UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – CCMN
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

MODELO CONCEITUAL DE FUNCIONAMETO DOS AQUÍFEROS SEDIMENTARES DA PORÇÃO EMERSA DA BACIA DE CAMPOS

Apresentação de Tese de Doutorado

Aderson Marques Martins

14/01/2015

Orientadores: Gerson Cardoso da Silva Jr. (UFRJ)
Maria da Glória Alves (UENF)

INTRODUÇÃO

O trabalho propõe um novo modelo de funcionamento para os aquíferos da planície deltaica do rio Paraíba do Sul, que se encontram nos sedimentos da porção emersa da Bacia de Campos (Figura 1). A bacia tem origem relacionada ao processo de separação dos continentes africano e sulamericano, tendo seu embasamento constituído por gnaisses da Provincia Proterozóica da Ribeira (Winter *et al*., 2007). Neste trabalho sobre a mais recente coluna estratigráfica da bacia, os autores descrevem a Formação Emborê, cujo Membro São Tomé, que ocorre na parte emersa, constituído por sedimentos conglomeráticos e areníticos depositados do Turoniano ao Recente, conforme evidenciado em 1965 pelo poço de pesquisa 2-CST-1RJ da PETROBRAS, com 1945 metros de sedimentos, no distrito de Cabo de S.Tomé, Campos de Goytacazes. A Formação Barreiras não foi incluída no estudo, conforme mostra a Figura 1, por inexpressive como aquífero na região.

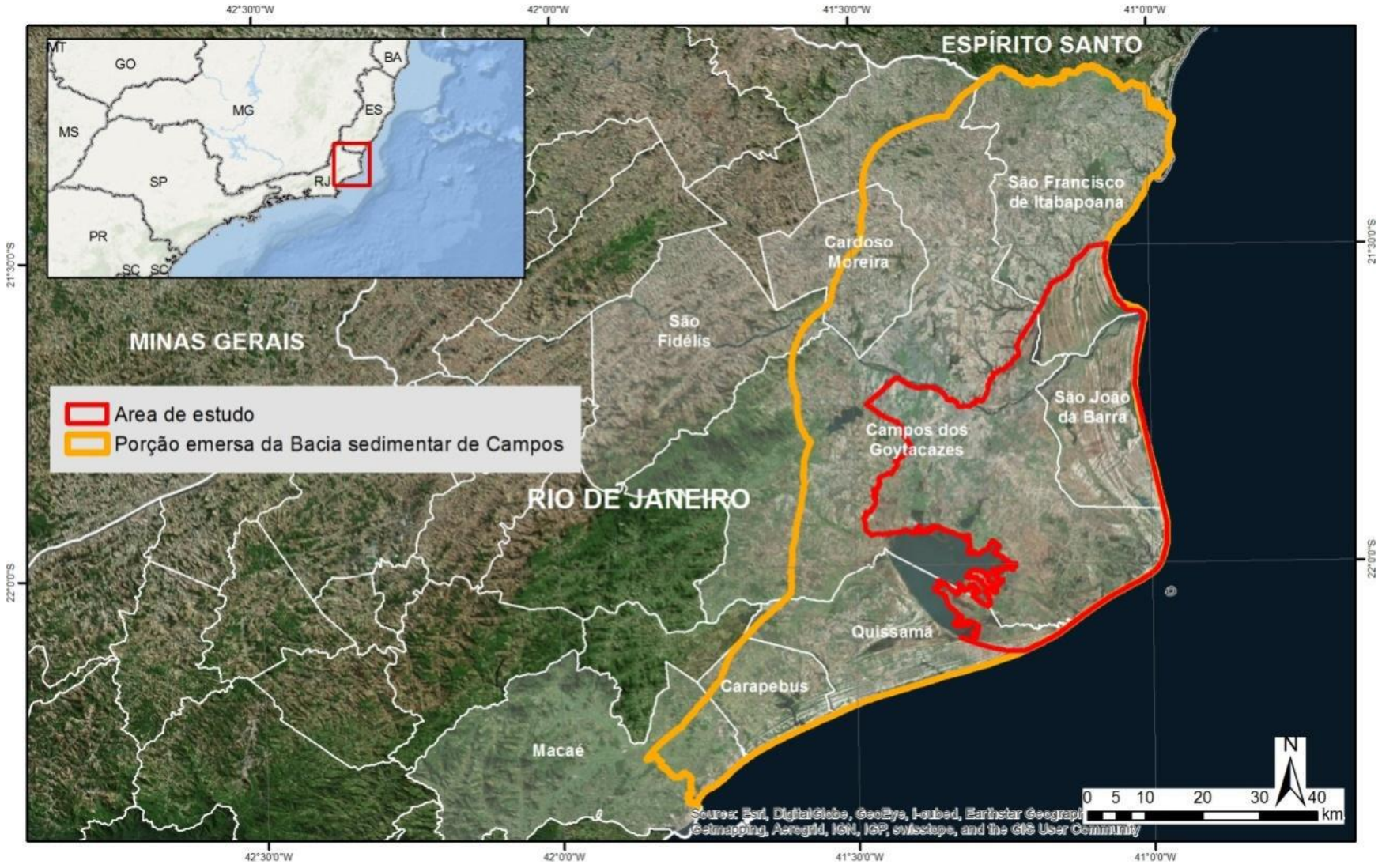


Figura 1 - Mapa de localização da Área de Estudos

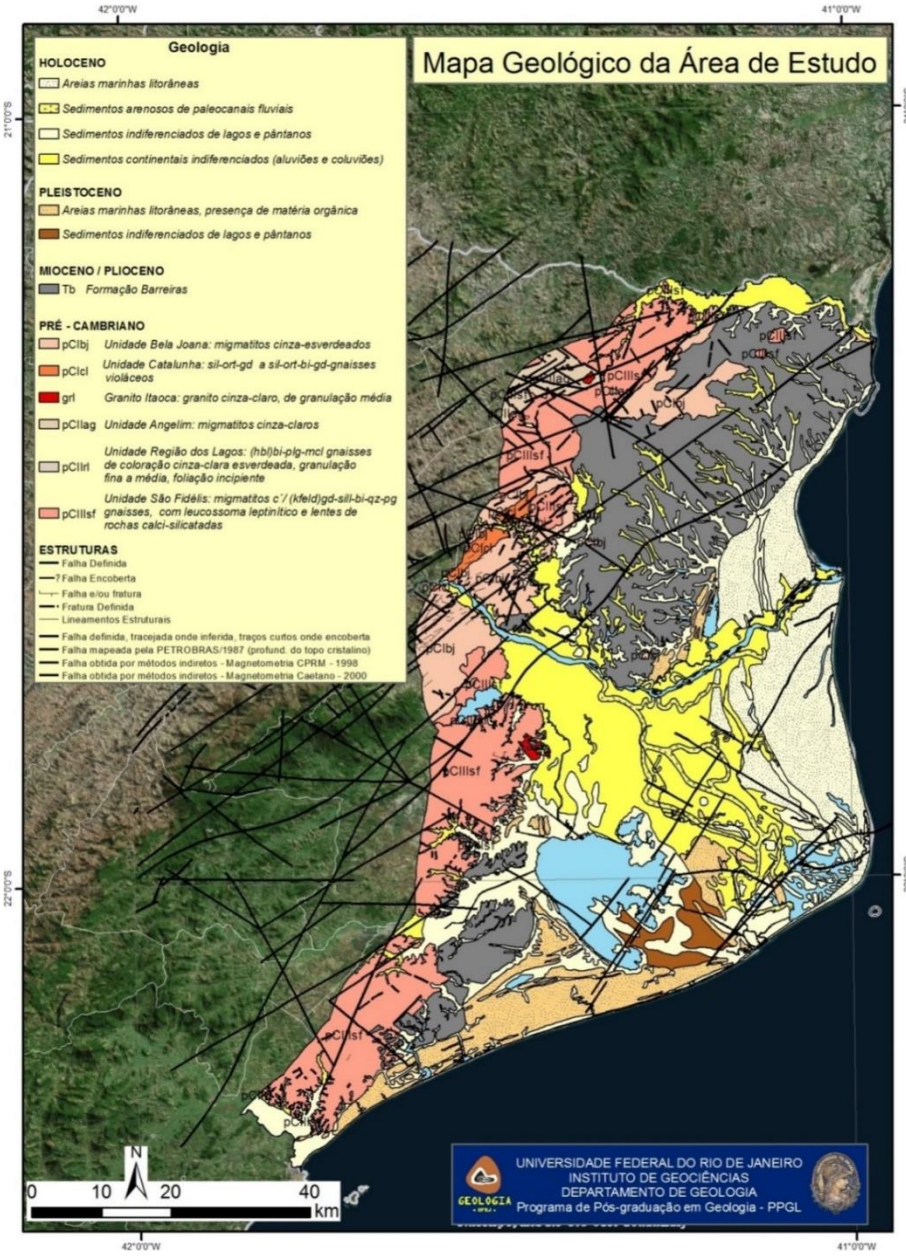


Figura 3
Mapa geológico estrutural (modificado de Caetano, 2000)

