

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DA BACIA DO RIO CABUÇU - ZONA OESTE DO
MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO - RJ

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JOSÉ CLÁUDIO VIÉGAS CAMPOS

Maio de 1996

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

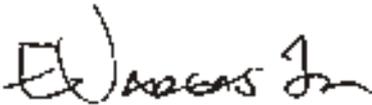
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DA BACIA DO RIO CABUÇU - ZONA OESTE
DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO - RJ

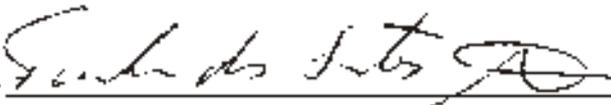
JOSÉ CLÁUDIO VIÉGAS CAMPOS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc)

APROVADA

Prof. 
(Presidente da banca)

Prof. _____

Prof. 

Prof. 

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Maio de 1996

FICHA CATALOGRÁFICA

CAMPOS, José Cláudio Viégas

Estudo Hidrogeológico da Bacia do Rio Cabuçu - Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro - RJ/José Cláudio Viégas Campos - Rio de Janeiro: UFRJ, 1996.
xviii, 100 p.; 29,7 cm.

Dissertação (Mestrado) - Univ. Federal do Rio de Janeiro/Programa de Pós-Graduação em Geologia, 1996.

Bibliografia: p.92-99

1. Hidrogeologia
 2. Baixada de Campo Grande
 3. Caracterização Hidrogeoquímica.
- I. IG/UFRJ
 - II. Título (série)

Esta dissertação de mestrado

dedico ao meu irmão

Carlos Eduardo Campos Filho (in memoriam)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas e instituições que direta ou indiretamente colaboraram para realização deste trabalho. Agradeço sobretudo a Deus por ter colocado estas pessoas no meu caminho:

- à CAPES e à FAPERJ, pela concessão de bolsas de estudo de mestrado e complementação de mestrado, respectivamente;
- ao Laboratório de Hidroquímica da CPRM pela realização das análises físico-químicas da água subterrânea;
- ao Técnico Roberto do Laboratório de Mecânica de Solos do Setor de Geologia de Engenharia (UFRJ) pela realização das análises granulométricas;
- ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro pela oportunidade de realização deste trabalho;
- ao meu orientador Professor Alberto Finkelstein pelo incentivo, orientação e amizade;
- aos Professores Sergio Cabral e Eurípedes do Amaral Vargas Jr. pela leitura crítica realizada, sugestões apresentadas, assim como pela presteza com que se dispuseram a me auxiliar;
- ao Geólogo Cláudio Matta pela amizade e disposição em solucionar todos os problemas oriundos da realização deste trabalho;
- à Professora e amiga Paula Lúcia Ferrucio da Rocha pelas sugestões apresentadas e pela companhia ao longo deste período;

- ao amigo e companheiro de sala Geólogo Luís José R. O. Brandão da Silva pelo apoio e sugestões apresentadas;
- aos colegas de turma Edla Maria e Sebastião Calderano pelos momentos de convívio;
- à amiga, consultora e secretária Elizabeth pela orientação nas vezes em que estive perdido;
- aos amigos Ângelo Pedroto, Márcia Amorim e Lauro "Maguila" que me auxiliaram em diversas fases do trabalho;
- ao Professor Josué Alves Barroso pelo apoio oferecido ao longo de todo projeto;
- aos Professores Emílio Barroso, Helena Polivanov, Carlos Eduardo e Franklin Antunes pelo convívio e amizade oferecidas;
- aos amigos Fernando e Margareth Zullian, Luís Carlos, Caúla, George Sobreira, Jorge Pimentel, Patrícia, Eduardo Marques, Luís Vieira , Túlio, Azeredo, e muitos outros que conviveram este período comigo e tornaram este trabalho mais prazeroso;
- a minha família pela infra-estrutura de amor e carinho necessárias para levar à conclusão este trabalho;
- à Verônica de Goes Martins, minha companheira desta longa jornada que foi o mestrado, pelo amor e conforto recebidos a todo momento;
- ao meu Pai, Carlos Eduardo Campos, que me deu todos os instrumentos para chegar onde estou.

RESUMO

O trabalho avaliou a qualidade e potencialidade dos aquíferos sedimentares da bacia do Rio Cabuçu - Zona oeste do Município do Rio de Janeiro RJ - Brasil.

Para definição dos corpos aquíferos utilizou-se a geofísica com o método de eletrorresistividade através de sondagens elétricas verticais com arranjo Schlumberger.

A determinação dos parâmetros hidrodinâmicos (permeabilidade, transmissividade e coeficiente de armazenamento) foi feita através de ensaios de bombeamento em poços pré-existentes na área (método Papdopulos para os poços de grande diâmetro) e ensaios de laboratório com o material formador dos aquíferos.

Análises físico-químicas da água subterrânea tiveram como objetivo a avaliação quanto ao seu uso para a agricultura e consumo doméstico.

No trabalho também constam o Mapa de superfície freática para o mês de outubro de 94 e o Mapa de espessura de sedimentos, ambos na escala 1:25.000.

ABSTRACT

This work studied the quality and potenciality of sedimentary aquifers of Cabuçu River basin - West zone of Rio de Janeiro City (RJ) - Brazil.

Geophysics using vertical eletrical soundings in Schlumberger array was used to determine aquifer bodies in the area.

The determination of aquifer parameters (hydraulic conductivity, transmissivity and storativity) was done by pumping tests in preexisting wells and laboratory tests.

Phisycal-chemical analyses of water were obtained to evaluate the quality of the water for agricultural and domestical consumption.

The work presents also a potentiometric map (oct 94) and a map containing the thicknesses of the sediment layer.

ÍNDICE

1.- INTRODUÇÃO	01
1.1- OBJETO DE ESTUDO	04
2.- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	06
2.1- LOCALIZAÇÃO	06
2.2- CLIMATOLOGIA	08
2.2.1- CARACTERÍSTICAS GERAIS	08
2.2.2- TEMPERATURAS	09
2.2.3- PLUVIOMETRIA	10
2.2.4- BALANÇO HÍDRICO	11
2.3- GEOLOGIA	14
2.3.1- GEOLOGIA REGIONAL	14
2.3.2- GEOLOGIA LOCAL	16
2.4- GEOMORFOLOGIA	24
2.5- VEGETAÇÃO	25
2.6- HIDROLOGIA	25
3.- MÉTODO DE TRABALHO	29
3.1- INTRODUÇÃO	29
3.2- INVENTÁRIO DE PONTOS DE ÁGUA	29
3.3- OBTENÇÃO DE DADOS BÁSICOS GEOLÓGICOS	31
3.3.1- RECONHECIMENTO GEOELÉTRICO	31
3.3.2- SONDAgens MECÂNICAS	32
3.3.3- ENSAIOS DE LABORATÓRIO	36

3.4-	OBTENÇÃO DE DADOS BÁSICOS DE HIDROGEOLOGIA	40
3.4.1-	MEDIDAS SISTEMÁTICAS DE NÍVEIS DE ÁGUA	40
3.4.2-	ENSAIOS EM POÇOS PARA DETERMINAÇÃO DA TRANSMISSIVIDADE E COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO	40
3.5-	OBTENÇÃO DE DADOS BÁSICOS SOBRE A QUALIDADE QUÍMICA DA ÁGUA	42
4.-	HIDROGEOLOGIA	44
4.1-	USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	44
4.2-	DADOS GEOFÍSICOS	49
4.3-	UNIDADES HIDROGEOOLÓGICAS	50
4.4-	NÍVEL FREÁTICO	61
5.-	HIDROQUÍMICA	65
5.1-	INTRODUÇÃO	65
5.2-	CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DOS AqüÍFEROS	66
5.2.1-	AqüÍFERO SEDIMENTAR	66
5.2.2-	AqüÍFERO PROFUNDO	75
5.3-	POLUIÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	81
5.4-	QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO	82
5.4.1-	INTRODUÇÃO	82
5.4.2-	CONSUMO DOMÉSTICO	83
5.4.3-	CONSUMO AGRÍCOLA	85
6.-	CONCLUSÕES	88
7.-	BIBLIOGRAFIA	92

I. Mapa geológico e de espessura de sedimentos

II. Mapa de superfície freática p/ outubro de 94

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Mapa de localização da área de estudo pag.6
- Figura 2** - Gráfico de temperaturas médias na área pag.9
- Figura 3** - Gráfico de pluviosidade na área pag.11
- Figura 4** - Gráfico do balanço hídrico da área pelo Método de Thornthwaite, 1955 apud Custodio & Llamas, 1983 pag. 13
- Figura 5** - Perfil geológico 2 localizado no mapa de espessura de sedimentos pag. 20
- Figura 6** - Perfil geológico 1 localizado no mapa de espessura de sedimentos pag. 21
- Figura 7** - Perfil geológico 3 localizado no mapa de espessura de sedimentos pag. 23
- Figura 8** - Modelo da ficha utilizada no inventário de pontos d'água pag. 30
- Figura 9** - Arranjo Schlumberger utilizado para as sondagens elétricas verticais pag. 32

Figura 10 - Gráfico de profundidade média do nível freático nas 27 cacimbas medidas	pag. 45
Figura 11 - Gráfico de profundidade média das cacimbas inventariadas	pag. 47
Figura 12 - Gráfico de diâmetro médio das cacimbas inventariadas	pag. 48
Figura 13 - Curvas de Breddin, 1963 apud Custodio & Llamas, 1983	pag. 54
Figura 14 - Gráfico rebaixamento X tempo para o ensaio de bombeamento no poço tubular	pag. 57
Figura 15 - Gráfico de relação Sólidos Totais Dissolvidos (STD) X Condutividade Elétrica (CE)	pag. 67
Figura 16 - Diagrama de Piper com as amostras de água dos aquíferos sedimentares	pag. 68
Figura 17 - Diagrama de Collins com as amostras de água dos aquíferos sedimentares	pag. 70
Figura 18 - Diagrama de Schoeller & Berkloff com as amostras de água dos aquíferos sedimentares	pag. 72

Figura 19 - Diagrama de Schoeller & Berkaloff da água dos poços tubulares profundos e da nascente do Rio Cabuçu pag. 78

Figura 20 - Diagrama de Piper das amostras de água dos poços tubulares profundos e da nascente do Rio Cabuçu pag. 80

Figura 21 - Diagrama da United States Salinity Laboratory (USSL) com as amostras da água subterrânea das cacimbas plotadas pag. 87

LISTA DE FOTOS

- Foto 1** - Vista panorâmica da bacia do Rio Cabuçu pag. 7
- Foto 2** - Canalização do Rio Cabuçu pag. 27
- Foto 3** - Poluição do Rio Cabuçu pag. 28
- Foto 4** - Aparato utilizado no ensaio de porosidade em laboratório
(King modificado, 1899 apud Meinzer, 1959) pag. 38
- Foto 5** - Amostragem de material para realização do ensaio de
porosidade em laboratório (King modificado, 1899 apud Meinzer,
1959) pag. 39

LISTA DE TABELAS

- Tabela I** - Balanço hídrico da área pelo Método de Thornthwaite,
1955 apud Custodio & Llamas, 1983 pag. 12
- Tabela II** - Grupamentos de sondagens mecânicas
inventariados pag. 33
- Tabela III**- Poços tubulares profundos inventariados pag. 34
- Tabela IV** - Sondagens mecânicas ao longo do Rio Cabuçu
inventariadas pag. 35
- Tabela V** - Profundidades do embasamento obtidas pelas sondagens
elétricas verticais pag. 50
- Tabela VI** - Resultado das análises granulométricas realizadas
nas amostras dos aquíferos sedimentares pag. 53
- Tabela VII** - Características das cacimbas utilizadas para
medição do nível freático com os valores obtidos nas diversas
medições pag. 62
- Tabela VIII** - Resultado das análises físico-químicas das amostras
de água dos aquíferos sedimentares pag. 69

Tabela IX - Resultado das análises físico-químicas da água dos
poços tubulares Profundos pag. 77

Tabela X - Valores máximos tolerados para alguns parâmetros
físico-químicos segundo portaria nº 36 de 19/01/1990 do
Ministério da Saúde pag. 84

1.- INTRODUÇÃO

" A escassez e o uso abusivo da água é hoje uma ameaça ao desenvolvimento sustentável e à proteção do meio-ambiente. O bem estar social, a alimentação e o desenvolvimento econômico-industrial estarão em perigo, a menos que a gestão dos recursos hídricos e o manejo do solo se efetivem no próximo decênio." (Carta de Dublin, 1992).

Os oceanos cobrem 2/3 da superfície terrestre e constituem 97,2 % da água total existente no planeta. Os 2,8 % restantes se encontram nas porções terrestres, distribuídos da seguinte forma: geleiras e coberturas de gelo 2,14 %; água subterrânea até a profundidade de 4000 metros 0,61 %; umidade do solo 0,005 %; lagos de água doce 0,009 %; rios 0,0001 % e lagos salinos 0,008 %, (Fetter,1988). Baseado nestes dados, observa-se que mais de 98 % da água disponível para consumo humano é subterrânea.

O manancial subterrâneo é de grande importância e há mais de 15 anos os países desenvolvidos (EUA e Alemanha, principalmente) vêm realizando vários trabalhos para otimizar a utilização dos aquíferos ou restaurar e protegê-los de fontes de poluição que comprometam a qualidade da água.

O estudo da água subterrânea no Brasil é ainda incipiente, o setor recebe pouco apoio do governo federal e não possui nenhuma legislação de proteção e exploração dos aquíferos. Somente em 1983, o DNPM publicou o Mapa Hidrogeológico do Brasil na escala 1:5.000.000, com a definição de 10 províncias hidrogeológicas (Mente et alli, 1984). No sentido de mudar este quadro em 1984, a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS) enviou ao Governo Federal um ante-projeto de lei versando sobre a administração das águas subterrâneas, entretanto a tramitação foi interrompida e não pôde ser incluída no texto da constituição de 1988.

Embora haja total omissão do governo federal, o setor está a cargo de pesquisadores e técnicos da área, que têm desenvolvido inúmeros trabalhos para utilização da água subterrânea no abastecimento de cidades, indústrias e na irrigação, além de estudos na proteção e recuperação de aquíferos poluídos. Segundo Rocha (1981), em artigo publicado no boletim da ABAS, no país existem 30 centros potenciais de pesquisa, metade deles estão na região sudeste, sendo que 11 em São Paulo. O Rio de Janeiro, apesar de ser o segundo maior centro econômico do país, apresenta uma escassa produção científica em hidrogeologia.

No Brasil, os recursos hídricos subterrâneos para abastecimento d'água são normalmente subutilizados, quando não são completamente ignorados em detrimento dos rios de cada região. A utilização dos mananciais superficiais no abastecimento de água à população vem se mostrando uma prática bastante onerosa para os cofres públicos, visto que são cada vez maiores os gastos no tratamento da água dos rios, já bastante contaminada pelos dejetos industriais, domésticos e defensivos agrícolas normalmente despejados nos rios sem nenhum tratamento prévio.

Apesar de não possuir aquíferos regionais da magnitude do Botucatu, por exemplo, que abastece vários municípios e indústrias no Estado de São Paulo, o Estado do Rio de Janeiro possui aquíferos de menor expressão que podem por vezes, solucionar o abastecimento de água de pequenas comunidades e municípios. O tipo de aquífero mais abundante no Município do Rio de Janeiro é o fissural, desenvolvido em rochas granito-gnaíssicas e normalmente apresenta poços com vazões bem menores do que aqueles desenvolvidos em aquífero poroso. Além destes, ocorrem ainda os aquíferos costeiros e os desenvolvidos em vales fluviais.

1.1- OBJETO DE ESTUDO

Na zona oeste do Município do Rio de Janeiro, nos últimos anos, vem sendo realizados vários estudos na área da Geologia de Engenharia e Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, no sentido de capacitar a região com dados técnicos para auxiliar as autoridades competentes no planejamento da ocupação e ordenação do uso do solo. Embora existam vários trabalhos já realizados e em andamento, nenhum deles trata especificamente sobre a hidrogeologia. No intuito de contribuir para o conhecimento hidrogeológico do Rio de Janeiro, o autor desenvolveu estudos na bacia do Rio Cabuçu, zona oeste da capital fluminense, na escala 1:25.000, que abrange a 18ª Região Administrativa do município.

Tal região apresenta muitos problemas devido, principalmente, à ocupação desordenada e acelerada que vem sofrendo nos últimos anos, além de enchentes, falta de rede de esgoto e deficiência no abastecimento de água, agravando ainda mais a situação na área (Amaral, 1988).

Apesar da população local, em sua maioria, ser abastecida de água pela CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos), ocorrem comumente problemas de abastecimento em

partes da área, agravando-se no verão. Isto faz com que alguns moradores se utilizem de poços para complementar ou até mesmo substituir o fornecimento de água canalizada, apesar de não se ter nenhum conhecimento da qualidade da água subterrânea que é consumida. Entretanto, há grandes chances da água estar contaminada pelos dejetos das fossas sépticas, pois o nível freático se encontra à pequena profundidade. Baseado em informações obtidas com os moradores, apenas uma parte das moradias é servida de rede de esgoto, sendo a maioria detentora de fossas sépticas que são ligadas através de valas negras aos rios.

De modo a auxiliar a população na utilização dos recursos hídricos subterrâneos, este estudo avaliou a qualidade da água dos aquíferos sedimentares e a sua potencialidade para exploração, classificando-a quanto à finalidade (agrícola e doméstico).

2.- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

2.1- LOCALIZAÇÃO

Localizado na baixada de Campo Grande¹, o Rio Cabuçu é um dos principais cursos d'água da zona oeste do Município do Rio de Janeiro, sua bacia possui uma área de aproximadamente 60 Km² constituída na sua maioria por depósitos quaternários flúvio-marinhos (figura 1).

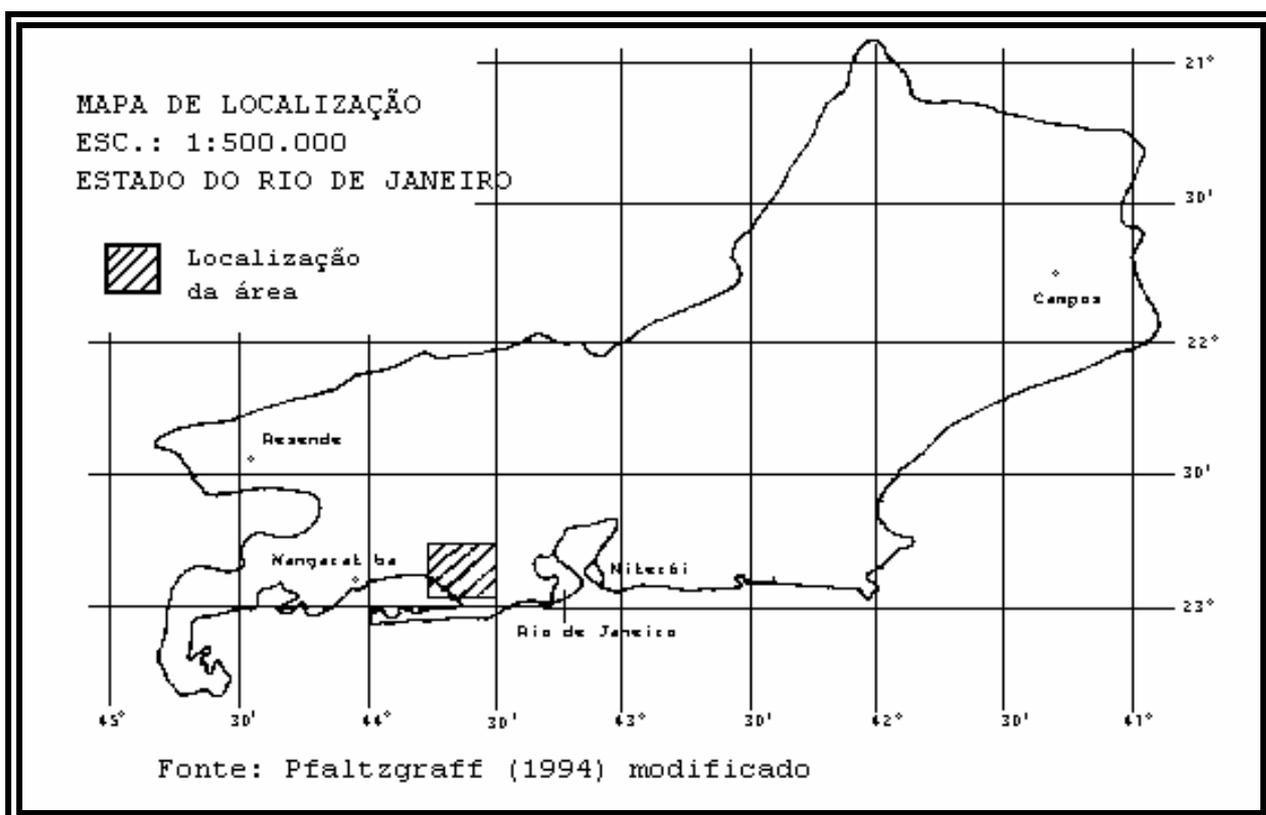


Figura 1 - Mapa de localização da área

¹ O nome baixada de Campo Grande, adotado pelo autor, abrange os bairros de Campo Grande e Pedra Guaratiba, é também definido por outros autores como planície de Campo Grande.

Situada entre os Meridianos $43^{\circ}45'00''$ e $43^{\circ}27'03''$ de longitude oeste e os paralelos $22^{\circ}52'30''$ e $23^{\circ}00'55''$ de latitude sul, a bacia é limitada ao norte pelo centro urbano de Campo Grande, ao sul pela Baía de Sepetiba, a oeste pelas Serras de Cantagalo, Inhoaíba e Capoeira Grande e a leste pelo Maciço da Pedra Branca.

A área engloba dois grandes bairros: Campo Grande e Pedra de Guaratiba. O primeiro concentra a maior parte da população, é bastante urbanizado e tem como base de sua economia o comércio. Pedra de Guaratiba, localizado no sul da área, é um bairro típico de veraneio cuja população aumenta enormemente no verão e feriados prolongados, ocasionando sérios problemas no abastecimento de água.



Foto 1 - Vista panorâmica da bacia do Rio Cabuçu

2.2 - CLIMATOLOGIA

2.2.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS

O clima da região é, segundo a classificação de Koppen, Aw - tropical quente e úmido. Entretanto, devido principalmente ao contraste topográfico entre a baixada e as encostas que a envolvem, encontram-se duas zonas pluviometricamente distintas. A baixada, com verão úmido e inverno mais seco, enquanto que as encostas das serras que a circundam possuem uma pluviosidade mais elevada sem uma estação seca definida. Isto se deve ao fato delas receberem ventos úmidos provenientes da Baía de Sepetiba (Galego e Alencar, 1979 ; in: Amaral, 1988).

