



ÁGUA SUBTERRÂNEA EM AQUIFERO DELTAICO DO NORTE FLUMINENSE PARA USO NO ABASTECIMENTO DA CIDADE DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL

Lucio Carramillo Caetano¹, Sueli Yoshinaga Pereira², Egmont Capucci³, Ivan Paulo Manhiça⁴

¹ Geólogo Dr, Professor da UFRRJ¹, Seropédica (RJ, BRASIL), carramillo@gmail.com

² Geóloga Dra, Professora da UNICAMP², Campinas (SP, BRASIL), sueliyoshinaga@gmail.com

³ Geólogo com especialização em Hidrogeologia, Hidrogeólogo da CEDAE³, Rio de Janeiro (RJ, BRASIL), egmoncapucci@globo.com

⁴ Geólogo, Consultor, Seropédica (RJ, BRASIL), ivanpeixe32@gmail.com

Palavras-chave: Gestão da água subterrânea, Aquífero Deltaico, Água para abastecimento, Geologia do Quaternário, Hidrogeologia, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

Tema: Abastecimento de água e saneamento na erradicação da pobreza num quadro de desenvolvimento sustentável

Tipo de comunicação: Comunicação oral

1 Resumo

O grande número de poços no município de Campos dos Goytacazes, bem como a geologia da área, permitiu a delimitação de um aquífero deltaico naquela região, considerado de suma importância para o abastecimento de água no município de Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro (Brasil).

Este Aquífero formado no Quaternário caracteriza-se por possuir vazão média próxima a 140 m³/h, capacidade específica média de 88 m³/h/m e transmissividade média de 8.000 m²/dia, valores que identificam um aquífero de grande importância para a região.

A ultrapassada cultura brasileira que ainda hoje (março de 2013) prefere a captação de águas superficiais apesar de custos de instalação e manutenção elevados é, ainda, a maior dificuldade para que toda a população de Campos de Goytacazes receba água potável.

O presente trabalho visa demonstrar a potencialidade dos recursos hídricos subterrâneos de Campos dos Goytacazes com a finalidade de auxiliar a administração pública municipal na elaboração do Plano Diretor que vise o aproveitamento racional da água subterrânea e a proteção do Aquífero.

2 Introdução e Justificativa

Um dos mais antigos desafios no Brasil é captar e distribuir água potável à população. Ainda hoje, março de 2013, diversas regiões brasileiras sofrem com a falta de água. A grande maioria das vezes, provocadas por secas frequentes e cíclicas que impossibilitam a

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Universidade Estadual de Campinas

³ Companhia de Águas e Esgoto do estado do Rio de Janeiro



11º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Expressão Portuguesa VII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

27 a 30 de Maio de 2013 - Maputo, Moçambique

11º SILUSBA
Zonas Costeiras 2013

manutenção da água nos rios locais, de onde, por força de um hábito secular, retira-se a água para abastecimento.

Fora a seca, algumas regiões, apesar da riqueza hídrica, não recebem água tratada encanada por falta de recursos financeiros suficientes que permitam à administração local manter o complexo: captação, tratamento e distribuição de água potável. Essa dificuldade está muito mais atrelada à cultura brasileira de captação de água superficial do que, verdadeiramente, a falta de recursos.

O êxito que vem alcançando a distribuição de água subterrânea captada e tratada, para abastecer parte ou a totalidade de cidades brasileiras de grande, médio e pequeno porte como: Natal (RN), Olinda (PE), Maceió (AL), Fortaleza (CE), parte de Recife (PE), Lins (SP), Ribeirão Preto (SP), São José do Rio Preto (SP), parte de Cuiabá (MT), parte da Região Metropolitana de Porto Alegre (RS), cidades menores como Dorcas de Macabú (RJ) e São Sebastião do Alto (RJ), assim como parte de cidades importantes no Estado do Rio (CEDAE, 1999) como: Petrópolis, Nova Friburgo, Maricá e Teresópolis, além de tantas outras, leva os pesquisadores a supor que, se cidades com um potencial de água subterrânea bastante inferior ao de Campos dos Goytacazes (RJ) optaram por captar e distribuir esse tipo de água, em Campos a água do aquífero estudado poderá ser responsável pela distribuição de água a áreas carentes desse recurso neste Município fluminense.

3 Objetivos

O objetivo da presente pesquisa é fornecer fontes alternativas seguras para o abastecimento de água potável para a população do município de Campos dos Goytacazes – RJ (Brasil), com base na avaliação da potencialidade de exploração do aquífero deltaico local, possibilitando assim à administração local optar pela melhor forma de utilização do potencial hídrico da região.

4 Localização

A área em estudo situa-se na baixada do município de Campos dos Goytacazes, na região norte do estado do Rio de Janeiro (Brasil), distando da capital do Estado, cerca de 280 km pela rodovia federal BR 101 totalmente asfaltada.

O município de Campos, como é chamado, faz divisa ao norte com o estado do Espírito Santo, a nordeste com o município de São Francisco de Itabapoana, a leste com o município de São João da Barra e o oceano Atlântico, ao sul com os municípios de Quissamã, Conceição de Macabú e Santa Maria Madalena, a oeste com São Fidélis e a noroeste com Cardoso Moreira, Italva e Bom Jesus do Itabapoana.

A sede do Município localiza-se às coordenadas: 21° 45' 15" Sul de latitude e 41° 19' 28" Oeste de longitude. Possui uma altitude de 13 metros e dista 48 km do oceano Atlântico (figura 1).