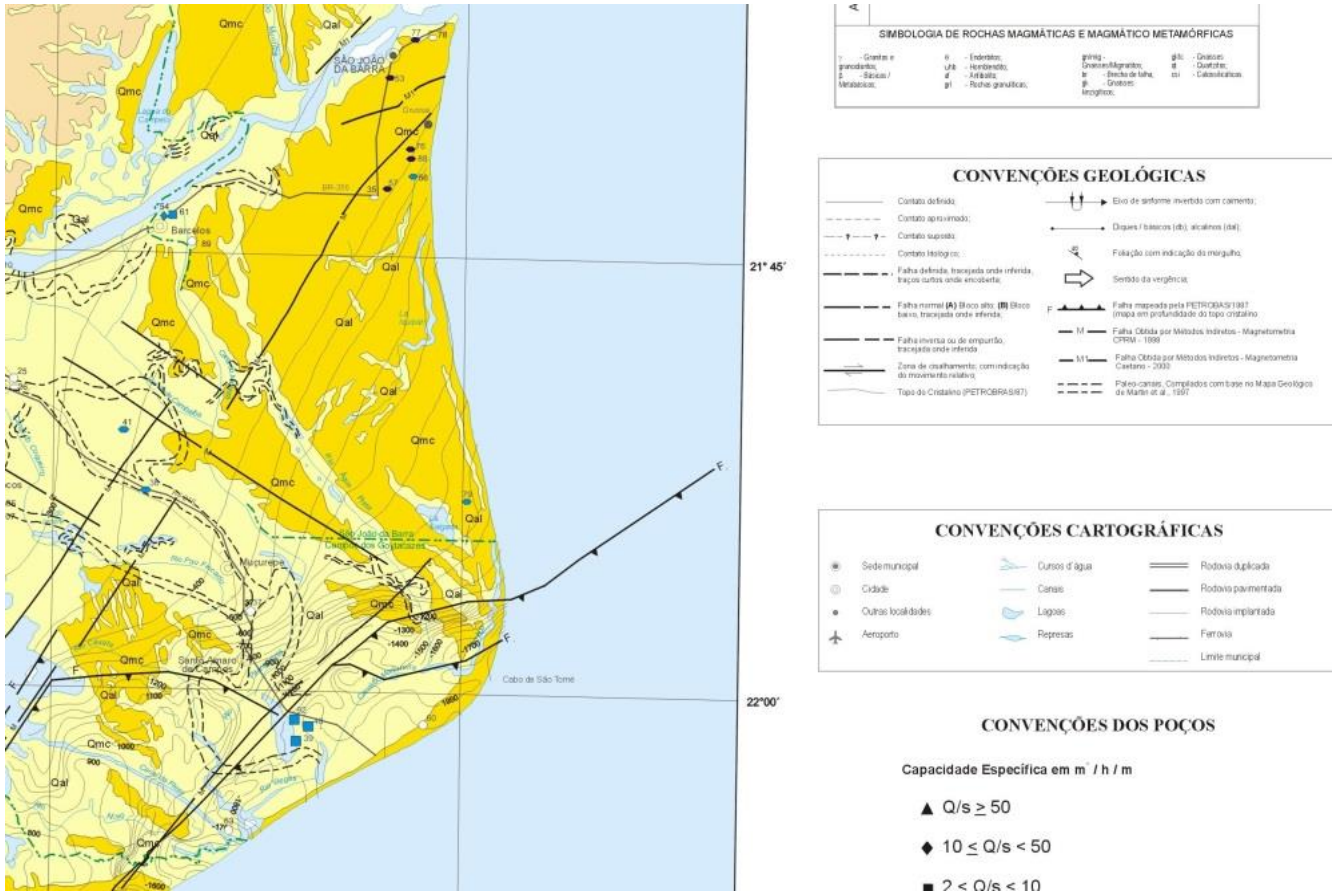
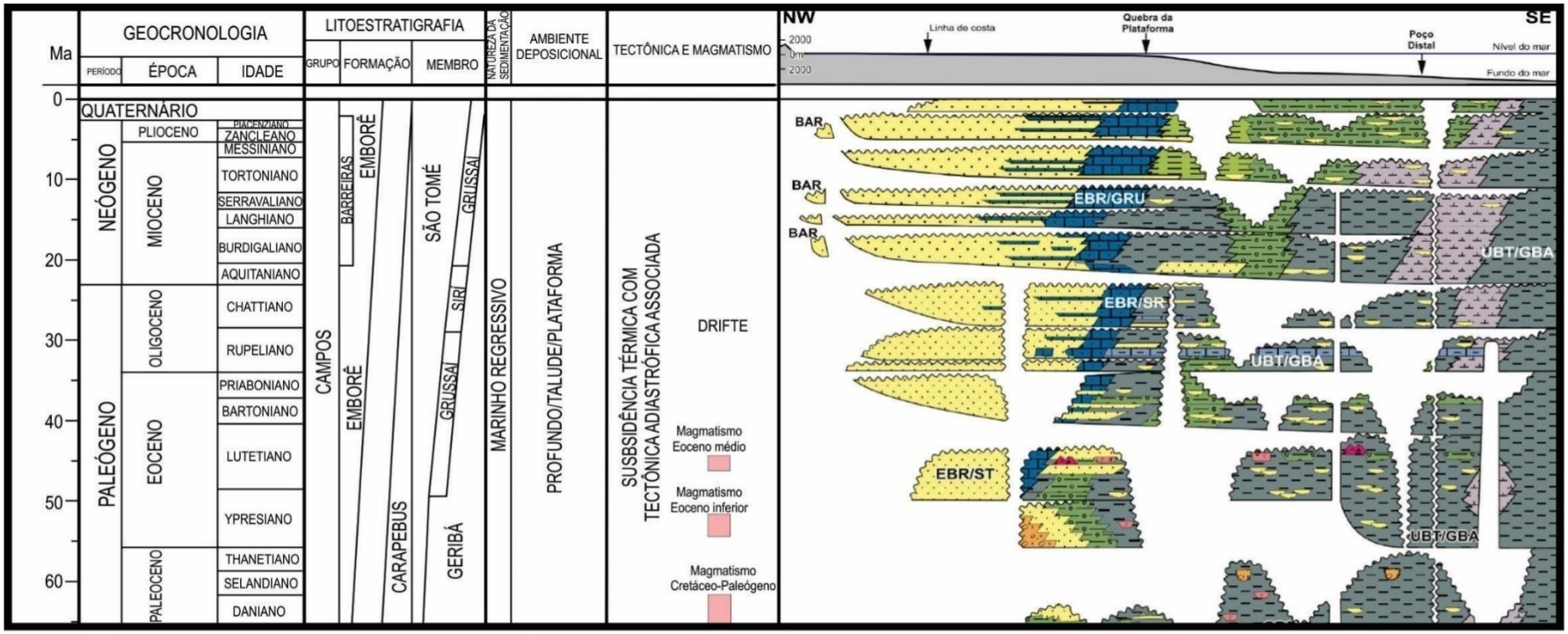


Figura 4 -Encarte com zoom da Figura 1 (modificado de Caetano, 2000)

GEOLOGIA REGIONAL DA ÁREA DE ESTUDO



BAR: Formação Barreiras; **EBR:** Formação Emborê (**ST:** Membro São Tomé, **SR:** Membro Siri, **GRU:** Membro Grussaí); **UBT:** Formação Ubatuba (**GBA:** Membro Geribá)

Figura 5 - BACIA DE CAMPOS: Coluna estratigráfica do Cenozóico (WINTER et al., 2007)

GEOLOGIA REGIONAL DA ÁREA DE ESTUDO

Seção-tipo da Formação Emborê (Schaller, 1973)

- ✓ **Ambiente deposicional:**
  - ❖ **Costeiro a nerítico raso, constituído em grande parte por sistemas deltaicos de alta energia (Schaller, 1973)**
  - ❖ **Está incluída na fase drifte da sedimentação da Bacia (WINTER et al, 2007)**

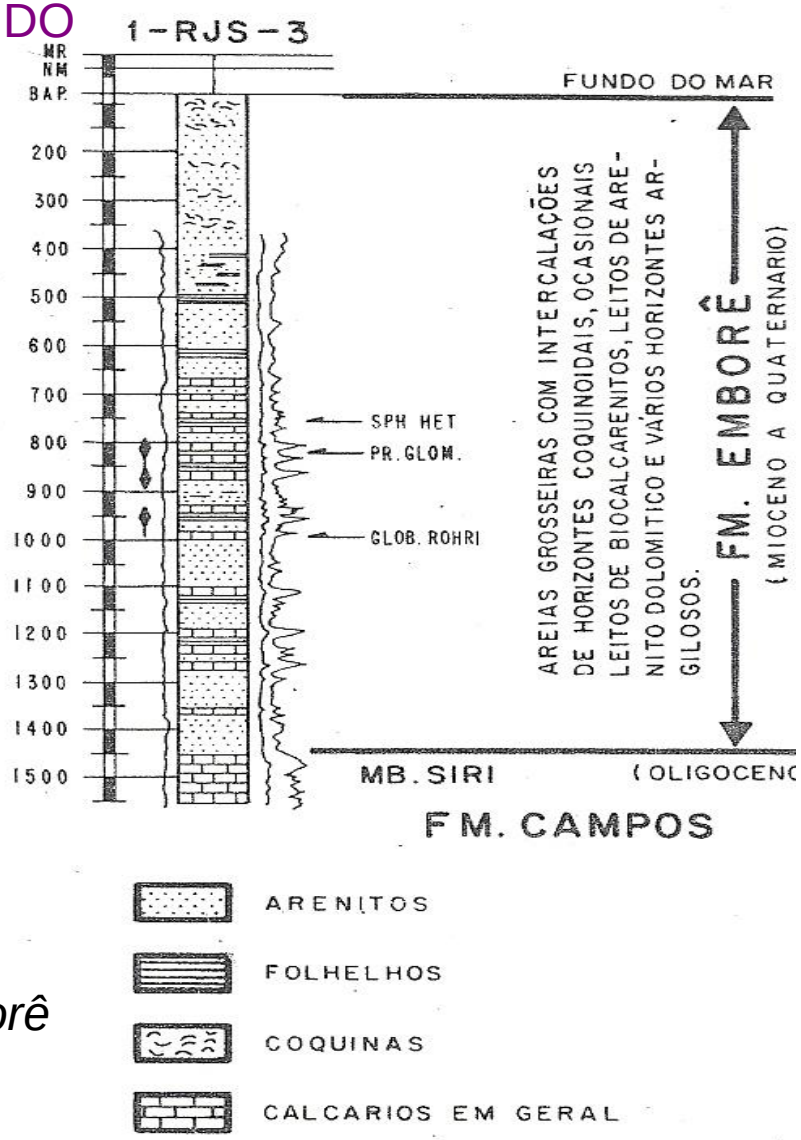


Figura 6 –Seção-tipo da Formação Emborê segundo Schaller (1973)

MATERIAIS E MÉTODOS

Além das informações contidas em trabalhos anteriores, a base de dados para os estudos incluiu dois poços de pesquisa da PETROBRÁS através do pacote sedimentar de quase 2000 metros na parte sudeste da área de estudos e seis poços de monitoramento do Projeto Emborê, cuja execução, acompanhada em campo e documentação técnica obtida de perfilagens, testes de bombeamento e análises de amostras de água coletadas, foi processada e analisada. Sobre estas informações e dados foram conduzidos estudos hidrogeoquímicos e hidrodinâmicos, com o objetivo de entender melhor a recarga dos aquíferos, sua geometria e a estimativa dos volumes de suas reservas permanentes e renováveis.

Materiais e Métodos

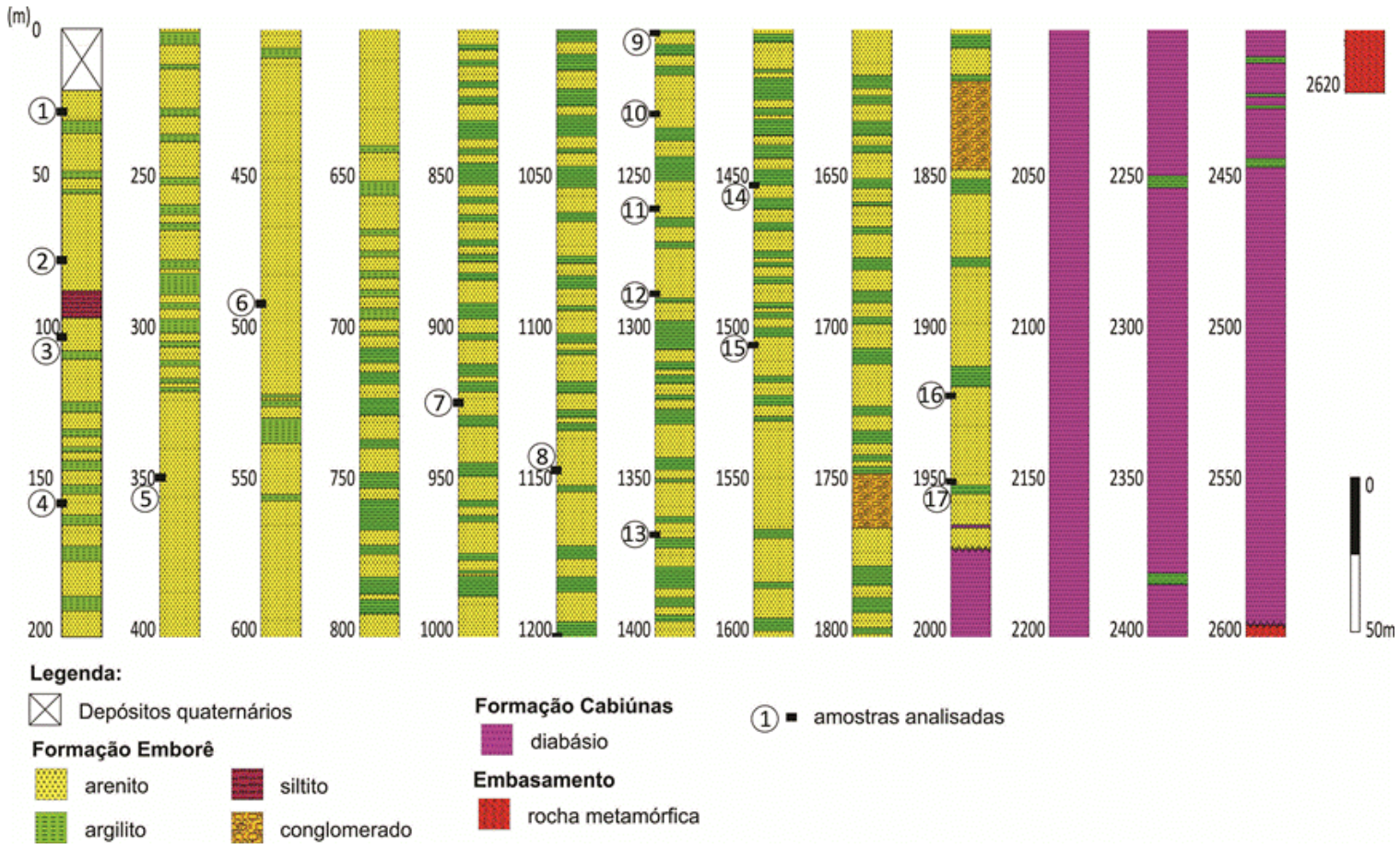
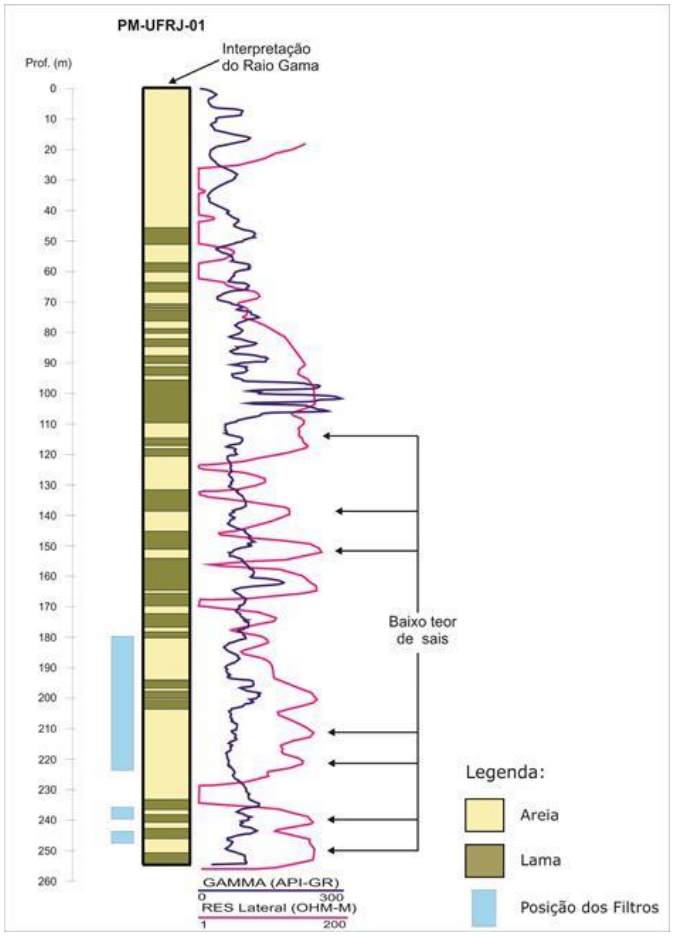
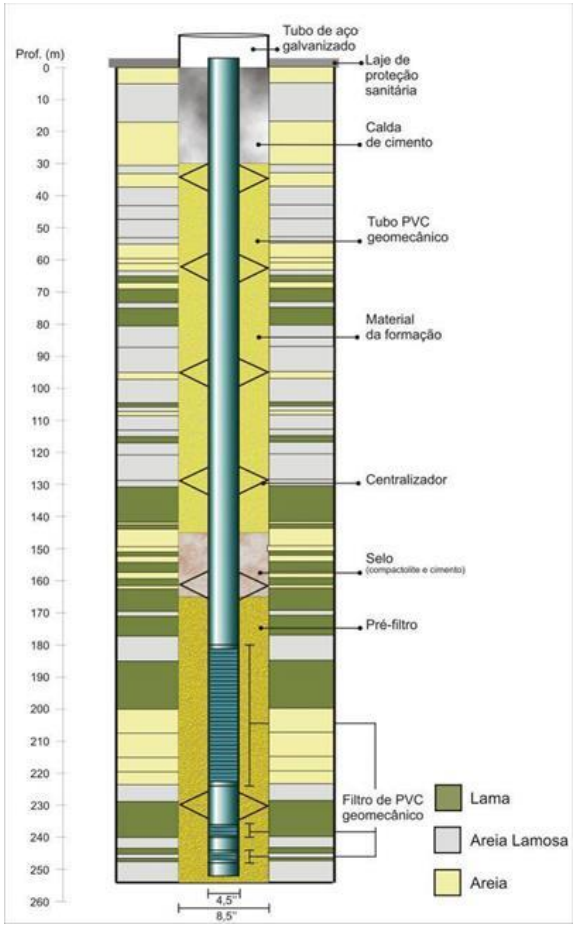