Os dados de pluviosidade, temperatura e aqueles utilizados para o cálculo da evapotranspiração potencial e real, foram obtidos na publicação "Indicadores Climatológicos do Rio de Janeiro" (1978) da Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro. Foram feitas 27 e 21 observações para pluviosidade e temperatura, respectivamente, na Estação de Santa Cruz entre 1931 e 1975.

2.2.2- TEMPERATURA

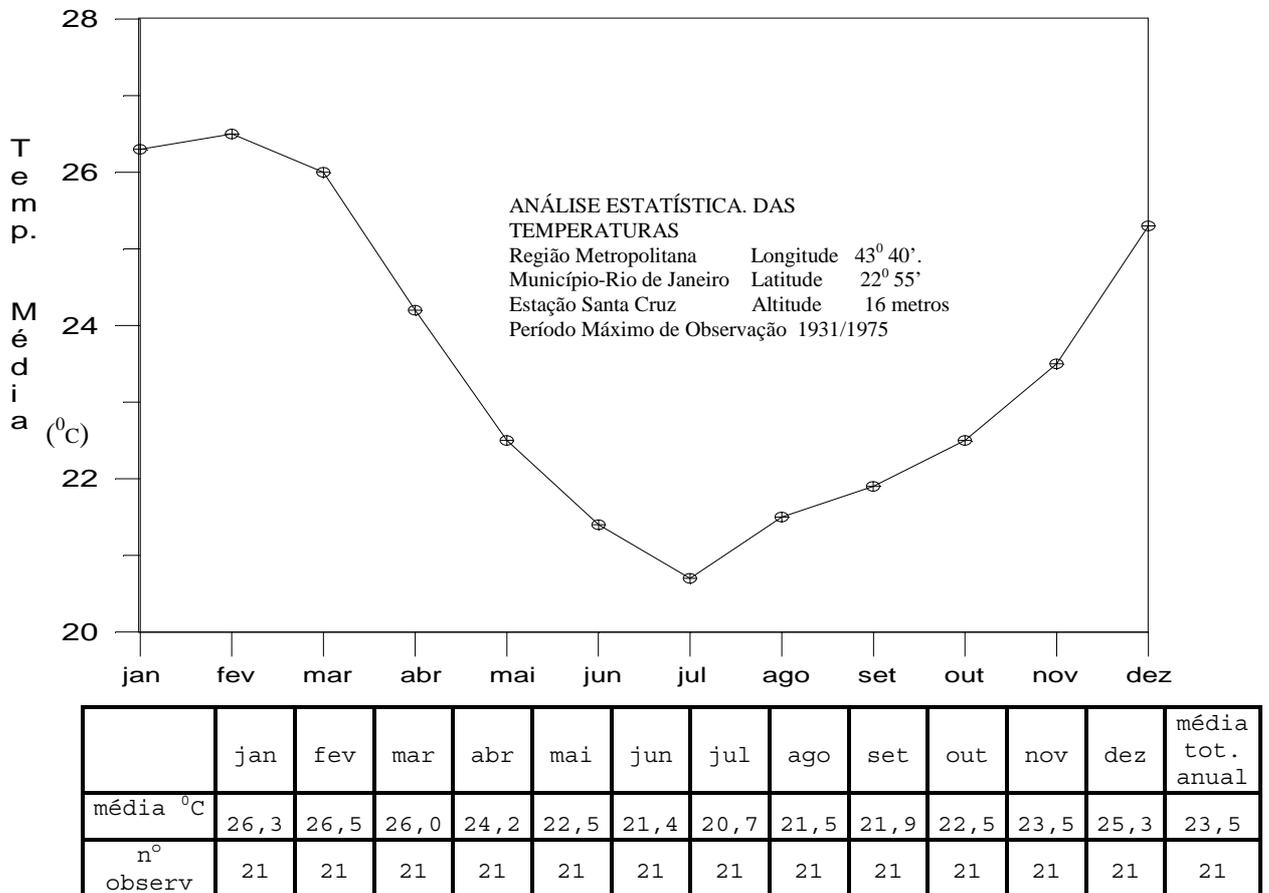


Figura 2 - Gráfico de temperaturas médias na bacia do Rio Cabuçu.

A temperatura média anual total na baixada é de 23,5°C, sendo que o mês de fevereiro foi o que apresentou maior média mensal, durante o período de observação, com uma temperatura de 26,5°C, enquanto julho foi o mês de temperaturas mais baixas com uma média mensal de 20,7°C.

Os meses que possuem valores abaixo da média anual estão compreendidos entre maio e outubro, enquanto de novembro a abril os valores de temperatura estão acima da média anual, como pode ser observado na figura 2.

2.2.3- PLUVIOMETRIA

A área possui uma pluviosidade total média anual de aproximadamente 1220 mm. Na figura 3, observa-se que o período de chuvas mais intensas (acima da média mensal de 101,6 mm) está compreendida de dezembro a março (verão), enquanto os três meses de mais baixa pluviosidade (junho a agosto) coincidem com a estação do inverno. A intensidade de chuvas no período de observação (1931/1975) variou grandemente, com valores mensais tão baixos como 2,0 mm ou tão elevados como 634 mm.

MESES	MÉDIA (mm)	MÍNIMO OBSERVADO (mm)	MÁXIMO OBSERVADO (mm)	NÚMERO DE OBSERV.
JANEIRO	170,3	14,7	304,5	27
FEVEREIRO	152,9	28,1	333,7	27
MARÇO	163,6	21,3	634,0	27
ABRIL	105,9	19,5	241,3	27
MAIO	71,8	7,5	212,8	27
JUNHO	48,0	2,0	127,0	27
JULHO	39,7	6,8	80,0	27
AGOSTO	36,7	4,3	130,8	27
SETEMBRO	57,5	4,3	148,5	27
OUTUBRO	98,7	21,7	338,7	27
NOVEMBRO	107,5	26,2	189,1	27
DEZEMBRO	166,1	59,3	320,3	27
TOT. ANUAL	1218,7	878,7	1609,7	27

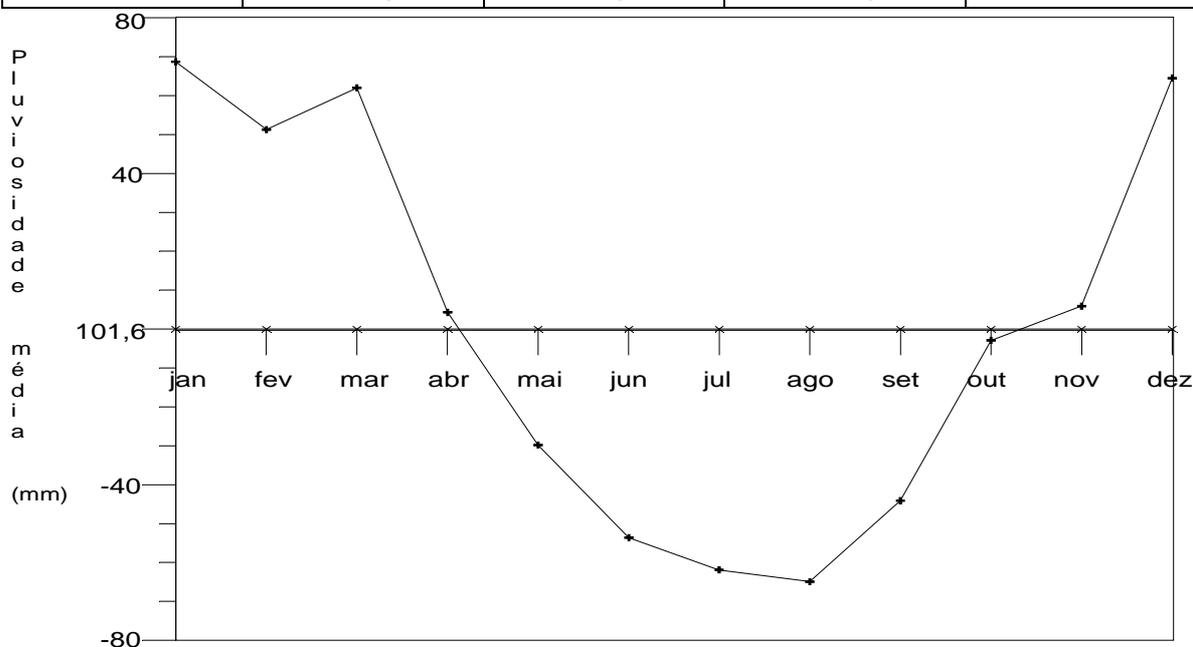


Figura 3 - Pluviosidade média anual

2.2.4 - BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico da área em estudo foi elaborado através do método Thornthwaite e Mather ,1955 apud Custodio & Llamas, 1983. A retenção específica máxima do solo é

considerada como de 125 mm e o armazenamento de água disponível em janeiro de 87,6 mm (Índices Climatológicos do Rio de Janeiro, 1978). Ao se analisar a tabela 1, em conjunto com a figura 4, observa-se que apesar da precipitação ser maior que a evapotranspiração potencial de outubro a abril, o excedente de água que pode vir a abastecer os aquíferos da região, segundo este método, só ocorre nos meses de março e abril, perfazendo um total de 29,3 mm por ano, o que daria, considerando-se a área de estudo como de aproximadamente 60 Km², uma infiltração média de 1,8 milhão de m³/ano.

MESES	ETP. (mm)	P. (mm)	P-ETP. (mm)	ARM. (mm)	ETR. (mm)	DEF. (mm)	EXC. (mm)
JANEIRO	153,9	170,3	16,4	104,0	153,9	-	-
FEVEREIRO	136,9	152,9	16,0	120,0	136,9	-	-
MARÇO	134,8	163,6	28,8	125,0	134,8	-	23,8
ABRIL	100,4	105,9	5,5	125,0	100,4	-	5,5
MAIO	80,7	71,8	- 8,9	116,1	80,7	-	-
JUNHO	65,5	48,0	- 17,5	98,6	65,5	-	-
JULHO	62,2	39,7	- 22,5	76,1	62,2	-	-
AGOSTO	73,1	36,7	- 36,4	39,7	73,1	-	-
SETEMBRO	78,6	57,5	- 21,1	18,6	78,6	-	-
OUTUBRO	92,6	98,7	6,1	24,7	92,6	-	-
NOVEMBRO	105,8	107,5	1,7	26,4	105,8	-	-
DEZEMBRO	138,9	166,1	27,2	53,6	138,9	-	-
TOTAL	1223,4	1218,7	- 4,7	-	1223,4	-	29,3

ETP - EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL	P - PRECIPITAÇÃO
ARM - RESERVA DE ÁGUA NO SOLO	ETR - EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL
DEF - DÉFICIT DE ÁGUA	EXC - EXCEDENTE DE ÁGUA

Tabela I - Balanço hídrico pelo método de Thornthwaite.

Nos meses compreendidos entre maio e setembro, a evapotranspiração potencial é superior a precipitação, de

forma que a vegetação retira a água da zona do solo para satisfazê-la (Figura 4).

Nos meses de outubro a fevereiro, apesar da precipitação ser superior a evapotranspiração potencial, toda água em excesso é utilizada para satisfazer a água da zona do solo, ou seja, a retenção específica.

A evapotranspiração real, também calculada, coincide com a evapotranspiração potencial (Tabela I).

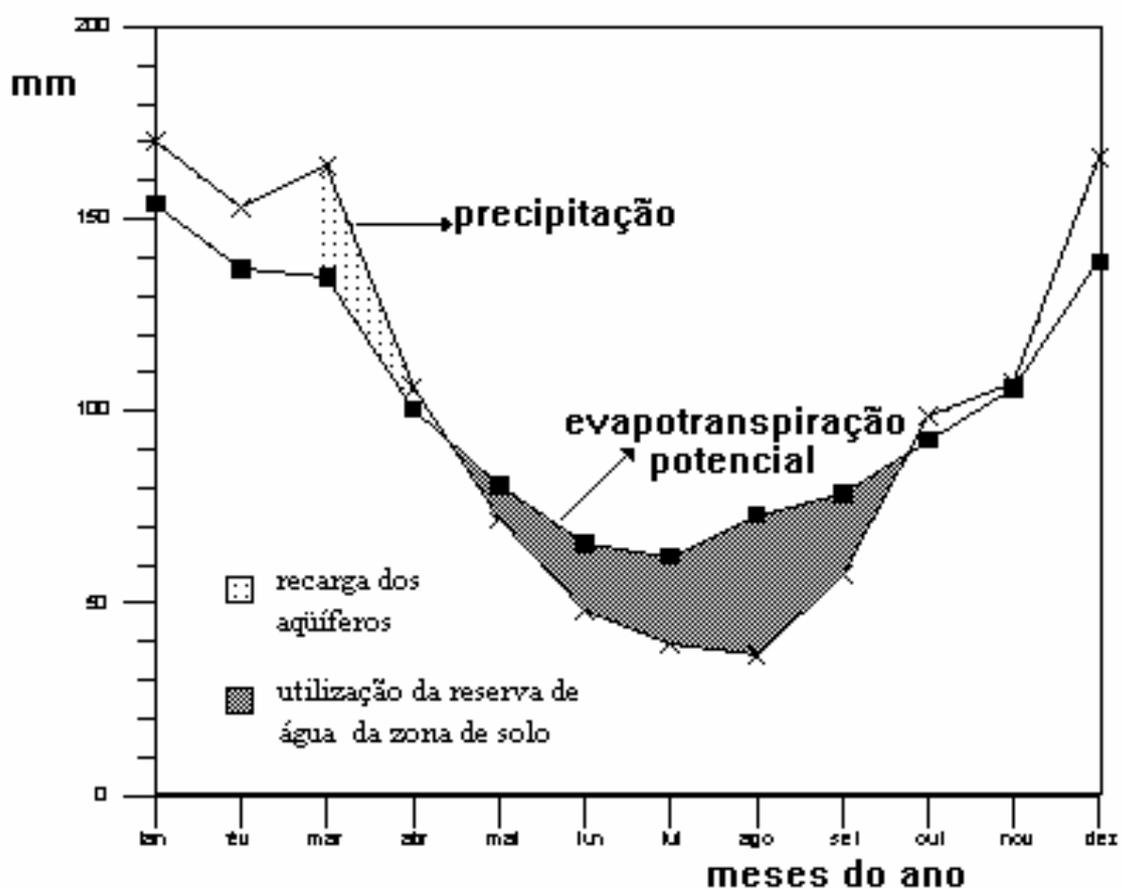


Figura 4 - Gráfico do balanço hídrico da bacia do Rio Cabuçu.

2.3- GEOLOGIA

2.3.1- GEOLOGIA REGIONAL

O Município do Rio de Janeiro é constituído basicamente por rochas cristalinas pré-cambrianas e eopaleozóicas, cortadas por numerosos diques de rochas básicas e alcalinas do Mesozóico e Terciário.

As várzeas entre os morros e as montanhas, como também as dunas e praias, são constituídas por depósitos quaternários.

A seqüência estratigráfica do município, segundo Helmbold et alli (1965), pode ser definida como:

- **Pré-cambriano**

Rochas metamórficas de fácies diversas: charnoquitos, migmatitos, gnaisses, quartzitos, rochas calco-silicatadas, etc. Helmbold et alli (1965) divide tais rochas em duas Séries de unidades gnáissicas:

- A Série Inferior constituída por gnaisses graníticos a quartzodioríticos, associados a migmatitos, além de diques e lentes de anfibolito.
- A Série Superior constituída por biotita-gnaisses associados a migmatitos, em contato intrusivo com rochas ígneas, máficas e ultramáficas, deformadas e migmatizadas.

- **Eopaleozóico (?)**

Rochas ígneas ácidas (granitos), possivelmente do Ordoviciano-Siluriano, de textura e composição variadas, ocorrem atravessando as litologias pré-existentes - na verdade são variedades de um batólito granítico (Helmbold et alli, 1965). Afloram, predominantemente, no Maciço da Pedra Branca, estendendo-se até Guaratiba, formando também os morros entre Pedra de Guaratiba e Campo Grande. Ocorrem também intrusões menores por todo o município.

- **Cretáceo**

Diques de rochas ígneas básicas (basaltos e diabásio) de composição toleítica ocorrem cortando todas as rochas pré-existentes. Distribuem-se por todo o município, sendo mais comuns na parte central e leste. No final do Cretáceo e início do Terciário, houve a intrusão de magma alcalino ocorrendo principalmente na Serra do Mendanha (nefelina-

sienito) e Morro do Marapicu (umpteckito), além de diversos diques com direção nordeste e noroeste espalhados pela parte ocidental do município.

- **Quaternário**

Os depósitos sedimentares ocupam vastas áreas litorâneas cobrindo 45% da área do município. Constituem as baixadas de Jacarepaguá e Sepetiba, praias do Atlântico e ao redor da Baía de Guanabara.

2.3.2- GEOLOGIA LOCAL

A área em estudo, apesar de estar localizada na capital do Rio de Janeiro, ainda não possui sua geologia completamente conhecida, embora tenha sido alvo de vários trabalhos, destacando-se: Helmbold et alli, 1965; Maio, 1956; Leonardos Jr., 1973 e Ponçano et alli, 1976.

O embasamento da baixada de Campo Grande, assim como seus limites, possui orientação geral nordeste, e é constituído por rochas metamórficas e ígneas do Pré-cambriano/Eopaleozóico.

As serras que delimitam a bacia são formadas principalmente pelos granitos plutônicos do Eopaleozóico. Destacam-se as serras de Cantagalo, Inhoaíba e Capoeira Grande (oeste), Morro do Luís Bom (norte) e Maciço da Pedra Branca (leste). Na área, ocorrem os gnaisses da Série Inferior bordejando as serras graníticas de Cantagalo, Inhoaíba e Capoeira Grande, ao norte da bacia (pequenas elevações) e a nordeste (Morro do Viegas), além de aparecerem na forma de morrotes no meio da baixada (Helmbold et alli, 1965). Ocorrem também gnaisses associados a migmatitos da Série Inferior na parte leste da área (Maciço da Pedra Branca) na forma de uma faixa alongada na direção E-W em contato intrusivo com o granito. É consenso entre os autores de que o Maciço da Pedra Branca (leste da área de trabalho) é o principal ponto de ocorrência de corpos graníticos no Município do Rio de Janeiro (Amaral, 1988).

Durante o Cretáceo e Terciário, atividades ígneas básicas e alcalinas, respectivamente, geraram um grande número de diques com direção nordeste e subordinadamente noroeste que cortaram as rochas pré-existentes na área.

Os depósitos quaternários, constituídos por sedimentos flúvio-marinhos, estão sobrepostos ao arcabouço pré-cambriano formando a baixada de Campo Grande. Segundo Ponçano et alli

(1976), existe da base para o topo da coluna sedimentar, uma passagem de sedimentos de origem continental para sedimentos de origem mista (continental e marinha), o que caracteriza uma seqüência transgressiva.

A área, durante o Quaternário, foi bastante afetada pelas últimas transgressões e regressões que deixaram evidências através dos depósitos sedimentares. Nos últimos 6.000 anos, o nível do mar esteve superior ao atual em pelo menos dois períodos: uma transgressão entre 5400 e 4600 anos com o nível do mar chegando a 4,5 metros acima do atual e outra entre 3500 e 3200 anos com o nível do mar chegando a 3,0 metros acima do atual. A partir dos últimos 1800 anos, o nível do mar atingiu a posição atual (Ferreira in Kneip et alli, 1988).

Para se definir o Quaternário da área, utilizou-se informações do Mapa Geológico do Estado da Guanabara - esc.: 1:50.000 - Folha Santa Cruz (Helmbold et alli, 1965), do Mapa Pedológico do Município do Rio de Janeiro - esc. 1:50.000 (EMBRAPA, 1980), do Mapa Geológico-Geotécnico feito por foto-interpretação da Folha Santa Cruz - esc. 1:25.000 (Cabral, S. e Matta, C.; não publicado), de investigações de campo e de perfis geológicos de sondagens mecânicas e poços tubulares profundos.

O pacote sedimentar da bacia do Rio Cabuçu varia em espessura de poucos centímetros a mais de 20 metros, sendo que as maiores espessuras ocorrem no sul da área (UNIDADE I), próximo à Baía de Sepetiba.

A área sedimentar divide-se em duas unidades: A UNIDADE I é composta por espessas camadas de argila orgânica, que podem chegar a mais de 10 metros, sobrepostas a camadas argilo-siltosas e camadas arenosas que podem conter fragmentos de conchas, o que evidencia a presença do mar durante as várias transgressões e regressões ocorridas na região durante o Quaternário (Figura 5).

A UNIDADE II ocorre principalmente na porção central e norte da área e é composta principalmente por sedimentos de origem fluvial, caracterizados por uma pequena espessura, no máximo de 10 metros (Figura 6). O material é bastante heterogêneo e varia em composição de argilas-siltosas a areias-argilosas finas, médias e grossas, podendo, às vezes, chegar a conter um pequeno percentual de argila e silte, como evidenciadas em algumas análises granulométricas realizadas em vários pontos da bacia (ver capítulo 4.3).

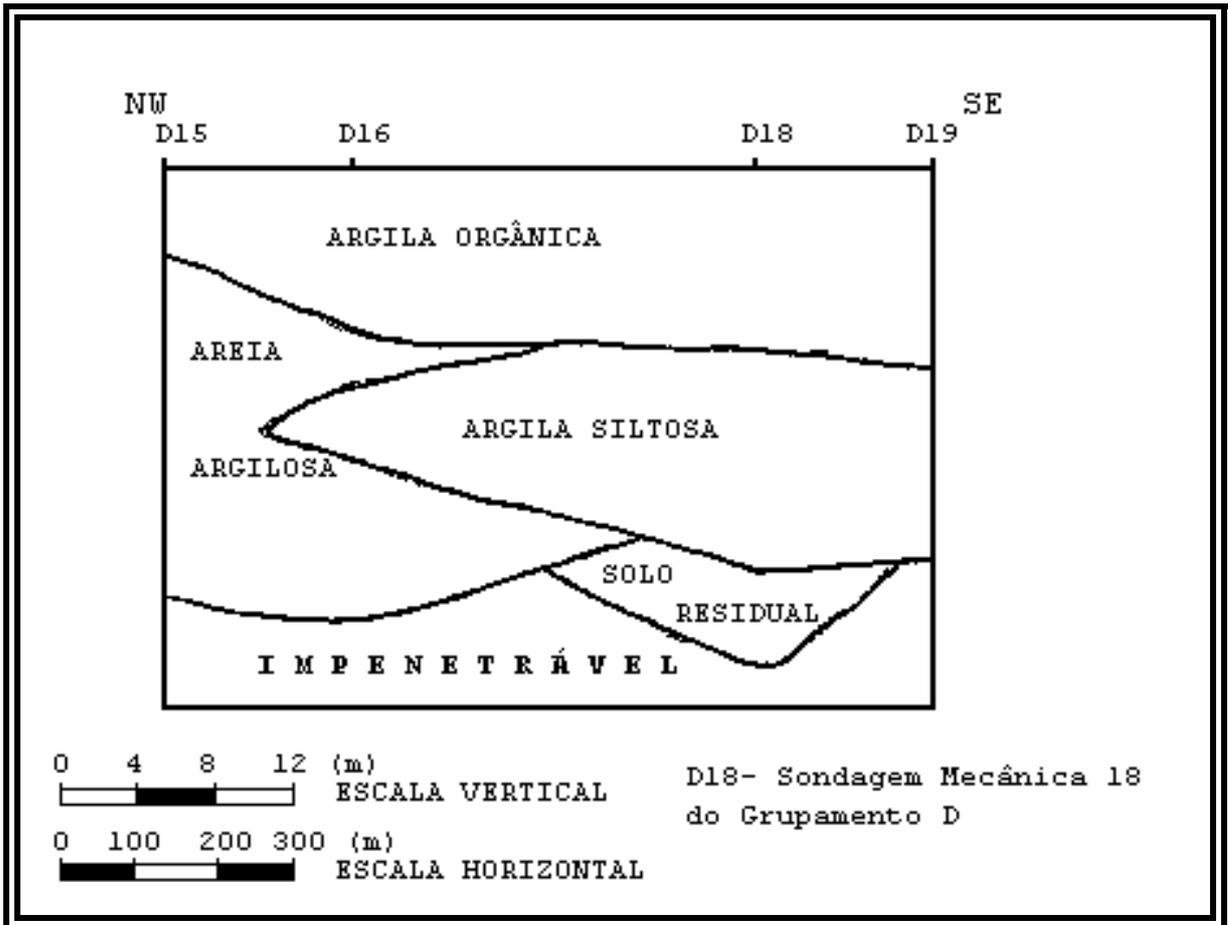


Figura 5 - Perfil geológico 2 - (ver mapa de espessura de sedimentos)

Lentes arenosas de dimensões variadas podem ser observadas aflorando às margens do Rio Cabuçu e Prata, sendo que com maior expressão no primeiro. Estas e outras lentes em maiores profundidades foram detectadas nas sondagens mecânicas ao longo do Rio Cabuçu, demonstrando certa continuidade.