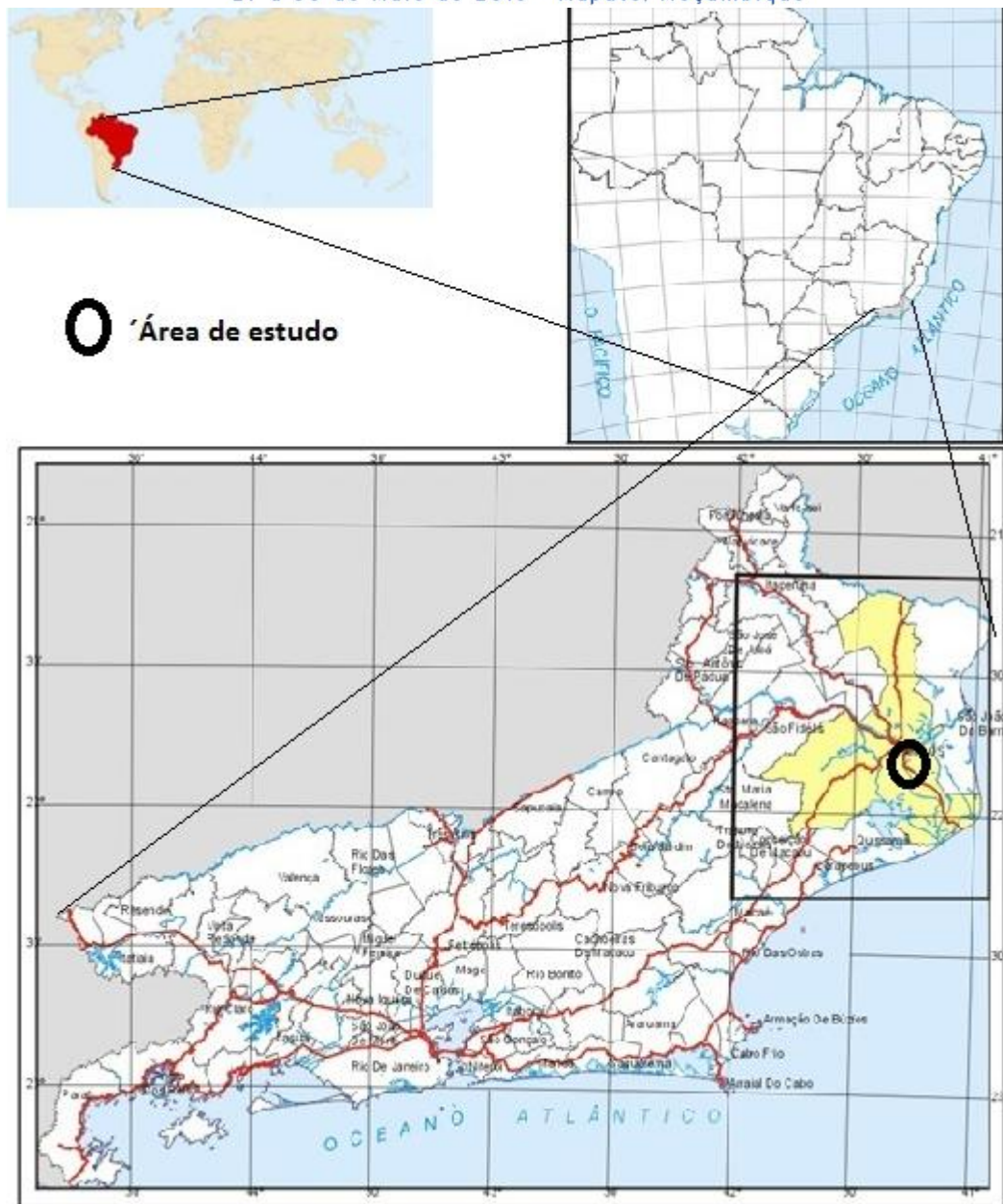


Figura 1 – Localização da área de estudo

5 Metodologia

Com a pesquisa bibliográfica foi possível traçar a história da evolução dos estudos geológicos e hidrogeológicos da região de Campos dos Goytacazes.



A partir do final do século XIX, Hartt (1870), deu início aos estudos da Bacia Sedimentar de Campos. Pesquisadores como Williams (1921) e Lamego (1940-1955), já identificavam a possibilidade de ocorrência de petróleo nessa Bacia.

Esses estudos fazem da Bacia emersa de Campos uma área geologicamente bem definida e conhecida.

Com a perfuração do poço 2-CST-1-RJ que atingiu 2160 metros de profundidade, em Cabo de São Tomé executado pela Petrobrás em 1959, foi dado início às pesquisas na área emersa da Bacia de Campos. Esse estudo apesar de comprovar a inexistência de petróleo na área Continental da Bacia, evidenciou a presença de água doce até a profundidade de 350 metros.

Schaller (1973), Gama Jr. (1977) deram continuidade aos estudos da Bacia de Campos, já com o apoio da Petrobrás.

A área emersa vem sendo estudada por Lamego (1940-1955), pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro através do Departamento de Recursos Minerais - DRM (1980), Suguio, K. (1981), Reis, *et. al.* (1982), Silva (1986), Martin *et. al.* (1997) entre outros que desenvolvem trabalhos a respeito da evolução do delta do rio Paraíba do Sul.

Até a década de 80 não se fazia estudos para definição de aquíferos. Os poucos poços existentes no município, serviam às Usinas de Açúcar.

Foi a ENCO em 1980 que fez o primeiro trabalho para viabilizar a exploração de água subterrânea para fins de consumo pela população local.

A GEOPLAN (1996), através de um estudo elaborado para a região do município de São Francisco do Itabapoana, forneceu novos dados hidrodinâmicos e hidroquímicos do aquífero dessa região.

Mapa do topo do Cristalino, executado pela Petrobrás (1987), bem como o geológico de Fonseca (1998), geológico do Quaternário elaborado por Martin *et. al.* (1997) e o de Sombras Magnéticas, CPRM (1998), foram de fundamental importância para a definição da geometria do aquífero.

A ENCO, através de contrato de prestação de serviços com a CEDAE em 1980 desenvolveu um estudo detalhado de toda a região do norte fluminense. Esse estudo englobava o cadastramento dos poços já existentes, a definição do fluxo da água subterrânea, a determinação de alguns padrões hidrodinâmicos, algumas análises químicas e a construção de um poço modelo em Goytacazes. Fora isso, calculou o custo de ampliação da capacidade de fornecimento de água à população local para a década de 90 e a comparação dos custos para captação e distribuição de água subterrânea e superficial. Essa Empresa, apesar de estudar vasta área da região norte do estado do Rio, enfocou com maior destaque a área do aquífero que denominou Aluvionar.

Já Carvalho, A. R. (1998), geólogo da CEDAE, através de relatório técnico interno, descreve a potencialidade de água subterrânea do município de Campos.



11º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Expressão Portuguesa VII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

27 a 30 de Maio de 2013 - Maputo, Moçambique

11º SILUSBA
Zonas Costeiras 2013

As principais etapas desse trabalho compreenderam: cadastramento de poços profundos, visita aos poços em funcionamento e levantamento das coordenadas dos poços, caracterização hidrodinâmica e hidroquímica dos poços em funcionamento e a definição do fluxo da água subterrânea no Aquífero Deltaico.

A partir de levantamento baseado nos trabalhos da ENCO (1980), GEOPLAN (1996) e pesquisa nos arquivos da CEDAE (1998, 1999 e 2000), foram cadastrados os poços do município de Campos dos Goytacazes.

Ao cadastro, procurou-se incorporar informações essenciais que pudessem ser úteis para definições da localização, de parâmetros hidrodinâmicos, hidroquímicos além do nome da empresa de perfuração e se o poço está em atividade.

A partir de 1999 foram feitas saídas de campo com a finalidade de verificação da localização dos poços em atividade no município de Campos e o estado em que se encontravam.

Utilizou-se para medida de UTM, GPS portátil cedido pelo Instituto de Geociências da UNICAMP. No campo, foram observadas as péssimas condições de manutenção e proteção dos poços que atingiram o Aquífero Fraturado. Tanto a maioria das casas de proteção como a maioria dos equipamentos apresentavam sinais de abandono e maus tratos.

As informações dos poços que ainda não puderam ser visitados foram retiradas da bibliografia consultada ou das folhas em 1:50.000 do IBGE.

Durante o cadastramento dos poços, foram retirados os dados de vazão (Q), capacidade específica (Q/s), transmissividade (T). A capacidade específica e a transmissividade quando não informadas, foram calculadas, a primeira pela razão entre a vazão e o rebaixamento e a segunda aplicando-se o método “Cooper Jacob” extraído de “Microcomputer Programs for Groundwater Studies” (Clarke, David), modificado por João Alberto Bottura do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do estado de São Paulo.

Das poucas análises químicas encontradas, foram extraídas concentrações de cloretos, sulfatos, carbonatos ou bicarbonatos, sódio, potássio, cálcio, magnésio que introduzidas ao diagrama de “Piper” com a utilização do “software AquaChem” da “Waterloo Hydrogeologic Brasil”, que possibilitou a caracterização hidroquímica da água do Aquífero Deltáico.

Com a ajuda do mesmo “software”, o diagrama de “Stiff” foi elaborado.

Através da caracterização litológica de subsuperfície e da hidrodinâmica dos poços, o Aquífero Deltaico pode ser definido.

6 Principais resultados e contribuições e Discussão

6.1 Aspectos Geológicos

Silva (1987), em seu trabalho sobre o Complexo Deltaico do Paraíba fez referência a duas linhas de pensamento sobre a evolução do delta do Paraíba, cujos autores são, respectivamente: Lamego (1955) e Martin, L., Suguio, K. e outros (1984).

Nesse trabalho dar-se-á ênfase ao estudo de Martin *et al.* (1997), por se tratar de pesquisa elaborada com recursos mais modernos e precisos.

Esses autores caracterizam a área por duas grandes unidades, que são:



11º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Expressão Portuguesa VII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

27 a 30 de Maio de 2013 - Maputo, Moçambique

11º SILUSBA
Zonas Costeiras 2013

- Embasamento Pré-Cambriano, recoberto por sedimentos Terciários continentais da Formação Barreiras e
- Bacias costeiras ou marginais.

Essas bacias, "são delimitadas por falhas normais ocorridas principalmente durante o Eocretáceo". Asmus e Ponte (*apud* Fonseca, 1998) estabeleceram com a ajuda de informações de superfície e subsuperfície uma coluna padrão para as bacias marginais brasileiras que segundo Asmus (*apud* Fonseca, 1998) pode ser subdividida da seguinte forma:

- Seqüência de continente;
- Seqüência dos lagos;
- Seqüência do golfo e
- Seqüência do mar.

Geomorfologicamente a área pode ser dividida em três unidades, que são:

- Região Serrana - constituída por rochas cristalinas do Pré-Cambriano apresentando um relevo mais acidentado;
- Platô Terciário - constituído por sedimentos continentais da Formação Barreiras com a superfície levemente inclinada para o mar e
- Planície Quaternária - área mais plana e baixa das três unidades estando bem desenvolvida na desembocadura do rio Paraíba do Sul.

Em relação ao Delta, Suguio *et al.* (*apud* Martin *et al.*, 1997), comprovaram a partir de mais de 700 datações com radiocarbono, as posições antigas do nível relativo do mar. Esse estudo assim como a presença de depósitos arenosos quaternários de origem marinha localizados acima do nível atual do mar, incrustações de gastrópodes, ostras e corais situados acima do nível atual de vida desses organismos bem como a presença de Sambaquis nas planícies costeiras no interior comprovam que o nível relativo do mar já foi superior ao atual durante o Holoceno. Os autores ainda citam no trabalho que além da movimentação do mar através da transgressão e regressão, ocorreram movimentos tectônicos no Holoceno como falhas verticais provocando deslocamentos muito evidentes nas linhas de praia holocênicas como, segundo eles, parece ter ocorrido ao sul do Cabo de São Tomé e que a costa nordeste e sudeste brasileira estiveram sujeitas à submersão até cerca de 5.400 anos atrás, seguida de emersão. Os autores indicam duas épocas em que o nível do mar teria chegado a pontos mais elevados, são elas: 123.000 anos A.P. (Pleistoceno) e 5.100 A.P. (Holoceno).