Figura 7 - Perfil litológico do poço 2-CST-1-RJ, a partir de dados disponibilizados pela Petrobras (Brêda et al., 2018).

RESULTADOS Hidrogeologia



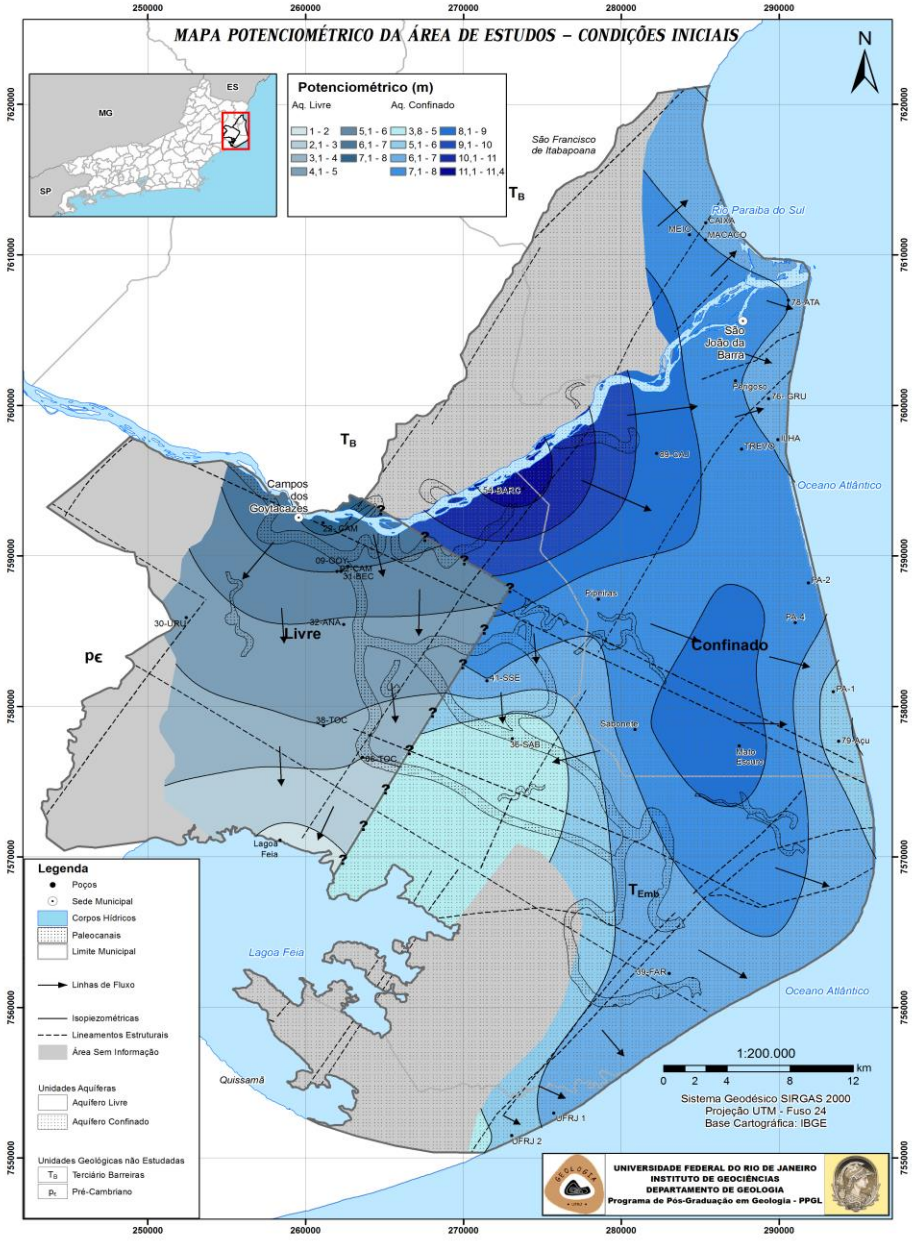


Interpretação da perfilagem geofísica e perfil litológico (amostras de calha) e construtivo do Poço UFRJ-1

RESULTADOS - Hidrogeologia

Mapa Potenciométrico – condições iniciais

As linhas de fluxo indicam, tanto no Aquífero livre como no confinado, duas Proveniências principais: o rio Paraíba do Sul e seus paleocanais. A descarga do aquífero livre dirige-se principalmente para a Lagoa Feia. A do aquífero confinado é para E-SE, para o oceano em sua maior parte, mas na parte SW da área ela parece se dirigir para a Lagoa Feia.

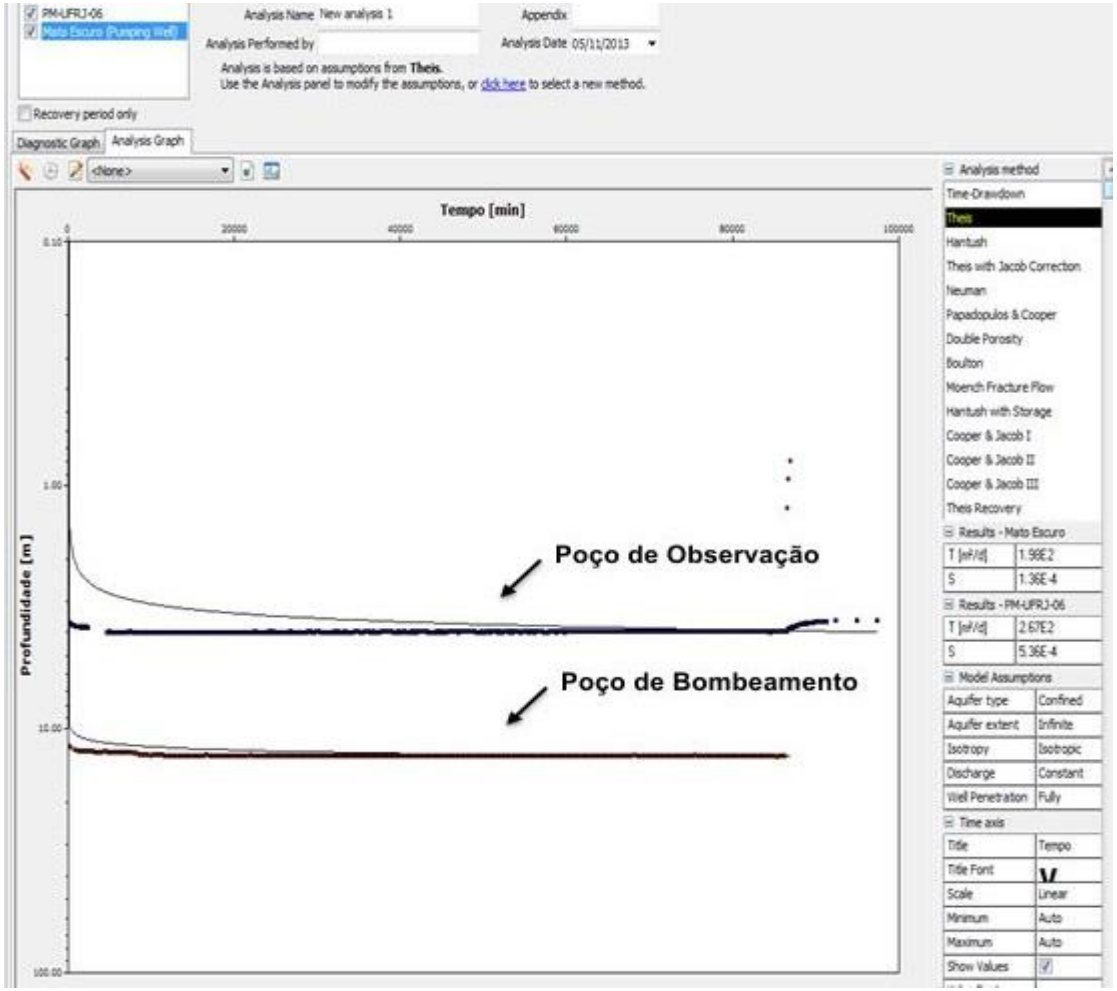


RESULTADOS

Hidráulica e Hidrodinâmica dos Aquíferos

Parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos: Testes de aquífero

Teste de interferência entre o Poço UFRJ-6 e o poço Mato Escuro da Prefeitura de São João da Barra



RESULTADOS

Hidráulica e Hidrodinâmica dos Aquíferos

Parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos: Testes de aquífero

	Poço de Bombeamento		Poço de Observação		
	Poço	T (m^2/dia)	Poço	T (m^2/dia)	S
Teste de aquífero 1	PM-UFRJ-04	109	PM-UFRJ-02	240	$2,7 \times 10^{-4}$
Teste de aquífero 2	PM-UFRJ-05	160	Poço Farol	291	$2,3 \times 10^{-5}$
Teste de aquífero 3	Poço Mato Escuro	198	PM-UFRJ-06	267	$5,4 \times 10^{-4}$

Balanço Hídrico e estimativa de reservas

Aquífero Livre

Área estimada = 665,4 km²
Espessura saturada do aquífero: 62 m
Porosidade eficaz: 25%
Volume armazenado de água = 10.313,7 hm³ (reserva permanente)

