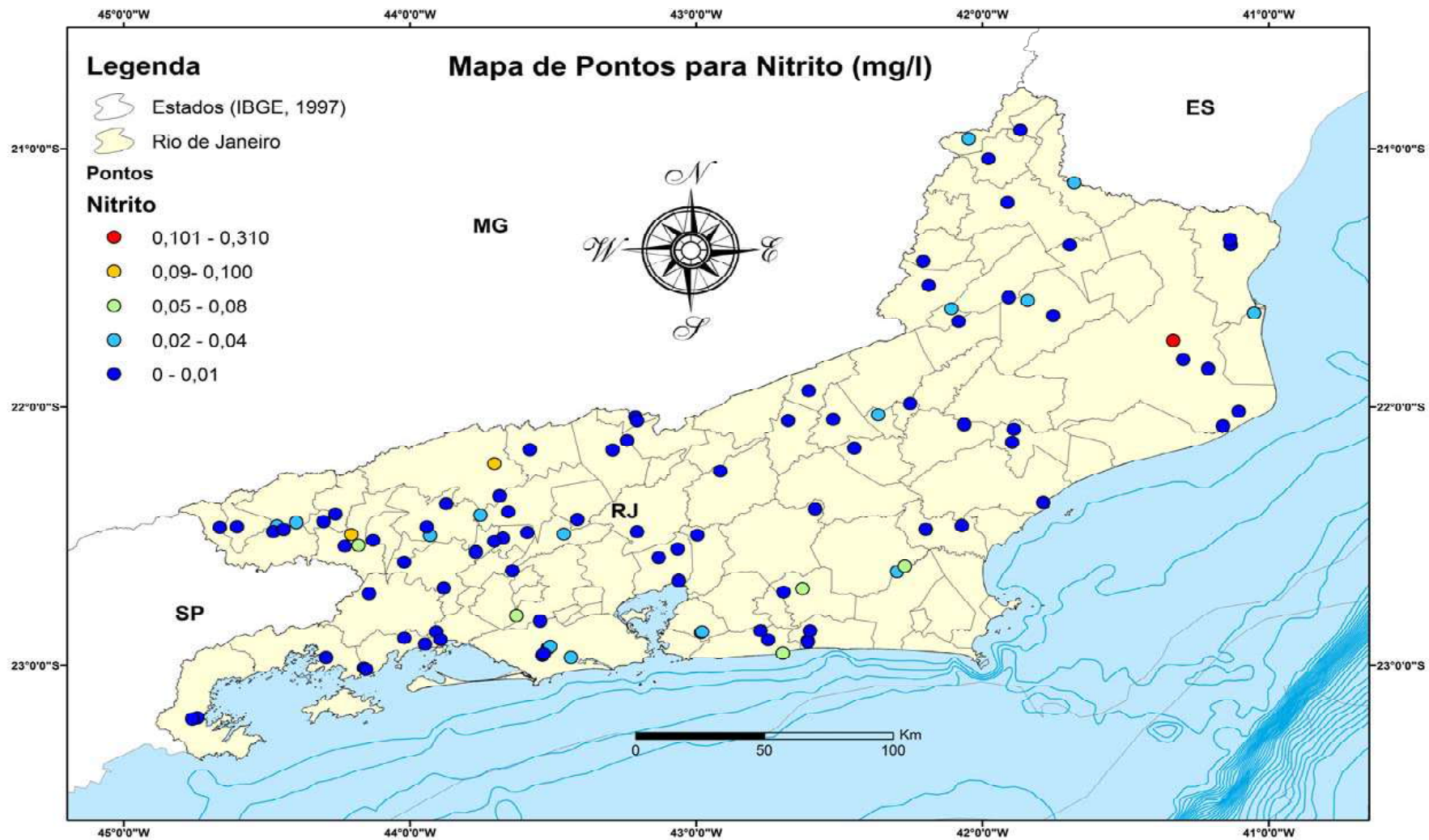


Figura 55 – Mapa pontual para os valores de nitrito (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

8.10. Sulfato

O sulfato é um sal moderadamente solúvel a muito solúvel, proveniente da oxidação do enxofre existente nas rochas, da lixiviação de compostos sulfatados (gipsita e anidrita, por exemplo), de chuvas, e da agricultura, através da aplicação de adubos contendo enxofre. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto.

As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais. Nas águas tratadas é proveniente do uso de coagulantes.

Em ambientes próximos ao mar, as concentrações de sulfato são maiores, já que nos oceanos o sulfato é mais abundante. Desta forma, as concentrações de sulfato podem variar desde valores não detectáveis, em ambientes continentais, como podem chegar a valores em torno da saturação nos oceanos e em ecossistemas localizados próximos ao mar (Hem, 1985).

A água do oceano Atlântico apresenta, em média, 2.180 mg/l de sulfatos, e nas águas continentais os valores são inferiores a 100 mg/l.

O controle do sulfato na água tratada é importante pois a sua ingestão provoca efeito laxativo. Já no abastecimento industrial, o sulfato pode provocar incrustações nas caldeiras e trocadores de calor. E na rede de esgoto, em trechos de baixa declividade onde ocorre o depósito da matéria orgânica, o sulfato pode ser transformado em sulfeto, ocorrendo a exalação do gás sulfídrico, que resulta em problemas de corrosão em coletores de esgoto de concreto e odor, além de ser tóxico (CETESB, 2008).

As águas com elevados teores de sulfato possuem um sabor amargo e pouco agradável. O sulfato ferroso é extremamente perigoso quando ingerido na forma pura, podendo ser fatal, caso seja ingerido por crianças, em quantidades superiores a 7,8 g.

Nas amostras coletadas, o maior valor de sulfato foi detectado num poço em uma residência na localidade de Inoã, que é um bairro do município de Maricá. O ponto é o ML-124A que apresenta valor na ordem de 116 mg/l. Essa residência possui proximidade com o litoral.

Em contrapartida, o ponto ML-111A (ETA Colônia, em Barra Mansa) coletado no dia 25 de janeiro de 2011 apresentou a menor concentração de sulfato em mg/l, que foi na ordem de 0,09.

A partir dos dados obtidos foram elaborados: o gráfico de distribuição dos valores de sulfato em mg/l na escala log (Fig.56), as tabelas de mínimos (Tabela 28) e máximos (Tabela 29) e o mapa pontual para a distribuição de valores de sulfato nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (Fig.57). Os intervalos foram divididos no *software* ARCGIS 9.3 através do *Natural Breaks* de *Jenks*.

A resolução do CONAMA 2005, adotada para esse trabalho, considera como 250 mg/l o limite de concentração de sulfato permitido para as águas de abastecimento das classes 1, 2 e 3. Sendo assim, todas as amostras de água bruta coletadas no Estado mesmo antes de receber o tratamento adequado, estão dentro do padrão de potabilidade adotado pelo CONAMA 2005. Mas, de uma forma geral, similarmente ao cloreto e brometo, os valores mais elevados são oriundos de poços localizados na região litorânea, o que corrobora a contaminação dos aquíferos por água marinha.

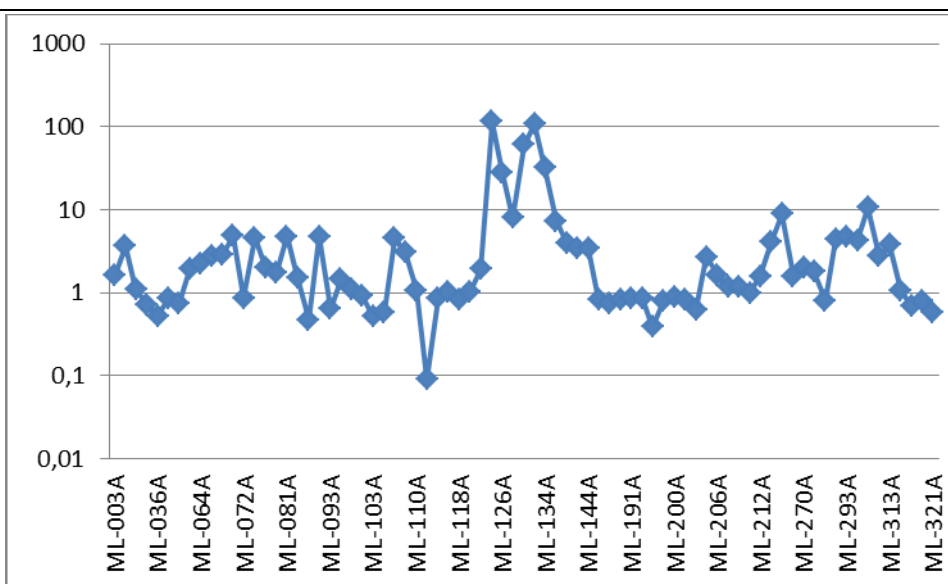


Figura 56 - Gráfico de distribuição dos valores de sulfato em mg/l nos pontos amostrados. Escala Log.

AMOSTRA	SULFATO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-321A	0,57	ETA Japuíba	rio Cabo Severino	Angra dos Reis
ML-036A	0,53	Represa da Pedra Branca	Represa da Pedra Branca	Paraty
ML-103A	0,52	ETA Engenheiro Passos	rio Nosco	Engenheiro Passos
ML-084A	0,47	ETA Ipiabas	poço	Ipiabas (Distrito de Barra do Pirai)
ML-195A	0,39	ETA Sumidouro	rio Paquequer	Sumidouro
ML-111A	0,09	ETA Colonia	rio Bananal	Barra Mansa

Tabela 28 – Valores mínimos de sulfato em mg/l.

AMOSTRA	SULFATO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ML-124A	116	Inoã	Poço	Inoã
ML-133A	108	Av. Benjamin Silva, Qd2, Lt 11	Poço	Maricá (Bairro de Ponta Negra)
ML-131A	60,5	Antonieta da Silva Lote 2, Qd 15	Poço	Ipiiba (Distrito de São Gonçalo)
ML-169A	40,1	ETA São Sebastião de Campos	Poço	São Sebastião de Campos (Distrito de Campos de Goytacazes)
ML-134A	31,8	Jaconé	poço em residência	Jaconé, distrito de Saquarema
ML-126A	27,9	Manoel Ribeiro	Poço	Manoel Ribeiro, distrito de Maricá

Tabela 29 – Valores máximos de sulfato em mg/l.

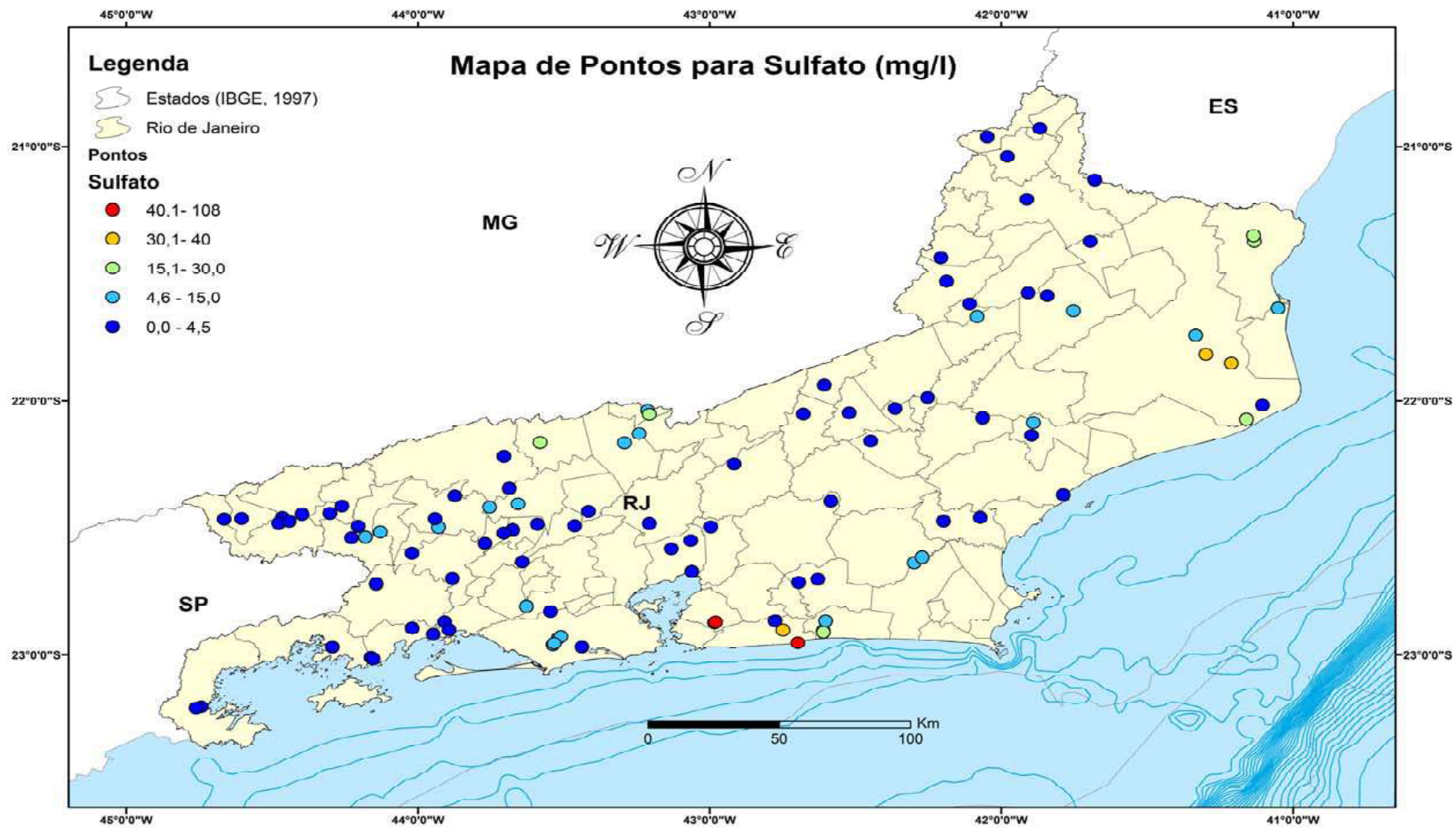


Figura 57 – Mapa pontual para os valores de sulfato (mg/l) nas águas de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

9. CONCLUSÕES

Os valores pertinentes em relação aos parâmetros físico-químicos, de acordo com o CONAMA (2005), nas águas de abastecimento, são de: OD, em qualquer amostra, não pode ser inferior a 6 mg/l; de pH nas águas de abastecimento devem estar entre 6 a 9; não há um valor determinado pelos órgãos governamentais para qualificar a água de abastecimento em termos da condutividade elétrica; para temperatura em (°C) os valores não estão acima do limite recomendado pela CETESB que é de 33°C.

Ainda de acordo com a resolução 357 do CONAMA (2005) o Valor Máximo Permitido (VMP) no padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde, e que foram estudados neste trabalho são: fluoreto (1,5 mg/l); nitrato (10 mg/l); nitrito (1,0 mg/l); cloreto (250 mg/l); sulfato (250 mg/l).

No que se refere ao pH, nenhum valor ficou a cima do permitido pelo CONAMA (>9), porém foram observados valores que ficaram abaixo do limite estabelecido (<6), esses foram registrados principalmente ao redor da Baía de Guanabara (1), na região litorânea (2), e na região serrana (3). Em (1) as amostras com valores anômalos foram coletadas em sua maioria de poços na região metropolitana do Rio de Janeiro, em (2) as amostras foram coletadas tanto de poços em residências rurais que provavelmente sofrem com a influência da cunha salina (por exemplo, em Boa Sorte, distrito de São Francisco de Itabapoana, pH=4,96; em Jaconé, distrito de Saquarema, pH= 5,75) como em águas superficiais, tal como a captação em Quissamã, que foi realizada na Lagoa Feia, onde o pH ficou na ordem de 4,6, e em Carapebus, que a captação foi realizada no riacho Maricota, onde o pH ficou na ordem de 5,78. Na região serrana (3), em Contendas, por exemplo, foram observados valores anômalos de pH em água coletada diretamente de um poço da prefeitura, como também em uma fonte de uma rodovia onde a água é captada diretamente das nascentes da serra. Em Petrópolis, a água da Barragem Vargem Grande apresentou valor na ordem de 5,62. Na ETA de Santa Maria Madalena, onde a água para abastecimento é captada dos rios Vermelho (5,11) e Rifa (5,97) também se registrou um pH abaixo do estabelecido pelo CONAMA.

No que se refere ao OD, os valores que ultrapassaram o limite estabelecido pelo CONAMA foram registrados em poços e nos rios da região metropolitana do Rio de Janeiro. Neste último caso esse índice é um indicativo de impactos, estando provavelmente

relacionado ao aporte de esgotos domésticos. Em estudos feitos pelo Instituto Trata Brasil (maio, 2012) que avaliou os serviços nas 81 maiores cidades do País, Nova Iguaçu foi considerada a pior cidade com mais de 300 mil habitantes no *ranking* de saneamento. Os sétimo, oitavo e nono lugares couberam a São João do Meriti, Belfort Roxo e Duque de Caxias, respectivamente.

Outros valores anômalos foram registrados no rio Paraíba do Sul, onde ele corta os municípios de Resende, Volta Redonda e Barra Mansa. Neste caso, os índices também estão relacionados a disposição de esgotos, favelização nas margens desses rios, e em alguns afluentes menores, já se observa a transição para valões.

A distribuição de altas concentrações de cloreto, brometo, sulfato e condutividade elétrica em rios e poços situados na região litorânea, foram associadas ou à interação entre o ambiente fluvial costeiro com o ambiente marinho mais salino ou através de intrusão da cunha salina.

No que se refere ao fosfato, os dois maiores valores encontrados são de regiões próximas uma da outra, o maior valor (1,36) foi de um poço localizado na Estrada Velha de Jaconé-Squarema, o segundo maior (1,29) foi próximo ao primeiro, onde a água foi captada do riacho Mato Grosso-Roncador na ETA de Sampaio Correa, localizada na Serra do Mato Grosso.

Observava-se no mapa, concentrações de fosfato que estão no intervalo entre 1,1 e 1,36 mg/l em municípios de regiões opostas do Estado, por exemplo: em Itatiaia, Carmo, Porciúncula, Squarema, Conceição de Macabu, tendo assim uma amostragem dispersa relacionada aos valores mais elevados de fosfato.

As concentrações de fluoreto, nitrito e nitrato encontradas nas amostras de águas brutas que são destinadas ao abastecimento no Estado do Rio de Janeiro não ultrapassaram o estabelecido pelo CONAMA 2005, que é de 1,4 mg/l, 10 mg/l de N e 1,0 mg/l de N respectivamente.

A seguir observa-se a figura com a localização dos pontos que comumente mantiveram-se fora dos padrões determinados pelos órgãos governamentais para os parâmetros analisados.

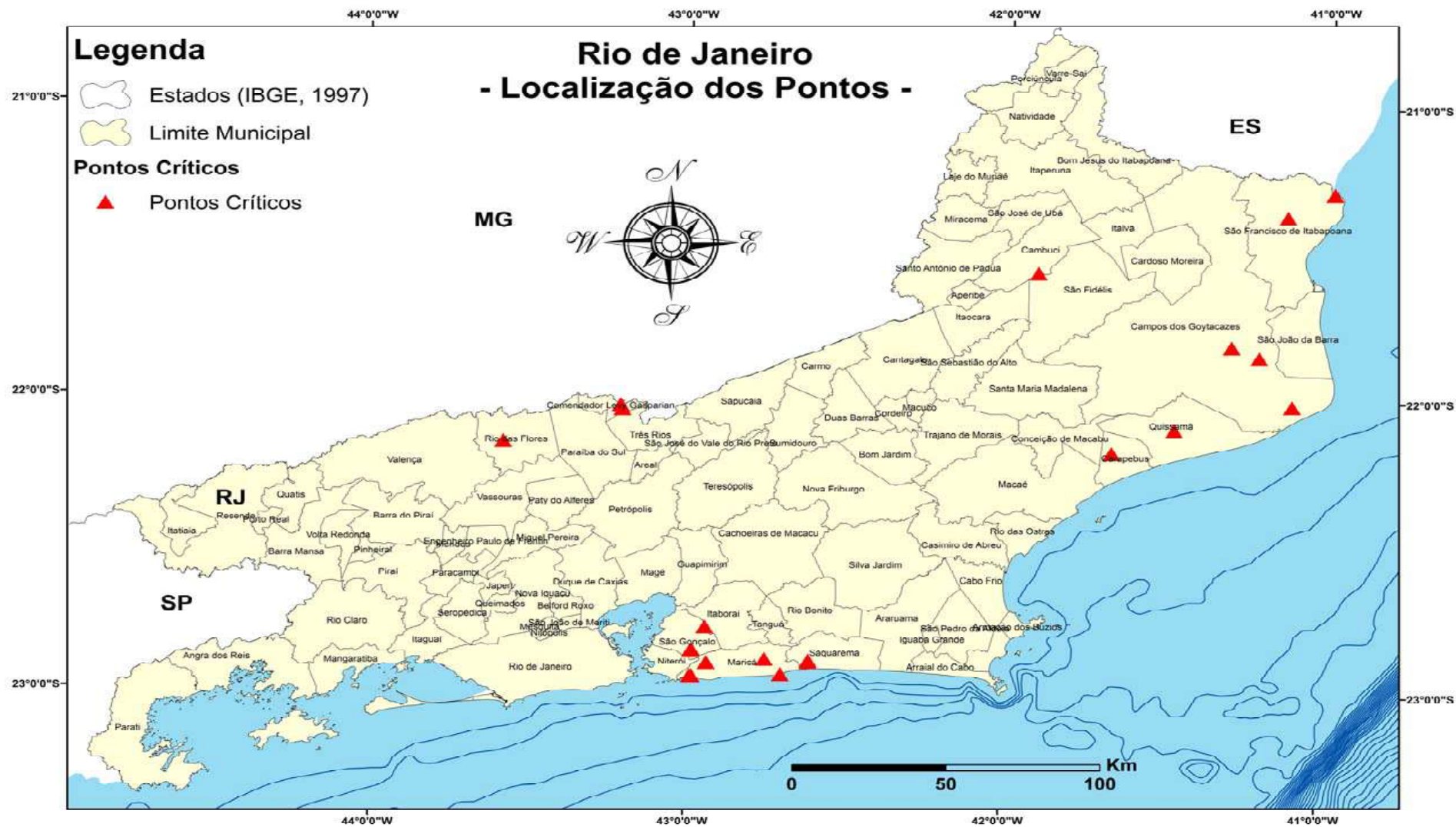


Figura 58 – Mapa pontual com a localização dos pontos críticos.

10. Referências bibliográficas

Agência Nacional das Águas – ANA. 2005. Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. *Caderno de Recursos Hídricos*, 123p

Agência Nacional das Águas – ANA. 2009. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília. 204 p.

Almeida, 2000. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Almeida *et al.*, 1977, 1981; Heilbron *et al.*, 2004. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Almeida, F.F.M. 2004, Província Mantiqueira. In: *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida*. Organizadores: Virginia Mantesso-Neto, Andre Bartoreli, Celso Dal Ré Carneiro, Benjamin Bley de Brito-Neves. São Paulo. p 203 – 234.

American Public Health Association - APHA. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington.

Asmus, H.E. & Ferrari, A.L. 1978. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região Sudeste do Brasil. In: PETROBRAS. Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil (Série Projeto REMAC, 4), Rio de Janeiro, p.5-88.

Barreto, A.B.C., Monsores, A.L.M., Leal, A.S., et al. Caracterização Hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro. *In: Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro*, MME (Ministério de Minas e Energia), SMM (Secretaria de Minas e Metalurgia), CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais): Brasília, 2000.

Bidegain, P.; Völker, C. M. - Bacia Hidrográfica dos rios São João e Ostras – Águas, Terras e Conservação Ambiental. Rio de Janeiro: Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ), 2003. 177p

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 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. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama>. Acessado em: 21 de maio de 2012.

Brasil. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI). Resolução nº 18 de 08 de Novembro de 2006. Aprova a definição das regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Anexo: Divisão em Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cerhi/resolucoes.asp>>. Acessado em: 21 de maio de 2012.

Campanha, 1981. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Campos Neto & Figueiredo, 1995; Heilbron *et al.*, 1998; 2000a. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Campos-Neto e Figueiredo, 1995; Campos-Neto, 2000; Trouw *et al.*, 2000. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Carvalho Filho, A.; Lumbreras, J.F.; Lemos, A.L.; Santos, R.D.; Calderano Filho, B. & Wittern, K.P. 2000. Mapa de Solos do Estado do Rio de Janeiro. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD-ROM.

Comly HH. Landmark article Sept 8, 1945: cyanosis in infants caused by nitrates in well-water. JAMA. 1987; 257: 2788–2792.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil, SIG e Mapas na escala 1:2.500.000. Brasília, 2001.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) – Serviço Geológico do Brasil. *Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro.* Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000a.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - (CETESB). Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2004. São Paulo: CETESB, 2005.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – (CETESB). Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo - 2003. São Paulo: CETESB, 2004.

Custódio, E. &. Llamas, M. R. 1983. *Hidrología Subterránea* 2ª edição, Barcelona, Editora Omega, 2359p.

Dantas. Mapa geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro. *In: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Estudo ambiental do Estado do Rio de Janeiro.* Brasília: MME, 2001. CD-ROM.

Dantas, M.E. 2000. *Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro*, Brasília/CPRM, 2001. Mapa. CD-ROM. *In: Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília. 615p.

Demamboro, A.C.; Mariotoni, C.A.; Bettine, S.C. A escala demográfica no planeta e a demanda por recursos hídricos: Cenários para o desenvolvimento sustentável. *In: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 1999, Porto Alegre. *Anais*. Porto Alegre. ABRH, 1999, CD-ROM.

Ebert *et al.*, 1991; 1995; Ebert & Hasui, 1998; Machado & Endo, 1993; Almeida, 2000. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). 2009. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. 412p.

Filho, A.de C., Lumbreras. F.J., & dos Santos, R.D. 2000. *Os solos do Estado do Rio de Janeiro*, Embrapa/Solos. Mapa. CD-ROM. *In: Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília. 615p.

Francisco, C. N.; Carvalho, C. N. 2004. Disponibilidade Hídrica da Visão Global às Pequenas Bacias Hidrográficas: o caso de Angra dos Reis, Rio de Janeiro. *Revista de Geociências*. 3 (3): 53-72.

Gremillion, L.R. & McClellam, G.H. Evaluation of Phosphatic Raw Materials. *In: Khasawneh, F.E.; SAMPLE, E.C. & Kamprath, E.J. (eds) The of Phosphorus in Agriculture*.

Gremillion, L.R. & McClellam, 1980. Eficácia de Fosfatos Naturais Reativos em Sistemas de Cultivo. Kaminski J. & Peruzzo, G. *In: Núcleo Regional Sul da Soc. Brás. de Ciência do Solo*, Santa Maria - RS, 1997 - Boletim Técnico No.3, 31p.

Hammond, L.L. 1977; Kaminski J. 1990. Eficácia de Fosfatos Naturais Reativos em Sistemas de Cultivo. Kaminski J. & Peruzzo, G. *In: Núcleo Regional Sul da Soc. Brás. de Ciência do Solo, Santa Maria - RS, 1997 - Boletim Técnico No.3, 31pg.*

Heilbron *et al.*, 1982. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Heilbron *et al.*, 1993, 1995; 1998; 2000a. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Heilbron *et al.* 1998, Ribeiro *et al.*, 1995; Paciullo *et al.*, 2000. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Heilbron *et al.* 2000. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Heilbron, M.; Soares, A.C.P.; Campos, N.; Silva, L.C.; Trouw, R.; Janasi, V. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Heilbron & Machado, 2003. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Heilbron *et al.*, 1982; 2000; 2003; Machado *et al.*, 1996; Trouw *et al.*, 2000; Campos-Neto & Caby, 2000; Campos-Neto, 2000; Janasi *et al.*, 2002; 2003; Cordani *et al.*, 2002; Heilbron & Machado, 2003; Valeriano *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2002a; 2002b; e Schmitt, 2000. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Heilbron & Machado, 2003; Machado *et al.*, 1996. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Heilbron *et al.*, 2000; Heilbron & Machado, 2003. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Hem, J. D. 1985. *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. U.S Geological Survey Water-Supply Paper 2254. 263p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2010. www.ibge.gov.br Acessado em 20 de julho de 2012.

Junho, 1992. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Lima, L.H. (2001). O Dia Mundial da Água. *Jornal O Globo*. Suplemento O Dia Mundial da Água. Rio de Janeiro, 22/03/2001.

Machado & Endo, 1993. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Machado *et al.*, 1996. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Martins, A. M.; Capucci, E.; Caetano, L. C.; Cardoso, G.; Barreto, A. B. C.; Monsorens, A. L. M., Leal, A. S; Viana, P. Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro - Síntese do estágio atual do conhecimento. *In: XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas: ABAS, 2008. P. 1-17.*

Matthess, G. & Harvey, J. C. 1982. *The Properties of Groundwater.* Nova York, John Wiley & Sons. 405p.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2006b. *Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Sudeste.* Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006.140 p.

MMARH. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (1997). Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997.

Nimer, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p.

Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente (NIMA). Educação ambiental: formação de valores ético-ambientais para o exercício da cidadania no Município de Nova Iguaçu, PETROBRÁS, Prefeitura Municipal de Nova Iguaçu. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2010. 208 p.

Penha *et al.*, 1980; Pires *et al.*, 1982; Penha & Wiedemann, 1984; Junho, 1993; Heilbron *et al.*, 1995; Machado & Demange, 1992; 1994; 1996; Machado, 1997; Porto Jr & Valente, 1988; Tupinambá, 1999. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Pereira, R.S. Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos. 2004. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRGS. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, 1(1): 20-36.*

Salati, E. ; Salati, E. ; Lemos, H. M. de. Água e o desenvolvimento sustentável. *In: Águas doces no Brasil – capital ecológico, uso e conservação.* São Paulo: Escrituras Editora, 1999. cap.2, p.39-64.

Schmitt (2000). Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Schmitt, 2000; Schmitt *et al.*, 2004; Heilbron *et al.* 2004. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Schmitt *et al.* (2003). Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Schmitt *et al.*, 2008. Província Mantiqueira. *In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2008. – Brasília: MCIDADES.SNSA, 2010.408 p.

Setti, A.A.; Lima, J.E.F.; Chaves, A. G. M.; Pereira, I. C. Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos. Agência Nacional da Água. Brasília, 2000.

Shiklomanov, I.A. World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century. Paris: UNESCO, 1998. 76 p.

SIH/ANEEL. 1999. Informações hidrológicas brasileiras. Brasília: ANEEL. In: Setti, A.A.; J. E. F. W. Lima; A. G. M. Chaves; I. C. Pereira, 2000. *Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos*. Brasília: ANEEL: ANA. 328p.

Silva *et al.* (2002b). Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1^a ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Silva, L. C.; Cunha, H. C. S. Geologia do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. CPRM. Brasília, 2001.

Silva, T. M. *A estruturação geomorfológica do estado do Rio de Janeiro*. 2002. 265 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

Silva, T.P. 2006 *Neotectônica na Região da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul e Áreas Adjacentes, Entre Miguel Pereira e Juiz de Fora (MG)*. 2006. Programa de Pós-Graduação em Geologia - Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, xv, 125 p.

SM 4110 (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st. Edition, 2005*).

Souza, F.D. 2012. *Análise preliminar da distribuição de ânions e parâmetros físico-químicos em microbacias. Águas fluviais do Estado do Rio de Janeiro*. Monografia de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rato, A.M.G.G.; Macedo, C.E.C. (1997). Saneamento básico no Estado do Rio de Janeiro. In: *Gestão de Recursos Hídricos e de Saneamento - A Experiência Alemã*. Rio de Janeiro, FIRJAN, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Projeto PLANÁGUA - SEMA / GTZ.

Rebouças, A. C. “Água Doce no Mundo e no Brasil”, In: Rebouças, A. C., Braga, B., Tundisi, J. G., (Org.), *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*, São Paulo – SP, Editora Escrituras. 1999.

Tupinambá *et al.*, 2000; Heilbron & Machado, 2003. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Tupinambá *et al.* 2007. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Valladares *et al.*, 2001. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R Brito Neves, B.B. (Orgs.), *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1ª ed., v. 1, p. 203-234, 2004.

Von Sperling, M. V. 1995. Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. In: *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. Belo Horizonte, 240 p.

Water Quality Criteria for Water. 1976. Environmental Protection Agency (EPA) Washington d.c. 501p.

Winter, M.. 1996. WebElements. University of Sheffield. Disponível em: <http://www.shef.ac.uk/~chem/web-elements>. Acessado em 24 de outubro de 2011.

World Resources Institute. World Resources 2000-2001 – People and ecosystems: The fraying web of life. 2001.

AÇÃO. In: DICIONÁRIO hidrogeológico. Portugal: Disponível em: < http://e-eo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/glossario.aspx?letra=B>. Acesso em: 07 de Jan. 2012.

AÇÃO. In: DICIONÁRIO hidrogeológico. Portugal: Disponível em: < http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/glossario.aspx?letra=C >. Acesso em: 07 de Jan. 2012.

AÇÃO. In: DICIONÁRIO hidrogeológico. Portugal: Disponível em: < http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/glossario.aspx?letra=S >. Acesso em: 07 de Jan. 2012.

<<http://paraibadosulrio.blogspot.com.br/2009/11/poluicao.html>>.

<<http://oglobo.globo.com/rio/bairros/posts/2012/06/24/poluicao-erosao-sao-fatores-negativos-aolongo-do-paraiba-do-sul-451773.asp>>.

<<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas>>.

<<http://www.levygasparian.rj.gov.br/novo/?link=LevyGasparian/HistoriadaCidade>>.

<<http://claudioantunesboucinha.wordpress.com/2011/02/24/ndice-de-nitrato-nas-guas-das-pedreiras-de-bag/>>.

<<http://www.drm.rj.gov.br/index.php/projetos-e-atividades/subterraneas>>

<In:<http://360graus.terra.com.br/ecologia/default.asp?did=33180&action=News>>

NÚMERO	X	Y	NOME_PONTO	TIPO_AMOSTRA	Ph	TEMP (°C)	OD	CONDUT	BROMETO	CLORETO	FLUORETO	FOSFATO	NITRATO	NITRITO	SULFATO	DATA	MUNICÍPIO/DISTRITO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	ABASTECIMENTO
1	660163	7458975	ML-003A	Água de Abastecimento	8.12	27.2	6.42	47.43	0.03	6.71	0.07	0.54	1.67	0.01	1.64	1/27/2011	Rio de Janeiro	Represa do Camorim (PEPB)	águas da serra	
2	640852	7476962	ML-011A	Água de Abastecimento	7.44	28.1	5.82	69.89	0	3.22	0.09	0.32	1.53	0.03	3.69	1/27/2011	Rio de Janeiro	Ponto de captação da ETA Guandu (Rio Guandu)	Rio Guandu	Rio de Janeiro, Belfort Roxo, Mesquita, Nova Iguaçu, Nilópolis, Duque de Caxias e s. João do Meriti
3	639550	7496355	ML-016A	Água de Abastecimento	8.46	24.8	6.07	58.92	0.03	3.86	0.05	0.3	0.41	0	1.1	1/22/2011	Paracambi	ETA Saudoso	rio Saudoso	Paracambi
4	684506	7512559	ML-022A	Água de Abastecimento	5.62	20.7	7.81	14.04								11/20/2009	Petropolis(bairro Mosela)-Agua da Barragem Vargem Grande	Aguas do Imperador		
5	715022	7538168	ML-024A	Água de Abastecimento	6.29	27.2	7.72	40.28								11/20/2009	Providencia	ETA Providencia		
6	715022	7538198	ML-025A	Água de Abastecimento	5.97	27.5	7.48	30.41								11/20/2009	Providencia	Água de Mina		
7	706201	7510892	ML-027A	Água de Abastecimento	6.63	23.4	9.08	17.54								11/20/2009	Estrada da Barreira	Barreira Guapimirim		
8	699039	7505028	ML-028A	Água de Abastecimento	5.28	23.9	9.41	23.44								11/20/2009	Mage	Sistema Tratamento Santo Aleixo(rio)		
9	699298	7491446	ML-029A	Água de Abastecimento	5.43	27.4	9.53	150								11/20/2009	Estrada Velha da Piedade-Magé	poco		
10	692141	7501414	ML-032A	Água de Abastecimento	6.21	24.7	10.29	18.58								11/20/2009	Cachoeira Grande (Guapimirim)	ETA Piabeta-Mage		
11	526320	7433930	ML-033A	Água de Abastecimento	7.47	25.6	6.21	33.35	0	2	0.07	0.21	0.6	0	0.72	1/29/2011	Paraty	Represa do Caboco		
12	524499	7433340	ML-036A	Água de Abastecimento	7.48	27	6.43	20.72	0	1.53	0.07	0.19	0.73	0	0.53	1/29/2011	Paraty	Represa da Pedra Branca		
13	572440	7459622	ML-041A	Água de Abastecimento	7.35	28.8	6.1	28.8	0	2.34	0.05	0.31	0.59	0	0.86	1/29/2011	Angra dos Reis	ETA Japuba	rio Japuba	Angra dos Reis CEDAE
14	705890	7462460	ML-045A	Água de Abastecimento	6.71	28.5	10.35	48.6								11/23/2009	Laranjal(Alcantara)	ETA Sao Goncalo(Rio Macacu e rio Intigucu)		
15	710891	7478803	ML-046A	Água de Abastecimento	6.26	28.6	5.75	45.77								11/23/2009	Itaboraí	ETA Marambaia(Rio Macacu e Guapiacu)		
16	711611	7477943	ML-047A	Água de Abastecimento	4.78	27	6.54	219.1								11/23/2009	Planalto Marambaia	Poco		
17	717904	7487869	ML-048A	Água de Abastecimento	6.52	28.6	10.43	47.12								11/23/2009	Itaboraí	ETA Porto das Caixas(Rio Guapiacu e Macacu)		
18	710253	7486840	ML-049A	Água Fluvial	6.51	30.5	7.86	155.8								11/23/2009	Laranjal	Rio Macabu		
19	674423	7502207	ML-053A	Água de Abastecimento	6.05	29.4	10.42	150.4								11/23/2009	Estrada do Xerem	Xerem (Poço)		
20	674223	7502192	ML-052A	Água de Abastecimento	6.05	29.4	10.42	150.4								11/23/2009	Estrada do Xerem	Poço		
21	651857	7495924	ML-055A	Água de Abastecimento	6.74	22.8	11.38	25.38								11/24/2009	Reserva Biológica do Tingua-Nova Iguaçu	UT Rio Douro		
22	614853	7489234	ML-062A	Água de Abastecimento	8.3	29.8	5.91	29.5	0	1.4	0.05	0.17	0.05	0	0.75	1/25/2011	Pirai	represa ribeirão das Lajes	Seropédica, Itaguaí, Pirai, Japeri, Queimados, Paracambi e Rio de Janeiro	
23	649301	7474649	ML-063A	Água de Abastecimento	7.48	25.9	6.65	52.71	0.03	6.59	0.1	0.23	2.75	0	1.93	1/27/2011	Rio de Janeiro	U.T. Mendanha	rio Mendanha	
24	652808	7463729	ML-064A	Água de Abastecimento	6.92	25	10.36	60.67	0	8.38	0.14	0.47	0.78	0	2.26	1/27/2011	Rio de Janeiro	U.T Batalha-Quininha	represa do Rio Batalha	
25	651965	7462975	ML-065A	Água de Abastecimento	8.06	27.5	6.01	77.6	0.03	9.55	0.15	0.28	2.6	0	2.75	1/27/2011	Rio de Janeiro	U.T. Cabloco	represa do Caboco	
26	650011	7460036	ML-066A	Água de Abastecimento	7.85	29.1	5.39	91.5	0.04	12	0.19	0.52	0.49	0	2.89	1/27/2011	Rio de Janeiro	U.T. Coqueiro	represa Rio da Prata	
27	663093	7518014	ML-068A	Água de Abastecimento	8.27	22.7	5.53	54.54								1/22/2011	Paty do Alferes	ETA Paty do alferes	água misturada do córrego do Palmal e do córrego do Marmelo.	
28	665270	7530457	ML-069A	Água de Abastecimento	6.56	23.5	4.8	123.9								1/5/2010	Avelar	Barragem Avelar		
29	645075	7512643	ML-070A	Água de Abastecimento	7.84	26	5.35	74.8								1/22/2011	Morro Azul (Distrito de Paulo de Frontin)	ETA Morro Azul	rio Santana	Paulo de Frontin
30	638315	7521481	ML-071A	Água de Abastecimento	7.98	26.4	5.19	60.35	0.02	3.28	0.1	0.3	2.2	0	4.84	1/24/2011	Vassouras	ETA Vassouras	rio Paraíba do Sul	Vassouras
31	635230	7528337	ML-072A	Água de Abastecimento	7.91	24.1	6.39	44.81	0.02	2.12	0.06	0.12	0.45	0	0.87	1/24/2011	Barão de Juparanã (Distrito de Valença)	ETA Barão de Juparanã	águas das serras	Barão de Juparanã
32	628243	7502610	ML-075A	Água de Abastecimento	6.81	26.6	3.2	74.73	0.03	3.11	0.1	0.22	1.36	0.01	4.63	1/24/2011	Itakomozi (Distrito de Vassouras)	ETA Itakomozi	rio Paraíba do Sul	Itakomozi, Ipiranga e Bairro de Fátima (Vassouras)
33	636279	7510301	ML-076A	Água de Abastecimento	7.9	24.1	5.44	72.5	0.03	5.06	0.1	0.38	0.97	0	2.03	1/24/2011	Paulo de Frontin	ETA Palmas	rio Santana	Paulo de Frontin
34	633146	7508964	ML-077A	Água de Abastecimento	7.8	24.2	5.77	71.76	0.03	4.79	0.08	0.21	1.13	0	1.75	1/25/2011	Mendes	ETA Vila Mariana	rio Santana	Mendes
35	626492	7504518	ML-079A	Água de Abastecimento	8.23	25.6	5.66	50.98								1/24/2011	Mendes	ETA Martins Costa	riacho atrás da ETA	Mendes
36	610126	7511651	ML-081A	Água de Abastecimento	8	27.3	4.32	59.66	0.02	2.69	0.08	0.07	1.55	0.01	4.78	1/24/2011	Vargem Alegre (Distrito de Barra do Pirai)	ETA Vargem Alegre	rio Paraíba do Sul	Vargem Alegre
37	608967	7515335	ML-082A	Água de Abastecimento	8.17	29.9	5.36	98.31	0	2.31	0.13	0.41	1.13	0	1.54	1/24/2011	Dorândia (Distrito de Barra do Pirai)	ETA Dorândia	riacho das Minhocas	Dorândia
38	616005	7525253	ML-084A	Água de Abastecimento	8.24	25.8	4.95	37.31	0	2.02	0.05	0.16	0.74	0	0.47	1/24/2011	Ipiabas (Distrito de Barra do Pirai)	ETA Ipiabas	poço	
39	576124	7521007	ML-092A	Água de Abastecimento	6.62	25.1	5	54.1	0.02	3.01	0.2	0.38	19.6	0	4.8	1/26/2011	Quatis	ETA Quatis	rio Paraíba do Sul	
40	576124	7521007	ML-093A	Água de Abastecimento	7.09	25.1	4.08	42.2	0	1.37	0.1	0.62	0.32	0	0.64	1/26/2011	Quatis	ETA Quatis	rio Lavapés	Quatis
41	555119	7516042	ML-096A	Água de Abastecimento	7.27	25.1	4.63	55.1	0	1.3	0.08	0.58	2.39	0.01	1.44	1/26/2011	Porto Real	ETA Porto Real		Porto Real
42	571849	7517819	ML-095A	Água de Abastecimento	7.25	25.4	3.93	57.72								1/26/2011	Quatis	ETA Jose Alves dos Santos	rio Paraíba do Sul	Quatis
43	555119	7516042	ML-097A	Água de Abastecimento	7.66	25.2	3.61	57.23								1/26/2011	Resende	rio Paraíba do Sul (ponto de captação da ETA Nova Liberdade)	rio Paraíba do sul	Resende SAAE
44	557523	7514516	ML-100A	Água de Abastecimento	7.55	25.3	5.98	46.87								1/26/2011	Resende	ETA 31 de Março	rio Cruz das Almas	Resende Água das Agulhas Negras
45	562038	7517508	ML-101A	Água de Abastecimento	7.9	24.7	6.02	22.27	0	0.73	0.04	0.61	7.71	0.02	1.1	1/26/2011	Resende	ETA Fazenda da Barra	rio Paraíba do Sul	Resende Água das Agulhas Negras
46	540728	7515684	ML-102A	Água de Abastecimento	8.16	21	6.29	11.1	0	0.9	0.05	1.06	26.2	0	0.91	1/26/2011	Itatiaia	U.T. Itatiaia	rio Campo Belo	Itatiaia Água das Agulhas Negras
47	534556	7515512	ML-103A	Água de Abastecimento	8.06	21.4	6.5	13.81	0	0.38	0.05	0.47	1.49	0	0.52	1/26/2011	Engenheiro Passos (Distrito de Resende)	ETA Engenheiro Passos	rio Nosco	Engenheiro Passo
48	553756	7515726	ML-104A	Água de Abastecimento	5.96	27	5.53	54.18								1/8/2010	Resende	ETA São Caetano		
49	600716	7500374	ML-105A	Água de Abastecimento	7.64	26.3	4.92	65.95	0	1.81	0.12	0.28	0.34	0	0.58	1/25/2011	Arrozal	ETA Arrozal	córrego Pau d'Alho	Arrozal e Pirai

NÚMERO	X	Y	NOME_PONTO	TIPO_AMOSTRA	Ph	TEMP (°C)	OD	CONDUT	BROMETO	CLORETO	FLUORETO	FOSFATO	NITRATO	NITRITO	SULFATO	DATA	MUNICÍPIO/DISTRITO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	ABASTECIMENTO	
50	602548	7510790	ML-107A	Água de Abastecimento	6.28	27.4	5.75	72.5								1/9/2010	Pinheiral	ETA Pinheiral			
51	589612	7509728	ML-108A	Água de Abastecimento	7.8	26.9	4.7	57.45	0.02	2.37	0.07	0.1	1.49	0	4.55	1/25/2011	Volta Redonda	ETA Belmonte	rio Paraíba do Sul	Volta Redonda SAAE	
52	584357	7507621	ML-109A	Água de Abastecimento	7.4	27.1	4.67	56.66	0	1.71	0.07	0.2	1.01	0.03	3.09	1/25/2011	Barra Mansa	ETA Nova	rio Paraíba do Sul	Barra Mansa SAAE	
53	581820	7512245	ML-110A	Água de Abastecimento	7.33	29.2	4.45	35.16	0.01	1.11	0.07	0.21	0.59	0.1	1.07	1/25/2011	Barra Mansa	ETA Vista Alegre	nascentes das serras	Barra Mansa SAAE	
54	579425	7507327	ML-111A	Água de Abastecimento	7.57	28	5.33	49.31	0	0.04	0	0	0.02	0	0.09	1/25/2011	Barra Mansa	ETA Colonia	rio Bananal	Barra Mansa SAAE	
55	566645	7515047	ML-0114A	Água de Abastecimento	6.44	22.5	6.95	29.68								10/27/2010	Bulhoes (Distrito de Resende)	ETA Bulhoes	represa	Bulhões	
56	588042	7486986	ML-0115A	Água de Abastecimento	7.98	26.5	5.61	22.18	0	1.12	0.05	0.93	0.79	0	0.86	1/25/2011	Rio Claro	ETA Rio Claro	rio Piraí	Rio Claro	
57	588042	7486986	ML-0116A	Água de Abastecimento	7.14	29.1	5.61	46.34	0	1.64	0.14	0.06	0.54	0	1.01	1/25/2011	Rio Claro	ETA Rio Claro	água de nascentes das serras	Rio Claro	
58	586020	7455042	ML-118A	Água de Abastecimento	7.22	29.4	6.9	25.54	0	2.56	0.06	0.21	0.39	0	0.83	1/29/2011	conceição de Jacareí	U.T. Conceicao de Jacarei II			
59	586747	7454447	ML-0119A	Água de Abastecimento	7.33	25.7	6.42	27.37	0	3.45	0.07	0.85	0.31	0	1.04	1/29/2011	Conceicao de Jacarei	U.T. Conceicao de Jacarei I			
60	598102	7463113	ML-0120AF	Água Fluvial	6.77	27.5	5.86	67.43								1/10/2010	Mangaratiba	Rio do Saco			
61	600580	7467730	ML-121A	Água de Abastecimento	6.73	23.4	6.11	41.34	0.01	2.56	0.04	0.24	1.27	0	1.93	1/29/2011	Mangaratiba	UT Serra do Piloto	rio do Saco	Mangaratiba	
62	706601	7459518	ML-122A	Água de Abastecimento	4.71	30.6	4.39	169								1/11/2009	Itaipuaçu; Rua Açucenas	Poço			
63	707219	7459450	ML-123A	Água de Abastecimento	4.76	32.5	3.11	279.4								1/11/2009	Itaipuaçu; Avenida Zumbi dos Palmares	Poço			
64	712042	7464388	ML-124A	Água de Abastecimento	6.79	26.9	2.55	813.2	0.63	117	0.33	0.44	2.87	0.05	116	1/11/2009	Inoã (Distrito de Maricá)	Poço (Rua Caio Figueiredo, 15; lj 04)			
65	728253	7469533	ML-125A	Água de Abastecimento	6.88	27.8	5.49	166.5								1/5/2011	Maricá	Represa da CEDAE que abastece a ETA Maricá	rio Ubatuba		
66	730955	7465505	ML-126A	Água de Abastecimento	6.94	26.3	2.92	472.2	0.04	65	0.61	0.28	2.45	0	27.9	1/5/2011	Maricá (Bairro de Manoel Ribeiro)	Poço que abastece a ETA Manoel Ribeiro			
67	733728	7465394	ML-127AF	Água Fluvial	6.08	33.1	5.66	124.6								1/11/2009	Maricá	Rio Caranguejo			
68	723583	7465132	ML-128AF	Água Fluvial	6.67	31.6	7.36	224.8								1/11/2009	Maricá	Riacho Ludegero			
69	706958	7469024	ML-130A	Água de Abastecimento	6.3	27.3	3.04	408.3	0.17	67.4	0.07	0.27	0.18	0	7.97	1/5/2011	Ipiiba (Distrito de São Gonçalo)	Poço (Rua Fco. Azevedo Coutinho, 34)			
70	707314	7469342	ML-131A	Água de Abastecimento	6.34	25.8	3.71	633.2	0.22	113	0.25	1.22	49.1	0.01	60.5	1/5/2011	Ipiiba (Distrito de São Gonçalo)	Poço (Antonieta da Silva Lote 2, Qd 15)			
71	736108	7459793	ML-133A	Água de Abastecimento	6.48	27.8	6.6	783.4	0.27	134	0.06	0.66	2.16	0.04	108	1/5/2011	Maricá (Bairro de Ponta Negra)	Poço em residência (Av. Benjamin Silva, Qd2, Lt 11)			
72	745128	7464927	ML-134A	Água de Abastecimento	5.75	24.6	2.64	279.3	0.13	40.4	0.08	0.64	8.17	0	31.8	1/5/2011	Jaconé (Distrito de Saquarema)	Poço em residência (Estrada Velha de Jaconé-Saquarema)			
73	745173	7464383	ML-135A	Água de Abastecimento	6.94	26	5.56	308.3	0.14	60.3	0.15	1.36	0.38	0	7.36	1/5/2011	Jaconé (Distrito de Saquarema)	Poço em residência (Estrada Velha de Jaconé-Saquarema)			
74	746022	7469258	ML-137A	Água de Abastecimento	7.76	24.2	6.9	62.69	0	12.6	0.12	1.29	3.97	0	3.98	1/5/2011	Sampaio Correia	ETA Sampaio Correia	captação do riacho Mato Grosso-Roncadour		
75	777679	7494037	ML-143A	Água de Abastecimento	8.01	28	5.67	64.53	0.03	8.1	0.09	0.55	7.36	0.02	3.43	1/9/2011	São Vicente (Distrito de Araruama)	Represa de Juturnaiba (ETA de Juturnaiba)	represa de Juturnaiba	Iguaba Grande, S. Pedro D'Aldeia, Arraial do Cabo, Cabo Frio e Búzios S. Vicente, Araruama, Silva Jardim, Praia Seca, Bracaxá e Iguabinha	Prolagos
76	780505	7496359	ML-144A	Água de Abastecimento	8.08	27.1	5.29	68.31	0.04	9.03	0.1	0.36	0.45	0.04	3.4	1/9/2011	São Vicente (Distrito de Araruama)	ETA Águas do Juturnaiba			
77	801367	75132273	ML-151A	Água de Abastecimento	7.74	24.5	7.8	29.08	0	2.94	0.05	0.44	2.23	0	0.82	1/6/2011	rio Dourado (Distrito de Casimiro de Abreu)	ETA Rio Dourado		Barra de São João e Rio das Ostras	
78	788366	7512046	ML-152A	Água de Abastecimento	8.24	26.1	7.85	26.94	0	6.58	0.03	0.67	0.07	0	0.74	1/6/2011	Casimiro de Abreu	ETA Casimiro de Abreu	rio Matambu	Casimiro de Abreu	
79	212945	7523512	ML-154A	Água de Abastecimento	7.85	25.7	5.99	37.16	0.01	3.49	0.04	0.34	0.52	<0,01	1.42	1/6/2011	Macaé (Bairro Morro do Santana)	ETA Macaé	rio Macaé	Macaé	
80	244946	7553585	ML-159A	Água de Abastecimento	4.6	24.7	4.7	223.2								1/16/2010	ETA Quissamã	Capitação Lagoa Feia		Águas do Paraíba	
81	277163	7557427	ML-161A	Água de Abastecimento	7.53	27.9	5.28	104.8	0.05	14.1	0.07	0.62	0.19	<0,01	11	1/6/2011	Barra do Furado (Distrito de Campos dos Goytacazes)	Rio Canal das Flechas	rio Canal das Flechas	Campos e Barra do Furado	Águas do Paraíba
82	282794	7563722	ML-162 A	Água de Abastecimento	7.46	28.4	3.35	375.8	0.03	9.73	0.4	0.63	0.24	<0,01	0.42	1/6/2011	Farol de São Tomé (Distrito de Campos dos Goytacazes)	ETA de Farol de São Tomé	poço		Águas do Paraíba
83	282799	7563716	ML-163A	Água de Abastecimento	7.29	27.9	4.09	2529	1.92	687	0.02	0.29	0.43	<0,01	60.6	1/6/2011	Farol de São Tomé (Distrito de Campos dos Goytacazes)	ETA de Farol de São Tomé	poço		Águas do Paraíba
84	282798	7563710	ML-164A	Água de Abastecimento	7.83	29.9	7.22	417.8	0.04	11.7	0.39	0.41	0.35	<0,01	0.38	1/6/2011	Farol de São Tomé (Distrito de Campos dos Goytacazes)	ETA de Farol de São Tomé	poço		Águas do Paraíba
85	271522	7581755	ML-169A	Água de Abastecimento	6.9	28.3	7.27	1627	1.5	518	<0,01	0.11	2.09	<0,01	40.1	1/6/2011	São Sebastião de Campos (Distrito de Campos dos Goytacazes)	ETA São Sebastião de Campos	poço	S. Sebastião de Campos e Poço Gordo	Águas do Paraíba
86	262402	7585557	ML-170A	Água de Abastecimento	7.2	27.2	6.76	968.5	0.68	212	0.43	0.17	0.31	<0,01	27.9	1/6/2011	Donana (Distrito de Campos dos Goytacazes)	ETA Donana	poço		
87	287758	7605959	ML-172A	Água de Abastecimento	7.73	27.6	4.89	63.56	<0,01	3.73	0.14	0.51	3.81	0.02	3.12	1/6/2011	São João da Barra (Distrito de Campos dos Goytacazes)	rio Paraíba do Sul, ao lado da ETA S. João da Barra)	rio Paraíba do Sul	São João da Barra, Atafona e Brusair	Águas do Paraíba
88	258695	7593811	ML-173A	Água de Abastecimento	7.88	27.3	6.47	81.87	0.02	4.59	0.07	0.36	2.62	0.31	2.63	1/6/2011	Campos dos Goytacazes (Bairro Centro)	ETA de Campos dos Goytacazes	rio Paraíba do Sul		
89	278923	7635016	ML-177A	Água de Abastecimento	4.86	31.6	3.64	540.3	0.38	126	0.18	0.44	28.8	<0,01	18.2	1/18/2011	Valão Seco (Distrito de Campos dos Goytacazes)	Poço em residência - rodovia Simão Mansur, 1095)		residência rural	
90	293748	7644279	ML-178A	Água de Abastecimento	7.15	26.5	2.12	1118	0.79	292	0.23	0.32	0.33	<0,01	20.7	1/18/2010	Itabapoana	Eta de Itabapoana	poço		
91	221747	7660868	ML-182A	Água de Abastecimento	8.51	27.8	5.42	37.05	0.02	2.01	0.05	0.51	1.03	0.02	1.17	1/18/2011	Bom Jesus do Itabapoana	captado no rio Itabapoana (ao lado da ETA de Bom Jesus de Itabapoana)	rio Itabapoana		
92	190417	7670480	ML-186A	Água de Abastecimento	8.18	28.7	4.77	41.36	0.02	1.77	0.06	0.23	0.9	<0,01	0.86	1/18/2011	Natividade	rio Carangola (atrás da ETA Natividade)	rio Carangola	Natividade	
93	748726	7521344	ML-188A	Água de Abastecimento	7.91	26.4	6.01	58.66	0	1.95	0.04	0.41	0.68	0	0.84	1/6/2011	Cachoieras de Macacu	U.T. Posto Pena	rio Pomba	Cachoieras de Macacu e Itaboraí	
94	763253	7547280	ML-191A	Água de Abastecimento	8.5	22.5	5.9	26.79	0	1.24	0.04	0.68	0.7	0	0.87	1/21/2011	Bom Jardim	ETA Bom Jardim	Córrego de Santa Tereza	Bom Jardim	
95	755816	7559735	ML-193A	Água de Abastecimento	8.51	22.8	5.47	22.8	0.01	1.48	0.04	0.1	1.34	0	0.86	1/21/2011	Duas Barras	ETA Duas Barras	rio Resende		
96	739582	7594415	ML-195A	Água de Abastecimento	8.61	26	5.04	26	0	0.88	0.04	0.54	1.02	0	0.39	1/18/2011	Sumidouro	ETA Sumidouro	rio Paqueta	sumidouri	
97	747201	7572066	ML-197A	Água de Abastecimento	7.55	28	4.53	55.42	0	1.6	0.12	1.16	0.4	0	0.81	1/18/2011	Carmo	ETA de Carmo	rio Santo Antônio	Carmo	
98	772129	7561376	ML-200A	Água de Abastecimento	8.37	23.5	4.94	41.7	0	1.47	0.05	0.47	1.41	0.02	0.88	1/21/2011	Cordeiro	ETA cordeiro	rio Macucu	Cordeiro e Cantagalo	
99	783741	7566013	ML-201A	Água de Abastecimento	8.27	26.8	5.41	103.1	0	1.14	0.1	0.61	0.42	0	0.83	1/18/2011	Macucu	represa do rio Macucu (ao lado da ETA Macucu)	rio Ribeirão Dourado		

NÚMERO	X	Y	NOME_PONTO	TIPO_AMOSTRA	Ph	TEMP (°C)	OD	CONDUT	BROMETO	CLORETO	FLUORETO	FOSFATO	NITRATO	NITRITO	SULFATO	DATA	MUNICÍPIO/DISTRITO	PONTO DE COLETA	CAPTAÇÃO	ABASTECIMENTO	
100	809357	7568336	ML-202A	Água de Abastecimento	5.11	21.86	6	15.9								1/23/2010	Santa Maria Madalena	ETA Santa Maria Madalena	rio Vermelho		
101	809351	7568339	ML-203A	Água de Abastecimento	5.97	22.5	6.3	26.45								1/23/2010	ETA Santa Maria Madalena	ETA Santa Maria Madalena	rio Rifa		
102	803030	7556745	ML-204A	Água de Abastecimento	8.44	25.6	5.64	43.33	0	2.49	0.1	0.15	0.31	0	0.63	1/21/2011	Trajano de Moraes	ETA Trajano de Moraes	rio Soledade	Trajano de Moraes	
103	801916	7600939	ML-205A	Água de Abastecimento	7.94	26.1	5.19	49.28	0.02	1.76	0.08	0.33	1.43	0	2.69	1/18/2011	Itaocara	rio Paraiba do Sul (atrás da ETA Itaocara)	rio Paraiba do sul	Itaocara	
104	799371	7606450	ML-206A	Água de Abastecimento	8.09	28.1	5.09	44.85	0	2.38	0.09	0.7	2.34	0.01	1.63	1/18/2011	Aperibé	ETA Aperibe	rio Pomba	Aperibé	
105	791333	7616496	ML-207A	Água de Abastecimento	8.53	27.9	5.26	50.55	0.01	2.02	0.07	0.2	0.62	0	1.18	1/18/2011	Santo Antonio de Padua	ETA de Santo Antônio de Pádua	rio Pomba	Santo Antônio de Pádua e Baltazar	
106	789537	7626883	ML-208A	Água de Abastecimento	8.27	27.9	5.93	43.22	0.01	1.54	0.07	0.19	0.7	0	1.19	1/18/2011	Miracema	ETA de Miracema	rio Pomba	Miracema, Água de Santo Antônio; Campelo	
107	798359	7653098	ML-209A	Água de Abastecimento	5.76	26.6	6.1	34.61								1/23/2010	Laje do Muriaé	ETA Laje do Muriaé	rio Muriaé	Laje do Muriaé	
108	807005	7679123	ML-210A	Água de Abastecimento	8.38	28.2	5.39	39.34	0	2.35	0.07	0.9	1.26	0.02	0.99	1/18/2011	Porciúncula	ETA Porciúncula	rio Carangola	Porciúncula	
109	201746	7682942	ML-211A	Água de Abastecimento	7.19	23.8	5.03	52.93	0.03	3.57	0.05	0.59	2.21	<0,01	1.27	1/18/2011	Varre-e-Sai	ETA Varre-e-Sai	córrego Santa Cruz	Varre-Sai	
110	633486	7542379	ML-212A	Água de Abastecimento	7.65	27.5	4.37	71.62	0.02	2.72	0.07	0.37	1.91	0.09	1.59	1/22/2011	Valença	rio das Flores (estrada Valença-Pentagna)	rio das Flores	Valença	
111	646313	7548215	ML-214A	Água de Abastecimento	7.54	24.3	5.32	97.4	0.02	3.82	0.07	0.12	0.54	0	4.17	1/24/2011	Rio das Flores	ETA solidão	represa de águas das serras	Rio das Flores	
112	646321	7548212	ML-215A	Água de Abastecimento	7.14	23.4	6.93	230.6	0.03	9.36	0.21	0.68	0.68	0	8.83	1/24/2011	Rio das Flores	ETA Solidão	poço	Rio das Flores	
113	595729	7540360	ML-221A	Água de Abastecimento	5.22	21.5	5.62	38.63								3/8/2010	ETA Areal	Captação Rio Piabanhas			
114	201780	7554727	ML-222A	Água de Abastecimento	7.8	27.1	8.14	52.7	0.02	4	0.05	0.74	1.7	<0,01	6.39	1/5/2011	Conceição de Macabu	ETA Conceição de Macabu	Rio Batalal		
115	201269	7549050	ML-223A	Água de Abastecimento	8.26	24.2	5.94	46.46	0.01	5.95	0.04	1	1.84	<0,01	1.79	1/5/2011	Conceição de Macabu	ETA de Conceição de Macabu	Represa Monte Cristo		
116	220583	7634051	ML-230A	Água de Abastecimento	8.29	30	5.13	55.32	<0,01	3.61	0.09	0.16	0.86	<0,01	1.62	1/18/2011	Cimento Paráiso (Distrito de Italva)	ETA de Italva	rio Muriaé	Italva	
117	228206	7621095	ML-232A	Água de Abastecimento	8.32	30.2	4.85	52.74	0.02	2.69	0.08	0.11	0.64	<0,01	1.38	3/9/2010	Cardoso Moreira	ETA de Cardoso Moreira	rio Muriaé	Cardoso Moreira	
118	198829	7611229	ML-233A	Água de Abastecimento	7.69	27.5	6.84	179.9	0.02	3.03	0.17	<0,01	1.27	<0,01	2.36	1/18/2011	Cambuci	ETA Cambuci	nascentes da Fazenda Inez	Cambuci	
119	198829	7611229	ML-234A	Água de Abastecimento	8.62	28.1	5.64	49.03	0.01	2.01	0.09	0.04	1.41	<0,01	2.29	1/18/2011	Cambuci	Eta de Cambuci	rio Paraiba do Sul	Cambuci	
120	215136	7603679	ML-237A	Água de Abastecimento	8.27	28.7	5.3	51.47	0.03	2.59	0.09	0.03	1.68	<0,01	4.54	1/18/2011	São Fidélis	Eta de São Fidélis	rio Paraiba do Sul	São Fidélis	
121	708241	7546185	ML-245A	Água de Abastecimento	5.73	21.6	3.97	21.6									Contendas (Distrito de Nova Friburgo)	poço da prefeitura	poço	Contendas	
122	708822	7546410	ML-246A	Água de abastecimento	4.24	18.1	5.81	30.49									Contendas (Distrito de Nova Friburgo)	Fonte em rodovia cpitada das nascentes da serra		Contendas	
123	224924	7544251	ML-255A	Água de abastecimento	5.78	21.7	5.42	278.5									Eta de Carapebus	água captada do riacho Maricota			
124	743614	7487445	ML-269A	Água de Abastecimento	7.84	24.5	6.15	58.27	0.02	5.77	0.07	0.2	1.71	0.03	1.59	1/6/2011	Rio Bonito	ETA de Rio Bonito	captação da Serra do Sambê e do rio Bacaxá	Rio Bonito	
125	736790	7486108	ML-270A	Água de Abastecimento	7.91	26.4	6.01	58.66	0.02	4.6	0.12	0.54	0.61	0	2.05	1/6/2011	Basilio (Distrito de Rio Bonito)	Eta de Basílio		Basilio	
126	278630	7637352	ML-271A	Água de Abastecimento	4.96	26.8	6.15	112.1	0.15	10.6	0.07	0.03	11.5	<0,01	8.59	1/18/2011	Boa Sorte (Distrito de São Fco. de Itabapoana)	poço		residência rural	
127	197685	7651957	ML-274A	Água de Abastecimento	8.04	29.3	5.63	38.28	0.01	1.97	0.06	0.04	0.68	<0,01	0.71	1/18/2011	Itaperuna	Eta de Itaperuna	rio Muriaé	Itaperuna	
128	205751	7610055	ML-278A	Água de Abastecimento	7.83	28.5	5.07	48.88	<0,01	1.39	0.1	0.17	1.02	0.02	1.52	1/18/2011	Pureza (Distrito de S. fidélis)	ETA Pureza	rio Paraiba do Sul	Pureza	
129	639550	7496355	ML-286A	Água de Abastecimento	8.4	24.8	6.07	58.92	0.04	7.18	0.08	0.05	0.71	0	1.81	1/22/2011	Japeri	U.T. Serra do Piloto	nascentes das serras	parte do município de Japeri	
130	658145	7511887	ML-287A	Água de Abastecimento	8.74	27.2	5.5	31.96	0	2.23	0.06	0.2	0.51	0.01	0.81	1/22/2011	Miguel Pereira	ETA Miguel Pereira	rio Santana	Miguel Pereira, e quando necessário, Paty do Alferes	
131	681403	7551692	ML-292A	Água de Abastecimento	7.79	27.4	5.08	58.63	0.03	2.73	0.09	0.02	1.67	0	4.45	1/22/2011	Três Rios	rio Paraiba do Sul	rioParaiba do Sul	Três Rios	
132	676127	7547781	ML-293A	Água de Abastecimento	8.1	27.2	5.51	59.22	0.03	2.71	0.1	0.45	1.67	0	4.72	1/22/2011	Paraiba do Sul	rio Paraiba do sul (local de captação da CEDAE)	rio Paraiba do Sul	Paraiba do Sul e Salutaris	
133	684515	7561780	ML-294A	Água de Abastecimento	7.31	26.2	2.72	242	0.03	4.86	0.15	0.13	4.51	0	4.28	1/22/2011	Levy Gasparian	poço	poço	Levy Gasparian	
134	685080	7560098	ML-295A	Água de Abastecimento	7.97	25.2	2.19	193.8	0	1.49	0.79	0.12	2.3	0	10.6	1/22/2011	Levy Gasparian	poço	poço	Levy Gasparian	
135	652808	7463729	ML-312A	Água de Abastecimento	7.35	30.2	5.74	73.15	0.03	9.03	0.12	0.39	1.96	0.01	2.75	1/27/2011	Rio de Janeiro	U.T. Batalha-Quinhina	represa Quinhina	Rio de Janeiro	
136	650453	7460676	ML-313A	Água de Abastecimento	7.87	28	5.91	89.41	0.04	9.89	0.2	0.15	0.96	0	3.82	1/27/2011	Rio de Janeiro	U.T. Andorinha	represa Andorinha	Rio de Janeiro	
137	6120004	7470421	ML-316A	Água de Abastecimento	7.69	24.7	6.54	33.8	0	2.16	0.04	0	0.19	0	1.06	1/29/2011	Mazomba (Distrito de Itaguaí)	U.T. Mazomba	rio Mazomba	Itaguaí	
138	613526	7466951	ML-317A	Água de Abastecimento	7.53	26.8	6.56	25.36	0	2.98	0.04	0	0.62	0	0.7	1/29/2011	Itinguçu (Distrito de Itaguaí)	ETA Itinguçu	rio Itinguçu	Itaguaí e Mangaratiba	
139	607980	7465106	ML-318A	Água de Abastecimento	7.25	25.3	6.68	27.91	0	2.56	0.06	0.07	0.69	0	0.8	1/29/2011	Muriqui (Distrito de Mangaratiba)	ETA Muriqui	rio da Prata	Mangaratiba	
140	572432	7459621	ML-321A	Água de Abastecimento	7.42	26.1	6.87	26.44	0	2.02	0.08	0.05	0.77	0	0.57	1/29/2011	Angra dos Reis	ETA Japuíba (amostra da ETA Cabo Severino)	rio Cabo sSeverino	Angra dos Reis	CEDAE