



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA
DA ILHA DE ITAPARICA, BAHIA.**

ELDER RESENDE DE SANTANA PEREIRA

Orientador: Prof. Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz

Salvador / Bahia
2009

ELDER RESENDE DE SANTANA PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA
DA ILHA DE ITAPARICA, BAHIA.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geologia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Jerônimo
Moreira Cruz

Salvador
2009

Ficha catalográfica

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA DA ILHA DE ITAPARICA, BAHIA.

Por

Elder Resende de Santana Pereira

Biólogo (Universidade Católica do Salvador – 1998)
Farmacêutico (UFBA - 2000)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Submetida em satisfação parcial dos requisitos ao grau de

MESTRE EM GEOLOGIA AMBIENTAL
E
RECURSOS HÍDRICOS

à

Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa

Da

Universidade Federal da Bahia

Comissão Examinadora

_____ Prof^o. Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz - Orientador

_____ Prof^a. Dra. Maria das Graças A. Korn

_____ Prof^o. Dr. Sérgio Augusto de M. Nascimento

Aprovada em ----- de 2009

A Gleidiane, minha esposa dedicada,
A meu filho Dimitri.

AGRADECIMENTOS

A CAPES,

Ao Prof^o Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz pela orientação e oportunidade.

Aos membros da banca examinadora pelas sugestões apresentadas.

Ao Prof. Abílio, Prof. Félix, Prof. Cícero pelas grandiosas contribuições e esclarecimentos de dúvidas pertinentes a essa dissertação.

Ao pessoal do Laboratório de Física Nuclear Aplicada (LFNA) da UFBA, em particular, Ao professor Dr. Antônio Expedito Gomes de Azevedo e Dr. Christian Pereira Lopes dos Santos na realização das análises isotópicas.

Aos geólogos da CERB: Marco Antônio Peixinho, gerente de produção, pelas informações sobre os poços, perfis e outros dados; e Godofredo Correia L. Junior, gerente da DHID, pelo acesso aos mapas e a instituição.

Ao Sr. Eduardo Oliveira Araújo, Diretor de Operação e a funcionária Jaqueline Gonçalves do Laboratório de análise de água da EMBASA pela facilitação na execução das análises microbiológicas.

Aos técnicos do Laboratório de Geoquímica da UFBA pela boa vontade e qualidade do trabalho realizado, e em especial ao técnico Sales pelo grande auxílio prestado nas viagens de campo para coleta das amostras.

Ao pessoal do CPGG-UFBA, Gil e Nilton, pelo apoio prestado.

A todos os outros professores do IGEO-UFBA que em vários momentos me auxiliaram e foram imensamente prestativos.

“A grandeza não consiste em receber honras, mas em merecê-las”.

Aristóteles

RESUMO

A Ilha de Itaparica é a maior das ilhas da Baía de Todos os Santos – Bahia, Brasil, com coordenadas delimitadas de 38°41'10''W e 12°53'00''S na ponta ao norte da vila de Itaparica e de 13°07'30'' e 38°46'50''W na ponta ao sul de Cacha Pregos, altitude média de 2 m, precipitação média anual de 1800mm e balanço hídrico positivo. A ilha esta dividida em dois municípios: Itaparica e Vera Cruz, que juntos possuem uma área total de 246 km² e 55.000 habitantes (IBGE, 2001). O clima da região é tido como tropical úmido com verão quente e chuvas predominantemente no inverno e outono; a temperatura varia entre 20^oC e 34^oC com média de 27^oC (SEI, 1997). A sede e os distritos são abastecidos por rede de água potável, tratada, mas em época que a demanda é alta e na falta, a população ainda utiliza uma série de fontes, cacimbas e poços para o seu abastecimento. A área de estudo esta inserida regionalmente na bacia sedimentar do Recôncavo, e compreende pequenas porções da formação Barreiras, formação Marizal, extensas áreas da formação Itaparica e do grupo Ilhas de idade cretácea, composto por intercalações de arenitos e folhelhos, e ainda depósitos de sedimentos inconsolidados do quaternário. Foram coletadas 49 amostras de água subterrânea divididas em três campanhas: para análises físico-química, isotópica e bacteriológica. Utilização de programas estatísticos para tratamento das informações, como SPSS 9.0, softwares de geoprocessamento como o ARCGIS, o ARCVIEW e o QUALIGRAF para obtenção da classificação das águas e outros cálculos. O pH variou de 4,4 até 8,1; 50% das amostras têm concentração de nitrato acima do permitido pela legislação, devido à contaminação por fossas sépticas; o conteúdo de sódio está abaixo do permitido pela legislação (<200 mg/L) com média de 23,5 mg/L com exceção de um ponto com 242 mg/L devido a proximidade do mangue local; o cloreto apresenta em 3 dos pontos amostrados valores acima do permitido (≥250 mg/L), Ponta Grossa com 275 mg/L, Misericórdia com 503 mg/L e Manguinho com 907 mg/L; Nove (18%) das amostras apresentaram conteúdo de ferro acima do permitido (<0,3 mg/L) com valores máximos de 1,5 mg/L; 95,9% são águas doces e 4,1% salobras; com relação a dureza: 53,07%, branda; 28,57% pouco dura; 8,16%, dura e 10,20% muito dura; segundo o diagrama de Piper: Águas mistas (8%), bicarbonatadas cálcicas, (37%), bicarbonatadas, sódicas (43%) e cloretadas sódicas (12%). A interpretação das análises isotópicas do deutério não demonstrou variação significativa e correlacionável com os aquíferos locais. Por outro lado, análise do ¹⁸O demonstrou que no interior da ilha o mesmo assumia valores mais negativos correlacionando-se com a altimetria e na linha da costa com tendência em assumir valores menos negativos. A análise microbiológica revelou um grande número de bactérias: coliformes totais e fecais em todas amostras pesquisadas. Com base nas análises dos resultados podemos inferir que as águas coletadas não pertencem a um só aquífero. No que se diz respeito a sua potabilidade as análises físico-químicas e microbiológicas revelaram que as águas são impróprias para o consumo humano. Não foi observada uma contaminação de origem salina significativa. A análise isotópica demonstrou que são águas continentais com tempo de residência curto e sujeitas a evapotranspiração elevada. E, segundo a resolução do CONAMA nº 396/2008 as águas subterrâneas da ilha de Itaparica se encontram na classificação tipo 3.

ABSTRACT

The Island of Itaparica is the greater of the islands of the Bay of All the Saints - Bahia, Brazil, with coordinates delimited of 38°41'10''W and 12°53'00''S in the tip to the north of the village of Itaparica and 13°07'30'' and 38°46'50''W in the tip to the south of Cacha Pregos, average altitude of 2m, annual average precipitation of 1800mm and positive balance hydric. The island this divided in two cities: Itaparica and Vera Cruz, that together possess 246km² of total area and 55,000 inhabitants (IBGE, 2001). The climate of the region is had as tropical humid with hot summer and rains predominantly in the winter and autumn; the temperature varies between 20°C and 34°C with average of 27°C (SEI, 1997). The headquarters and the districts are supplied by drinking waters net, treated, but at time that the demand is high and in the lack, the population still uses a series of sources, cacimbas and wells for its supplying. The study area this inserted one regionally in the basin sedimentary of the Recôncavo, and understands small portions of the formation Barriers, Marizal formation, extensive areas of the Itaparica formation and the group Islands of cretaceous age, composed for intercalations of sandstones and husks, and still deposits of un-consolidates sediments of the Quaternary. 49 underground water samples had been collected, divided in three campaigns: for analyses physical-chemistry, bacteriological and isotopic. Use of statistical programs for treatment of the information, as SPSS 9,0, softwares of geoprocessamento as the ARCGIS and the ARCVIEW; e the QUALIGRAF for attainment of the diagrams of Piper, classification of waters and other calculations. pH varied of 4,4 up to 8,1; 50% of the samples have nitrate concentration above of the allowed one for the legislation, due to contamination for fossas septic; the sodium content is below of the allowed one for the legislation (<200mg/L) with average of 23,5 mg/L with exception of a point with 242mg/L had the proximity of the local swamp; the chloride presents in 3 of the showed points values above of the allowed one (<250mg/L), Ponta Grossa with 275mg/L, Misericórdia with 503mg/L and Manguinho with 907 mg/L; Nine (18%) of the samples had presented content of iron above of the allowed one (<0,3 mg/L) with maximum values of 1,5 mg/L; 95.9% are fresh waters and 4.1% brackish; with relationship to hardness: 53.07%, brandish; 28.57% little last; 8.16%, last and 10.20% very last; according to Piper: Mixed waters (8%), calcic bicarbonated (37%), sodic bicarbonated (43%) and sodic chlorided (12%). The interpretation of the isotopics analyses of the deuterium did not demonstrate significant variation and correlacionável with the water-bearing places, on the other hand, analysis of ¹⁸O demonstrated that in the interior of the island the same it assumed more negative values correlating itself with the altimetry and in the line of the coast with trend in assuming less negative values. The microbiological analysis disclosed a great number of bacteria: total and fecais coliformes in all searched samples. With bases in the joined findings we can infer that the collected waters do not only belong to one water-bearing one. In what if its potabilidade says respect you analyze them microbiological physicist-chemistries and had disclosed that the waters are improper for the human consumption. A contamination of significant saline origin was not observed. The isotopic analysis demonstrated that they are continental waters with short time of residence and subjects the high evapotranspiration. And, According to resolution nº 396/2008 of the CONAMA the underground waters of the island of Itaparica if finds in the classification type 3.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da Ilha de Itaparica	05
Figura 2 – Localização da área de estudo	06
Figura 3 – Classificação climática de Koppen-Geiger	08
Figura 3.1 – Ampliação da área estudada	09
Figura 4 – Tipologia climática segundo Thornthwaite	11
Figura 5 – Foto de vegetação de mata secundária	12
Figura 6 – Foto de reserva de Mata atlântica	13
Figura 7 – Foto de vegetação de restinga	14
Figura 8 – Foto de Mangue local	14
Figura 9 – Foto de área sujeita a encharcamento	15
Figura 10 – Mapa pluviométrico dos domínios territoriais de Salvador	15
Figura 11 – Mapa geológico da Bacia do Recôncavo	18
Figura 12 – Carta estratigráfica da Bacia do Recôncavo	19
Figura 13 – Mapa geológico da Ilha de Itaparica	25
Figura 14 – Mapa esquemático dos solos do Estado da Bahia	26
Figura 15 – Mapa esquemático da hidroquímica dos mananciais subterrâneos .	30
Figura 16 – Mapa de localização dos pontos amostrados	43
Figura 17 – Foto dos poços 01 e 02 da 2ª campanha	43
Figura 18 - Foto dos poços 03 e 04 da 2ª campanha	44
Figura 19 - Foto dos poços 05 e 06 da 2ª campanha	44
Figura 20 - Foto dos poços 07 e 08 da 2ª campanha	44
Figura 21 - Foto dos poços 09 e 10 da 2ª campanha	45
Figura 22 – Padrões de turbidez	48

Figura 23 – Aparelhos utilizados em campo	50
Figura 24 – Gráfico da linha meteórica global	72
Figura 25 – Princípio físico do espectrômetro de massa	74
Figura 26 – Espectrômetro de massa utilizado no estudo	74
Figuras 27 a,b,c,d,e – Técnicas de preparação, acondicionamento, incubação e extração das amostras para análise isotópica	75
Figura 28 – Gráfico do Eh versus pH	80
Figura 29 – Variação do potencial de oxidação com o pH para certas reações	81
Figura 30 – Gráficos de correlação da condutividade com o sódio e o cloreto	82
Figura 31 – Classificação das águas segundo o STD	83
Figura 32 – Correlações geoquímicas entre alguns íons analisados	90
Figura 33 – Diagrama triangular de Piper	92
Figura 34 – Classificação das águas segundo o diagrama de Piper	92
Figura 35 – Classificação das águas segundo o SAR	94
Figura 36 – Correlação isotópica entre o ^{18}O e o ^2H	98
Figura 37 – Correlação isótopos versus salinidade	99
Figura 38 – Correlações entre análises microbiológicas e alguns parâmetros químicos.....	102
Figura 39 – Gráfico: análise microbiológica e alguns parâmetros químicos.....	103
Figura 40 – Gráfico: análise microbiológica e alguns parâmetros químicos	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aspectos sócio-econômicos da Ilha de Itaparica	07
Tabela 2 – Sabor das águas subterrâneas	46
Tabela 3 – Classificação das águas quanto ao conteúdo de STD	49
Tabela 4 – Características microbiológicas da água mineral	64
Tabela 5 – Dados de parâmetros físicos e hidrogeológicos da 2ª campanha	79
Tabela 6 – Resultados das análises físico-químicas da 1ª campanha	84
Tabela 7 – Resultados das análises físico-químicas da 2ª campanha	85
Tabela 8 – Classificação das águas quanto à dureza	91
Tabela 9 – Relações iônicas	95
Tabela 10 – Resultados das análises isotópicas	97
Tabela 11 – Resultados das análises microbiológicas	100
Tabela 12 – Análises microbiológicas e alguns parâmetros químicos	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional das águas.

BTS – Baía de Todos os Santos.

CERB – Companhia de Engenharia rural do Estado da Bahia.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia.

EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IGEO – Instituto de Geociências.

IMA – Instituto do Meio Ambiente.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

LMG - Linha meteórica global.

OD – Oxigênio dissolvido.

OMS – Organização Mundial de Saúde.

PDRH – Plano Diretor de Recursos Hídricos.

PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos.

PETROBRÁS – Petróleo Brasileiro S.A.

pH - Potencial hidrogeniônico.

PIB – Produto Interno Bruto.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia.

SMOW – Standard Mean Ocean Water.

STD - Sólidos totais dissolvidos.

VSMOW - Vienna Standard Mean Ocean Water. (Em português, pronuncia-se padrão de referência de águas médias oceânicas de Viena).

DEFINIÇÕES

ÁGUA METEÓRICA – Água da chuva que, em seu ciclo, evapora em parte, é absorvida pelas plantas, escoar como água superficial em riachos e rios e infiltra-se na terra abastecendo os aquíferos.

ÂNION – Átomo que ganhou elétrons, apresentando carga negativa.

ANTROPIZADO – Que sofreu influência humana.

AQUÍFERO – Formação geológica que contém água e permite que quantidade significativa dessa água se movimente no seu interior em condições naturais.

AQUÍFERO ALUVIONAR - Aquífero freático de origem nos sedimentos inconsolidados, distribuídos pelas várzeas de rios e ao longo do litoral.

AQUÍFEROS CONFINADOS OU ARTESIANOS OU SOB PRESSÃO – ocorrem quando o nível d'água está confinado sob pressão maior do que a atmosférica por estratos relativamente impermeáveis.

AQUÍFEROS GRANULARES OU POROSOS – aqueles em que a água está armazenada e flui nos espaços entre os grãos em sedimentos e rochas sedimentares de estrutura granular. Exemplo: arenitos e aluviões.

AQUÍFEROS NÃO CONFINADOS, LIVRES OU FREÁTICOS – são aqueles nos quais o nível d'água serve como superfície superior da zona de saturação.

ARENITO - rocha sedimentar que resulta da compactação e litificação de um material granular da dimensão das areias.

BALANÇO IÔNICO - Somatório de cátions e ânions.

CACIMBA – Nome dado, em algumas regiões do nordeste, quando o poço é cavado manualmente na rocha ou originado das cheias dos rios.

CÁTION – Átomo que perdeu elétrons, apresentando carga positiva.

COLIFORMES – denominação dada a várias bactérias formadas por diferentes gêneros que incluem: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*, que habitam o intestino de animais mamíferos, como o homem.

COLIFORMES TERMOTOLERANTES – espécies de coliformes que toleram temperaturas acima de 40°C e reproduzem-se nessa temperatura em menos de 24 horas. Também chamados de coliformes fecais.

CONDUTIVÍMETRO – Aparelho utilizado para medir a condutividade de uma amostra, através de uma corrente elétrica.

CONGLOMERADO - Rocha de origem sedimentar formada por clastos e fragmentos arredondados de rochas preexistentes, na maioria, de tamanho superior a um grão de areia (acima de 2 mm na classificação de Wentworth), unidos por um cimento de material calcário, óxido de ferro, sílica ou argila endurecida.

CRETÁCEO - Período de tempo da era Mesozóica, na escala geológica.

ECOSSISTEMA - conjunto dos relacionamentos que a fauna, flora, microorganismos e o ambiente, composto pelos elementos solo, água e atmosfera mantêm entre si.

FOLHELHOS – são rochas compostas por grãos tamanho argila que se encontram formando foliações finas e paralelas.

INCONSOLIDADOS – denominação dada àqueles sedimentos que não sofrerão cimentação originando rochas e se encontram soltos, a margens de rios e praias.

ÍON – Estrutura atômica dotada de carga elétrica, resultante de um átomo que perdeu ou ganhou elétrons.

ISÓTOPOS são átomos de um mesmo elemento químico cujos núcleos têm o mesmo número atômico ou seja, o mesmo número de prótons, mas que contém diferentes números de massas atômicas.

NASCENTE OU SURGÊNCIA – descarga concentrada de água subterrânea que aflora à superfície do terreno.

NÍVEL ESTÁTICO – é a altura alcançada pelo nível d'água com o poço não bombeado, o mesmo que nível freático.

POÇOS DE ÁGUA – um poço d'água é um buraco ou cova, geralmente vertical, escavado ou perfurado no terreno para trazer a água subterrânea até a superfície.

QUATERNÁRIO - Período de tempo mais recente da era cenozóica, na escala geológica.

RIFT-VALLEY – É uma grande depressão, originada de atividades tectônicas a milhões de anos, que se desenvolve no continente e a água do mar invade as terras mais baixas, formando lagos salinos.

SUPERFÍCIE PEZÔMÉTRICA – é uma superfície imaginária que coincide como o nível da pressão hidrostática da água no aquífero.

TERCIÁRIO – Período de tempo da era cenozóica, na escala geológica.

VAZÃO SEGURA – é a quantidade de água que pode ser retirada anualmente de uma bacia, sem produzir um déficit.

ZONA SATURADA – é geralmente aquela limitada à cima ou abaixo por estratos impermeáveis (argila, rocha) ou quando não o limite superior é o nível d'água ou superfície freática.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
1.1 Considerações Gerais	01
1.2 Justificativa	02
1.3 Objetivo geral	03
1.4 Objetivos específicos	03
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	04
2.1 Caracterização da área de estudo	04
2.1.1 Localização e Acesso	04
2.1.2 Aspectos sócio-econômicos	06
2.1.3 Aspectos climatológicos	07
2.1.4 Vegetação	11
2.1.5 Aspectos Hidrológicos	15
2.1.6 Geologia regional	16
2.1.7 Geologia local	18
2.1.8 Solos	25
2.1.9 Geomorfologia	28
2.1.10 Hidrogeologia	30
2.2. Águas subterrâneas	31
2.2.1 Características das águas subterrâneas	32
2.2.2 Recarga das águas subterrâneas	32
2.3 Aquíferos	33
2.3.1 Características	34
2.3.2 Vulnerabilidade dos sistemas aquíferos	35
2.4 Qualidade da água	35
2.4.1 Comprometimento da qualidade da água	37
2.5 Água e Saúde	37
2.6 Intrusão Salina	38
3. METODOLOGIA	40
3.1 Amostragem	42
3.2 Parâmetros físico-químicos	45
3.3 Análise de erro analítico	61

3.4 Parâmetros biológicos	62
4. ISÓTOPOS ESTÁVEIS EM HIDROLOGIA	65
4.1 Isótopos do oxigênio e hidrogênio	66
4.2 Fracionamento isotópico	68
4.3 Composição isotópica das precipitações	70
4.4 Composição isotópica das águas subterrâneas	72
4.5 Espectrometria de massas de razão isotópica	73
4.6 Análise das razões isotópicas do oxigênio e hidrogênio	74
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
5.1 Pesquisa de campo	78
5.2 Qualidade da água	79
5.2.1 Classificação das águas quanto ao conteúdo de STD	83
5.3 Distribuição dos elementos químicos	83
5.3.1 Classificação quanto á dureza	91
5.3.2 Classificação da água subterrânea segundo Piper	91
5.3.3 Classificação das águas quanto à salinidade	93
5.3.4 Contaminação por Intrusão salina	95
5.4 Análises isotópicas	96
5.5 Análises microbiológicas	99
6. CONCLUSÃO	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
APÊNDICES	119
ANEXOS	122

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

Essencial à vida, a água é um recurso necessário para praticamente todas as atividades humanas. Entretanto, a escassez de água potável é uma realidade em diversas regiões do mundo e em muitos casos, fruto da utilização predatória dos recursos hídricos e da intensificação das atividades de caráter poluidor. Isso tem impulsionado a ocorrência de problemas relacionados à falta desse recurso, em condições adequadas de quantidade e qualidade até para o atendimento das necessidades mais elementares das populações. Frente a isso tudo, atualmente, há um aumento significativo do consumo das águas subterrâneas, uma vez que para Rebouças (2002), o uso dessas para atividades humanas apresenta baixo custo e excelente qualidade natural.

As águas minerais são aquelas provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas, que possuam composição química, propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes confirmam uma ação medicamentosa.

O estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos presentes nas águas subterrâneas, procurando estabelecer-se uma relação com o meio físico rochoso. Os processos e fatores que influenciam na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero. A água subterrânea tende a aumentar a concentração de substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos, mas muitos outros fatores interferem, tais como: o clima, a composição da água da recarga, o tempo de contato/meio físico entre outros, além da contaminação antrópica (FENZEL, 1986).

Do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo da mesma. A disponibilidade dos recursos

hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso, depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica (FEITOSA et al, 1997).

1.2 Justificativa

É importante assinalar que as águas potáveis são aquelas que por sua composição química ou características físico-químicas permitem ser consumidas pela população. Um pouco mais de 97% da água doce disponível na Terra encontra-se no subsolo e, portanto, menos de 3% da água potável disponível no planeta provém das águas de superfície (FEITOSA et al, 1997).

No Brasil, segundo dados do IBGE (1991) revelam que 61% da população é abastecida com água subterrânea, sendo 43% através de poços tubulares, 12% por fontes ou nascentes e 6% por poços escavados.

Segundo Guerra (1992), a água subterrânea da ilha de Itaparica, hidrogeologicamente, está relacionada a formação Barreiras e a exudação de suas águas está relacionada à discordância basal destes sedimentos com os litotipos impermeáveis sotopostos dos folhelhos do Grupo Ilhas.

Segundo Carvalho (2008), as águas dos poços coletados no entorno da Fonte da Bica, Ilha de Itaparica, apresentaram maior grau de contaminação do que as águas de exsudação natural. Dados do referido trabalho indicam que existe nos pontos amostrados, contaminação do aquífero subterrâneo pela pluma salina da água do mar. As análises bacteriológicas demonstraram a presença de coliformes termotolerantes e totais nas águas de Itaparica, as quais estão fortemente relacionados aos teores de nitratos encontrados, possivelmente devido à contaminação do manancial a partir de fossas sépticas e esgotos sem tratamento em áreas adjacentes aos locais coletados.

Os estudos anteriores objetivaram avaliar a qualidade da água proveniente da Fonte da Bica, localizada na vila de Itaparica, principalmente devido ao seu valor histórico. Ao longo dos anos a ocupação desordenada e desenfreada, principalmente motivada pela proximidade da capital baiana, tem comprometido a qualidade desta água, que é consumida largamente pela população local e por visitantes. Assim, faz-se necessários estudos que venham a abordar de forma sistemática as outras localidades da ilha de Itaparica, para que possamos ter um panorama atual da qualidade desta água e a sua utilização adequada, grandemente consumida pela população local e sazonal.

1.3 Objetivo geral

Determinar a qualidade química e biológica das águas subterrâneas da Ilha de Itaparica através da amostragem de águas de poços e de cisternas.

1.4 Objetivos específicos

- a. Correlacionar a composição química das águas com as formações geológicas dos pontos amostrados;
- b. Compreender, a partir da análise isotópica, a origem das águas;
- c. Verificar se está ocorrendo, e em quais locais, o efeito da intrusão salina no aquífero;
- d. Correlacionar a presença de coliformes com os valores de nitrato e fosfato para identificar o tipo de contaminação orgânica;
- e. Sugerir a possibilidade e os usos da água subterrânea da ilha com base na sua qualidade atual.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A Ilha de Itaparica é uma das mais belas ilhas do litoral Brasileiro, é a maior das 56 ilhas da Baía de Todos os Santos. Sua costa, em grande extensão, é cercada por recifes de corais, que se prolonga de Bom Despacho até a Ponta de Aratuba. Possui mais de 104 km de costa e mais de 40 km de praias, clima tropical quente e úmido, temperatura média de 24,5°C, altitude média de 2 m, precipitação média anual de 1800 mm e balanço hídrico positivo. Apresenta abundante vegetação tropical, onde predominam exuberantes coqueirais, fragmentos de mata atlântica e ricos manguezais, separada da cidade do Salvador, pela Baía de Todos os Santos. E está dividida em dois municípios: Itaparica e Vera Cruz, que juntos possuem uma área total de 246 km² e 55.000 habitantes (IBGE, 2001).

2.1.1 Localização e acesso

A Ilha de Itaparica está localizada no nordeste do Brasil, na costa do Estado da Bahia, a sudoeste da Baía de Todos os Santos, e tem extensão de 35 km por 21 km de largura, com coordenadas delimitadas de 38°41'10''W e 12°53'00''S na ponta ao norte da vila de Itaparica e de 13°07'30'' e 38°46'50''W na ponta ao sul de Cacha Pregos (Figura 1).

O acesso pode ser por meio náutico (13 km) através do sistema de transporte Ferry Boat (1 hora), o qual leva tanto passageiros como veículos, do terminal de São Joaquim em Salvador ao terminal de Bom Despacho na ilha ou pelo sistema de transporte por balsas de Mar Grande (30 minutos) saindo diariamente de 30 em 30 minutos do bairro do Comércio em Salvador até a Localidade de Mar Grande na Ilha. Por via terrestre temos a rodovia de BA – 0001 que liga Bom despacho as localidades da ilha de Itaparica indo até a ponte João das Botas (Estreito do funil) que comunica a ilha com o continente. Pode chegar, pela BR – 324 saindo de Salvador e depois através BR – 101, BA – 245 e por fim a BA -001 perfazendo um total de 278,8 km, até a cidade de Itaparica.

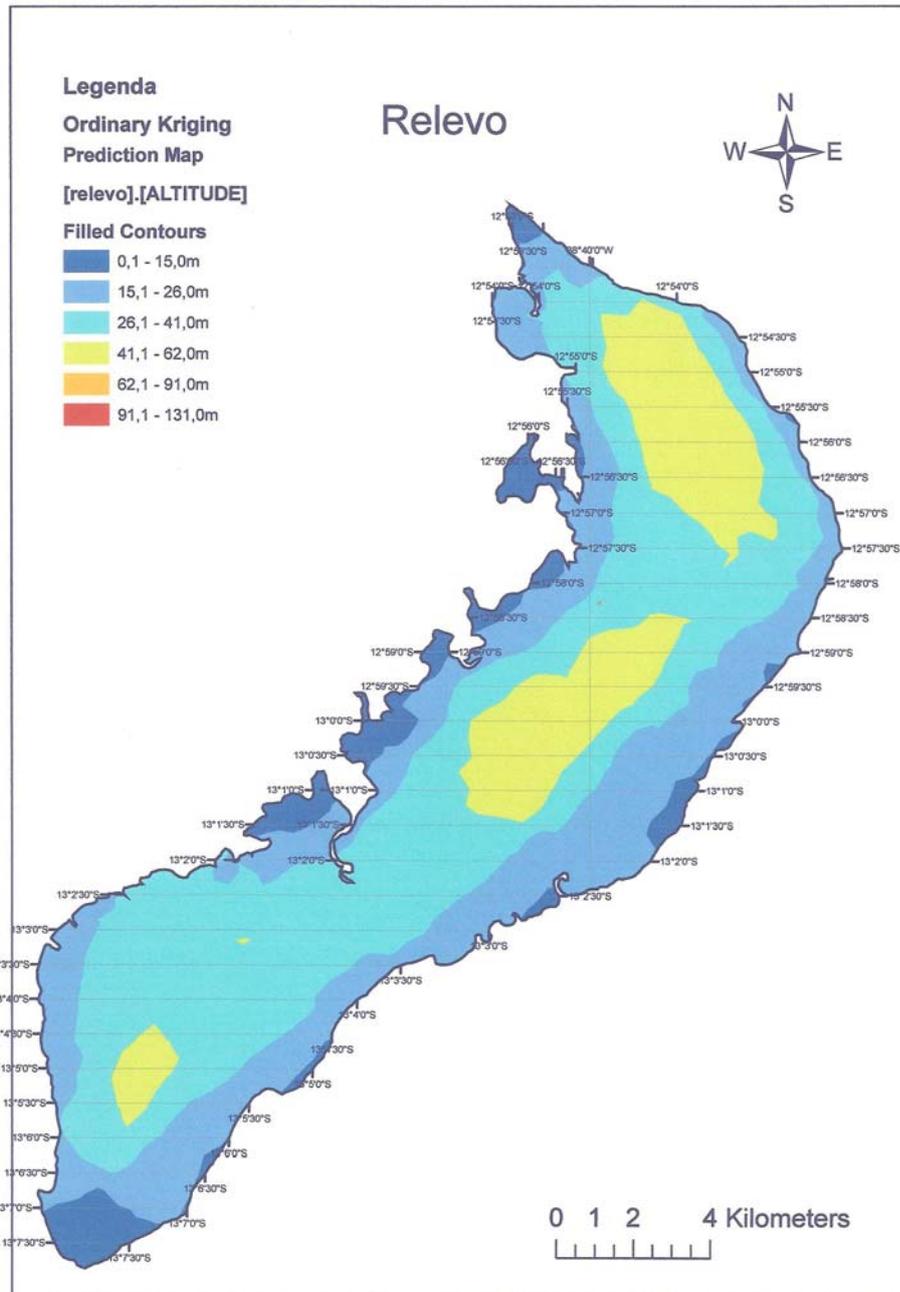


Figura 2: Localização da área de estudo. Escala 1:120.000.

2.1.2 Aspectos sócio-econômicos

A partir da tabela 1 a seguir, podemos observar alguns dados referentes à ilha de Itaparica, dividida entre os seus dois municípios, onde aponta os dados sobre alguns índices de desenvolvimento econômico com base na estatística efetuada pelos órgãos governamentais citados na fonte. Os municípios de Vera Cruz e Itaparica já apresentaram nas décadas passadas um grande desenvolvimento

econômico devido ao turismo, entretanto com a decadência do turismo local em relação ao avanço do turismo no litoral norte, a economia ficou um pouco prejudicada e muitos imóveis sofreram acentuada desvalorização. Mas a ilha ainda apresenta grande parte da sua renda ligada ao turismo, indústrias de móveis, barcos e metalúrgicas; comércios variados, e todo os tipos de serviços, sendo que devido à proximidade muita renda é trazida de Salvador para a ilha em virtude dos muitos trabalhadores que atravessam diariamente a Baía de Todos os Santos, tanto através do ferry-boat como da balsa de mar grande para trabalhar na capital baiana. Além de servir como acesso rodoviário mais curto e ponto de partida para as localidades do baixo sul, como Valença e Camamu, cidades bastante turísticas.