Recarga
Balanço hidrometeorológico: foi utilizado o programa *Easy Bal* v9.2, tendo sido estabelecidos alguns parâmetros relacionados às características regionais dos solos:
Capacidade de campo (conteúdo volumétrico) = 0,17; Umidade inicial (conteúdo volumétrico) = 0,15; Espessura radicular do solo = 0,5 m
Ponto de murcha (conteúdo volumétrico) = 0,100; Valor da lamina de água superficial = 10 mm; Reserva útil 35 mm; Reserva inicial = 25 mm
Assim,
Precipitação anual média: 1063 mm/ano
Recarga = 4,7% da precipitação anual = 50 mm/ano
Volume de recarga = 29,85 hm³/ano

RESULTADOS

Balanço Hídrico e estimativa de reservas

Formação Emborê : aquífero confinado

→ recarga da pluviosidade é muito pequena
→ fonte de recarga: rio Paraíba do Sul.
→ Pela Lei de Darcy, foi obtida uma recarga de 2,7 hm^3/ano ou 1,7 mm anuais

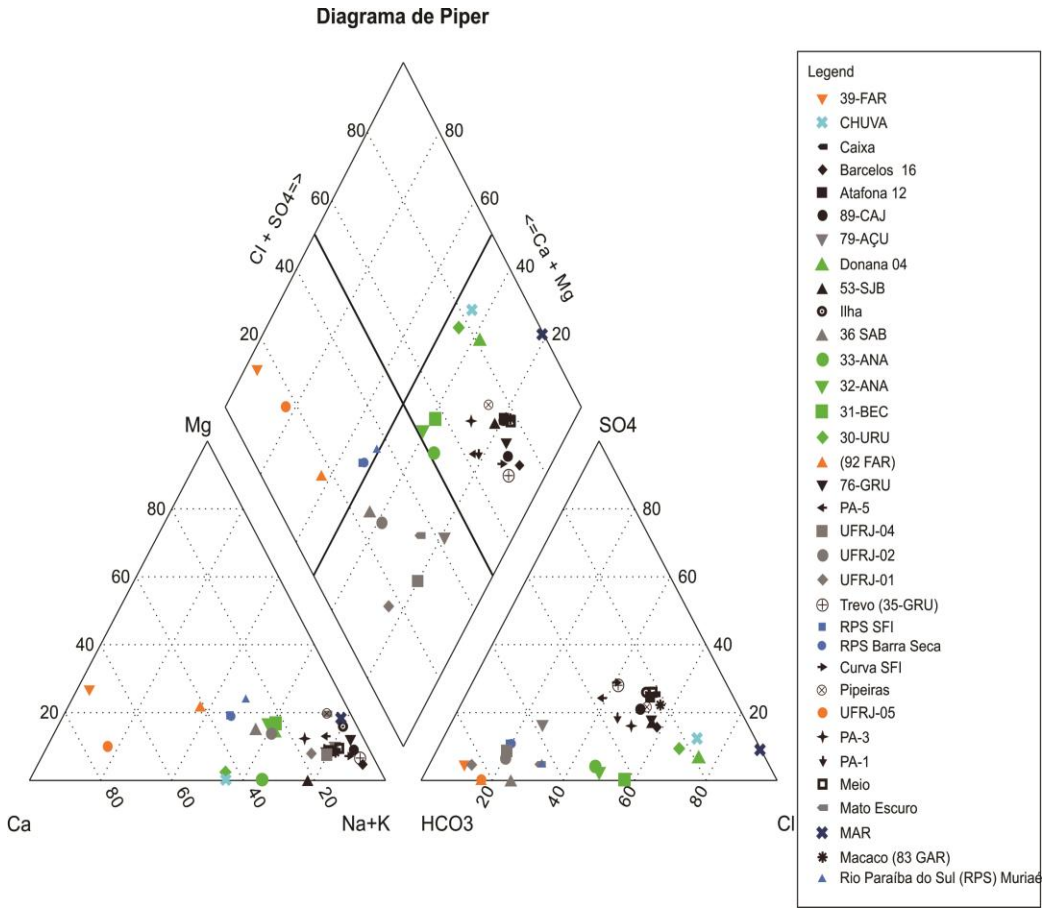
→ volume

a) volume medido que é baseado no tamanho dos filtros dos poços da região, valores médios de 30m; e
b) volume estimado com base nos primeiros e nos últimos horizontes de água de qualidade, espessura média de 80 m.

Com base na alternativa b,
AREA: 1590 km^2,
volume total 127.200 hm^3 (porosidade = 12%)→ $V_{água}$ = 15.264 hm^3

RESULTADOS

Hidrogeoquímica da Área de Estudo: Gráfico de Piper

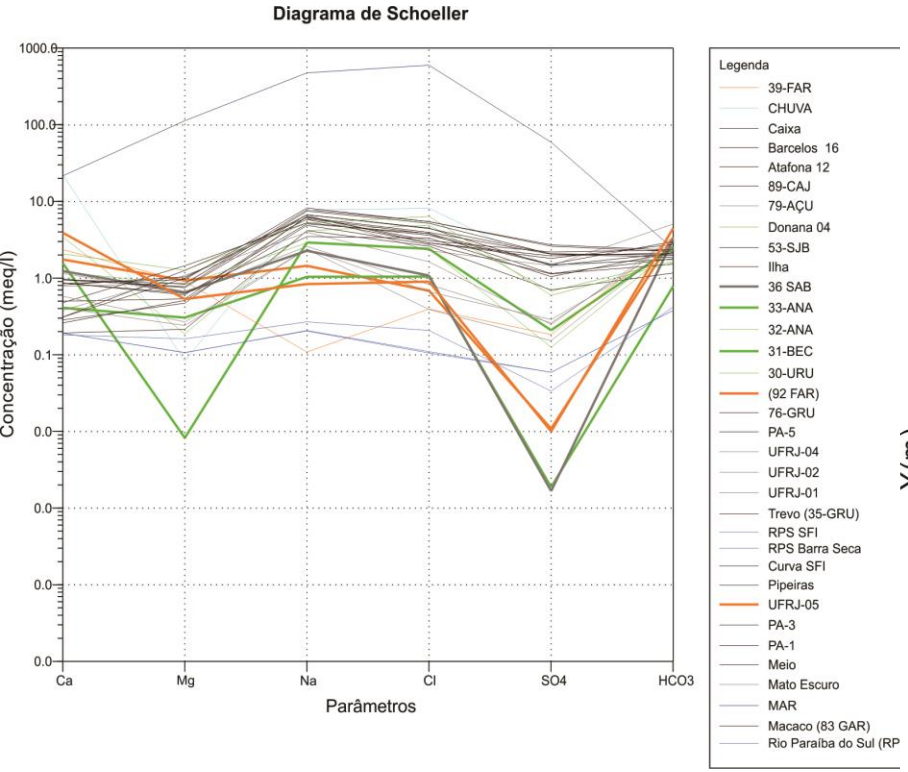


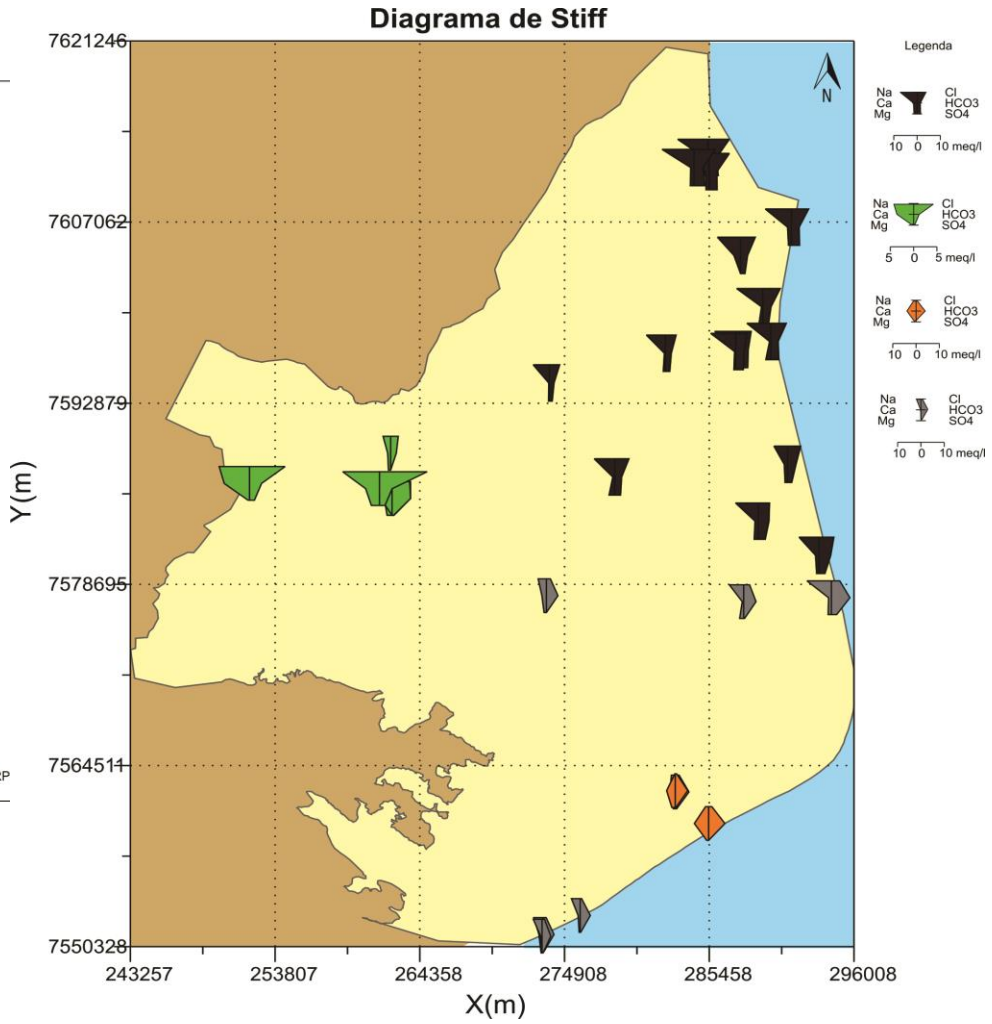
Cloretadas sódicas (losango direito): 30-URU, Donana 04, 31 BEC, 32 ANA e 33-ANA (aquífero livre) e 41-SSE, Barcelos 16, Pipeiras, 89-CAJ, 53-SJB, Atafona 12, 76-GRU, Trevo, Caixa, Curva-SFI, PA-5, PA-3 e PA-1 (aquífero confinado);
Bicarbonatadas Cálcicas (losango esquerdo): 39-FAR, 92-FAR, UFRJ-05 (aquífero confinado) e RPS Muriaé, RPS Barra Seca e RPS SFI (água de superfície) e
Bicarbonatadas Sódicas (losango inferior): 36-SAB, UFRJ-01, UFRJ-02, UFRJ-04, Mato Escuro e 79-AÇU (aquífero confinado).

