



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

Bruno Lopes Gomes

DADOS LITOLÓGICOS (AMOSTRAS DE CALHA E INTERPRETAÇÃO
DE PERFIS DE RAIOS GAMA) DE POÇOS DE ÁGUA NA REGIÃO DE
QUISSAMÃ (RJ)

Trabalho Final de Curso
(Geologia)

UFRJ
Rio de Janeiro
2013



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

DADOS LITOLÓGICOS (AMOSTRAS DE CALHA E INTERPRETAÇÃO
DE PERFIS DE RAIOS GAMA) DE POÇOS DE ÁGUA NA REGIÃO DE
QUISSAMÃ (RJ)

Bruno Lopes Gomes

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), apresentado como requisito para obtenção do grau em Geologia.

Orientador:
Prof. Dr. Claudio Limeira Mello

UFRJ
Rio de Janeiro
2013

GOMES, Bruno Lopes

DADOS LITOLÓGICOS (AMOSTRAS DE CALHA E INTERPRETAÇÃO DE PERFIS DE RAIOS GAMA) DE POÇOS DE ÁGUA NA REGIÃO DE QUISSAMÃ (RJ)

Bruno Lopes Gomes – Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Geociências, 2013.

37 f.

Orientador: Claudio Limeira Mello

Trabalho Final de Curso: Graduação em Geologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia.

1. Aquífero sedimentar. 2. Perfilagem Geofísica. 3. Rio de Janeiro.



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

DADOS LITOLÓGICOS (AMOSTRAS DE CALHA E INTERPRETAÇÃO
DE PERFIS DE RAIOS GAMA) DE POÇOS DE ÁGUA NA REGIÃO DE
QUISSAMÃ (RJ)

Bruno Lopes Gomes

Trabalho Final de Curso de Graduação em
Geologia do Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Rio de Janeiro
(UFRJ), apresentado como requisito para
obtenção do grau em Geologia.

Orientador:
Prof. Dr. Claudio Limeira Mello

Aprovada em: 20 de dezembro de 2013

Por:

Orientador: Prof. Dr. Claudio Limeira Mello (Depto. Geologia, IGEO/UFRJ)

Prof. Dr. Gerson Cardoso da Silva Junior (Depto. Geologia, IGEO/UFRJ)

Prof.^a Dr.^a Maria da Glória Alves (Universidade Estadual do Norte Fluminense)

UFRJ
Rio de Janeiro
2013

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor Claudio Limeira Mello, pela orientação, amizade e por ser o exemplo de profissional que sempre tentarei seguir.

A toda equipe do Grupo de Pesquisa sobre a Evolução Geológica de Terrenos Sedimentares Cenozoicos e do Laboratório de Hidrogeologia da UFRJ, por todo o ensinamento que me foi passado durante todo o meu estágio nesse projeto. Agradeço, em especial, a Thaís Coelho Brêda (Thaisinha), Talita Azevedo da Silva, Glauco Zely da Silva Eger e Vinícius do Nascimento Cristo, pela parceria nos trabalhos de campos e nas atividades de laboratório essenciais para a realização do presente estudo.

A todos os outros amigos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para realização desse trabalho.

RESUMO

GOMES, Bruno Lopes. **DADOS LITOLÓGICOS (AMOSTRAS DE CALHA E INTERPRETAÇÃO DE PERFIS DE RAIOS GAMA) DE POÇOS DE ÁGUA NA REGIÃO DE QUISSAMÃ (RJ)**. Rio de Janeiro, 2013. 37 f. Trabalho Final de Curso (Geologia), Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

O presente trabalho teve como objetivo interpretar perfis geofísicos de raios gama e descrições litológicas de amostras de calha de quatro poços de água na região de Quissamã (RJ), buscando avaliar as heterogeneidades deposicionais presentes. As amostras de calha foram coletadas a cada dois metros, seguida pela execução de perfilagem geofísica, que era realizada ao término da execução da perfuração, e antes da instalação do revestimento dos poços. A descrição das amostras de calha e a interpretação da perfilagem geofísica permitiram definir dois perfis estratigráficos para cada poço estudado. As amostras de calha ajudaram na identificação das características litológicas dos poços em geral. A interpretação da perfilagem geofísica permitiu a identificação mais precisa dos limites entre depósitos com diferentes litologias. Através da correlação dos poços, foram identificados três principais intervalos litológicos nos poços estudados: o primeiro, no topo, composto por camadas arenosas; o segundo com intercalações de camadas arenosas e lamosas, assim como o terceiro, que também apresenta camadas intercaladas, porém com um claro predomínio de camadas arenosas. Foi possível subdividir estratigraficamente o registro descrito nos poços em duas unidades: os cordões litorâneos pleistocênicos, em torno dos 30 primeiros metros; e um padrão litológico dominado por camadas arenosas, com intercalações de camadas lamosas, que pode ser associado à Formação Emborê. Mesmo como a restrição espacial dos dados é possível observar na área estudada uma condição favorável à formação de bons aquíferos.

Palavras-chave: Aquífero sedimentar; Perfilagem Geofísica; Rio de Janeiro.

ABSTRACT**LITHOLOGICAL DATA (CUTTING SAMPLES AND INTERPRETATION OF GAMMA RAY GEOPHYSICAL LOGS) FROM WATER WELLS IN THE REGION OF QUISSAMÃ (RJ).**

The present study aimed to interpret gamma ray logs and lithologic descriptions of cutting samples from four water wells in the region of Quissamã (Rio de Janeiro state, Southeastern Brazil) seeking to assess the depositional heterogeneities. The cutting samples were collected through every two meters, followed by execution of geophysical logging, which was performed at the end of the drilling, and before installation of coating in the wells. The description of the cutting samples and gamma ray logs allowed define two stratigraphic profiles for each well studied. The cutting samples helped in identifying the general lithologies of the wells. The interpretation of geophysical logs enabled more accurate identification of boundaries between deposits with different lithologies. By correlating the wells three major lithological intervals were identified: first, on the top, consisting of sand layers; the second is characterized by interbedded sandy and muddy layers; the third interval also includes interbedded sandy and muddy layers, but with a clear predominance of sandy layers. It was possible to subdivide the stratigraphic record into two units: the Pleistocene ridges, around the first 30 meters; and a lithologic pattern dominated by sandy layers interbedded with muddy layers, which can be associated with Emborê Formation. Even with the spatial restriction of the data, it can be observed in the study area a favorable condition for the formation of good aquifers.

Keywords: Sedimentary aquifer; Geophysical Logs; Rio de Janeiro.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Mapa de localização da área de estudo e principais acessos (modificado de Brêda, 2012)_____	12
Figura 2:	Domínios tectono-magmáticos do estado do Rio de Janeiro e áreas adjacentes (SILVA & CUNHA, 2001). Está indicada a localização da área de estudo._____	13
Figura 3:	Mapa geológico da área de estudo (SILVA & CUNHA, 2001, modificado por BRÊDA, 2012)_____	15
Figura 4:	Coluna estratigráfica da Bacia de Campos e seus principais estágios evolutivos, segundo Winter <i>et al.</i> (2007 - modificado). Em destaque, observa-se o intervalo da Formação Emborê, que é de interesse a esse estudo._____	16
Figura 5:	Coluna estratigráfica da Bacia de Campos (SCHALLER, 1973)_____	19
Figura 6:	Seção-tipo da Formação Emborê, no poço 1-RJS-3 (SCHALLER, 1973)_____	19
Figura 7:	Distribuição estratigráfica das unidades definidas por Gama Jr.(1977)_	22
Figura 8:	Comparação dos diagramas estratigráficos da Bacia de Campos de Rangel <i>et al.</i> (1994) e Winter <i>et al.</i> (2007), mostrando, nesta, a inclusão da Formação Barreiras como sendo cronocorrelata à Formação Emborê_____	23
Figura 9:	Distribuição espacial dos depósitos terciários/quaternários na Bacia de Campos, segundo Machado <i>et al.</i> (2004) _____	24
Figura 10:	Máquina perfuratriz rotativa. Foto do autor _____	25
Figura 11:	Esquema de funcionamento da perfilagem por raio gama (FREIMANN, 2012)_____	28
Figura 12:	Correlação dos poços estudados. Perfis elaborados com base na perfilagem geofísica por raio gama _____	34

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO	11
3. ÁREA DE ESTUDO	12
3.1. Geologia Regional	13
3.1.1 Bacia de Campos	15
3.2. Formação Emborê	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1. Materiais de estudo	25
4.2. Perfilagem geofísica por Raio Gama (RG)	26
4.3. Etapas do trabalho	28
5. RESULTADOS	30
5.1. Poço 1	30
5.2. Poço 2	30
5.3. Poço 3	31
5.4. Poço 4	31
5.5. Correlação dos poços	33
6. CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

As áreas sedimentares do Estado do Rio de Janeiro são bastante restritas, correspondendo, especialmente, à área emersa da bacia de Campos, aos terrenos associados às bacias de Resende, de Volta Redonda e do Macacu, além das planícies costeiras e aluviões em geral pouco desenvolvidos (BARRETO *et al.*, 2000). Segundo estes autores, o conhecimento das propriedades dos aquíferos desses sedimentos é ainda incipiente.