As variações do nível relativo do mar provocaram conseqüências na sedimentação costeira arenosa.

Tendo em vista que a evolução do delta do rio Paraíba do Sul está ligada a evolução da planície costeira brasileira, Suguio *et al.* (*apud* Martin *et al.*, 1997) dirigiram sua pesquisa de detalhe para as fases de evolução de 7.000 anos para cá.

A seguir passa-se a descrever resumidamente cada um dos estádios da formação da planície costeira do rio Paraíba do Sul, enunciados por Martin *et al.* (*op.cit.*).



Estádio 1 - Antes de 5.100 anos A.P.: formação de um sistema de ilhas-barreiras/laguna: Em função dos resultados de cerca de 30 datações ao radiocarbono, os autores puderam comprovar que a laguna localizada na região onde hoje está o município de Campos foi formada há cerca de 7.000 anos A. P. e, acredita-se que, consequentemente, as ilhas-barreiras, grandes responsáveis pela formação da laguna, tenham se formado antes ou pelo menos no mesmo período.

No momento máximo de transgressão, há 5.100 anos A. P. as ilhas-barreiras formavam uma grande reentrância ao norte do cabo de São Tomé. Após essa época, essa reentrância funcionaria como uma armadilha sedimentar para as areias transportadas por deriva litorânea. Apesar de poucos elementos para acompanhar o desenvolvimento do delta do Paraíba do Sul através do tempo, sabe-se que há 5.100 anos A. P. esse rio não atingia o oceano. Nessa época, as desembocaduras do rio Paraíba do Sul são dominadas pelo oceano, em termos de energia, conforme demonstram as extremidades das ilhas-barreiras recurvadas para o interior da paleolaguna;

Estádio 2 - Primeira fase de construção: O delta continua a se desenvolver no interior da laguna, mas nenhum de seus braços atinge o oceano. Nessa fase processa-se a acumulação de areia na concavidade formada ao norte do cabo de São Tomé, sob condições hidrodinâmicas geradas pelas ondas eficazes do setor sul;

Estádio 3 - Fase de construção marcada pela saída ao oceano de um dos distributários do rio Paraíba do Sul: Importante fase ligada a formação e evolução do delta do Paraíba do Sul. Tudo indica que um pouco antes do abaixamento brusco do nível do mar após 4.200 anos A.P. um braço do delta intralagunar do rio Paraíba do Sul parece ter chegado ao oceano. Provavelmente outros braços do delta mantinham-se ativos, enquanto o delta continuava o seu desenvolvimento;

Estádio 4 - Primeira fase de erosão: Anterior a 4.400 anos A. P., conspícuas discordâncias nos alinhamentos das cristas praias ao redor da desembocadura e ao norte do cabo de São Tomé indicam modificação das condições hidrodinâmicas que sugerem mudança no sentido das ondas eficazes e não uma subida do nível marinho que ocorreu em outra época;

Estádio 5 - Fase de construção: Fase em que se observa o escalonamento no empilhamento das cristas praias em virtude de variações de energia do rio Paraíba do Sul. Durante os períodos de alta energia de fluxo, o rio teria funcionado como um espigão hidráulico bloqueando o transporte litorâneo. Por outro lado, nas fases de baixa energia de fluxo, o efeito citado não se verificaria e a desembocadura tenderia a deslocar-se para o norte. Neste período a desembocadura deslocou-se para o norte de maneira contínua;

Estádio 6 - Segunda fase de erosão: Nessa época processou-se o retorno às condições hidrodinâmicas dominadas pelas ondas do setor sul. O nível do mar subiu provocando o deslocamento das ilhas-barreiras para dentro do continente e a conseqüente formação das lagunas do cabo de São Tomé. Hoje em dia essas lagunas acham-se ressecadas, com exceção da Salgada, onde hoje se formam estromatólitos;

Estádio 7 - Terceira fase de construção: Nessa fase a sedimentação das areias transportadas por deriva litorânea deve ter ocorrido na armadilha sedimentar formada, no estádio anterior, ao norte da lagoa Salgada e provavelmente também ao norte da desembocadura, nesse caso a partir do aporte fluvial do Paraíba do Sul;



27 a 30 de Maio de 2013 - Maputo, Moçambique

Estádio 8 - Terceira fase de erosão: Entre 2.700 e 2.500 anos A. P., ocorreu uma rápida ascensão do nível do mar o que provocou uma erosão generalizada da linha costeira entre o Cabo de São Tomé e Guaxindiba no RJ, obliquamente ao norte e paralelamente ao sul em relação ao alinhamento das antigas cristas praias;

Estádio 9 - Quarta fase de construção: Entre 2.500 e 2.400 anos A. P. ocorria a progradação ao norte da desembocadura graças as condições hidrodinâmicas de ondas eficazes do setor sul. Essa deposição não foi feita em contato com depósitos anteriores, mas em frente, deixando uma laguna alongada estendendo-se da foz à extremidade norte da planície assim formada;

Estádio 10 - Quarta fase de erosão: As condições hidrodinâmicas eram geradas por ondas eficazes do Nordeste o que provocava a deposição da areia trazida pelo rio Paraíba do Sul ao sul da desembocadura;

Estádio 11 - Quinta fase de construção: Corresponde à retomada da progradação sob condições hidrodinâmicas geradas por ondas eficazes provenientes do setor sul. A linha da costa, na região do Cabo de São Tomé deveria situar-se além da linha de costa atual;

Estádio 12 - Quinta fase de erosão: Por volta de 2.500 anos A.P. ocorria erosão na região de Cabo de São Tomé acompanhada por acumulação na região do Farol de São Tomé. Parece que isso ocorria para manter a curvatura da linha da costa compatível com as condições hidrodinâmicas da época. Essa erosão é reconhecível se observada a discordância nos alinhamentos das cristas praias e

Estádio 13 - Última fase de construção: Fase atual. As areias erosionadas na altura do Farol de São Tomé são transportadas para o norte contribuindo na progradação da porção sul da desembocadura e as areias supridas pelo rio Paraíba do Sul são depositadas ao norte da desembocadura.

6.2 Aspectos Hidrogeológicos

6.2.1 Sistemas Aquíferos Sedimentares

As litologias diferenciadas bem como a forma de deposição no Terciário e Quaternário favorecem a ocorrência de dois sistemas aquíferos sedimentares, que são: SISTEMAS AQUÍFEROS TERCIÁRIOS E SISTEMAS AQUÍFEROS QUATERNÁRIOS DELTAICOS. No presente trabalho será descrito apenas as características do aquífero deltaico.

6.2.1.2 Aquífero Deltaico

O Aquífero Deltaico ocupa uma área de, aproximadamente, 810 km², indo, a maior parte, da margem direita do rio Paraíba do Sul até a Lagoa Feia. A oeste encontra-se as rochas do Embasamento Cristalino e a leste os Aquíferos Terciários.

Os depósitos quaternários que constituem o Aquífero Deltaico são constituídos por solo residual, areias, cascalhos, argilas e siltes de origem continental e marinha, ambiente tipicamente deltaico, como foram descrito no item 6.1 Aspectos Geológicos. Sua espessura pode atingir até 100 metros.



Apesar da referência das descrições dos poços consultados denominarem esse aquífero de Aluvionar, acredita-se ser mais correta a utilização do termo Deltaico para caracterizá-lo, uma vez que os sedimentos que o formam são tanto de origem continental (aluvionar) quanto de origem marinha.

Localiza-se nessa área, a sede do município de Campos, os distritos e bairros de maior importância como: Goytacazes, Tocos, Donana e Ururáí.

Muitos desses poços foram construídos para atender as Usinas de Álcool e Açúcar local. Com o fechamento da maioria dessas Usinas, esses poços foram desativados. Não se sabe ao certo se chegaram a ser lacrados ou se foram simplesmente abandonados.

Para atender diretamente a população, foram construídos poços em Ururáí, Donana, Tocos e Goytacazes. A grande maioria, no entanto, não chegou a entrar em funcionamento. Dos 34 poços cadastrados nessa região, apenas 4 fornecem água para uma população de 32.734 habitantes (CEDAE, 1999).

Segundo a SURCA⁴ (2000) os poços em funcionamento por 24 horas diárias, fornecem $3,2 \times 10^6$ m³/ano de água.

Pela localização e número de habitantes que recebem água encanada proveniente deste Aquífero, ele pode ser considerado o mais importante Aquífero fluminense.

Abaixo, na Tabela 1, segue a descrição da localização e situação atual dos 4 poços encontrados nesse Aquífero que estão em funcionamento, de um total de 34 poços perfurados..

Tabela 1 - Poços em funcionamento cadastrados no Aquífero Deltaico

Poço	UTME	UTMS	Local	Proprietário	Ano de Construção	Situação
29-ANA	262650	7585950	Donana	Águas do Paraíba	1993	Produzindo
31-BEC	262250	7588950	Sto. Antônio	Águas do Paraíba	1988	Produzindo
32-ANA	262600	7585950	Donana	Águas do Paraíba	1981	Produzindo
33-ANA	262550	7585950	Donana	Águas do Paraíba	1986	Produzindo

nd - dado não disponível

ENCO (1980) e CEDAE (cadastro de poços)

6.2.1.2.1 Hidrodinâmica

⁴ SURCA – Superintendência Regional de Campos da CEDAE



27 a 30 de Maio de 2013 - Maputo, Moçambique

Tendo em vista o que a grande maioria dos poços perfurados (34) estão desativados, foram selecionados para análise mais detalhada os poços com informações mais completas e que, ainda hoje, são utilizados para abastecimento de parte da população de Campos.

Assim, os valores médios calculados referem-se apenas aos poços: 29-ANA⁵, 31-BEC⁶ 32-ANA e 33-ANA, em pleno funcionamento, fornecendo água à população de Campos, Goytacazes e Tocos e controlados pela Concessionária local.

Dessa forma, tomando-se por base a descrição contida nos relatórios de construção e de recuperação desses poços, foram calculadas as médias da profundidade de construção dos poços, nível estático (NE), nível dinâmico (ND), rebaixamento (s), vazão (Q), capacidade específica (Q/s) e Transmissividade (T). No caso específico da Transmissividade só foram considerados os valores dos poços 29-ANA, 32-ANA e 33-ANA.

A Tabela 2 mostra os valores médio, mínimos e máximos obtidos nesses poços.

Tabela 2
Dados dos Poços

	Valores médios	Valores mínimos	Valores máximos
Espessura Saturada (m)	87,74	71,90	97,58
Profundidade (m)	93,32	77,00	104,00
Nível Estático (m)	5,58	5,10	6,42
Nível Dinâmico (m)	7,62	6,60	9,02
Rebaixamento (m)	1,98	1,25	2,60
Vazão (m ³ /h)	139,67	87,50	191,19
Capacidade Específica (m ³ /h/m)	87,07	33,65	132,31
Transmissividade (m ² /dia)	8.193	7.400	9.023

Caetano, 2000

Os valores médios encontrados demonstram a excelente qualidade, em termos quantitativos, do Aquífero Deltaico.

Sua grande capacidade específica permite que se afirme que há uma rápida recuperação dos poços apesar do intenso bombeamento a que são submetidos diariamente.

Essa conclusão pode ser confirmada tendo em vista o pequeno rebaixamento que ocorre nos poços apesar de todos funcionarem ao mesmo tempo, como é o caso dos poços construídos em Donana (29-ANA, 32-ANA e 33-ANA).

Se aliados a esses dados levarmos em conta também a proximidade dos poços, pode-se afirmar que a recarga chega a ser exuberante e proveniente do rio Paraíba do Sul cujas águas infiltram e correm em direção à Lagoa Feia e ao oceano Atlântico.

6.2.1.2.2 Hidroquímica e qualidade

⁵ ANA – refere-se aos poços localizados no local denominado Donana.

⁶ BEC – refere-se ao poço denominado Beco.



Do total de poços cadastrados, só em 11 foram encontradas análises químicas. Mesmo assim, análise química completa só foi verificada nos poços 32-ANA e 33-ANA. Assim, tomando-se por base a análise da água desses poços, que apresentam valores médios 123,24mg/l de HCO_3^- (variando de 95,16 a 154,20mg/l), 82,80mg/l de Cl^- (variando de 55,00 a 156,00mg/l), 25,13mg/l de Ca^{++} (variando de 20,00 a 31,40mg/l) e 66,50mg/l de Na^+ (variando de 66,00 a 67,00mg/l).

Essas águas (32-ANA e 33-ANA) apresentam composição química semelhante e são classificadas como mistas, entre bicarbonatada sódica e cloro sulfatada sódica, representadas no Diagrama de Piper e Stiff (Figura 2).

O Aquífero Deltaico foi formado a partir de um Delta classificado como altamente destrutivo dominado por ondas, numa região que sofria, de tempos em tempos, transgressão marinha. A água do mar constituída por valores elevados de sólidos dissolvidos, dos quais, se destaca o íon cloreto, foi na maior parte dessa atual região aquífera, dessalinizada tanto pela infiltração da água da chuva como pelo fluxo subterrâneo de água doce. Porém, provavelmente protegidas por camadas de material menos permeável (argilas), alguns “bolsões” de água mais salinizada ainda são encontrados nesse Aquífero.

A água do poço do Beco (31-BEC) cujo teor de ferro, ultrapassa o máximo permitido pela legislação da Saúde brasileira, é distribuída a população local após passar por pequena usina para eliminação do ferro construída no local da captação.

Há, segundo Capucci, 1999 (inf. verbal), condições de captação de poços no Aquífero Deltaico com melhor qualidade de água do que os que estão em funcionamento hoje. Ainda segundo Capucci, se forem tomados certos cuidados durante a construção dos poços, como por exemplo, levar a cimentação até uns 40 a 50 metros de profundidade, captando-se com isso uma água um pouco mais profunda, o excesso de ferro seria evitado.

De qualquer forma, a água desse Aquífero é ainda considerada de boa qualidade para o consumo humano (Tabela 2).

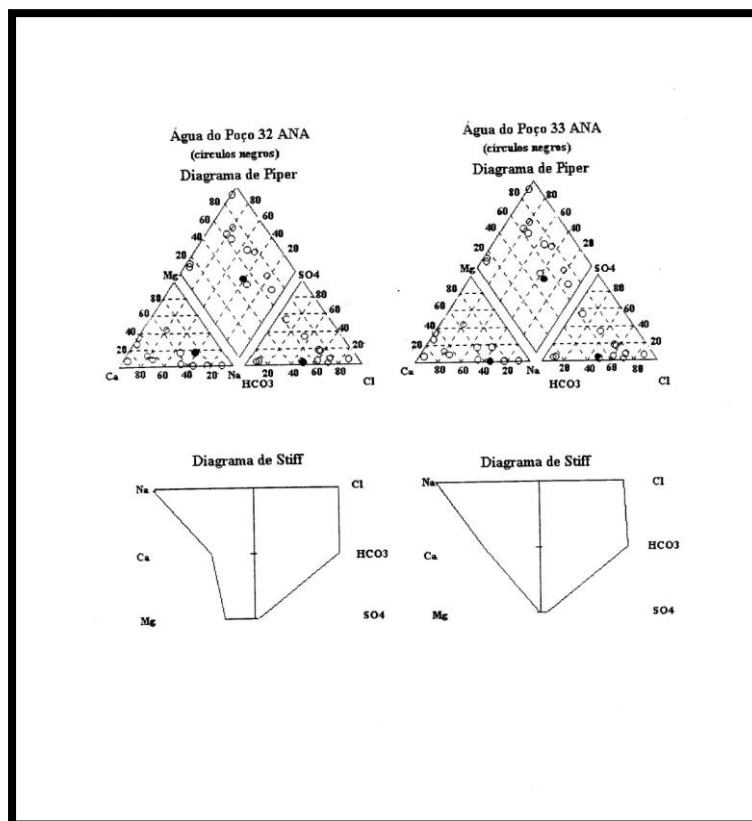


Figura 2
Diagramas de Piper e Stiff

Tabela 2 - Características Hidroquímicas das águas

Poço	Cl ⁻	SO4 ⁼	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	Ferro Total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	TSD	pH	Condutividade
29-ANA	106,00	87,50	95,16	0,00	0,40	nd	nd	nd	nd	222,00	6,70	nd
31-BEC	55,00	nd	97,60	0,00	4,80	20,00	6,00	nd	nd	260,00	7,00	nd
32-ANA	85,00	6,00	146,00	0,00	0,00	24,00	10,00	66,00	0,00	285,00	8,00	1000
33-ANA	85,20	10,00	154,20	0,00	0,12	31,40	0,10	67,00	0,78	300,00	6,50	462
Valores médios	82,80	36,83	123,24	0,00	1,33	25,13	5,36	66,50	0,39	266,75	7,05	nd

Unidade: mg/L; Condutividade elétrica: µmhos/cm;



11º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Expressão Portuguesa VII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

27 a 30 de Maio de 2013 - Maputo, Moçambique

11º SILUSBA
Zonas Costeiras 2013

Obs: para o cálculo dos valores médios foram usados apenas os dados dos poços (29, 31, 32 e 33) que estão sendo monitorados pela empresa de abastecimento (Águas do Paraíba); ENCO (1980) e CEDAE (cadastro de poços, 2000).

11 Conclusão e Recomendações

O trabalho aqui apresentado visa a caracterização do Aquífero Deltaico no município de Campos dos Goytacazes com a intenção de demonstrar à Administração Pública local alternativas seguras para o abastecimento de água potável para a população desse Município.

O Aquífero Deltaico, livre, estende-se por uma área de aproximadamente 810 km², situada, a maior parte, à margem direita do rio Paraíba do Sul e possui, em valores médios, uma vazão de 139 m³/h, uma capacidade específica de 87,07 m³/h/m e uma transmissividade de 8193 m²/dia.

A Tabela 3 mostra um quadro com as principais características do Aquífero Deltaico.

Dos valores das cotas dos níveis estáticos dos poços, obteve-se a direção e o sentido do fluxo de água subterrânea no Aquífero Deltaico de norte e noroeste para sul e sudeste. Do aquífero estudado, pode-se concluir por um fluxo vindo do rio Paraíba do Sul em direção à Lagoa Feia.

Em relação ao suprimento das necessidades de água potável da população, pode-se concluir que a água do Aquífero Deltaico é de extrema importância para o abastecimento local.

Tabela 5 - Indicativos Médios, Máximos e Mínimos o Aquífero Deltaico em Campos dos Goytacazes (RJ, Brasil)

Dados Construtivos e Hidrodinâmicos		Dados Hidroquímicos	
Poços Perfurados	34	Cloretos (média)	82,80 mg/L
Poços em Funcionamento	4	Cloretos máximo	106,00 mg/L
Profundidade (média)	93,32 m	Cloretos mínimo	85,00 mg/L
Profundidade máxima	104,00 m	Ferro Total (médio)	1,33 mg/L
Profundidade mínima	77,00 m	Ferro Total máximo	0,40 mg/L
Vazão (média)	139,67 m ³ /h	Ferro Total mínimo	0,00 mg/L
Vazão máxima	191,19 m ³ /h	STD (médio)	266,75 mg/L
Vazão mínima	87,50 m ³ /h	STD máximo	300,00 mg/L
Cap. Específica (média)	87,07 m ³ /h/m	STD mínimo	222,00 mg/L
Cap. Específica máxima	132,31 m ³ /h/m	pH (médio)	7,05
Cap. Específica mínima	33,65 m ³ /h/m	pH máximo	8,00
Rebaixamento (média)	1,98 m	pH mínimo	6,70
Rebaixamento máximo	2,60 m		
Rebaixamento mínimo	1,25 m		
Transmissividade (média)	8193 m ² /h		
Transmissividade máxima	9023 m ² /h		
transmissividade mínima	7400 m ² /h		
Volume de água explotado	3,2 x 10 ⁶ L		



11º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Expressão Portuguesa VII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

11º SILUSBA
Zonas Costeiras 2013

27 a 30 de Maio de 2013 - Maputo, Moçambique

Em relação aos aspectos legais e administrativos, é importante destacar que o Estado do Rio de Janeiro ainda não regulamentou a lei n.º 3.239/1999 (Lei Estadual de Recursos Hídricos), bem como não estabeleceu critérios específicos para outorga de água subterrânea.

Já a nível Municipal, há a necessidade urgente de definição de Planos Diretores dos Municípios de Campos dos Goytacazes, São João da Barra e São Francisco do Itabapoana, com a finalidade de assegurar o melhor uso dos recursos hídricos. Esse Planos, devem impor regras de utilização dos recursos naturais dos respectivos territórios de tal forma que assegurem a manutenção da qualidade e da quantidade desses recursos às gerações futuras. Para finalizar, é interessante destacar a elevada potencialidade hídrica subterrânea no município de Campos dos Goytacazes.

12 Referências Bibliográficas

- ASMUS, H. E. & Ferrari, A. L., *Hipótese sobre a causa do tectonismo Cenozóico na região sudeste do Brasil*, in: Série Projeto REMAC n.º 4. Aspectos Estruturais da margem Continental leste e Sudeste do Brasil. PETROBRÁS – DNPM – CPRM DHN – CNPq. Rio de Janeiro, sd.. p. 75 – 88.
- CAPUCCI, E., *Mapa de Potencialidades Médias de Água Subterrânea no Estado do Rio de Janeiro*, DIN/INX, CEDAE, 1988.
- CARVALHO, A.R., *Relatórios Técnicos (SAEC – SUCESA – SANERJ – CEDAE)*, 1998. 68p.
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. *Relatório Técnico do Poço Produtor de Donana 02*. Rio de Janeiro. 1986. 15p.
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. *Relatório Técnico Preliminar do Poço Tubular do Loteamento da Rainha, na Região Metropolitana de Campos*. Rio de Janeiro. 1990. 21p.
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. *Relatório Técnico do Poço de Pesquisa da Vila de Ururaí*. Rio de Janeiro. 1985. 30p.
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. *Relatório do Poço Tubular do Parque de Santo Antônio, na Região Metropolitana de Campos*. Rio de Janeiro. 1988. 11p.
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. *Relatório dos Serviços de Recuperação dos Poços de Donana 01 e Goytacazes*. Rio de Janeiro. 1988. 10p.
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. *Relatório Técnico do Poço tubular Donana 01*. Rio de Janeiro. 1986. 19p.
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. ENCO. Engenharia Consultoria Planejamento Ltda., *Contrato de prestação de serviços n.º 37/DTE/80 para serviços técnicos especializados para estudos de águas subterrâneas no município de Campos de Goytacazes*, estado do Rio de Janeiro. 1980
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. ENCO. Engenharia Consultoria Planejamento Ltda., *Relatório Técnico Preliminar da Vila de Goytacazes*. Rio de Janeiro. 1980. 64p.
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. ENCO. Engenharia Consultoria Planejamento Ltda., *Relatório Técnico Preliminar da Vila de Barcelos*. Rio de Janeiro. 1980. 57p.
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. ENCO. Engenharia Consultoria Planejamento Ltda., *Relatório Técnico Preliminar da Vila Ururaí*. Rio de Janeiro. 1980. 53p.



- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. ENCO. Engenharia Consultoria Planejamento Ltda., *Relatório referente a execução dos serviços técnicos especializados de água subterrânea no município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro*. 156p. Anexo "A" - *Inventário dos Poços na Região de Campos*. Rio de Janeiro. 1980.
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. HIDROGESP - Hidrogeologia Sondagens e Perfurações Ltda., *Relatório Técnico de Serviços de Perfuração e Bombeamento de Poço Tubular Profundo em Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro*. São Paulo. 1993. 7p.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, *Mapa de Sombra do Campo Magnético Total do Estado do Rio de Janeiro*. Escala 1:250.000, Folhas Campos e Macaé, DEGEO/DIGEOF, Rio de Janeiro. 1998.
- FONSECA, M.J.G., *Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro*. DNPM. Rio de Janeiro. 1998. 141p.
- GAMA JR., E. G., *Sistemas Depositionais e Modelo de Sedimentação das Formações Campos e Emborê, Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil*. Tese de Doutorado. IG/USP. 1977. 2v.
- GEOPLAN - Assessoria Planejamento e Perfurações Ltda., *Estudo Hidrogeológico para o abastecimento de Santa Clara, São Francisco de Paula e Guaxindiba no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, Sorocaba, Abr/1996*. 190p.
- GOVERNO do Estado do Rio de Janeiro, CEDAE, Companhia Estadual de Águas e Esgotos Rio de Janeiro. *Relatórios Técnicos (SAEC - SUCESA - SANERJ - CEDAE)*, Carvalho, A. R. *Perfil Geo-Econômico do Município de Campos, Queiroz M.*, Campos, 1998. 74p.
- GOVERNO do Estado do Rio de Janeiro, DRM, Departamento de Recursos Minerais. *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.
- GOVERNO do Estado do Rio de Janeiro, SEMA, Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Turismo, DRM, Departamento de Recursos Minerais. *Perfil Geo-Econômico do Município de Campos, Queiroz M.*, Niterói, Dez/1990. 28p.
- GOVERNO do Estado do Rio de Janeiro, SEMA, Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Turismo, DRM, Departamento de Recursos Minerais. *Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, Baseado em Imagens MSS do Satélite Landsat - 1, texto explicativo*, Niterói, s.d.
- GOVERNO do Estado do Rio de Janeiro, SEMA, Secretaria de Estado de Meio Ambiente, DRM, Departamento de Recursos Minerais. *Proposta de Anteprojeto de Lei para Preservação das Águas Subterrâneas*, 1998.
- GOVERNO do Estado do Rio de Janeiro, SEMA, Secretaria de Estado de Meio Ambiente, DRM, Departamento de Recursos Minerais. *Proposta de Criação do Cadastro de Poços Tubulares Profundos*, 1998.
- GOVERNO do Estado do Rio de Janeiro, SEMA, Secretaria de Estado de Meio Ambiente, DRM, Departamento de Recursos Minerais. *Proposta de Lei Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro - Proposta de Alterações feitas pelo DRM/RJ*, 1997.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, *Base de Informações Municipais 1996*. CD-ROM. Rio de Janeiro. 1999.
- LAMEGO, Alberto R., *Restingas na Costa do Brasil*. Boletim 96. DNPM. Rio de Janeiro. 1940.



- LAMEGO, Alberto R., *A bacia de Campos na geologia litorânea do Petróleo*. Boletim 113. DNPM. Rio de Janeiro.1944. 69p.
- LAMEGO, Alberto R., *Geologia das quadrículas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexé*. Boletim 154. DNPM. Rio de Janeiro.1955. 60p.
- LAMEGO, Alberto R., *O Homem e o Brejo*. IBGE/CNG. Rio de Janeiro.1945. 204p.
- MARTIN, L., SUGUIO, K., DOMINGUEZ, J.M.L. e FLEXOR, J-M., *Geologia do Quaternário costeiro do Litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo*. CPRM. Belo Horizonte. 1997. 112p.
- PETROBRÁS. Petróleo Brasileiro S.A., *Mapa em Profundidade de Topo do Embasamento ou Basalto*, Escala 1:100.000, DESUD/DIRSUL, Rio de Janeiro. 1987.
- PETROBRÁS. Petróleo Brasileiro S.A., *Final Geological Completion Report CSTst-1-RJ (Cabo de São Tomé)*, de Freitas, E. B. Rio de Janeiro. 1960.
- SCHALLER, H. *Estratigrafia da Bacia de Campos*, In: Anais do XXVII Congresso de Geologia, v. 3. SBG. Aracaju, SE. Out. 1973. P. 247 – 258.
- SILVA, C.G., *Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul*, SBG - Sociedade Brasileira de Geologia - Anais do 1º Simpósio de Geologia do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Rio de Janeiro. Agosto. 1987. 48p.
- SILVA, C.G., SILVA, M. A. M., BAPTISTA Neto, J.A., FIGUEIREDO, A., SEGALL, M. e APPERSON, D., *Modern Analogues to Ancient Depositional Systems Rio de Janeiro*. UFF/EGI. 1998. 56p.
- SILVA, C.G., *Estudo da Evolução Geológica e Geomorfológica da Região da Lagoa Feia, RJ*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências - UFF – Agosto.1987. 160p.
- SUGUIO, K., *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 Desenvolvidos 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. 1981.