RESULTADOS

Hidrogeoquímica e Qualidade da Água subterrânea da Área de Estudo: Diagramas de Schoeler e de Stiff

Diagrama de Schoeller

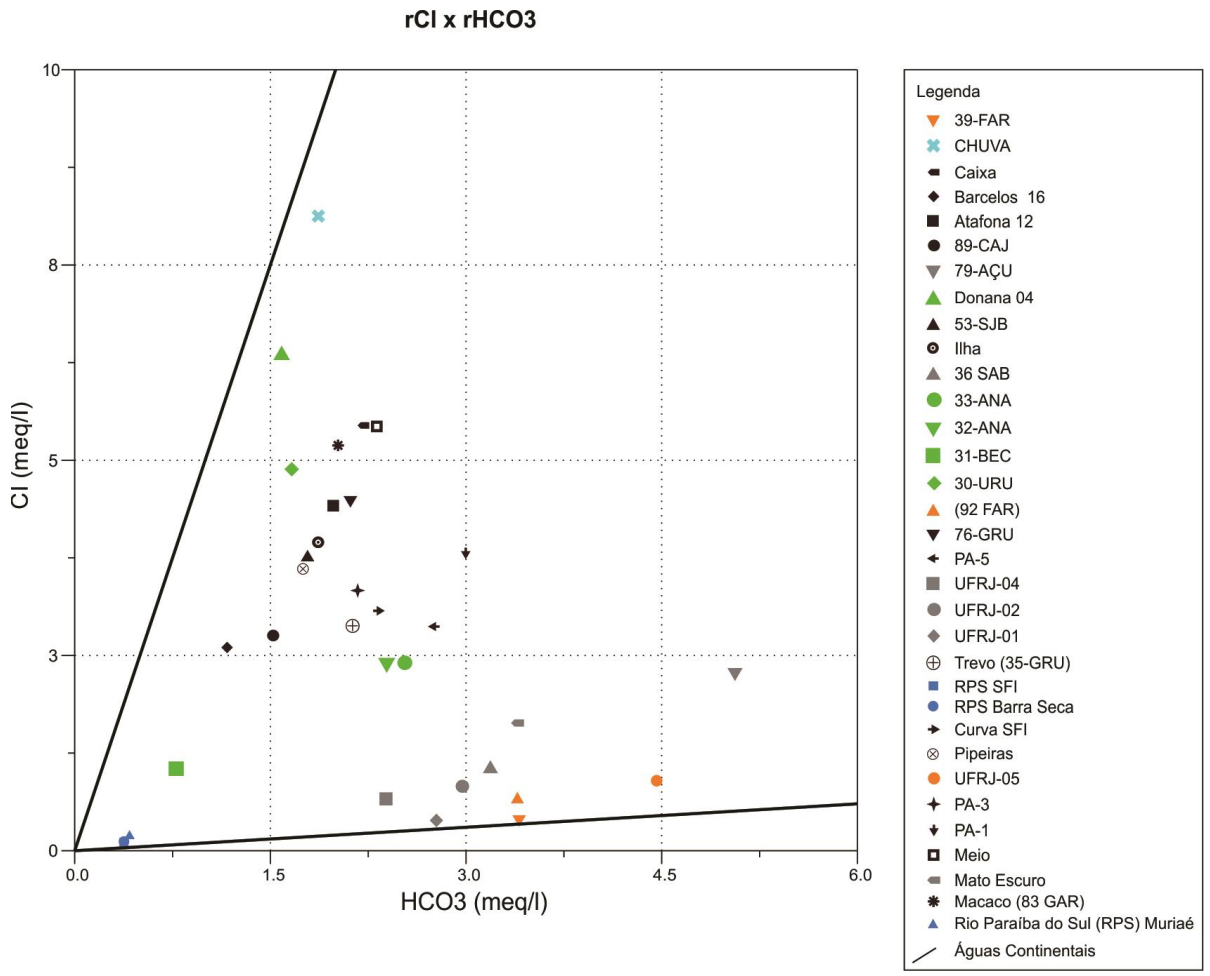




RESULTADOS

Hidrogeoquímica da Área de Estudo: Razão

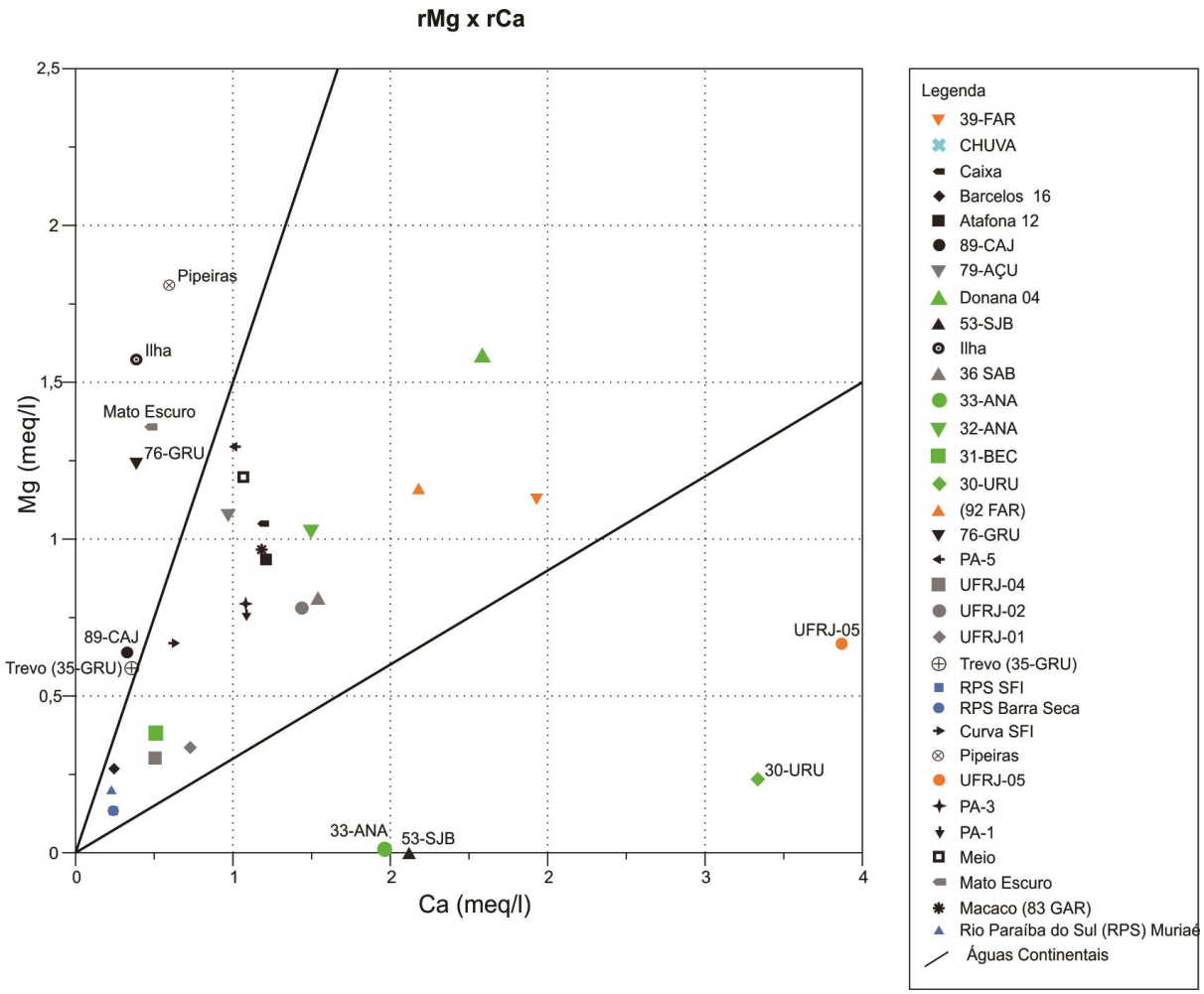
Razão Cloreto por Magnésio
As retas representam os limites da faixa de ocorrência das águas continentais.



RESULTADOS

Hidrogeoquímica da Área de Estudo: Razão

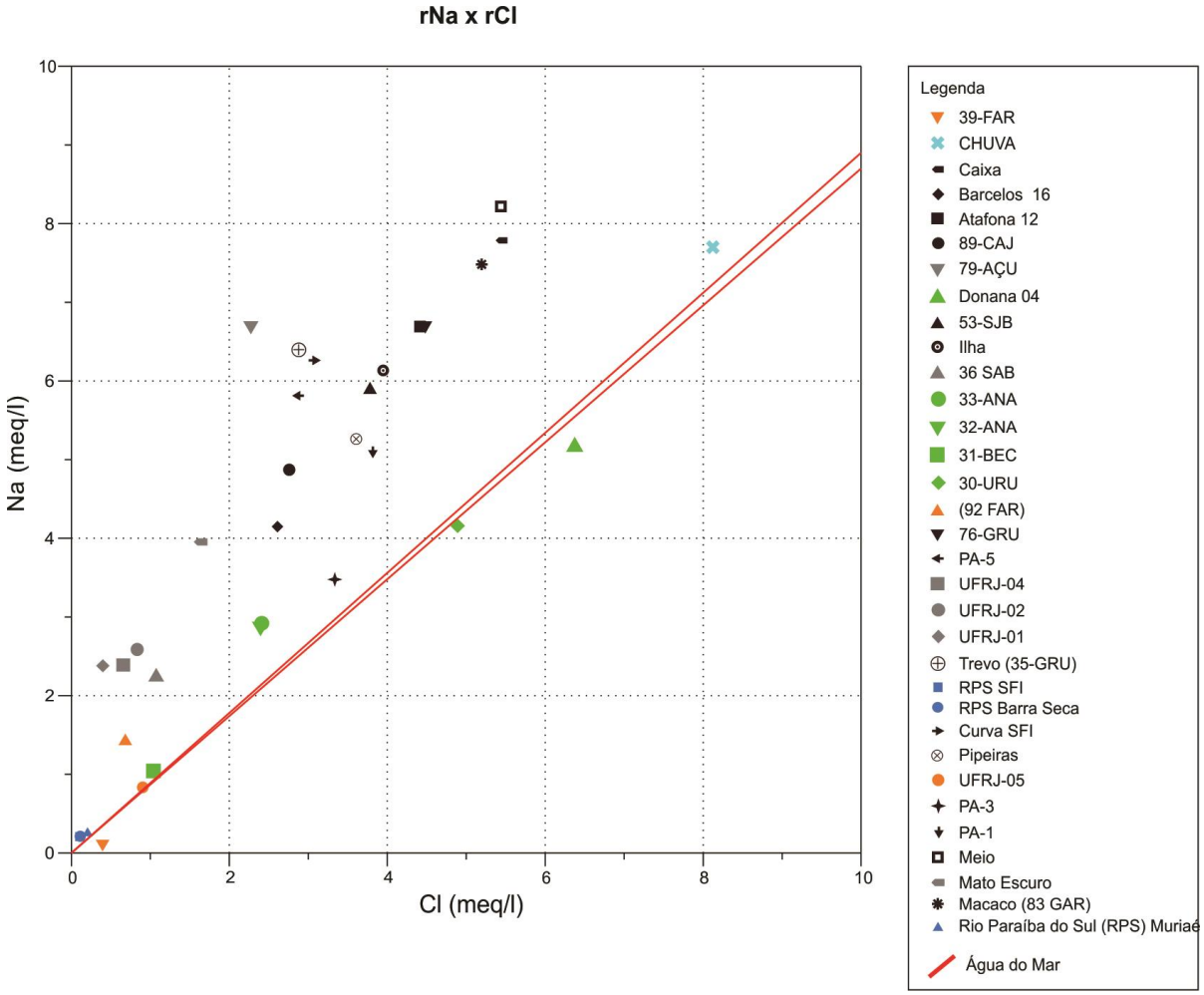
Razão Magnésio por Cálcio.
As retas representam os limites da faixa de ocorrência das águas continentais



RESULTADOS

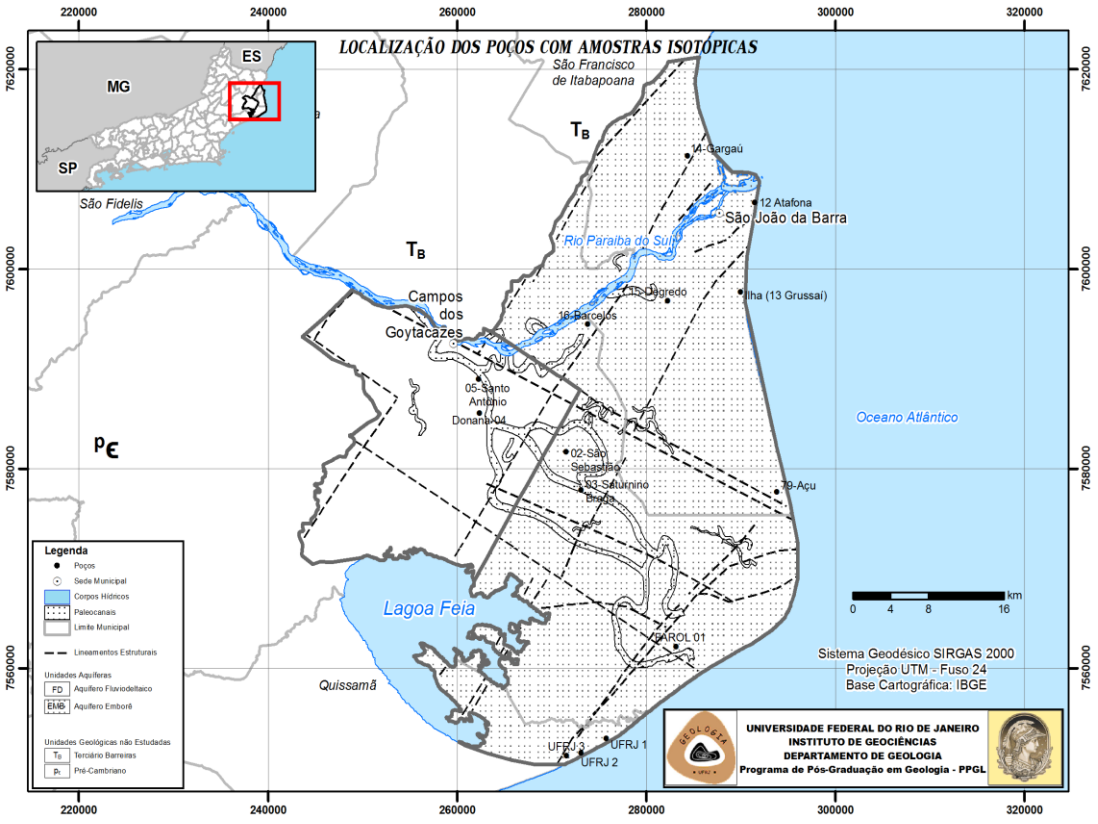
Hidrogeoquímica da Área de Estudo: Razão Na / Cl