Os aquíferos sedimentares apresentam uma característica heterogeneidade sedimentar, que influencia fortemente a variabilidade espacial da condutividade hidráulica e o fluxo do fluido (EZZY *et al.*, 2006). O entendimento das relações entre as heterogeneidades de reservatórios sedimentares e os atributos de arquitetura e geometria das distintas litofácies, em diferentes escalas de observação, possibilita o modelamento geométrico de reservatórios e posterior simulação de fluxo em seus respectivos contextos permoporosos (COSTA, 2010).

A maioria das informações obtidas em estudos hidrogeológicos é proveniente de dados de sondagem de poços. Para um melhor aproveitamento desses dados, buscam-se formas mais adequadas de tratamento e interpretação dessas informações. No presente estudo, buscou-se a caracterização de quatro poços de água com base na análise integrada de amostras de calha e na interpretação de perfilagem geofísica do tipo Raio Gama, de forma a descrever a heterogeneidade litológica da área em estudo.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo principal elaborar e interpretar perfis geológicos de poços de água perfurados no município de Quissamã, RJ, através da análise de perfilagens geofísicas e descrição de amostras de calha.

Como objetivo específico, buscou-se avaliar a continuidade lateral dos principais intervalos litológicos identificados, através da correlação dos perfis dos poços investigados.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de interesse do presente trabalho localiza-se no município de Quissamã, na porção costeira da região Norte do Estado do Rio de Janeiro. A rodovia federal BR-101 é o principal acesso para a área de estudo, ligando as cidades do Rio de Janeiro e a cidade de Quissamã (o acesso para esta cidade está na altura do km 125 da BR-101, entre o Rio de Janeiro e Campos dos Goytacazes). A rodovia estadual RJ-196 liga a BR-101 ao centro de Quissamã (Figura 1). As rodovias estaduais RJ-106 e RJ-178 também podem ser utilizadas como acesso do Rio de Janeiro para Quissamã.

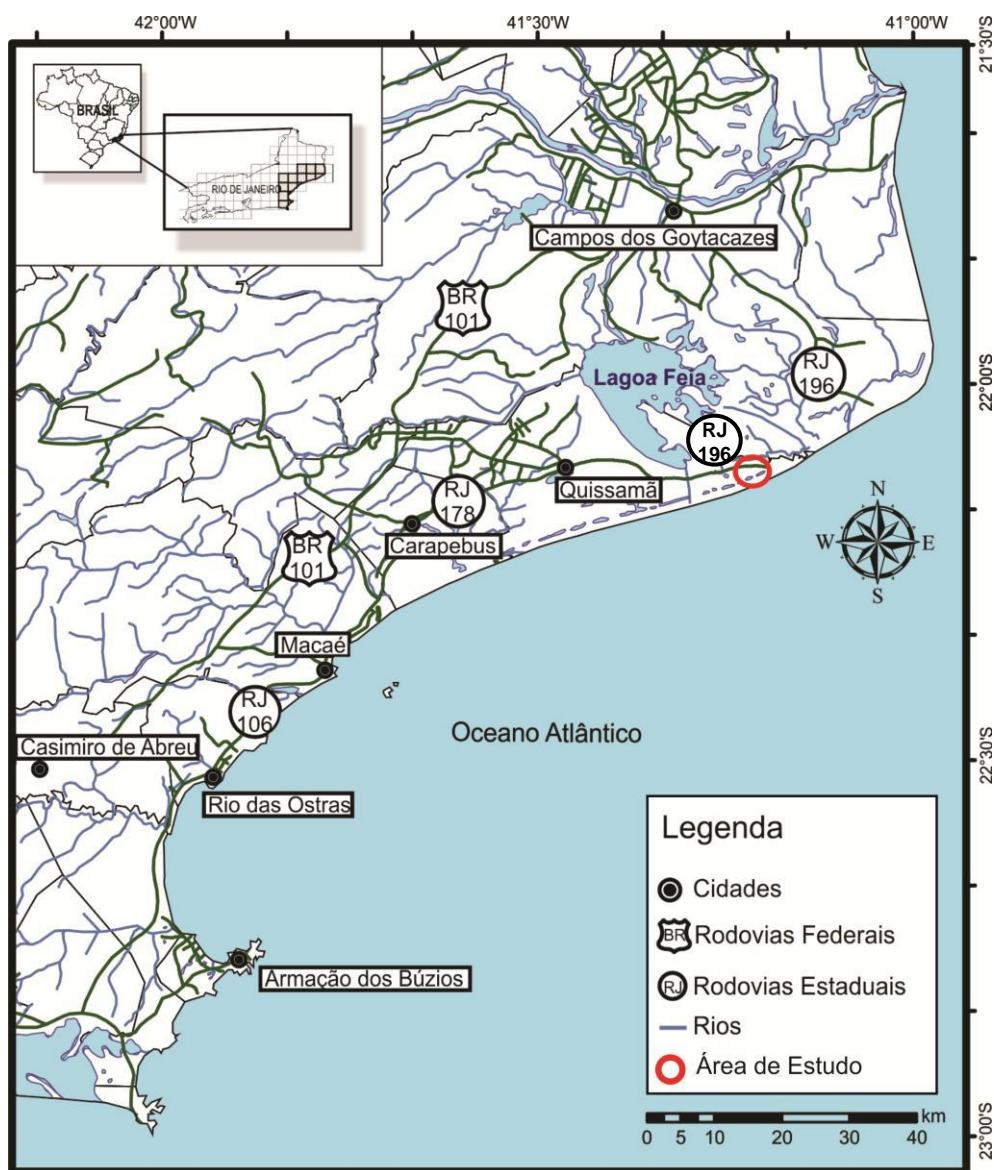


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo e principais acessos (modificado de BRÊDA, 2012).

A área de estudo está situada na porção emergida da bacia de Campos e, dentro do contexto geomorfológico regional, está inserida na Região dos Terraços e Planícies Fluviais e/ou Flúvio-marinhos, segundo Silva (2002).

3.1. Geologia Regional

A porção emergida da bacia sedimentar de Campos, localizada no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, está geotectonicamente contida na Província Mantiqueira (ALMEIDA *et al.*, 1981), caracterizada como a mais complexa província estrutural afetada pelo Ciclo Orogênico Brasileiro (Neoproterozoico/Cambriano) na América do Sul, representando uma entidade geotectônica com franca orientação NE, instalada a leste do Cráton do São Francisco.

A região engloba terrenos pré-cambrianos associados aos domínios tectono-magmáticos da Serra do Mar e Região dos Lagos (Figura 2), os quais sofreram efeitos das orogêneses neoproterozoicas, caracterizadas pelo metamorfismo e fusão parcial das rochas supracrustais e infracrustais, pela deformação compressional de baixo e alto ângulo, seguida de cisalhamento transcorrente de expressão regional, e pela colocação de diversos corpos granitoides de dimensões muito variadas (SILVA & CUNHA, 2001).

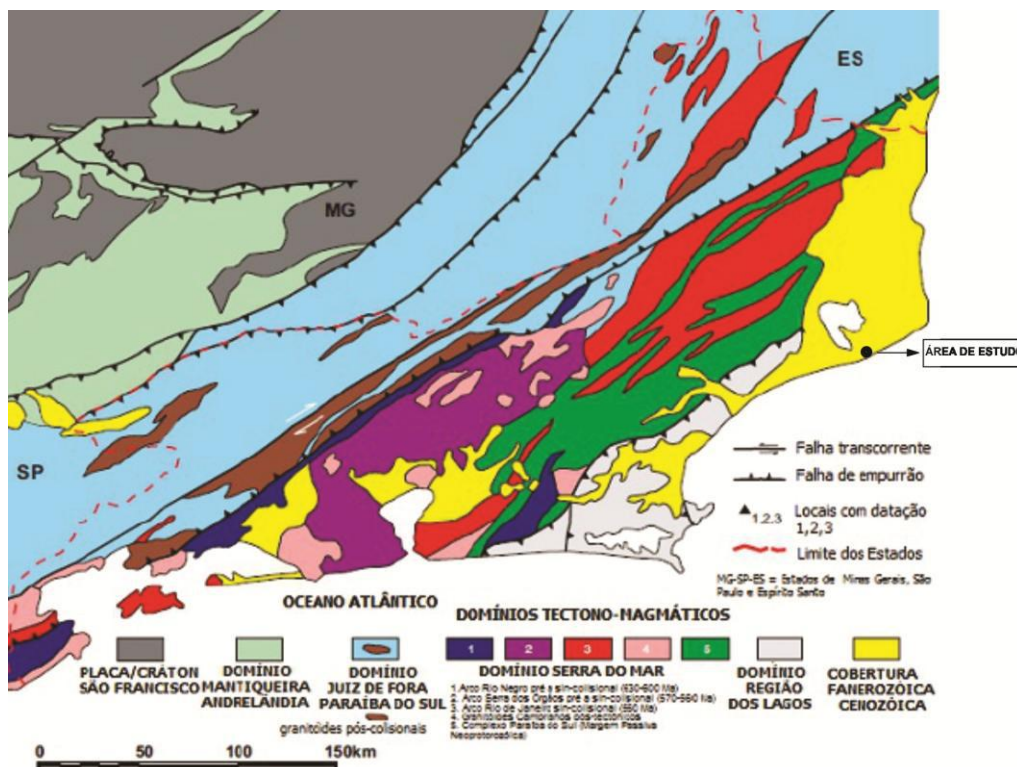


Figura 2: Domínios tectono-magmáticos do estado do Rio de Janeiro e áreas adjacentes (SILVA & CUNHA, 2001). Está indicada a localização da área de estudo.