Tabela 1: Aspectos sócio-econômicos dos municípios da Ilha de Itaparica.

DADOS	VERA CRUZ	ITAPARICA
População	29.750 hab	18.945 hab
Área	211 Km ²	35 Km ²
Densidade demográfica (hab./km ²)	62,72	162,76
PIB2000	R\$ 164,46 milhões	R\$ 52,35 milhões
Renda per capita	R\$ 138,54	R\$ 131,24
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) 2000	0,704	0,712
Índice de desenvolvimento social - Bahia	5º lugar	19º lugar
Participação da população no turismo	32,47%	22,25%
Índice de cobertura de esgoto por domicílios no ano 2000	2,9%	24%
Domicílios atendidos por coleta de lixo 2000	72%	72%

FONTE: SEI (2000); IBGE/2000 apud PDITS, 2002; RAIS - Relação Anual de Informações Sociais, apud PDITS, 2003, p. 64.

2.1.3 Aspectos Climatológicos

O padrão de circulação atmosférica observado no nordeste brasileiro é complexo, apresentando diversas correntes de circulação, representadas pelos Alísios do anticiclone semifixo do Atlântico Sul (Correntes de Leste), pelo

deslocamento da Convergência Intertropical – CIT (Correntes de Norte), pela expansão da massa equatorial continental – mEC (Corrente de Oeste) e pela invasão das frentes polares (Correntes de Sul). Os fluxos de ar do anticiclone semifixo do Atlântico Sul predominam durante quase todo o ano, proporcionando tempo bom na área da BTS (ANA, 2005).

Os dados médios de temperatura da área, considerando as temperaturas médias compensadas, as médias das temperaturas máximas e as médias das temperaturas mínimas são sempre superiores à 18°C, com amplitude térmica inferior à 4°C, indicando o caráter megatérmico do clima da região. Isso confirma a sua condição tropical, definida pela sua latitude, baixa altitude e proximidade nível do mar. As menores temperaturas são observadas no mês de julho, com uma média igual a 23,6°C, enquanto que as temperaturas mais elevadas ocorrem em março, 26,7° C (TELES, 2004).

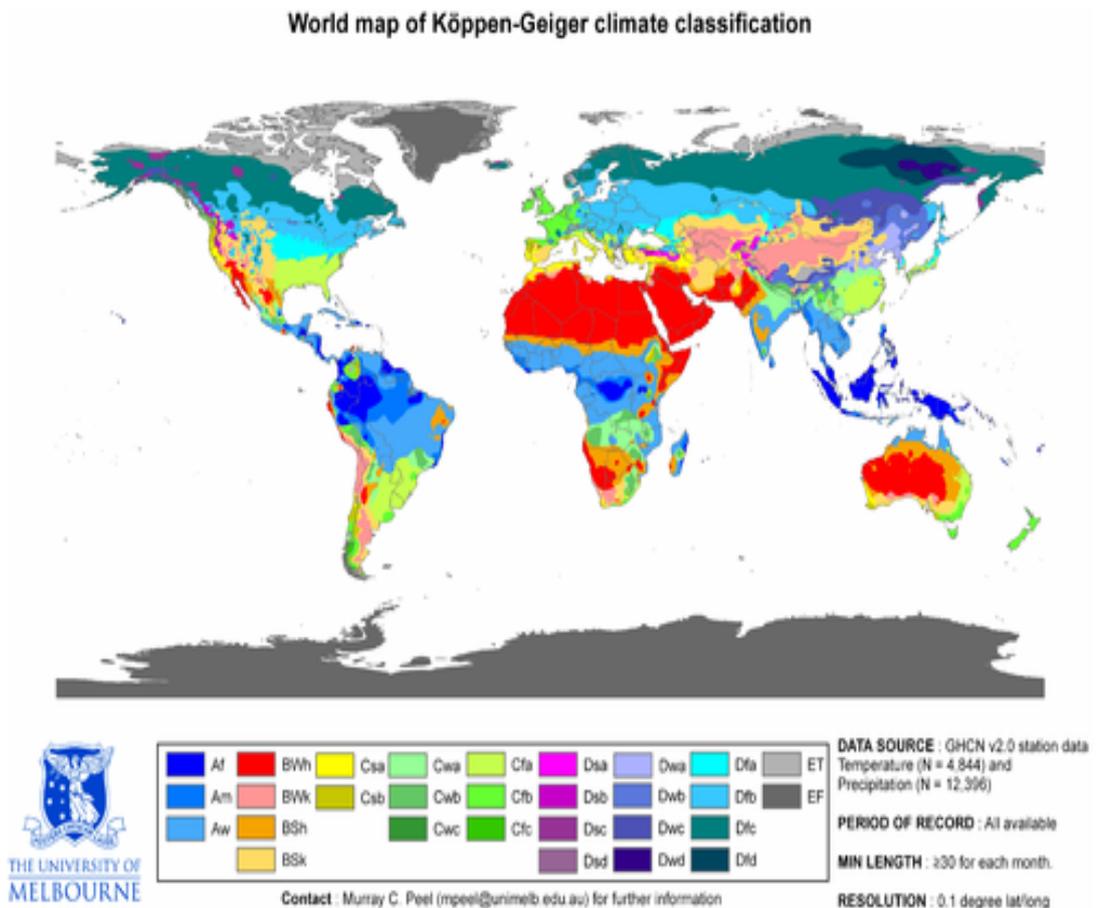


Figura 3: Classificação climática de Köppen-Geiger.

Fonte: Köppen e Geiger (1928)



Figura 3.1: Ampliação da área estudada com indicação do local.

Com base no mapa da figura 3, e obedecendo aos critérios da classificação do clima estabelecida por Koppen e Geiger em 1936, o clima da região é tido como tropical úmido com verão quente e chuvas predominantemente no inverno e outono, mas podendo ocorrer pancadas isoladas em todos os meses do ano.

Na área da Baía de Todos os Santos, a precipitação pluviométrica média anual atinge cerca de 2.100 mm/ano, variando de aproximadamente 100 mm em janeiro a uma média de cerca de 350 mm em maio. O trimestre mais chuvoso compreende os meses de abril a junho, período em que o nível total da precipitação pluviométrica atinge, em média, cerca de 930 mm, ou seja, cerca de 45% da precipitação média anual (TELES, 2004).

Com relação à direção e velocidade dos ventos, estes sopram de SE durante a maior parte do ano, exceto no período de novembro a janeiro, quando começam a soprar com mais frequência os ventos dos quadrantes N e NE.

A temperatura na Ilha de Itaparica varia entre 20⁰C e 34⁰C com média de 27⁰C. A precipitação nessa região varia entre 1900 mm/ano a 2000 mm/ano valores anuais (SEI, 1997).

Os cálculos do balanço hídrico da área em estudo basearam-se nas informações obtidas entre seqüência de 10 anos (1999 a 2008), disponíveis no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

As variações da precipitação e evapotranspiração ocorridas nos meados de 1999 a 2008 registraram picos alternados tendo a sua maior incidência nos meses de maio, oscilando entre abril e junho, já a evapotranspiração manteve-se inferior a precipitação fazendo uma ressalva nos meses de outubro e novembro de 2007, outubro (2003); março e setembro (2004); setembro (2005) e dezembro (2006) que ocorreu uma inversão no quadro, em valores de evapotranspiração em torno de 160 mm e a precipitação em torno de 75 mm.

De acordo com as figuras no anexo, (fonte site INPE), verifica-se que há um excesso tanto no balanço hídrico normal mensal, e que os valores das médias da evapotranspiração potencial estão na maioria dos episódios sempre inferiores a precipitação das chuvas, resultando, portanto, um excesso de água infiltrada no balanço hídrico da região.

Segundo dados de pluviometria e temperatura, Bahia (2007), o tipo climático, segundo Thornthwaite, é úmido, de classificação B1rA', com índice hídrico de 20 a 40%, excedente hídrico 300 a 600 mm e com regime pluviométrico no outono e inverno (Figura 4).



Figura 4: Tipologia climática segundo Thornthwaite – Bahia, 2007.
Escala original 1: 6.500.000

2.1.4 Vegetação - Principais Biomas e Ecossistemas da Região Hidrográfica

A vegetação da ilha sofre influência marinha, estando relacionada à vegetação arbustiva da restinga e de mangue. As partes elevadas possuem uma vegetação tipicamente herbácea, constituída na sua maior parte por gramíneas e pequenas palmáceas, sendo que algumas com porte arbóreo e fragmentos de Mata Atlântica na sua maior parte antropizada.

Define-se como conceito de ecorregião – um conjunto de comunidades naturais, geograficamente distintas, que compartilham a maioria de suas espécies, dinâmicas e processos ecológicos, e condições ambientais similares, que são fatores críticos para a manutenção de sua viabilidade a longo prazo (DINNESTEIN, 1995), citado no PERH-BA (2004).

- *Ecorregião das Florestas Costeiras* - No conceito de Floresta Ombrófila enquadram-se nas formações florestais brasileiras que não manifestam deficiência hídrica que possa comprometer os processos metabólicos necessários à manutenção da perenidade de sua estrutura foliar. Localiza-se nos domínios de manifestação de climas úmidos como o que separa esta ao longo da faixa costeira da região estudada.



Figura 5: Foto mostrando vegetação de mata secundária, já bastante antropizada, a qual sofreu corte seletivo, comum durante a ocupação da ilha.

Entre as tipologias ombrófilas presentes na área de estudo estão as seguintes:

- *Floresta Ombrófila Densa Das Terras Baixas* - De ocorrência extensa, que vai da Amazônia, passando pelo Nordeste até o Rio de Janeiro, esta formação é dividida em duas distintas no Projeto RADAMBRASIL, devidos às suas diferenças fisionômicas e estruturais. Apresenta árvores perenifólias sem mecanismos de proteção contra a seca, não evidenciando estresse hídrico no período seco. O dossel é formado por dois estratos de diferentes alturas. As espécies mais altas chegam até a 30 metros de altura. Não se observa cobertura gramínea-lenhosa baixa, assim como epífitas e lianas (figura 6).



Figura 6: Foto de reserva de mata nativa.

Segundo o IBGE (1988), as formações observadas são as seguintes:

- *Áreas de Formações Pioneiras* - Tipo de vegetação originada em solos que sofreram deposição de areias marítimas e rejuvenescimento do solo ribeirinho com deposições aluviais/ marinhas. Suas espécies constituintes nem sempre indicam estar a área caminhando da sucessão para o clímax (figura 7).

- *Área de Influência Marinha* - Vegetação característica de solos arenosos, de modo geral, as árvores e arvoretas com altura em torno de 7 metros apresentam copas irregulares, sub-estrato denso e certa abundância de epífitas. Nas faixas desta formação não atingidas pela maré, observam-se somente arbustos. A densidade é variável e sempre composta de um estrato herbáceo com caules estoloníferos, o que garante às dunas uma certa estabilidade. Entre as espécies mais comuns, cita-se o cajueiro (*Anacardium occidentale*), que como outras apresentam grande poder de adaptação (figura 7).



Figura 7: Foto mostrando a vegetação característica de restinga.

- *Áreas de Influência Fluviomarina* - Áreas caracterizadas pela oscilação da maré, que ocupam o estuário de certos rios, e onde se desenvolvem uma comunidade denominada mangue, cujas espécies mais freqüentes são bastante homogêneas, repetindo ao longo de todo o litoral brasileiro (figura 8).



Figura 8: Foto de Mangue local

- *Áreas de Influência Fluvial* - Formação vegetal composta de espécies herbáceo-graminóide adaptadas às condições de ausência de oxigenação, devido ao encharcamento dos solos, em áreas inundadas.



Figura 9: Foto mostrando área sujeita a encharcamento.

2.1.5 Aspectos Hidrológicos

O município de Itaparica apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema regularidade de chuvas, no tempo e no espaço. A média da pluviometria anual, segundo BAHIA (2003), está contida no intervalo de 1900 a 2000 mm/ano.

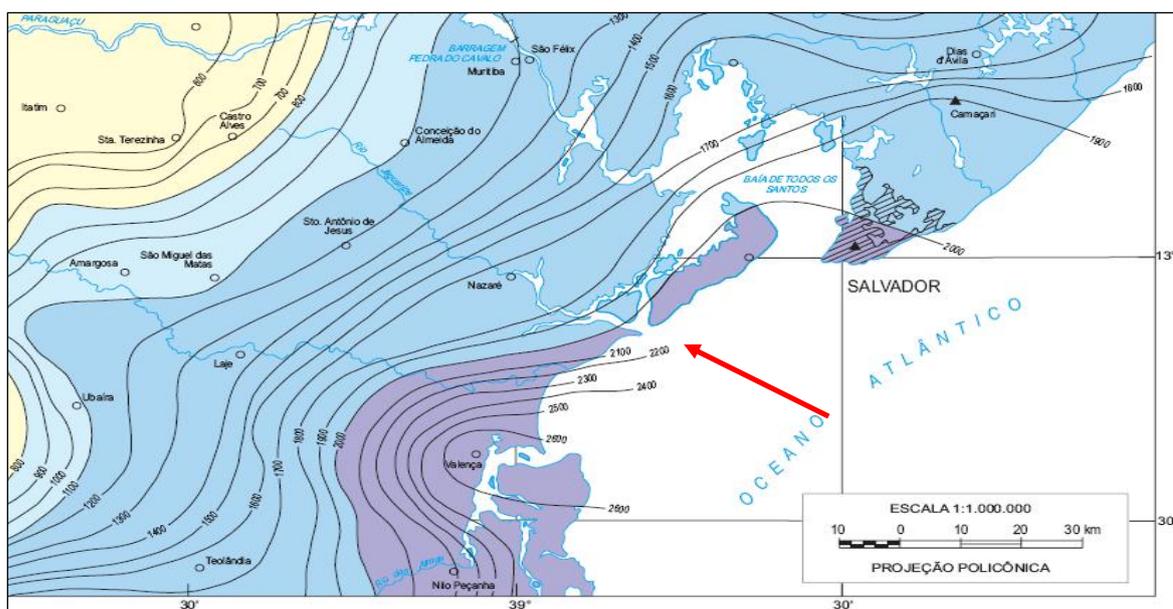


Figura 10: Mapa pluviométrico dos domínios territoriais de Salvador.
Fonte BAHIA (2003).

A sede e os distritos são abastecidos por rede de água potável, tratada, fornecida pela EMBASA, proveniente da captação da barragem do rio Paraguaçu e canalizada até a sede municipal.

Nesse cenário, não existe escassez de água e esta não é uma limitação ao desenvolvimento sócio econômico e ao sustento da população urbana.

Apesar da existência de um sistema de fornecimento de água tratada, em época que a demanda é alta e na falta, a população ainda utiliza uma série de fontes, cacimbas e poços para o seu abastecimento.

2.1.6 Geologia regional

A área de estudo esta inserida regionalmente na bacia sedimentar do Recôncavo no Estado da Bahia, Nordeste do Brasil e ocupa uma área de aproximadamente 11.500 km². Seus limites são dados pelo Alto de Aporá, a norte e noroeste, pelo sistema de falhas da Barra, a sul, pela falha de Maragogipe, a oeste, e pelo sistema de falhas de Salvador, a leste (figura 11) (Santos, 1998).

A Bacia do Recôncavo teve sua origem relacionada ao processo de estiramento crustal que resultou na fragmentação do Gondwana. É uma Bacia do tipo rifte intracontinental abortado, sendo gerado inicialmente durante os estágios precoces da abertura do Oceano Atlântico Sul, e preservado como um ramo abortado da margem Leste do Brasil, durante o Eocretáceo (Abrahão, D. & Warne, J. E. 1990).

Admite-se que a ruptura do paleo-continente do Gondwana, que daria origem à costa oriental as América do Sul e a costa Ocidental da África, tenha sido precedida por um demorado estágio de Arqueamento crustal, que teria se prolongado do final do Permiano até o final do Jurássico. O continuado soerguimento crustal teria propiciado, ao longo do eixo do geoanticlinal, o arrasamento da cobertura sedimentar paleozóica, deixando uma vasta área de embasamento pré-cambriano desnuda, onde restaram apenas umas poucas relíquias da antiga cobertura sedimentar, preservando no fundo de pequenos

grabens deprimidos por falhamentos contemporâneos com os processos de arqueamento (VIANA et al, 1971).

Ao final do período Jurássico, a área inter-dômica na crista do geoanticlinal começaria a sofrer uma subsidência relativa, vindo a formar uma longa e rasa depressão alongada no sentido norte-sul, batizada de depressão Afro-Brasileira (MAGNAVITA et al., 1992).

Na Bacia do Recôncavo, o assoreamento efetuou-se por um complexo deltáico progradando predominantemente de noroeste para sudeste até o completo preenchimento da bacia (GAMA Jr. et al, 1971). Registram esse episódio sedimentar na bacia, a Formação Candeias, constituída por folhelhos baciais com inclusões de corpos arenosos maciços formados por deposições gravitacionais (Membro Pitanga); O Grupo Ilhas, onde predomina intercalações de arenitos de frentes deltaica com folhelhos de talude e corpos de turbiditos arenosos; a Formação São Sebastião, constituída por faces aluviais de planície proximal e pela Formação Salvador, formada por cunhas de conglomerados sin-tectônicos.

A subsidência epirogênica da depressão Afro-brasileira, na área hoje ocupada pela Bacia do Recôncavo, propiciou a sedimentação fluvial e lacustrina da Formação Itaparica.

O alargamento e a subsidência progressiva do grande sistema de “rift-valleys” teria propiciado as incursões de águas marinhas, conseqüentemente o preenchimento da bacia culminaria com a deposição de sedimentos aluviais da Formação Marizal (VIANA et al, 1971).

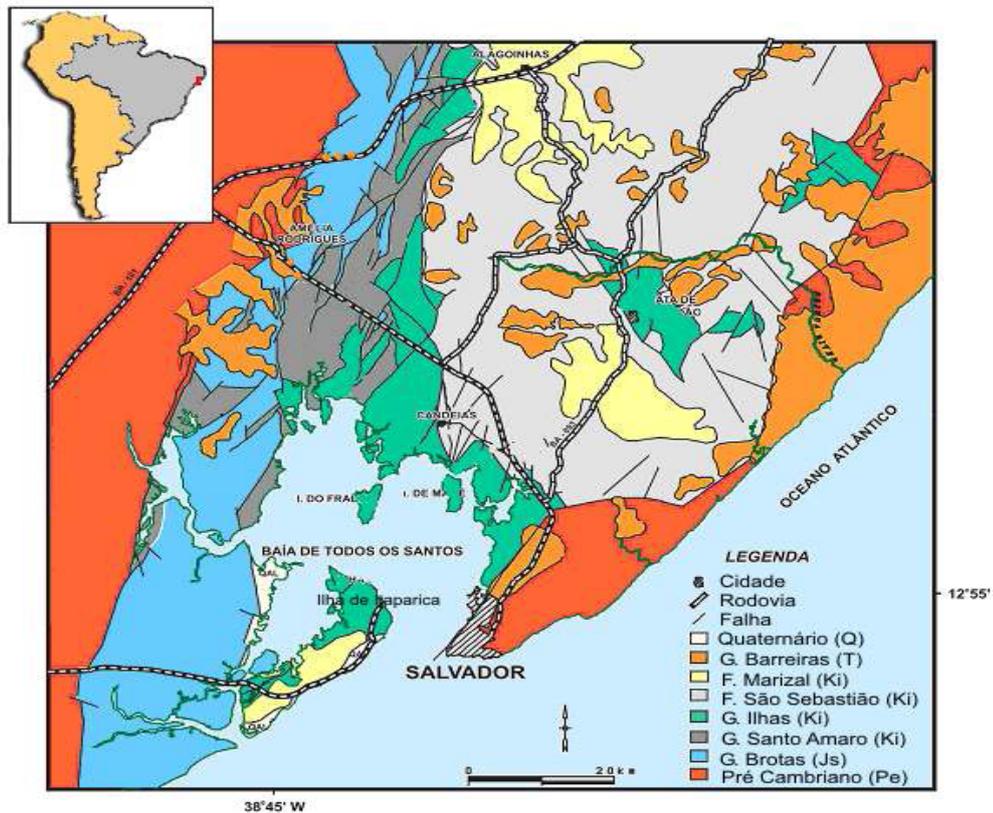


Figura 11 - Mapa geológico esquemático, mostrando a distribuição de sedimentos na bacia do Recôncavo, modificado de Magnavita (1992).

2.1.7 Geologia local

A área em estudo insere-se no contexto estratigráfico da Bacia Sedimentar do Recôncavo de idade Cretácea nos sedimentos do Grupo Ilhas. Localizada na porção sul do Graben da Bahia, onde estão presentes às seqüências continental e lagunar, com idades neojurássica e neocretácea.

A Bacia do Recôncavo foi dividida em quatro grupos: Brotas, Santo Amaro, Ilhas e Massacará que juntos formam o supergrupo Bahia (VIANA et al, 1971). São compostos por formações de rochas sedimentares, sendo elas: Afligidos, Aliança, Sergi, Itaparica, Água Grande, Maracangalha, Candeias, Salvador, Marfim, Pojuca, São Sebastião, Marizal e Barreiras. Que são descritas de acordo com Milani (1987), com exceção da formação São Sebastião (figura 12).

As rochas que formam a Bacia do Recôncavo e que se apresentam na área de estudo serão descritas a seguir:

□ Rochas sedimentares mesozóicas e terciárias (Cobertura K) – - compreende as rochas sedimentares pertencentes ao Supergrupo Bahia, assim constituídas:

Grupo Ilhas: O Grupo Ilhas (Kis) (CAIXETA et al, 1994), de idade eocretácica, foi dividido por Viana et al. (1971), em duas formações: Marfim e Pojuca, na Bacia do Recôncavo e correlacionam a Formação Marfim (basal) à seqüência intermediária da Formação Barra de Itiúba, da Bacia SE/AL, como também a Formação Pojuca (superior) à Formação Penedo, desta mesma bacia.

Aflora a noroeste de Salvador, ocupando boa parte do contorno da Baía de Todos os Santos e a maior parte da Ilha de Itaparica em extensas áreas de NE a SW, sendo constituído por folhelhos cinza-esverdeados, onde predomina intercalações de camadas de arenitos finos amarelados com marcas onduladas cavalgantes, estruturas convolutas e laminações plano-paralelas e cruzadas de pequeno porte, corpos de turbiditos, siltitos e calcários. Essas estruturas sugerem transporte em regime de fluxo inferior e superior denotando deposição em planície e frente deltaica, por correntes provenientes da embocadura do sistema fluvial deltáico (MEDEIROS, 1981).

Apresenta-se em dois sistemas de falhas e fraturas (NW/SE e NE/NW). O acamamento está mergulhando aproximadamente 20° E, podendo haver variações locais. Com exceção da Formação São Sebastião, o Grupo Ilhas não constitui bons aquíferos em decorrência da baixa permeabilidade de seus folhelhos (CAIXETA et al, 1994).

Formação Itaparica – caracterizada por folhelhos e siltitos cinza arroxeados ou cinza-esverdeados com raras intercalações de arenitos finos. É um registro de depósitos lacustres, de águas rasas, que lentamente se tornaram mais profundas devido à progressiva subsidência da bacia favorecendo uma transgressão lacustre avançando para noroeste com pequenas incursões fluviais. Em algumas seções podem ser visualizados moldes e contra-moldes de ostracóides e conchas de

bivalves (MEDEIROS, 1981). A formação Itaparica é um péssimo reservatório, do ponto de vista hidrogeológico, pelo fato de seus folhelhos serem praticamente impermeáveis.

Formação Barreiras – corresponde aos depósitos sedimentares continentais sob a forma de leques aluviais coalescentes depositados no Plioceno e ocupa pequenas áreas isoladas na porção nordeste da ilha próximas à localidade de Mar Grande e Gameleira, como pode ser visto no mapa da figura 13, e é constituído por sedimentos arenosos de granulometria fina a grossa, intercalados com níveis lamosos e conglomeráticos, mal consolidados, mal classificados, de coloração cinza-esbranquiçados a vermelhos em abundante matriz caulínica. São bastante friáveis e susceptíveis à erosão pluvial. Em locais onde a cobertura vegetal foi removida, é comum a ocorrência de ravinamentos e voçorocas (BITTENCOURT; VILAS BOAS et al, 1979).

Esta unidade foi formada em ambiente de clima quente e úmido, quando o nível do mar era mais baixo que o atual, e levou a alteração das rochas, posteriormente depositado em clima quente e seco sob a forma de leques aluviais coalescentes. A sua constituição litológica e faciológica repete-se monotonamente. Os arenitos são mal selecionados, subangulares a subarredondados, e de cores variadas, predominando a vermelha sobre a amarela, branca e violeta, conforme a argila da matriz. Na estruturação interna tem-se, na maioria dos casos, estratificação plano-paralela. Estratos cruzados e canalizações são também comuns em certos níveis (BITTENCOURT; VILAS BOAS et al, 1979).

Já os conglomerados, compõem-se predominantemente de fenoclastos de quartzo leitoso, arredondados, em meio de seixos de granulitos, arenitos, lamitos, etc. A fração pelítica é minoritária e se resume a camadas decimétricas de siltitos coloridos. A inter-relação entre as várias litologias é complicada por abundantes truncamentos e níveis de descontinuidade (diastemas) marcados por concreções lateríticas. Aparecem como morros residuais constituindo a parte superior das elevações (BITTENCOURT; VILAS BOAS et al, 1979).

Os arenitos que constituem o Grupo Barreiras apresentam boa permeabilidade, entretanto, dada a posição topográfica como ocorrem na área de estudo, não possuem boas condições de armazenamento. São facilmente drenados no contato com o Ilhas, o que é caso do aparecimento das fontes tidas como de água minerais Itaparica ou Fonte da Bica (CARVALHO, 2008).

Formação Marizal (Km) - A Formação Marizal, foi assim denominada por Brazil (1947), para designar uma seção praticamente horizontal de arenitos grossos e conglomerados, que ocorrem na Serra do Marizal, Bacia de Tucano. Santos (1962) mapeando a parte sudeste da Bacia de Tucano, mediu uma seção bem mais representativa, determinando por meio de polens encontrados em folhelhos carbonosos, a idade Albiano Inferior a Aptiano (Cretáceo Inferior), para a Formação Marizal. Posteriormente a formalização da Formação Marizal, foi proposta por Viana et al. (1971), com a revisão estratigráfica das Bacias de Tucano e do Recôncavo, que incluíram os sedimentos estudados por Brazil (1947) e por Santos (1962).

A deposição da Formação Marizal foi relacionada ao contexto de subsidência termal pós-rift, a partir do contraste entre a subhorizontalidade de seus estratos e a estruturação dos depósitos sotopostos. Este ambiente foi propício para a deposição de leques aluviais com pequenos lagos restritos associados, podendo estes últimos ter sido colmatados pelos primeiros.

Esta Formação possui os depósitos cretáceos mais jovens preservados na Bacia do Recôncavo. São representados essencialmente por arenitos grosseiros caulíníficos maciços ou com estratificação cruzada de médio a grande porte intercalados com conglomerados basais e secundariamente, por siltitos, folhelhos e lentes de calcáreos. Apresentam cores variegadas, cinza-esbranquiçada e amarelo-avermelhada, são de finos a grosseiros, mal selecionados, subangulares a subarredondados, quartzosos e feldspáticos (MEDEIROS, 1981). Apresentam espessura inferior a 30 metros, são bastante susceptíveis a erosão, sendo frequente a presença de ravinamentos e voçorocas.

Na Formação Marizal as possibilidades aquíferas são bastante significativas, associadas principalmente à sua seqüência conglomerática basal. Embora sua

potencialidade como reservatório seja menor que a da Formação São Sebastião, a maior parte da recarga desta é controlada pela Formação Marizal (LIMA e RIBEIRO, 1982).

Na Ilha de Itaparica, a formação Marizal se apresenta incipiente como uma camada superficial bastante alterada. Nesta as Formações Barreiras e Marizal estão sobrepostas diretamente sobre o Grupo Ilhas, sem a presença, da Formação São Sebastião, caracterizando uma discordância erosiva.

□ **Sedimentos Quaternários** - constituem os sistemas deposicionais recentes, sendo representados por sedimentos inconsolidados de origem fluvial, eólica e marinha. As coberturas de solos dos sedimentos arenosos Terço/Quaternárias da ilha de Itaparica representam a melhor reserva hídrica subterrânea do município (CARVALHO, 2008) e compreendem:

Depósitos fluvio-lagunares (Qfl) – Ocorrem nas zonas baixas que margeiam os rios, representados por areias e siltes argilosos ricos em matéria orgânica (MARTIN et al, 1980). No local ocupa uma pequena área próxima a confluência de três rios a noroeste da ponta de Aratuba.

Quaternário indiferenciado (Qi) – Compreendem os depósitos arenosos e argilo-arenosos fluviais que ocorrem no fundo dos vales (MARTIN et al, 1980). Sua faixa mais representativa situa-se a nordeste da localidade de Cacha-pregos e a 3 km a leste de Jiribatuba.

Cobertura (Qt1) - corresponde aos terraços arenosos pleistocênicos de coloração branca na superfície gradando pra marrom a preta 2 m abaixo, deixados acima do nível atual do mar pela regressão subsequente à transgressão pleistocênica (MARTIN et al, 1980). Ocupa pequenas áreas restritas a parte centro-leste da ilha, próxima a localidade de Barra do Pote e a sudoeste da ilha próximo a jiribatuba e Bom Jardim.

Cobertura (Qt2) – compreendem os terraços arenosos marinhos holocênicos menos elevados, normalmente contendo conchas de moluscos e bivalves, são bem

diferenciados dos depósitos da penúltima transgressão por serem mais finas e estreitamente próximas e paralelas entre si (MARTIN et al, 1980). É a segunda maior formação encontrada na ilha e ocupa uma grande faixa na costa leste, que vai desde a localidade de Colado até Mar Grande numa área de 37km² e 28 km de extensão.

Cobertura (Qr) – representada pelos recifes de corais e de algas coralinas e são encontradas fixadas em afloramentos rochosos já mortos formando grandes recifes (MARTIN et al, 1980). Encontram-se localizadas numa estreita faixa da costa entre a Praia de Barra Grande até a localidade de Mar Grande numa faixa continua de aproximadamente 17km.

Cobertura (Qla) – os sedimentos aluvionais do quaternário ocupa na ilha pequenas áreas na confluência dos riachos que formam o rio Campinas e se estende até próximo a Ponta da Cruz, e no nordeste da ilha entre Mar Grande e Juerama.

Cobertura (Qpm) – esta cobertura compreende os mangues e pântanos das margens dos rios e riachos, constituídos predominantemente de depósitos de materiais argilo-siltosos ricos em matéria orgânica (MARTIN et al, 1980). Ocorre em quase toda a costa oeste da ilha de Itaparica, apresentando mais representatividade nas margens do rio Campinas, próximo a Ponta Grossa, e ainda nos Rio Gogo da Ema em Baiacu, riacho Jacu-Açú, Rio Sobrado e rio Cacha-pregos.