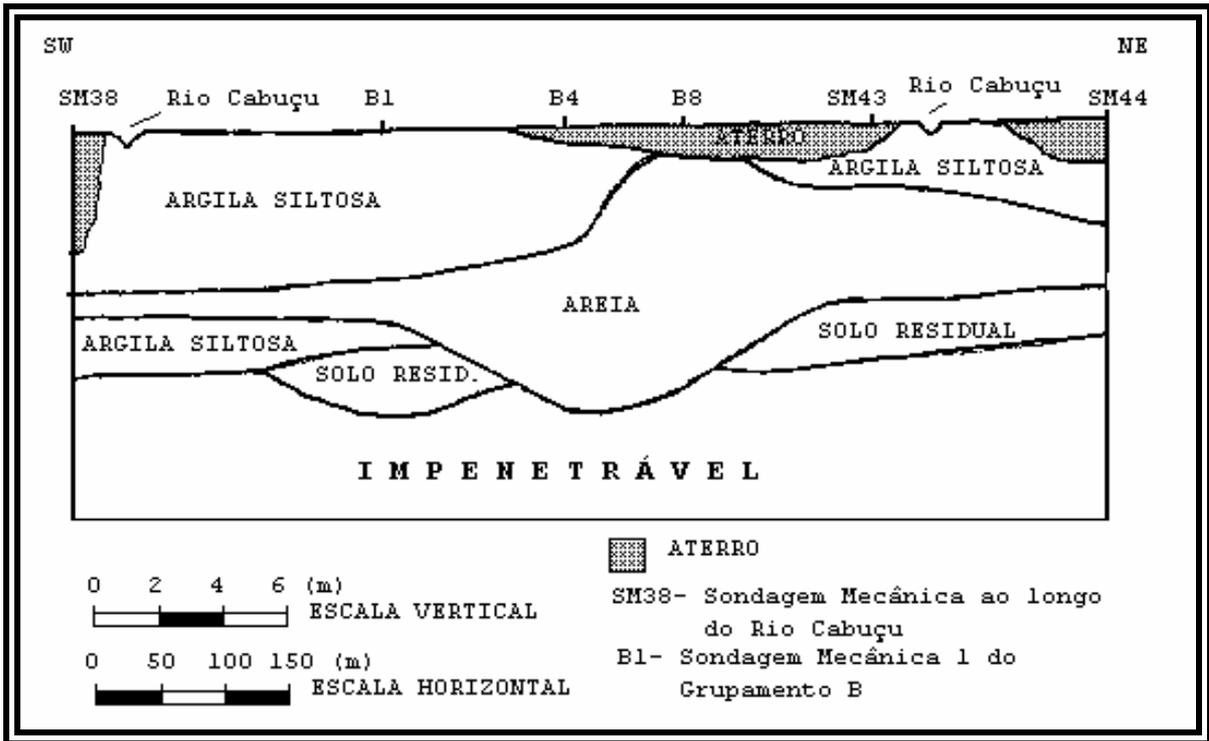


Figura 6 - Perfil geológico 1 - (ver mapa de espessura de sedimentos)

As lentes possuem espessuras variadas que vão de poucos centímetros até 6 metros ou mais. A composição mineralógica indica a predominância do quartzo, ocorrendo secundariamente feldspato, micas e fragmentos de rocha do arcabouço (alcalinas, básicas e granito-gnaíssicas). A granulometria é de areia média a grossa e é bastante comum a ocorrência de pelotas de argila centimétricas dentro das lentes arenosas, quando possuem pequena espessura.

É possível observar níveis de cascalho na base das lentes arenosas com seixos de quartzo, feldspato e fragmentos de rocha do embasamento no tamanho de 5 cm ou mais.

O baixo grau de arredondamento, bem como o baixo grau de seleção granulométrica, permite classificar os sedimentos fluviais como textural e mineralogicamente imaturos.

A ocorrência de afloramentos de lentes arenosas ao longo do Rio Cabuçu diminui em direção ao sul da área, dando vez a sedimentos de argila orgânica, como pode ser observado em perfil geológico construído a partir de sondagens mecânicas (figura 7), na altura do Jardim Maravilha, ao longo do Rio Cabuçu.

Ocorrem ainda na área, coberturas de solo residual provenientes da alteração das rochas do embasamento, que afloram no meio das unidades quaternárias e nos seus limites.

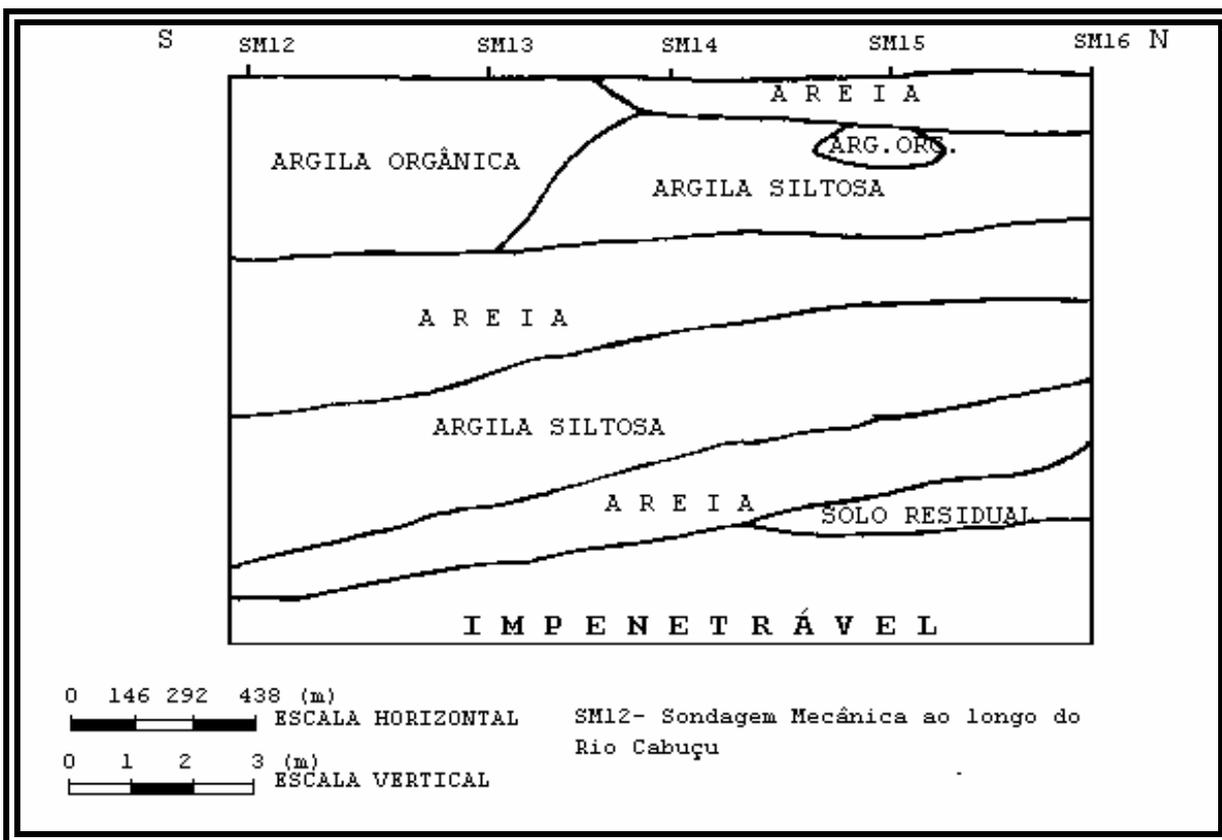


Figura 7 - Perfil geológico 3 - transição para sedimentos de argila orgânica - (ver mapa de espessura de sedimentos)

O mapa de espessura de sedimentos (em anexo) foi construído a partir de dados das sondagens mecânicas, poços profundos e sondagens elétricas verticais. Observa-se que ocorrem depressões no topo do embasamento que são preenchidos por sedimentos, assim como elevações que ocasionam menor espessura sedimentar. Dessa forma, verifica-se que o topo do embasamento apresenta uma conformação irregular, com profundidades superiores a 20 metros na parte sul.

2.4- GEOMORFOLOGIA

O relevo da região é caracterizado pelo forte contraste existente entre as serras que delimitam a bacia e a pouca declividade da baixada de Campo Grande, onde está encaixado o Rio Cabuçu. As serras que bordejam a área de estudo e os morrotes aí existentes estão orientados segundo a direção NE-SO, condicionadas pelas estruturas geológicas do Pré-cambriano. Isto faz com que o vale do Cabuçu esteja encaixado nesta direção.

A declividade da baixada é predominantemente menor que 2% ocorrendo, porém, morrotes isolados com declividade entre 2 e 15% (Amaral, 1988).

2.5- VEGETAÇÃO

A vegetação de mangue, em franco processo de devastação, é típica na baixada próximo à Baía de Sepetiba, enquanto que nas serras que circundam a bacia desenvolvem-se, predominantemente, matas de regeneração (capoeiras) e, em alguns pontos, floresta tipo tropical perenifólia latifoliada, também em pleno processo de eliminação devido ao intenso desmatamento (Amaral, 1988). É possível também, observar que devido ao intenso processo de favelização a vegetação dos morrotes que ocorrem na área está sendo eliminada para a construção de barracos.

2.6- HIDROLOGIA

Na porção nordeste da área, região de Senador Camará-Santíssimo, ocorre um divisor de águas separando os rios que correm para a Baía de Guanabara daqueles que se dirigem para a Baía de Sepetiba. Tal divisor faz parte do Rift Campo Grande - Guanabara - Rio Bonito (Freitas, 1951; in Duarte e Francisco, 1977), denominado por Almeida (1976) de Rift Guanabara.

O Rio Cabuçu possui sua cabeceira localizada a nordeste da área, próximo ao Morro do Lameirão, e deságua na Baía de Sepetiba. Tem como principal afluente o Rio da Prata, além de contribuições de pequenos cursos oriundos do Maciço da Pedra Branca e das Serras de Inhoaíba, Cantagalo e Capoeira Grande (Nunes, 1992). Segundo ainda Nunes (1992), a porção a jusante do Rio Cabuçu sofre, nos períodos de maré alta, a ação de refluxo na descarga do rio com a intrusão de uma cunha salina por cerca de cinco quilômetros a montante do Cabuçu.

A drenagem na bacia é feita de modo deficiente por pequenos cursos que causam frequentes inundações nos períodos de chuvas, devido ao baixo gradiente (Nunes, 1992). Por isso o Rio Cabuçu vem sofrendo obras de canalização em toda a sua extensão, sendo que a porção acima da junção com o Rio da Prata já se encontra concluída (Foto 2).

Devido ao precário sistema de esgotamento sanitário da região, o Rio Cabuçu se tornou uma imensa vala negra, onde grande parte dos resíduos domésticos e industriais são lançados diretamente nele sem nenhum tratamento (Foto 3).



Foto 2 - Canalização do Rio Cabuçu - trecho localizado no centro urbano de Campo Grande



Foto 3 - Poluição do Rio Cabuçu - trecho localizado pouco abaixo da conjunção do Rio da Prata com o Cabuçu

3 - MÉTODO DE TRABALHO

3.1- INTRODUÇÃO

Para realização desta dissertação de mestrado foi utilizado principalmente os dados existentes na área, tais como: perfis geológicos de sondagens mecânicas e poços tubulares profundos, análises físico-químicas da água subterrânea, dados climatológicos, além de estudos anteriores. Novos dados foram obtidos através de sondagens elétricas verticais, ensaios de laboratório e de campo, além de análises físico-químicas de amostras da água subterrânea de algumas cacimbas.

3.2- INVENTÁRIO DE PONTOS D'ÁGUA

Foram cadastradas 62 cacimbas no decorrer desta fase e durante o desenvolvimento do trabalho, no entanto é necessário destacar que o número de cacimbas existentes na área é muito superior a este, pois tratava-se de uma prática bastante comum a sua construção no período em que a região

não era abastecida de água pela CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgoto- RJ).

REGISTRO DE POÇO RASO			
NÚMERO:	27	DATA DE MEDIÇÃO: 12/08/1992	HORA: 12:05
LOCAL:	Rua Capanema 52 (Rio Morto)		
PROPRIETÁRIO:	Antônio Francisco dos Santos		
MORFOLOGIA DO TERRENO:	Plano		
PROFUNDIDADE:	4,12 metros	DIÂMETRO:	0,81 metro
ALTURA DA BOCA:	0,38 metro	NÍVEL ESTÁTICO:	1,89 metro
TIPO DE REVESTIMENTO:	manilha	TAMPA:	sim
FREQÜÊNCIA DE UTILIZAÇÃO:	Todo dia para tudo (menos beber)		
VOLUME DE ÁGUA RETIRADA:	500 litros/dia (estimado)		
MÉTODO DE EXTRAÇÃO:	Bomba		
O POÇO SECA ?	não	SANEAMENTO:	Fossa
MATERIAL QUE SAIU DO POÇO:	Areia grosseira	GOSTO DA ÁGUA:	Bom
OBSERVAÇÕES:			

Figura 8 - Modelo de ficha utilizado no cadastramento das cacimbas.

Durante o cadastramento, as informações quanto ao diâmetro, profundidade, tipo de revestimento, tampa, freqüência de utilização, nível d'água, altura da boca e

outras observações consideradas relevantes, foram registradas em fichas idealizadas para este fim (figura 8). Devido à pequena profundidade do nível d'água (< 5 metros) foi possível medi-lo com uma pequena trena metálica.

Dentre as cacimbas cadastradas, algumas foram selecionadas para medições em janeiro, abril, julho e outubro de 94 e coleta d'água para análise físico-química em agosto de 94.

3.3- OBTENÇÃO DOS DADOS BÁSICOS GEOLÓGICOS

3.3.1- RECONHECIMENTO GEOELÉTRICO

O estudo geofísico foi realizado utilizando-se o método da eletrorresistividade, através de sondagens elétricas verticais (sev's), com arranjo de campo Schlumberger (figura 9).

A técnica utilizada para a interpretação das curvas de resistividade aparente foi o método do ponto auxiliar através

das curvas-padrão de Orellana-Mooney, além do programa de computador RESIX-IP da INTERPEX Ltd.

Através das sev's procurou-se definir, juntamente com os perfis geológicos de sondagens mecânicas e poços tubulares profundos, as dimensões das lentes arenosas constituíntes dos depósitos aluvionares.

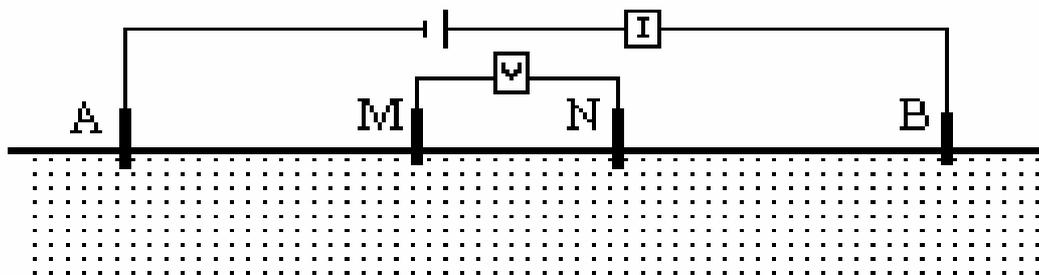


Figura 9 - Disposição dos eletrodos no Arranjo SCHLUMBERGER.

3.3.2- SONDA GENS MECÂNICAS

Para o reconhecimento geológico da área em estudo foram catalogadas pouco mais de 120 sondagens mecânicas (SM's), as quais foram realizadas para diversas finalidades, tais como:

construção civil e canalização do Rio Cabuçu. Um conjunto de SM's é constituído do resultado de vários serviços de investigação do subsolo, denominados pelas letras do alfabeto (TABELA II). Outras 48 SM's, realizadas ao longo do Rio Cabuçu, foram obtidas da obra de sua retificação (TABELA IV). Poços tubulares construídos (TABELA III) para abastecimento de água em indústrias, granjas e sítios, existentes na área, forneceram mais 17 perfis geológicos (localizados no mapa de espessura de sedimentos, em anexo).

Grupamento de Sondagens	Número de sondagens	Espessura média de sedimentos (metro)	
A	3	4,0	
C	9	5,1	
E	8	4,5	
G	2	5,0	
H	1	4,6	
L	5	3,0	
M	9	6,5	
N	4	8,0	
O	8	4,6	
P	1	2,8	
Q	3	3,9	
R	4	7,0	
Sondagens	Espessura de sedimentos (metro)	Sondagens	Espessura de sedimentos (metro)
B1	6,8	D6	19,0
B4	8,9	D8	10,0
B6	8,1	D15	21,2
B8	8,1	D16	22,8
D1	9,6	D18	20,8
D3	18,8	D19	20,0
D4	13,8		

Tabela II - Grupamentos de sondagens utilizados para confecção do Mapa de Espessura de Sedimentos

Poço profundo	Espessura de sedimentos (metro)
PP-26	6,5
PP-28	6,5
PP-29	6,5
PP-30	8,0
PP-31	SOLO RESIDUAL
PP-32	SOLO RESIDUAL
PP-50	10,0
PP-60	9,0

Tabela III - Poços profundos utilizados para confecção do
Mapa de Espessura de Sedimentos

As SM's foram em sua grande maioria à percussão, com somente duas rotativas. A profundidade de investigação máxima foi 25,3 metros, até o impenetrável.

Apesar da grande quantidade de informações de subsuperfície, os poços profundos e sondagens mecânicas possuem uma distribuição muito irregular.

Sondagem Mecânica	Espessura de Sedimentos (metro)	Sondagem Mecânica	Espessura de Sedimentos (metro)
SM 1	15,7	SM 25	5,0
SM 2	12,0	SM 26	8,8
SM 3	20,0	SM 27	2,5
SM 4	12,0	SM 28	2,0
SM 5	18,7	SM 29	7,2
SM 6	17,0	SM 30	5,2
SM 7	20,0	SM 31	3,5
SM 8	15,7	SM 32	2,0
SM 9	15,9	SM 33	3,6
SM 10	13,2	SM 34	6,2
SM 11	9,8	SM 35	4,4
SM 12	8,6	SM 36	4,9
SM 13	8,1	SM 37	6,6
SM 14	7,5	SM 38	7,8
SM 15	7,6	SM 39	7,9
SM 16	6,0	SM 40	9,7
SM 17	3,0	SM 41	6,9
SM 18	2,2	SM 42	6,0
SM 19	4,7	SM 43	5,5
SM 20	0,8	SM 44	5,2
SM 21	8,6	SM 45	4,8
SM 22	3,7	SM 46	5,7
SM 23	8,5	SM 47	solo residual
SM 24	3,1	SM 48	0,4

Tabela IV - Sondagens mecânicas ao longo do Rio Cabuçu utilizadas para confecção do Mapa de Espessura de Sedimentos

3.3.3- ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Foram coletadas 27 amostras representativas dos aquíferos sedimentares, em toda a bacia do Rio Cabuçu, para realização de análise granulométrica. A densidade de amostragem foi função da disponibilidade de acesso aos locais selecionados para coleta. Dessa forma, grande parte das amostras analisadas são provenientes dos afloramentos de lentes arenosas ao longo do Rio Cabuçu e seu afluente o Rio da Prata. Enquanto algumas outras, devido a baixa profundidade do nível freático, foram amostradas com trado nos pontos considerados representativos dos aquíferos sedimentares.

Dentre as 27 amostras, 14 foram utilizadas primeiramente para determinação da porosidade total e eficaz.

As análises granulométricas foram realizadas segundo as normas da ABNT e suas curvas foram plotadas juntamente com as curvas de Breddin, 1963 apud Custodio & Llamas, 1983, para estimar, através deste método, a permeabilidade dos aquíferos e compará-la com os valores obtidos nos ensaios de bombeamento nos poços.

Para determinação da porosidade total e eficaz em laboratório foi usado o método de King modificado, 1899 apud Meinzer, 1959, com a utilização de tubos de PVC com diâmetro interno de 3" e comprimento médio de 40 cm, além de tripés para colocar os tubos durante o ensaio (FOTO 4). Este método consistiu em, conhecido o volume total da amostra, colocar determinado volume de água pela parte superior do tubo até saturar a amostra, com isso obtêm-se o volume utilizado para saturar (porosidade total = Vol. vazios/ Vol. total) e o volume de água que a amostra cedeu por gravidade (porosidade eficaz = Vol. d'água/ Vol. total).

Na fase de amostragem, selecionado o local para retirada da amostra, o tubo foi cravado lentamente na vertical para que não houvesse perturbação no material a ser amostrado (FOTO 5).

O tempo de realização do ensaio foi de 2 a 3 dias. Isto deve-se ao fato de que, com um tempo mais prolongado, a evaporação começa a comprometer a leitura no tubo coletor da água que passa.

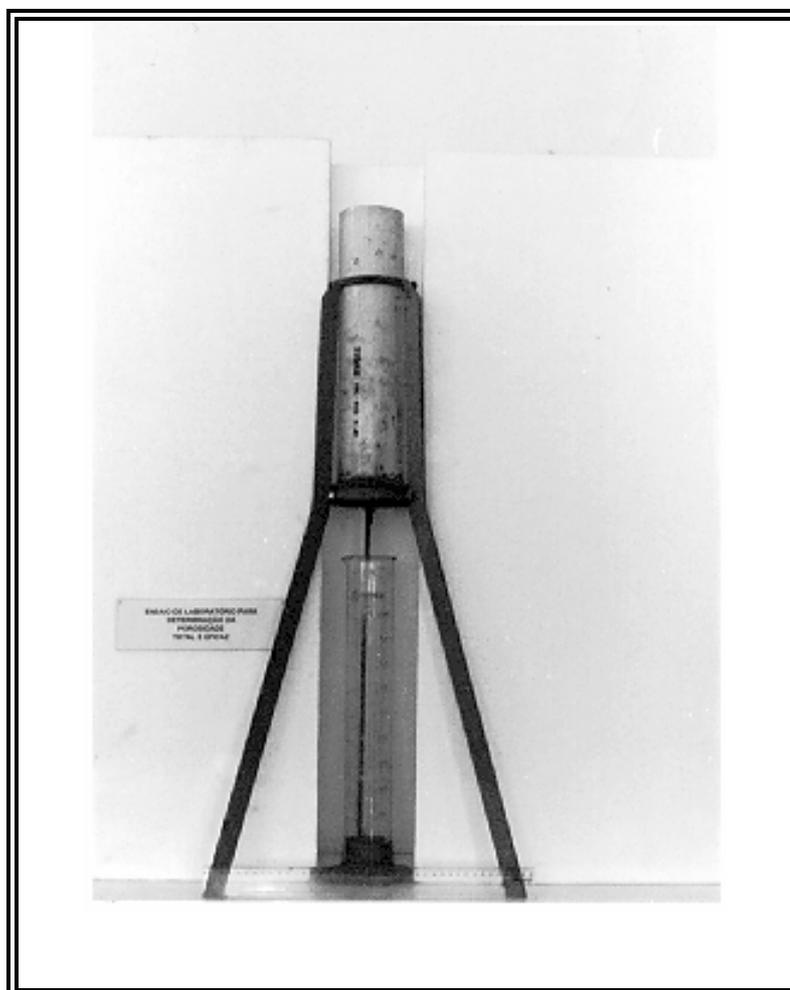


Foto 4 - Ensaio de laboratório com o Método de King modificado, 1899 apud Meinzer, 1959.

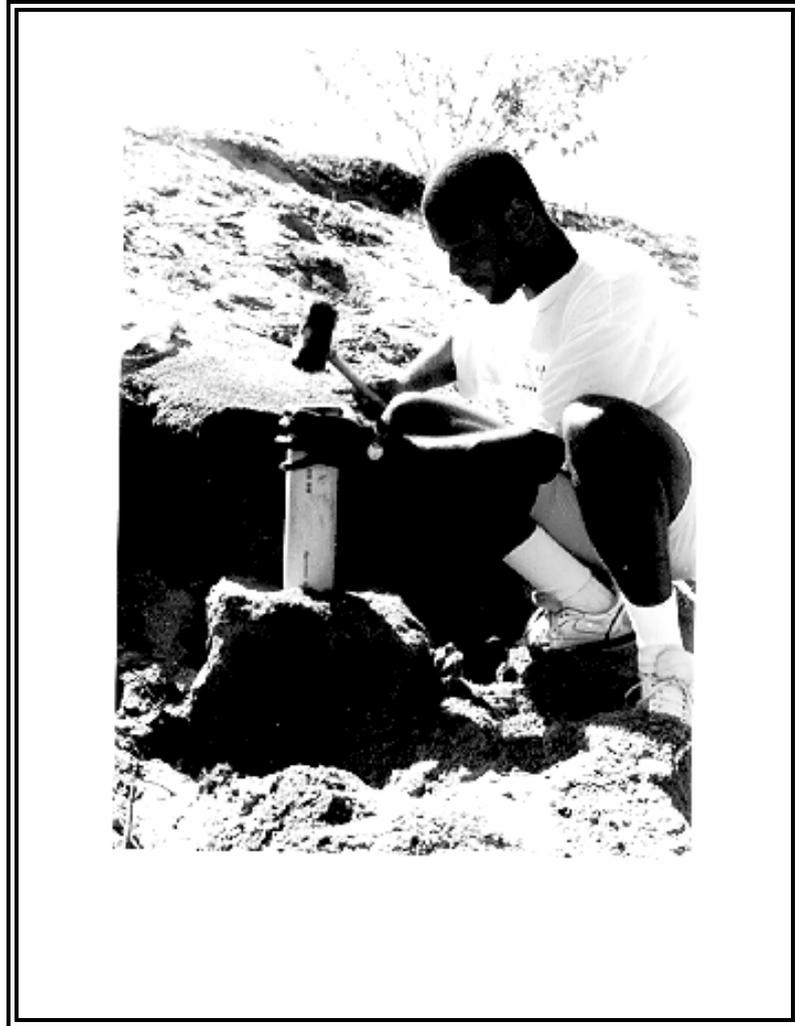


Foto 5 - Amostragem com tubo de PVC para realização de ensaio
em laboratório

3.4- OBTENÇÃO DOS DADOS BÁSICOS DE HIDROGEOLOGIA

3.4.1- MEDIDAS SISTEMÁTICAS DE NÍVEIS DE ÁGUA

Dentre as 62 cacimbas cadastradas, foram selecionadas 27 para medições da cota do nível freático nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 1994.

Devido a pequena profundidade da superfície freática, utilizou-se para a medição uma trena metálica com peso na ponta e giz (o nível d'água nos poços medidos raramente chegou a mais de 5 metros de profundidade).

3.4.2- ENSAIOS EM POÇOS PARA DETERMINAÇÃO DA TRANSMISSIVIDADE E COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO

Dentre as cacimbas cadastradas, 3 foram selecionadas para realização de ensaio de bombeamento visando a determinação da transmissividade e do coeficiente de armazenamento dos aquíferos sedimentares. O critério utilizado para seleção foi principalmente a sua localização,

procurando-se cacimbas representativas da porção norte, central e sul dos aquíferos sedimentares da bacia do Rio Cabuçu.

As cacimbas selecionadas foram as de número 9, 25 e um poço tubular próximo a cacimba 45. Entretanto, estes possuem características construtivas distintas. Os dois primeiros são de grande diâmetro, 1,4 e 0,8 m respectivamente, enquanto o terceiro é um poço de pequeno diâmetro (3 polegadas).

Para o ensaio de bombeamento nas cacimbas 9 e 25 foi utilizado o método proposto por Papadopulos (1967), específico para poços de grande diâmetro. Enquanto para o poço tubular, foi utilizado o Método de Aproximação de Jacob, 1946 apud Custodio & Llamas, 1983. Com referência ainda a este poço, a cacimba 45, distando aproximadamente 4,6 metros deste, foi utilizada como poço de observação para as respectivas medições do rebaixamento do nível freático durante o ensaio.

3.5- OBTENÇÃO DOS DADOS BÁSICOS SOBRE A QUALIDADE QUÍMICA DA ÁGUA

Para se avaliar a qualidade química da água subterrânea, foram programadas coletas em 6 (seis) cacimbas, em uma fonte próxima ao Rio da Prata, e em uma das nascentes do Rio Cabuçu. O critério utilizado para seleção das cacimbas foi de que fossem possuidoras de bomba elétrica, localizadas na zona sedimentar da bacia e utilizadas freqüentemente. As coletas foram feitas em um único dia no mês de agosto de 1994. E as análises físico-químicas realizadas no laboratório de hidroquímica da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), localizado no Município do Rio de Janeiro.

As coletas foram feitas em galões novos de plástico de 5 litros, sendo imediatamente enviadas para o laboratório para serem analisadas. Procurou-se bombear a cacimba por pelo menos meia hora antes de se realizar a coleta, de modo a permitir a entrada de água nova no poço.

Concomitantemente às coletas, efetuou-se medições de pH e condutividade elétrica no campo através de medidores portáteis com leitura digital, modelos DMPH-PV e CD-2P respectivamente, ambos da Digimed.

Os balanços iônicos foram realizados nos resultados das análises químicas para verificar a sua confiabilidade. Os seus resultados foram plotados nos gráficos Schoeller & Berkaloff, Piper, Collins e utilizados na verificação da relação entre Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Condutividade Elétrica (CE).

Apesar de não ser objeto principal deste estudo, análises físico-químicas de poços tubulares profundos, que captam água do aquífero fissural, foram selecionadas dentre os vários poços profundos cadastrados durante a fase inicial do estudo. Somente quatro apresentaram balanço iônico aceitável (erro percentual <10%). Dessa forma, estas análises físico-químicas foram comparadas com as dos aquíferos sedimentares e com a da nascente do Rio Cabuçu, visando avaliar as possíveis relações existentes entre elas.

4. - HIDROGEOLOGIA

4.1- USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Devido a pequena espessura das camadas sedimentares e a pouca profundidade do nível freático (figura 10), a forma predominante de exploração dos aquíferos sedimentares na bacia do Rio Cabuçu é através de cacimbas de pequena profundidade. São pertencentes na sua maioria a residências e alguns poucos sítios e indústrias, e geralmente apresentam características construtivas precárias.

Tais poços são quase sempre mal tampados, o que possibilita a entrada de folhas, galhos e outros detritos para o seu interior. Embora as cacimbas apresentem algumas dezenas de centímetros de revestimento acima da superfície do solo, raramente elas possuem cimentação do piso ao redor da boca, de modo a evitar que haja entrada de água imprópria pelo espaço existente entre o revestimento e a parede da escavação.

Os poços escavados (cacimbas), quando completamente revestidos por manilha ou pedra/cimento, têm como entrada principal de água o seu fundo, havendo também, secundariamente, entrada pelas junções entre as manilhas.

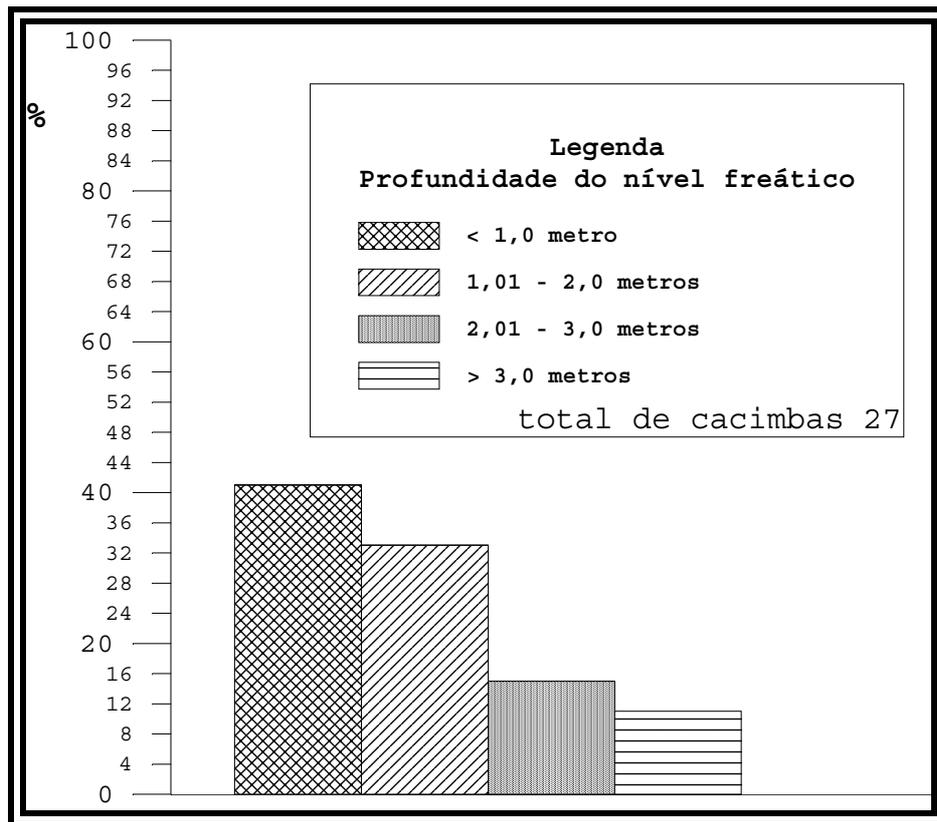


Figura 10 - Profundidade do nível freático de acordo com as 27 cacimbas utilizadas na sua medição.

Apesar de grande parte dos sedimentos quaternários serem constituídos por material areno-argiloso e argilo-arenoso, o que lhes impõem uma baixa permeabilidade, foi observado que os poços de grande diâmetro satisfazem às necessidades de

abastecimento de água dos domicílios, já que o volume de água utilizado não excede os 1.000 litros/dia. Dessa forma, conclue-se que até mesmo os açudados na região podem ser úteis na obtenção de pequenos volumes de água através da construção de poços de grande diâmetro.

Apesar de apresentarem técnicas construtivas rudimentares, as cacimbas são bastantes apropriadas para aquíferos de baixa transmissividade, pois como possuem um diâmetro grande servem também como armazenadoras de grande volume d'água.

As cacimbas, construídas para captação de água dos aquíferos sedimentares, possuem profundidades que variam de um a oito metros, sendo que 66% do total está abaixo de 4,0 metros (ver figura 11). O diâmetro varia de 0,55 a 3,05 metros, estando 45,9% das cacimbas com diâmetro entre 0,80 e 0,90 metro, como demonstrado na figura 12. Quanto ao tipo de revestimento, 67,7% dos poços cadastrados são manilhados, 21% são revestidos por pedra e cimento e 11,3 % não possuem nenhum tipo de revestimento.

Através de informações obtidas, observou-se que pouco mais de 66% das cacimbas são ainda utilizadas de alguma forma, apesar de grande parte da população da região ser

abastecida por água da CEDAE, mesmo que de forma precária. Essa utilização é freqüente nas áreas onde não há fornecimento d'água pela CEDAE e periódica onde há deficiência no abastecimento, principalmente no verão. Apesar de boa parte de seus possuidores ainda utilizá-las, ainda que esporadicamente, apenas 32% das cacimbas possuem bomba elétrica.

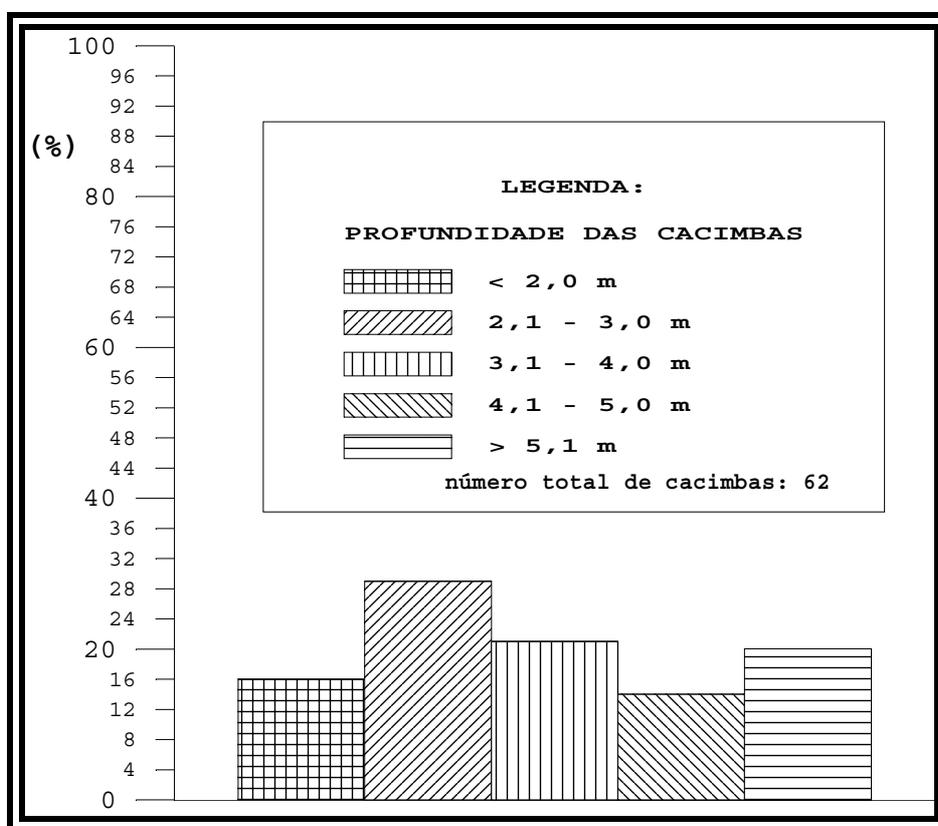


Figura 11 - Distribuição percentual da profundidade das cacimbas.

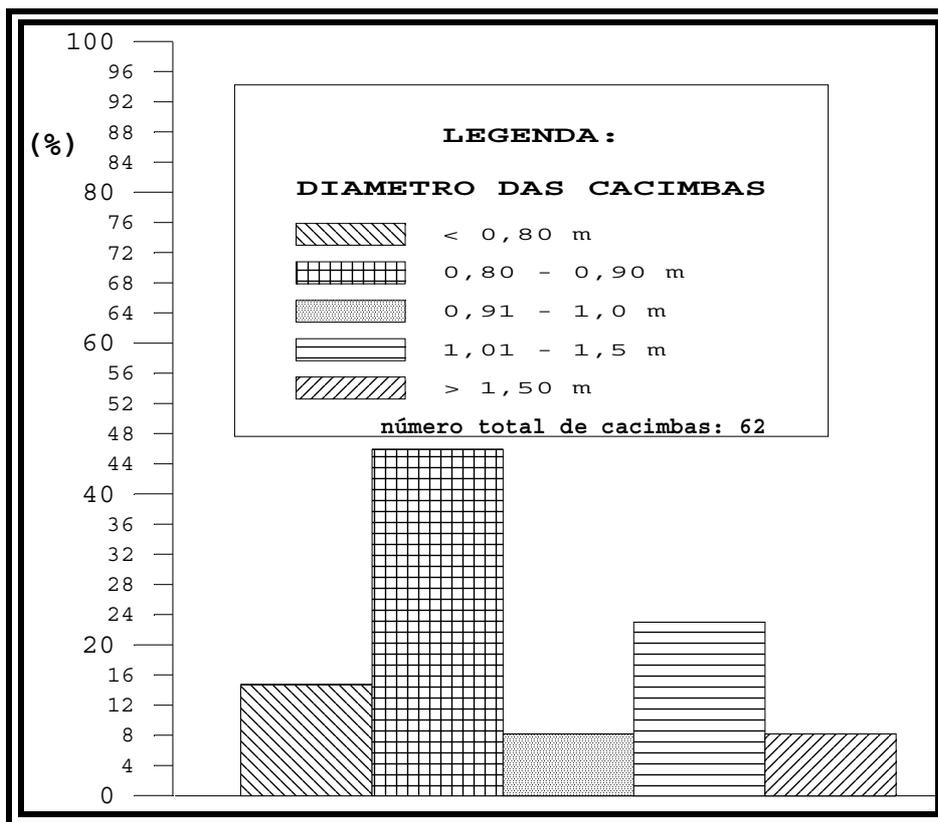


Figura 12 - Distribuição percentual do diâmetro das cacimbas.

O volume de água retirado das cacimbas é pequeno. Dentre as 21 cacimbas cadastradas que possuem uso freqüente, o volume utilizado não chega a 1.000 litros/dia por domicílio. O que dá, no mínimo, aproximadamente 7.600 m³/ano de água extraída dos aquíferos sedimentares.

4.2- DADOS GEOFÍSICOS

Foram realizadas 23 sondagens elétricas verticais (sev's) em toda porção sedimentar da área de estudo. As curvas fornecerem modelos geoeletricos, onde é bastante marcante o contraste, das propriedades físicas, do sedimento com o arcabouço pré-cambriano caracterizado pelos valores mais elevados de resistividade, definindo a espessura do pacote sedimentar e servindo para a confecção do mapa de espessura de sedimentos (em anexo).

Devido à pequena espessura e a heterogenidade das camadas sedimentares, os resultados obtidos não foram satisfatórios, tornando difícil a definição das lentes arenosas e da continuidade lateral dos depósitos sedimentares que afloram às margens do Rio Cabuçu, dessa forma, ocorreu a interação de uma ou mais camadas sedimentares em um único extrato geoeletrico - efeito de supressão de camadas.

As curvas de resistividade aparente obtidas no campo são geralmente do tipo H, nas quais está bem caracterizado o contato sedimento/embasamento. Além disso, as sondagens elétricas realizadas no sul da área comprovam a maior espessura de sedimentos (Tabela V).

Número da SEV	Espessura aproximada de sedimentos (metros)
1	1,1
2	4,2
3	7,1
4	2,7
5	2,4
6	2,9
7	4,7
8	3,5
9	3,5
10	3,5
11	10,0
12	4,0
13	2,9
14	4,7
17	10,0
18	7,4
19	20,6
20	12,0
21	14,0
22	7,7
23	9,7
24	10,7
25	7,0

Tabela V - Espessura de sedimentos determinada para cada SEV

4.3- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

A UNIDADE II, onde se localizam os principais aquíferos, corresponde ao local de predominância em superfície do planossolo, ocorrendo também, secundariamente, o solo gley

pouco-húmico. Entretanto, neste último solo a potencialidade para utilização de água subterrânea é mais limitada devido a predominância de sedimentos argilosos e argilo-arenosos.

Dentre as camadas sedimentares, somente os sedimentos clásticos mais grosseiros possuem boa permeabilidade para fornecer boas vazões. Portanto, os sedimentos da bacia do Rio Cabuçu são hidrogeologicamente pobres, devido à predominância de camadas argilo-arenosas e areno-argilosas sobre os arenosos.

As lentes arenosas que afloram principalmente às margens do Rio Cabuçu, e aquelas detectadas pelas sondagens mecânicas em maiores profundidades, se estendem ao longo do rio com espessura e extensão variáveis. Entretanto, é difícil determinar a sua continuidade lateral, visto que não se conseguiu bons resultados no dimensionamento dos corpos arenosos através das sev's.

Baseado nos perfis geológicos das sondagens mecânicas, inferiu-se uma continuidade lateral para tais camadas de no máximo 100 metros de distância da margem do rio.

Devido às escavações realizadas para algumas obras, foram observadas também a ocorrência de lentes arenosas no meio da baixada, entretanto não foi possível definir os limites de tais corpos devido, como já anteriormente citado, a não aplicabilidade do método geofísico utilizado.

As lentes arenosas possuem espessuras de poucos centímetros a mais de 6 metros, de acordo com os dados de sondagens mecânicas, e são constituídas por quartzo, feldspato, micas e fragmentos de rocha do embasamento.

As 27 análises granulométricas realizadas (Tabela VI) mostram que as lentes arenosas possuem pequeno percentual de silte/argila, no máximo 24,9% do material. A sua granulometria predominante é de areia média/grossa e pedregulho.

Para estimar a permeabilidade das lentes arenosas, as curvas granulométricas foram plotadas juntamente com as curvas de Breddin, 1963 apud Custodio & Llamas, 1983. Segundo este método, existem 13 curvas básicas que geram 12 classes de permeabilidade. Quando a curva, a ser analisada, corta mais de uma classe, a permeabilidade então fica sendo um valor intermediário e mais próximo da classe que contém a maior parcela da curva.

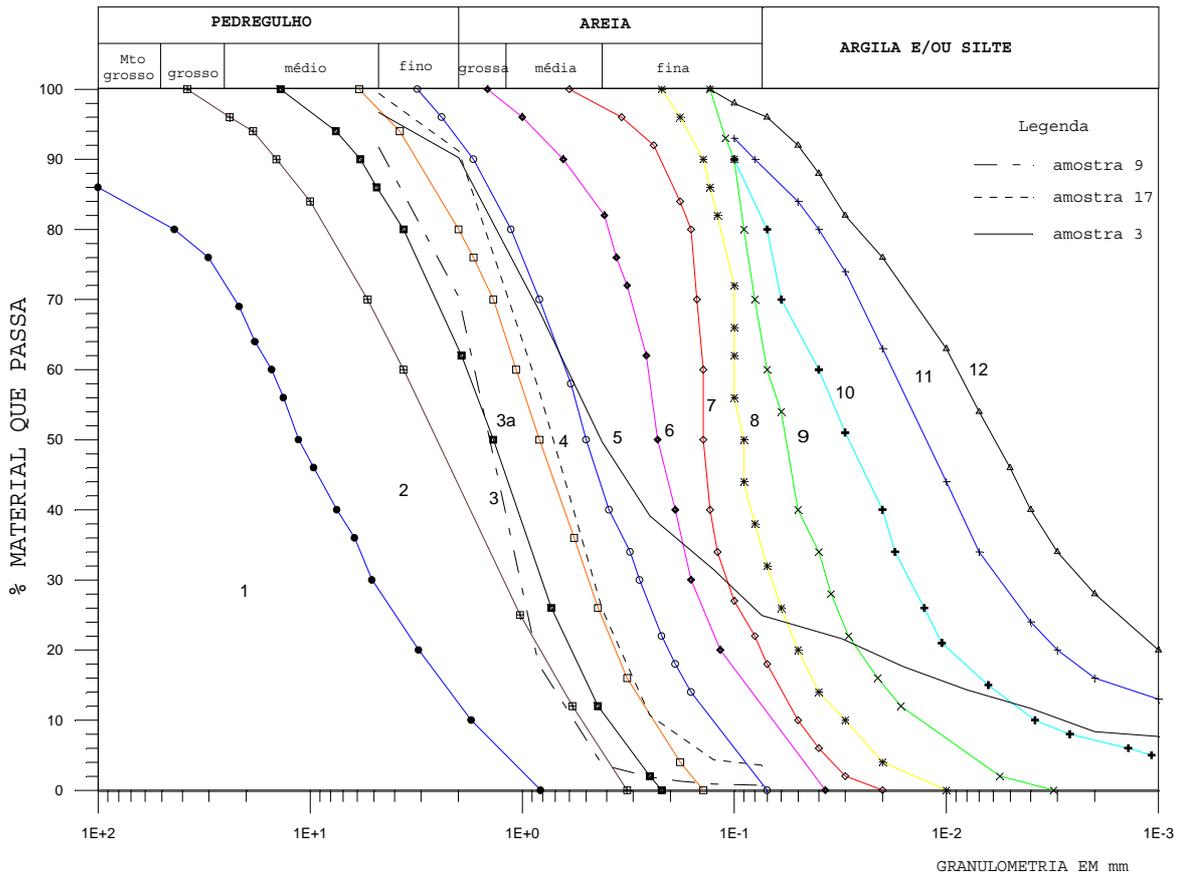
Número da amostra	profund. amostragem (metros)	pedregulho	areia grossa/med	areia fina	silte	argila
		2,00-25,4 mm	0,42-2,00 mm	0,074-0,42 mm	0,002-0,074 mm	<0,002 mm
1	0,85	8,1	49,0	20,0	22,9*	
2	1,5	10,2	56,0	19,0	9,6	5,2
3	2,5	9,8	40,6	24,7	16,5	8,4
4	1,0	30,1	64,7	4,5	0,3	0,4
5	2,0	7,7	74,2	16,4	1,7*	
6	2,0	10,6	74,2	12,1	3,1*	
7	0,4	11,5	62,3	14,7	1,8	9,7
8	0,9	13,4	49,0	21,3	5,9	10,5
9	2,5	8,7	65,4	22,3	3,6*	
10	2,0	8,8	61,8	17,3	2,0	10,1
11	1,5	2,6	57,5	33,8	6,1*	
12	3,0	9,2	63,8	15,1	11,8*	
13	3,0	22,4	49,9	16,8	10,9*	
14 **	4,0	27,2	53,4	9,7	9,7*	
15 **	4,0	16,2	77,4	3,4	3,0*	
16 **	4,0	24,9	60,2	13,5	1,4*	
17 **	2,5	29,6	66,8	2,9	0,7*	
18 **	2,5	5,8	73,6	13,0	7,6*	
19 **	3,5	12,4	75,2	12,4	0	0
20 **	2,5	8,7	79,8	9,4	2,1*	
21 **	2,5	15,7	73,2	7,9	3,2*	
22 **	2,0	6,0	87,8	4,6	1,6*	
23 **	4,0	12,4	72,5	13,2	1,9*	
24 **	3,0	7,3	81,3	9,3	2,1*	
25 **	2,0	11,4	72,8	14,6	1,2*	
26 **	2,0	3,6	90,3	5,4	0,7*	
27 **	1,0	19,6	67,8	11,2	1,4*	

Obs: 0,7* - valor de silte + argila

27**- amostras utilizadas para ensaios de porosidade total e eficaz

Tabela VI - Resultados obtidos na análise granulométrica do material dos aquíferos coletados na bacia do Rio Cabuçu.

Na Figura 13 observa-se que as curvas granulométricas ficaram agrupadas principalmente entre as classes 3 e 4, o que corresponde a uma permeabilidade que varia de 0,1 a 0,05 cm/s (equivalente a 86 e 43 m/dia, respectivamente).



CLASSE	PERMEABILIDADE cm/seg seg. HAZEN		CLASSE AQUÍFERO	CLASSE PERMEABILIDADE
1	3	A	M ^{TO} BOM	M ^{TO} ALTA
2	0,7	Q	M ^{TO} BOM	M ^{TO} ALTA
3	0,1	U	BOM	ALTA
4	0,05	I	REGULAR	MÉDIA
5	9×10^{-3}	F	POBRE	PEQUENA
6	5×10^{-3}	E	POBRE	PEQUENA
7	2×10^{-3}	R	M ^{TO} POBRE	M ^{TO} PEQUENA
8	7×10^{-4}	O	M ^{TO} POBRE	M ^{TO} PEQUENA
9	7×10^{-5}		IMPERMEÁVEL	PRATICAMENTE IMPERMEÁVEL
10	1×10^{-5}	A	IMPERMEÁVEL	PRATIC. IMPERM.
11	$< 10^{-5}$	Q	IMPERMEÁVEL	PRATIC. IMPERM.
12	$<< 10^{-5}$	U	IMPERMEÁVEL	PRATIC. IMPERM.
		I		
		C		
		L		
		U		
		D		
		O		

Figura 13 - Classificação da permeabilidade segundo a utilização das curvas de Breddin (1963) - Fonte: Custodio e Llamas (1983)

Mediante esta análise, os aquíferos formados por estas lentes arenosas são classificados como sendo de bom a regular.

Nos resultados dos ensaios realizados em laboratório para determinação da porosidade total e eficaz, segundo o método de King modificado, 1899 apud Meinzer, 1959, observou-se em 14 amostras que a porosidade total variou de 10 a 40,3%, com uma média de 23,9%. A porosidade efetiva ficou com uma média de 18,6% e variou de 6,3 a 29,9%.

As lentes arenosas apresentam-se geralmente como aquíferos livres, podendo ser parcialmente confinados. Dessa forma, o valor obtido para a porosidade efetiva pode ser considerado como o do coeficiente de armazenamento, um valor médio de 0,19. É necessário ressaltar, que este valor corresponde a média obtida nos ensaios das amostras das camadas arenosas, e como os sedimentos são bastantes heterogêneos, não é aconselhável utilizar o valor médio da porosidade eficaz de modo generalizado.

Na UNIDADE I ocorrem espessas camadas de argila orgânica sobre camadas arenosas com espessuras que variam de poucos centímetros a mais de 13 metros, o que pode causar certo artesianismo a estes aquíferos.

Devido à falta de dados sobre a qualidade química da água, supõe-se que em decorrência do confinamento há dificuldade para a substituição da água conata de origem marinha por parte das águas novas provenientes da zona de recarga. Dessa forma, acredita-se que tais aquíferos devam ser possuidores de água salobra.

No ensaio de bombeamento (Figura 14), realizado no poço tubular tendo a 4,6 metros, como ponto de observação, a cacimba 45, obteve-se para o coeficiente de armazenamento (S) o valor de 0,02 e transmissividade (T) de 34 m²/dia. O que representa, para uma espessura estimada do aquífero de 2 metros, uma permeabilidade de 17 m/dia. A vazão utilizada no ensaio foi de 13,4 m³/dia. A figura 7 mostra a provável geologia no local de construção do poço tubular e cacimba 45, a 50 metros da SM 16.

Os dados obtidos no ensaio de bombeamento no poço tubular apresentaram resultados diferentes daqueles obtidos nos ensaios de laboratório para determinação da porosidade eficaz. Isto talvez seja devido a grande heterogenidade do material sedimentar composto por areia, silte e argila em diferentes proporções.

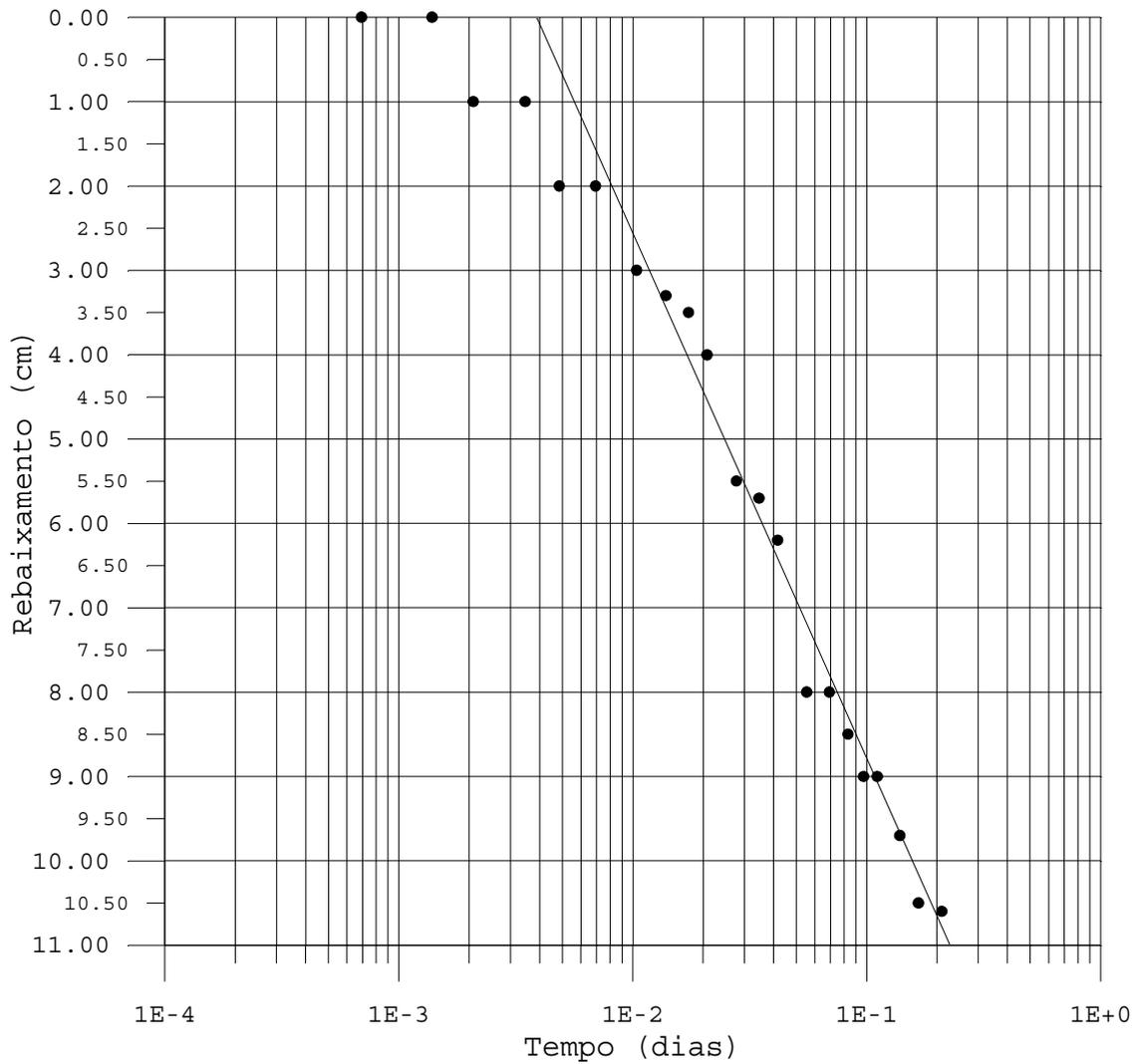


Figura 14 - Gráfico rebaixamnto (s) x tempo (log t) utilizando-se o "Método de Aproximação de Jacob" para o ensaio de bombeamento no poço tubular (vazão=13,4 m³/dia).

Os maiores valores de porosidade eficaz nos sedimentos ao longo do Rio Cabuçu são devidos ao tipo de sedimentação mais dinâmica, relacionado ao ambiente de mais alta energia da calha do rio, havendo com isso uma menor parcela de argila. Quanto mais afastadas de suas margens há um maior

aporte de materiais argilosos contribuindo para a diminuição da porosidade eficaz do material depositado. O maior teor de argila nas lentes arenosas mais afastadas do Rio Cabuçu pode ser observado nas análises granulométricas (Tabela V) das amostras 1 e 3, enquanto as amostras 19 e 26, representativas das lentes arenosas ao longo do Rio Cabuçu, apresentam normalmente baixo teor de argila e silte. Isto explicaria o baixo valor de porosidade eficaz (coeficiente de armazenamento) encontrado no ensaio do poço tubular, enquanto nos sedimentos ao longo do Rio Cabuçu ocorreriam valores mais elevados.

A permeabilidade obtida no ensaio de bombeamento - 17 m/dia - não está muito discrepante do valor obtido nas análises das curvas granulométricas, segundo o Método de Breddin, 1963 apud Custodio & Llamas, 1983. A permeabilidade obtida com este método está situada entre as classes 3 e 4 das Curvas de Breddin - 86 e 43 m/dia - respectivamente, sendo que alguns materiais menos arenosos se situaram na classe 5, que corresponde a uma permeabilidade de 7,3 m/dia, o que não difere muito do encontrado no ensaio de bombeamento.

Utilizando-se os dados obtidos no ensaio de bombeamento e na análise das curvas granulométricas, através do Método de Breddin (1963), pôde-se calcular o volume de água que passa por uma determinada seção do aquífero sedimentar.

Considerando-se o local da cacimba 45, onde o aquífero possui permeabilidade de 17 m/dia, espessura de 2 metros, em uma seção de 100 metros de largura e o gradiente hidráulico, retirado do mapa da superfície freática construído para a área (em anexo), como de 0,0007, pôde-se estimar a vazão para esta seção, utilizando-se a fórmula de Darcy:

$Q = P \cdot i \cdot A$	
$Q = \text{Vazão (m}^3/\text{dia)}$	$P = \text{Permeabilidade (m/dia)}$
$i = \text{gradiente hidráulico } (\Delta h/\Delta l)$	$A = \text{área (m}^2)$

como de 2,4 m³/dia.

Para o ponto localizado próximo a SM40, com uma espessura de aquífero também de 2 metros, sendo a permeabilidade das lentes arenosas ao longo do Rio Cabuçu estimada em 43 m/dia (classe 4 das Curvas de Breddin) e com o gradiente hidráulico no local de 0,0045. A vazão estimada para uma seção de 100 metros de largura é de 39 m³/dia.

Através destes dados é possível confirmar a heterogeneidade dos aquíferos sedimentares, classificando a porção que ocorre ao longo do Rio Cabuçu como aquela que possui melhores características hidráulicas.

Como na área a quase totalidade dos poços existentes que captam água dos aquíferos sedimentares são de cacimbas, aplicou-se o método de Papadopulos (1967) específico para a determinação da Transmissividade em poços de grande diâmetro.

As cacimbas 9 e 25 foram selecionadas. Entretanto, devido a baixa permeabilidade do aquífero e as características construtivas das cacimbas, não foi possível calcular a Transmissividade. O bombeamento ocasionou um rápido rebaixamento do nível freático durante o ensaio, o que acarretou na extração somente da água de armazenamento da cacimba, impedindo a análise dos dados segundo este método.

4.4- NÍVEL FREÁTICO

Realizou-se 4 medições em 1994, sendo, respectivamente, os meses de janeiro e outubro como os de menor e maior profundidade em relação a superfície (Tabela VII).

A oscilação do nível freático, entre os meses citados, foi de 2 centímetros a 1,8 metros. Entretanto, mais de 60% das variações encontram-se abaixo da média - 0,6 metro. Esta pequena oscilação indica que os aquíferos sedimentares são subutilizados e pode ser explicada pela variação do regime pluviométrico durante o ano.

Devido a pequena variação do nível freático, foi construído o mapa da superfície freática somente para o mês de outubro (em anexo).

POÇO CACIMBA	PROF. CACIMBA (m)	COTA (m)	DIAMETRO (m)	REVEST.	PROFUND. N.A. (m) 1/1994	PROFUND. N.A. (m) 4/1994	PROFUND. N.A. (m) 7/1994	PROFUND. N.A. (m) 10/1994	COTA N.A. (m) 1/1994	COTA N.A. (m) 4/1994	COTA N.A. (m) 7/1994	COTA N.A. (m) 10/1994	BOMBA	USO	TAMPA
01	4,52	42,0	0,89	MANIL.	2,64	2,68	2,69	2,92	39,36	39,32	39,31	39,08	NÃO	NÃO USA	SIM
02	5,15	40,0	0,87	MANIL.	0,76	0,85	0,88	1,57	39,24	39,15	39,12	38,43	NÃO	RARO	SIM
05	1,50	24,0	0,66	PED. CIM.	0,36	0,52	0,60	0,9	23,64	23,48	23,40	23,10	NÃO	RARO	MADEIR.
06	3,40	23,5	0,80	MANIL.	+0,18	+0,12	+0,17	+0,18	23,68	23,62	23,67	23,68	NÃO	RARO	SIM
07	2,35	22,3	0,74	MANIL.	1,29	1,11	1,00	1,83	21,01	21,19	21,30	20,47	NÃO	NÃO USA	SIM
09	2,5	28,0	1,40	PED. CIM.	-	0,16	0,04	0,16	-	27,84	27,96	27,84	NÃO	RARO	SIM
15	1,85	21,0	0,55	PED. CIM.	0,26	0,23	0,29	0,31	20,74	20,77	20,71	20,69	NÃO	RARO	SIM
17	2,80	24,0	1,00	MANIL.	0,20	-	0,26	0,49	23,80	-	23,74	23,51	NÃO	RARO	SIM
19	3,08	35,0	0,96	MANIL.	0,41	0,47	0,45	0,83	34,59	34,53	34,55	34,17	NÃO	TODO DIA	SIM
20	2,90	22,3	3,05	PED. CIM.	0,10	0,22	0,17	0,49	22,20	22,08	22,13	21,81	NÃO	RARO	SIM
24	2,42	15,0	0,81	MANIL.	0,28	0,36	0,37	0,68	14,72	14,64	14,63	14,32	NÃO	RARO	NÃO
25	6,50	16,3	0,81	MANIL.	-	-	1,49	1,72	-	-	15,01	14,81	SIM	TODO DIA	SIM
27	4,12	15,0	0,81	MANIL.	1,15	1,61	1,49	-	13,85	13,39	13,51	-	SIM	TODO DIA	SIM
31	1,77	8,0	1,12	MANIL.	0,69	0,67	0,67	0,67	7,31	7,33	7,33	7,33	NÃO	NÃO USA	SIM
32	3,08	10,0	0,81	MANIL.	1,55	1,76	1,66	2,06	8,45	8,24	8,34	7,94	NÃO	NÃO USA	SIM
33	5,55	16,3	0,81	MANIL.	0,57	0,58	0,57	1,03	15,73	15,74	15,73	15,27	NÃO	RARO	SIM
39	8,00	5,5	0,69	MANIL.	0,21	0,48	0,56	-	5,29	5,02	4,94	-	NÃO	NÃO USA	SIM
45	5,64	5,1	1,20	Ñ POSSUI	5,06	4,62	4,76	5,02	0,04	0,48	0,34	0,08	NÃO	TODO DIA	SIM
47	4,25	11,0	1,19	PED. CIM.	1,53	1,84	1,44	2,31	9,47	9,16	9,56	8,69	SIM	TODO DIA	SIM
52	4,15	2,2	0,86	MANIL.	0,49	0,87	0,81	2,05	1,71	1,33	1,39	0,15	NÃO	NÃO USA	SIM
54	3,23	3,0	0,80	MANIL.	1,72	1,70	1,41	1,93	1,28	1,30	1,59	1,07	NÃO	RARO	SIM
57	7,69	6,8	1,40	Ñ POSSUI	3,11	3,04	1,96	3,46	3,69	3,76	4,84	3,34	SIM	TODO DIA	SIM
58	3,91	5,7	0,62	MANIL.	0,56	0,82	0,79	1,46	5,14	4,88	4,91	4,24	NÃO	NÃO USA	SIM
59	2,42	2,0	0,80	MANIL.	-	0,91	0,89	1,24	-	1,09	1,11	0,76	SIM	TODO DIA	SIM
62	2,24	31,5	0,80	PED. CIM.	0,54	0,63	0,72	1,01	30,96	30,87	30,78	30,26	NÃO	NÃO USA	SIM
63	2,71	16,0	0,74	MANIL.	0,47	0,53	0,52	0,62	15,53	15,47	16,00	15,38	NÃO	NÃO USA	SIM
64	4,30	10,0	0,80	MANIL.	3,29	2,64	1,64	3,45	6,71	7,36	8,36	6,55	SIM	TODO DIA	SIM

Tabela VII - Características das cacimbas utilizadas para medição do nível freático

Neste mapa observa-se que os aquíferos sedimentares, como era de se esperar, tem como zonas de recarga as serras que delimitam a bacia, além do próprio aluvião.

Uma outra forma de recarga, que provalvelmente ocorre na área, é proveniente do embasamento através da base do pacote sedimentar. A água infiltra nas serras, percola as fraturas e flui para as zonas de mais baixo gradiente hidráulico (zona do aluvião) através do aquífero fissural. A recarga acontece nas zonas em que a fratura portadora de água está em contato com a base do aquífero sedimentar, e ao encontrar zonas mais permeáveis ocorre um alívio de pressão e conseqüentemente há a passagem de água do aquífero fissural para o sedimentar. Isto se deve a maior carga hidráulica proporcionada pela infiltração nas serras limítrofes da bacia, fazendo com que em certas zonas haja um pequeno artesianismo, como observado no campo.

O Rio Cabuçu apresenta-se como efluente, ou seja, como uma zona de descarga dos aquíferos sedimentares.

No mapa de superfície freática, é possível observar a noroeste da área um divisor de águas subterrâneas separando aquelas que correm para a baixada de Sepetiba daquelas que vão para o vale do Rio Cabuçu (baixada de Campo Grande).

O gradiente hidráulico é maior na porção norte, alcançando valores de 0,01 e diminuindo para a direção sul.

No mapa de superfície freática , devido ao bombeamento no poço 64, localizado no centro da área, observa-se um cone de depressão onde ocorre a interceptação da água do Rio Cabuçu.

5. - HIDROQUÍMICA

5.1- INTRODUÇÃO

A caracterização geoquímica da água subterrânea dos aquíferos sedimentares da bacia do Rio Cabuçu baseou-se essencialmente nas concentrações dos constituintes maiores e de alguns elementos menores (Fe total, NO_3^- e NO_2^-). Procurando-se, através da determinação quantitativa dos íons NO_3^- e NO_2^- , definir os pontos com suspeitas de contaminação por fossas domésticas.

Os resultados das análises físico-químicas da água dos aquíferos sedimentares, juntamente com a da nascente do Rio Cabuçu, foram comparadas com os dados das análises físico-químicas da água de alguns poços tubulares profundos, obtidas na fase de inventário de pontos d'água.

Uma preocupação constante durante a fase de cadastramento de poços foi a de obter informações quanto ao tipo de esgotamento sanitário de cada propriedade. Verificou-se então que mais de 83 % das casas não têm esgoto canalizado, sendo a maioria possuidora de fossas ou sistemas que levam o esgoto sanitário através de manilhas ou valas negras à céu aberto para os pequenos cursos

d'água da região, criando com isto inúmeros pontos potenciais para contaminação dos aquíferos sedimentares.

5.2- CARACTERÍSTICA HIDROQUÍMICA DOS AQUIFEROS

5.2.1- AQUIFERO SEDIMENTAR

De acordo com as 7 análises físico-químicas realizadas em agosto de 94 nos locais selecionados (Tabela VIII), observou-se que: A água subterrânea da área estudada apresenta-se pouco mineralizada; o teor de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) varia na área de 121,2 a 339,5 mg/l, com uma média de 197 mg/l e a Condutividade Elétrica (CE) varia de 150 a 540 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com uma média de 278 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Na Figura 15, é possível observar a relação existente entre STD e CE, onde obtem-se a equação $\text{CE} = 1,75 \text{ STD} - 67,1$ que é válida para a água dos aquíferos sedimentares da bacia do Rio Cabuçu.

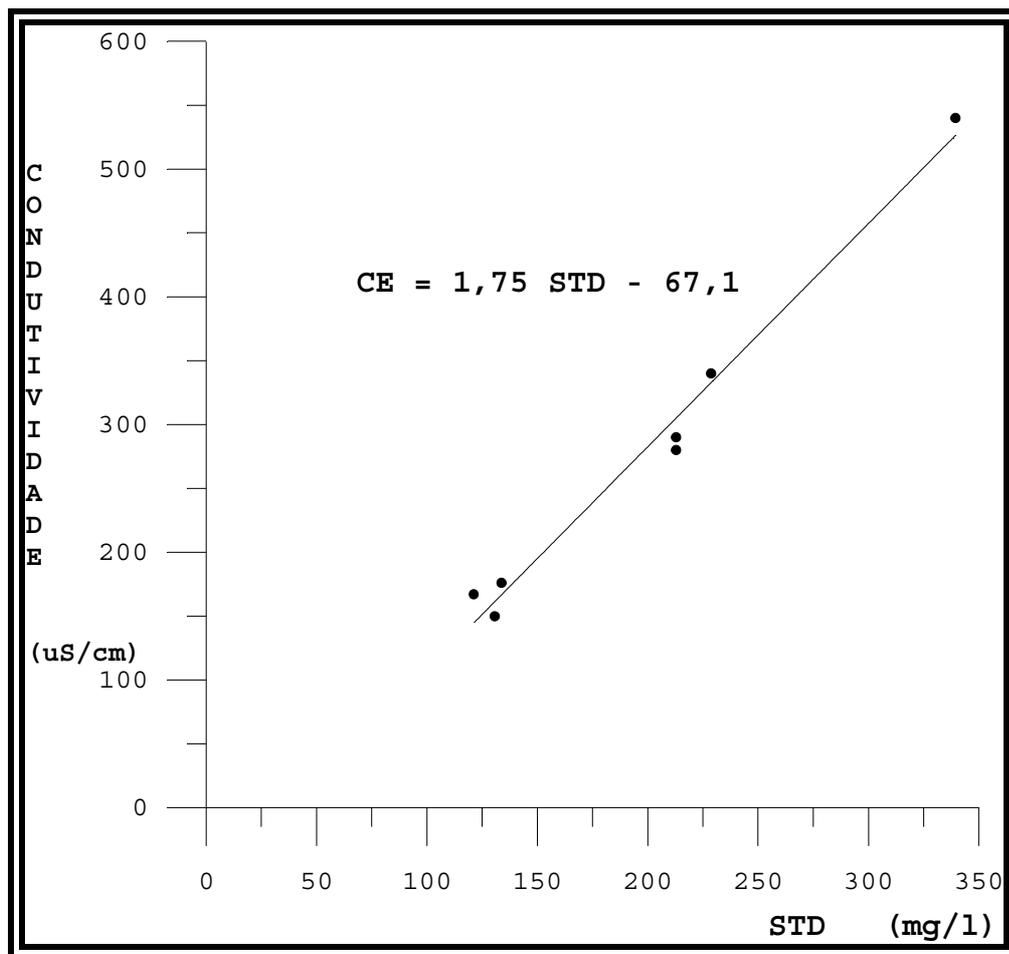


Figura 15 - Relação entre Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) para a água subterrânea dos aquíferos sedimentares da bacia do Rio Cabuçu.

As amostras de água foram classificadas, de acordo com a composição química, pelo Diagrama Triangular de Piper-Hill-Langelier (Figura 16) como cloretada sódica, ocorrendo apenas uma amostra classificada como cloretada sódio-cálcica, localizada próxima a Baía de Sepetiba (sul da área).

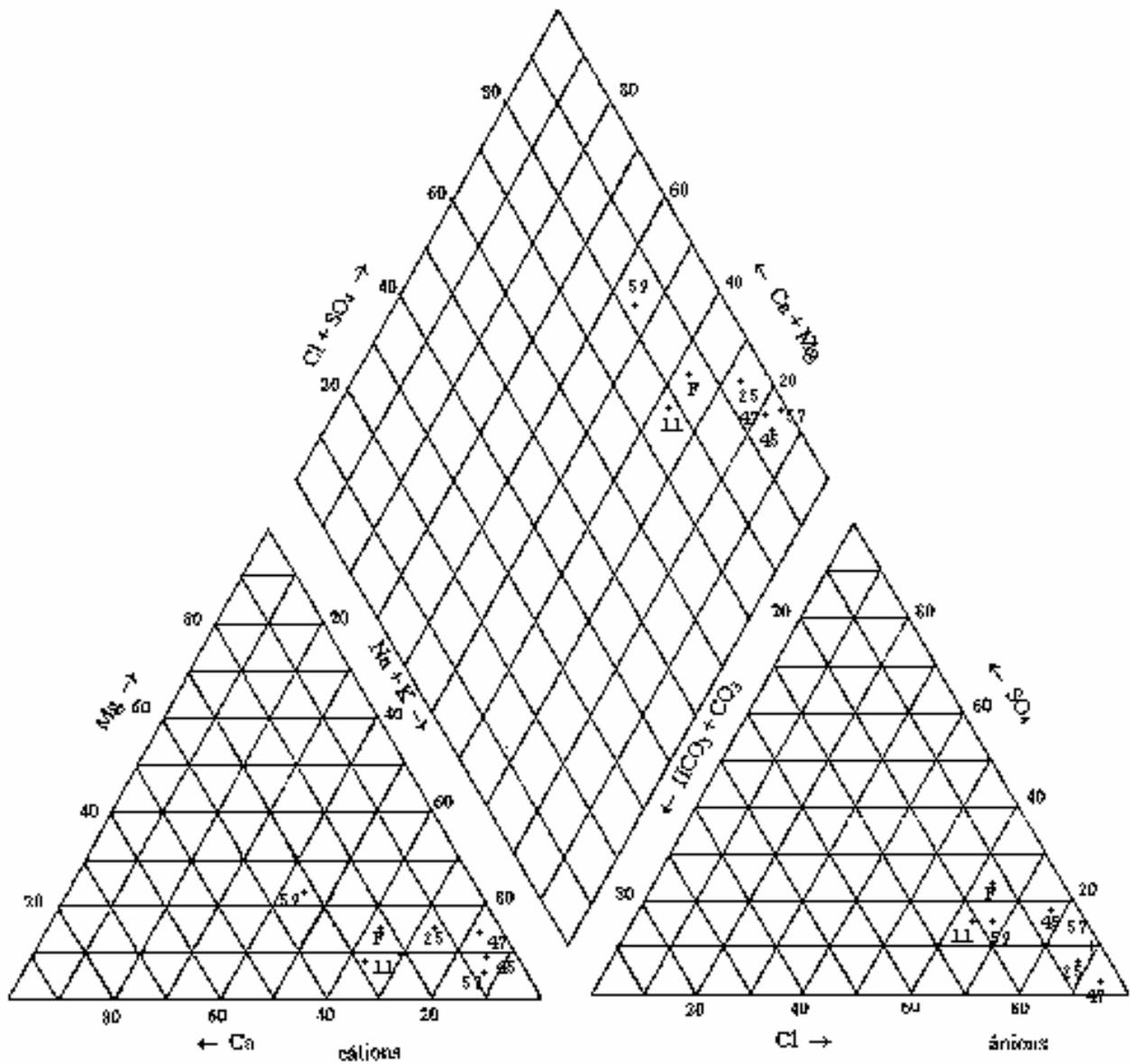


Figura 16 - Diagrama de Piper da água subterrânea dos aquíferos sedimentares.

poço	fonte		11		25		45		47		57		59		nascente cabuçu	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	6,69	0,33	8,34	0,42	5,93	0,29	1,36	0,07	2,56	0,13	7,45	0,37	22,85	1,14	11,62	0,58
Na	20,00	0,87	20,00	0,87	40,00	1,74	24,0	1,04	40,0 0	1,74	88,00	3,83	36,00	1,56	32,00	1,39
Mg	2,99	0,25	1,63	0,13	5,39	0,44	1,48	0,12	3,67	0,30	4,23	0,35	10,08	0,83	6,54	0,54
K	4,00	0,10	2,00	0,05	4,00	0,10	2,60	0,07	2,60	0,07	8,00	0,20	2,60	0,07	2,00	0,05
total	33,68	1,55	31,97	1,47	55,32	2,57	29,44	1,30	48,8 3	2,24	107,6 8	4,75	71,53	3,60	52,16	2,56
HCO3	12,41	0,20	20,43	0,33	11,90	0,19	4,40	0,07	5,95	0,10	3,36	0,05	44,74	0,73	102,41	1,68
Cl	38,39	1,08	29,43	0,83	62,70	1,77	39,11	1,10	61,7 8	1,74	169,5 6	4,78	89,86	2,53	24,95	0,70
SO4	19,69	0,41	11,53	0,24	9,13	0,19	12,97	0,27	4,32	0,09	28,76	0,60	25,94	0,53	13,45	0,28
NO3 mgNO ₃ /l	2,30	0,04	8,30	0,13	51,40	0,83	6,34	0,10	13,7 5	0,22	17,10	0,27	2,10	0,00 3	0,84	0,01
CO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,05	0,10
total	72,79	1,73	69,69	1,53	135,13	2,98	62,82	1,54	85,8 0	2,15	218,7 8	5,70	162,64	3,82	144,70	2,77
Fe mg/l	0,02		0,01		0,00		0,00		0,01		0,00		0,03		0,30	
NO2 mg/l	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
pH	5,4		5,5		5,3		5,0		5,1		4,8		6,20		7,7	
dureza total mg CaCO ₃ /l	29,06		27,55		37,00		9,52		21,54		35,00		98,70		56,01	
alcalin . Tot. mg CaCO ₃ /l	10,17		16,74		9,75		3,61		4,88		2,75		36,67		83,94	
condut. µS/cm	176		167		290		150		280		540		340		230	
tot. sol.. dissolv . mg/l	133,8		121,2		213,0		130,7		213,0		339,5		228,8		146,5	

Tabela VIII - Análise físico-química da água subterrânea dos aquíferos sedimentares e da nascente do Rio Cabuçu

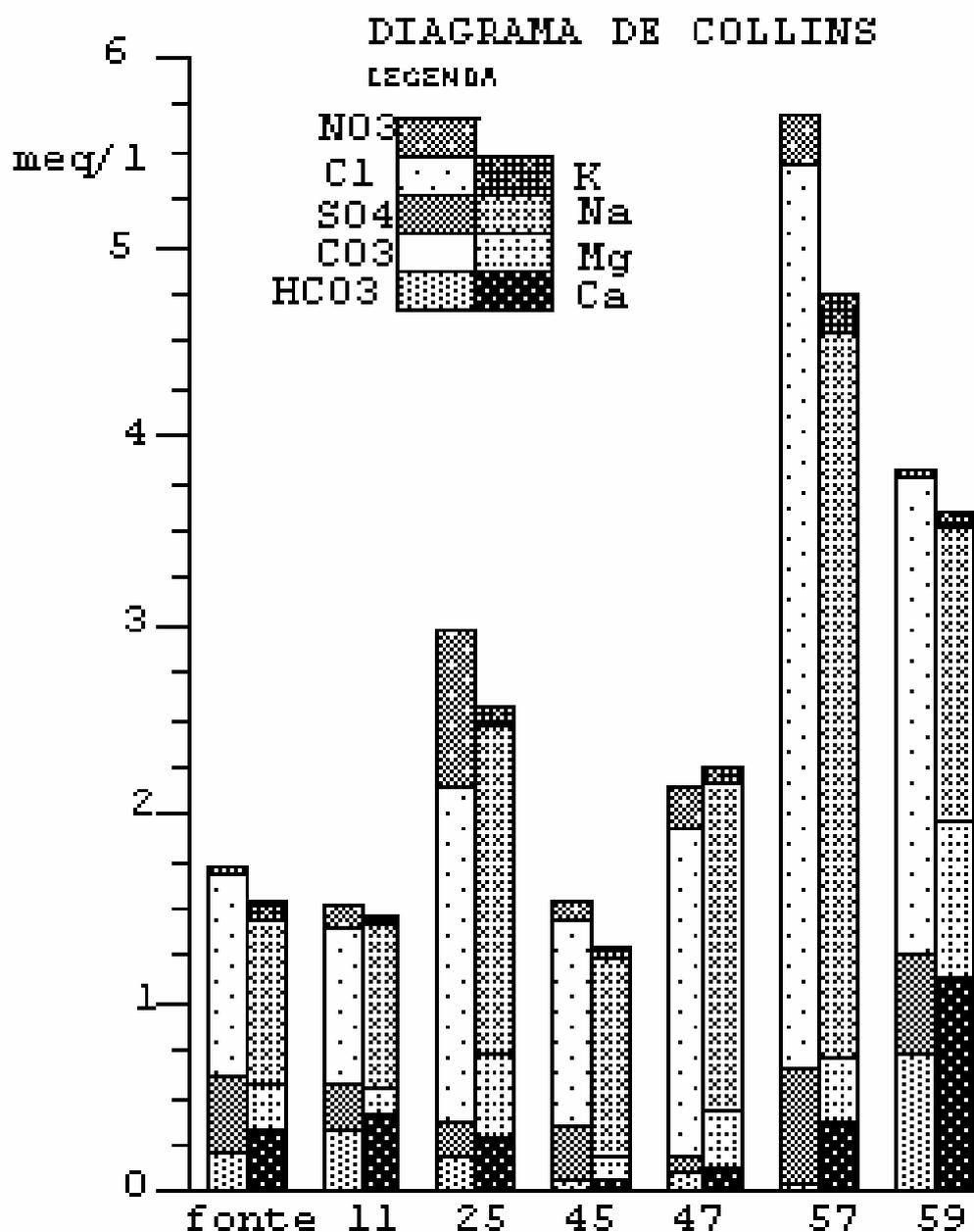


Figura 17 - Diagrama de Collins representando as análises químicas da água subterrânea dos aquíferos sedimentares.

De acordo com o Diagrama de Collins (Figura 17), que mostra como os elementos e substâncias se combinam na água subterrânea, e a classifica segundo os íons dominantes, os íons das diversas

amostras de água formam os seguintes compostos: bicarbonatos de cálcio; sulfatos de cálcio, sódio e magnésio; cloretos de sódio, magnésio e potássio além de nitratos de sódio e potássio. Classificam-se as águas através deste diagrama como cloretadas-sódicas.

Utilizando-se Diagrama de Schoeller & Berkallof (Figura 18), é possível definir na área 6 tipos de águas com características químicas diferentes: as amostras de água representativas das cacimbas 25 e 47 formariam um tipo e as restantes formariam mais 5 tipos.

O cloreto é o ânion dominante em todas as amostras e varia de 29,4 a 169,6 mg/l com uma média de 70,1 mg/l, secundariamente aparecem os íons sulfato e bicarbonato que revezam-se como segundo mais abundante. O ânion sulfato apresenta concentrações que variam de 4,3 a 28,8 mg/l com média de 16 mg/l, enquanto o bicarbonato varia de 3,4 a 44,7 mg/l com 14,7 mg/l de média. O ânion carbonato está ausente.

O sódio é o cátion dominante em todas as amostras analisadas e a sua concentração oscila entre 20 e 88 mg/l com média de 38,3 mg/l. O cálcio apresenta concentrações entre 1,4 e 22,9 mg/l com média de 7,9 mg/l. O magnésio com concentrações entre 1,5 e 10,1 mg/l com média de 4,2 mg/l. O potássio possui valores que variam de 2 a 8 mg/l e média de 3,7 mg/l.

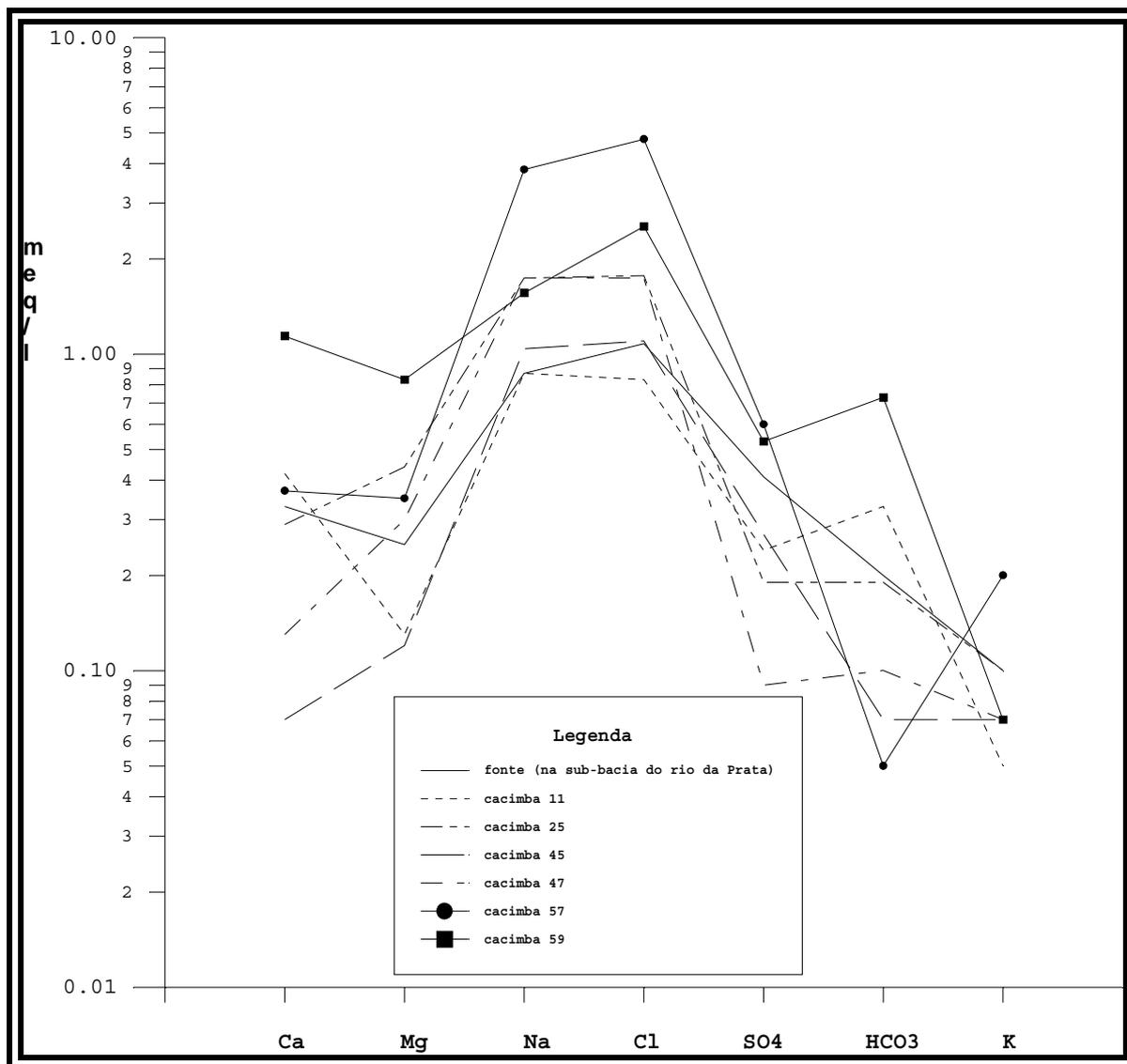


Figura 18 - Diagrama de Schoeller & Berkhalof onde estão plotados os dados químicos da água subterrânea dos aquíferos sedimentares da bacia do Rio Cabuçu.

Dentre os íons menores, foram obtidas as concentrações do ferro total, nitrato e nitrito. O ferro total apresenta concentrações inferiores a 0,03 mg/l, 71% das amostras possuem concentração menor do que 0,01 mg/l. O nitrito não apresentou em nenhuma das amostras valores detectáveis (concentrações até duas casas decimais). O nitrato, presente em todas as amostras, apresenta concentrações de 2,1 a 51,4 mgNO₃/l. Somente uma amostra apresentou valores acima do padrão tolerável (40 mgNO₃/l), proveniente da cacimba 25, localizada próxima ao centro de Campo Grande, o que indica uma possível contaminação por matéria orgânica proveniente das fossas existentes em grande quantidade no local.

O pH varia de 4,8 a 6,2 e mostra que a água possui caráter ácido com uma média de 5,3. O máximo valor encontrado para a dureza total é de 98,7 mg CaCO₃ /l e o mínimo é de 9,5 mg CaCO₃ /l com uma média de 36,9 mg CaCO₃/l. A zona que possui os maiores valores encontra-se nas proximidades da Baía de Sepetiba.

A alcalinidade total da água subterrânea dos aquíferos sedimentares acusou valores que variaram de 2,8 a 36,7 mg CaCO₃/l com uma média de 12,1 mg CaCO₃/l.

A fórmula iônica da água subterrânea pode ser considerada como: $r^2\text{Na}^+ > r\text{Ca}^{++} > r\text{Mg}^{++} > r\text{K}^+$ e $r\text{Cl}^- > r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^- > r\text{NO}_3^-$. A ordem de concentração entre os íons pode variar na área, sendo esta variação mais marcante entre os ânions, entretanto é notório em toda a bacia a predominância dos íons Na^+ e Cl^- .

A porção sul da área, representada pelas cacimbas 57 e 59, possui água subterrânea com os valores mais elevados de STD, pH, condutividade e dureza, além de teores de Cl^- bem acima da média dos demais pontos analisados. Isto se deve a maior proximidade da zona litorânea (Baía de Sepetiba), onde ocorre maior contribuição de sais provenientes dos ventos marinhos e dos sedimentos de origem marinha ali depositados.

Como pode ser observado nos dados acima citados, a água dos aquíferos sedimentares é pouco mineralizada, possui pH baixo, baixa condutividade, baixa dureza, possui baixo teor de ferro total e localmente pode apresentar teor elevado de nitrato, proveniente, possivelmente, das fossas sépticas, que são bastantes comuns na região.

² $r\text{Na}^+$ corresponde a meq/l

5.2.2- AQÜÍFERO PROFUNDO

Embora tenham sido obtidas no cadastramento 15 análises físico-químicas de poços tubulares profundos, grande parte delas não puderam ser utilizadas. Foram descartadas as análises incompletas e aquelas que apresentaram balanço iônico com erro percentual superior a 10%. Dessa forma, somente puderam ser utilizadas 4 análises físico-químicas como mostrado na Tabela IX.

Dentre os resultados das 4 análises aproveitadas, observou-se que a água do aquífero fissural é mais mineralizada do que a dos aquíferos sedimentares, variam de 255 a 450 mg/l, enquanto a condutividade elétrica apresenta valores superiores a 531 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Da mesma forma, assim como em todos os demais parâmetros analisados (dureza, alcalinidade e pH), os valores são mais elevados do que os obtidos para a água subterrânea dos aquíferos sedimentares.

Os resultados indicam a predominância entre os ânions do íon bicarbonato, e entre os cátions dos íons sódio e cálcio, o que difere bastante da química da água dos aquíferos sedimentares, onde o ânion e o cátion dominantes são, respectivamente, o cloreto e o sódio em todas as amostras.

Entretanto, quando comparada com a análise físico-química da nascente do Rio Cabuçu, observa-se uma semelhança quanto a maior concentração do ânion bicarbonato, e tal similaridade é mais marcante quando os dados são analisados conjuntamente nos Diagramas de Schoeller & Berkhallof (Figura 19) e de Piper (Figura 20).

A análise físico-química da nascente do Rio Cabuçu (Tabela VIII, pag.69) apresentou teores baixos de sólidos totais dissolvidos (146,5 mg/l) e condutividade elétrica de 230 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O íon bicarbonato, assim como no aquífero profundo, é o ânion dominante, enquanto entre os cátions há a predominância do íon sódio. Dentre os íons menores, a concentração do ferro total é de 0,3 mg/l, o nitrito encontra-se fora dos limites de determinação (concentração de até duas casas decimais) e o nitrato possui concentração de 0,84 mg NO_3/l . O pH é de 7,7, assim como os valores acima de 7,0 encontrados nas amostras de água do aquífero fissural.

Poço profundo	14		15		32		60	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	22,0	1,1	48,0	2,39	44,0	2,20	56,3	2,81
Na	61,0*	2,65	79,0*	3,43	24,0	1,04	50,5	2,20
Mg	12,0	0,99	17,0	1,40	12,0	0,99	0,3	0,02
K	---	---	---	---	0,0	0,00	0,3	0,02
total	95,0	4,74	144,0	7,23	80,0	4,23	109,0	5,08
HCO ₃	183,0	3,00	208,0	3,41	183,0	3,00	165,0	2,70
Cl	50,0	1,41	105,0	2,96	40,0	1,13	52,7	1,49
SO ₄	18,0	0,37	40,0	0,83	6,0	0,12	20,5	0,43
NO ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	7,3	0,12
CO ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00
total	251,0	4,78	353,0	7,20	229,0	4,25	245,5	4,74
pH	7,9		7,6		7,6		7,1	
dureza total mg CaCO ₃ /l	105		190		160		142	
alcalinidade total mg CaCO ₃ /l	150		170		150		135	
condutividade elétrica µS/cm	---		> 1000		900		531	
resíduos sólidos mg/l	335		450		255		300	

* Na + K

Tabela IX - Análise físico-química da água subterrânea dos poços tubulares profundos

Devido a semelhança de resultados entre as análises da água do aquífero profundo e da nascente do Rio Cabuçu, os dados foram plotados no Diagrama de Schoeller & Berkallof e de Piper para serem analisados em conjunto.

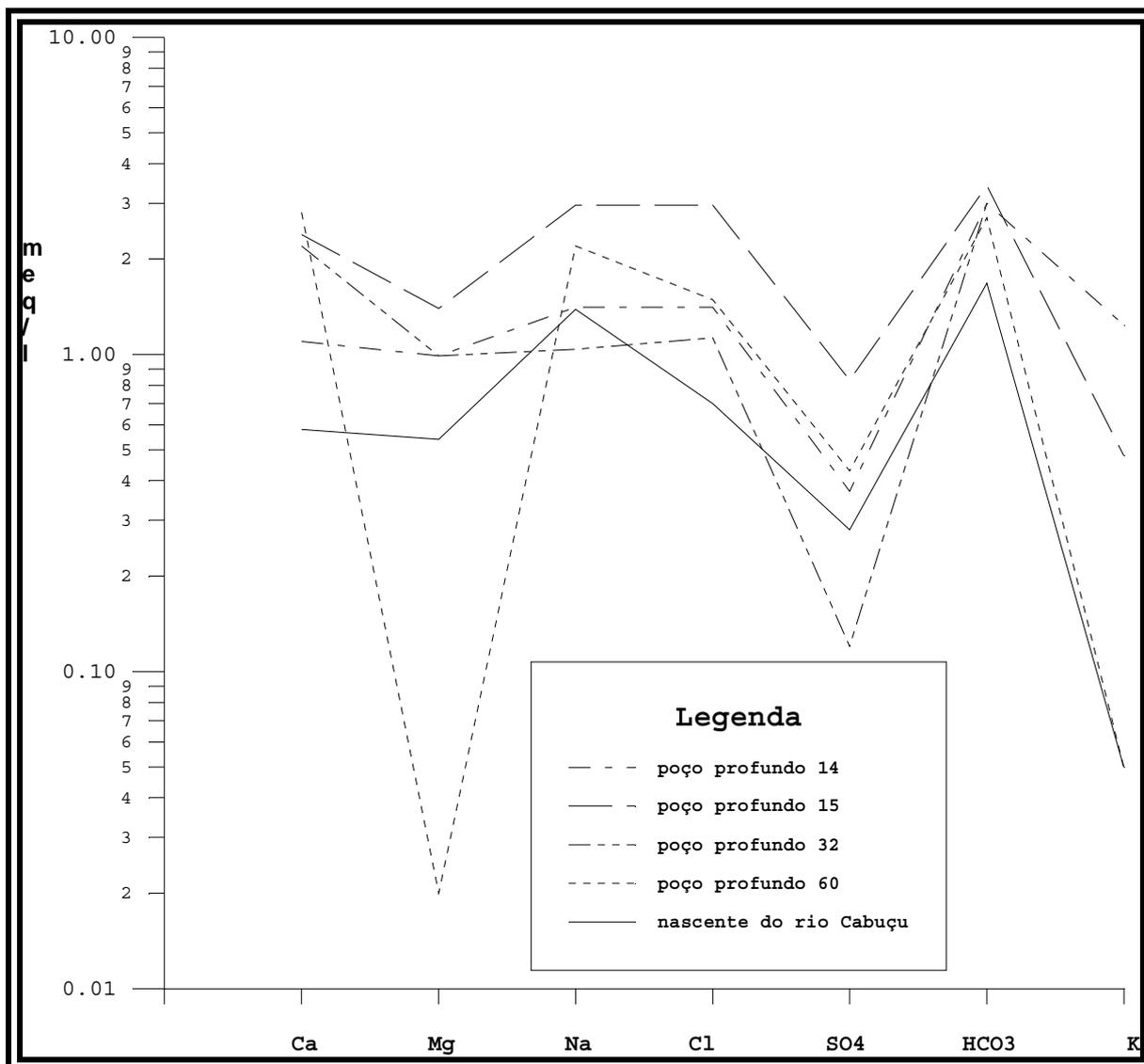


Figura 19 - Diagrama de Schoeller & Berkallof para as análises químicas da água do aquífero profundo e da nascente do Rio Cabuçu.

No Diagrama de Schoeller & Berkallof (Figura 19), observa-se que, devido a similaridade das curvas, as amostras possuem as mesmas características químicas.

Esta semelhança se deve ao fato da amostragem no Rio Cabuçu ter sido feita na sua nascente, local onde a água se origina das fraturas das rochas granito-gnaíssicas que compõem as serras que delimitam a bacia e constituem o aquífero fissural (profundo) na área. Dessa forma, por percolarem o mesmo material, elas apresentam a mesma característica química, embora a amostra do Rio Cabuçu apresente teor de sólidos totais dissolvidos menor do que as amostras dos poços profundos. O maior teor de sais dissolvidos no aquífero fissural pode ser explicado pelo maior percurso que a água subterrânea realiza até chegar a uma zona de descarga qualquer (ex.: poço tubular), propiciando, dessa forma, um maior tempo para que haja uma maior interação água/rocha.

No caso dos aquíferos sedimentares, a água subterrânea apresenta uma química diferente do aquífero profundo. Isto se deve à mineralogia do aluvião e à sua pequena espessura, o que faz com que a água tenha um pequeno percurso a percorrer para chegar a uma zona de descarga (ex.: rio, cacimba, etc.). Dessa forma, há um tempo pequeno para uma maior interação água/sedimento, fazendo com que a água apresente baixos teores de sais dissolvidos.

Segundo o Diagrama Triangular de Piper-Hill-Langelier (Figura 20), as amostras podem ser classificadas como bicarbonatadas sódicas (amostras da nascente do Rio Cabuçu e 14), bicarbonatadas cálcicas (amostras 32 e 60) e bicarbonatada cloretada sódio-cálcica (amostra 15).

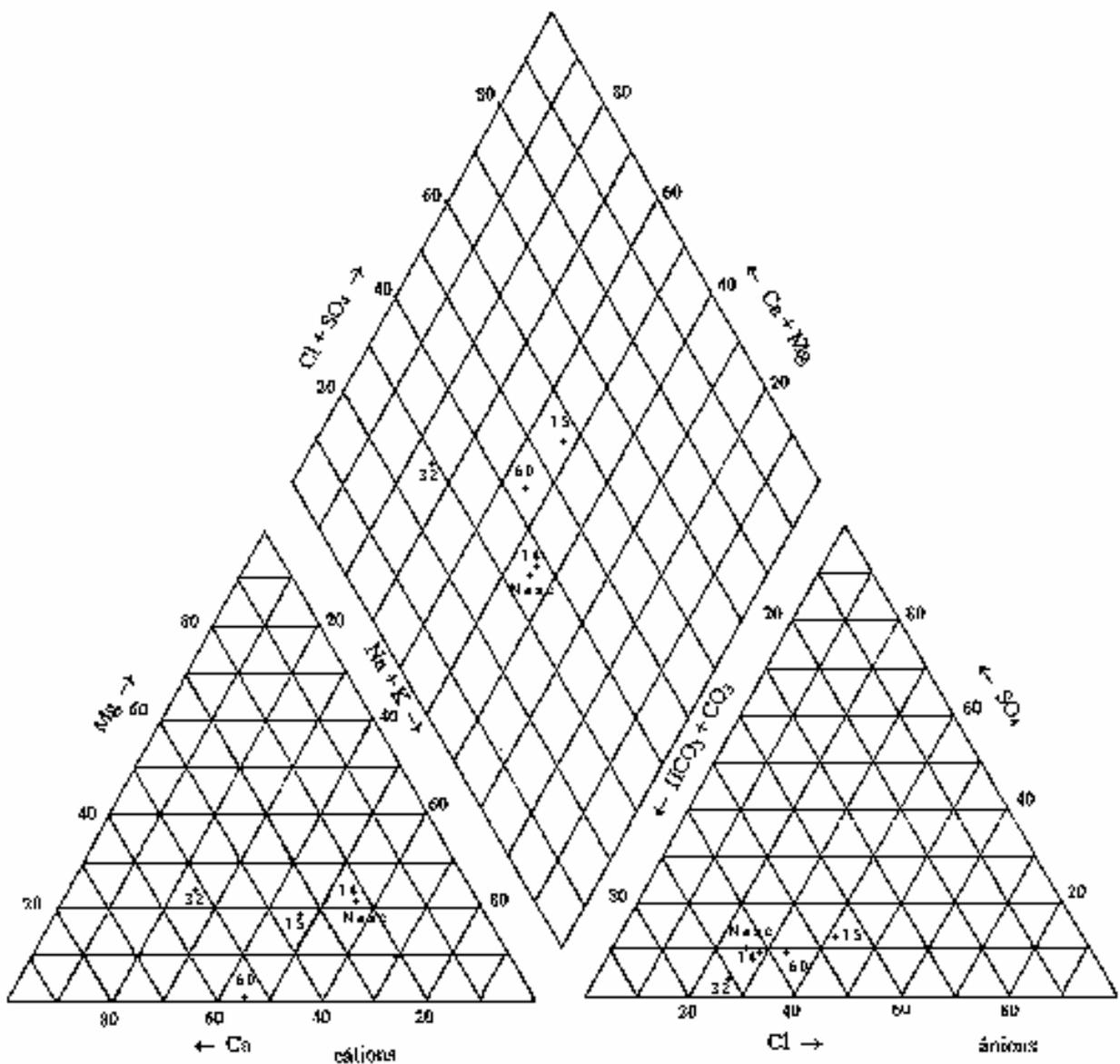


Figura 20 - Diagrama de Piper com as amostras da água do aquífero fissural e da nascente do Rio Cabuçu

5.3- POLUIÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água subterrânea dos aquíferos sedimentares é muito vulnerável à poluição, devido a pequena profundidade do nível freático. A falta, em grande parte da área, de esgotamento sanitário canalizado, faz com que na zona de concentração de casas possuidoras de fossa haja uma maior chance de ocorrer a contaminação por dejetos orgânicos. Tal contaminação é evidenciada pelo alto teor de nitrato na água subterrânea da cacimba 25, localizada perto do centro urbano de Campo Grande. Dessa forma, supõe-se que a água dos aquíferos sedimentares na zona urbana deva estar contaminada por fossas sépticas em uso e/ou abandonadas, além de outras fontes poluidoras relacionadas aos centros urbanos (vazamento na rede de esgoto, águas pluviais contaminadas e etc...).

Um outro fator poluente importante que ocorre na área é a salinização. Devido ao baixo gradiente na zona próxima à Baía de Sepetiba, foi observado no campo o refluxo das águas do Rio Cabuçu causado pela subida da maré, ocasionando a intrusão de uma cunha salina em direção a montante do rio, até pelo menos 5 Km. Embora não tenham sido observadas cacimbas contaminadas por este fenômeno, informações obtidas durante o estudo, indicam a ocorrência de salinização em um dos poços tubulares profundos construídos pela Michelin, próximo ao Rio Cabuçu, distante

aproximadamente 8 Km de sua foz. Dessa forma, a salinização da água em cacimbas construídas próximas ao rio, apresenta chances de ocorrer, uma vez que o bombeamento pode captar água do rio e interceptar a cunha salina.

5.4- QUALIDADE PARA CONSUMO

5.4.1- INTRODUÇÃO

Os aspectos de qualidade da água analisados se referem às principais características químicas e físicas da água subterrânea dos aquíferos sedimentares, que definem sua adequação ao consumo humano, e aqueles considerados mais importantes, quando se pretende utilizá-las em atividades agrícolas.

Os aspectos de qualidade da água dos aquíferos sedimentares somente puderam ser analisados sob o ponto de vista dos parâmetros químicos e alguns parâmetros físicos das amostras de água, uma vez que análises bacteriológicas não foram realizadas no presente estudo.

5.4.2- USO DOMÉSTICO

As características da água para consumo humano são regulamentadas por normas estabelecidas através de limites máximos desejáveis e admissíveis para cada propriedade ou constituinte químico. Na avaliação da adequação da água dos aquíferos sedimentares para o uso doméstico, foram adotadas as especificações do Ministério da Saúde contidas na portaria nº 36 de 19-01-1990 (Tabela X) que foram utilizadas no trabalho "Estudo da Qualidade da Água para Implantação de um Banco de Dados" de Duarte et alli (1994).

De modo geral, a água é considerada potável. Limitações são feitas a porção norte da área, que devido a maior urbanização, ausência de sistema de esgotamento sanitário satisfatório e baixa profundidade do nível freático, podem ocorrer contaminações da água subterrânea por poluentes orgânicos oriundos das fossas. Tal fato é evidenciado pelo alto teor de nitrato ($51,4 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$) na cacimba 25, valor este bem acima do limite admissível ($40 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$). O teor elevado de nitrato pode causar metahemoglobinemia infantil (cianose) em crianças novas.

Uma outra limitação imposta pela norma adotada é o baixo pH, que através de medições realizadas no campo, variaram de 4,8 a 6,2 nas amostras analisadas. Segundo a portaria nº 36 de 19-01-1990 do Ministério da Saúde o valor admitido situa-se entre 6,5 e 8,5.

Quanto aos demais parâmetros determinados nas análises físico-químicas, todos apresentaram-se dentro da norma considerada.

PARAMETROS CONSIDERADOS	LIMITE MÁXIMO SEGUNDO PORTARIA Nº 36, DE 19-01-1990, DO MINISTÉRIO DA SAÚDE	UNIDADE
pH	6,5 - 8,5	
DUREZA TOTAL	500	mg CaCO ₃ /l
FERRO TOTAL	0,3	mg Fe /l
CLORETOS	250	mg Cl /l
SULFATOS	400	mg SO ₄ /l
NITRITO	1	mg NO ₂ /l
NITRATO	40	mg NO ₃ /l

Tabela X- Norma utilizada na adequação da água subterrânea dos aquíferos sedimentares.

5.4.3- USO AGRÍCOLA

No presente trabalho, para a classificação da água para fins de irrigação, foi utilizado o método do United States Salinity Laboratory (USSL) (Figura 21), onde são considerados a Condutividade Elétrica e o Sódio Adsorption Ratio (SAR), que consiste em:

$$\text{SAR} = \frac{\text{rNa}}{\frac{(\text{rCa} + \text{rMg})}{2}}^{1/2}$$

A água pode ser utilizada na agricultura mesmo quando apresenta condutividade elétrica menor que 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, entretanto pode ocorrer salinização quando a lavagem e a drenagem do terreno não forem adequadas. Em geral, a água com valores de condutividade elétrica (CE) abaixo de 750 pode ser utilizada sem problemas para a irrigação, no que diz respeito ao teor de sais, embora existam certas culturas sensíveis que reagem negativamente mesmo quando a condutividade elétrica varia de 250 a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Mistretta, 1984).

O Diagrama da USSL mostra que as análises da água subterrânea dos aquíferos sedimentares definem 4 classes:

- C1-S1 - baixa condutividade e SAR (amostras 11 e fonte)
- C2-S1 - média condutividade e baixo SAR (amostras 25 e 59)
- C1-S2 - baixa condutividade e médio SAR (amostra 45)
- C2-S2 - média condutividade e SAR (amostras 47 e 57)

Devido ao pequeno número de amostras, é difícil estabelecer na área algum possível zoneamento de ocorrência destas classes. Entretanto, parece claro que o vale do Rio da Prata (onde ocorre a classe C1-S1) não apresenta nenhum empecilho quanto a qualidade da água subterrânea para a irrigação.

De modo geral, a água subterrânea não oferece problemas, pois as classes definidas apresentam baixos e médios riscos de salinização e de incremento de sódio ao solo, problemas estes que podem ser resolvidos através de seleção de solos com boa drenagem, textura não fina e baixa capacidade de troca iônica.

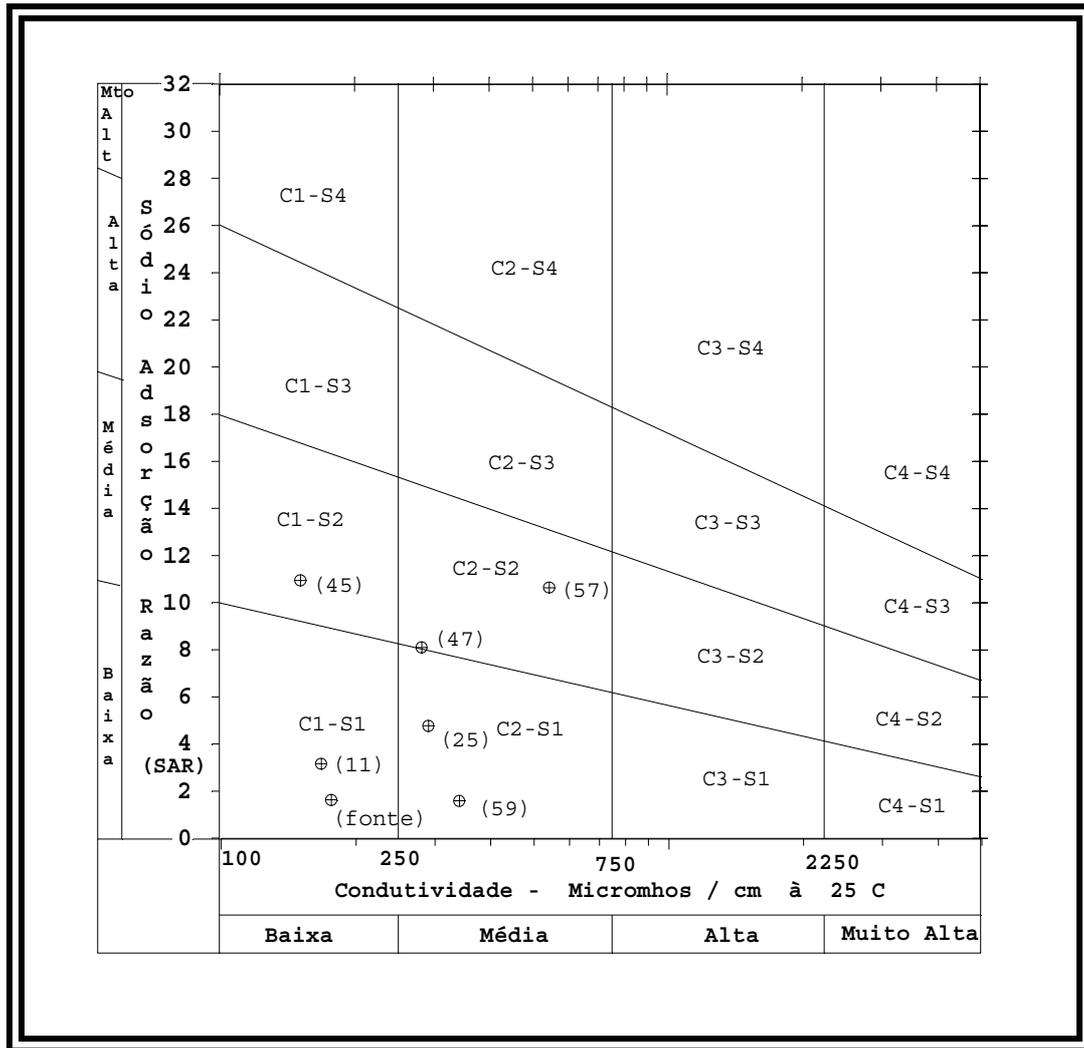


Figura 21 - Diagrama da United States Salinity Laboratory (USSL) com as amostras da água subterrânea plotadas.

6. - CONCLUSÕES

- Os sedimentos na região são bastante heterogêneos com espessuras geralmente menores que 8 metros, exceção feita a parte sul onde são encontradas espessuras superiores a 20 metros.
- As lentes arenosas, que ocorrem ao longo do Rio Cabuçu, são constituídas por areia média a grossa com baixo teor de argila, apresentam continuidade lateral muito limitada, no máximo 100 metros da calha do rio.
- No restante da bacia predominam os sedimentos argilo-siltosos e argilo-arenosos com lentes arenosas descontínuas e de pouca expressão.
- De acordo com o exposto acima, a melhor forma de exploração da água subterrânea dos aquíferos sedimentares é através de cacimbas. Com esses poços, é possível utilizar a água de formações com baixa permeabilidade, já que eles também funcionam como reservatórios de água.

- Na UNIDADE II, até 100 metros de distância do Rio Cabuçu, é onde se encontra a porção do aquífero sedimentar com melhores características hidráulicas, podendo a extração de água ser realizada por poços-ponteira.
- Nas cacimbas onde foram realizados os ensaios de bombeamento, não se mostraram adequadas ao método de Papadopulos (1967). Isto se deve a baixa permeabilidade do aquífero e às condições de conservação das cacimbas, com isso houve somente o bombeamento da água armazenada na cacimba.
- No ensaio de bombeamento realizado no poço tubular, obteve-se os seguintes valores: Permeabilidade 17 m/dia; Transmissividade 34 m²/dia e Coeficiente de Armazenamento 0,02.
- O valor do Coeficiente de Armazenamento difere bastante daqueles encontrados nos ensaios de laboratório através do Método de King modificado, 1899 apud Meinzer, 1959. Os valores variaram 0,06 a 0,30, com uma média de 0,19.

- A recarga dos aquíferos sedimentares, segundo métodos empíricos, se dá apenas nos meses de março e abril.
- A água subterrânea, de modo geral, se encontra dentro dos padrões para consumo doméstico e agrícola.
- A água subterrânea dos aquíferos sedimentares foi classificada como predominantemente cloretada sódica, enquanto o aquífero fissural possui água bicarbonatada cloretada sódio-cálcica, bicarbonatada sódica e bicarbonatada cálcica.
- Somente na cacimba 25, localizada no norte da área (centro urbano de Campo Grande), foi encontrado alto teor de nitrato ($51,4 \text{ mg NO}_3/\text{l}$), que é indicativo de poluição orgânica.
- Ocorre um divisor de águas subterrâneas a noroeste da área, separando as águas que correm para a baixada de Sepetiba daquelas que vão para a baixada de Campo Grande (vale do Rio Cabuçu).

- O Rio Cabuçu é efluente em relação a água dos aquíferos sedimentares.
- O gradiente hidráulico da água subterrânea varia de 0,01 na porção norte da área, diminuindo para a porção sul da bacia até valores bem abaixo de 0,0007.

7 - BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, Fernando F. M. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro. 48 (SUP): 14-26, 1976.

AMARAL, Claudio P. do. Mapeamento geológico-geotécnico da baixada de Sepetiba e maciços circunvizinhos - parte sul da folha de Santa Cruz - (M. Ex. - 1:50000). Tese de Mestrado, Dept° de Geologia da UFRJ, Rio de Janeiro, 1988, 143 p.

ANTUNES, Franklin dos S. et alli. A importância da utilização de levantamentos pedológicos para elaboração de mapas geotécnicos. In: I SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, RJ-ES. Anais Rio de Janeiro, 1987, p. 227-35.

BERTACHINI, Antônio C. Estudo das características hidrogeológicas dos terrenos cristalinos sob clima úmido, na região de Jundiaí, em São Paulo - Dissertação de Mestrado, Dep. Geologia do Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 1987, 119 p.

CAVALCANTE, Itabaraci N. et alli. Aspectos hidroquímicos das águas subterrâneas da região costeira de Icapui- Ceará. In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Recife, 1994. Anais ... Recife, Pernambuco, 1994, p. 28-37.

CAVALCANTE, I. N. & REBOUÇAS, A. C. Caracterização hidrogeológica de terrenos cristalinos com manto de alteração. *Revista Águas Subterrâneas*, São Paulo. (13):9-19, ago. 1990.

CUSTODIO, Emilio & LLAMAS, Manuel R. *Hidrología Subterránea*. 2.ed. Barcelona, Editora Omega, 1983.2 v.

DUARTE, Francisco B. & FRANCISCO, Benedito H. R. Nota preliminar sobre os depósitos rudáceos do Município do Rio de Janeiro. In: COLETÂNEA DE TRABALHOS APRESENTADOS NA IV E V SEMANA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS, UFRRJ, Rio de Janeiro 1976/1977, p. 81-6.

DUARTE, Marta M. M. B. et alli. Estudo da qualidade da água para implantação de um banco de dados. In: I SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, Recife, 1992. Anais ... Recife, Pernambuco, 1992, v. 1, p. 387-96.

ENGENHARIA CONSULTORIA PLANEJAMENTO LTDA. Relatório técnico de consolidação dos estudos hidrogeológicos da região delimitada pelo Município de Campos-RJ. 1980, 154 p.

EMPRESA BRASILEIRA de PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. Levantamento semi-detalhado e aptidão dos solos do Município do Rio de Janeiro, RJ. *Boletim técnico* 66, 1980, 389 p.

FRANCISCO, Benedito H. & CUNHA, Fausto L. de S. Observações sobre a geologia da região litorânea de Sepetiba, Rio de Janeiro, RJ. In: COLETÂNEA DE TRABALHOS APRESENTADOS NA IV E V SEMANA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS, UFRRJ. Rio de Janeiro, 1976/1977, p. 143-65.

FERREIRA, Antônia M. M. & OLIVEIRA, Marli V. de. Contribuição ao estudo Arqueo-Geológico do Quaternário superior da baixada de Guaratiba-Sepetiba. In: COLETORES E PESCADORES PRÉ-HISTÓRICOS DE GUARATIBA - RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro: UFRJ, Niterói: UFF. 1987, p. 31-46.

FRAGA, Carlos A. Análise introdutória à hidrogeologia do "karst" paranaense. In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Recife, 1994. Anais ... Recife, Pernambuco, 1994, p. 244-55.

FETTER, C. W. Applied Hidrogeology. 2 ed. Macmillan Publishing Company, New York, 1988, 592 p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL DO RIO DE JANEIRO. Indicadores Climatológicos do Rio de Janeiro, 1978.

GALLO, Gilberto & SINELLI, Osmar. Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas na região de Ribeirão Preto (SP). *Revista Brasileira de Geociências*, 10: 129-40, 1980.

HERBERT, R. & KITCHING, R. Determination of aquifer parameters from large diameter dug well pumping tests. *Ground Water* 19(6):593-9, 1981.

HEMBOLDT, R. et alli - Mapa geológico do Estado da Guanabara, escala 1:50.000; Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, 1965.

LEITE, Joaquina L. Estudo hidrogeológico dos sedimentos litorâneos do sul do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 10:117-28, 1980.

LIMA, Olivar A. L. & DIAS, Carlos A. Estudo das propriedades hidrodinâmicas da Formação Sergi numa área experimental na região de Cocorobó - BA. *Revista Brasileira de Geociências*, 9:140-50, 1979.

MAIA, Márcia do C. de A. C. et alli. Evolução holocênica da planície costeira de Jacarepaguá (RJ). In: 33° CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Rio de Janeiro, 1984. Anais ... Rio de Janeiro, 1984, v.1, p. 105-8.

MARQUES, A. A. F. et alli. Eletrorresistividade aplicada à prospecção de água subterrânea na Chapada do Araripe-CE. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Fortaleza, 1984. Anais ... Fortaleza, Ceará, 1984, v.2, p.269-83.

MELO, J.G. et alli. Análise Hidrogeoquímica dos aluviões do Alto/Médio Potengi - RN. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Fortaleza, 1984. Anais ... Fortaleza, Ceará, 1984, v.2, p. 3-29.

MEINZER, Oscar E. The occurrence of ground water in the United States - with a discussion of principles. Geological Survey Water Supply Paper 489. 1959, 321 p.

MISTRETTA, Gildo. Monografia do aquífero Jandaira da Bacia Potiguar - Dissertação de Mestrado, Dep. Geologia do Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 1984, 226 p.

MACHADO, José L. F. Características hidrolitológicas dos sistemas aquíferos quaternários da região adjacente a Porto Alegre - RS. In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Recife, 1994. Anais ... Recife, Pernambuco, 1994, p. 21-6.

MIGLIORI, Renato B.; SILVA, Annkarin A. K.; PACHECO, Alberto. Estudo físico e químico das águas subterrâneas do cemitério Vila Formosa, São Paulo - SP. In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Recife, 1994. Anais ... Recife, Pernambuco, 1994, p. 160-8.

MINISTÉRIO DO INTERIOR/DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS E SANEAMENTO. Relatório de investigações hidrogeológicas de apoio - Estudo de Viabilidade - Projeto Mearim - Aproveitamento hidroagrícola do baixo Mearim. 1985, v. 1, 123 p.

NUNES, Cláudio C. Precipitações intensas, hidrologia de superfície e uso do solo na bacia do Rio Cabuçu-Piraquê, RJ - Monografia para obtenção de título de Bacharel em Geografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia. Rio de Janeiro, 1992, 83 p.

OLIVEIRA, Jeferson N. Análise da vulnerabilidade de um lençol freático à contaminação difusa de origem fecal: Um exemplo da região de Ilha Solteira (SP). In: I SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, Recife, 1992. Anais ... Recife, Pernambuco, 1992, v. 1, p. 379-85.

PARISOT, Elisabeth H. As águas subterrâneas no centro-oeste do Município de São Paulo, características hidrogeológicas e químicas - Dissertação de Mestrado, Dep. Geologia do Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 1983, 93 p.

PIUCI, Jacyro. Hidrogeologia da área piloto Ponta das Pedras - Ilha de Marajó - Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém, 1978, 143 p.

PAPADOPULOS, Istravos S. & COOPER JR., Hilton H. Drawdown in a well of large diameter. *Water Resources Research*, 3(1):241-4, 1967.

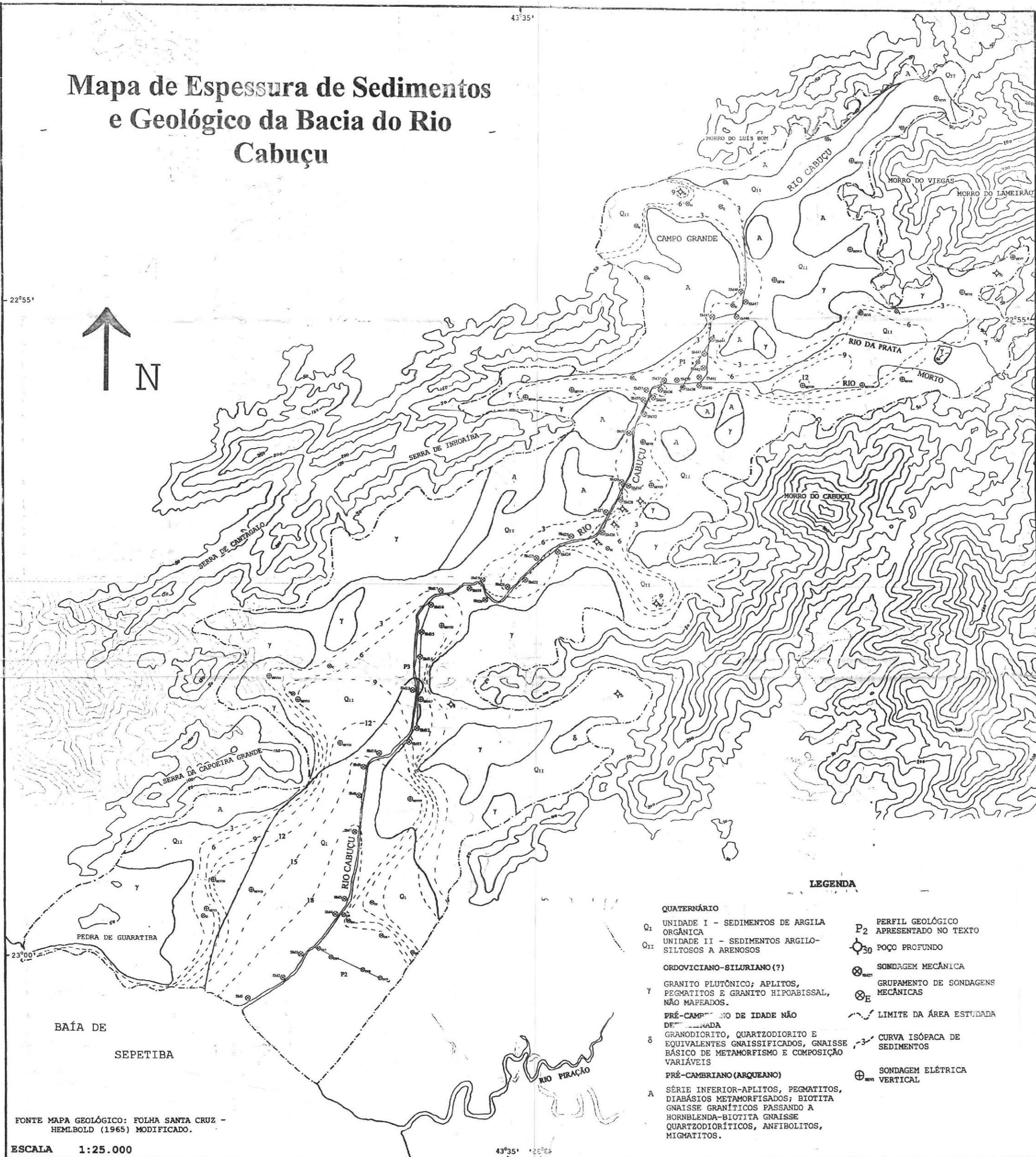
RUSHTON, K. R. & HOLT, S. M. Estimating aquifer parameters for large diameter well. *Ground Water*, 19(5):505-9, 1981.

Uma, K. O. Nitrate in shallow (regolith) aquifers around Sokoto Town, Nigeria. *Environmental Geology*, 21: 70-6, 1993.

8. - A N E X O S

Mapa de Espessura de Sedimentos e Geológico da Bacia do Rio Cabuçu

22°55'



LEGENDA

- | | |
|--|--|
| QUATERNÁRIO | |
| Q ₁ UNIDADE I - SEDIMENTOS DE ARGILA ORGÂNICA | P ₂ PERFIL GEOLÓGICO APRESENTADO NO TEXTO |
| Q ₁₁ UNIDADE II - SEDIMENTOS ARGILO-SILTOSOS A ARENOSOS | ⊗ ₅₀ POÇO PROFUNDO |
| ORDOVICIANO-SILURIANO (?) | ⊗ SONDAGEM MECÂNICA |
| Y GRANITO PLUTÔNICO; APLITOS, PEGMATITOS E GRANITO HIPOABISSAL, NÃO MAPEADOS. | ⊗ _E GRUPAMENTO DE SONDAGENS MECÂNICAS |
| PRÉ-CAMBRIANO DE IDADE NÃO DEFINIDA | --- LIMITE DA ÁREA ESTUDADA |
| δ GRANODIORITO, QUARTZODIORITO E EQUIVALENTES GNAISSIFICADOS, GNAISSE BÁSICO DE METAMORFISMO E COMPOSIÇÃO VARIÁVEIS | --- CURVA ISÓPACA DE SEDIMENTOS |
| PRÉ-CAMBRIANO (ARQUEANO) | ⊕ SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL |
| A SÉRIE INFERIOR-APLITOS, PEGMATITOS, DIABÁSIOS METAMORFISADOS; BIOTITA GNAISSE GRANÍTICOS PASSANDO A HORNBLENDA-BIOTITA GNAISSE QUARTZODIORÍTICOS, ANFIBOLITOS, MIGMATITOS. | |

FONTE MAPA GEOLÓGICO: FOLHA SANTA CRUZ - HEMLBOLD (1965) MODIFICADO.

ESCALA 1:25.000

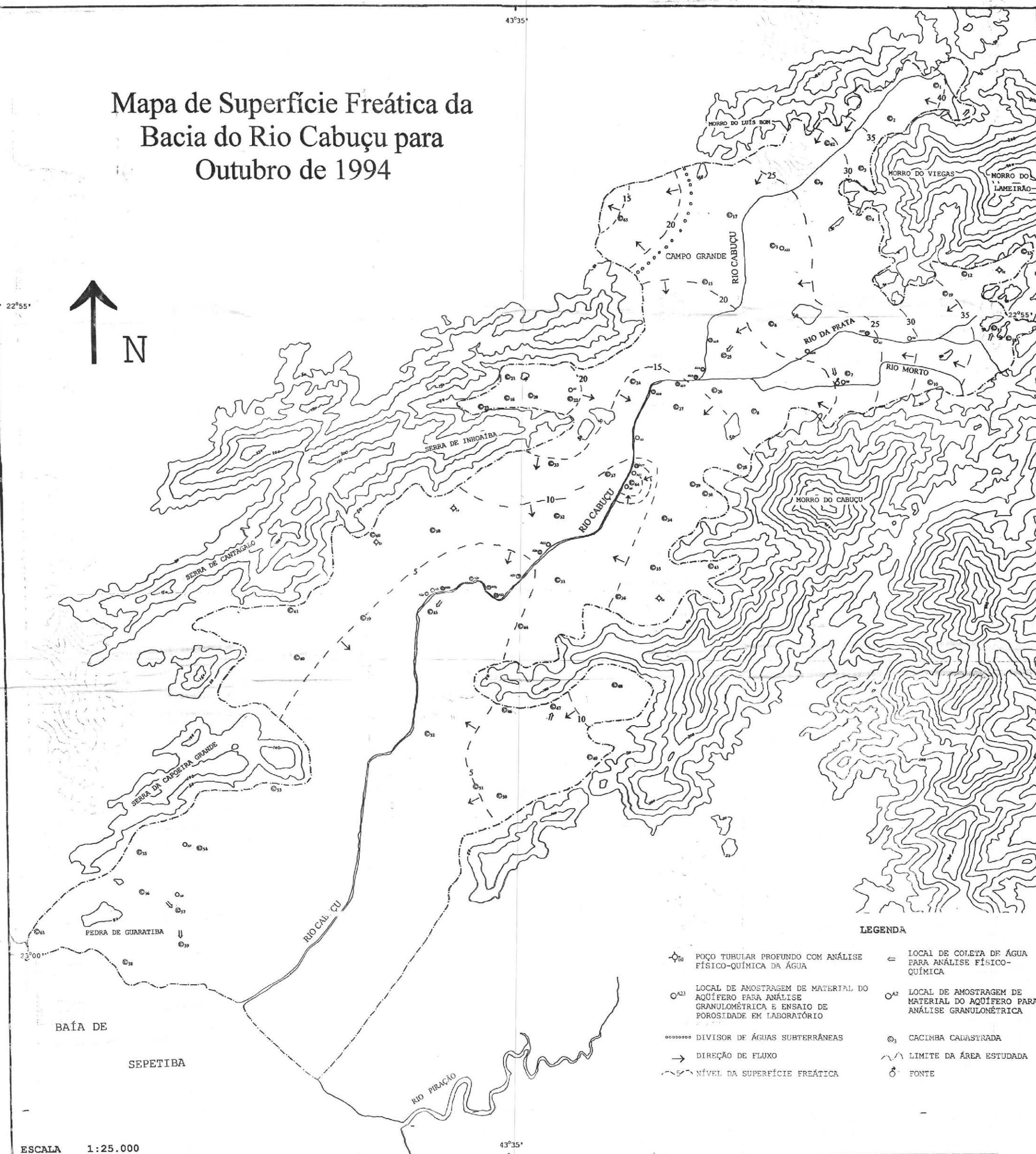
43°35'

Mapa de Superfície Freática da Bacia do Rio Cabuçu para Outubro de 1994

22°55'



43°35'



LEGENDA

- | | |
|---|--|
| <p>⊙₂₀ POÇO TUBULAR PROFUNDO COM ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA</p> <p>⊙₂₃ LOCAL DE AMOSTRAGEM DE MATERIAL DO AQUÍFERO PARA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E ENSAIO DE POROSIDADE EM LABORATÓRIO</p> <p>⋯⋯⋯ DIVISOR DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</p> <p>→ DIREÇÃO DE FLUXO</p> <p>— 5 — NÍVEL DA SUPERFÍCIE FREÁTICA</p> | <p>⊙ LOCAL DE COLETA DE ÁGUA PARA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA</p> <p>⊙₂₂ LOCAL DE AMOSTRAGEM DE MATERIAL DO AQUÍFERO PARA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA</p> <p>⊙₃ CACIMBA CADASTRADA</p> <p>⌢ LIMITE DA ÁREA ESTUDADA</p> <p>⊕ FONTE</p> |
|---|--|

ESCALA 1:25.000

43°35'

BAÍA DE

SEPETIBA

RIO PIRAÇÃO

RIO CALCU

PEDRA DE GUARATIBA

SERRA DA CAPOEIRA GRANDE

SERRA DE CANTAGELO

SERRA DE INHOAÍBA

RIO CABUÇU

RIO DA PRATA

RIO MORTO

MORRO DO CABUÇU

MORRO DO VIEGAS

MORRO DO LAMEIRÃO

MORRO DO LUÍS BOM

CAMPO GRANDE