O domínio Serra do Mar ocupa a região centro-oriental do estado do Rio de Janeiro e é composto por uma sucessão de arcos magmáticos, que mostram uma marcante polaridade temporal e composicional de W para E. É caracterizado ainda por supracrustais que sofreram metamorfismo de baixa P/alta T, na fácies anfibolito, com abundante fusão parcial *in situ* (Complexo Paraíba do Sul). Além dos granitoides orogênicos, o domínio apresenta um expressivo número de plútons pós-tectônicos, circunscritos, de idade cambriana (SILVA & CUNHA, 2001).

O domínio Região dos Lagos, o mais oriental da província, é constituído por ortognaisses paleoproterozoicos e por supracrustais pertencentes ao Complexo Búzios, interpretadas como remanescentes de um retroarco metamorfizado na fácies anfibolito superior, em evento colisional com cavalgamento para NW, sobre o Domínio Serra do Mar no Cambriano, durante os estágios terminais da colagem Brasileira (SILVA & CUNHA, 2001).

Além das províncias pré-cambrianas, a região apresenta uma extensa cobertura sedimentar cenozoica, onde se encontra a área de estudo deste trabalho. A cobertura sedimentar cenozoica na região estudada envolve os depósitos da Formação Barreiras e depósitos quaternários, estes divididos em sedimentos colúvio-aluvionares, flúvio-lagunares e marinhos, como pode ser observado na **Figura 3**. Em subsuperfície, de acordo com os registros estratigráficos descritos para a Bacia de Campos (Winter *et al.*, 2007), ocorreriam na área de estudo os depósitos siliciclásticos da Formação Emborê (discutidos adiante).

Martin *et al.* (1997) dividem os depósitos de idade quaternária reconhecidos na área emersa da bacia de Campos em:

- terraços marinhos pleistocênicos - sedimentos arenosos brancos em superfície e acastanhados em profundidade, devido à impregnação por matéria orgânica;
- terraços marinhos holocênicos - depósitos arenosos brancos, podendo conter grandes quantidades de conchas e apresentando alinhamentos de cristas praias. Ocorrem de maneira contínua ao longo do litoral, podendo variar sua extensão de algumas dezenas de metros até vários quilômetros na desembocadura do rio Paraíba do Sul;
- depósitos lagunares holocênicos - sedimentos sílticos e/ou areno-argilosos, ricos em matéria orgânica, frequentemente contendo grande quantidade de conchas de moluscos, encontrados nas zonas rebaixadas entre os terraços pleistocênicos e

holocênicos ou nos cursos inferiores de grandes vales não preenchidos por sedimentos fluviais;

- depósitos aluviais e coluviais - sedimentos arenosos e argilo-arenosos, bem desenvolvidos nos vales fluviais principais (rios Paraíba do Sul e Macabu).

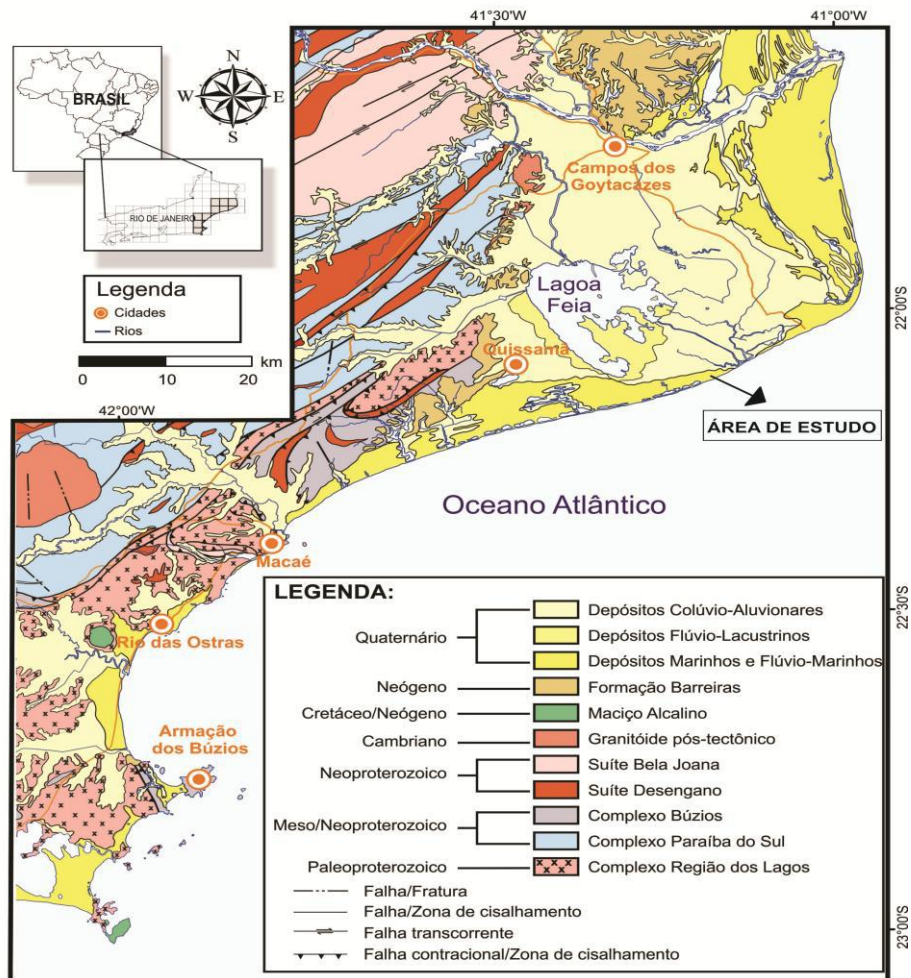


Figura 3: Mapa geológico da área de estudo (SILVA & CUNHA, 2001, modificado por BRÊDA, 2012).

Os poços estudados neste trabalho foram localizados em cima dos cordões litorâneos pleistocênicos.

3.1.1. Bacia de Campos

A Bacia de Campos, juntamente com as demais bacias da margem continental do Brasil, é classificada como uma bacia sedimentar de margem continental divergente, tendo sua evolução relacionada aos movimentos distensivos que resultaram na

separação dos continentes sul-americano e africano, iniciados no Jurássico Final/ Cretáceo Inicial (BIZZI *et al.*, 2003).

Diversos estudos sobre a estratigrafia da Bacia de Campos foram realizados, sendo a coluna estratigráfica mais recente proposta por Winter *et al.* (2007). Segundo esta coluna (**Figura 4**), a evolução da bacia pode ser dividida em três fases tectônicas: Rifte, Pós-rifte e Drifte.

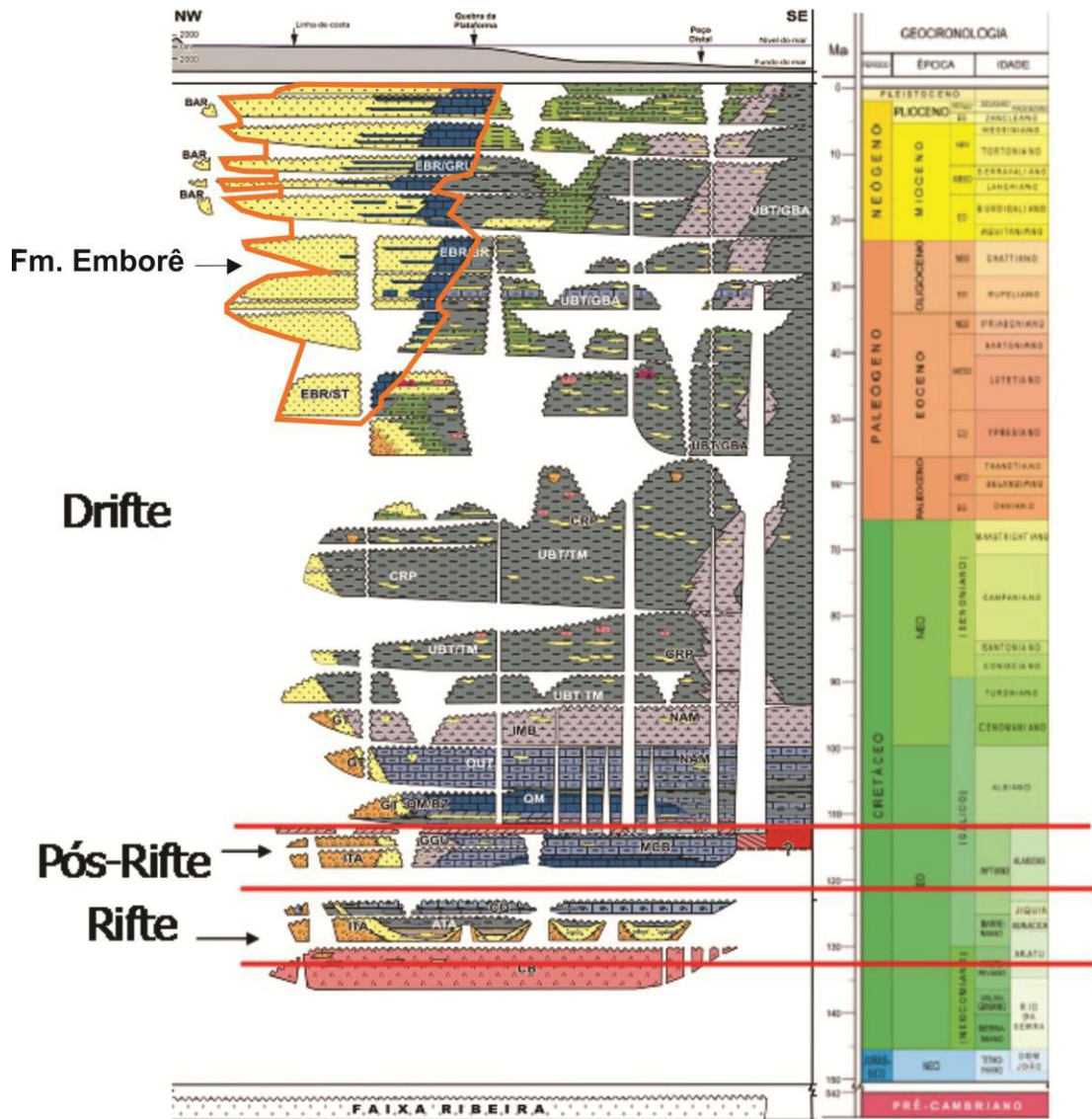


Figura 4: Coluna estratigráfica da Bacia de Campos e seus principais estágios evolutivos, segundo Winter *et al.* (2007 - modificado). Em destaque, observa-se o intervalo da Formação Emborê, que é de interesse a esse estudo.

Na fase Rifte (do Hauteriviano ao início do Aptiano), sobre os basaltos da Formação Cabiúnas, depositaram-se sedimentos continentais pertencentes às formações Itabapoana (conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos avermelhados proximais da

borda de falha da bacia), Atafona (arenitos, siltitos e folhelhos) e Coqueiros (intercalações de folhelhos e carbonatos lacustres). Estas formações correspondem à porção inferior do Grupo Lagoa Feia.

Durante a fase Pós-rifte (final do Aptiano), a sedimentação denota um ambiente transicional (lagunar a marinho restrito). As rochas sedimentares pertencentes a esta fase foram incluídas nas formações Itabapoana, Gargaú e Macabu (rochas carbonáticas, margas e arenitos), e Retiro (evaporitos), também pertencentes ao Grupo Lagoa Feia.

A fase Drifte da bacia (do Albiano ao Recente) é representada por sedimentos associados a ambientes desde plataforma rasa até marinho profundo, sendo marcada por episódios transgressivos e regressivos. As rochas formadas durante esta fase foram divididas em dois grupos: Macaé e Campos.

O Grupo Macaé (Albiano-Cenomaniano) é composto pelas formações Goitacás (porção proximal, composta principalmente por conglomerados), Quissamã (calcarenitos oolíticos de ambiente de alta energia), Outeiro (sedimentação pelágica resultante do afogamento da plataforma rasa em resposta a subida relativa do nível do mar), Imbetiba (margas de porções distais da bacia) e Namorado (arenitos provenientes de fluxos hiperpicnais).

No Grupo Campos (Turoniano ao Recente) estão incluídas as formações Carapebus, Ubatuba, Emborê e Barreiras, que marcam um evento transgressivo até o Paleoceno e um evento regressivo do Paleoceno até o Recente.

Os depósitos da Formação Carapebus e da Formação Ubatuba (membros Tamoio e Geribá) caracterizam uma sedimentação siliciclástica fina com corpos arenosos originados por fluxos hiperpicnais, de ambiente marinho profundo.

A Formação Emborê (Turoniano ao Recente) corresponde a uma unidade estratigráfica que também ocorre na parte emersa da Bacia de Campos. Esta formação é dividida em três membros: São Tomé (Turoniano ao Recente), composto por sedimentos conglomeráticos e areníticos de fan-deltas e deltas; Grussaí (Eoceno ao Recente), representado por carbonatos plataformais - calcarenitos e calcirruditos bioclásticos, principalmente constituídos por algas vermelhas, quartzosos, com matriz micrítica (*packstone*), diamictitos e intercalações de arenitos maciços ou laminados, siltitos argilosos, folhelhos e margas; e Siri (Oligoceno ao Mioceno), que corresponde a corpos de rochas carbonáticas formadas por bancos recifais de algas vermelhas.

A Formação Barreiras (Mioceno-Plioceno) ocorre apenas na porção emersa da Bacia de Campos e é caracterizada predominantemente por arenitos, com lamitos intercalados, em geral bastante ferruginizados, associados a ambiente fluvial entrelaçado (MORAIS, 2001; MORAIS *et al.*, 2006; WINTER *et al.*, 2007). Na área emersa, os sedimentos da Formação Barreiras ocorrem segundo uma faixa que atravessa a área de estudo na direção NE-SW, interpondo-se entre o domínio das rochas pré-cambrianas e os sedimentos quaternários.

Além das rochas vulcânicas formadas na fase Rifte (Formação Cabiúnas), outras cinco fases de magmatismo são identificadas na bacia de Campos, ocorridas no Aptiano-Albiano, Santoniano-Campaniano, Cretáceo-Paleógeno, Eoceno inicial e Eoceno médio (WINTER *et al.*, 2007).

3.2. Formação Emborê

Conforme o Léxico Estratigráfico do Brasil de 1984, a Formação Emborê foi definida por Schaller (1973), no trabalho em que foi formalizada a primeira coluna estratigráfica da Bacia de Campos (**Figura 5**). Desde então foram poucos os trabalhos dedicados a esta unidade, sendo o estudo desenvolvido por Gama Jr. (1977) aquele de maior detalhamento dos seus depósitos.

Para Schaller (1973), a Formação Emborê corresponderia aos depósitos principalmente miocênicos identificados no intervalo de até 1.450 metros do poço 1-RJS-3 (seção-tipo), perfurado pela Petrobrás sobre a plataforma continental, a cerca de 85 km a sudeste da cidade de Campos dos Goytacazes (**Figura 6**).

(SCHALLER, 1973). Esses depósitos foram interpretados como originados em ambientes costeiros e neríticos rasos, em grande parte constituídos por sistemas deltaicos de alta energia, do tipo “fandelta” (SCHALLER, 1973).

Schaller (1973) definiu ainda a fácies São Tomé, que foi descrita como sedimentos clásticos continentais vermelhos que ocorrem ao longo da borda oeste da bacia, em limite lateralmente gradacional com as formações Campos e Emborê (**Figura 5**), tendo relação estratigráfica desconhecida com a Formação Barreiras (aflorante). No diagrama estratigráfico da Bacia de Campos proposto por Winter *et al.* (2007) – **Figura 4**, a Formação Barreiras é apresentada como cronocorrelata à porção superior da Formação Emborê.

Gama Jr. (1977) definiu 2 litofácies e 1 unidade sismoestratigráfica para a Formação Emborê (**Figura 7**):

- litofácies Emborê - caracterizada por areias inconsolidadas a arenitos, quartzosos, de granulometria média a grossa, moderadamente a bem selecionados, com grãos arredondados a bem arredondados, e presença de matriz argilosa e de uma fraca cimentação carbonática. Esta litofácies apresenta ainda raras intercalações de camadas métricas de argilitos cinzas, piritosos e fossilíferos; intercalações de calcarenitos e calcirruditos formados por bioclastos de algas, foraminíferos, gastrópodes e equinoides, disseminados em matriz micrítica e cimentados por calcita espática; e intercalações de dolomitos compostos por bioclastos de algas vermelhas. Os foraminíferos, nanofósseis e moluscos encontrados nesta unidade indicam idades que se estendem desde o Oligoceno até o Plioceno (GAMA JR., 1977). A litofácies Emborê grada lateralmente para a litofácies São Tomé, em direção ao continente. Sua ocorrência é registrada em todos os poços em mar;

- litofácies São Tomé - esta litofácies só foi reconhecida no poço 2-CST-1-RJ, apresentando uma espessura de 1.100 m. É constituída caracteristicamente por areias grossas a muito grossas e cascalhos mal consolidados, com presença subordinada de areia fina a média. Os depósitos são mal selecionados, afossilíferos (aparentemente) e há presença de uma matriz argilosa vermelha. Esporadicamente, aparecem intercalações de argila vermelha, siltosa. Esta litofácies pode ocorrer sobre rochas basálticas, rochas do embasamento cristalino (na porção mais continental) e sobre a Formação Campos (em direção ao mar). Lateralmente grada para a litofácies Emborê, em direção ao mar;

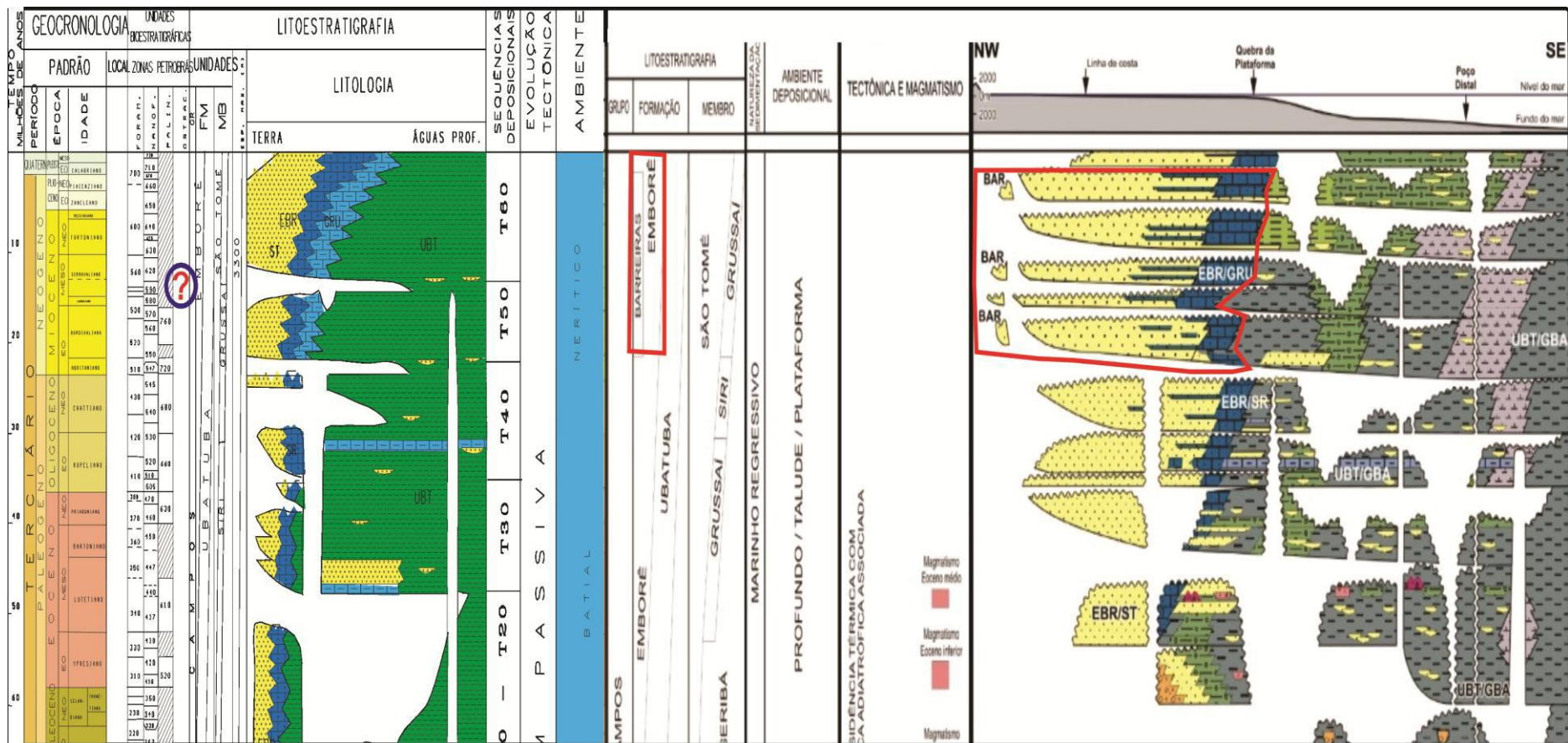
- unidade sismoestratigráfica Alfa - inclui as litofácies Emborê e São Tomé e apresenta reflexões essencialmente horizontais, persistentes e bem definidas. As discontinuidades e deformações observáveis referem-se, na maioria dos casos, a falhas. Esta unidade apresenta extensa distribuição em toda a bacia, atingindo as maiores espessuras (superiores a 1.800 m) na parte central da bacia, a aproximadamente 30 km a leste do Cabo de São Tomé. A partir deste depocentro, a unidade adelgaça-se em todas as direções, definindo um corpo em forma de leque aberto para leste e perfeitamente centrado pelo Cabo de São Tomé. A geometria desta unidade encontra-se em concordância com a configuração da plataforma continental na área, evidenciando a influência desta sedimentação na origem da atual fisiografia.

Gama Jr. (1977) atribuiu os depósitos da Formação Emborê a um sistema deltaico dominado por ondas, cujo principal registro corresponde a uma série de cordões litorâneos. Os deltas teriam progradado sobre uma extensa plataforma continental durante vários ciclos sedimentares a partir do Oligoceno.

FORMAÇÃO	MEMBRO	LITOLOGIA DIAGNÓSTICA	PERFIL LITOLÓGICO	LITOFÁCIES	UNIDADE SISMICA - ESTRATIGRÁFICA
		CALCULUTITOS E CALCARENITOS		GRUSSAÍ	ÔMEGA
EMBORÊ	FACIES SÃO TOMÉ	ARENITOS GROSSEIROS		SÃO TOMÉ	ALFA
		ARENITOS MÉDIOS COM FRAGMENTOS DE CONCHAS		EMBORÊ	
CAMPOS	SIRI	CALCARENITOS		SIRI	BETA
	GURIARI	ARENITOS GROSSEIROS		GURIARI	
		CALCARENITOS		SIRI	GAMA
	UBATUBA	FOLHELHOS CINZA ESVERDEADOS E ARENITOS FINOS A GROSSEIROS		MURITIBA	
		FOLHELHOS CINZA ESCURO E ESVERDEADOS		UBATUBA	
CARAPEBUS	ARENITOS COLONERÁDICOS		CARAPEBUS		

Figura 7: Distribuição estratigráfica das unidades definidas por Gama Jr.(1977).

Com base nas colunas estratigráficas apresentadas para a Bacia de Campos (SCHALLER, 1973; GAMA JR., 1977; RANGEL *et al.*, 1994; WINTER *et al.*, 2007), pode-se observar que a Formação Emborê sofreu alterações no que se refere ao seu intervalo de ocorrência e a sua subdivisão estratigráfica. As colunas mais antigas (SCHALLER, 1973; GAMA JR., 1977) atribuem idades cenozoicas (Oligoceno/Mioceno ao Holoceno) aos depósitos da Formação Emborê, enquanto as colunas mais recentes (RANGEL *et al.*, 1994; WINTER *et al.*, 2007) indicam uma idade desde o Cretáceo (respectivamente Maastrichtiano e Turoniano) – **Figura 8.**



Rangel et al. (1993)

Winter et al. (2007)

Figura 8: Comparação dos diagramas estratigráficos da Bacia de Campos de Rangel et al. (1994) e Winter et al. (2007), mostrando, nesta, a inclusão da Formação Barreiras como sendo cronocorrelata à Formação Emborê.

Independentemente da nomenclatura utilizada, todos os trabalhos reconhecem para o registro cenozoico da bacia de Campos uma importante unidade siliciclástica presente na borda oeste da bacia (fácies São Tomé de SCHALLER, 1973 e GAMA JUNIOR, 1977; ou Membro São Tomé da Formação Emborê de RANGEL *et al.*, 1994 e WINTER *et al.*, 2007).

A distribuição espacial dos depósitos “terciários”/quaternários, segundo Machado *et al.* (2004), pode ser observada na **Figura 9**.

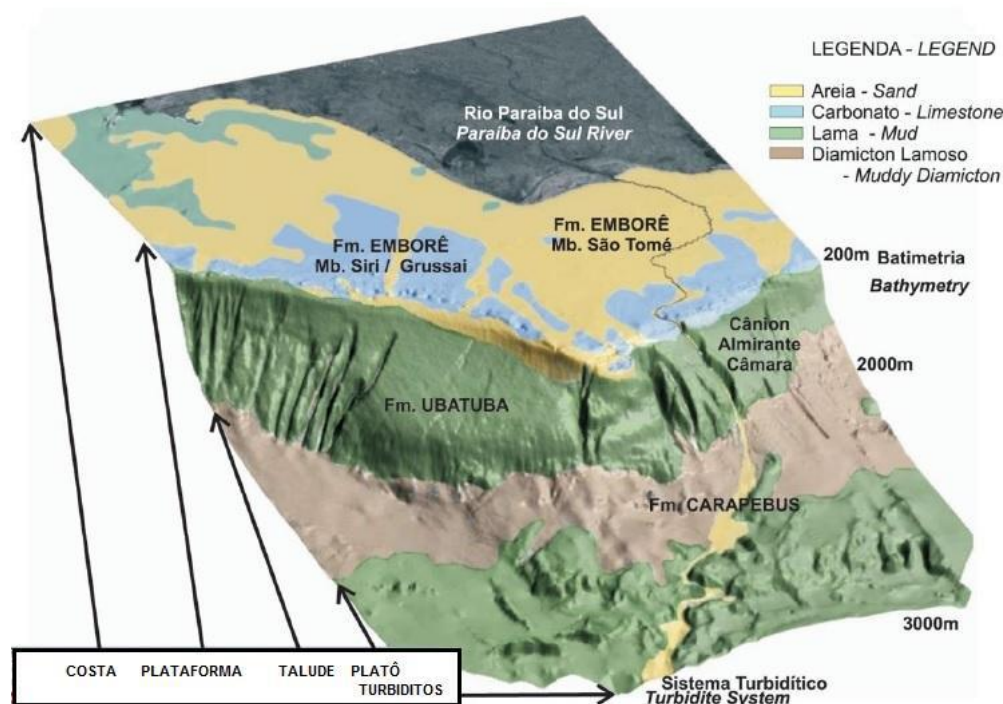


Figura 9: Distribuição espacial dos depósitos terciários/quaternários na Bacia de Campos, segundo Machado *et al.* (2004).

Os poços perfurados nos aquíferos sedimentares da bacia de Campos, em particular na Formação Emborê, são responsáveis pelo fornecimento de água para a população, como, por exemplo, para diversos distritos de Campos dos Goytacazes, como Farol de São Tomé, Baixa Grande, Santo Amaro, Boa Vista e Saturnino Braga, segundo dados da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE).

Segundo Caetano (2000), características como água jorrante, vazão muito elevada e uma capacidade específica acima de 3 m³/h/m, permite que se conclua pela excelência do Aquífero Emborê.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Materiais de estudo

Neste trabalho foram analisados os dados de quatro poços de água perfurados no município de Quissamã (litoral norte fluminense). Esses quatro poços tubulares foram construídos com uma broca rotativa (**Figura 10**), com a coleta da amostra de calha a cada dois metros, seguida pela execução de perfilagem geofísica.



Figura 10: Máquina perfuratriz rotativa. Foto do autor.

A sonda rotativa com broca de perfuração tricônica e circulação direta de fluido funciona com um motor que rotaciona a haste, enquanto uma bomba injeta fluido em seu interior pela parte superior da haste. Esse fluido sai por orifícios na broca e tem como função minimizar o aquecimento e a abrasão da broca; ao retornar a superfície, o fluido conduz os fragmentos da rocha triturada e/ou de sedimentos através do espaço entre a coluna de perfuração e a parede do poço. O fluido de perfuração, ou lama de perfuração, utilizado consiste em um preparado de água e bentonita, e sua viscosidade é controlada de modo a permitir que tenha competência para trazer o material da formação desagregado pela broca para superfície.

Os poços foram perfurados com 8 ½ polegadas, sendo instalados revestimentos de PVC com 4 ½ polegadas.

Ao término da execução da perfuração, e antes da instalação do revestimento dos poços, executou-se a perfilagem geofísica.

Para adquirir os parâmetros geofísicos foram utilizadas duas ferramentas. Uma denominada Multifunção, que mede o Raio Gama natural, o Potencial Espontâneo e as Resistividades (lateral, 62N e 16N), e outra ferramenta para obtenção do perfil sônico. Neste trabalho apenas os dados de Raio Gama foram utilizados, já que o objetivo é a caracterização litológica dos poços.

A descrição das amostras de calha e a interpretação da perfilagem geofísica permitiram definir dois perfis estratigráficos para cada poço estudado, sendo que a diferença apresentada entre os perfis de um mesmo poço é atribuída a contaminações das amostras de calha pelas camadas sobrejacentes.

4.2. Perfilagem geofísica por Raio Gama (RG)

Sob o ponto de vista da geofísica, as rochas podem ser identificadas em função das suas propriedades elétricas, acústicas, radioativas, mecânicas, entre outras. Tais propriedades podem ser obtidas com o deslocamento contínuo de um ou mais sensores de perfilagem (sonda) dentro de um poço, denominados genericamente no passado de perfis elétricos, independente do processo físico de medição utilizado (GIRÃO, 2004). Segundo esse autor, o ideal é dizer perfis geofísicos elétricos, acústicos, radioativos, ou seja, a depender da propriedade usada para registro.

A perfilagem geofísica consiste no registro contínuo dos parâmetros geofísicos captados ao longo da parede de um poço (RIDER, 1990), por meio de ferramentas a

cabo ou, ainda, de ferramentas acopladas nas colunas de perfuração, e os valores medidos são associados à profundidade das informações obtidas dos poços. Os princípios básicos utilizados pela perfilagem para determinar parâmetros, tais como litologia e porosidade, variam de acordo com a ferramenta utilizada.

A perfilagem por raio gama (RG) representa a medição de radioatividade natural das formações, decorrente da desintegração dos isótopos radioativos presentes. Os raios gama podem ser definidos como ondas de caráter eletromagnético que transportam uma quantidade considerável de energia (0,1 a 10 MeV) e são provenientes de elementos naturais radioativos como o ^{232}U , ^{40}K e ^{238}Th . Em ambientes sedimentares, o isótopo radioativo do potássio está diretamente ligado à presença de material argiloso. Portanto, altos valores de raios gama são produzidos, normalmente, por camadas argilosas, enquanto que baixos valores estão ligados à presença de arenitos ou qualquer outro material sedimentar com baixa concentração de argila. Uma quantidade elevada de feldspatos potássicos em arenitos pode resultar em valores de raio gama tão altos quanto os indicados pelas camadas argilosas.

O American Petroleum Institute (API) criou um padrão mundial que define a unidade de medida dos raios gama como grau API.

O equipamento de medição acoplado na sonda de perfilagem consiste em um cintilômetro que, basicamente, é um cristal que emite um fóton ao ser atravessado pelos raios gama. Este fóton passa por um fotomultiplicador, produzindo pulsos elétricos que são contados numa determinada janela de tempo e registrados em valores que irão gerar o perfil, como pode ser observado na **Figura 11** (FREIMANN, 2012).

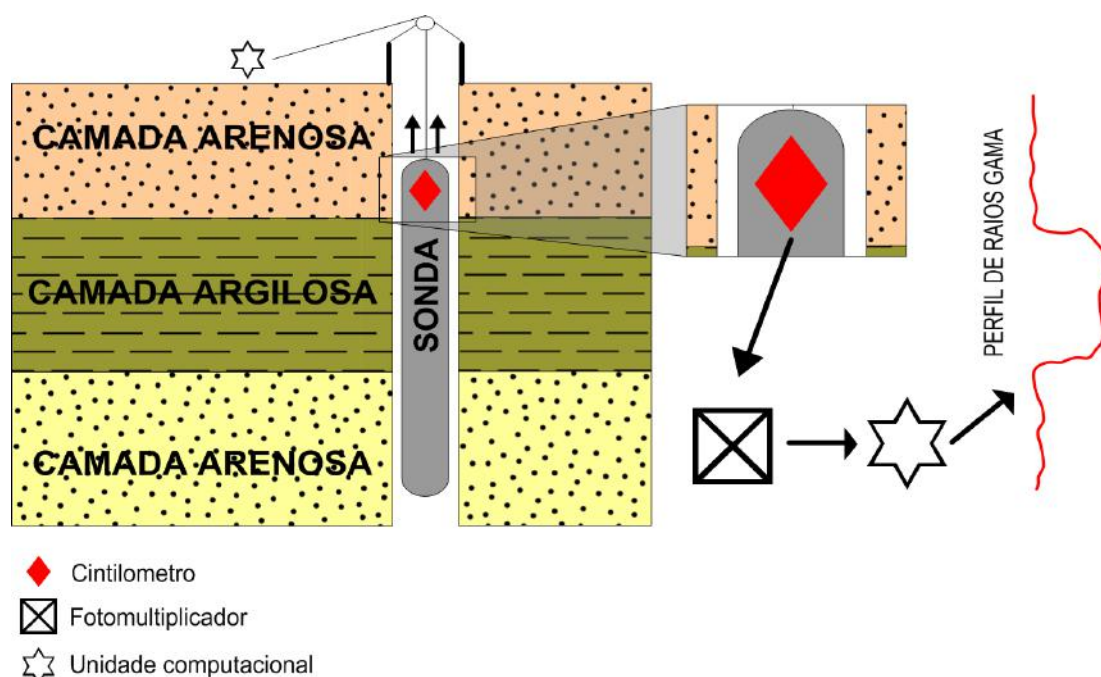


Figura 11: Esquema de funcionamento da perfilagem por raio gama (FREIMANN, 2012).

O perfil de RG tem como principal objetivo a distinção entre camadas geológicas com altas e baixas leituras de radioatividade, no sentido de discriminar as litologias com potencial de reservatório daquelas essencialmente argilosas. Além disso, as curvas de RG são utilizadas para avaliar quantitativamente o volume de argila contido em uma rocha reservatório argilosa.

4.3. Etapas do trabalho

Os perfis dos poços foram analisados e as camadas foram divididas de acordo com a litologia. Essa divisão foi baseada no perfil de RG e confirmada com base na amostra de calha.

A análise das amostras de calha foi realizada a partir da descrição dos seguintes parâmetros: granulometria, cor, seleção, arredondamento, concentração de matriz e composição mineralógica. Durante a perfuração, a amostra de calha leva certo tempo para chegar, levada pelo fluido de perfuração, do estrato onde foi perfurada até a superfície. A amostra é identificada com a profundidade em que a broca está no momento que ela já está na superfície e não no momento que ela é extraída da camada. Isso faz com que haja uma defasagem entre a profundidade que o sondador referencia

aquela amostra coletada e a real profundidade que aquela amostra se encontra no poço. Sua profundidade exata só poderá ser definida com o auxílio da perfilagem.

Através da perfilagem, foram gerados arquivos com a extensão .LAS, contendo as curvas relacionadas à medição de cada perfil. Esse arquivo foi aberto no *software Geolog 7* da empresa *Paradigm*.

Nos poços estudados, a escala API do perfil de RG varia de zero a 600. Dentro dessa escala, a escolha do limite entre areia e argila foi feita com base na amostra de calha. Mesmo sabendo da defasagem de profundidade que existe na amostra de calha, esta foi utilizada para balizar o aparecimento da argila na amostra de calha com a anomalia do RG na perfilagem. Com isso, foi possível utilizar o intervalo de 0 a 120 API para areia e de 120 a 600 para argila. Quando o RG ultrapassou 600 API, o intervalo foi classificado como rico em matéria orgânica.

Foram tiradas as cotas em que as “bocas” dos poços se encontram. Essas cotas foram obtidas através de um levantamento topográfico com estação total, em que, com base nos marcos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) localizados próximo aos poços, foi possível saber em quais cotas topográficas esses poços se encontravam. Feito isso, com os perfis em escalas uniformes e com os poços em suas respectivas cotas, foi possível correlacioná-los.

5. RESULTADOS

A interpretação da perfilagem geofísica permitiu a identificação de limites entre depósitos com diferentes litologias. As amostras de calha ajudaram na identificação das características litológicas dos poços em geral e os perfis geofísicos deram as profundidades exatas da variação lama/areia das camadas contida nos poços.

5.1. Poço 1

O perfil litológico do Poço 1 elaborado com base na descrição das amostras de calha apresenta uma intercalação de camadas de areia, areia lamosa e lama. Camadas métricas de areia estão distribuídas em todo poço. Correspondem a areias médias, com grãos arredondados, bem selecionados, de cor esbranquiçada e sem presença de lama. As camadas de areia lamosa apresentam certa predominância até a profundidade aproximada de 130 metros. Essa litologia aparece nas amostras de calha como areias com matriz lamosa, quartzosas, com a granulometria variando de média a grossa, mal selecionadas, com grãos subarredondados. A partir dos 130 metros, os intervalos lamosos são mais significativos. Esses intervalos de lama têm com característica principal a cor esverdeada. Nos cinco metros iniciais, as camadas apresentam granulometria dominada por grânulos.

A interpretação da perfilagem geofísica permitiu a identificação de limites entre depósitos arenosos e depósitos lamosos. Por essa interpretação, considerada mais confiável, é possível observar a predominância das camadas arenosas, correspondendo aproximadamente a 70% do poço, e que, assim como no perfil da amostra de calha, existe uma intercalação entre camadas arenosas e lamosas.

5.2. Poço 2

Nesse poço, há um maior percentual de camadas arenosas quando comparado com as outras litologias presentes. Com a análise das amostras de calha foi possível classificar as camadas arenosas com uma granulometria variando de média a grossa, com grau de seleção de moderado a bem selecionado e apresentando grãos arredondados em sua maioria, compostos em quase sua totalidade por quartzo. Também foi possível observar fragmentos de conchas e carapaças calcárias desde a profundidade de 46 metros até os 62 metros. O restante do poço é dividido entre camadas de areias lamosas

e lamosas. A areia lamosa apresenta uma granulometria de areia média com matriz lamosa, mal selecionada, com arredondamento variando de subanguloso a subarredondado.

A interpretação da perfilagem geofísica, assim como no Poço 1, permitiu observar uma intercalação entre camadas arenosas e lamosas. O Poço 2 apresenta aproximadamente 75% de areia e 25% de lama. Porém, no Poço 2, os intervalos arenosos apresentam-se, em forma geral, mais espessos do que os do Poço 1, atingindo uma espessura máxima de aproximadamente 60 metros medidos através da perfilagem.

5.3. Poço 3

Esse é o poço com menor profundidade, atingindo 150 metros de profundidade. Nele, assim como no Poço 2, a porcentagem de intervalos arenosos é maior do que as outras litologias. O Poço 3 apresenta uma proporção aproximada de 65% de areia e 35% de lama. Trata-se de areias variando de médias a grossas, de moderadamente a bem selecionadas, com o arredondamento de subarredondado a arredondado, compostas por quartzo, em sua maioria, além de fragmentos de conchas que aparecem desde a profundidade de 16 metros até a profundidade de 44 metros. Nas camadas arenosas próximas ao fim do poço foi possível observar feldspatos, óxidos e granada. As areias lamosas apresentam areias médias a grossas, mal selecionadas, subangulosas. A lama tem uma coloração cinza escura.

O perfil RG do Poço 3 apresentou uma resposta diferente dos outros dois poços descritos anteriormente. Nesse poço foi possível observar nas profundidades próximo a 80 e 135 metros que os valores de RG ultrapassaram os limites da escala até 600 API. Esses intervalos foram interpretados como camadas lamosas ricas em matéria orgânica. No restante do poço foi possível observar a intercalação areia/lama, semelhante como os poços apresentados anteriormente.

5.4. Poço 4

Esse poço apresentou uma camada de conchas e carapaças calcárias bem formadas, com tamanho variando entre 1 e 5 centímetros e pouco cimentadas. Essa camada foi registrada inicialmente na amostra de calha na profundidade de 36 metros e pôde ser observada até a profundidade de 42 metros, sendo classificada como uma coquina. Também é possível observar uma proporção de intervalos arenosos muito maior do que os três poços anteriores, também com maiores espessuras. As areias

apresentam granulometria variando de média a grossa, moderadamente a bem selecionadas, com grãos subarredondados a arredondados, compostas por quartzo, em sua maioria, e com presença de feldspato em alguns níveis. As areias lamosas têm granulometria variando de muito fina a fina, muito mal selecionadas, com matriz lamosa esbranquiçada (caulinítica). A presença de grânulos foi observada nas profundidades entre 6 e 12 metros, e entre 222 e 228 metros. Esses grânulos são quartzosos, mal selecionados e arredondados. Os intervalos lamosos apresentam cor variando de esbranquiçada a cinza claro.

O perfil geofísico de RG apresentou picos maiores do que a escala de 600 API, assim como no Poço 3. Esses picos foram observados nas profundidades aproximadas de 87, 148, 155 e 157 metros, e também foram associados à presença de matéria orgânica. Esse poço também apresentou uma intercalação areia/lama, assim como os outros três, porém com intervalos de lama em geral menos espessos do que os observados nos poços anteriores.

5.5. Correlação dos poços

Através da correlação dos poços, foram identificados três principais intervalos litológicos nos poços estudados.

O primeiro intervalo, no topo, com uma espessura variando de 45 a 60 metros, é composto em sua quase totalidade por camadas arenosas.

O segundo intervalo, com uma espessura variando de 80 a 115 metros, apresenta uma intercalação de camadas arenosas e lamosas, em que a quantidade de camadas lamosas presente é muito maior do que nos outros dois intervalos. Nesse intervalo também é possível identificar camadas de lama orgânica correlacionáveis nos Poços 3 e 4.

No último intervalo, com uma espessura variando de 30 a 100 metros, há uma clara predominância de camadas arenosas, porém com intercalações espaçadas de camadas lamosas.

Com base na correlação efetuada, também foi possível observar que a quantidade de camadas lamosas aumentou em direção à leste, com o Poço 3 apresentando uma menor quantidade e o Poço 1 a maior quantidade. As camadas lamosas nos poços mais a leste são mais constantes e espessas ao longo do perfil e o intervalo inicial arenoso no Poço 1 apresenta pequenas camadas, ou lentes, de lama logo no intervalo inicial.

A inclinação dos intervalos observados apresenta um ângulo muito pequeno, o que diminui, mas não exclui, a possibilidade de haver falhas na área entre os poços, que seriam responsáveis pelos deslocamentos das camadas. Logo, essa inclinação pode estar relacionada tanto à inclinação original da superfície sobre a qual esses intervalos foram depositados quanto pela influência de falhas.

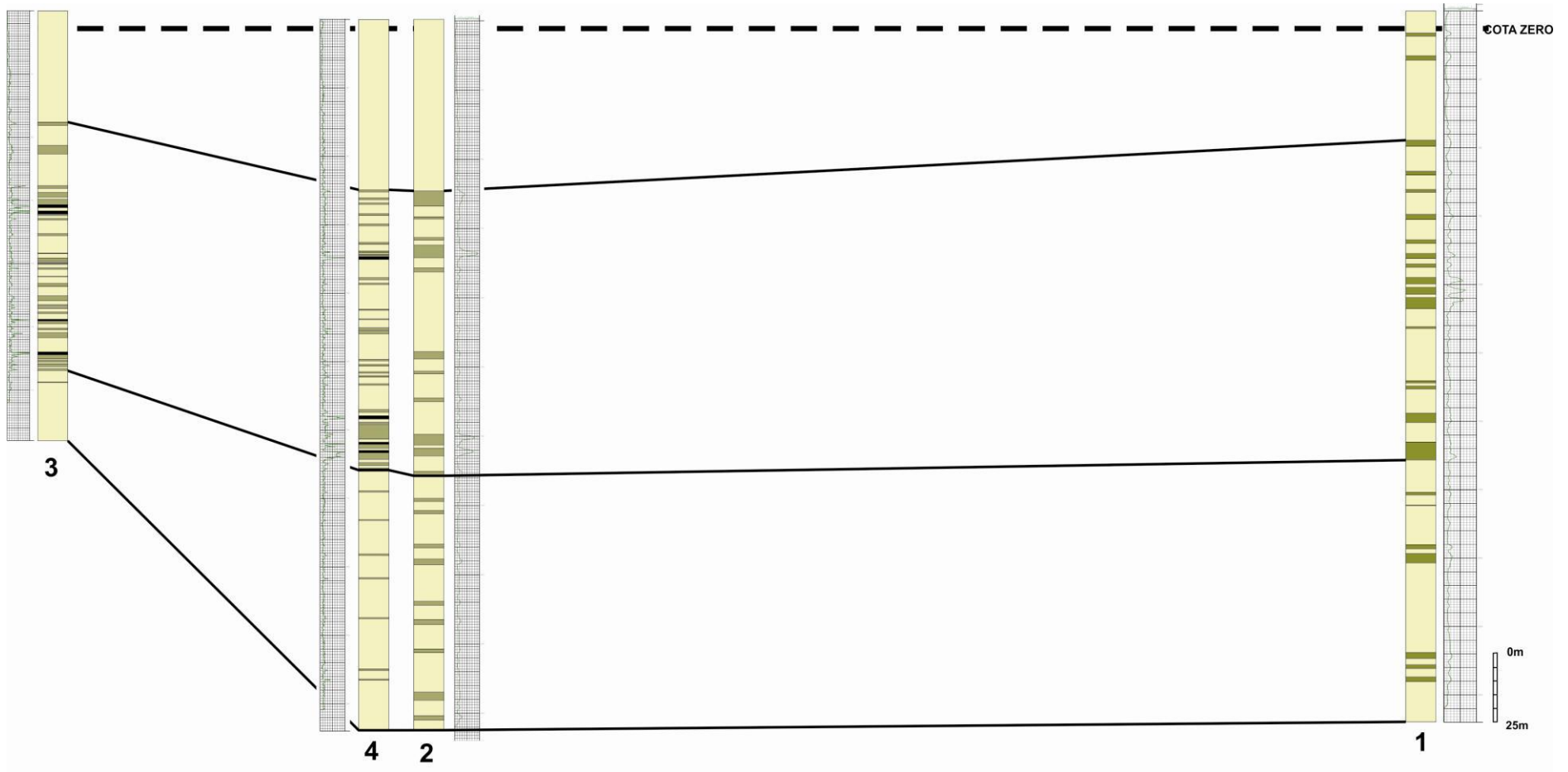


Figura 12: Correlação dos poços estudados. Perfis elaborados com base na perfilagem geofísica por raio gama.

6. CONCLUSÕES

É possível subdividir, estratigraficamente, o registro descrito em duas unidades:

- na porção mais superior (em torno dos primeiros 30 metros), a presença de areias quartzosas, com grãos arredondados, bem selecionados, com pouca ou nenhuma intercalação de níveis lamosos e presença de fragmentos carbonáticos, pode ser associada aos cordões litorâneos pleistocênicos, que teriam seu limite inferior bem marcado no Poço 4 pela camada de coquina. Essa coquina indicaria um paleoambiente lagunar ou marinho raso, superposto pelos cordões arenosos litorâneos;
- abaixo dessa unidade superior pleistocênica, encontram-se camadas de areia quartzosa, com o grau de seleção de mal a moderada, granulometria de fina a grossa, grãos predominantemente subarredondados e com matriz argilosa, intercaladas a camadas lamosas. Este padrão litológico pode ser associado à Formação Emborê/Membro São Tomé.

A ausência de um estudo faciológico dos poços estudados, por não haver amostras de testemunhos que possibilitariam esse tipo de estudo, impede que seja feita uma interpretação paleoambiental da Formação Emborê na área estudada.

As camadas lamosas (selantes) no intervalo relacionado à Formação Emborê, intercaladas às camadas arenosas (que correspondem aos reservatórios), podem atuar individualizando diferentes “níveis aquíferos” dessa Formação. Deve se ressaltar que a continuidade entre os níveis lamosos não pode ser avaliada, em virtude da limitação dos dados utilizados. Mesmo como essa restrição espacial dos dados, é possível observar nos poços perfurados que a disposição apresentada pelas camadas arenosas e lamosas na área estudada apresenta uma condição hidrogeológica favorável à formação de bons aquíferos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO-NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian Structural Provinces: an introduction. **Earth-Sci. Rev.**, 17: 1-29, 1981.

BARRETO, A. B. C; MONSORES, A. L. M.; LEAL, A. S.; PIMENTEL, J. **Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, CPRM, 2000.

BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (eds.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas e SIG**. Brasília: CPRM, 2003.

BREDA, T. C. **Análise multiescalar da Formação Barreiras na área emersa da bacia de Campos, entre Búzios e Campos dos Goytacazes**. 117 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CAETANO, L. C. **Água subterrânea para o Município de Campos do Goytacazes: uma opção para o abastecimento**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2000.

COSTA, M. C. O. **Caracterização Integrada de Aspectos Sedimentares e Hidráulicos do Aquífero Barreiras na Porção Emersa da Bacia de Campos, RJ**. 83 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

EZZY, T. R.; COX, M. E; ROURKE, A. J.; HUFTILE, G. J. Groundwater flow modeling within a coastal alluvial plain setting using a high-resolution hydrofacies approach, Bells Creek plain, Australia. **Hydrogeology Journal**, 14: 675-688. 2006.

FREIMANN, B. C. **Correlação de perfis geofísicos de poços - sede do município de Salinópolis – PA**. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Geofísica – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

GAMA JUNIOR, E. G. **Sistemas Depositionais e Modelos de Sedimentação das Formações Campos e Emborê, Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 1977.

GIRÃO, G. N. **Perfilagem geofísica**. Hydrolog Serviços de Perfilagem Ltda., Salvador, 2004.

GOOGLE EARTH. <http://mapas.google.com.br>. Consulta realizada em 01 de junho de 2013.

MACHADO, L. C. R.; KOWSMANN, R. O.; ALMEIDA JR., W.; MURAKAMI, C. Y.; SCHREINER, S.; MILLER, D. J.; PIAULINO, P. O. V. Geometria da porção proximal do sistema deposicional turbidítico moderno da Formação Carapebus, Bacia de Campos: modelo para heterogeneidades de reservatório. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v.12, n.2, p.287-315, maio/novembro, 2004.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J. M.; FLEXOR, J. **Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo**. Belo Horizonte: CPRM, 112 p. 1997.

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

MORAIS, R. M. O.; MELLO, C. L.; COSTA, F. O.; SANTOS, P. F. Fácies sedimentares e ambientes deposicionais associados aos depósitos da Formação Barreiras no estado do Rio de Janeiro. **Geologia USP (Série Científica)**, v. 6, n. 2, p. 19-30, out. 2006.

RANGEL, H. D.; MARTINS, F. A.; ESTEVES, F. R.; FEIJÓ, F. J. Bacia de Campos. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p.203-217, 1994.

RIDER, M. H. Gamma-ray log shape used as a facies indicator: critical analysis of an oversimplified methodology. **Geological Society Special Publications**, 48: 27-37, London, 1990.

SCHALLER, H. Estratigrafia da Bacia de Campos. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Geologia**, v.3, pp. 247-258. Aracaju, SE, 1973.

SILVA, T. M. **A Estruturação Geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro**. 264 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SILVA, L. C. & CUNHA, H. C. S. **Geologia do estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2001.

WINTER, W. R.; JAHNERT, R. J.; FRANÇA, A. B. Bacia de Campos. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 511-529, 2007.