Na figura 13 a seguir, podemos observar com detalhes a localização e extensão de cada formação encontrada na ilha de Itaparica.

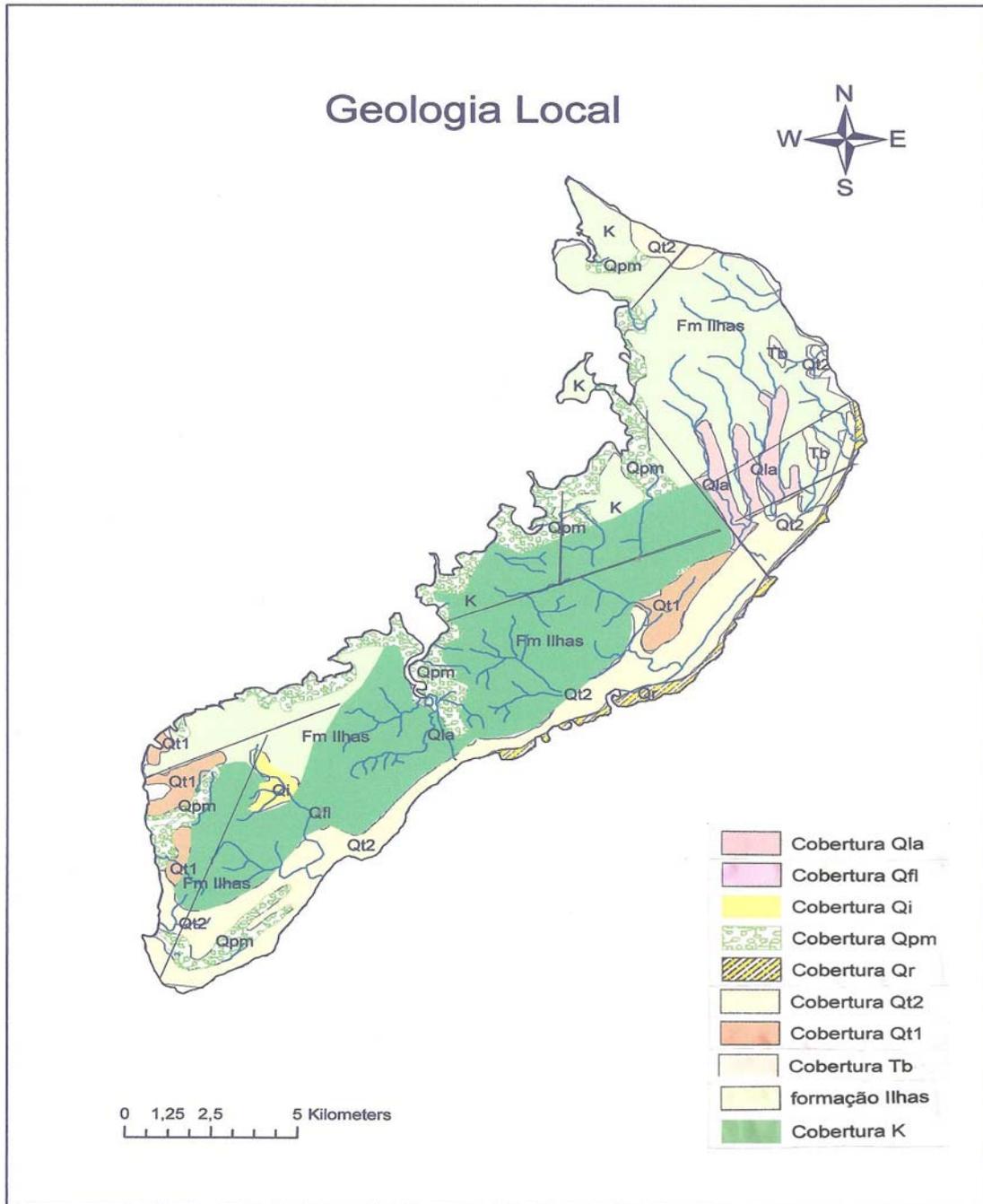


Figura 13: Mapa geológico da Ilha de Itaparica mostrando a localização e a extensão de suas formações.

2.1.8 Solos

Na região estudada podemos encontrar solos do tipo: latossolos, arenosos e aluviais e histossolos, de acordo com a classificação adotada no mapa de solos do estado da Bahia de 2001 (figura 14).

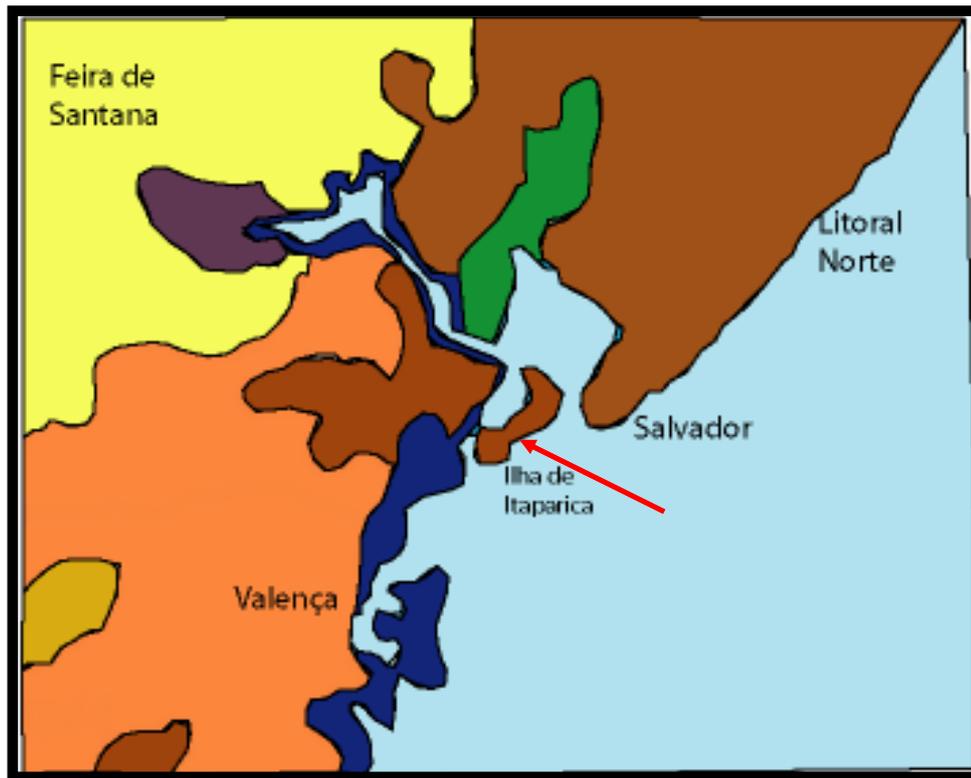


Figura 14: Mapa esquemático dos solos do estado da Bahia.
 Fonte: IBGE/EMBRAPA, 2001.

A classificação brasileira de Solos, chamada de SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação) é desenvolvida pela Embrapa, sendo a mais recente, ainda utilizada, publicada em 1999, com importante atualização em 2005.

Os **SOLOS ARENOSOS** são aqueles que tem a sua maioria dos grãos de tamanho entre 2 mm e 0,075 mm, formado principalmente por cristais de quartzo e oxido de ferro no caso de solos de regiões tropicais. São pobres, escassos em material assimilável e facilmente lixiviados, porém têm boa aeração e permeabilidade. Dessecam-se com facilidade e se aquecem em demasia, devido ao seu pouco conteúdo em argila falta-lhes capacidade de adsorção de bases e retenção de água, as plantas e microorganismos vivem com mais dificuldade, devido à pouca umidade. O solo arenoso também é conhecido como neossolo e possui teor de areia superior a 70% (BRADY, 1989; VIEIRA, 1988).

Na margem praiana podemos encontrar também as areias quartzosas ricas em minerais areno-quartzosos, profundos, acentuadamente drenados, muito ácidos e perfil pouco evoluído com baixa saturação de bases (VIEIRA, 1988).

Os **LATOSSOLOS** é o nome de uma classe de solos, cujas principais características são a inexistência de horizonte O superficial, horizonte A de espessura e concorrências líticas variadas e sobretudo, horizonte B latossólico rico em óxidos de ferro e de alumínio. São solos envelhecidos e profundos, intemperizados, em geral associados à laterização, sempre ácidos, de boa drenagem e nunca hidromórficos. Podem ser eutróficos ou distróficos. Apresenta-se em duas variedades: o latossolo amarelo, rico em óxidos de ferro hidratados (Limonita) e o latossolo vermelho, rico em sesquióxidos e óxidos de ferro não hidratados (hematita) (BRADY, 1989; VIEIRA, 1988).

Nos latossolos, o horizonte B encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizontes superficiais, exceto os de características marcadamente orgânicas ou hidromórficas, onde o conteúdo de argila diminui em profundidade. As características latossólicas devem estar bem caracterizadas nos primeiros 2 m de profundidade ou dentro dos primeiros 3 m de profundidade caso o horizonte A apresente espessura maior que 0,50 m (VIEIRA, 1988).

Os **HISTOSSOLOS** ou **SOLOS ORGÂNICOS** podem conter até 60% de matéria orgânica, e horizonte hístico com espessuras de 40cm ou mais. São comuns em pântanos, brejos e mangues, características de áreas inundadas com pobre drenagem, de natureza ácida, pouco aerados e elevada proporção de carbono/nitrogênio, rico em cálcio e enxofre, mas pobre em fósforo e potássio (BRADY, 1989).

Os **SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE** estão constituídos por sedimentos não consolidados, recentes, geralmente gleizados, formados por material muito fino e misturado a materiais orgânicos, provenientes principalmente da deposição de detritos de mangue e atividade biológica provocada por crustáceos (VIEIRA, 1988).

Nos rios ou riachos, sob sedimentos recentes do quaternário, encontramos ainda, os **SOLOS ALUVIAIS**, pouco evoluídos, moderadamente a bem drenados, pouco profundos a profundos, argilosos, silte-argilosos ou de textura média, amarelados ou acinzentados, sem diferenciação aparente de horizontes (VIEIRA, 1988).

2.1.9 Geomorfologia

Dentro do quadro da geomorfologia costeira local, foi possível a individualização das seguintes unidades geomorfológicas: terraços arenosos Internos, brejos, planícies de maré/ manguezais e praias. Outro aspecto de observação é a diversidade de paisagens, traduzindo-se em baixada litorânea, planícies marinhas, fluviomarinhas e tabuleiro do recôncavo. As características destas unidades e os processos ativos limitam ou condicionam o uso e a ocupação humana, sendo desta forma de importância relevante para a qualidade da água subterrânea (CUNHA, 2005).

Uma praia pode ainda ser subdividida em três regiões: face praial, antepraia (também chamada de estirâncio ou estirão) e pós-praia, de acordo com sua localização em relação às alturas das marés. A face praial compreende a região que vai do nível de maré baixa até além da zona de arrebentação, em geral, até a base da onda. Antepraia é a região entremarés, ou seja, entre o nível da maré baixa e o da maré alta. É, portanto, a porção da praia que sofre normalmente a ação das marés e os efeitos do espraiamento e refluxo da água. A região pós-praia localiza-se fora do alcance das ondas e mares normais, e somente é alcançada pela água quando da ocorrência de marés muito altas ou tempestades. Nesta região formam-se terraços denominados bermas, que apresentam uma seção transversal triangular, com a superfície de topo horizontal ou em suave mergulho em direção ao continente e a superfície frontal com mergulho acentuado em direção ao mar (CUNHA, 2005).

As praias constituem sistemas dinâmicos, onde elementos básicos como ventos, água e areia interagem, resultando em processos hidrodinâmicos e deposicionais complexos (BROWN; MCLACHLAN, 1990), e compreendem uma

porção subaérea (supra e mediolitoral) e outra subaquática que inclui a zona de arrebenção e se estende até a base orbital das ondas (WRIGHT; SHORT, 1983).

A dinâmica costeira, que condiciona a construção geomorfológica da linha da costa, é a principal responsável pelo desenvolvimento das praias arenosas e pelos processos de erosão e deposição que as mantêm em constante alteração. A morfologia dos perfis praias em uma determinada região é função do nível energético das ondas, uma vez que essa energia é liberada nas zonas costeiras (CUNHA, 2005).

A costa da ilha de Itaparica caracteriza-se pela presença de franjas de recifes de arenitos de praia incrustados por algas calcárias, briozoários e corais. Por uma extensa região, estas construções recifais protegem a costa da elevada energia das ondas, criando praias abrigadas e piscinas naturais. As lagunas e estuários desse trecho do litoral também são ocupados por manguezais e cristas de praias remobilizadas por ventos SE (VILLWOCK, 1994).

Os ecossistemas de manguezal geralmente estão associados às margens de baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios, lagunas e reentrâncias costeiras, onde exista encontro de águas de rios com a do mar, ou diretamente expostos à linha da costa. São sistemas funcionalmente complexos, altamente resilientes e resistentes e, portanto, estáveis. A cobertura vegetal, ao contrário do que acontece nas praias arenosas e nas dunas, se instala em substratos de vasa de formação recente, de pequena declividade, sob a ação diária das marés de água salgada ou, pelo menos, salobra. Os manguezais são, geralmente, sistemas jovens uma vez que a dinâmica das marés nas áreas onde se localizam produz constante modificação na topografia desses terrenos, resultando numa seqüência de avanços e recuos da cobertura vegetal (GUERRA, 1994).

As praias vêm sofrendo uma crescente descaracterização em razão da ocupação desordenada e das diferentes formas de efluentes, tanto de origem industrial quanto doméstica, o que tem levado a um sério comprometimento da sua balneabilidade, principalmente daquelas próximas a centros urbanos. Os problemas dos esgotos domésticos e do lixo são bastante sérios e exigem medidas imediatas.

Além dos resíduos sólidos de origem local, existem ainda aqueles lançados ao mar pelos navios e os de origem exógena transportados pelos rios. Também merecem destaque a crescente especulação imobiliária, a mineração, com retirada de areia das praias e dunas, e o crescimento explosivo e desordenado do turismo sem qualquer planejamento ambiental e investimentos em infra-estrutura como, por exemplo, saneamento básico (CUNHA, 2005).

2.1.10 Hidrogeologia

A Província Hidrogeológica Costeira corresponde a uma extensa faixa litorânea de direção NE/SW sendo que na porção norte da Região Hidrográfica Atlântico Leste essa faixa se ramifica no sentido WNW. Esta província está representada na área de estudo pelos sistemas aquíferos São Sebastião, Marizal e Barreiras e pela Formação Sergi e o Grupo Ilhas (ANA, 2005).



Figura 15: Mapa esquemático da hidroquímica dos mananciais subterrâneos.

Fonte: IBGE, 2003.

Segundo o PERH da Bahia, a capacidade média de produção dos poços localizados na porção sudeste desse sistema aquífero é de 27,13 m³/h com índice de salinização médio de suas águas em torno de 81,85 mg/l de STD.

2.2. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As águas subterrâneas podem estar associadas a diversas formações geológicas, mas comumente associada à rochas sedimentares. As discordâncias estratigráficas presentes são especialmente importantes para se determinar a ocorrência de um aquífero (FREEZE e CHERRY, 1979).

Quando associados a sedimentos inconsolidados, os aquíferos são geralmente encontrados em vales e áreas onde os níveis d'água são pouco profundos, situam-se freqüentemente em locais favoráveis à recarga a partir de rios, riachos e lagoas e até mesmo da infiltração direta das chuvas. Esses depósitos possuem alta capacidade de infiltração potencial, maior porosidade efetiva e maior permeabilidade do que as formações compactas. São especialmente enriquecidas em sais retirados das rochas e sedimentos por onde percolaram muito vagorosamente (FEITOSA et al, 1997).

As águas subterrâneas estão sujeitas a variações no seu nível dá água e essas flutuações podem ser decorrentes de condições climáticas (seca, chuvas), evapotranspiração, sucção pelas raízes das plantas e marés.

São especialmente enriquecidas em sais retirados das rochas e sedimentos por onde percolaram muito vagorosamente. Todavia, os processos de adsorção e troca iônica são capazes de remover certos elementos contaminantes dissolvidos na água. Em geral, existe uma tendência de salinização da água subterrânea por solutos oriundos da superfície do solo (FEITOSA et al, 1997).

2.2.1 Recarga das águas subterrâneas

A recarga das águas pode ser definida no senso geral como o fluxo d'água descendente que alcança o nível d'água de um aquífero livre, formando uma reserva de água adicional para as águas subterrâneas (CEDERSTROM, 1964).

A quantificação da recarga das águas subterrâneas é um pré-requisito básico para um eficiente manejo dos recursos de águas subterrâneas, e é particularmente vital em regiões semi-áridas onde tais recursos são freqüentemente a chave do desenvolvimento econômico. Nestas condições, em regiões semi-áridas a necessidade de estimativa de uma recarga confiável é fundamental (SIMMERS, 1997). Este parâmetro é, entretanto, muito difícil de ser avaliado principalmente em regiões semi-áridas (LERNER et al, 1990; SIMMERS et al, 1997; LERNER, 1997; HEALY e COOK, 2002; SANFORD, 2002; e VRIES e SIMMERS, 2002).

A recarga das águas subterrâneas pode ocorrer naturalmente das precipitações, rios, canais e como um fenômeno induzido pelo homem através de atividades de irrigação e de urbanização (CEDERSTROM, 1964).

Em menor escala, a recarga pode ocorrer no leito dos rios através dos aluviões. Sabe-se que em situações similares de litologia do meio poroso insaturado, quanto maior a profundidade do nível freático maior será o tempo de trânsito das águas de infiltração às águas subterrâneas, o que, por conseqüente, pode influenciar na recarga efetiva (CLEDERSTROM, 1964; CARVALHO, 2008).

2.2.2 Hidrogeoquímica

As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma estreita relação com os tipos de rochas drenados e com os produtos das atividades humanas adquiridas ao longo de seu trajeto. Em áreas urbanas encontra-se uma forte marca das atividades humanas na qualidade química das águas, onde existem descargas de poluentes, principalmente efluentes líquidos domésticos, vazamentos de combustíveis, chorumes provenientes de depósitos de lixo doméstico, descargas gasosas e de material particulado lançado

na atmosfera pelos veículos. Nas áreas onde se desenvolve algum tipo de agricultura, a química da água pode estar fortemente influenciada pelos produtos químicos utilizados como inseticidas, herbicidas, adubos químicos (LEÃO, 2003).

Devido à sua estrutura molecular dipolar a água é um forte solvente (solvente universal). Nas águas naturais este poder de dissolução é muito aumentado pela presença de ácido carbônico, formado pelo gás carbônico dissolvido, e ácidos orgânicos, principalmente húmicos, produzidos pela atividade dos seres vivos ao nível do solo. Num país tropical como o Brasil a abundância de água (umidade) e seu conteúdo em ácidos se colocam como o principal responsável pelo intemperismo das rochas, dando origem a mantos de decomposição (regolito) com espessura de dezenas de metros. Todas as águas naturais possuem, em graus distintos, um conjunto de sais em solução, sendo que as águas subterrâneas possuem, em geral, teores mais elevados dos que as águas superficiais, por estarem intimamente expostas aos materiais solúveis presentes no solo e nas rochas. A quantidade e tipo de sais presentes na água subterrânea dependerá do meio percolado, do tipo e velocidade do fluxo subterrâneo, da fonte de recarga do aquífero e do clima da região. Em áreas com alto índice pluviométrico a recarga constante dos aquíferos permite uma maior renovação das águas subterrâneas, com a conseqüente diluição dos sais em solução. Diferentemente, em climas áridos a pequena precipitação leva a uma salinização na superfície do solo através da evaporação da água que sobe por capilaridade. Por ocasião das chuvas mais intensas os sais mais solúveis são carreados para as partes mais profundas do aquífero aumentando sua salinidade. Isto é o que acontece no Nordeste Brasileiro, onde, em muitas áreas, o problema consiste muito mais na salinização excessiva da água do que na inexistência da mesma (ANA, 2005).

2.3 – AQUÍFEROS

São formações geológicas permeáveis que têm estruturas que permitem que uma quantidade apreciável de água se mova através dela. A água pode estar presente na rocha nos espaços vazios, interstícios, poros ou fraturas. Pode ocorrer

associado a algumas formações geológicas, sendo que 90% deles ocorrem em rochas não consolidadas, principalmente cascalho e areia (TODD, 1967).

2.3.1 – Características

Quanto maior a homogeneidade do tamanho e da distribuição dos poros e maior a interconexão entre esses poros, melhor capacidade terá o aquífero em conduzir a água. Essa propriedade é denominada de permeabilidade e assim como a porosidade pode ser primária ou secundária (TODD, 1967).

Entre outras propriedades físicas dos aquíferos, destacam-se a condutividade hidráulica, a transmissividade e o coeficiente de armazenamento, importantes para caracterizar os aquíferos quanto aos seus aspectos hidráulicos:

A condutividade hidráulica (K), expressa em cm/s, refere-se à facilidade da formação aquífera de exercer a função de um condutor hidráulico e depende tanto das características do meio (porosidade, tamanho, distribuição, forma e arranjo das partículas), quanto da viscosidade do fluido (FEITOSA et al, 1997). Essa propriedade é utilizada também para estimar a velocidade de deslocamento da água e das plumas de contaminação, pela seguinte fórmula $V = K \times i$, onde i é o gradiente hidráulico, ou seja, a diferença de carga hidráulica entre dois pontos distantes horizontalmente. Em comparação com a topografia de um terreno, “ i ” seria a declividade.

A transmissividade (T), dada em m^2/s , corresponde à quantidade de água que pode ser transmitida horizontalmente por toda a espessura saturada do aquífero. Pode conceituá-la como a taxa de escoamento da água através de uma faixa vertical do aquífero com largura unitária submetida a um gradiente hidráulico unitário. Para aquíferos confinados a transmissividade é calculada pela expressão $T = K \times b$, onde b é a espessura saturada do aquífero (FEITOSA et al, 1997).

Dessa diversificação de características que constitui as unidades geológicas fornecedoras de água subterrânea, podemos classificar os aquíferos como Aquíferos Porosos e Aquíferos fraturados ou fissurados: Os Aquíferos Porosos ocorrem em

rochas sedimentares, sedimentos inconsolidados e solos. São bons produtores de água e ocorrem em grandes áreas; Aquíferos fraturados ou fissurados ocorrem em rochas ígneas e metamórficas, onde a porosidade primária não é significativa do ponto de vista de armazenamento e transmissão de água. A sua produtividade, que geralmente não é grande, depende da densidade de fraturas ativas e sua intercomunicação (ANA, 2005).

2.3.2 Vulnerabilidade dos sistemas aquíferos

Embora as águas subterrâneas dos aquíferos porosos sejam naturalmente mais protegidas dos agentes contaminantes do que as superficiais, a grande expansão das atividades antrópicas, nas áreas urbanas e rurais, tem provocado a poluição dos sistemas aquíferos, sobretudo através dos lixões; aterros industriais; armazenamento, manuseio e descarte inadequados de produtos químicos, efluentes e resíduos e o uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes (CETESB, 2001).

A vulnerabilidade de um aquífero significa sua maior ou menor suscetibilidade de ser atingido por uma carga contaminante. A caracterização da vulnerabilidade pode ser expressa pela não acessibilidade da zona saturada à penetração do poluente e da possibilidade de atenuação do mesmo. Estes fatores naturais estão em interação com a carga potencial poluidora, através de sua disposição no solo e/ou sub-superfície (CETESB, 2001).

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água subterrânea é influenciada por diversos fatores, mesmo as águas provenientes de fontes distantes de contato antropogênico, podem se apresentar naturalmente contaminadas. Pois as águas subterrâneas percolam diversos estratos geológicos e com isso acabam por arrastar elementos ou íons provenientes de rochas e/ou sedimentos, Os quais estão relacionados com o tipo de rocha e o tempo de exposição. No caso das rochas ígneas, contribuem com pequenas quantidades de íons minerais, ao contrário das rochas sedimentares por

conter muitos componentes solúveis como o sódio, o cálcio, o bicarbonato, o carbonato e o sulfato (FEITOSA et al, 1997).

Dependendo do fim a que se destina, a água deverá apresentar determinados padrões característicos, sem o que, em vez de auxiliar, prejudicará o usuário. Assim é que, enquanto para algumas atividades industriais, por exemplo, a água deve ser isenta de sais minerais, para o consumo humano, esses sais tornam-se imprescindíveis para auxiliar no equilíbrio do metabolismo orgânico. Por outro lado, independente do tipo de uso final, a água “in natura”, seja de superfície, seja subterrânea, pode apresentar características tais que danificam os equipamentos nela utilizados, diminuindo sua vida útil. Daí a necessidade de um estudo criterioso para especificar os tipos de equipamentos mais indicados para utilização em tais águas, ou, até mesmo para o pré-condicionamento dessas águas, visando minimizar os malefícios que provocariam se distribuídas em seu estado natural.

Em uma avaliação sucinta quanto à qualidade natural das águas subterrâneas, podemos dizer que, o maior ou menor teor de sais minerais, metais dissolvidos, gases e substâncias voláteis (estas na maioria das vezes, responsáveis por sabor e odor em muitas águas), depende fundamentalmente, dentre outros, dos seguintes fatores:

- Qualidade mineralógica da rocha ou rochas da formação aquífera e, até mesmo, das camadas percoladas pela água antes de atingir a zona do aquífero;
- Localização do aquífero em sedimentos depositados no fundo de antigas áreas inundadas, ricas em matéria orgânica, por exemplo; e,
- Poços locados em zonas de influência de línguas salinas.

Os parâmetros determinados, indicadores da qualidade de água são: cloreto, potássio, ferro total, cálcio, dureza total, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, nitrogênio total, sólidos totais dissolvidos, fluoreto, cromo total, bactérias heterotróficas, coliformes totais e fecais, condutividade elétrica, temperatura e pH.

2.4.1 Comprometimento da qualidade da água

A poluição e a contaminação das águas por resíduos das atividades humanas – esgotos sanitários, defensivos agrícolas, pesticidas, herbicidas e outros rejeitos tóxicos ou radioativos – constituem problemas mais graves e muito mais onerosos quando se necessita colocar tais águas dentro dos padrões de potabilidade. São inúmeras as constatações de agressões aos mananciais subterrâneos, especialmente próximo a núcleos populacionais e, especialmente, nas cercanias de áreas industriais, onde exista o manejo de produtos químicos, tóxicos ou radioativos (SANTOS, 1997).

Mesmo considerando que os mananciais subterrâneos são razoavelmente bem protegidos contra a poluição e a contaminação, isto não significa segurança absoluta. Um poço mal locado ou mal construído, por exemplo, pode propiciar a contaminação do aquífero (MACEDO, 2001).

A principal fonte de comprometimento dos mananciais na Região Hidrográfica é o lançamento de esgotos domésticos, que causam perdas ambientais e restringem usos para abastecimento. O impacto dos esgotos é mais significativo na área litorânea, uma vez que, por ter os maiores contingentes populacionais, tem lançamentos mais significativos que afetam atividades turísticas (balneabilidade das praias) e econômicas; além de aumentar o risco associado à propagação de doenças de veiculação hídrica.

2.5 ÁGUA E SAUDE

Existem padrões muito bem conhecidos de relacionamento entre a incidência de moléstias no homem e nos animais, com a abundância ou deficiência de elementos maiores, menores e traços no meio ambiente, particularmente nas águas. Exemplos são: a relação entre o bócio (hipertrofia da tireóide) e a deficiência em iodo; anemias severas, nanismo e hiperpigmentação da pele e a deficiência em zinco; fluorose esquelética e dentária e excesso de flúor; maior incidência de cáries dentárias e deficiência em flúor; anencefalia e mercúrio; inapetência e selênio.

Outras correlações com aceitação controversa ocorrem, como, por exemplo, entre a dureza da água e algumas moléstias cardiovasculares; entre o chumbo e a esclerose múltipla, entre o cádmio e a hipertensão e arteriosclerose; entre uma gama ampla de elementos e diversos tipos de câncer. Contudo estes relacionamentos são possíveis quando as manifestações clínicas são evidentes por estarmos diante de exposições anormais a produtos resultantes de atividades humanas. Muitas vezes o desequilíbrio em elementos traços se manifesta em debilitações subclínicas, sendo de difícil diagnose (OMS, 1998).

A mobilidade e à dispersão destes elementos e substâncias, é governada pelos princípios da geoquímica e da dinâmica das águas superficiais e subterrâneas. Fatores como o pH, tipo e abundância de argilo-minerais, teor de matéria orgânica, hidróxidos de ferro, manganês e alumínio, reatividade química, gradientes hidráulicos, porosidade e permeabilidade necessitam ser considerados nestes tipos de estudo. Muitas vezes os efeitos tóxicos de uma substância se manifestam distante de sua introdução no meio ambiente, podendo se dar em áreas pontuais ou ao longo de estruturas geológicas lineares, como falhas. Em alguns casos, o produto da degradação de uma substância é mais tóxico e mais persistentes no solo do que a substância original (OMS, 1998).

2.6 INTRUSÃO DE ÁGUA DO MAR EM AQUÍFEROS COSTEIROS

Normalmente os aquíferos costeiros entram em contato com a água do oceano na linha da costa ou mar adentro e aí sob condições naturais, a água doce é descarregada no oceano (TODD, 1967).

Com as demandas crescentes em várias áreas costeiras, entretanto, o fluxo das águas subterrâneas em direção ao mar decresceu ou inverteu-se, fazendo com que a água do mar entre e penetre para o interior dos aquíferos, fenômeno este conhecido por intrusão salina, tornando os poços inutilizáveis. Descoberto há mais de 50 anos, a relação de Ghyben-Herzberg, o equilíbrio hidrostático que mantém a água salgada abaixo da água doce, em função da diferença de densidades entre elas. Entretanto, nas ilhas devido à grande proximidade da água do mar, pode

ocorrer a intrusão salina mesmo sem sobretiragem. Assim, é conveniente que os poços construídos nas ilhas tenham uma profundidade mínima necessária a retirada de água doce (TODD, 1967).

Existem algumas formas de prevenir e controlar a intrusão salina:

- a) Redução da tiragem por bombeamento;
- b) Reabastecimento direto;
- c) Desenvolvimento de uma calha de bombeamento adjacente à costa;
- d) Manutenção de uma crista de água doce acima do nível do mar ao longo da costa;
- e) Construção de barreiras subterrâneas artificiais.

A intrusão salina pode ser constatada através da relação cloreto (água do mar) e bicarbonato (água subterrânea) (TODD, 1967). Então,

$$\text{Relação} = \text{Cl}^- / (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) \quad (\text{em meq})$$

3. METODOLOGIA

A pesquisa consistiu de 5 etapas, descritas a seguir:

Etapa 1: Revisão bibliográfica.

A primeira fase constou de uma ampla revisão bibliográfica, que incluiu artigos, periódicos, livros e informações oriundas de sítios da Internet sobre a Ilha Itaparica nos seus mais diversos aspectos: hidrológico, geológico, econômico etc.

Visitas a órgãos públicos como CERB, IMA e CONDER, para levantamento de mapas da região a ser estudada e autorização para posterior reprodução. Os mapas foram confeccionados a partir da folha SD 24-X-A-IV-4 (PETROBRAS) e mapa da CONDER os quais foram georeferenciados em ambiente ARCGIS 9.2.

Etapa 2: Trabalho de Campo:

Delimitação da área de estudo com identificação sistemática dos pontos a serem amostrados, com base em mapas detalhados da ilha de Itaparica.

Deslocamento para o local através de utilização de veículo automotor, para reconhecimento dos locais previamente selecionados para a procura dos poços. Os pontos de coleta foram escolhidos com base em sua localização geográfica, geologia local e presença/ausência de fontes de contaminação.

Através da realização de campanhas, foram coletadas amostras das cacimbas selecionadas, identificados com uso de GPS, verificação do nível piezométrico, preenchida ficha de coleta contendo espaços para endereço e informações a cerca do poço, do tempo no momento, condições do poço, tipo de terreno, Foram medidos os parâmetros físico-químicos “in situ”, tais como pH, Eh, OD, condutividade, temperatura e odor e feita a descrição local com possível identificação de fontes de contaminação.

As amostras de água bruta foram coletadas sem bombeamento e acondicionadas em recipientes plásticos apropriados previamente lavados e descontaminados, e em recipientes de vidro tipo âmbar acidificados para análises de metais e isótopos. Todas as amostras foram coletadas em duplicata e conservadas durante o transporte para o laboratório em caixa de isopor contendo gelo para que se possam assegurar a manutenção das características das águas coletadas. E na coleta para análise microbiológica foi respeitado o limite máximo de 8h entre a coleta e entrega ao laboratório devidamente refrigeradas e em recipientes exclusivos e dados pelo próprio laboratório para o respectivo fim.

Etapa 3: Trabalho de Laboratório

Ao chegar ao IGEO-UFBA as amostras foram separadas, colocadas em geladeira, e posteriormente encaminhadas na sua forma bruta sem filtração aos respectivos laboratórios.

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Geoquímica da UFBA e da Caraíba Metais.

As análises dos isótopos estáveis da água (hidrogênio e oxigênio) foram feitas por mim acompanhadas pela supervisão do Dr. Cristian do Laboratório de Física Nuclear da Ufba.

E as análises microbiológicas e de DBO foram realizadas pelo Laboratório de Água da Embasa.

Etapa 4: Tratamento e interpretações dos dados obtidos.

Compilação dos dados em tabelas e planilhas tipo Excel com execução de gráficos. Utilização, de programas estatísticos para tratamento das informações obtidas durante a pesquisa, como SPSS 9.0, softwares de geoprocessamento como o ARCGIS e o ARCVIEW; e o QUALIGRAF para obtenção dos diagramas triangular de Piper (1944), classificação das águas e outros cálculos.

Etapa 5: Relatório final:

Elaboração da dissertação para ser submetida à defesa pública a fim de obter o grau de Mestre em Geologia, área de concentração em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos.

3.1 Amostragem

Realizaram-se em três campanhas, a saber: uma em 2008, por Comette Filho que abrangeu a parte norte e centro da Ilha de Itaparica, com coleta de 39 amostras; outra também em 2008 (Novembro) com 10 amostras coletadas para análise físico-química e determinação dos isótopos estáveis do oxigênio e do nitrogênio e outra em outubro/2009 para a coleta de mais 10 amostras de água para determinação dos parâmetros biológicos, coliformes totais e fecais (Figura 16).

Todas as coletas foram realizadas com o tempo bom e com céu sem nuvens, em período seco, com temperatura média do ar de 32°C (mínima de 29°C e máxima de 35°C) foram contactados os moradores locais a cerca do uso da água, condições e histórico do poço.

Foram amostradas algumas fontes naturais e nascentes, mas, os poços amostrados são na sua totalidade do tipo cisternas escavadas manualmente e revestidas com anéis de cimento ou alvenarias de blocos cerâmicos (Figuras 17, 18, 19, 20 e 21). Geralmente apresentam tampões de cimento protegendo contra entrada ou queda de animais e outros materiais, apesar de alguns estarem totalmente abertos e desprotegidos. Não se apresentam próximos a lixões com lixo doméstico jogado no seu entorno, mas muitos deles são construídos próximos a fossas sépticas residenciais. E o único tratamento que dão a água é a utilização por alguns de cloro de piscina ou água sanitária colocado diretamente no poço. A seguir mapa da área com localização dos pontos amostrados e fotos de alguns poços amostrados:

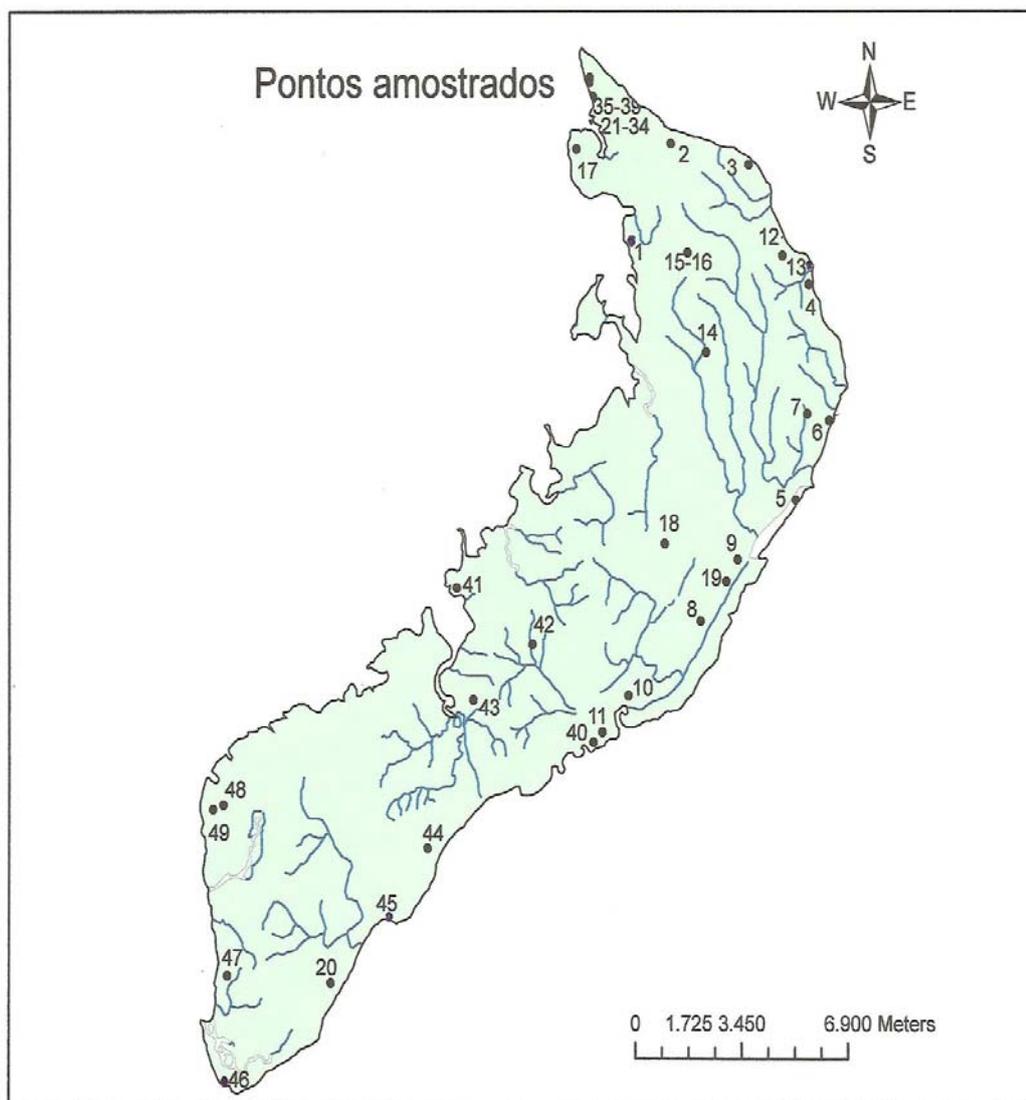


Figura 16: Mapa de localização dos pontos amostrados.
 Coordenadas: 38 41 10W; 12 53 00S e 38 46 50W; 13 07 30S.



Figura 17: Fotos dos poços 01 e 02 da 2ª campanha



Figura 18: Fotos dos poços 03 e 04 da 2ª campanha



Figura 19: Fotos dos poços 05 e 06 da 2ª campanha



Figura 20: Fotos dos poços 07 e 08 da 2ª campanha



Figura 21: Fotos dos poços 09 e 10 da 2ª campanha

3.2 Parâmetros físico-químicos

Análises físicas

A **COR** é consequência das substâncias dissolvidas na água. Quando pura, e em grandes volumes, a água é azulada. Quando rica em ferro, é arroxeadada. Quando rica em manganês, é negra e, quando rica em ácidos húmicos, é amarelada. A medida da cor de uma água é feita pela comparação com soluções conhecidas de platina-cobalto ou com discos de vidro corados calibrados com a solução de platina-cobalto. Uma unidade de cor corresponde àquela produzida por 1 mg/L de platina, na forma de íon cloroplatinado (AWWA, 1995). Especial cuidado deve ser tomado na anotação do pH em que foi realizada a medida, pois sua intensidade aumenta com o pH. Da mesma forma a cor é influenciada por matérias sólidas em suspensão (turbidez), que devem ser eliminadas antes da medida. Para águas relativamente límpidas a determinação pode ser feita sem a preocupação com a turbidez. Neste caso a cor obtida é referida como sendo aparente.

Em geral as águas subterrâneas apresentam valores de cor inferiores a 5 mg Pt/L. Para ser potável uma água não deve apresentar nenhuma cor de considerável intensidade. Segundo a OMS o índice máximo permitido deve ser 20 mg Pt/L.

O **ODOR** e o **SABOR** dependem dos sais e gases dissolvidos e de outras substâncias em suspensão. Segundo Feitosa et al. (1997), o odor e sabor destes

parâmetros estão intimamente relacionados e, freqüentemente, o que se chama de gosto é realmente percebido como odor. Como o paladar humano tem sensibilidade distinta para os diversos sais, poucos miligramas por litro de alguns sais (ferro e cobre, por exemplo) são detectáveis, enquanto que várias centenas de miligramas de cloreto de sódio não são percebidas. Em geral as águas subterrâneas são desprovidas de odor. Algumas fontes termais podem exalar cheiro de ovo podre devido ao seu conteúdo de H₂S (gás sulfídrico). Da mesma maneira águas que percolam matérias orgânicas em decomposição (turfa, por exemplo) podem apresentar H₂S (Tabela 02).

Tabela 2: Sabor das águas subterrâneas relacionadas às substâncias e gases nela dissolvidos.

SUBSTÂNCIA DISSOLVIDA	SABOR
Cloreto de sódio (NaCl)	Salgado
Sulfato de Sódio (Na ₂ SO ₄)	Ligeiramente salgado
Bicarbonato de Sódio (NaHCO ₃)	Ligeiramente salgado a doce
Carbonato de Sódio (Na ₂ CO ₃)	Amargo e salgado
Cloreto de Cálcio (CaCl ₂)	Fortemente amargo
Sulfato de Cálcio (CaSO ₄)	Ligeiramente amargo
Sulfato de Magnésio (MgSO ₄)	Ligeiramente amargo em saturação
Cloreto de Magnésio (MgCl ₂)	Amargo e doce
Gás Carbônico (CO ₂)	Adstringente, picante

A TEMPERATURA é uma característica física das águas, sendo uma medida de intensidade de calor ou energia térmica em transito, pois indica o grau de agitação das moléculas. Os gases na água ou a solubilidade destes nos líquidos é inversamente proporcional à temperatura, de modo que, quanto maior a temperatura de um líquido, menor a possibilidade desse líquido reter os gases. A pressão atmosférica e a altitude também interferem na concentração de gases nos líquidos. A água fria, por exemplo, contém mais oxigênio dissolvido do que a água quente (PORTO et al, 1991).

As águas subterrâneas têm uma amplitude térmica pequena, corresponde normalmente à temperatura média anual da região e é geralmente baixa, de 1 a 2°C, e independente da temperatura atmosférica. Exceções são os aquíferos freáticos pouco profundos. Em profundidades maiores a temperatura da água é influenciada pelo grau geotérmico local (em média 1°C a cada 30 m), de origem vulcânica ou

radioativa, ascendendo então, principalmente, por falhas ou diáclases profundas, com a temperatura bastante elevada (FEITOSA et al, 1997).

A temperatura foi medida “in situ”, com um termômetro de mercúrio de precisão de 0,5 °C, mergulhado no recipiente preenchido com água coletada na fonte. A medida da temperatura é importante para inferência de sua profundidade e seu tempo de contato com a rocha. Segundo Leão (2003), as medidas registradas da temperatura refletem as condições hidrológicas, possibilitando a identificação da profundidade de circulação da água, de forma que: Água subterrânea com temperatura igual à média anual de temperatura da superfície é uma indicação de que pertence ao ciclo hídrico raso, com circulação limitada de 100 m a 200 m (raramente); e água com temperatura acima da média da temperatura superficial sugere que circula em profundidades consideráveis.

A TURBIDEZ é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água. A turbidez é causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, colóides, matéria orgânica, etc.). A turbidez é medida através do turbidímetro, comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento maior será a turbidez. Os valores são expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). A cor da água interfere negativamente na medida da turbidez devido à sua propriedade de absorver luz. Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), o limite máximo de turbidez em água potável deve ser 5 UNT. As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez. Em alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar. As medidas comparativas foram mensuradas através do FTU (Formazin Turbidity Unit), cujos padrões estão apresentados na Figura 22.



Figura 22: Padrões de turbidez 5, 50 e 500 FTU.

Os **SÓLIDOS EM SUSPENSÃO** correspondem à carga sólida em suspensão e que pode ser separada por simples filtração ou mesmo decantação. As águas subterrâneas em geral não possuem sólidos em suspensão e quando um poço está produzindo água com significativo teor de sólidos em suspensão é geralmente como consequência de mau dimensionamento do filtro ou do pré-filtro ou completação insuficiente do aquífero ao redor do filtro (BATISTA, 2007).

OS **SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS** (STD) é o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. De uma forma geral representa a concentração de todo o material dissolvido na água, volátil ou não.

A concentração de sais nas águas subterrâneas é maior que nas águas superficiais devido aos íons dissolvidos da matriz rochosa. Isso ocorre pelo maior tempo de contato entre a água e a rocha reservatório durante o fluxo subterrâneo e também ao maior percurso do mesmo. Assim, a composição química da água subterrânea reflete não só a do reservatório como também a qualidade da água quando da recarga do aquífero (LEÃO, 2003).

A medida de Condutividade elétrica, multiplicada por um fator que varia entre 0,55 e 0,75, fornece uma boa estimativa do STD de uma água subterrânea. Segundo o padrão de potabilidade da OMS, o limite máximo permissível de STD na água é de 1000 mg/L (Tabela 03).

Tabela 3: Classificação da água quanto à concentração de sólidos totais dissolvidos.

Classificação da água	STD (Sólidos Totais Dissolvidos)
Potáveis	até 600 mg/L
Levemente salinas	entre 600 1000 mg/L
Medianamente salina	entre 1000 e 2500 mg/L
Salina	entre 2500 e 5000 mg/L
Salobra	entre 5000 35000 mg/L
Salmoura	> 35000 mg/L

A **CONDUTIVIDADE ELÉTRICA** é uma medida da facilidade de uma água conduzir corrente elétrica, estando diretamente ligada ao teor de sais totais dissolvidos sob a forma de íons. Seus valores são expressos em micro Siemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (PORTO et al, 1991). Como a condutividade aumenta com a temperatura, usa-se 25°C como temperatura padrão, sendo necessário fazer a correção da medida em função da temperatura se o condutivímetro não o fizer automaticamente. A leitura em campo foi realizada com um condutivímetro portátil da marca Schott, sendo que o eletrodo foi mergulhado em um béquer com água colhida da fonte amostrada.

O **POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)** é uma medida físico-química utilizada para quantificar a concentração do íon hidrogênio (H^+), numa determinada solução, expressa em moles por litro. É definido pela relação:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

A escala do pH varia de 1 a 14, sendo neutro com o valor 7, ácido com valores inferiores a 7, e alcalino ou básico com valores superiores a 7. A maioria das águas subterrâneas apresentam pH entre 5,5 e 8,5. Em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11. O pH é importante parâmetro na avaliação da qualidade da água, no que diz respeito à constituição química da água e o meio em que residu (FEITOSA et al, 1997).

A determinação foi realizada “in situ”, introduzindo-se o eletrodo combinado de medição de pH, previamente calibrado em soluções tampões de pH conhecido (4 e 7), em um béquer preenchido com água do local de amostragem. Foi utilizado um pHmetro do tipo WTW 82362 Weilheim com precisão de 330 i (Figura 23).



Figura 23: Aparelhos utilizados para medida de pH, condutividade, temperatura da água, OD e Eh.

Análises químicas

Nas águas subterrâneas, a grande maioria das substâncias dissolvidas encontram-se na forma de íons. Alguns desses íons constituintes, os principais, estão presentes em quase todas as águas subterrâneas e a sua soma representa a quase totalidade dos íons presentes.

Como já foi dito, as águas subterrâneas tendem a ser mais ricas em sais dissolvidos do que as águas superficiais. As quantidades presentes refletem não somente os substratos rochosos percolados, mas variam também em função do comportamento geoquímico dos compostos químicos envolvidos. Como há sensíveis variações nas composições químicas das rochas, é de se esperar uma certa relação entre sua composição da água e das rochas preponderantes na área. É necessário, contudo, frisar que o comportamento geoquímico dos compostos e elementos é o fator preponderante na sua distribuição nas águas. Desta forma o sódio e o potássio,

dois elementos que ocorrem com concentrações muito próximas na crosta continental participam em quantidades sensivelmente diferentes nas águas subterrâneas (BATISTA, 2007).

Os principais íons que participam na composição química das águas subterrâneas estão divididos em cátions, são aqueles com carga positiva, e os ânions, aqueles com carga negativa. Dos cátions, os que se distribuem abundantemente nas águas naturais são o sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}). Por outro lado, os ânions dominantes nas águas são o cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{-2}) e, bicarbonato e carbonato (HCO_3^{-1} e CO_3^{-2}), respectivamente. Uma breve descrição dos íons constituintes principais é feita a seguir, baseada fundamentalmente em Custódio e Llamas (1983).

As análises físico-químicas foram realizadas pelos laboratórios de Geoquímica da UFBA e pela Caraíba Metais. Os metais foram determinados por espectrometria de absorção atômica ou ICP (do inglês: Plasma indutivamente acoplado).

O OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) é a quantidade, em mg/L, de oxigênio dissolvido na água. Pode ter origem tanto na fotossíntese da biota aquática, como no processo de difusão que ocorre na interface ar-água e sua concentração pode variar em função da temperatura, salinidade e pressão atmosférica. Quanto maior a pressão, maior a dissolução, e quanto maior a temperatura, menor a dissolução desse gás (FEITOSA et al, 1997).

Por isso a medida de oxigênio é muito importante para se determinar o estado de saúde do sistema. Quando se têm pouco oxigênio, é provável que haja algum problema no sistema. Por exemplo, despejo de esgotos ou retirada de areia do fundo. Essa retirada levanta o material depositado no fundo (sedimento), promovendo o aumento da decomposição e conseqüente diminuição do oxigênio pela demanda microbiana.

Existe, como em todos os outros parâmetros, uma variação da quantidade de oxigênio. Por exemplo, a uma pressão de 760 mmHg, 100% de umidade relativa a

uma temperatura de 0° C, solubilizam-se 14,6 mg de oxigênio por litro de água, enquanto que nas mesmas condições e à temperatura de 30° C, solubilizam-se apenas 7,59 mg de oxigênio por litro de água, ou seja, cerca da metade do valor a 0° C.

O índice OD é um dos mais importantes para se avaliar a capacidade de um corpo hídrico em suportar atividade biológica de organismos aquáticos. Nas águas naturais de superfície o índice OD varia de 0 a 19 mg/L, mas um teor de 5 a 6 mg/L já é o suficiente para suportar uma população variada de peixes. Em águas subterrâneas a quantidade de oxigênio dissolvido é muito baixa pelo fato de estar fora do alcance da atmosfera, estando geralmente entre 0 e 5,0 mg/L.

Normalmente a quantidade de oxigênio dissolvido na água é dada como porcentagem da quantidade máxima de oxigênio possível de ser dissolvido. Esta quantidade máxima é chamada de nível de saturação, varia com a temperatura da água e pode ser medida em laboratório, sendo de 11,5 mg/L a 10 °C; 9 mg/L a 20 °C e 7,5 mg/L a 33 °C.

$$\% \text{ de saturação} = (\text{OD} \div \text{nível de saturação}) \times 100$$

Fatores que influenciam o OD da água:

Temperatura: quanto mais fria uma água mais ela pode dissolver oxigênio.

Altitude: Em regiões de baixa altitude, a pressão atmosférica é maior e permite que mais oxigênio seja dissolvido na água. Contrariamente, em altas altitudes este índice diminui.

Velocidade e tipo de fluxo: quanto maior a velocidade e mais turbulento o fluxo d'água, mais oxigênio pode dissolver. Rios e riachos encachoeirados de montanhas tem águas com maiores OD. Contrariamente água paradas de represas, açudes, lagos e lagoas, podem dissolver menos oxigênio.

Estação do ano: Devido à temperatura, no inverno as águas contém mais oxigênio do que no verão.

Quantidade de matéria em suspensão: Oxigênio é mais facilmente dissolvido em águas limpas, isto é, com pouco material em suspensão. Águas amarelas, devido à carga de argila em suspensão possuem menos oxigênio. Da mesma forma a água de mar pode dissolver menos oxigênio do que a água doce. Água de mar possui cerca de 35.000 mg/L de sais dissolvidos enquanto que as águas doces continentais apresentam uma média de 150 a 200 mg/L. O aumento da concentração salina devido à evaporação acarreta uma diminuição do índice OD.

Quantidade de nutrientes: quanto maior a quantidade de nutrientes na água, maior é o crescimento de algas. Até uma certa quantidade, este aumento da atividade algal leva ao aumento, durante o dia, do nível de oxigênio devido à fotossíntese e um decréscimo à noite pela cessação da fotossíntese. Se a quantidade de nutrientes for grande ocorre uma rápida proliferação de algas e a morte natural de uma parte destas aumenta a atividade de bactérias aeróbicas com a consequente diminuição do nível de OD.

Profundidade: águas pouco profundas são mais aquecidas e perdem oxigênio. Isto ocorre freqüentemente com os corpos d'água que estão sendo assoreados, como lagos, baías, etc.

Arborização: - a mata ciliar atua como um anteparo para os raios solares impedindo o aquecimento da água, mantendo seu nível de OD. Também atua como um anteparo a sedimentos trazidos pela drenagem diminuindo a carga de sólidos em suspensão, o que também reflete no OD do corpo hídrico.

Poluição: - uma grande parte da poluição que é lançada nos corpos hídricos (rios, lagos, mares, etc) é composta de matéria orgânica proveniente dos esgotos domésticos. A decomposição desta matéria orgânica pelas bactérias aeróbicas (que consomem oxigênio) leva à diminuição do oxigênio dissolvido e a consequente morte da vida aquática.

DBO - Demanda biológica de oxigênio (DBO⁵) representa o potencial ou a capacidade que possui uma determinada massa orgânica de consumir o oxigênio dissolvido nas águas de um rio, lago ou oceano. Este consumo, por outro lado, não é praticado diretamente pelo composto orgânico, mas sim é resultado da atividade respiratória de microrganismos que se alimentam da matéria orgânica. A técnica mais usada para a medida da DBO consiste em adicionar pequenas quantidades do esgoto ou resíduo orgânico a um determinado volume de água saturada de oxigênio,

deixar essa solução em um frasco fechado, em uma incubadora a 20°C, durante certo número de dias (geralmente 5 dias), e medir a quantidade de oxigênio que restou após esse período de incubação. Sabendo-se a concentração inicial de oxigênio obtém-se, por diferença, a quantidade de oxigênio consumido durante aquele tempo, pelo volume de esgoto ou efluente industrial ali adicionado. É uma medida importante para avaliar a contaminação da água e deve ser referida a um certo tempo fixo (24 horas, 5 dias, 20 dias). Nas águas subterrâneas, em geral, a DBO é inferior a 1 mg/L de O₂ (FEITOSA et al, 1997). A DBO⁵ é um teste padrão realizado a uma temperatura constante e durante incubação de 5 dias e é medido pela diferença do OD antes e depois da incubação. Nesse trabalho, a DBO foi determinada seguindo o procedimento do Standard Methods para DBO⁵ (AWWA, 1995).

A ALCALINIDADE de uma água é a capacidade quantitativa de uma água em neutralizar ácidos, sendo uma consequência direta da presença ou ausência de íons carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos.

Mesmo as águas com pH inferior a 7,0 (5,5, por exemplo), podem, e, em geral, apresentam alcalinidade, pois normalmente contém bicarbonatos. Dependendo do pH da água, podem ser encontrados os seguintes compostos (WISMER, 1991):

- valores de pH acima de 9,4: hidróxidos e carbonatos (alcalinidade cáustica);
- valores de pH entre 8,3 e 9,4: carbonatos e bicarbonatos;
- valores de pH entre 4,4 e 8,3: apenas bicarbonatos.

Valores muito elevados de alcalinidade podem ser indesejáveis em uma água a ser utilizada para fins industriais, uma vez que podem ocasionar problemas de formação de depósitos e corrosão, de acordo com a utilização desta água.

A **DUREZA** de uma água está associada à presença de compostos de cálcio, magnésio, bicarbonato, carbonato, cloreto e sulfato, sendo determinada através de cálculos efetuados com as concentrações de sais alcalino-terrosos contidos na água (GARRELS; CHRIST, 1965). A dureza de uma água é a soma das concentrações de cálcio e magnésio, expressas em termos de carbonato de cálcio, em miligramas por

litro (mg/L) de CaCO_3 . Pode variar de zero a centenas de miligramas por litro, dependendo da fonte e do tratamento aplicado. Atualmente, utiliza-se o método de titulação com EDTA (ácido etileno-diaminotetracético). A fórmula utilizada é:

$$\text{Dureza total (mg de CaCO}_3) = \text{ml de EDTA} \times f \times 1000 / \text{ml da amostra}$$

De acordo com os teores de sais de cálcio e magnésio, a água pode ser classificada em: água mole ou branda: até 50 mg/L; água pouco dura de 50 a 100 mg/L; água dura de 100 a 200 mg/L e água muito dura acima de 200 mg/L (CUSTODIO; LIAMAS, 1983).

Não apresenta importância sanitária, mas o uso de água com elevada dureza leva a nível industrial a problemas de incrustações, corrosão e a perda de eficiência na transmissão de calor em caldeiras e em sistemas de refrigeração; na indústria de alimentos a formação de filmes e depósitos minerais na superfície de equipamentos, prejudica o processo de higienização.

A dureza é dividida em: temporária e permanente. A dureza temporária é também conhecida por “dureza de bicarbonatos”. Sendo que os bicarbonatos de cálcio e magnésio, pela ação de substâncias alcalinas se transformam em carbonatos, que são insolúveis. Já a dureza permanente deve-se a presença de sulfatos ou cloretos de cálcio ou magnésio, que reagem com as substâncias alcalinas, formando também os carbonatos (RICHTER; NETO, 1991).

Podemos calcular a dureza total de uma água através da soma das concentrações de cálcio e de magnésio multiplicada pelos respectivos pesos, como mostra a fórmula abaixo:

$$DT = 2,497. Ca + 4,115.Mg$$

Relação entre dureza total e alcalinidade total:

1º caso: Dureza total > alcalinidade total? A água contém dureza de carbonatos e de bicarbonatos.

2º caso: Dureza total = alcalinidade total? A água contém somente dureza de carbonatos.

3º caso: Dureza total < alcalinidade total? A água possui somente dureza de carbonatos, o excesso de alcalinidade corresponde a carbonatos e bicarbonatos de Na e K.

O SÓDIO é um elemento encontrado em todas as águas, por características que favorecem sua ampla distribuição como a presença e a baixa estabilidade química nos minerais, que contém a elevada solubilidade e difícil precipitação da maioria de seus compostos químicos. É o responsável pelo aumento da salinidade da água e em geral há um aumento gradativo da sua concentração nas águas subterrâneas a partir da zona de recarga do aquífero em direção às suas porções mais confinadas ou dos seus exutórios (FEITOSA et al, 1997).

É o principal elemento responsável pelo aumento da salinidade das águas naturais do ponto de vista dos cátions. Ocorre principalmente sob a forma de cloretos nas águas subterrâneas e seus minerais fontes e rochas ígneas são essencialmente os feldspatos, plagioclásios, anfibólios e piroxênios. A concentração de sódio, geralmente, varia entre 0,1 a 100 mg/L em águas subterrâneas, entre 1,0 a 150 mg/L em águas naturais, e em águas oceânicas as concentrações podem chegar a 11.100 mg/L.

O **POTÁSSIO**, geralmente, ocorre em pequenas quantidades ou está quase ausente nas águas subterrâneas, devido a sua participação intensa em processos de troca iônica, além de possuir facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila e, ainda de seus compostos salinos serem aproveitados pelos vegetais. As concentrações de potássio nas águas subterrâneas são inferiores a 10 mg/L, sendo mais frequentes valores entre 1 e 5 mg/L (FEITOSA et al, 1997).

O **CÁLCIO** é um dos elementos mais abundantes na maioria das águas. Os sais de cálcio possuem solubilidade moderada a elevada, sendo muito comum a precipitação de carbonato de cálcio (CaCO₃). É o constituinte principal, responsável pela dureza das águas. Na maioria das águas está presente na forma de

bicarbonatos e raramente na forma de carbonatos, (Feitosa et al, 1997). A fonte do cálcio é provavelmente o calcário originado das carapaças de moluscos marinhos.

Nas águas subterrâneas, os teores de cálcio variam, em geral, no intervalo entre 10 e 100 mg/L, sendo que no Oceano Atlântico seus valores oscilam em torno de 480 mg/L.

O **MAGNÉSIO** apresenta propriedades similares às do cálcio, porém tende a permanecer em solução, pois apresenta mais solubilidade que o cálcio e difícil precipitação. É responsável pela dureza juntamente com o cálcio, além de atribuir as águas sabor salobro. Mais comumente encontrado na forma de bicarbonato, cuja maior fonte é o oceano, daí a sua concentração na água está fortemente ligada a intrusão salina. Nas águas subterrâneas sua concentração varia entre 1 a 40 mg/L enquanto que nas águas do Oceano Atlântico seu valor médio é de 1410 mg/L. Em águas subterrâneas de regiões litorâneas, a relação Mg/Ca é um elemento caracterizador da contaminação por água marinha (FEITOSA et al, 1997).

FERRO (Fe): Nos arenitos e nos folhelhos, os óxidos, os carbonatos e os hidróxidos de ferro constituem muitas vezes materiais de cimentação. O ferro ocorre principalmente na forma de Fe^{3+} (hidróxido férrico), podendo ocorrer como Fe^{2+} (hidróxido ferroso). Frequentemente seu teor em quase todas as águas é baixo, e ocorre em diversas formas químicas, com frequência associado ao manganês, (FEITOSA et al, 1997).

É um elemento persistentemente presente em quase todas as águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3 mg/L. Suas fontes são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios. Em virtude de afinidades geoquímicas quase sempre é acompanhado pelo manganês. O ferro no estado ferroso (Fe^{2+}) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o Fe^{2+} passa a Fe^{3+} dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Desta forma, águas com alto conteúdo de Fe, ao saírem do poço são incolores, mas ao entrarem em contato com o oxigênio do ar ficam amarelada, o que lhes confere uma aparência nada agradável. Apesar do organismo humano necessitar de até 19 mg de ferro por dia,

os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse os 0,3 mg/L.

Este limite é estabelecido em função de problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água e do sabor ruim que o ferro lhe confere. O ferro, assim como o manganês, ao se oxidarem se precipitam sobre as louças sanitárias, azulejos, roupas, manchando-as. Águas ferruginosas são aeradas antes da filtração para eliminar o ferro. Outra forma de evitar os inconvenientes da precipitação de sais deste elemento químico é usar substâncias complexantes, à base de fosfato, que encapsulam as moléculas dos sais de Fe e Mn, formando compostos estáveis, não oxidáveis nem através de forte cloração, e desta forma mantendo-as permanentemente em solução. O inconveniente deste processo é que ele não elimina o ferro e o manganês presentes na água, e ainda adiciona mais produto químico (fosfatos) à mesma. Estas substâncias complexantes são também usadas para evitar a precipitação de sais de Ca e Mg em águas duras, evitando as indesejáveis incrustações, e diminuindo o consumo de sabão.

A precipitação de ferro presente nas águas é a principal responsável pela perda da capacidade específica de poços profundos. Estas incrustações são produtos da atividade das ferro-bactérias. O uso de substâncias orgânicas emulsificantes e polifosfatos nos processos de perfuração e desenvolvimento dos poços criam condições para que as ferro-bactérias, naturalmente ocorrente nos aquíferos, proliferem com mais facilidade, fazendo-se necessário uma boa limpeza no processo de completação do poço (BATISTA, 2007).

SILÍCA (SiO₂): Sua presença no sistema aquoso é de proveniência litogênica, resultante do intemperismo dos minerais silicatados constituinte dos sedimentos e solos. Em águas superficiais, as condições de pH não favorecem a solubilização da sílica (CARVALHO, 1995).

A concentração em SiO₂ pode ser usada para se estimar a temperatura das águas no reservatório e se levar em conta a existência de mistura com as águas superficiais (CIDU et al., 2003), da mesma forma que as razões entre o conteúdo de Na/K, (ARNOSSON et al, 1983).

ÂNIONS

O **CLORETO** é um elemento que possui alta solubilidade e está presente em todas as águas naturais. As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos inferiores a 100 mg/L. Formam compostos muito solúveis e tende a se enriquecer, junto com o sódio, a partir das zonas de recarga das águas subterrâneas. Teores anômalos são indicadores de contaminação por água do mar.

Os **SULFATOS** formam sais moderadamente solúveis a muito solúveis, com poucas exceções, segundo Carvalho (1995), sua origem é basicamente litológica, resultante principalmente da oxidação de sulfetos das rochas ou de depósitos de minério sulfetados e de camadas de sedimentos ou da dissolução de sulfatos naturais como a gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e a anidrita (CaSO_4), ambos presentes principalmente em rochas sedimentares. Também pode ser por contribuição biogênica, através das sulfobactérias redutoras. Exemplo desse tipo de biodisponibilização é a *Desulfoviobrio desulfuricans*, que excreta H_2S (gás sulfídrico). Esse gás no sistema aquoso do solo ou dos sedimentos, irá se oxidar, formando o H_2SO_4 que se dissociará por etapas em HSO_4^- e SO_4^{2-} . As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de sulfato inferiores a 100 mg/L (SANTOS, 1997).

O íon **BICARBONATO** (HCO_3^-) junto com o carbonato (CO_3^{2-}) constituem, na maior parte das águas, a alcalinidade sendo que na maioria das águas naturais ele varia numa faixa entre 10 e 500 mg/L.

O íon **NITRATO** (NO_3^{-1}) ocorre em geral em fraco teor, é muito móvel e pode ser removido das camadas superiores do solo pela água (FEITOSA et al, 1997). Nas águas subterrâneas os nitratos ocorrem em teores em geral abaixo de 5 mg/L. Nitritos e amônia são ausentes, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Pequeno teor de nitrito e amônia é sinal de poluição orgânica recente. Segundo o padrão de potabilidade da OMS, uma água não deve ter mais do que 10 mg/L de NO_3^- . Representa o estágio final da oxidação do nitrogênio e teores acima de 5 mg/L podem ser indicativos de poluição de água subterrânea por atividade humana (esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo, cemitérios, adubos nitrogenados, resíduos animais, etc.).

O nitrato é prejudicial à saúde humana. Hill et al. (1973) apud Feitosa et al (1997) mostraram uma correlação positiva entre câncer gástrico em populações que ingeriram águas com altas taxas de nitrato. No sistema digestivo, o nitrato é transformado em nitrosaminas, que são substâncias carcinógenas. Crianças com menos de três meses de idade possuem, em seu aparelho digestivo, bactérias que reduzem o nitrato a nitrito. Este se liga muito fortemente a moléculas de hemoglobina, impedindo-as de transportarem oxigênio para as células do organismo. A deficiência em oxigênio leva a danos neurológicos permanentes, dificuldade de respiração (falta de ar) e em casos mais sérios à morte por asfixia. Aos seis meses de idade, a concentração de ácido clorídrico aumenta no estômago, matando as bactérias redutoras de nitrato.

O íon **FLÚOR (F^{-1})** é um elemento que ocorre naturalmente e em pequenas quantidades nas águas naturais (0,1 a 2,0 mg/L). É produto do intemperismo de minerais no qual é elemento principal ou secundário: fluorita, apatita, fluorapatita, turmalina, topázio e mica. O flúor liberado pelo intemperismo destes minerais passa para as soluções aquosas supergênicas na forma do íon fluoreto, de alta mobilidade. Diversamente de outros halogênios ele pode formar complexos estáveis com elementos como Al, Fe, B e Ca. Desta forma no ciclo geoquímico o flúor pode ser removido das águas pela co-precipitação com óxidos secundários de Fe, podendo também ser complexado tanto com o Fe como com o Al na forma de fosfatos. Como produto da ação humana o flúor é originado de atividades industriais: siderurgia, fundições, fabricação do alumínio, de louças e esmaltados, vidro, teflon, entre outras. Estas atividades são responsáveis pela sua introdução no ciclo hidrológico pelo lançamento na atmosfera ou em corpos hídricos superficiais. É sabido que o flúor, em pequenas quantidades, é benéfico à saúde humana, principalmente em crianças, promovendo o endurecimento da matriz mineral dos dentes e esqueleto e tem se mostrado como o agente químico mais eficiente na prevenção da cárie dentária, daí sua adição nos sistemas de abastecimentos públicos de água ser uma prática muito difundida. Contudo, acima de certos teores, passa a ser prejudicial, causando fluorose dental e esquelética, tanto em seres humanos como em animais. Os teores máximos permitidos são estabelecidos em função da idade do consumidor e da quantidade de água ingerida diariamente. Nos países tropicais, onde a ingestão

diária de água é maior, admite-se que se deva ser mais rigoroso no controle de flúor nas águas de abastecimento público (BATISTA, 2007).

Segundo a Organização Mundial da Saúde o teor de flúor estabelecido como ótimo na água potável varia entre 0,7 a 1,2 mg/L, segundo as médias de temperaturas anuais (18°C = 1,2 mg/L, 19-26°C = 0,9 mg/L, 27°C = 0,7 mg/L).

3.3 Análise de erro analítico (cálculo do balanço iônico)

Numa análise hidroquímica, a concentração total dos íons positivos (cátions) deve ser aproximadamente igual a concentração total dos íons negativos (ânions). O desvio percentual desta igualdade é determinado pelo coeficiente de erro da análise do balanço iônico (FEITOSA et al, 1997).

O Erro analítico pode ser calculado de diversas fórmulas dentre elas citamos:

A fórmula de Schoeller (1962):

$$E(\%) = \frac{\Sigma \text{cátions} - \Sigma \text{ânions}}{\Sigma \text{cátions} + \Sigma \text{ânions}} \times 100$$

A fórmula de Custódio e Llamas (1983):

$$E(\%) = \frac{\Sigma \text{ânions} - \Sigma \text{cátions}}{\Sigma \text{ânions} + \Sigma \text{cátions}} \times 200$$

Para um coeficiente de erro não superior a 10 %, a análise pode ser considerada como correta. Valores superiores a 10 % podem indicar:

- Um erro analítico;
- Um erro de cálculo;
- A presença de certos íons não analisados na água em concentrações apreciáveis;
- Águas muito pouco mineralizadas, tais como águas de chuva (FENZEL, 1986).

3.4 Parâmetros Biológicos

Nos países em desenvolvimento, em virtude das precárias condições de saneamento e da má qualidade das águas, as doenças diarréicas de veiculação hídrica, como, por exemplo, febre tifóide, cólera, salmonelose, shigelose e outras gastroenterites, poliomielite, hepatite A, verminoses, amebíase e giardíase, têm sido responsáveis por vários surtos epidêmicos e pelas elevadas taxas de mortalidade infantil, relacionadas à água de consumo humano (PELCZAR et al., 1996; JAWETZ et al., 1998; MACÊDO, 2001).

As crianças pequenas, principalmente as menores de três meses de idade, são bastante suscetíveis ao desenvolvimento desta doença por causa das condições mais alcalinas do seu sistema gastrointestinal, fato também observado em pessoas adultas que apresentam gastroenterites, anemia, porções do estômago cirurgicamente removidas e mulheres grávidas (PELCZAR et al., 1996).

Em face dessas considerações torna-se imprescindível a análise bacteriológica das águas subterrâneas. É uma das características para se determinar a potabilidade de uma fonte de água é a presença de bactérias indicadoras de contaminação fecal.

Tradicionalmente, a presença de bactérias do grupo coliforme indica qualidade sanitária inadequada, havendo a necessidade de um monitoramento no controle da qualidade destas águas. Os microrganismos responsáveis por essas doenças estão presentes nas fezes ou na urina de pessoas ou outros animais infectados, e quando eliminados podem contaminar uma extensão hídrica e, em última análise, poluir uma possível fonte de água potável (PELCZAR Jr et al., 1996).

As amostras foram avaliadas quanto à presença de coliformes totais e Termotolerantes.

Coliformes Totais: Desde muito tempo se reconhece que os organismos do grupo coliforme são bons indicadores microbianos da qualidade da água potável, devido principalmente à facilidade na sua detecção e contagem. Denominam-se

organismos coliformes as bactérias Gram-negativas, em forma de bastonetes, que podem se desenvolver em presença de sais biliares e outros agentes tensoativos com propriedades de inibição do desenvolvimento similares e, fermentam a lactose à 35-37 °C produzindo ácido, gás e aldeído em um prazo de 24 a 48 h. São bactérias oxidase negativa e não formam esporos.

Entretanto, algumas bactérias, como *Enterobacter cloacae* e *Citrobacter freundii*, podem ser encontradas tanto nas fezes como no meio ambiente (águas ricas em nutrientes, solos, matérias vegetais em decomposição) e também na água potável com concentrações de nutrientes relativamente elevadas; compreendem também espécies que nunca ou quase nunca se encontram nas fezes e que podem multiplicar-se na água potável de qualidade relativamente boa, por exemplo, *Serratia fonticola*, *Rahnella aquatilis* e *Buttiauxella agrestis*. A existência tanto de bactérias não fecais que respondem à definição das bactérias coliformes como de bactérias coliformes lactose negativas limita a utilidade deste grupo como indicador da contaminação fecal (BRASIL, 2006).

Os coliformes fecais são chamadas de bactérias coliformes termo-resistentes. Estas bactérias se definem como o grupo de organismos coliformes que podem fermentar a lactose a 44-45 °C; compreendem o gênero *Escherichia* e, em menor grau, espécies de *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Os coliformes termo-resistentes, distintos de *E. coli*, podem proceder também de águas organicamente enriquecidas, por exemplo, de esgotos domésticos ou de matérias vegetais e solos em decomposição (BRASIL, 2006).

As concentrações de coliformes termo-resistentes estão, na maior parte dos casos, em relação direta com as de *E. coli*. Por isso, sua utilização para avaliar a qualidade da água se considera aceitável nos exames sistemáticos. Como os organismos coliformes termo-resistentes são detectados com facilidade, podem desempenhar uma importante função secundária, como indicadores da eficácia dos processos de tratamento da água, para eliminar as bactérias fecais.

Tabela 4: Características microbiológicas para água mineral.

Microorganismo	Amostra indicativa Limites	Amostra representativa			
		n	c	m	M
E.coli ou coliforme termotolerantes em 100 mL	ausência	5	0	-	ausência
Coliformes totais em 100ML	<1UFC;<1,1NMP ou ausência	5	1	<1 UFC; <1,1NMP ou ausência	2 UFC ou 2,2NMP

Onde, n = é o número de unidades de amostra representativa a serem coletadas e analisadas individualmente, c = é o número de unidades da amostra representativa que pode apresentar resultado entre os valores "m" e "M", m = é o limite inferior mínimo aceitável. É o valor que separa uma qualidade satisfatória de uma qualidade marginal. Valores abaixo do limite "m" são desejáveis, M = é o limite superior (máximo) aceitável. Valores acima de "M" não são aceitos.

4. ISÓTOPOS ESTÁVEIS EM HIDROLOGIA

Os Isótopos são átomos de um mesmo elemento químico que possuem o mesmo número de prótons no núcleo e, portanto, o mesmo número atômico, mas distinto número de nêutrons, e em consequência, diferente massa atômica. Aqueles que mudam sua composição pela emissão de partículas em resposta a processos nucleares são isótopos instáveis (radioativos); os que não mudam sua composição por processos nucleares, embora apresentem variações na composição isotópica originada por processos físico-químicos e biológicos são estáveis.

Descrição das Metodologias Analíticas Empregadas

Diferentes isótopos de um mesmo elemento químico apresentam propriedades físicas e químicas levemente distintas, fruto da diferença de massa, e variações significativas e mensuráveis nas proporções relativas entre os isótopos em processos físicos e químicos podem ocorrer. Isótopos dos elementos oxigênio (O), hidrogênio (H), enxofre (S), carbono (C) e nitrogênio (N) são muito importantes em função de características comuns que partilham, dentre as quais se destacam (SANTOS, 2008):

- São constituintes fundamentais na maioria dos materiais geológicos (rochas, minerais, fluidos);
- A distribuição dos isótopos depende fundamentalmente da temperatura e do fracionamento ligado a diferenças de massas;
- A diferença relativa de massa entre os isótopos (mais pesado e mais leve) é grande;
- Alguns reservatórios possuem composições isotópicas características e distintas de outros reservatórios.

Os isótopos quando aplicados à hidrologia constituem-se uma poderosa ferramenta que fornece informações sobre o ciclo hidrológico, tais como, origem, evaporação, idade, infiltração e fluxo das águas (SANTOS, 2008).

No presente trabalho utilizamos os isótopos estáveis do hidrogênio e oxigênio para caracterizar as águas subterrâneas da ilha de Itaparica. A seguir, é

apresentada uma breve discussão sobre a teoria dos isótopos estáveis desses elementos.

4.1 Isótopos do oxigênio e hidrogênio

O oxigênio é o elemento mais abundante na crosta terrestre e combina-se com o hidrogênio para formar a molécula de água. Ele possui três isótopos estáveis, os quais são: ^{16}O , ^{17}O e ^{18}O , com abundâncias respectivas de 99,756 %, 0,039 % e 0,205 % (HOEFS, 1973; GARLICK, 1969).

O hidrogênio possui três isótopos naturais sendo dois estáveis, hidrogênio (^1H) e deutério (^2H) com abundâncias respectivas de 99,9844 % e 0,0156 % (HOEFS, 1973; WAY et al., 1950). O isótopo pesado do hidrogênio (^2H), foi descoberto por Urey e Brickwedde (1932), e chamado de deutério porque tinha uma massa próxima a duas vezes a massa do hidrogênio.

Por causa da existência de três isótopos estáveis do oxigênio e dois isótopos estáveis do hidrogênio, moléculas da águas existem em nove tipos de diferentes configurações isotópicas cujas massas são dadas (entre parênteses) (FAURE, 1977): H^{16}_2O (18), H^{17}_2O (19), H^{18}_2O (20), HD^{16}O (19), HD^{17}O (20), HD^{18}O (21), D^{16}_2O (20), D^{17}_2O (21) e D^{18}_2O (22).

Os valores absolutos da abundância isotópica não são rotineiramente medidos em laboratório, pois esta determinação requer espectrometria de massas complicada e precisa. Em vez disso, mede-se um desvio relativo, um delta (δ), definido por McKiney et al. (1950), mais preciso e mais fácil de ser medido. O delta mede o desvio da razão isotópica de uma amostra de interesse em relação à razão isotópica de um padrão. Esse desvio é expresso em partes por mil da seguinte forma:

$$\delta = \frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \times 1000(\text{‰})$$

onde R são as razões (D/H), ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$).

Como as variações entre as razões isotópicas são muito pequenas na natureza, é mais conveniente, ao invés de considerar diretamente as razões isotópicas numéricas absolutas, medir os desvios em relação à água oceânica média padrão (SMOW = Standard Mean Ocean Water). Ela é empregada mundialmente como padrão de laboratórios de espectrometria de massa (SUGUIO, 2006).

Os valores do δD e $\delta^{18}O$ são referidos ao padrão (VSMOW) da Agência internacional de Energia Atômica (IAEA), que é um padrão de águas médias oceânicas de Viena.

De qualquer maneira, as escalas VSMOW e PDB relacionam-se segundo as equações (COPLIN et al., 1983):

$$\delta^{18}O_{VSMOW} = 1,03091 \times \delta^{18}O_{PDB} + 30,91$$

e

$$\delta^{18}O_{PDB} = 0,97002 \times \delta^{18}O_{VSMOW} - 29,98$$

Para facilitar a comparação interlaboratorial, padrões internacionais, como, por exemplo, (VSMOW e PDB), são indispensáveis para a verificação da acurácia da preparação de amostras e da espectrometria de massas. Por questão de custos, os laboratórios utilizam padrões secundários que são calibrados em função dos padrões internacionais citados acima. Neste caso, todos os valores de delta, dados em relação aos padrões secundários são convertidos para o seu respectivo padrão universal (internacional) através da expressão de Craig (1957) dada por:

$$\delta_{X-A} = \delta_{X-B} + \delta_{B-A} + 10^{-3} (\delta_{X-B} \cdot \delta_{X-A})$$

onde δ_{X-A} é o valor de delta da amostra X em relação ao padrão A e δ_{X-B} são os valores de delta da amostra X em relação ao padrão B. δ_{B-A} é o valor de delta do padrão B em relação ao padrão A.

No Laboratório de Física Nuclear Aplicada da UFBA atualmente utiliza-se os padrões de água secundários Bahia, PB1 e PB2, os quais têm valores calibrados para o δD e $\delta^{18}O$.

Os primeiros estudos dos isótopos em hidrologia foram realizados por Epstein e Mayeda (1953) utilizando a razão ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) e por Friedman (1953) utilizando a razão ($^2\text{H}/^1\text{H}$) ambos em águas naturais.

As composições isotópicas do oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) e hidrogênio (δD) em água, modificadas por processos meteóricos, são traçadores úteis para determinar origem e movimento da água subterrânea devido ao fato dessas composições isotópicas em águas subterrâneas não mudarem com o resultado de interações água-rocha a baixas temperaturas (SIDLE, 1998).

As contribuições que determinam as variações nas composições isotópicas estão intimamente associadas a dois fenômenos que ocorrem na natureza que são a evaporação e a condensação.

4.2 Fracionamento isotópico

De acordo com a química clássica, as características químicas dos diferentes isótopos de um elemento são iguais. Contudo, podemos observar diferenças tanto no comportamento químico como no comportamento físico de componentes isotópicos distintos. Estas diferenças vão produzir uma separação parcial entre os isótopos leves e pesados nos processos químicos e físicos chamado de fracionamento isotópico. Essa separação isotópica está associada a energia de ligação, onde diferenças na sua intensidade para isótopos de mesmo elemento produzem diferenças nas taxas de reação. A energia necessária para romper a ligação difere para moléculas isotopicamente diferentes. Como os isótopos pesados têm uma ligação mais forte, então eles requerem uma energia maior para dissociar do que um isótopo leve (SANTOS, 2008).

As razões isotópicas podem ser alteradas na natureza por processos de difusão, evaporação, condensação, cristalização, sublimação, dissolução, precipitação e por reações químicas de substituição (ou de troca). Esse fato deve-se às diferenças de pesos atômicos entre os isótopos, de modo que os mais leves são mais facilmente evaporados e mobilizados. Os isótopos mais pesados têm tendência a sofrer precipitação ou condensação com mais facilidade (SUGUIO, 2006).

O fracionamento isotópico resulta no enriquecimento ou empobrecimento dos isótopos mais raros em relação aos mais abundantes através de processos físicos e químicos reversíveis ou não. Ele pode ocorrer como uma mudança na composição isotópica pela transição de um componente de um estado físico para outro (água líquida-vapor) ou em outro componente (CO₂), ou pode manifestar-se como uma mudança na composição isotópica entre dois componentes em equilíbrio. Segundo Dansgaard (1964) e Mook e Vries (2001), os principais tipos de fracionamento que ocorrem na natureza são o de equilíbrio e o cinético (não equilíbrio).

O fracionamento de equilíbrio é aquele que ocorre em reações de troca isotópica entre duas fases diferentes de um composto a uma taxa que se mantém em equilíbrio. Durante reações de equilíbrio, o processo físico ou químico contribui para que o isótopo mais pesado se acumule em uma das espécies, e com isso, a fase mais densa tende a ser enriquecida nos isótopos mais pesados. Um exemplo de um processo típico de equilíbrio é a condensação do vapor d'água nas nuvens. O que ocorre neste caso, é que há uma tendência de que a fase vapor seja empobrecida enquanto que a fase líquida é enriquecida em isótopos pesados, pois os isótopos mais pesados (¹⁸O e D) se condensam preferencialmente. O fracionamento associado a reação de troca em situação de equilíbrio entre duas substâncias A e B, pode ser expresso pelo fator de fracionamento (α) dado pela equação:

$$\alpha_{A/B} = R_A / R_B$$

onde R representa a razão do isótopo mais pesado para o isótopo mais leve.

O fator de fracionamento depende de muitos fatores dentre os quais a temperatura, em geral, o mais importante. Para o caso do equilíbrio, na situação da mudança de fase da água do estado líquido para o vapor e vice-versa, esse fator depende apenas da temperatura (MAJOUBE, 1971).

Pode-se relacionar o fator de fracionamento com o δ , através da relação:

$$\alpha_{A/B} = 1000 + \delta_A / 1000 + \delta_B$$

O segundo tipo de fracionamento é o cinético (ou de não equilíbrio). Este fracionamento resulta de processos físicos ou químicos irreversíveis. Ele geralmente ocorre em uma direção, ocasionando com isso um fator de fracionamento normalmente maior do que o de equilíbrio.

Os efeitos deste fracionamento são primariamente determinados por energias de ligação dos componentes originais que se dá através de processos físicos, onde as moléculas mais leves isotopicamente têm velocidades mais altas e energias de ligação menores. Nos processos químicos, geralmente, as moléculas leves tendem a reagir mais rapidamente do que as pesadas (MOOK; VRIES, 2001).

Um exemplo do fracionamento cinético ocorre, em regiões áridas ou semi-áridas, onde fatores climáticos tais como temperatura, salinidade e umidade preferencialmente, influenciam neste fracionamento devido a altas taxas de evaporação dos rios e reservatórios. Para os isótopos do oxigênio e hidrogênio respectivamente. Quanto menor a umidade, maior é o enriquecimento isotópico devido ao fracionamento cinético.

Segundo Gat (1971) a umidade afeta a composição isotópica (δD e $\delta^{18}O$) de um corpo d'água sendo evaporado com inclinação da linha de evaporação variando segundo a umidade relativa.

4.3 Composição isotópica das precipitações

Águas de precipitações são também chamadas de águas meteóricas. São principalmente derivadas da evaporação da água dos oceanos e das águas superficiais, e se precipitam de formas diversas (chuva, neve, etc...) dentro do processo de circulação atmosférica.

A composição isotópica média das águas de precipitações em uma determinada localidade relaciona-se a parâmetros geográficos tais como temperatura, latitude, altitude, distância à costa, intensidade de precipitação, feições climáticas. Há uma tendência de que os valores de δD e $\delta^{18}O$ tornem-se mais

negativos quanto maior for a distância às fontes de vapor-d'água na atmosfera, isto é, da região equatorial para a polar e da região costeira para o interior dos continentes. Os trabalhos de Salati et al. (1971) verificaram a influência desses efeitos nas composições isotópicas do deutério e do oxigênio (δD e $\delta^{18}O$) de águas de precipitações do nordeste brasileiro.

Devido a tantas influências, fica difícil estabelecer uma correlação entre a composição isotópica das precipitações e os fatores climáticos, considerando apenas uma precipitação. Todavia, se considerarmos a precipitação de um período (mensal ou anual), por exemplo, a situação torna-se mais simples porque o regime de precipitação de uma região caracteriza a composição isotópica média do deutério e do oxigênio (δD e $\delta^{18}O$) das precipitações mediante as oscilações associadas aos fenômenos meteorológicos (SANTOS, 2008).

Linha Meteórica Global (LMG)

Craig (1961) e Dansgaard (1964), com base nos valores isotópicos de amostras de águas de chuvas coletadas em regiões de diversas latitudes do mundo mostraram existir uma relação linear entre os valores de δD e $\delta^{18}O$. Essa relação é dada por:

$$\delta D = A\delta^{18}O + B(\text{‰})$$

Onde A é o coeficiente angular e B é o coeficiente linear.

Os valores dos coeficientes $A = 8$ e $B = 10$ da linha meteórica global foram obtidos em 1993, a partir da compilação dos dados de Rozanski de valores médios anuais dos isótopos do oxigênio e hidrogênio para precipitações monitoradas por estações da rede global da IAEA (Agência Internacional de Energia Atômica) conforme é ilustrado na figura 24.

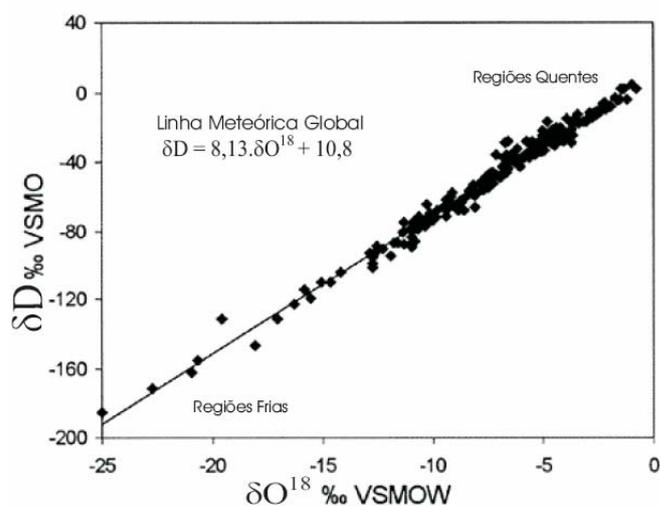


Figura 24: Gráfico da linha meteórica global das amostras de águas de precipitação coletadas em todo o mundo (Fonte: Clark e Fritz 1997, p. 37, reportada por Rozanski et al. 1993).

Dansgaard (1964) propôs o uso do parâmetro, d , para caracterizar o excesso de deutério na precipitação global. O valor de d para uma inclinação de 8 é calculado como:

$$d = \delta D - 8\delta^{18}O(o/‰)$$

Segundo Armengaud et al. (1998), o excesso de deutério (d), fornece informação sobre a distância das fontes evaporativas que deram origem às chuvas, ou seja, a história dessa água. Desta forma, massas de ar sujeitas a vários episódios consecutivos de condensação e evaporação produzem precipitações com valores elevados de excesso de deutério.

4.4 Composição isotópica das águas subterrâneas

Desde que não haja modificações na composição isotópica das águas de precipitação durante a infiltração no solo devido a fatores climáticos, deve-se esperar que a composição isotópica da água subterrânea seja parecida ao valor médio da água de precipitação que a originou. No entanto, diversos trabalhos, Gat (1971) e Dincer et al. (1974), mostraram que pode haver modificações na composição isotópica das águas subterrâneas.

O fator que parece ser de maior importância na variação da composição isotópica de águas subterrâneas é a evaporação da água, que ocorre desde a sua precipitação até profundidades onde o efeito da evaporação torna-se desprezível (SALATI et al., 1971).

Simpson et al. (1987), utilizando gráficos de correlação dos isótopos do oxigênio e hidrogênio com o cloreto das águas subterrâneas da bacia do rio Nilo, observaram um comportamento não-linear desses parâmetros nas amostras. Esses autores atribuíram que esses comportamentos podem ser associados a processos de transpiração, onde não ocorre fracionamento isotópico, pois na absorção de uma fração da água subterrânea pelas raízes das plantas, os sais ficam retidos na água residual, e a razão isotópica da água absorvida é igual a da água residual.

4.5 Espectrometria de massas de razão isotópica

A espectrometria de massas, conhecida como (IRMS - Espectrometria de Massa e Razão Isotópica), é uma técnica analítica destinada a separar átomos e moléculas ionizadas com diferentes massas, medindo-se suas respectivas abundâncias relativas. É uma poderosa ferramenta que foi inicialmente usada na determinação de massas atômicas. Na atualidade vem sendo empregada na busca de informações sobre a estrutura de compostos orgânicos, na análise de misturas orgânicas complexas, na análise elementar, em estudos ambientais e de águas subterrâneas, em estudos paleoclimáticos, etc. (SANTOS, 2008).

O equipamento que mede a razão isotópica de um dado elemento em uma amostra é o espectrômetro de massas. Ele é constituído por uma unidade de entrada para amostras gasosas, uma fonte de ionização, uma unidade aceleradora de íons, um analisador magnético de íons e um detector. Geralmente, os espectrômetros utilizam uma alíquota de gás extraído da amostra para determinar a razão isotópica do hidrogênio, do oxigênio e do carbono. Deste modo, as amostras devem ser tratadas de tal maneira, que o resultado seja um gás cuja composição isotópica represente a composição isotópica do elemento que se deseja analisar na amostra (figura 25).

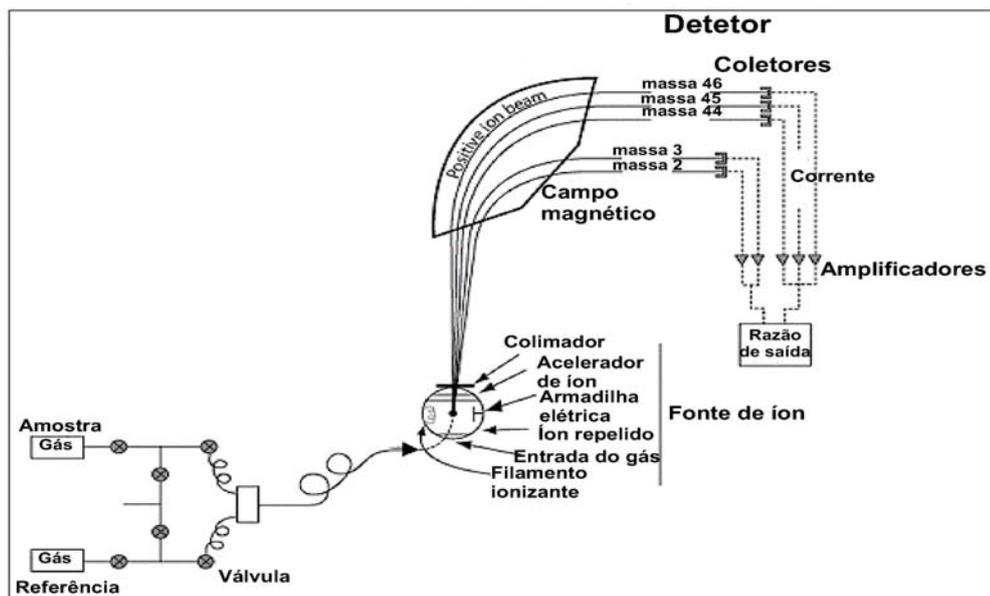


Figura 25: Princípio físico do espectrômetro de massas de razão isotópica - Fonte: Clark e Fritz, (1997).

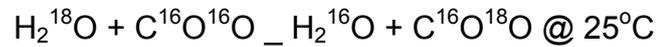


Figura 26: Espectrômetro de massa utilizado no estudo.

4.6 Análise das razões isotópicas do oxigênio e hidrogênio

As análises isotópicas do $\delta^{18}\text{O}$ e δD na água, foram realizadas no Laboratório de Física Nuclear Aplicada (LFNA) - CPGG / UFBA, utilizando um espectrômetro de massas de razão isotópica modelo DELTA PLUS da marca ThermoFinnigan.

A figura 26 ilustra os esquemas de preparação, acondicionamento, incubação e extração das amostras para análise do $\delta^{18}\text{O}$ e δD na água. A composição isotópica do oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) foi determinada conforme técnica de equilíbrio da reação CO_2 - água descrita por Epstein e Mayeda (1953) dada por:



A composição isotópica do hidrogênio (δD) foi determinada através do método de oxi-redução da água com o cromo a 850°C descrito por Brand et al. (2000) conforme a reação:

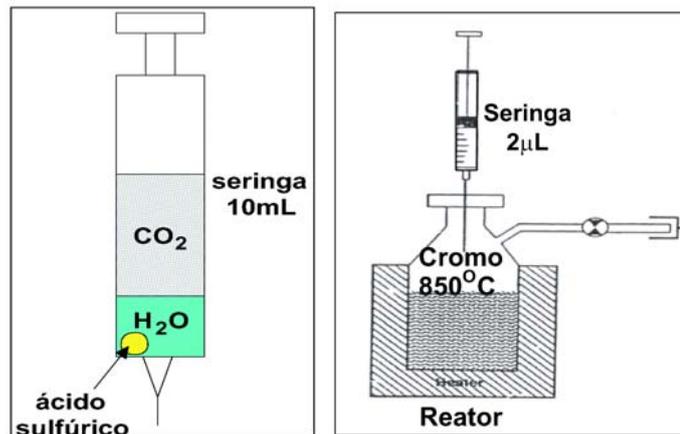
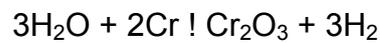


Figura 27a: Preparação das amostras para análises do $\delta^{18}\text{O}$ e δD : Esquema do sistema usado para o equilíbrio da água com o CO_2 . e Esquema do sistema usado para extração do gás H_2 pelo método de oxi-redução.



Figura 27b: Acondicionamento das amostras.



Figura 27c: Incubação das amostras

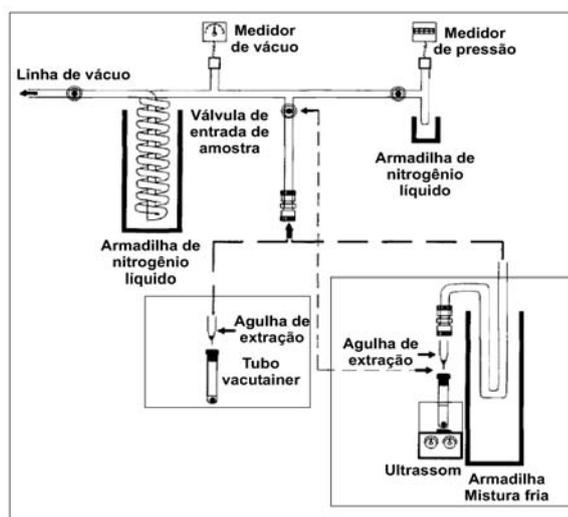


Figura 27d: Esquema do sistema usado para extração.

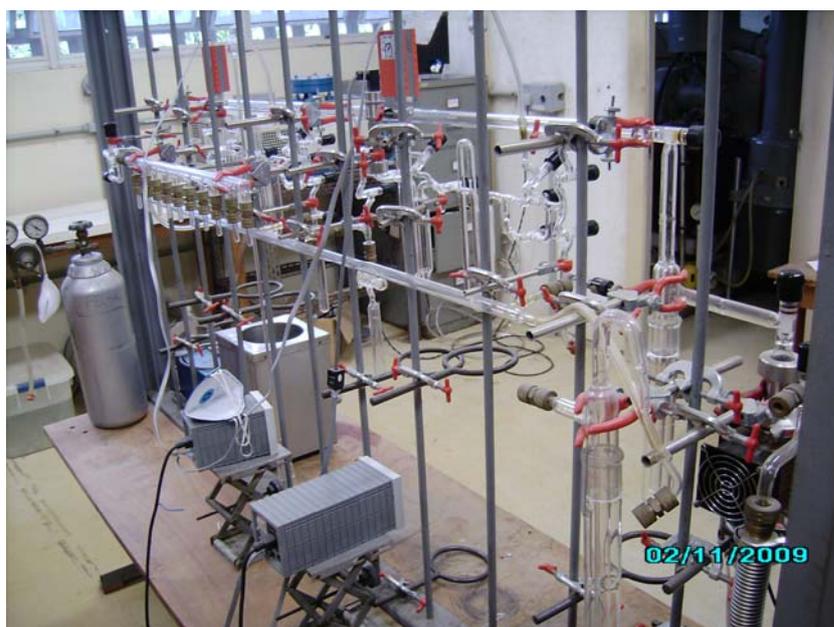


Figura 27e: Extração do gás

As medidas da composição isotópica apresentam em geral as precisões de ± 1 ‰ para o δD e $\pm 0,1$ ‰ para o $\delta^{18}O$.

Segundo Beraldo (2005), os valores de $\delta^{18}O$ nas águas meteóricas superficiais podem variar em média anual em torno do valor de 0 a -5 ‰, enquanto que as águas subterrâneas normalmente estão presentes em valores de $\delta^{18}O$ inferiores a $-4,0$ ‰. Estes valores são ratificados por Faure (1998).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Pesquisa de Campo

Poços tubulares

Da pesquisa realizada na CERB, foram encontrados 57 poços tubulares perfurados em aquíferos livres (alguns em confinados), sendo que 8 profundos (acima de 150 mts) destes 7 forem perfurados pela Dow Química para abastecimento de sua planta industrial localizada na ilha de Matarandiba, e o restante na sua maioria foram perfurados poços rasos com 30 a 40 mts de profundidade, solicitados geralmente pela EMBASA, visando o abastecimento das localidades vizinhas.

Com relação às vazões, estas situam-se da ordem de 0,25 a 12,3 m³/h; nos aquíferos rasos com uma média de 2 a 3,0 m³/h e para os profundos vazões de 12,2 a 45 m³/h.

Um destes poços não fora completado, 13 foram abandonados por se encontrarem secos ou com vazão insuficiente, e 4 perfurados para instalação de piezômetro ou para pesquisa hidrogeológica.

A maioria deles (40 poços) foram perfurados pela CERB nos anos de 1972 a 1974 sendo que o mais recente foi perfurado no ano de 1982 pelo antigo supermercado Paes Mendonça, somando-se aos outros 16 perfurados por terceiros.

Poço tipo Amazonas ou cacimbas

Como se pode observar muitos desses poços perfurados se encontram abandonados e com vazões insuficientes, pois o folhelho do grupo ilhas é uma camada de rocha quase que impermeável. Como as camadas de arenitos permeáveis se encontram na parte superior do

solo, o aquífero livre da ilha de Itaparica é predominantemente raso. Em face dessas considerações a pesquisa se estabeleceu em torno da coleta de amostras de água para análise físico-química de poços tipo amazonas ou cacimbas escavados pela comunidade ou particulares, visando o abastecimento individual e coletivo para diversos usos.

Nestes tipos de poços foram cadastrados 35 locais, e coletados 60 amostras de água subterrânea divididas em três campanhas. Estas cacimbas apresentam-se na sua maioria revestidos em alvenaria e reboco interno e muitas vezes tampados, como mostrados nas figuras 17 a 21.

5.2 Qualidade da água

Tabela 5: Dados de parâmetros físicos. Obs. Cor medida em Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).

Nº	pH	Eh	Condutividade (µh/cm)	COR (uH)	ODOR SABOR	TURBIDEZ (UT)	TEMP AR (°C)	TEMP AGUA (°C)	ALTITUDE POÇO (m)	NIVEL PIEZOMETRICO (m)
1	7,15	-14	141,80	5	SEM ODOR	5	32,0	26,8	4,0	2,0
2	6,50	22	366,00	20	Sulfurado	10	35,0	25,7	3,0	2,5
3	5,20	+99	13,10	5	S/O	5	34,0	26,2	22,0	2,5
4	5,54	+79	19,40	5	S/O	5	33,5	27,0	8,0	2,0
5	4,35	+148	48,60	5	S/O	5	32,0	27,6	15,0	11,0
6	7,30	-25	128,70	5	S/O	5	32,0	28,3	6,0	6,0
7	7,30	-24	122,40	5	S/O	5	31,0	26,5	4,0	3,0
8	6,11	+45	93,90	25	Sulfurado	10	30,5	26,6	16,0	3,5
9	5,41	+83	50,40	5	S/O	5	29,5	26,4	14,0	2,5
10	7,02	-10	123,40	5	S/O	5	29,0	26,7	4,0	1,0

A partir da análise dos valores de pH coletados em diversos pontos espalhados de norte a sul da Ilha de Itaparica, chegou-se a valores que compreendem a faixa de pH ácido até ao alcalino com mínimo de 4,4 e máximo de 7,5, com média de 6,2 e mediana 6,5. O poço 05 (Figura 16) localizado em tairu apresentou um pH anormalmente baixo, normalmente o pH da água subterrânea situa-se entre 5,5 e 8,5 (FEITOSA et al, 1997). O que podemos observar é que

as águas ligeiramente alcalinas estão associadas aos aquíferos superficiais formados pelos depósitos arenosos do quaternário. As águas mais ácidas estão associadas aos folhelhos do Grupo Ilhas, como é o caso da Fonte de Itaparica e daquelas que apresentam uma captação mais profunda. Alguns pontos como é o caso do ponto 07 que tem pH ácido relacionado às pequenas porções isoladas da formação Barreiras.

Na tabela 5 temos os valores de Eh (potencial de óxido-redução), que variam desde águas redutoras a águas oxidantes. Sendo que podemos estabelecer uma relação do pH com o Eh, pois Mason (1971) demonstrou ser inversamente proporcional (figura 28), quando as águas são mais alcalinas o Eh tende a assumir valores negativos como podemos observar na tabela e quando as águas são mais ácidas o Eh tende a assumir valores mais positivos como é o caso do ponto 5 com menor valor de pH (4,35) e maior valor positivo de Eh (+148). E, conseqüentemente essa relação influencia diretamente nos íons dissolvidos na água coletada como podemos ver na figura 29, cada reação se estabelece em uma faixa de pH e com um certo potencial de óxido-redução, assim segundo Mason (1971) os íons ferroso (Fe^{+2}), Alumínio (Al^{+3}) se solubilizam em meio mais ácido e o manganês (Mn^{+2}) e o magnésio (Mg^{+2}) se solubilizam em pH alcalino (9,0 e 10,5 respectivamente) por isso os valores tão baixos desses elementos nas águas coletadas.

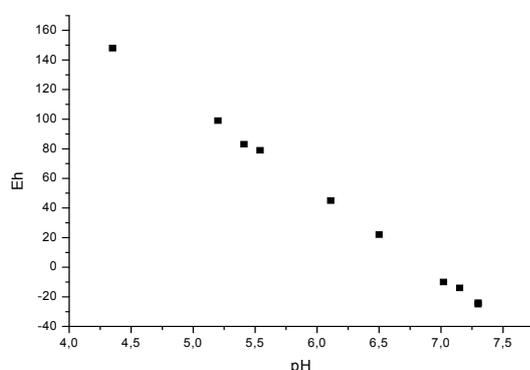


Figura 28: Gráfico demonstrando a relação inversa do pH com o Eh das amostras analisadas

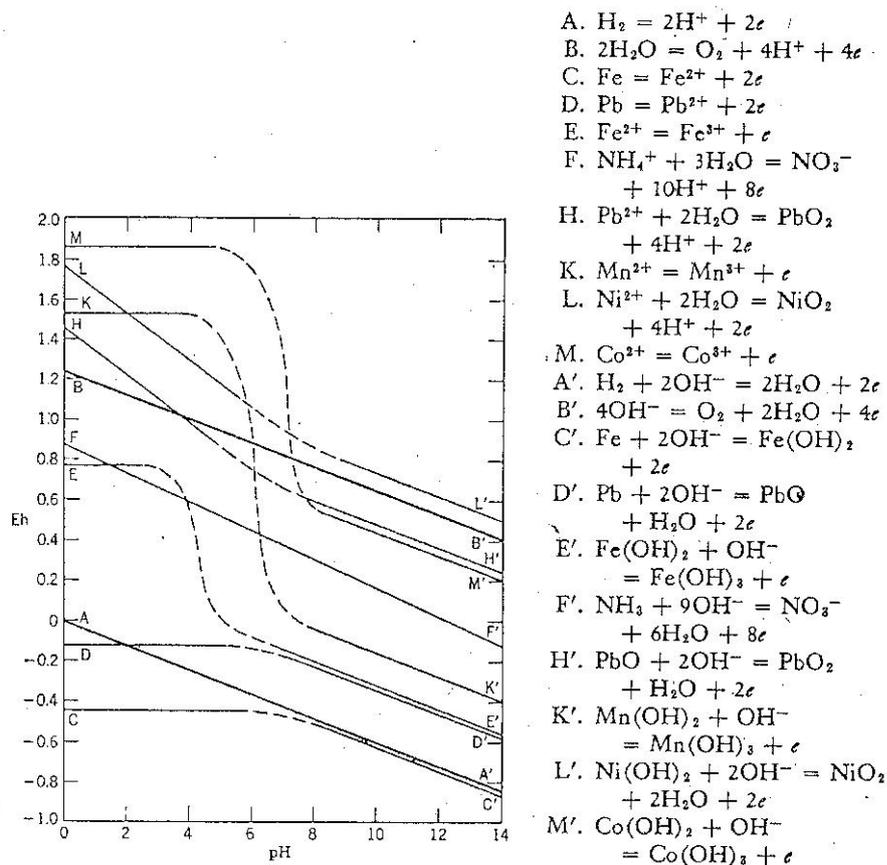


Figura 29: Variação do potencial de oxidação com o pH para certas reações (MASON, 1971).

Com relação à cor e a turbidez a maioria das amostras apresentou-se dentro do permitido pela portaria do Ministério da Saúde 518/2004, sendo que as que tiveram um índice acima estão relacionadas aos poços próximos a área de manguezal.

As águas coletadas são praticamente inodoras, uma ou outra apresentava algum cheiro característico de enxofre, também relacionadas à proximidade do mangue.

A análise dos valores de condutividade das amostras, todos dentro do permitido pelas portarias e resoluções, demonstra que as amostras coletadas são de águas de baixa salinidade e pouco conteúdo de sais dissolvidos. No gráfico de correlação entre a quantidade de sódio e cloreto dissolvido na água e os valores de condutividade elétrica se verifica uma correlação positiva (figura 30).

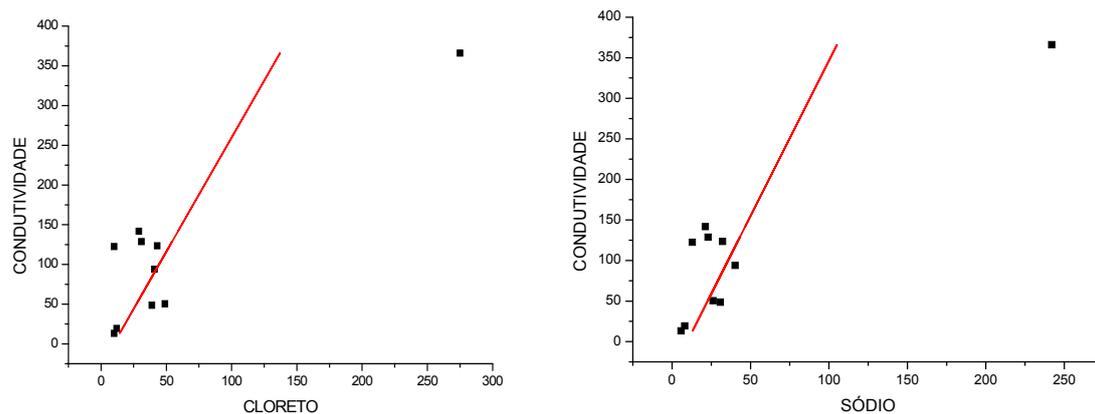


Figura 30: Gráficos demonstrando a forte correlação entre a condutividade e os íons sódio e cloreto.

A análise da temperatura coletada tanto da água, esta em torno de 26 a 27°C, como do ar (ambiente) no momento da coleta foi importante para demonstrar que as águas subterrâneas da Ilha de Itaparica pertencem a um ciclo hidrológico raso. Segundo Leão (2003), quando o gradiente térmico fica próximo ou abaixo da temperatura ambiente, estas águas apresentam-se com circulação limitada a menos de 100 metros.

5.2.1 Classificação quanto ao conteúdo de Sólido totais dissolvidos (STD) (resolução CONAMA 357 de 17/03/2005)

As águas que entraram na classificação de água salobra foram as pertencente as amostras: 01 – Misericórdia e amostra 06 – Ilhota com conteúdo de STD 552,8 e 506,7 respectivamente (Figura 31).

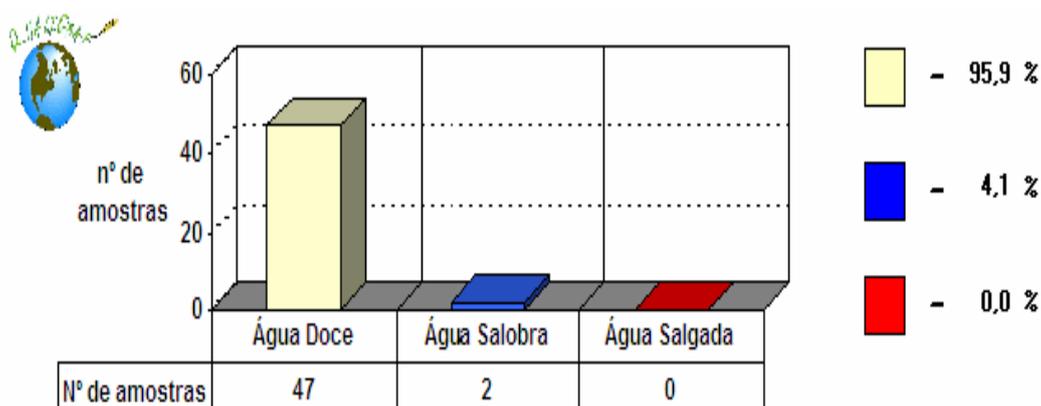


Figura 31: Classificação das águas segundo o conteúdo de STD.

< 0,5‰ – água doce
Entre 0,5‰ e 30‰ – água salobra
> 30‰ – água salgada

5.3 Distribuição dos elementos químicos

Foi efetuada a análise de erro estatístico segundo Schoeller (1962) e Custódio e Llamas (1983), mas, pelo fato de as amostras de água não terem sido previamente filtradas antes das análises químicas, o erro não pode ser considerado erro de amostragem, nem erro analítico, mas também segundo Fenzel (1986) resultante de águas pouco mineralizadas, como é o caso das águas subterrâneas da Ilha de Itaparica, cuja elevada precipitação e pouco tempo de residência no substrato geológico faz com que contenha íons em concentrações menores do que o usual para água subterrânea, como corroborado também pelas análises isotópicas.

O resultado das análises químicas se encontra nas tabelas 6 e 7, que correspondem as realizadas durante a 1ª campanha e a 2ª campanha respectivamente.

Tabela 6: Resultados das análises físico-químicas da 1ª campanha.

AMOSTRAS	Nº	X	Y	pH	Condutividade (µS/cm)	Cl ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Ca (mg/L)	CaO (mg/L)	Dureza	OD mg/L
F 01(Misericórdia)	1	536043	8540666	6,60	850,50	553,13	1,00	< LD	5,81	68,50	8,00	< LD	11,59	46,18	31,00	9,28	13,00	56,10	3,32
F 02 (Ponta de Areia)	2	536978	8573874	5,46	698,10	43,00	1,00	0,40	3,76	18,00	11,01	0,19	8,72	19,85	< LD	6,43	9,00	61,40	2,13
F 03 (Manguinho)	3	539495	8573310	7,27	586,30	906,63	1,00	< LD	2,73	3,37	3,03	< LD	11,80	10,69	7,00	10,14	14,20	37,80	5,83
F 04 (Gameleira)	4	541450	8570118	6,48	379,20	39,00	1,00	1,18	6,26	17,50	3,97	< LD	8,52	42,05	11,00	6,21	8,70	31,80	2,19
F 05 (Penha)	5	541041	8564342	6,91	650,20	40,00	1,00	0,06	2,54	15,20	9,45	< LD	6,78	1,96	1,00	4,00	5,60	48,90	2,12
F 06 (Ilhota)	6	542120	8566460	6,67	779,60	91,01	1,00	< LD	1,92	56,70	10,17	< LD	10,92	35,06	4,00	5,64	7,90	55,90	4,10
F 07 (Ilhota-Tereré)	7	541416	8566646	4,92	106,50	16,00	1,00	0,40	1,14	3,58	2,23	< LD	12,13	7,09	1,00	10,00	14,00	34,10	3,70
F 08 (Barra do Pote)	8	537956	8561102	7,49	172,00	13,00	1,00	< LD	6,11	< LD	< LD	< LD	4,14	9,72	2,00	9,28	13,00	23,20	5,50
F 09 (Cond. Orixás)	9	539157	8562746	6,81	670,20	26,00	1,00	< LD	3,44	10,80	6,14	< LD	10,34	1,55	1,00	7,85	11,00	44,90	1,00
F 10 (Araúá)	10	535624	8559114	5,92	214,60	12,00	1,00	2,51	1,16	3,63	2,94	0,21	10,80	14,08	< LD	8,14	11,40	32,40	0,90
F 11 (Barra Grande)	11	534790	8558138	7,09	340,30	32,00	1,00	< LD	4,43	18,70	3,79	< LD	10,16	1,50	6,00	8,42	11,80	36,60	3,50
PORTO SANTO	12	550435	8585422	5,20	169,50	10,00	1,00	< LD	1,63	12,50	2,10	0,05	7,47	7,01	5,00	10,13	14,19	33,90	2,50
BOM DESPACHO	13	540596	8570878	6,20	231,40	13,00	1,00	1,52	2,21	25,50	4,53	0,20	12,42	0,86	8,00	10,78	15,10	45,60	1,00
ITAPARICA	14	538129	8568316	6,00	64,30	5,00	1,00	1,52	1,44	8,47	1,35	0,08	11,82	6,25	9,00	0,71	1,00	7,33	2,50
FONTE DO TIO JABÁ	15	537519	8570962	6,00	182,90	14,00	1,00	0,10	2,68	12,20	5,02	0,04	11,07	0,27	9,00	5,18	7,26	33,60	5,50
SÍTIO BOA ESPERANÇA	16	537519	8570962	6,00	185,50	8,00	1,00	< LD	1,70	5,90	4,13	< LD	11,05	3,43	12,00	42,00	58,80	121,90	4,70
EBDA	17	533927	8573724	5,80	130,70	8,00	1,00	0,10	1,54	8,61	3,31	0,02	8,36	2,52	8,00	6,85	9,60	30,70	3,50
CATITA BAIACU	18	536789	8563164	5,90	156,20	14,00	2,00	0,82	1,52	16,20	1,68	0,03	7,61	25,93	8,00	2,74	3,83	13,80	2,80
COROA	19	538789	8562164	7,10	765,20	19,00	1,00	0,04	0,08	27,60	9,67	< LD	14,33	3,72	10,00	78,60	110,00	236,00	1,06
BERLINQUE	20	525992	8551390	7,50	367,10	4,00	1,00	0,06	1,35	8,58	3,24	0,02	8,47	18,80	7,00	6,66	9,33	30,00	2,17
AMI 01 Natura 06/06 Nascente	21	534463	8575108	4,48	50,00	44,00	0,10	0,05	7,16	31,40	8,08	0,17	13,40	24,50	140,00	9,28	13,00	56,40	-
AMI-01 Natura 11/06	22	534378	8575136	4,48	50,00	45,00	0,10	0,05	3,04	30,30	11,40	0,33	12,60	20,00	80,00	6,50	9,10	63,10	-
AMI 01Natura04/07	23	534378	8575136	4,48	50,00	47,00	0,10	< LD	6,06	25,40	8,06	0,28	11,51	35,48	80,00	< LD	< LD	33,20	-
AMI 01 Natura Nascente 05/07	24	534378	8575136	4,48	50,00	46,00	0,10	0,09	5,40	25,70	7,63	0,26	10,04	21,90	80,00	< LD	< LD	31,40	-
AMI 02 Natura 03/06	25	534378	8575136	4,38	50,00	49,00	0,10	0,05	6,82	33,40	9,35	0,19	13,60	23,20	82,00	9,14	12,80	61,30	-
AMI-02 Natura 03/06	26	534378	8575136	4,38	50,00	48,00	0,10	0,05	7,09	33,60	8,97	0,20	13,10	22,90	81,00	9,57	13,40	60,80	-
AMI-02 Natura 03/06	27	534378	8575136	4,38	50,00	49,00	0,10	0,05	6,91	32,80	9,24	0,20	13,20	23,30	81,00	9,28	13,00	61,20	-
AMI-02 Natura 04/06	28	534378	8575136	4,38	50,00	49,00	0,10	0,05	7,12	33,80	9,27	0,20	13,10	23,10	81,00	9,50	13,30	61,90	-
AMI-02 Natura 05/06	29	534378	8575136	4,38	50,00	49,00	0,10	0,05	6,58	32,50	8,99	0,19	13,10	23,30	81,00	9,14	12,80	59,80	-

AMI-02 Natura 06/06	30	534378	8575136	4,38	50,00	47,00	0,10	0,05	6,82	32,60	8,66	0,23	13,00	23,40	81,00	9,10	12,70	58,40	-
AMI-02 Natura 06/06	31	534378	8575136	4,38	50,00	47,00	0,10	0,05	6,60	32,00	8,50	0,22	12,40	23,10	81,00	8,80	12,30	57,00	-
AMI 02 Natura 11/06	32	534378	8575136	4,38	50,00	45,00	0,10	0,05	4,92	30,30	9,77	0,51	11,30	20,50	81,00	7,00	9,80	57,70	-
AMI 02 Natura 04/07	33	534378	8575136	4,38	50,00	47,00	0,10	< LD	5,24	25,60	8,03	0,29	10,34	31,25	81,00	< LD	< LD	33,00	-
AMI 02 Natura 05/07	34	534378	8575136	4,38	50,00	34,00	0,10	< LD	5,22	26,30	8,23	0,31	10,01	20,47	81,00	< LD	< LD	33,90	-
FCI-01 Apart Hotel 11/06	35	534336	8575502	6,82	156,00	40,00	0,10	0,05	2,87	23,80	8,48	0,23	25,90	27,30	8,00	7,43	10,40	53,40	-
FCI-02 Casa ao lado Apart 11/06	36	534336	8575502	6,52	419,00	68,00	0,12	0,05	2,65	43,80	18,30	0,23	40,20	34,30	7,00	68,60	96,00	246,60	-
FCI-03 Casa Prox Prefeitura 11/06	37	534351	8575630	6,67	150,00	45,00	0,38	0,05	4,94	73,30	9,84	0,20	37,20	19,30	6,00	63,60	89,10	199,30	-
FCI-02 Casa lado Apart 05/07	38	534336	8575502	6,52	100,00	34,00	3,00	< LD	3,09	18,00	5,59	0,06	11,93	24,64	8,00	< LD	< LD	23,00	-
FCI-03 Casa Prox Prefeitura 05/07	39	534351	8575630	6,52	70,00	40,00	2,00	0,02	3,70	19,90	9,41	0,16	11,86	20,71	5,00	< LD	< LD	38,70	-

Obs.: < LD (valor menor que o limite de determinação do aparelho utilizado)

Tabela 7: Resultados das análises físico-químicas da 2ª campanha.

AMOSTRAS	Nº	X	Y	pH	Condutividade (µS/cm)	Cl- (ppm)	F- (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	SO ₄ (ppm)	NO ₃ (ppm)	Ca (ppm)	OD mg/L	Alcalinidade (ppm)	Dureza
Av. Beira Mar / Barra Grande	1	534499	8557876	7,15	141,80	29,00	<2,00	<0,10	21,20	8,03	12,58	13,00	92,80	1,80	233,58	264,80
Rua da Mangueira/Ponta Grossa	2	530062	8561982	6,50	366,00	275,00	<2,00	<0,10	242,00	10,31	66,09	-	78,40	2,10	154,39	238,10
Sítio J.L. /Estr. de Ponta Grossa	3	532519	8560476	5,20	13,10	10,00	<2,00	<0,10	5,70	1,13	10,62	15,00	5,34	3,50	23,63	17,90
Chafariz/Campinas	4	530599	8558994	5,54	19,40	12,00	<2,00	0,31	8,10	1,84	94,35	22,00	6,82	3,00	15,92	24,60
Rua São Pedro/Tairu	5	529124	8555026	4,35	48,60	39,00	<2,00	1,02	30,80	4,56	2,11	78,00	4,06	2,10	0,67	28,90
Av. Central/Aratuba	6	527463	8552808	7,30	128,70	31,00	<2,00	0,15	23,00	7,36	6,60	172,00	76,90	4,00	213,09	22,30
Rua Rio Grande/Cacha Pregos	7	527461	8552806	7,30	122,40	10,00	<2,00	<0,10	12,90	8,72	21,84	18,00	91,90	2,80	279,42	265,40
Rua dos Coqueiros/Catu	8	522638	8551574	6,11	93,90	41,00	<2,00	<0,10	40,20	6,28	18,65	62,00	34,70	2,00	106,16	112,50
Rua Cidade Nova/Jiribatuba	9	522509	8556170	5,41	50,40	49,00	<2,00	<0,10	26,20	4,74	7,67	36,00	8,91	3,60	19,16	41,80
Rua Duque de Caxias/Jiribatuba	10	522171	8556054	7,02	123,40	43,00	<2,00	<0,10	32,20	3,79	21,81	72,00	68,00	3,10	178,02	185,40

Abaixo segue uma discussão dos resultados para cada um dos íons encontrados. Para efeito de comparação utilizou-se a legislação mais recente sobre qualidade da água, como a resolução N° 396 de 03 de abril de 2008 do CONAMA e a portaria n° 518 de 25 de março de 2004, para águas de consumo e padrões de potabilidade. Sendo que para algumas substâncias e/ou íons como o cálcio, o magnésio e o potássio a legislação não estabelece um VMP (valor máximo permissível), em alguns casos adotou-se o da OMS:

Alumínio

Dos pontos amostrados 10 (27%) apresentaram concentração acima do permitido pela legislação (<0,2mg/L) com valor máximo encontrado de 0,89 mg/L na localidade de Gameleira. O teor de alumínio pode estar relacionado a contaminação das águas das cacimbas decorrente ao elevado contato destas com as argilas do tipo gibsita presente no solo.

Manganês

Quatro dos pontos amostrados apresentaram concentração acima do permitido (<0,1mg/L) com máxima de 0,33 mg/L nas amostras coletadas na Fonte da Bica, Itaparica. As principais fontes de manganês no recôncavo são os níveis magnesíferos presentes na Formação Barreiras. Como as águas destes aquíferos não alcançam o embasamento no local e a formação Barreiras é limitada a pequenas áreas como vimos anteriormente, poucas amostras apresentaram teores elevados de manganês.

Nitrato

A metade dos pontos amostrados (50%) têm concentração de nitrato acima do permitido pela legislação (<10mg/L) devido principalmente a contaminação por fossas sépticas que na sua maioria desativadas, mas foram construídas próximas as cisternas e além do que o substrato, formado principalmente por depósitos de areias quartzosas não consolidadas, não consistir em isolamento hidráulico suficiente, pois os mesmos são bastantes permeáveis. Como o Nitrato é muito móvel (BOWER,

1978) ele pode ser removido das camadas superiores do solo e infiltrar por meios de dejetos humanos (fossas sépticas) diretamente no aquífero, comprometendo a sua qualidade e podendo causar câncer de estômago e doenças fatais em crianças, a metemoglobinemia (HILL et al, 1973; VILAGINES, 2003). As águas com teor de nitrato acima do permitido pela legislação não podem ser utilizadas para consumo humano e/ou rotuladas como potável.

Flúor

Em torno de menos que 10% das amostras apresentaram conteúdo de flúor acima do permitido pela legislação (<1,5mg/L). Os pontos amostrados reprovados foram três: as casas próximas a Prefeitura e a Fonte da Bica e o ponto 19 Catita próximo a localidade de Baiacu com teor de 2,0 mg/L. Como os valores encontrados não estão muito elevados em relação ao padrão de potabilidade, não podemos considerar que ocorra contaminação marinha, pois segundo Suguio (2006) a água do mar contém quantidades significativas de flúor.

Potássio

O teor de potássio nas águas subterrâneas é baixo devido à ligação irreversível com as argilas do solo que formam colóides na água e também a utilização deste elemento pelas plantas (FEITOSA et al, 1997; MASON, 1971).

Sódio

Todos os valores medidos nas águas coletadas, com exceção do ponto coletado na rua da Mangueira em Ponta Grossa, apresentam-se abaixo do permitido pela legislação (<200 mg/L) com média de 23,5 mg/L. Este ponto apresentou uma concentração de mais que 10 vezes a média local das amostras (242 mg/L) devido a contaminação e proximidade das salmouras provenientes do solo pantanoso do mangue local. Às águas associadas a formação Barreiras apresentam-se com baixo

teor de sódio como é o caso dos pontos 03 e 07, com valores respectivamente 3,4 e 3,7 mg/L. Os locais mais afastados da costa apresentam-se naturalmente com concentrações de sódio também menores que a média local (<10 mg/L), pois como é de se esperar estão menos sujeitos aos aerossóis marinhos presentes na costa, como visto por Ribeiro (1975).

Cloreto

Assim como foi o caso do sódio a amostra coletada em Ponta Grossa também apresenta um valor bem mais elevado de cloreto (275 mg/L) ultrapassando o máximo permitido pela legislação para consumo humano (<250 mg/L), além dos pontos 01 (Misericórdia) com 503 mg/L e o ponto 03 (Manguinho) com 907 mg/L, bem mais alto que a média local de 28 mg/L. No interior da ilha, as amostras apresentaram concentrações mais baixas de 5 a 14 mg/L.

Ferro

Apesar de ocorrer elevado teor de ferro nos folhelhos foi justamente nas 9 (18%) amostras associadas à formação Barreiras que apresentou conteúdo de ferro acima do permitido (<0,3 mg/L) com valores máximos de 1,5 mg/L. Na formação Barreiras as águas passam por arenitos que contêm minerais ferromagnesianos, característicos de solos laterizados, solubilizados e acabam por contaminar a água (SANTOS, 1997). O pH mais ácido de algumas águas pode, também solubilizar o ferro contido no substrato (MASON, 1971).

Cálcio

Os valores de cálcio mais elevados estão associados às lentes de calcário nos arenitos do Grupo Ilhas. A região central da ilha apresenta valores menores que 10 mg/L em relação ao litoral, sendo que a média do cálcio nas amostras foi de 19,2 mg/L com máxima de 92,8 mg/L. O teor elevado de cálcio serve de impedimento

para a sua utilização, principalmente devido a incrustações em tubulações industriais, dureza elevada da água dificultando o uso de sabões e limpeza; além do que existe a possibilidade de precipitação na urina, produzindo cálculos renais em consumidores freqüentes. Segundo a OMS, o ser humano deve ingerir, no máximo, 500 mg de cálcio por dia.

Magnésio

Os teores de magnésio encontrados nas amostras coletadas não apresentaram muita variação. As menores concentrações de magnésio se situam no centro da ilha em locais afastados da costa e maiores concentrações ocorrem associadas aos sedimentos do quaternário com influência marinha, pois a água do mar contém quantidades elevadas de magnésio. A média foi de 6,7 mg/L com máxima de até 10,3 mg/L.

Sulfato

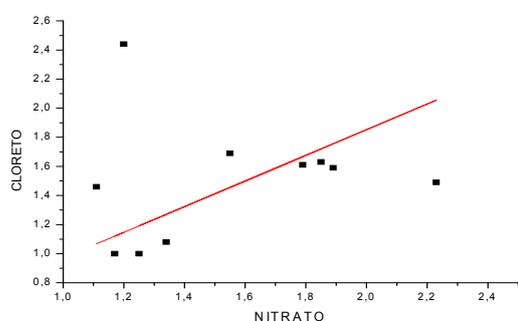
Avaliando os resultados obtidos para sulfato, todas as mostras coletadas atendem aos valores máximos permissíveis para consumo humano (<250 mg/L). Os teores de sulfato não apresentam correlação com a formação geológica e sim com contribuição biogênica, através de sulfobactérias redutoras presentes em ambiente de manguezal como é o caso dos valores altos dos pontos de ponta Grossa com 55 mg/L e Campinas com 94,3 mg/L acima da média de 18 mg/L das outras amostras.

Oxigênio dissolvido (OD)

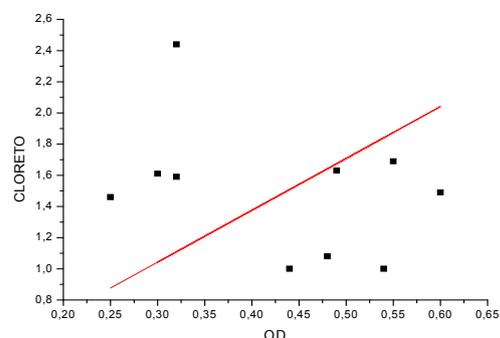
A análise do teor de oxigênio dissolvido forneceu mínima de 0,9 mg/L, máxima de 5,8 mg/L com média de 2,9 mg/L e, mediana 2,8 mg/L. Os teores muito baixos podem estar indicando águas estagnadas sem circulação aonde bactérias podem ter consumido o OD para oxidação da matéria orgânica. E teores acima de 5,0 mg/L indicam a contaminação por águas de precipitação e/ou maior troca gasosa com atmosfera.

Os gráficos de “a” até “d” da figura 32 abaixo demonstram a correlação entre alguns íons analisados. O cloreto apresenta uma fraca correlação positiva com o nitrato, moderadamente negativa com o OD e não apresenta correlação com o sulfato indicando que a maior fonte de cloreto na água também pode estar relacionado à contaminação por dejetos humanos provenientes de fossas sépticas locais, que na Ilha de Itaparica apresentam-se em bastante quantidade, principalmente na linha da costa com a presença de muitos condomínios e casas de veraneio. Os gráficos de correlação podem ser úteis, pois através dele podemos estimar o valor de um íon em função do outro. Verifica-se a importância de se utilizar o cloreto também para verificar a qualidade da água. O teor de oxigênio dissolvido (OD) é influenciado com a presença de matéria orgânica, pois esta propicia o crescimento de bactérias aeróbicas contaminantes que em áreas de manguezal também oxidam o enxofre presente na matéria orgânica.

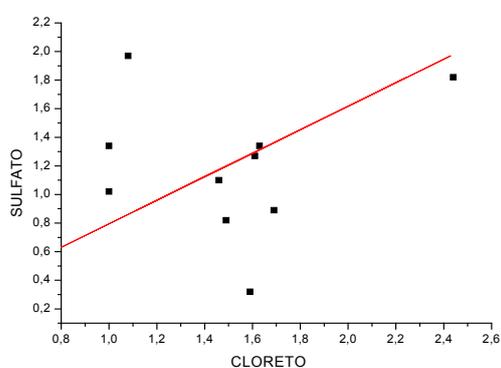
A) $r = 0,14021$, $r^2 = 0,01965$



B) $r = -0,36708$, $r^2 = 0,13474$



C) $r = 0,0949$, $r^2 = 0,00900$



D) $r = -0,48841$, $r^2 = 0,23854$

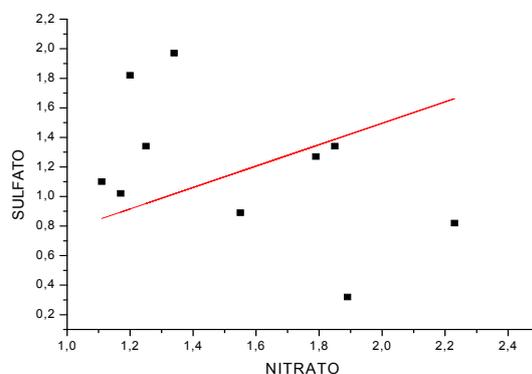


Figura 32: Correlações geoquímicas entre alguns íons analisados.

5.3.1 Classificação da água quanto à dureza

Em relação à dureza, segundo a portaria nº 518/2004 que considera como potável as águas com dureza até 500 mg/L, todas as amostras coletadas atenderam ao padrão de potabilidade.

Tabela 8: Classificação das águas quanto à dureza (CUSTODIO & LLAMAS, 1983).

CLASSIFICAÇÃO	Nº DE AMOSTRAS	PERCENTUAL
Branda	26	53,07%
Pouco Dura	14	28,57%
Dura	4	8,16%
Muito Dura	5	10,20%

5.3.2 Classificação da Água Subterrânea

Utilizou-se o diagrama Triangular de Piper (1944) para classificar os tipos de água coletada (Figura 33). Quando se trabalha com um grande número de análises químicas, emprega-se o diagrama de Piper, pois o mesmo é bastante útil para se classificar e comparar grupos de água (segundo os íons maiores) que ficam assim caracterizados pelo seu fácies hidroquímico, bem como para definir a evolução química na água subterrânea (DOMENICO, 1972; NASCIMENTO, 1999). Assim, de acordo com a predominância de um determinado íon, as águas podem ser classificadas como cloretadas, sódicas, carbonatadas etc. Igualmente, pode-se, com isto, inferir uma tendência de evolução no tipo de água que pode ocorrer devido a fatores tais como evaporação e intemperismo, entre outros (LEÃO, 2003; FEITOSA et al, 1997).

Para plotar dados nesses diagramas, transformam-se os valores de cada íon expresso em meq/L, em percentagem do total de ânions e do total de cátions, separadamente. Para processar esses dados foi utilizado o Programa Qualigraf da FUNCEME, disponibilizado gratuitamente pela Internet.

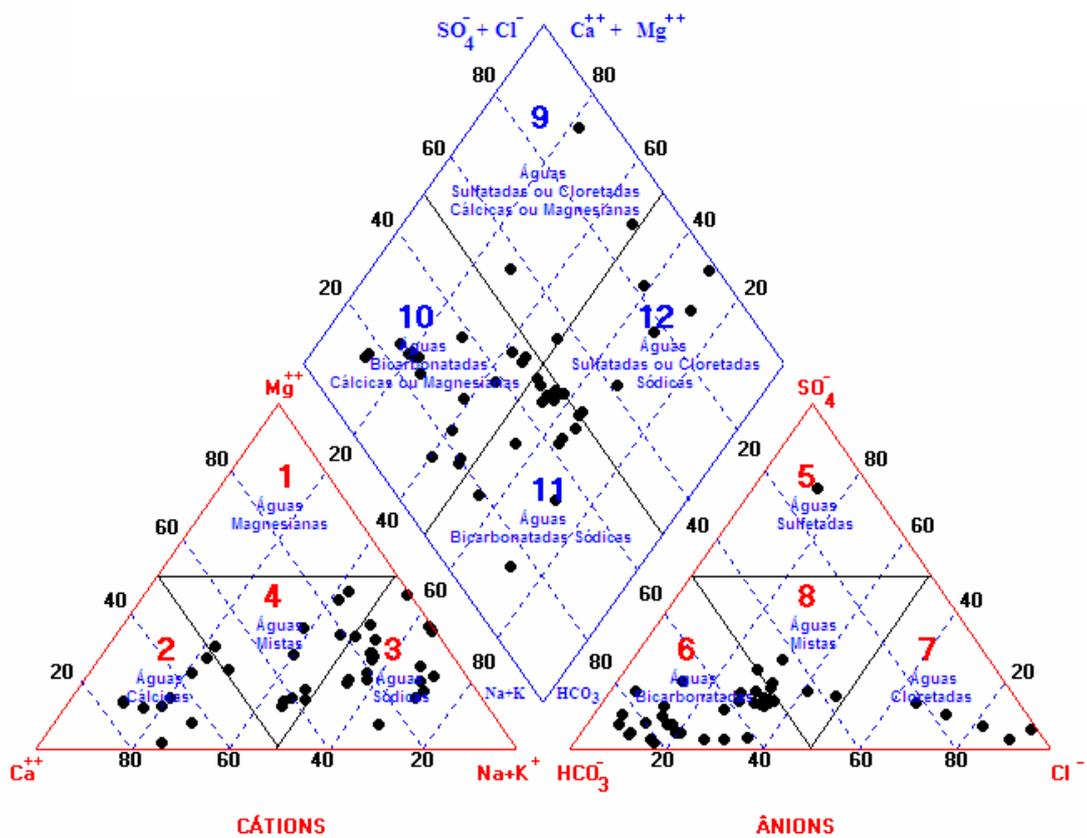


Figura 33: Diagrama triangular de Piper das amostras analisadas.

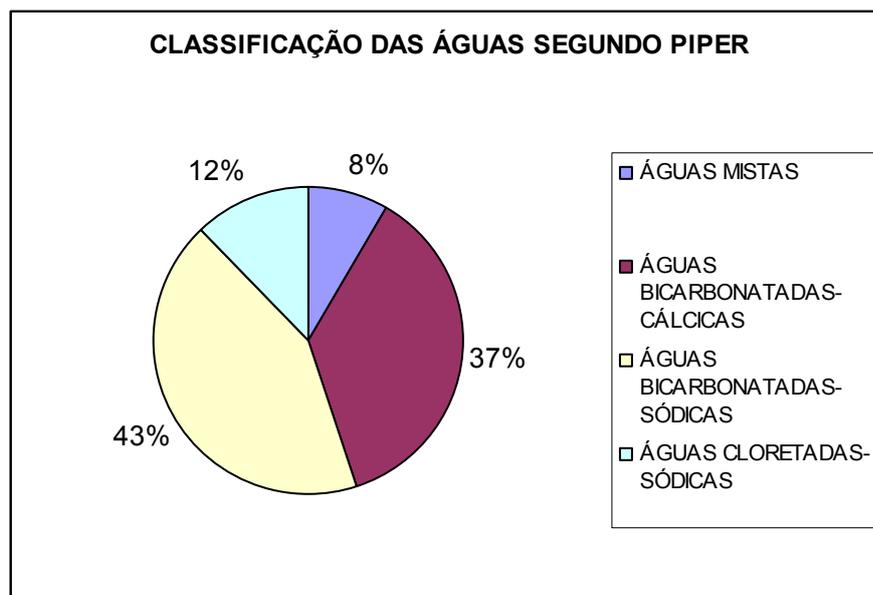
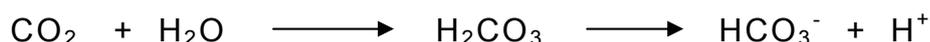


Figura 34: Classificação das águas segundo o diagrama de Piper.

Como podemos observar no gráfico da figura 34, a quase totalidade (80%) das águas subterrâneas da ilha de Itaparica correspondem a classificação de água bicarbonatadas. A explicação para isso deve-se a presença de vegetação e solo rico em matéria orgânica, pois estes são fontes de dióxido de carbono (CO₂) que segundo a reação química abaixo produz os íons bicarbonato (HCO₃⁻) presentes na água.



5.3.3 Classificação das águas quanto à salinidade

Segundo o método estabelecido pelo U.S. Salinity Laboratory que se baseia na razão de absorção de sódio (SAR) e na condutividade elétrica: as águas amostradas se encontram na classificação C1S1 que corresponde à água de baixa salinidade e baixo teor de sódio – Risco baixo de salinização, podendo ser utilizada para irrigar a maioria das culturas e solos; C2S1 para água com salinidade média e baixo teor de sódio, que pode ser utilizada em solos moderadamente permeáveis e apenas 3 amostras na classificação C3S1, relacionada às águas de alta salinidade, possivelmente devido a proximidade com áreas de manguezal e que não serve para irrigação a não ser para plantas tolerantes ao sal (Figura 35).

$$\text{Fórmula utilizada } \text{SAR} = \text{rNa} / \sqrt{(\text{rCa} + \text{rMg})/2}$$

Vários são os fatores que influenciam na salinização dos aquíferos do Grupo Ilhas (OLIVEIRA, 1984). Para os aquíferos confinados do Grupo Ilhas, Ghignone (1978) relata que a fauna fossilizada encontrada nos sedimentos do Grupo Ilhas indicam uma sedimentação em água doce e salobra, e os calcários de origem química sugerem período de clima quente e intensa evaporação. Em consequência, sua composição litológica, onde arenitos argilosos ocorrem com interestratificações de leitos médios e finos de calcário e de camadas de folhelhos, tem uma forte influência sobre a qualidade

química da água subterrânea na área estudada. Assim, nos blocos em que o membro inferior do grupo Ilhas ou intervalos mais argilosos do membro superior constituem o aquífero principal, a água produzida é normalmente salina, e onde o aquífero principal consiste de areias limpas, obtêm-se águas com características satisfatórias para o consumo humano.

Segundo Lima (1983), os mecanismos principais para explicar a salinização observada na água subterrânea, são a dissolução de carbonatos, a intertroca iônica com as argilas e o efeito de filtração membrana cujo decréscimo com a profundidade se verifica em alguns blocos do grupo Ilhas.

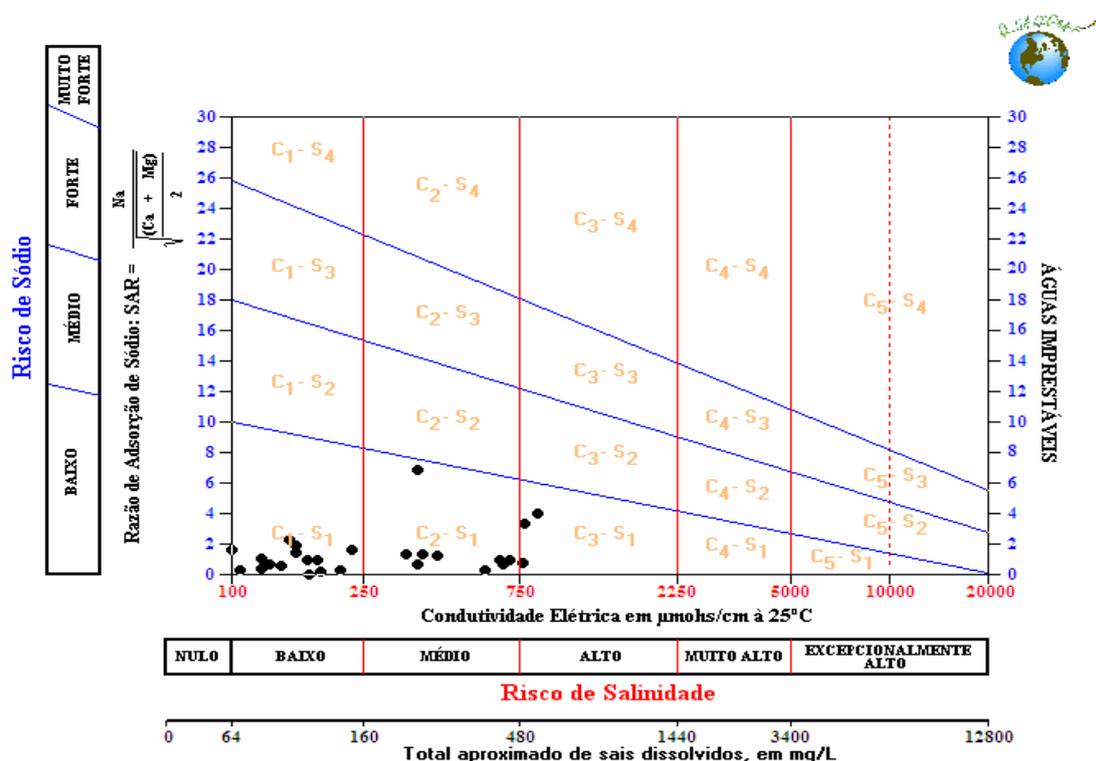


Figura 35: Classificação das águas segundo o SAR.

5.3.4 Contaminação por Intrusão salina

Os aquíferos costeiros sofrem influência significativa das águas salgadas, nos quais o fluxo subterrâneo de água doce que vem do continente encontra o fluxo subterrâneo de água salgada que está se infiltrando a partir do mar. A partir dos valores de altitude medidos com o auxílio de um GPS e do nível estático dos poços pode-se observar que através da relação de densidades entre a água doce/ salgada e a distância entre o nível do mar $[h = t/(g-1)]$ onde g = densidade da água salgada, 1 a densidade da água doce, t é a distancia entre o nível freático e o nível do mar e h = distância entre o nível do mar e a interface da água doce/salgada (CEDERSTROM, 1964), constatou-se que em determinados poços a coluna de água doce flutuando acima da água salgada pode ser tão pequena quanto 20 metros para aqueles situados mais próximos à linha da costa como é o caso do poço 06 (Aratuba). Demonstrando o grande risco de invasão salina.

O potencial para invasão de água do mar nos aquífero costeiro da ilha de Itaparica foi mensurado a partir do cálculo de três relações entre íons como mostra a tabela abaixo: Cloreto/bicarbonato; magnésio/Cálcio e Magnésio/Sódio. Segundo Feitosa (1997) a razão Cl^-/HCO_3^- auxilia a identificar o processo de concentração de sais no sentido do fluxo subterrâneo, ou seja, caracterizar a intrusão salina, pois o conteúdo de HCO_3^- nas águas subterrâneas é constante. A razão de Cl^-/HCO_3^- para a água do mar situa-se entre 20 e 50.

Tabela 9: Relações iônicas.

Poço	Mg/Ca	Mg/Na	Cl/HCO ₃
1	0,08	0,38	0,12
2	0,13	0,04	1,78
3	0,21	0,2	0,42
4	0,27	0,22	0,75
5	1,12	0,15	58,3
6	0,1	0,32	0,14
7	0,09	0,68	0,04
8	0,18	0,16	0,39
9	0,53	0,18	2,56
10	0,06	0,12	0,24

Como podemos observar a tabela 9, o ponto 5 que correspondente ao da rua são Pedro na localidade de Tairu, apresenta um desvio na relação entre os íons, demonstrando a possibilidade de estar havendo intrusão salina, possivelmente devido ao bombeamento excessivo e a proximidade da linha da costa. Este fato corrobora com a classificação da água como cloretada-sódica, possivelmente a cunha salina esteja se deslocando. Com menos intensidade, podemos observar também nos poços 2 e 9, com águas classificadas em cloretada-sódicas.

Nas análises de Comette Filho (2008) observou-se também que na relação entre o Mg/Ca das 40 amostras coletadas na parte norte e central da ilha, 10 apresentaram valores iguais ou acima de 1,0, ou seja, 25% do total coletado das amostras têm tendência à salinização decorrente do deslocamento da cunha salina.

5.4 Análises isotópicas

A hidrologia isotópica associada a hidroquímica utiliza a distribuição dos isótopos dos elementos da água e de materiais nela dissolvidos, bem como a concentração desses elementos, para analisar vários problemas relacionados com o ciclo hidrológico e com a origem e dinâmica do fluxo subterrâneo, inclusive a mistura e mineralização das massas de água (CRAIG, 1961; DANSGAARD, 1964).

A partir das análises isotópicas também efetuadas por Carvalho (2008) na Fonte da Bica, coletando diversas amostras, foram encontrados valores de ^{18}O de -1,5 e ^2H de -0,8. As análises isotópicas do deutério não demonstraram variação significativa e correlacionável com os aquíferos locais. Por outro lado, análise do ^{18}O demonstrou que no interior da ilha o mesmo assumia valores mais negativos correlacionando-se com a variação altimétrica e na linha da costa com tendência em assumir valores menos negativos. Pois, segundo Costa (1990) a medida do deutério na água é uma mais confiável, pois é direta, já que o ^{18}O é medido através da razão de massa do CO_2 na água em relação ao CO_2 no gás.

Tabela 10: Resultados das análises isotópicas da 2ª campanha.

Poço	Hidrogênio δD	Oxigênio $\delta^{18}O$
1	1,8	-1,5
2	9,9	-0,7
3	3,6	-1,5
4	4,1	-1,8
5	3,5	-1,7
6	8,3	-0,9
7	9,4	-0,8
8	1,5	-1,6
9	5,6	-1,2
10	5,3	-1,1

Quanto maior for o valor positivo de δ (delta), maior a concentração de isótopo mais pesado na amostra que no padrão. Caso contrário, quanto maior for o valor negativo de δ (delta), tem-se menor concentração de isótopo mais pesado na amostra que no padrão (SUGUIO, 2006).

Sabemos que os valores isotópicos sofrem influencia da altitude e do processo de evapotranspiração, assim locais mais elevados apresentam-se menos enriquecidos em isótopos pesados, como locais onde a evaporação é mais acentuada, se tornam mais enriquecidos, assumindo assim valores positivos. Esse fato pode ser explicado pelo ciclo hidrológico da natureza que se inicia com a evaporação das águas oceânicas. Na atmosfera, o vapor d'água sofre processos de deslocamento, condensação, congelamento e/ou precipitação sobre a superfície terrestre. A seguir, converte-se em água subterrânea e de superfície, após percolar através do subsolo, pode retornar aos oceanos, quando ocorrem fracionamentos isotópicos entre $H_2^{18}O$ e $H_2^{16}O$ (SUGUIO, 2006).

As pesquisas realizadas têm demonstrado a existência de relações de proporcionalidade entre as salinidades e os isótopos pesados de hidrogênio e de oxigênio nas águas oceânicas superficiais. Em contraposição, nas regiões equatoriais, a intensa evaporação provoca a fuga do vapor d'água empobrecido em ^{18}O (ou enriquecida em ^{16}O) e, desse modo, a água não-evaporada (residual) é

enriquecida em ^{18}O e em salinidade (SUGUIO, 2006; DANSGAARD, 1964). A figura 37 mostra os gráficos de correlação entre os isótopos do oxigênio e hidrogênio com os íons sódio e cloreto, nota-se que a correlação entre o deutério e o cloreto é mais positiva.

O gráfico da figura 36 demonstra claramente a correlação fortemente positiva entre os isótopos estáveis da água, pois segundo Mazor (1991) a separação isotópica obedece a evaporação proporcional, ou seja, os isótopos se apresentam em equilíbrio nas águas.

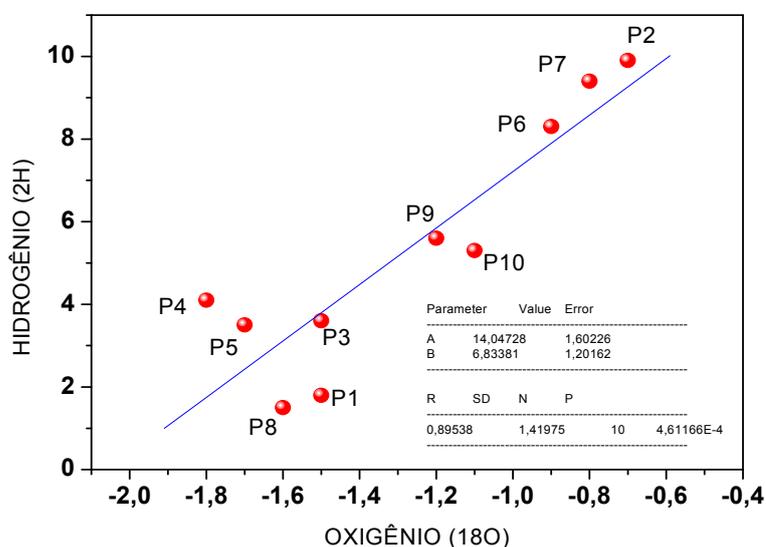
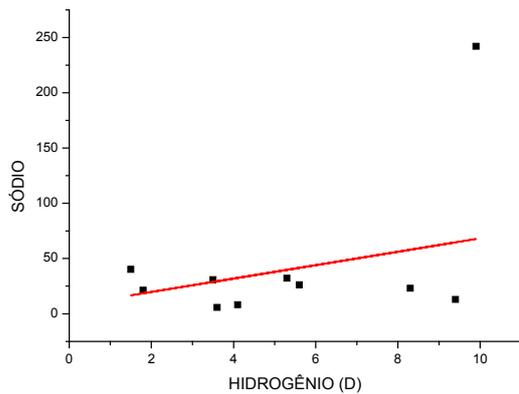


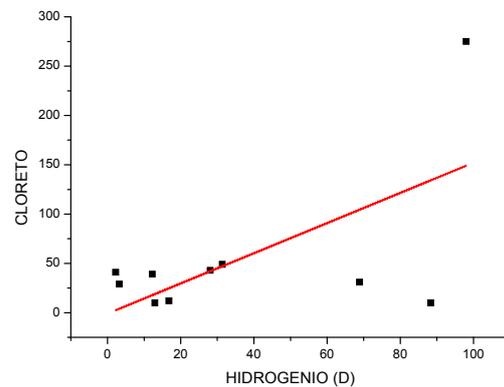
Figura 36: Correlação isotópica entre o ^{18}O e o ^2H . $r^2 = 0,80170$.

Os valores encontrados nos resultados das medidas isotópicas refletem a relação linear entre o ^{18}O e o ^2H , e coincidem com a Linha Meteórica Global características para águas coletadas em regiões quentes. Confirmando que são águas continentais de regiões de clima tropical quente e úmido, sujeitas a evapotranspiração e precipitações elevadas com tempo de residência curto.

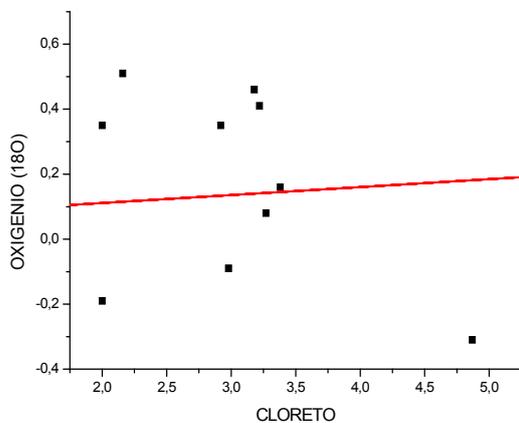
A) $r = 0,49453$, $r^2 = 0,24357$



B) $r = 0,49353$, $r^2 = 0,24357$



C) $r = -0,42124$, $r^2 = 0,17744$



D) $r = -0,50714$, $r^2 = 0,25719$

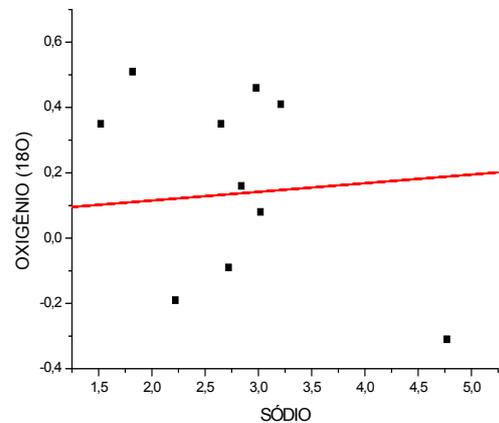


Figura 37: Correlação salinidade X isótopos

5.5 Análises Microbiológicas

A contagem de coliformes na água é imprescindível para determinar a sua qualidade, principalmente no que se diz respeito à contaminação por esgotos ou dejetos humanos, pois o mesmo podem veicular uma série de doenças e trazer morbi-mortalidade acentuada a uma população. Principalmente, no aquífero local que consiste em materiais granulares que são altamente porosos e a presença de fossas sépticas acabam por comprometer a qualidade deste aquífero.

A vulnerabilidade desse tipo de aquífero é tal que Krone et al (1958) e Wesner (1970) através de estudos de campo demonstraram que em aquíferos de areia ou

cascalho, as bactérias oriundas de esgoto podem ser transportadas por dezenas ou centenas de metros na água subterrânea.

Tabela 11: Resultados das análises microbiológicas da 3ª campanha, efetuadas pela EMBASA seguindo a Resolução CONAMA 396/2008.

POÇO	LOCALIDADE	COLIFORMES TOTAIS	COLIFORMES FECALIS	UNIDADE
01	Barra Grande	$3,0 \cdot 10^4$	74,0	UFC/100ml
02	Ponta grossa	$1,47 \cdot 10^5$	30,0	UFC/100ml
03	Sítio J.L	$770 \cdot 10^0$	2,0	UFC/100ml
04	Campinas	$6,4 \cdot 10^3$	32,0	UFC/100ml
05	Tairu	$2,0 \cdot 10^4$	<1,0 Presente no confirmatório	UFC/100ml
06	Aratuba	$6,5 \cdot 10^4$	370,0	UFC/100ml
07	Cacha Pregos	$9,5 \cdot 10^3$	4,0	UFC/100ml
08	Catu	$3,8 \cdot 10^4$	108,0	UFC/100ml
09	Jiribatuba	$3,7 \cdot 10^4$	<1,0 Presente no confirmatório	UFC/100ml
10	Jiribatuba-Praia	$4,8 \cdot 10^3$	12,0	UFC/100ml

A partir da tabela 11 podemos verificar que todas as amostras de água coletada estão contaminadas por bactérias de origem intestinal, ou seja, não atendem aos requisitos estabelecidos pela legislação para água de consumo. Não podem ser consumidos de forma alguma in natura, mas pode ser realizado tratamento prévio (OMS, 1995; BRASIL, 2006). Pelos valores mostrados a contagem de coliformes totais se apresenta bastante elevada com mínimo de 770 UFC/100 ml que corresponde a um sítio afastado dos centros urbanos e máxima de 147000 UFC/100 ml localizado em Ponta Grossa, com média de 18147 UFC/100 ml. A análise de coliformes termotolerantes também considerada elevada apresentou apenas 2 (20%) das amostras com quantidades menores do que 1 UFC/100ml, ou seja, que não foram detectados no primeiro ensaio, mas deu positivo para a presença no ensaio confirmatório.

Tabela 12: Análises microbiológicas e alguns parâmetros químicos.

POÇO	COLIFORMES TOTAIS (UFC/100ml)	COLIFORMES FECAIS (UFC/100ml)	DBO mg/l	OD mg/l	NITRATO mg/l	SULFATO mg/l	CLORETO mg/l
01	$3,0 \cdot 10^4$	74,0	1,90	1,8	13,0	12,6	29,0
02	$1,47 \cdot 10^5$	30,0	8,60	2,1	-	66,0	275,0
03	$770 \cdot 10^0$	2,0	<1,0	3,5	15,0	10,6	10,0
04	$6,4 \cdot 10^3$	32,0	<1,0	3,0	22,0	94,4	12,0
05	$2,0 \cdot 10^4$	<1,0 Presente no confirmatório	< 1,0	2,1	78,0	2,1	39,0
06	$6,5 \cdot 10^4$	370,0	2,1	4,0	172,0	6,6	31,0
07	$9,5 \cdot 10^3$	4,0	< 1,0	2,8	18,0	21,8	10,0
08	$3,8 \cdot 10^4$	108,0	< 1,0	2,0	62,0	18,6	41,0
09	$3,7 \cdot 10^4$	<1,0 Presente no confirmatório	< 1,0	3,6	36,0	7,7	49,0
10	$4,8 \cdot 10^3$	12,0	< 1,0	3,1	72,0	21,8	43,0

Com os resultados das análises microbiológicas e alguns parâmetros químicos podemos construir gráficos de correlação entre estes indicadores de contaminação orgânica e animal. Na figura 38 observa-se que existe uma moderada correlação negativa entre o número de coliformes totais e o oxigênio dissolvido na água, pois este último diminui com o crescimento e a multiplicação das bactérias aeróbicas; com o nitrato, observamos uma moderada correlação positiva, pois o mesmo já é conhecido há muito tempo como proveniente da contaminação por dejetos humanos. A análise do sulfato não demonstrou uma correlação significativa nem com o OD nem com os coliformes. A utilização da análise de cloreto por vários estudos como auxiliar na detecção de contaminação humana por dejetos vem crescendo, e o gráfico mostra que a uma correlação fortemente positiva com os coliformes e fracamente com o nitrato. Já a DBO não demonstrou ser um bom parâmetro indicador de contaminação orgânica para as águas subterrâneas, talvez porque a concentração de matéria orgânica nas águas coletadas foi relativamente baixa, devido ao mecanismo de filtração através do substrato poroso. Assim, a água da chuva infiltra no solo, carrega os íons solúveis e a matéria orgânica fica retida, fazendo com que o consumo de oxigênio para a sua oxidação seja reduzido mesmo na presença de grandes quantidades de bactérias (HADLICH; SCHEIBE, 2007).

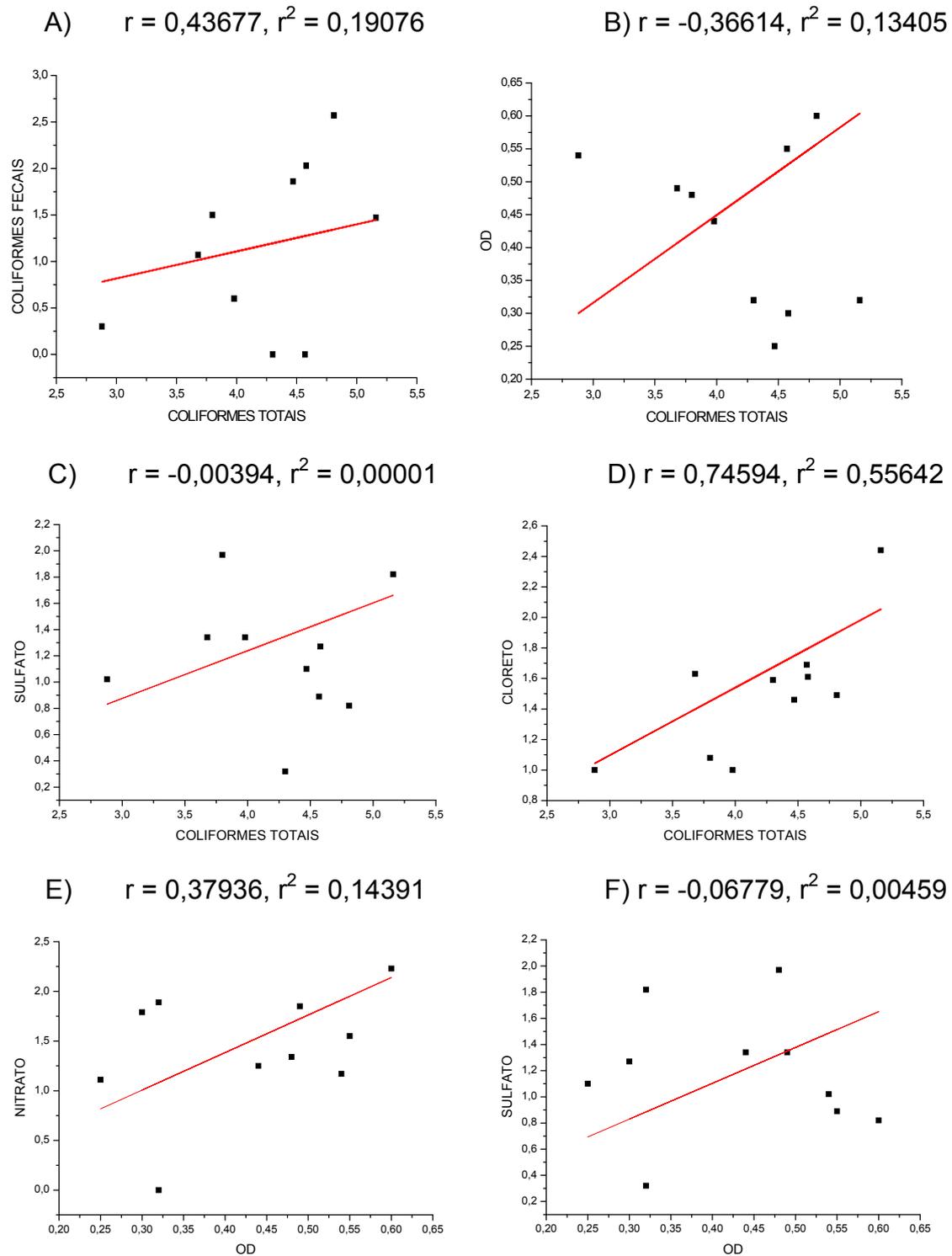


Figura 38: Correlações entre análises microbiológicas e alguns parâmetros químicos.

Através dos gráficos das figuras 39 e 40 podemos observar como os parâmetros bacteriológicos e alguns parâmetros químicos como nitrato, sulfato, OD e cloreto estão relacionados (exceção, DBO), na medida que um aumenta os outros também aumentam, muitas vezes não na mesma proporcionalidade.

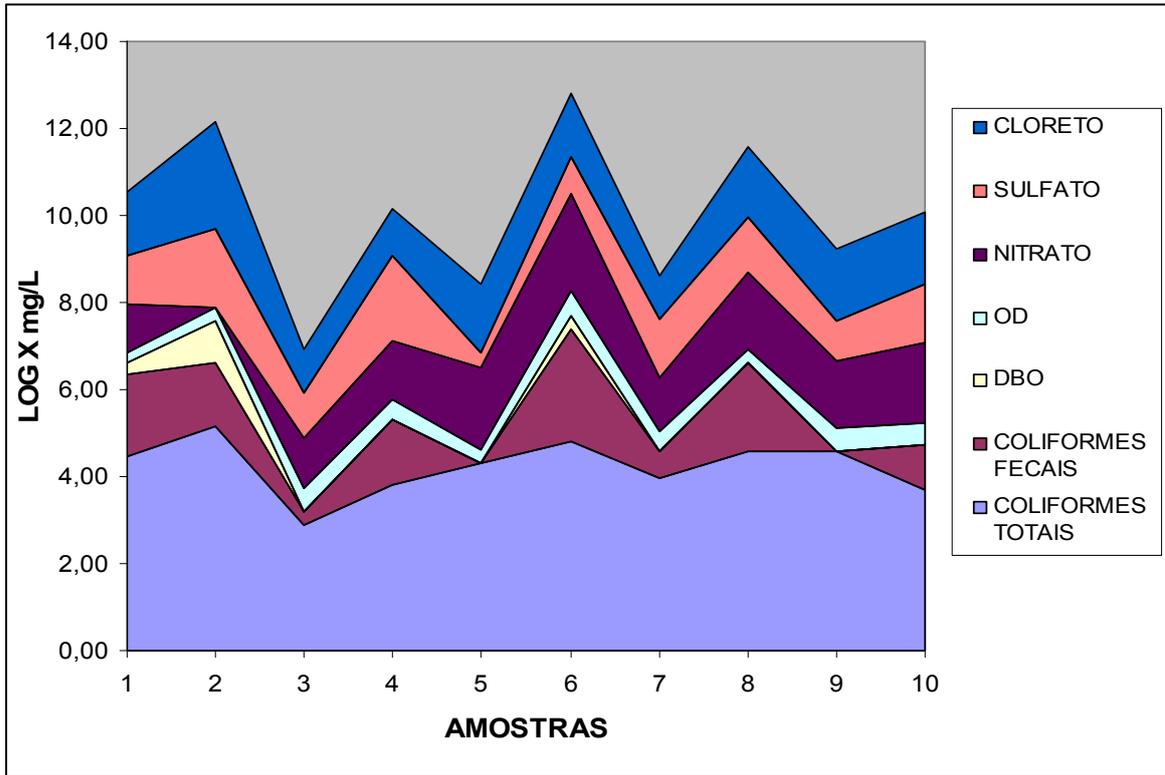


Figura 39: Gráfico - análise microbiológica e alguns parâmetros químicos.

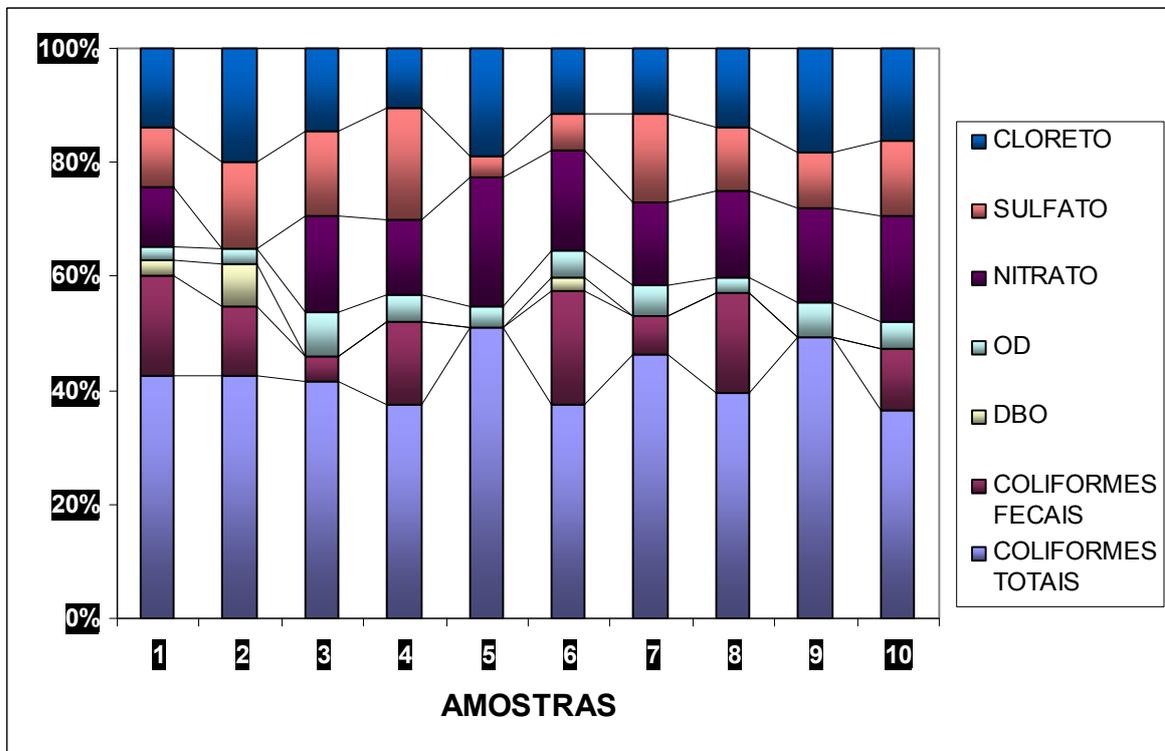


Figura 40: Gráfico - análise microbiológica e alguns parâmetros químicos.

CONCLUSÃO

Através da análise dos resultados encontrados podemos inferir que as águas coletadas não pertencem a um só aquífero, e sim a pelo menos dois aquíferos diferentes: o primeiro relacionado com os folhelhos e arenitos do grupo ilhas; o segundo relacionado aos sedimentos inconsolidados do quaternário e ainda algumas águas sob influência da formação Barreiras demonstrado pelo conteúdo de ferro acima dos valores normais, baixo conteúdo de sódio e pH mais ácido.

As análises químicas e isotópicas demonstraram que estas águas pertencem a um ciclo hidrológico raso com circulação limitada à pequenas profundidades, passíveis de contaminação, sendo o aquífero muito vulneráveis.

Apesar da formação Barreiras ser um bom reservatório de água subterrânea, na Ilha de Itaparica essa Formação apresenta-se pouco representativa e insignificantes do ponto de vista hidrogeológico. Assim, a principal fonte de água subterrânea local provém da precipitação e infiltração pelos rios, riachos e lagoas nos aluviões e depósitos de sedimentos inconsolidados do quaternário; e dos arenitos do Grupo Ilhas.

Com relação às análises físico-químicas e microbiológicas das águas coletadas em toda a Ilha de Itaparica, os resultados demonstraram que na sua quase totalidade são impróprias para o consumo humano, no que se diz respeito a sua potabilidade; o que não impede que as mesmas possam ser utilizadas para outros fins, como lavagem de casa, automóveis e irrigação de jardins ou rega de plantas.

Não fora observado uma contaminação de origem salina significativa, pois a vazão dessas cacimbas é pequena, não sendo suficiente para deslocar a cunha salina em direção ao continente. Cuidado especial deve ser tomado no uso excessivo desta água para que a sobretiragem não desloque a cunha salina e possa

comprometer a qualidade desta água, o que vem ocorrendo em alguns dos pontos amostrados, podendo torná-la imprópria para os demais usos.

A análise isotópica refletiu a relação linear entre o ^{18}O e o ^2H , e coincidente com a Linha Meteorica Global características para águas coletadas em regiões quentes. Confirmando que são águas continentais de regiões de clima tropical quente e úmido, sujeitas a evapotranspiração e precipitações elevadas com tempo de residência curto.

Segundo a resolução do CONAMA nº 396/2008 às águas subterrâneas da ilha de Itaparica se classificam como tipo 3. "Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais".

A captação de águas subterrâneas, a partir de cacimbas construídas no local, têm uma importância muito grande no contexto da ilha de Itaparica, no momento que as camadas impermeáveis de folhelhos do grupo ilhas se encontram a partir dos 17 a 30 metros de profundidade. Os poços são relativamente fáceis de serem construídos, baratos e atendem uma casa ou uma pequena comunidade cujos usos se somam ao da água encanada, mas que são utilizadas de forma complementar para lavagem de veículos, irrigação de jardins e lavagem de roupas, louças e até mariscos colhidos nos mangues locais.

Às águas subterrâneas têm que ter o seu uso racionalmente explorado, de modo a assegurar sua disponibilidade e qualidade futura. Assim sendo, o uso destas águas demandam o estabelecimento de programas gerenciais de planejamento, uso e monitoramento hidrogeoquímico e microbiológico; e ainda, medidas educacionais, que visem à preservação do aquífero e evitem o uso impróprio destas águas pela comunidade local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAO, D.; WARME, J.E. Lacustrine and associated deposits in a rifted continental margin--Lower Cretaceous Lagoa Feia Formation, Campos basin, Offshore Brazil, p. 287-305 in Katz, B. J. (ed.), Lacustrine Basin Exploration--Case Studies and Modern Analogs: American Association of Petroleum Geologists Memoir Vol. 50, 1990, 340 p.;

ANA - Agência Nacional de Águas. Inventário de Recursos Hídricos, 2005;

ARMENGAUD, A.; KROSTER, R.; JOUZEL, J.; CIAIS, P. Deuterium excess in Greenland snow: analysis with simple and complex models, Geophysical Research, Vol. 103, p. 8947-8953. 1998;

ARNORSSON,S., GUNNLAUGSSON,E., SVARVARSSON,H. The chemistry of geothermal wates in Iceland.III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. Geochim. Cosmochim. Acta, Vol. 47, p. 567-577. 1983;

AWWA, Standard Methods for the Examinacion of Water and Wastewater. 19th edition. Publication Oficce American Public Health Association, Washington. APHA, AWWA, WEF, 1995;

BAHIA - SEINFRA/SRH. Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-BA), Vol. 1, 2, 3, 4. 2004;

BAHIA – SEPLANTEC/SEI. Perfil das Regiões Econômicas do Estado da Bahia, Brasil, 1994;

BARBOSA, J. F. Texto explicativo para o mapa geológico do estado da Bahia,1994;

BATISTA, M. H. S. Interação entre águas minerais de Itaparica e o Aquífero Periférico. UFBA. Salvador-Ba, 2007;

BERALDO, V. J. Estudo Isotópico ($\delta^{2}\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$) e Hidroquímica na Região de Irecê, Bahia: Contribuição ao Entendimento do Ciclo Hidrológico Regional, 2005;

BITTENCOURT, A. C. S. P.; VILAS BOAS, G. S.; FLEXOR, J. M.; MARTIN, L. Geologia dos depósitos quaternários no litoral do Estado da Bahia. In: INDA H. ed., *Geologia & Recursos Minerais do Estado da Bahia - Textos Básicos*. Salvador, SMEICPM, V. 1, p. 452-464, 1979;

BOWER, H. Ground water hidrology. New York: McGraw-Hill Book Company, 1978, 480p.;

BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo. Livraria Freitas Bastos, 7ªed. Rio de Janeiro, 1989, 898p.;

BRAND, W. A.; AVAK, H.; SEEDORF, R.; HOFMANN, D. E CONRADI, T. New methods for fully automated isotope ratio determination from hydrogen at the natural abundance level, *Geoph. Prosp.*, Vol. 28, p. 967-976, 2000;

BRASIL. SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Dados pluviométricos mensais do nordeste, Estado da Bahia, 1990;

BRASIL. Ministério da Saúde. Norma de Qualidade da Água Para Consumo Humano, Portaria Nº 518, 2004;

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 396, de 03 de abril de 2008;

BRASIL. DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Código de Águas, 1947;

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília, 2006. 212 p.;

BRAZIL J. J. Resume of geologic reconnaissance of the north half of the Bahia sedimentary, embayment northeast Bahia and west edge of Sergipe. S.I., PETROBRÁS (Rei. Int. 20), 1947;

BREDEHOEFT, J. D. The water budget myth revisited: why hydrogeologists model. Ground water. V. 40, n. 4, p. 340-345, 2002;

BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. Ecology of sandy shores. 1ed. Amsterdã: Elsevier, 1990;

CAIXETA J. M., BUENO V. G., MAGNAVITA L. P., FEIJÓ F. J. Bacia do Recôncavo, Tucano e Jatobá. Boletim da PETROBRÁS, Vol. 8(1), p. 163-172, 1994;

CARVALHO, I. G. Fundamentos da Geoquímica dos Processos Exógenos. Salvador: Bureau, 1995, 239 p.;

CARVALHO, M. S. de. Qualidade da água da fonte da bica de Itaparica, Bahia, nordeste do Brasil. Dissertação de mestrado, UFBA. Salvador, 2008, 180 f.;

CEDERSTROM, D. J. Água subterrânea: uma introdução. Rio de Janeiro, Centro de publicações técnicas da aliança, 1964;

CEI – Centro de Estatística e Informações. Informações básicas dos municípios baianos, 1994;

CERB – Companhia de Engenharia Rural da Bahia. Cadastro de poços tubulares, 2009;

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo – 1998-2000. São Paulo, 2001;

CIDU, R.; MULAS, A. D. Geochemical Features of Thermal Waters at Benetutti (Sardinia). Rendiconti Seminario Facoltà Scienze Università Cagliari. Vol.73 Fas.1, p. 39-51, 2003;

CLARK, I. D.; FRITZ, P. Environmental isotopes in hydrogeology: New York, Lewis Publishers, 1997, 328 p.;

COMETTE FILHO, E. F. Qualidade da água do aquífero da Porção Norte da Ilha de Itaparica – Bahia. Salvador, 2008. 99 fls il.;

COPLIN, T. B.; KENDALL, C.; HOPPLE, J. Comparison of stable references sample, Nature, Vol. 302, p. 236-238, 1983;

COSTA, L. J. P. Análise bacteriológica da água. ed. 1. João Pessoa: universitária/UFPB, 1980;

COSTA, I. S. Hidrologia isotópica de águas subterrânea na região de Cipó. Dissertação de Mestrado. UFBA, 1990;

COSTA, W. D. Avaliação de reservas, potencialidade e disponibilidade de aquíferos. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo, 1998. *Anais*. Publicação digital;

CRAIG, H. Isotope standards for carbon and oxygen and connection factors for mass spectrometric analysis of carbon dioxide, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 12, p. 133-149, 1957;

CRAIG, H. Isotopic variations in meteoric waters, *Science*, Vol. 133 (3466), p. 1702-1703, 1961;

CRUZ, W. B.; PEIXOTO, C. A. M. A evolução química das águas subterrâneas de Poços de Caldas – MG. *Revista Brasileira de Geociências*, Vol. 21(I), p. 23-33, 1991;

CUNHA, E. M. S. Evolución actual del litoral de Natal-RN (Brasil) y sus aplicaciones a la gestión integrada. Tese de doutorado. Universidade de Barcelona, 2005;

CUSTÓDIO, E. G.; LLAMAS, M. R. Hidrologia subterrânea. Barcelona: Omega, 1983. 2350p;

DANGAARD, W. Stable isotopes in precipitation, *Tellus*, Vol. 16(4), p. 436-468, 1964;

DINCER, T.; JAVED, A. R. K.; NUTI, S.; TONGIORGI, E. Study of groundwater recharge and movement in shallow and deep aquifer in Saudi Arabia with stable isotopes and salinity data, In: *Isotope Technique Groundwater Hydrology*, vol. 1, p. 363-378, Vienna, I.A.E.A, 1974;

DOMENICO, P. A. Concepts and models in groundwater hydrology, McGraw-Hill, 1972;

EPSTEIN, S.; MAYEDA, T. Variations of ^{18}O content of waters from natural sources, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 4, p. 213-221, 1953;

FAURE, G. Principles of isotopic geology, John Wiley e Sons Incorporated, New York, 1977;

FAURE, G. Principles and applications of Geochemistry. Prentice Hall, New Jersey, 600p., 1998;

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro: CPRM; Fortaleza: UFPE, 1997. 412p;

FENZEL, N. Introdução á hidrogeoquímica. Belém: UFP, 1986. 189 p;

FERZT, N. Introdução a hidrogeoquímica. Gráfica e editora universitária da UFPa, 1988;

FETTER, C. W. Applied hydrogeology. 4ed. Nova Jersey, Prentice-Hall, Inc. 2001, 598p.;

FOSTER, S. S. D. et al. Contaminación de las aguas subterráneas: un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y Caribe en relación con el suministro de agua potable. Lima, [Peru]. CEPIS. 1987, 38 p.;

FREEZE, A. R. Role of subsurface flow in generating surface runoff upstream source areas, *Water Resources Research*, Vol. 8(5), p. 1272–1283, 1972;

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. *Groundwater*. Prentice Hall, Inc. 1979;

FRIEDMAN, I. Deuterium content of natural waters and others substances, *Geoquimica et Cosmochimica*, Vol. 4, p. 89-103. 1953;

GAMA Jr., et al. Revisão estratigráfica da Bacia do Recôncavo/Tucano. *Boletim Técnico da Petrobrás*, Vol. 14 (3/4), p. 157-192, 1971;

GARLICK, G. D.; WEDEPOHL, K. H.: *Handbook of Geochemistry*, vol. 8B, Berlin-Heidelberg, 1969;

GARRELS, R. M.; CHRIST, C. L. *Solutions, minerals and equilibria*. Frieman, Cooper e Company, San Francisco, California, 1965;

GAT, J. R. Comments on the stable isotope method in regional groundwater investigations, *Water Resources Research*, Vol. 7, p. 980-988, 1971;

GHIGNONE, J. I. *Geologia dos sedimentos fanerozóicos do Estado da Bahia. Textos básicos*; SME-CPM – Geologia e recursos minerais da Bahia, