

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E HIDROGEOQUÍMICA PRELIMINAR DA BACIA SEDIMENTAR DE RESENDE - RJ

**Flávia Gonçalves de Castro¹; Gerson Cardoso da S. Junior²;
Tiago Carvalho Pizani³ & Daniela Benedicto da Silva⁴**

Resumo - Na região da bacia sedimentar de Resende localizada em uma zona de desenvolvimento econômico acelerado, foram realizados estudos que visam a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica da área. Durante os estudos foram identificados 3 tipos de aquíferos: aquífero sedimentar livre, aquífero sedimentar multicamada e aquífero cristalino. Foi caracterizada a heterogeneidade dos corpos sedimentares presentes no que diz respeito a variação das profundidades das camadas aquíferas, que podem variar de 8 a 220 m. Verificou-se uma certa homogeneidade na classificação das águas como sendo de uma forma geral, águas pouco mineralizadas, levemente básicas, bicarbonatadas-sódicas e de baixa salinidade. Além dos significativos teores de HCO₃ e Na, também de maneira abundante Ca, Mg, Fe e NO₃ foram elementos fundamentais para que houvesse uma classificação das águas que constituem os tipos de aquíferos encontrados, tendo sido utilizados ainda na diferenciação das águas dos aquíferos sedimentares. A distribuição espacial dos valores de condutividade elétrica indicaram que próximo as bordas da bacia encontram-se as águas mais salinas. Através destes levantamentos verificou-se que para o entendimento do funcionamento hidrogeológico desta bacia deve-se levar em conta a distribuição vertical irregular das camadas sedimentares, sua forte intercalação e possíveis conexões entre estas.

Palavras-chave - Hidrogeologia de bacias sedimentares, hidrogeoquímica.

¹ 1) ABAS, e-mail: fgcastro@igeo.ufrj.br; 2) ABAS, e-mail: gerson@acd.ufrj.br; 3) e-mail - pizani@acd.ufrj.br;
4) ABAS, e-mail: daniela@igeo.ufrj.br -Telefone/fax: 55-21-5908091 - Endereço: Av. Brigadeiro Trompowski s/n^o, Bloco G- Departamento de Geologia/IGEO-CCMN, Ilha do Fundão Cidade Universitária Rio de Janeiro-Brasil, Cep- 21949-900

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Dentro do contexto nacional há uma carência de estudos direcionados à avaliação dos fatores que podem afetar o equilíbrio do meio físico prejudicando o aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos. Estes estudos envolvem a caracterização física, química e quantitativa; monitoramento da qualidade das águas; e determinação do modo de funcionamento e da vulnerabilidade dos aquíferos, sendo uma ferramenta valiosa para a elaboração de métodos adequados de aproveitamento das águas subterrâneas. Com o intuito de desenvolver uma metodologia desta natureza em aquíferos de bacias sedimentares, localizados em zonas industrializadas, foi escolhida a região da bacia sedimentar de Resende. Os municípios abrangidos pela bacia, Resende, Itatiaia, Porto Real e Quatis, vêm sofrendo um acelerado desenvolvimento econômico, através da instalação e ampliação de indústrias que utilizam, em sua maior parte, água subterrânea. Não há, no entanto, um estudo ou qualquer acompanhamento técnico da utilização dos aquíferos da bacia, para orientação de políticas habitacionais e industriais locais, de modo a que se identifiquem as áreas de maior potencial hídrico subterrâneo ou que requeiram proteção ambiental em função de sua suscetibilidade à contaminação.

O estudo aqui apresentado é parte dos resultados do Projeto MODESTHI - Modelagem Estratigráfica de Reservatórios Terrígenos: Aplicação à Avaliação do Potencial Hídrico da Bacia de Resende (RJ), financiado pelo Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico Tecnológico – PADCTIII/FINEP, Ministério de Ciência e Tecnologia do Brasil. Trata-se de um projeto interdisciplinar que envolve pesquisa, desenvolvimento e aplicação de métodos e técnicas geológicas, geofísicas, hidrogeológicas e geoestatísticas, visando subsidiar o desenvolvimento otimizado do potencial hídrico da bacia de Resende (RJ).

METODOLOGIA

A fase inicial dos estudos envolveu a coleta de informações hidrogeológicas básicas, com cadastramento de pontos de captação de água subterrânea, tendo sido enfatizados os aspectos de uso, localização, características construtivas de poços tubulares e cacimbas, além da catalogação de nascentes significativas no contexto hidrogeológico local. Os dados foram armazenados em um banco de dados. Posteriormente, foram

selecionados pontos d'água de interesse de acordo com sua representatividade, quantidade e qualidade de informações prévias, para a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica local. Para a identificação de variações sazonais ou esporádicas estão sendo realizados levantamentos periódicos, como o monitoramento da potenciometria e coleta de amostras de água para o monitoramento da qualidade química destas águas. A caracterização da qualidade das águas subterrâneas envolveu a amostragem *in situ* dos parâmetros condutividade elétrica, pH, temperatura e execução de análises físico-químicas em laboratório. Os dados foram depois elaborados com auxílio de *softwares* específicos como Aquachem[®] e Aquifer Test[®].

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDOS

A área abrangida pela bacia sedimentar de Resende, extremo oeste do estado do Rio de Janeiro, compreende parte da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, região conhecida como médio Vale do Rio Paraíba do Sul (Fig. 1). Fazem parte do seu contexto os municípios de Resende, Porto Real, Itatiaia e Quatis, sendo os dois primeiros caracteristicamente industriais e os demais com maior vocação turística.

Situada entre dois parques nacionais, o de Itatiaia e o da Bocaina, em um vale limitado pelas Serras do Mar e da Mantiqueira, e no eixo rodoviário entre os dois maiores centros urbanos e industriais do país (Rio de Janeiro e São Paulo), a região teve sua população triplicada nos últimos 30 anos. O número de indústrias duplicou nos últimos 20, devido a um acelerado desenvolvimento econômico, (FEEMA, 1990).

Na maioria dos municípios da região os efluentes finais da rede de esgotos sanitários são despejados direta ou indiretamente no rio Paraíba do Sul, através de córregos, riachos e rios tributários. O abastecimento de água nos municípios desta região em geral é feito a partir da captação de águas do rio Paraíba do Sul ou de rios tributários. O uso da água subterrânea, mais difundido entre a maioria das indústrias, também tem sido amplamente utilizado por alguns municípios, como Quatis, através de captação por poços profundos ou ainda por poços escavados.

CLIMA

O clima na região é tropical úmido, caracterizado por temperaturas amenas durante o verão, chegando até 25°C e temperaturas mais baixas durante o inverno, com médias inferiores a 20°C. O regime pluviométrico da região, controlado por sua localização entre duas serras, é caracterizado por uma concentração da precipitação nos meses de verão e

baixa precipitação nos meses de inverno (cerca de 75% da chuva concentrada de outubro a março). As médias anuais chegam a 2.500 mm na Serra de Itatiaia, com a média regional anual de cerca de 1.500 mm. Esta variação também pode ser acompanhada pela temperatura, como pode ser observado na Fig. 2.

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Geomorfologicamente a bacia de Resende, com cerca de 47 km de comprimento e largura variável entre 0,5 a 8 km, está localizada no domínio morfo-estrutural do Médio Vale do rio Paraíba do Sul, em uma depressão tectônica preenchida por sedimentos terciários e quaternários, situada entre as serras da Mantiqueira ao norte e do Mar ao sul, que constituem escarpas paralelas de direção NE-SW, com altitudes que variam de 1.000 a 2.800 metros. A região onde se insere a bacia, é a mais baixa da área, localizada ao longo do rio Paraíba do Sul, abrangendo as planícies aluviais e colinas suavemente arredondadas e tabulares de topos ligeiramente achatados, com cotas entre 480 e 560 metros.

A geologia da área de estudo corresponde a sucessões cenozóicas aluvio-colúviais, sobrepostas à rochas metamórficas pr-e-cambrianas, além de rochas intrusivas magmáticas de idade mesozóica até terciárias (figura 3).

O embasamento cristalino compreende rochas pré-Cambrianas gnáissicas (kinzigíticos), migmatitos e milonitos, ao norte da bacia e mica-xistos, gnaisses, quartzitos granitóides ao sul da bacia. Também é marcante a presença de diques e soleiras de diabásio e maciços alcalinos de idade mesozóica até terciária sendo estes, segundo Riccomini (1991), intercalados aos sedimentos terciários da bacia de Resende, associados à evolução das bacias de Resende e Volta Redonda.

As sucessões cenozóicas, que compreendem a bacia de Resende, correspondem a depósitos terciários e quaternários, composto por sedimentos rudáceos oriundos de leques aluviais e depósitos fluviais do tipo entrelaçado (terciários) e depósitos de fanglomerados, sedimentos alúvio-colúviais, depósitos conglomeráticos associados a antigos leitos do rio Paraíba do Sul; depósitos colúviais que correspondem a sedimentos arenosos, quando dispostos sobre sucessões terciárias, e argilosos e com blocos ou seixos, quando sobre o embasamento cristalino (quaternários).

De um modo geral, diversos autores vem atestando a ocorrência de movimentações neotectônicas na região da Bacia de Resende. Mesmo discordando quanto a origem dos esforços tectônicos, estes autores verificaram a presença de estruturas E-NE

relacionadas à abertura da bacia; estruturas N-NE, que formam soleiras e compartimentam internamente a bacia; bem como estruturas E-W que afetam os colúvios pleistocênicos; e estruturas ENE-WNW, que seccionam depósitos coluviais e aluviais cenozóicos, (Ramos, 1996).

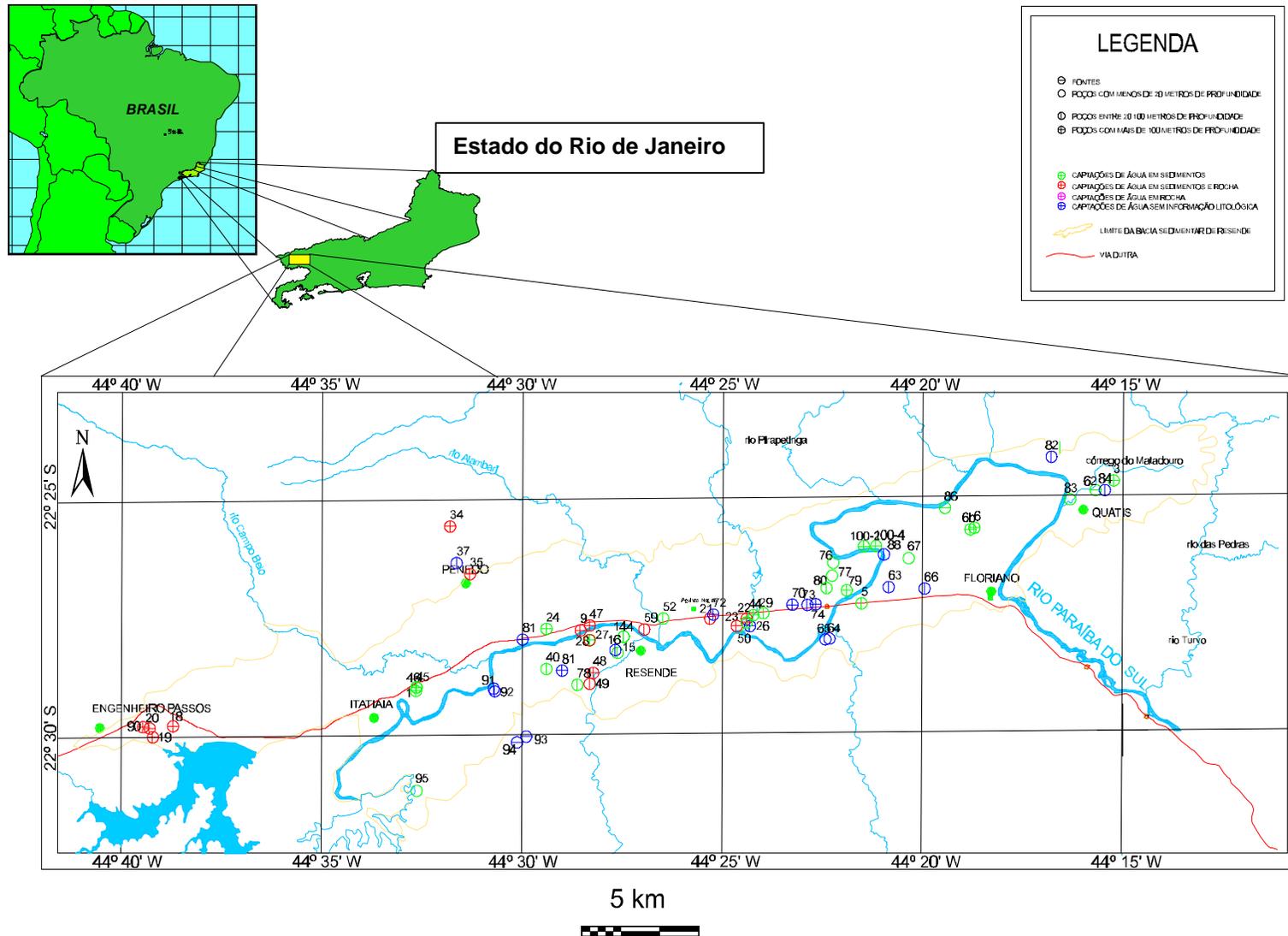


Figura 1: Mapa de localização da Bacia Sedimentar de Resende, destacando-se a distribuição dos pontos de água estudados.

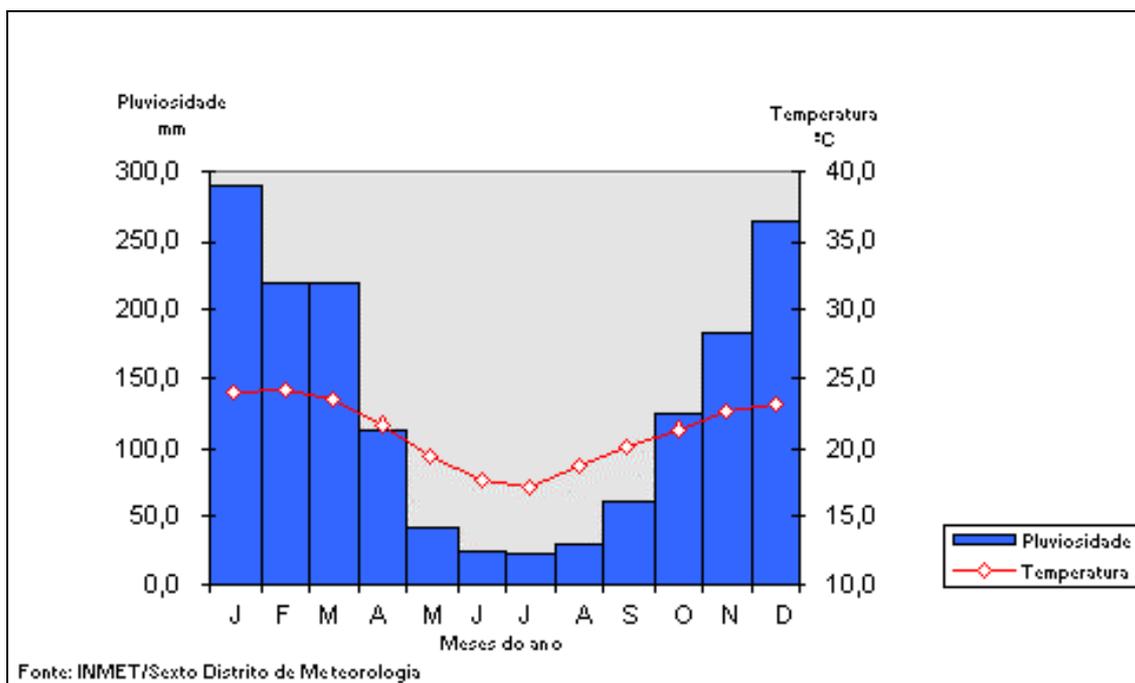


Fig. 2 - Climograma da Estação Meteorológica de Resende durante o período de 1990 a 1996.

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Os estudos hidrogeológicos prévios na bacia de Resende são bastante escassos, estando limitados a alguns informes técnicos direcionados à resolução de problemas. Não obstante, a utilização de água subterrânea por indústrias e municípios é uma realidade desde há muitos anos. Não há, contudo, um controle técnico sistemático dos aquíferos da bacia, e tampouco um trabalho de síntese dos estudos hidrogeológicos já realizados.

Para melhor caracterizar a água subterrânea na região da bacia de Resende, foram utilizadas informações obtidas sobre 90 pontos de água que englobam poços profundos, poços rasos e cacimbas, com profundidades que variam de 3 a 240 metros e fontes, todos distribuídos pelos municípios de Resende, Itatiaia, Porto Real e Quatis (Fig. 3). Cabe ressaltar que as dificuldades na obtenção de informações sobre vários dos poços cadastrados vêm ressaltar a necessidade de uma política adequada para os recursos hídricos subterrâneos, através de normas que possam regulamentar a construção de captações e o uso da água subterrânea.

A partir dos estudos foram identificados 3 tipos de aquíferos, o aquífero sedimentar livre, o aquífero sedimentar multicamada e o aquífero cristalino. Para efeito de estudo, os

pontos de água utilizados foram divididos em quatro categorias de acordo com os aquíferos abrangidos:

- ⇒ Poços em aquífero sedimentar = 36 (12 com profundidades maiores que 100 m, 16 com profundidade entre 20 e 100 m e 8 com profundidades inferiores a 20 m)
- ⇒ Poços em aquífero cristalino = 10
- ⇒ Poços abrangendo os dois tipos de aquíferos = 11 (6 com profundidades maiores que 100 m e 5 com profundidade entre 20 e 100 m)
- ⇒ Fontes = 3

De acordo com a avaliação das entradas de água, foi possível verificar que nos poços que captam água do aquífero cristalino, as fraturas com entrada de água variam entre 22 e 133 m de profundidade, sendo a maioria (59%) das entradas de água localizada entre 0 e 50 metros de profundidade e apenas 12% abaixo de 100 m.

Uma análise preliminar da distribuição das vazões nos três tipos de aquíferos encontrados (Tabela 1), aponta para uma maior vazão nos poços que captam água nos aquíferos sedimentares, o que já era de se esperar uma vez que a transmissividade das rochas cristalinas é usualmente inferior à dos sedimentos clásticos predominantemente grosseiros, como são os da bacia de Resende. Os poços que abrangeram apenas os aquíferos sedimentares apresentaram camadas sedimentares com presença de água com profundidades variando de 8 a 220 m, o que caracteriza uma heterogeneidade dos corpos sedimentares existentes na região, (poços com até 240 m perfurados em sedimentos).

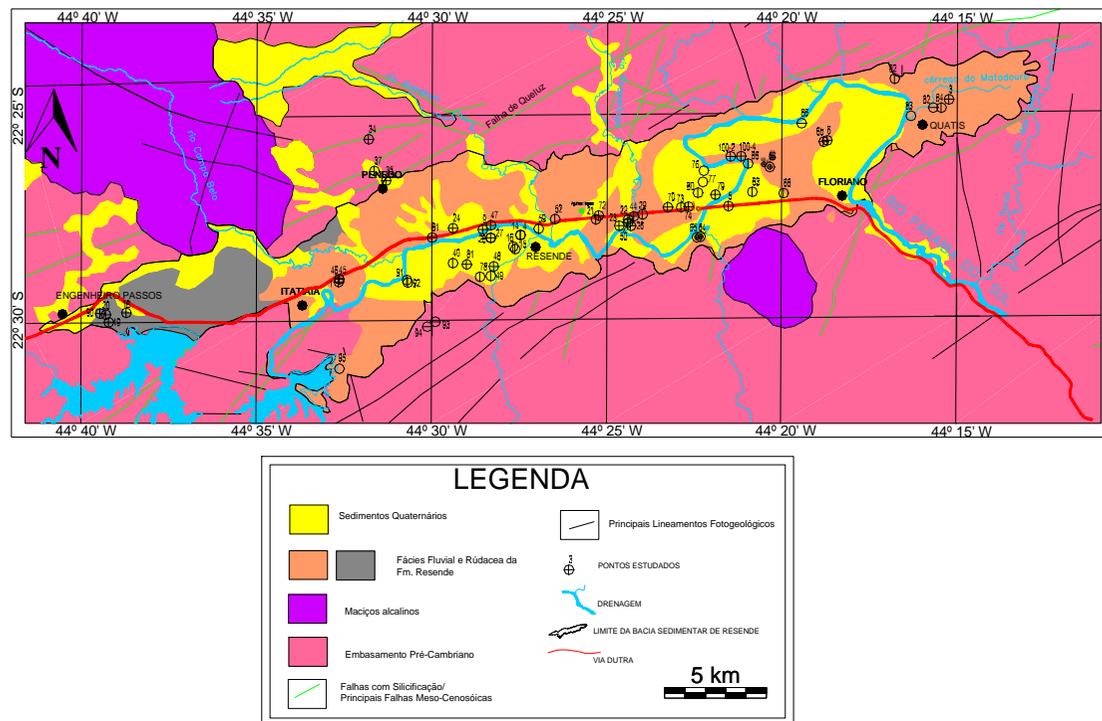


Figura 3 - Mapa geológico da Bacia Sedimentar de Resende, destacando-se as principais unidades geológicas e a distribuição dos pontos de água estudados, modificado de Melo et. al., 1983.

Tabela 1: Distribuição das vazões nos diferentes tipos de aquíferos identificados na Bacia de Resende.

AQUÍFEROS	Val.	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m ³ /h)
CRISTALINO	Max.	57,0	116	4,8
	Méd.	12,1	58,4	3,4
	Mín.	2,2	30	0,3
SEDIMENTAR	Max.	78	131,7	54,8
	Méd.	11,3	46,5	11,5
	Mín.	1,0	6	0,048
CRISTAL, + SEDIM,	Max.	18	69,0	28,8
	Méd.	8,8	39,6	7,1
	Mín.	0,7	6,0	4,0

NE: nível estático, ND: nível dinâmico.

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA

De uma forma geral as águas dos aquíferos da Bacia de Resende podem ser classificadas como de boa qualidade, com algumas exceções que serão abordadas a seguir. Trata-se de águas classificadas como bicarbonatadas-sódicas, com pH básico ou próximo a neutralidade (média 6,9), baixa salinidade, com valores de condutividade elétrica máxima de 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no aquífero livre mais superficial, 455 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no aquífero sedimentar multicamadas, 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no aquífero cristalino e 204 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nas fontes (ver Fig. 4) e totais de sólidos dissolvidos com valores máximo em torno de 360 mg/l.

Constituintes químicos secundários como metais pesados, elementos tóxicos e carcinógenos, não foram encontrados nestas águas ou quando encontrados não apresentaram-se em concentrações muito baixas.

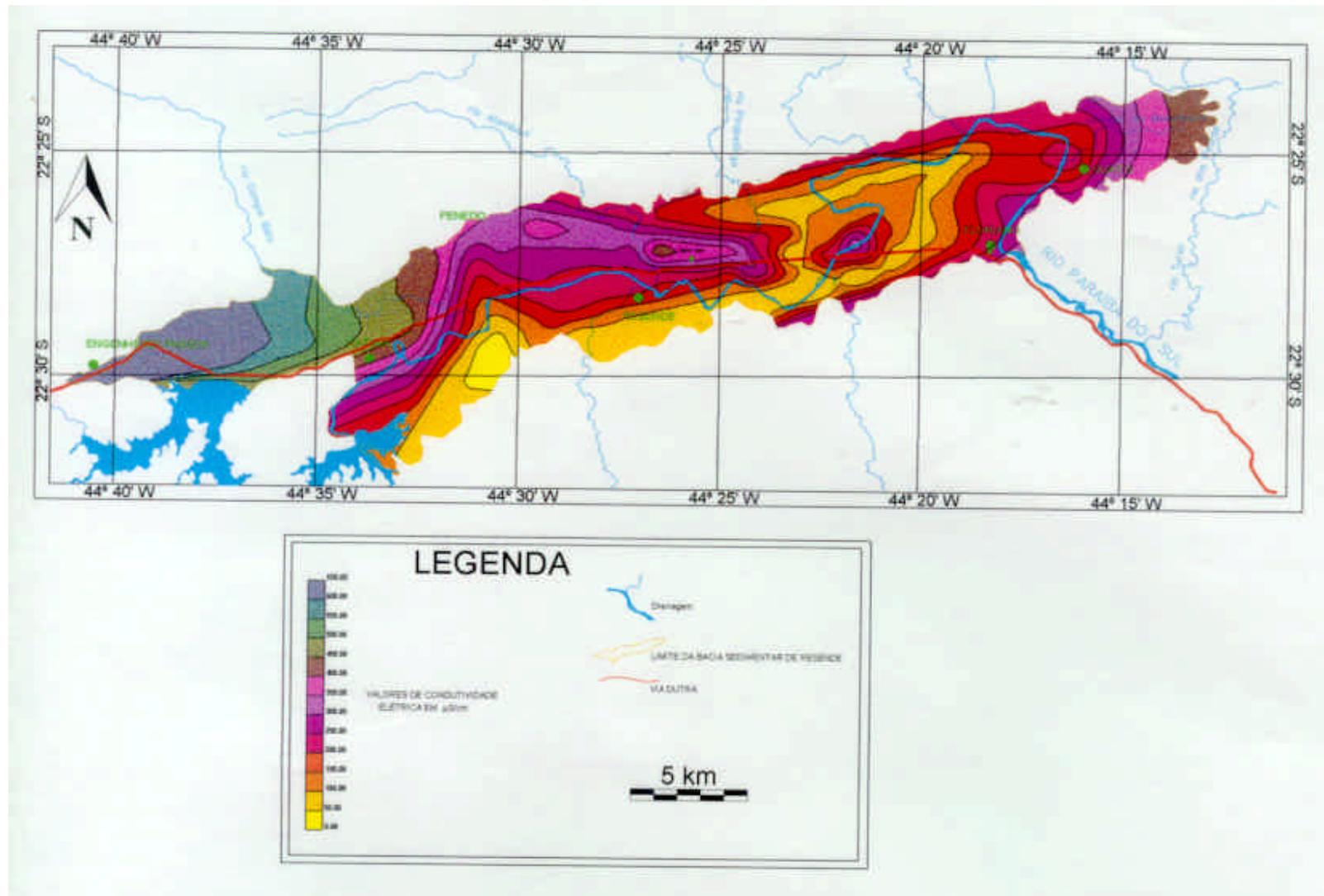


Figura 4 - Mapa de isocondutividade elétrica da bacia sedimentar de Resende, destacando-se o aumento dos valores de condutividade nas bordas da bacia e na área próxima ao maciço alcalino.

AQÜÍFERO CRISTALINO

Dos 9 poços cadastrados em aquíferos cristalinos, somente de 3 foram obtidas análises físico-químicas (poços 20, 23 e 34). Avaliando-se estas análises verifica-se que as águas dos poços 20 e 34, são do tipo bicarbonatadas cálcico-magnesianas, enquanto a do poço 23 tem como componentes principais o sódio, bicarbonato e cloreto (Fig. 5). Esta diferenciação pode ser atribuída ao fato de os poços 20 e 34 captarem água de fraturas entre 30 e 80 metros, enquanto no poço 23 as fraturas fornecedoras de água encontram-se a maiores profundidades, entre 100 e 130 metros.

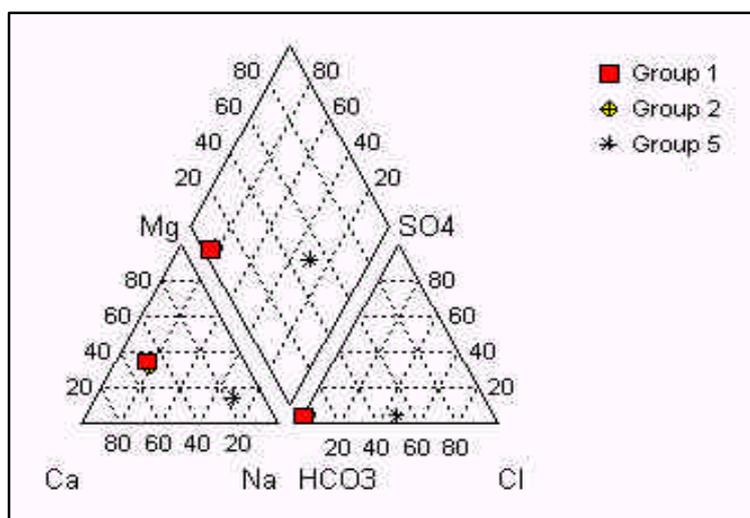


Figura 5 - Diagrama de Piper mostrando a classificação das amostras de água do aquífero cristalino. Observa-se a amostra assinalada como grupo 5 (poço 23), que se destaca das demais provavelmente por captar água de fraturas mais profundas, entre 100 e 130 m. O grupo 1 corresponde ao poço 20 e o grupo 2 ao poço 34.

Comparando-se as concentrações encontradas com os padrões de potabilidade da Organização Mundial de Saúde (Tabela 2), verifica-se que apenas a concentração de íon Fe^{3+} no poço 20 encontra-se acima dos valores recomendados, estando portanto a água em condições de ser utilizada para o consumo humano com exceção da água do poço 20.

AQÜÍFEROS SEDIMENTARES

Devido a sua heterogeneidade, dividimos estes poços em três grupos distintos (grupo 1, poços com menos de 20 m de profundidade, grupo 2, poços entre 20 e 100 m de profundidade e grupo 3, mais de 100 m de profundidade) em função das maiores concentrações de entradas de água e a partir de uma caracterização geral a qualidade de

suas águas, como pode ser observado nos diagramas das Figs. 6 e 7. Dos 36 poços construídos em aquíferos sedimentares, foram obtidas análises químicas de apenas 19 poços (Tabela 3).

Tabela 2: Análises químicas de poços que captam água em aquíferos cristalinos.

Parâmetros	Poço 20	Poço 23	Poço 34	OMS
pH	6,9	6,9	7,9	6.5 - 8.5
TDS (mg/l)	93,8	71,6	302,2	-
Dureza total (meq/l)	1,26	0,3	5,41	500
NO ₃ (mg/l)	0,15	0	0	10
Fe (mg/l)	1,83	0	0,6	0.3
Cloretos (mg/l Cl)	1,55	17	0	250
Na (mg/l)	6,6	16	24	200
Ca (mg/l)	15,6	3,2	64	-
Mg (mg/l)	5,81	1,7	27	-
HCO ₃ (mg/l)	97,2	30	366	-

Obs.: OMS = valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde.

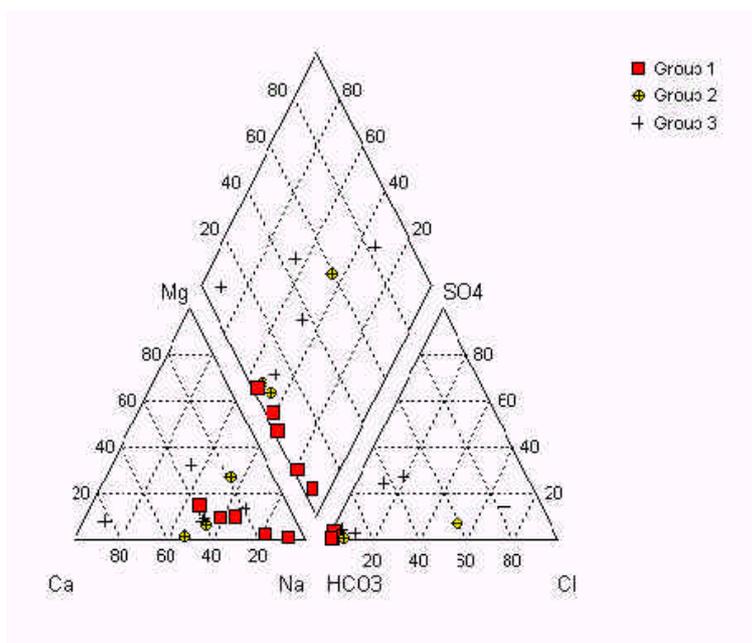


Figura 6 - Diagrama de Piper mostrando as classificações e padrões das amostras de água do aquífero sedimentar. Os grupos 1, 2 e 3 estão representados, conforme definições no texto.

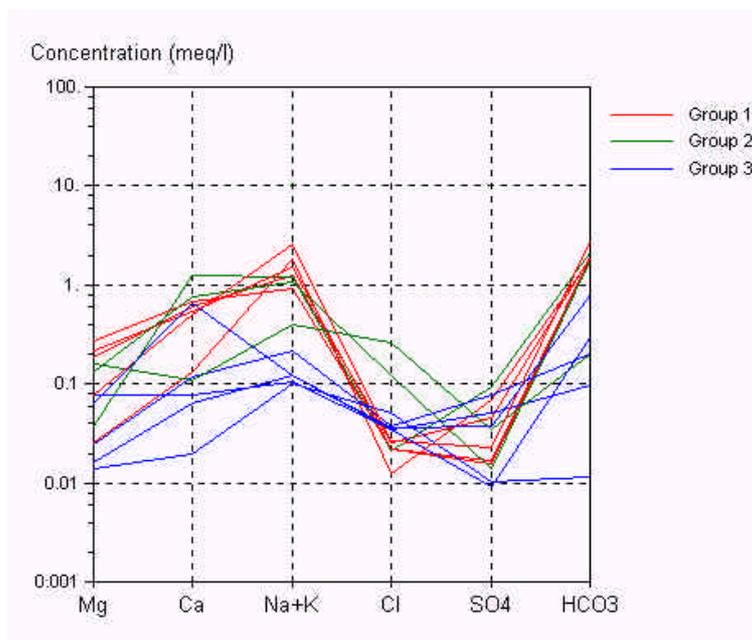


Figura 7 - Diagrama logarítmico mostrando as concentrações iônicas das águas do aquífero sedimentar, destacando-se o agrupamento dos tipos de água de acordo com suas respectivas concentrações.

Avaliando-se os diagramas de Piper e logarítmico do aquífero sedimentar (Figs. 6 e 7), verifica-se o comportamento dos distintos grupos de água, as águas de camadas mais profundas, maior que 100 metros, são águas do tipo bicarbonatadas-magnesianas, enquanto nas do grupo 2, com profundidades entre 20 e 100 metros, os principais são bicarbonatadas-cálcicas, sódicas e cloretadas. As águas de camadas mais rasas são de comportamento mais heterogêneo, com concentrações variáveis de bicarbonato e cálcio. Este comportamento heterogêneo, verificado em águas de camadas mais rasas (até 20 m), também foi encontrado na amostra do poço 78, que aparece no diagrama de Piper junto às amostras do grupo 3. Este fato pode ser atribuído ao aproveitamento das águas superficiais por este poço, devido ao não isolamento das camadas superficiais. Outro fator que valida esta hipótese é a presença de altas concentrações de nitrato neste poço, o que devido à intensa atividade antrópica local, vem sendo encontrado apenas em poços rasos e em fontes da região (vide Tabelas 3 e 4). Comparando-se os dados analisados com valores recomendados pela Organização Mundial de Saúde, verifica-se que apenas um dos poços apresenta pH inferior ao recomendado para os padrões de potabilidade, caracterizando sua água como levemente ácida.

Através da caracterização hidroquímica realizada, e da verificação da heterogeneidade das profundidades das entradas de água verifica-se que os corpos sedimentares presentes, apesar de representarem eventos deposicionais distintos, apresentam-se distribuídos verticalmente de forma irregular, devendo ser considerada não só a forte intercalação de camadas que confere a estes aquíferos a características de múltiplas camadas, como também se deve levar em conta possíveis conexões entre estas.

Tabela 3 - Análises químicas de poços construídos em aquíferos sedimentares.

Poços	Na (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)	Cl (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	Dureza total (mg/l)	TDS (mg/l)	pH
BR-01	126	0,9		1,48	0,002	6,76	0,06	254	3,7	137,4	8,30
BR-03	25	6	2,22	11,9	1,291	0,9	0,02	115	38,8	99,9	6,69
BR-04	27	1,8	0,46	25,3	0,018	0,75	0,02	128	65	112,9	7,21
BR-06	19	4	3,3	13,7	1,918	0,77	0,02	109	47,8	102	6,97
BR-06b	32	4	2,63	10,9	0,089	0,78	0,02	115	38	106,8	6,89
BR-15	24	1,7	1,63	15,3	0,973	4,36	0,02	109	44,9	90,6	6,67
BR-24	200		12	40	0,2	17	0	685	149,2	369,4	7,9
BR-64	1,9	0,9	0,93	1,57	0,306	1,23	0,52	6	7,7	16,7	5,57
BR-67	3,9		2,99	29,6	0,058	4,17	18,02	85,1	86,2	159,8	6,9
BR-76	1,6	1,2	0,17	0,4	0,002	1,78	1,75	0,7	1,7	11,4	5,28
BR-77	3,5	2,5	0,3	2,4	0,002	1,34	2,58	12,2	7,2	23,3	5,46
BR-78	7,3	3	1,92	2,2	0,015	9,17	17,01	12,2	13,4	53,1	5,93
BR-80	58	1,8	0,95	10	0,1	0,94	0,02	170,1	28,9	102,6	7,13
BR-91	2	1,3	0,2	1,3	0,002	1,24	0,24	18,2	4,1	11,2	6,78
BR-95	1,7	1,9	0,78	13,3	0,006	1,27	0,19	48,6	36,4	47,8	6,60
BR-100-2	42	1,1	0,31	2,63	4,191	0,447	0,02	109,4	7,8	85,3	7,10

CAPTAÇÕES MISTAS (AQUÍFERO SEDIMENTAR E CRISTALINO)

Dos 11 poços que captam água em ambos os tipos de aquíferos presentes na área, a caracterização hidroquímica só pôde ser realizada em 7 poços, cujas profundidades variam entre 60 e 150 m. Estes poços, além da heterogeneidade dos corpos sedimentares, sofrem também a influência da irregularidade do embasamento, o que implica em entradas de água muito variadas. A interpretação hidroquímica fica bastante dificultada, embora do ponto de vista de aportações e volumes bombeados devam ser

bastante significativos.

FONTES

Por toda a área de estudo são encontradas diversas fontes, principalmente ao longo do terraço do rio Paraíba do Sul e no sopé das escarpas das serras. Foram realizadas análises de três fontes, escolhidas em função de sua distribuição ao longo da bacia e importância quanto ao uso pela população local. Dentre estas 3 fontes, a primeira está localizada na parte oriental da bacia em uma área de suave inclinação, em sedimentos terciários (ponto 62), sendo classificada como uma água rica em Na-K-Cl-NO₃, destacando-se uma concentração de nitratos (45 mg/l), acima dos níveis recomendados pela Organização Mundial de Saúde; a segunda em um corte no terraço quaternário do rio Paraíba do Sul (ponto 86), caracterizada como uma água que tem como maiores constituintes os íons K-Na-Cl-CO₃-SO₄; e a terceira (ponto 93), localizada na parte centro-ocidental da bacia, em colúvios terciários, cujos componentes principais são Na-Mg-HCO₃-CO₃-NO₃. De acordo com as características hidroquímicas destas águas, conforme pode ser observado nos diagramas das figuras 8 e 9 e na Tabela 4, verifica-se que elas são de forma geral águas leves, de características ácidas, porém com componentes heterogêneos, provavelmente por corresponderem a áreas e materiais geológicos distintos. A presença de nitrato na fonte do ponto 62, em concentrações acima dos limites recomendados pela Organização Mundial de Saúde, é atribuída atividades antrópicas locais, como agricultura e presença de um cemitério a montante da área da fonte, em sua área de recarga.

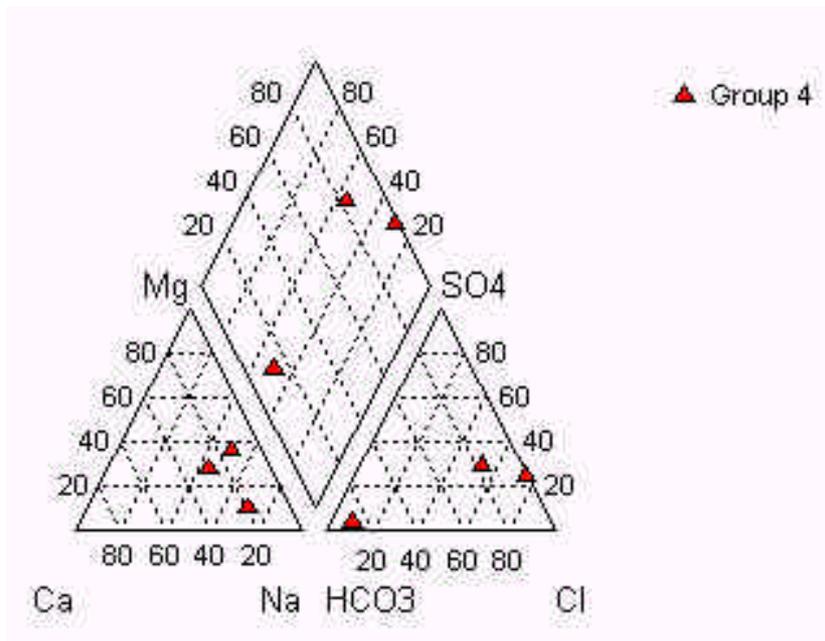


Figura 8: Diagrama de Piper no qual observa-se a classificação heterogênea de amostras das águas de três fontes da Bacia de Resende.

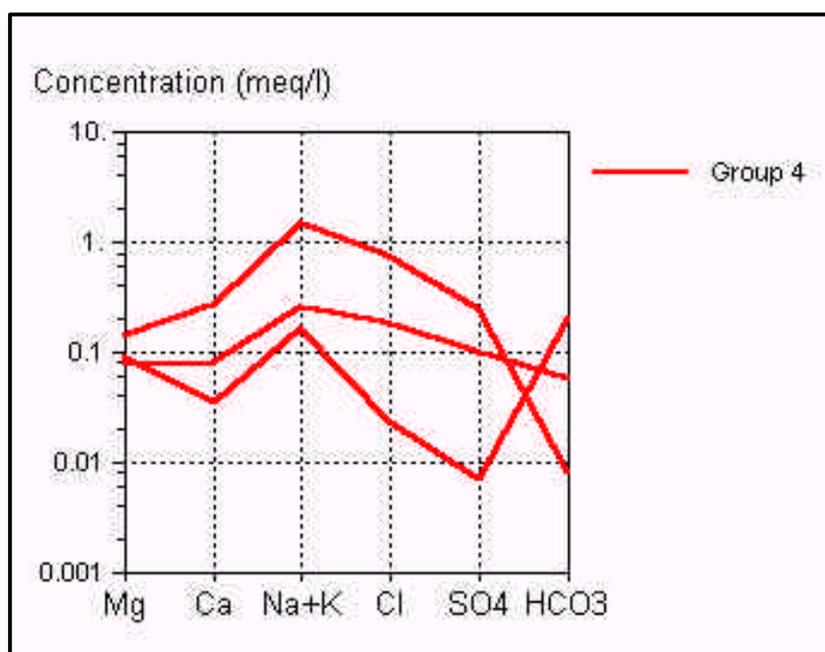


Figura 9: Diagrama logarítmico, no qual se observa a concentração dos principais componentes das amostras das águas de três fontes da Bacia de Resende.

Tabela 4: Análises químicas de fontes localizadas na Bacia de Resende.

Parâmetros	Fonte 62	Fonte 86	Fonte 93	OMS
PH	4,61	5,27	5,36	6,5 - 8,5
TDS (mg/l)	144,5	30	22,2	-
Dureza total (meq/l)	0,42	0,16	0,12	500
NO ₃ (mg/l)	45,55	2,11	8,13	10
Fe (mg/l)	0,002	0,017	0,002	0,3
Cloretos (mg/l Cl)	26,93	6,49	0,81	250
Na (mg/l)	23	2,9	2,9	200
Ca (mg/l)	5,5	1,6	0,7	-
Mg (mg/l)	1,71	0,95	1,08	-
HCO ₃ (mg/l)	0,5	3,6	12,2	-

Obs.: OMS = valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde.

CONCLUSÕES

Como avaliação preliminar verifica-se que os resultados das análises químicas das águas subterrâneas desta região, podem ser consideradas satisfatórias e bem representativas quando se trata de classificação das águas devido aos constituintes iônicos principais e de suas propriedades físico-químicas.

Verificou-se uma certa homogeneidade na classificação das águas como pouco mineralizadas, levemente básicas, bicarbonatadas-sódicas e de baixa salinidade. Além dos significativos teores de HCO₃ e Na, também de maneira abundante Ca, Mg, Fe e NO₃ foram elementos fundamentais para que houvesse uma classificação das águas que constituem os tipos de aquíferos encontrados, tendo sido utilizados ainda na diferenciação das águas dos aquíferos sedimentares.

As medições feitas “*in situ*” (pH, CE, temperatura da água) também foram características importantes na diferenciação das águas subterrâneas. A avaliação da distribuição espacial dos valores de condutividade elétrica indica que próximo as bordas da bacia, junto ao maciço alcalino de Itatiaia e próximo a cidade de Resende (onde o embasamento é atingido com cerca de 30 metros) encontram-se as águas mais salinas, ou seja, águas que entram em contato com o embasamento, podendo ser oriundas do aquífero cristalino ou não.

Apesar de se tratar de uma área industrializada, cujos resíduos das indústrias em geral são despejados no rio Paraíba do Sul, nas análises químicas realizadas não foram encontrados metais pesados, elementos tóxicos e carcinógenos em nenhuma das análises realizadas.

Através da caracterização hidroquímica realizada, e da verificação da heterogeneidade das profundidades das entradas de água verifica-se que os corpos sedimentares presentes, apesar de representarem eventos deposicionais distintos, apresentam-se distribuídos verticalmente de forma irregular, devendo ser considerada não só a forte intercalação de camadas que confere a estes aquíferos a característica de múltiplas camadas, como também se deve levar em conta possíveis conexões entre estas. Para que se faça uma abordagem hidrogeológica mais ampla da região, será necessário o aprofundamento das interações entre os dados hidroquímicos e as unidades geológicas definidas na bacia, bem como a compartimentação estrutural presente na área, conjugando desta forma, fatores que possam subsidiar uma modelagem hidrogeoquímica completa e a caracterização do funcionamento hidrogeológico dos aquíferos presentes na bacia sedimentar de Resende.

BIBLIOGRAFIA

- AMADOR, E.S. 1975. Estratigrafia e sedimentação da bacia de Resende - RJ. *An. Acad. bras. Ciênc.*, **47**(suplemento):181-223.
- CIDE, 1996. Anuário Estatístico.
- FEEMA, 1990. Perfil Ambiental dos municípios de Resende e Itatiaia. Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente. P.
- FINKELSTEIN, A. 1980. Estudo de hidrologia subterrânea para a Fábrica de Elementos Combustíveis. Relatório Interno, 80 p.
- MELO, M.S.; RICCOMINI, C.; CAMPANHA, G.A.; PONÇANO, W.L.; GIMENEZ, A.F.; BISTRICHI, C.A.; STEIN, D.P.; CARNEIRO, C.D.R.; FERNANDES, L.A.; SANTOS, M.C.S.R.; SUSLICK, S.B.; LIMA, M.O.; VASCONCELOS, A.C.B.C.; MIOTO, J. A.; ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. 1983. Estudos geológico-tectônicos na bacia de Resende (RJ) e sedimentos terciários de Volta Redonda (RJ) e bacia de Taubaté (área de Cruzeiro, SP). Relatório 17.737, 2 v., IPT/DMGA, São Paulo, 124 p.
- RAMOS, R.R.C. 1997. *Estratigrafia da sucessão sedimentar terciária da bacia de Resende, entre Resende e Quatis (RJ), com ênfase na caracterização das litofácies, ciclicidade e paleocorrentes*. Rio de Janeiro, 209p. (Dissertação de

Mestrado, Departamento de Geologia, IGEO/UFRJ).

RICCOMINI, C. APPI, C.J., FREITAS, E.L. DE & ARAI, M. 1987. Tectônica e sedimentação no sistema de *rifts* continentais da serra do Mar (Bacias de Volta Redonda, Resende, Taubaté e São Paulo). In: Simpósio de Geologia RJ-ES, 1, Rio de Janeiro, 1987. Anais... Rio de Janeiro, SBG, v.1, p253-298.