Razão sódio por cloreto. A linha vermelha representa a água do mar e delimita as águas continentais



RESULTADOS

Hidrogeoquímica da Área de Estudo: Estudo Isotópico

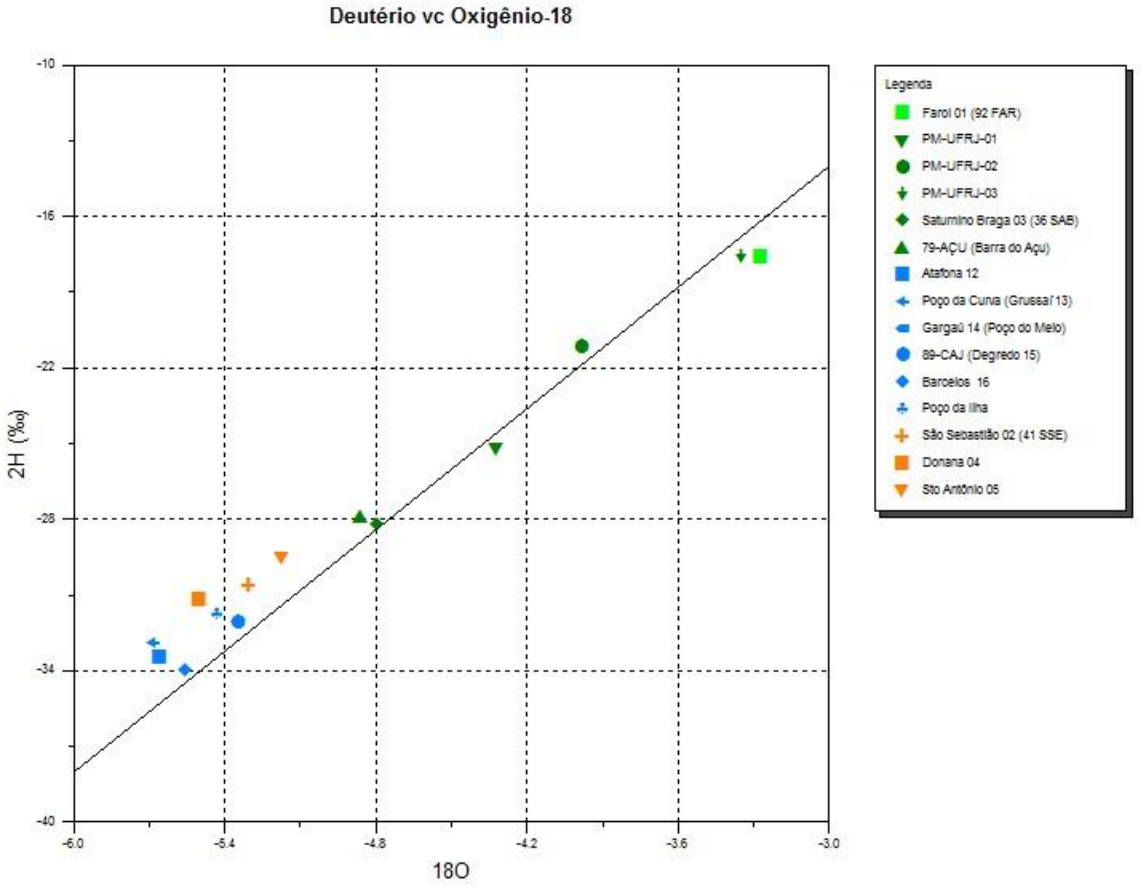


Nome do Poço	Data da Coleta	^{18}O	^{2}H	^{3}H	Prof. (m)	Distância ao Mar (em km)	Cota (m)
UFRJ-01	27/10/2011	-4.32	-25.2	1 ± 0.6	250	0.36	3.46
UFRJ-02	23/09/2011	-3.98	-21.2	< 0,6	250	1.26	1.77
UFRJ-03	03/10/2011	-3.35	-17.6	< 0,6	150	1.72	3.04
Farol 01	18/11/2008	-3.27	-17.6	< 0.6	220	9.84	1.72
São Sebastião 02	18/11/2008	-5.3	-30.6	< 0.4	170	22.33	7.44
Saturnino Braga 03	18/11/2008	-4.8	-28.2	< 0.7	137.5	21.72	5.4
Donana 04	18/11/2008	-5.5	-31.2	< 0.5	104	30.46	9.49
Sto Antônio 05	19/11/2008	-5.17	-29.5	< 0.5	70	29.85	-
Degredo 15	23/09/2009	-5.35	-32.1	< 0,6	178	8.11	6.99
Barcelos 16	23/09/2009	-5.56	-34	< 0,6	158	17.1	7.85
Grussaí 13	22/09/2009	-5.68	-32.9	-	161	1.13	5.57
Atafona 12	22/09/2009	-5.66	-33.5	423,1	210	0.04	8.22
Gargaú 14	23/09/2009	-5.35	-32.1	<0.6	138	1.44	3.35
Poço da Ilha	29/02/2012	-5.43	-31.8	<0.3	161	0.53	-
79 Açu	01/03/2012	-4.86	-27.9	<0.4	210	1.13	3.82

RESULTADOS

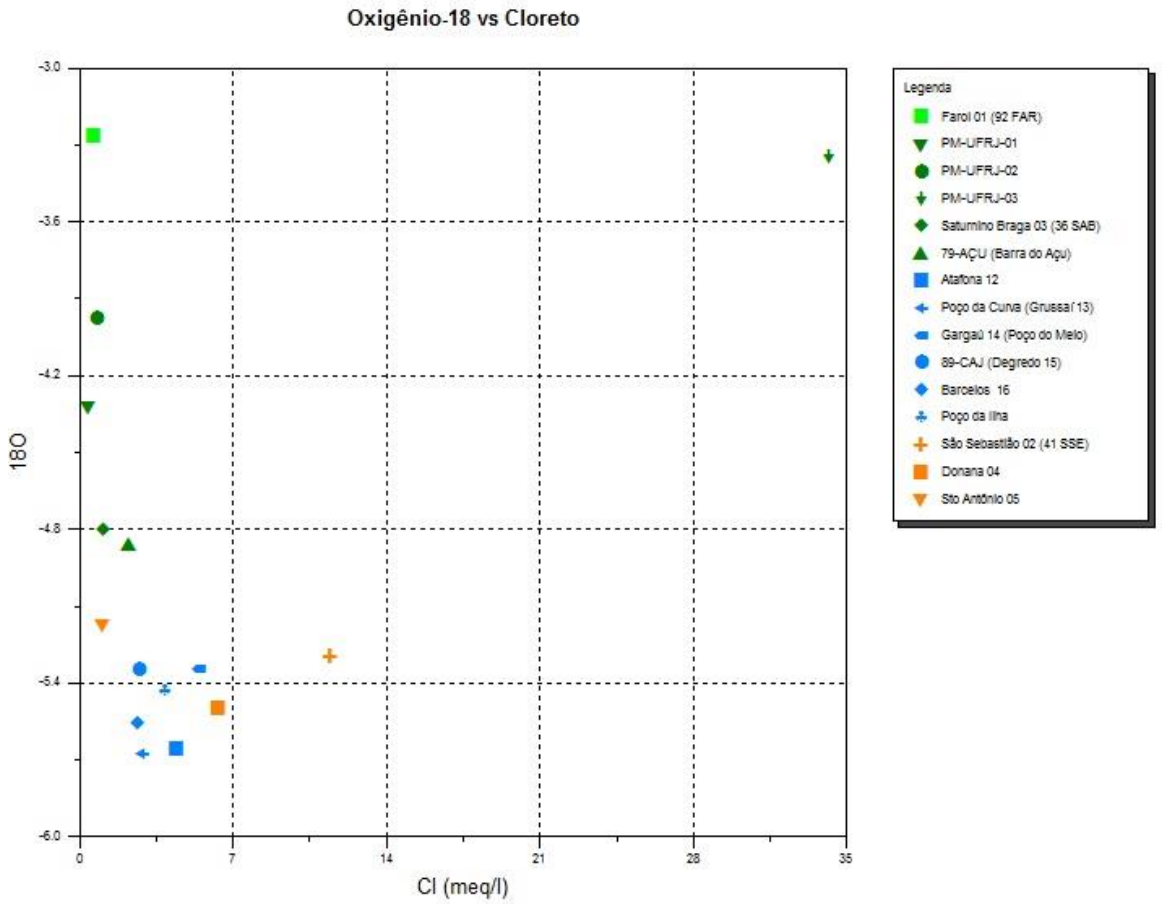
Hidrogeoquímica da Área de Estudo: Estudo Isotópico

Disposição das análises isotópicas das amostras da área de estudo frente à linha meteórica mundial



RESULTADOS

Hidrogeoquímica da Área de Estudo: Estudo Isotópico

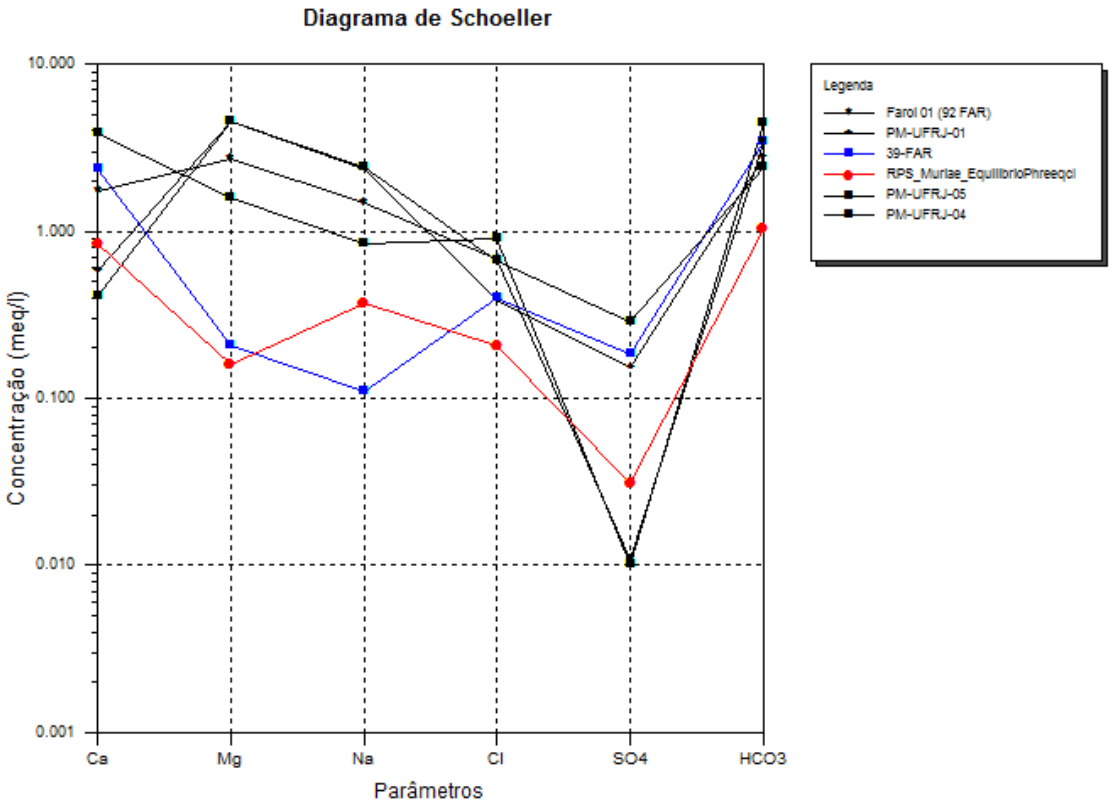


RESULTADOS Modelo Hidrogeoquímico

1ª HIPÓTESE - ÁGUA DA CHUVA vs AQUÍFEROS

2ª HIPÓTESE ÁGUA DO RIO PARAÍBA DO SUL (RPS) vs AQUÍFEROS

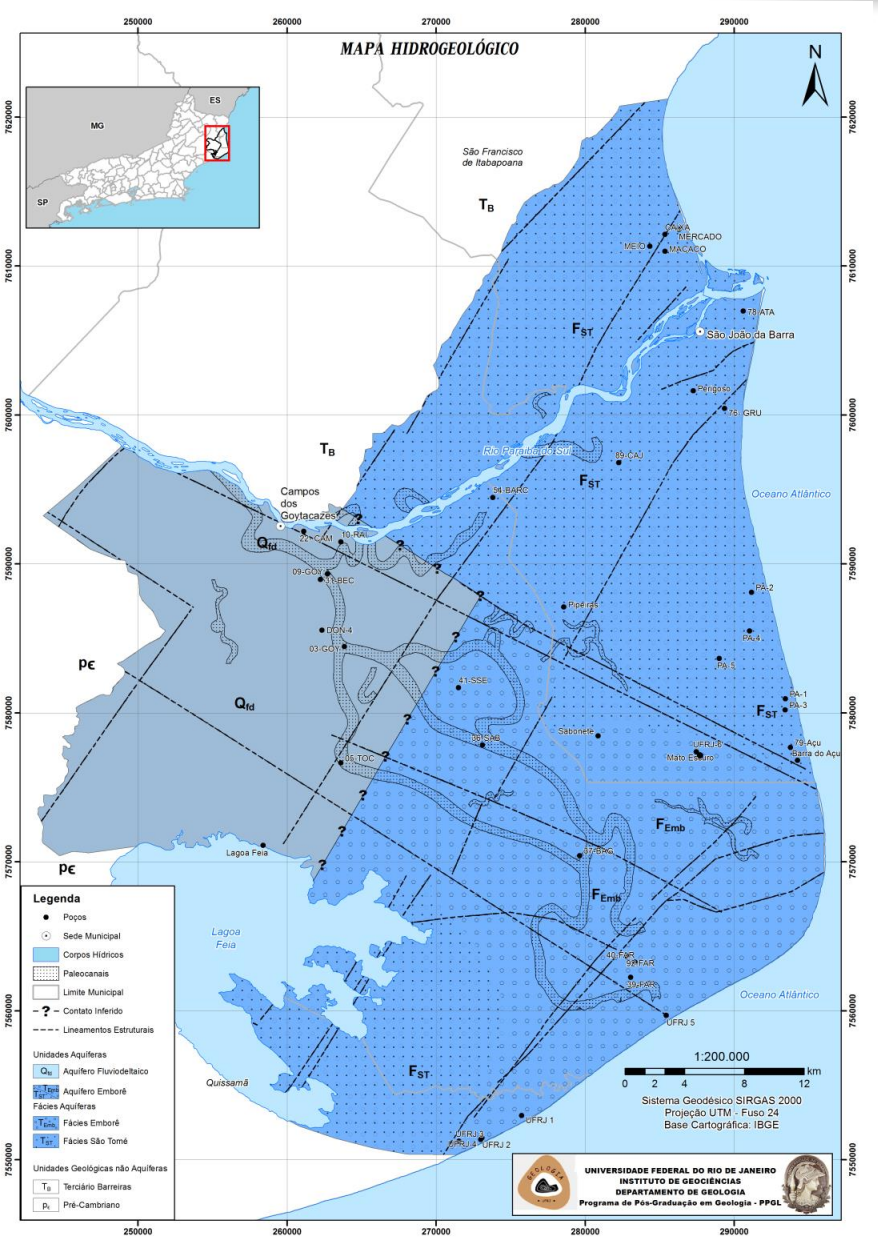
O gráfico mostra,com o uso do Phreeqcl (vermelho), a afinidade das águas do T_{Emb} com as amostras de água do Rio Paraíba do Sul, equilibradas com a assembléia mineralógica local. O poço 39-FAR (em azul) é bastante semelhante, com algumas discrepâncias (Silva Junior et al., (2014).



RESULTADOS

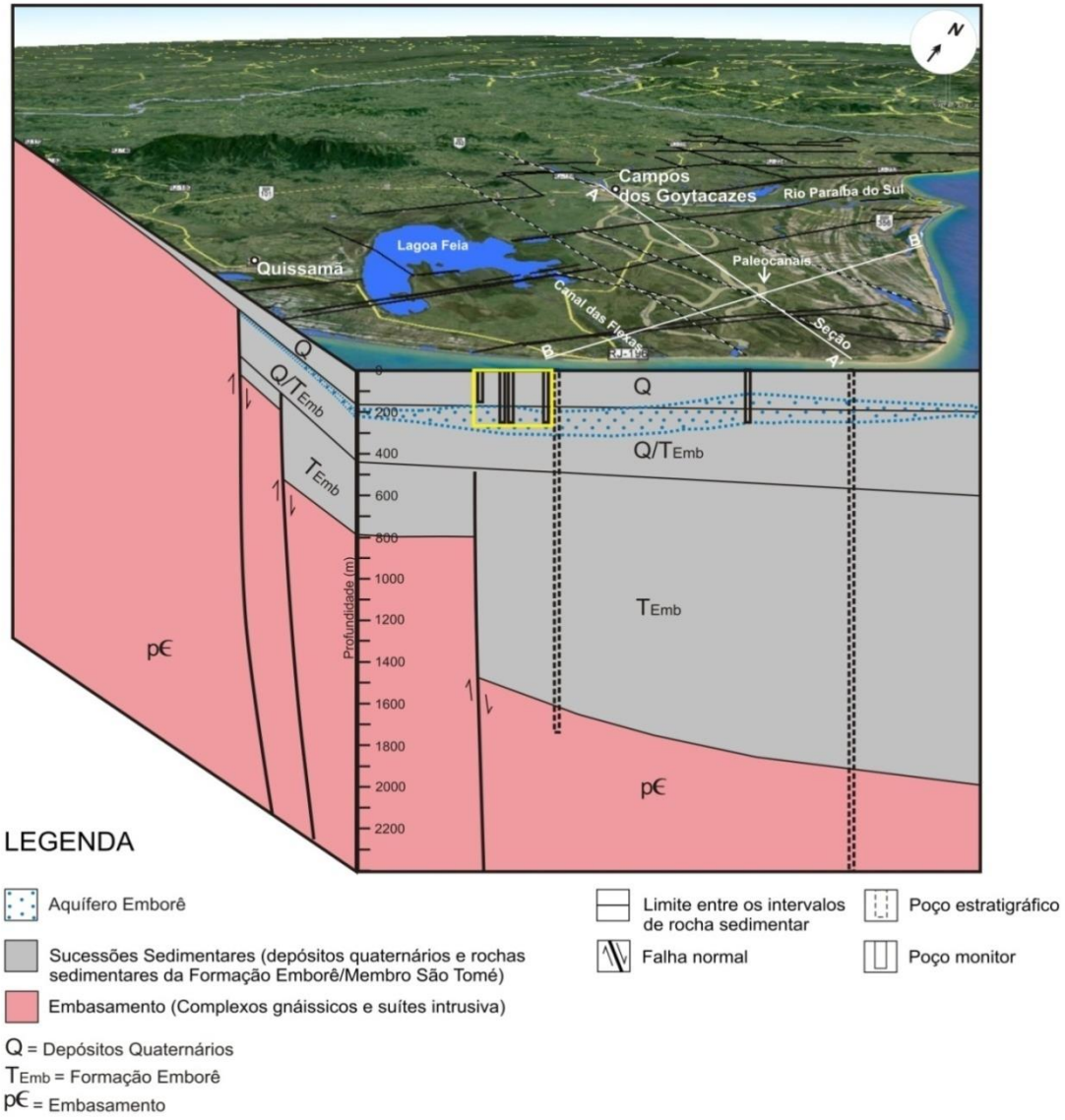
Modelo Hidrogeológico

Mapa Hidrogeológico da Área do Estudo.



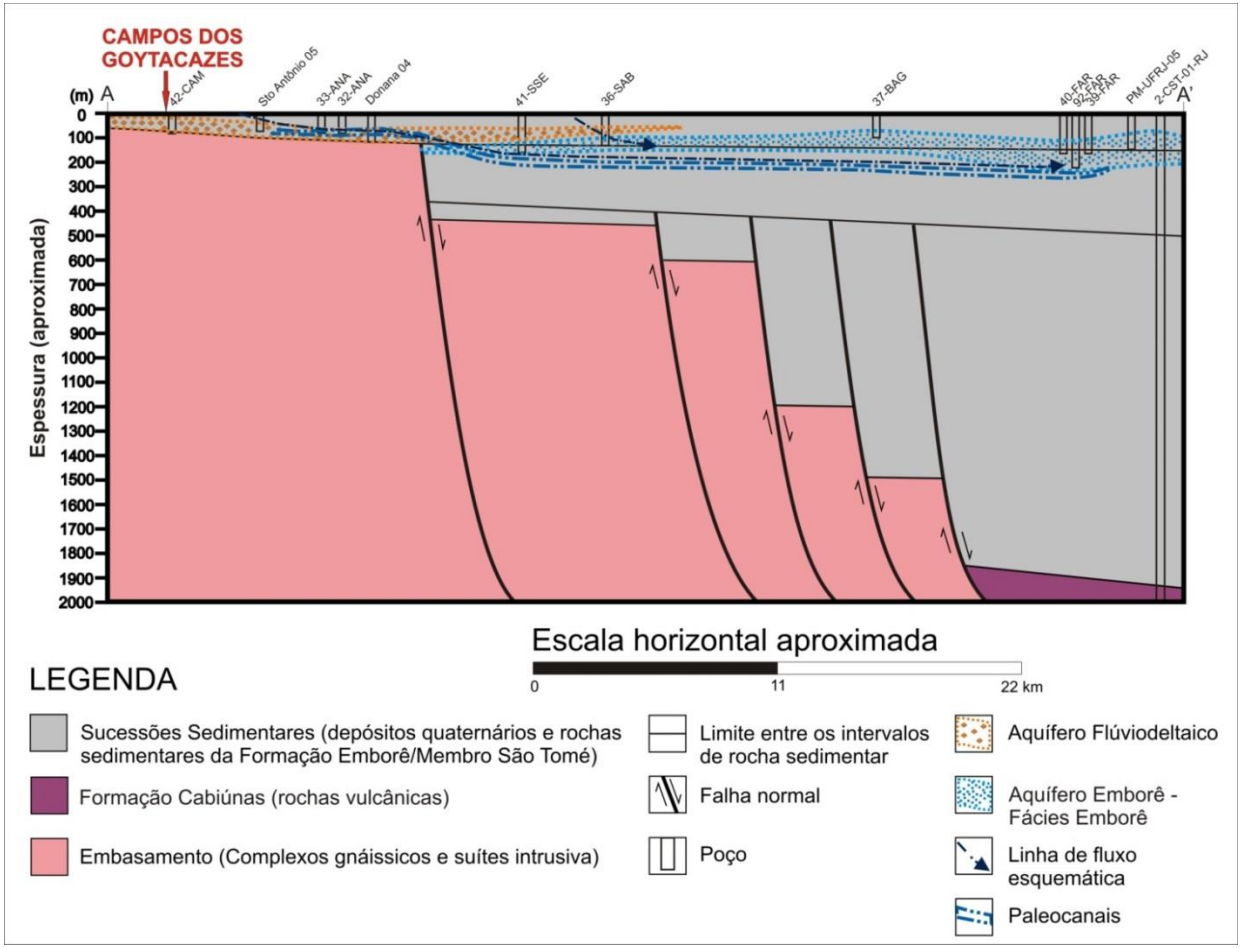
RESULTADOS

Modelo Hidrogeológico

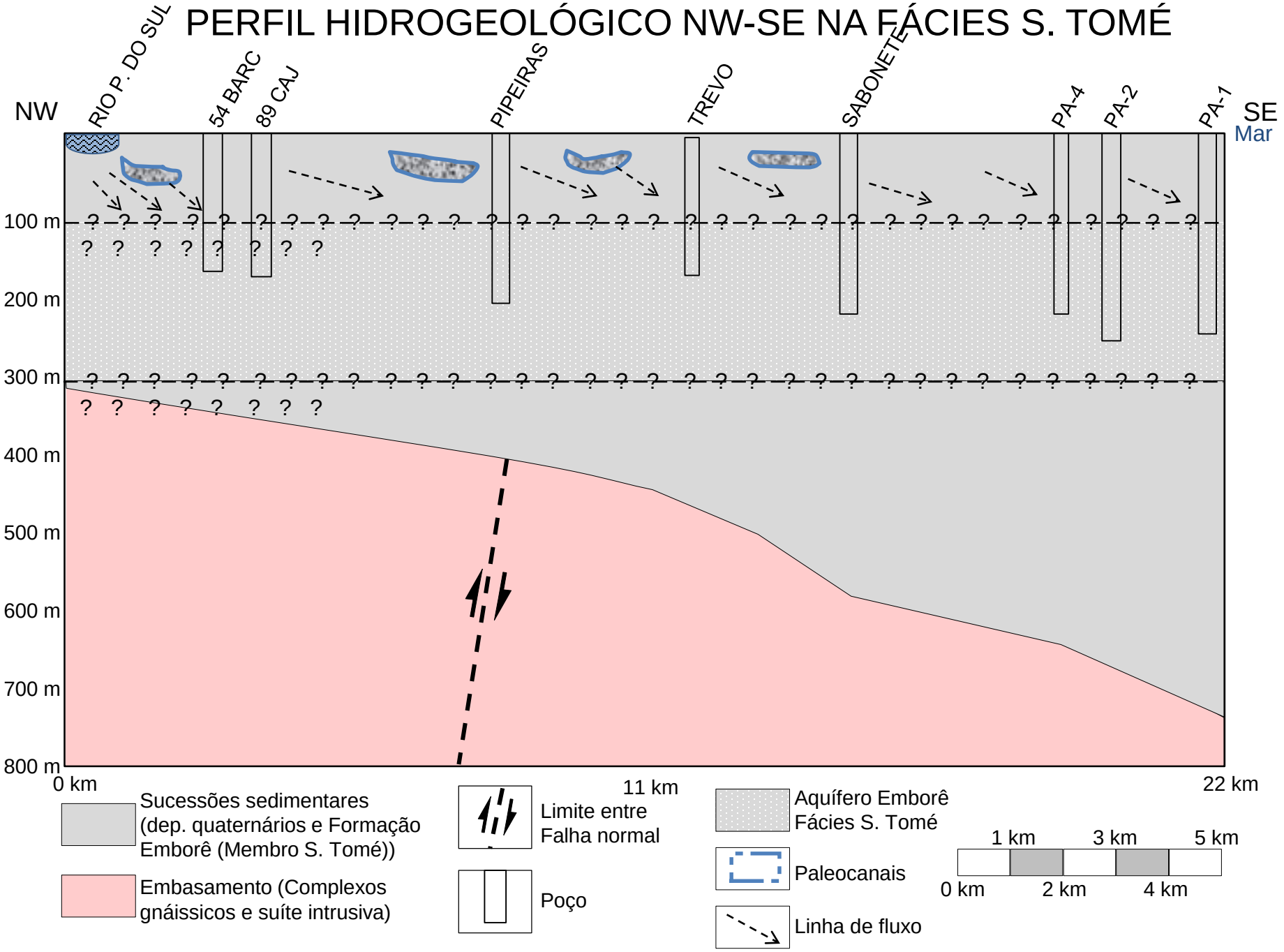


RESULTADOS

Modelo Hidrogeológico



PERFIL HIDROGEOLÓGICO NW-SE NA FÁCIES S. TOMÉ



DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

- Estimular novas abordagens com uso das ferramentas da sedimentologia e estratigrafia, geologia estrutural, mecânica das rochas, diagênese para a caracterização das heterogeneidades e da simulação de fluxo em aquíferos sedimentares constitui um desafio importante do conhecimento hidrogeológico.
- Com a escassez de dados hidrogeológicos continuando a ser um desafio para a maioria dos estudos, métodos geofísicos e raciocínio geológico são muitas vezes usados para interpolar estruturas subsuperficiais entre dados pontuais.
- Assim a necessidade nunca foi tão grande para a cooperação entre hidrogeólogos e outros geocientistas para criação de uma base mais robusta para a simulação do fluxo nos sistemas heterogêneos de água subterrânea.

BIBLIOGRAFIA

ASMUS, H. E. 1969 Estudo preliminar da Bacia de Campos: in Toffoli, L.C. Ed.: Margem Continental Brasileira PETROBRÁS DEXPRO/DIVEX, Rio de Janeiro V.1, pp. 31-40

BARRETO, A. B. C., MONSORES, A. L. M., LEAL, A. S. e PIMENTEL, J. 2001 Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro: Estudo Geo-ambiental e Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica. Projeto Rio de Janeiro - CD

BETTINI, C. *ET AL*.. Modelagem estratigráfica de reservatórios terrígenos: aplicação à avaliação do potencial hídrico da bacia de Resende (RJ). UFRJ, CPRM, ON. Rio de Janeiro. RJ. 2004.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei nº 9.433 de 8/1/1997.LEGISLAÇÃO BÁSICA, 2002. MMA/SRH. 76 p.

BRÊDA, T. C., 2012. Análise Multiescalar da Formação Barreiras na área emersa da Bacia de Campos entre Buzios e Camos dos Goytacazes. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, 117p.

BRÊDA, T., MELLO, C., DA SILVA JUNIOR, G., ALVES, M. DA G., & NEIVA, E., 2018. Caracterização Petrográfica da Formação Emborê com Base em Dados dos Poços 2-CST-1-RJ e 9-BRF-1D-RJ (Região Emersa da Bacia de Campos). Geologia USP. Série Científica, 18(3), 45-58. https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v18-121942

CAETANO, L. C., 2000. Água subterrânea para o Município de Campos dos Goytacazes: uma opção para o abastecimento. Pós-Graduação em Geociências, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 163 p.

CAPUCCI, E. B. 1988. .Mapa de Potencialidades Médias de Água Subterrânea do Estado do Rio de Janeiro, DIN/INX, CEDAE

CAPUCCI, E. B. 2003. Água Subterrânea na Baixada Campista. I SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 1, Petrópolis, 2003. ABAS. p.41-50

CASTRO de, J. C. Deltas Modernos, SBG - Sociedade Brasileira de Geologia - Anais do 1º Simpósio de Geologia do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Rio de Janeiro. Agosto. 1987. 22p.

COSTA, M. C. O. 2010. Caracterização Integrada de Aspectos sedimentares e Hidráulicos do aquífero Barreiras na porção Emersa da Bacia de Campos, RJ. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-Graduação em Geologia. IGEO/UFRJ. Rio de Janeiro, 86p.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1997. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações: Feitosa F.A.C. & Filho, J.M. (coordenadores) CPRM, LABHID-UFPE,

CPRM - Serviço Geológico:do Brasil. Rio de Janeiro. 2001. Projeto Rio de Janeiro (geologia, geomorfologia, geoquímica, geofísica, recursos minerais, economia mineral, hidrogeologia, estudos de chuvas intensas, solos, aptidão agrícola, uso e cobertura do solo, inventário de escorregamentos, diagnóstico geoambiental). Rio de Janeiro: CPRM: CD;

Crumbling, D.M., Griffith, J., Power, D.M. – Improving decision quality: making the case for adopting next generation site characterization practices. Remediation. The Journal of Environmental Clean-up Costs,Technologies & Technics 13(2) 91- 111 (Spring, 2003)http://cluin.org;/download/char/spring2003v13n2p91.pdf

Departamento de Recursos Minerais - DRM-RJ. Projeto carta geológica 1: 50.000, folhas Morro do Côco, Barra Seca, Itabapoana, Travessão, São João da Barra, Campos, Muçurepe, Lagoa Feia e Farol de São Tomé; relatório final. Niterói, 1980. 3v.

Departamento de Recursos Minerais - DRM-RJ. Perfil Geo-Econômico do Município de Campos, Queiroz M., Niterói, Dez/1990.28p.

FETTER, C.W., 1994. Applied Hydrogeology, 3rd Ed. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.. 691p.

FONSECA, M. J. G. 1998. Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. DNPM. 141p.

GAMA Jr., E. G. 1977. Sistemas Deposicionais e Modelo de Sedimentação das Formações Campos e Emborê, Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil. IG/USP Tese de Doutorado... 2v.

BIBLIOGRAFIA

HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES, A. C., CAMPOS NETO, M. C., SILVA, L. C., TROUW, R. A. J. e JANASI, B. A. in MANTESSO NETO, V., ARTORELLI, A. C., DAL RÉ CARNEIRO, C. E BRITO NEVES, B. B. (orgs) Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flavio Marques de Almeida. Editora Beca pp. 203-235. 2004

LAMEGO, Alberto R., A bacia de Campos na geologia litorânea do Petróleo. DNPM. Rio de Janeiro.1944. (Boletim 113). 69p.

LAMEGO, Alberto R. 1955. Geologia das quadrículas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexé. DNPM. Rio de Janeiro.. 60p. (Boletim 154)

MARTIN, L., Suguio, K., Dominguez, J.M.L. e Flexor, J-M. 1997. Geologia do Quaternário costeiro do Litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. CPRM. Belo Horizonte. 112p.

MORAIS, R. M. O. Estudo faciológico da Formação Barreiras na região entre Marica e Barra de Itabapoana, estado do Rio de Janeiro. 2001. 113 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001

PAIVA, H. M. F. Estudo hidrogeológico para o abastecimento de Santa Clara, São Francisco de Paula e Guaxindiba no litoral norte do estado do Rio de Janeiro. São Paulo, GEOPLAN / CEDAE, 1996. 100 p. Anexos

PORTO, C. *et al.*, 2003. Minerais Pesados em Quissamã – Convenio FUJB/UFRJ – DRM (Processo 083-4) – novembro 2003. Rio de Janeiro. 48p

PETROBRÁS. Petróleo Brasileiro S.A. 1987., Mapa em Profundidade de Topo do Embasamento ou Basalto, Escala 1:100.000, Rio de Janeiro. DESUD/DIRSUL.

PETROBRÁS. Petróleo Brasileiro S.A. 1960. Final Geological Completion Report CSTst-1-RJ (Cabo de São Tomé), de Freitas, E. B. Rio de Janeiro.

QUELLON, T., LEFEBVRE, R., MARCOTTE, D., BOUTIN, A., BLAIS, V., PARENT, M. – Hydraulic Conductivity heterogeneity of a local aquifer system from the kriged 3D distribution of hydrofacies from borehole logs, Valcartier, Canada. Journal of Hydrology, (2008) 351 71-86 = Elsevier, available at www.sciencedirect jpurnal homepage www.elsevier.com/locate/hydrol

RAMOS, I. S., Delimitação, Caracterização e Cubagem da região de exploração de argila no município de Campos dos Goytacazes. LECIV UENF SETEMBRO 2000 – Campos dos Goytacazes, RJ

RANGEL, H. D. MARTINS, F. A., ESTEVES, F. R. e FEIJÓ, F. J. 1994 Bacia de Campos. Boletim de Geociências da Petrobrás, v.8 n.1 pp. 203-217 jan/mar-1994

RIBEIRO, C. S. Influência da tectônica pós-deposicional na distribuição da Formação Barreiras entre o rio Paraíba do Sul (RJ) e rio Doce (ES). 2010. 163 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SCANLON, B. R. & DUTTON, A. Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin, and Marios Sophocleous, Kansas Geological Survey, Lawrence, KS. 2003.

SCHALLER, H. 1973. Estratigrafia da Bacia de Campos, In: Anais do XXVII Congresso de Geologia, v. 3. SBG. Aracaju, SE. Out. p. 247– 258.

SILVA, C. G. 1987. Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul, 1º Simpósio de Geologia do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Rio de Janeiro. SBG - 48p.

SILVA, C. G. 1987. Estudo da Evolução Geológica e Geomorfológica da Região da Lagoa Feia, RJ. Instituto de Geociências – Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado. 160p.

SUGUIO, K. 1981. Roteiro de Excursão Geológica à Região do Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro), SBG - Sociedade Brasileira de Geologia, Centro de Pesquisas e Desenvolvimentos Leopoldo A. Miguez de Mello (CENPES PETROBRÁS), Instituto de Geociências da USP e Instituto de Geociências da UFRJ - IV Simpósio do Quaternário no Brasil, Publicação Especial n.º 2, Rio de Janeiro.

WINTER *et al.*, 2007 – Bacia de Campos. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 511-529, maio/nov. 2007

Obrigado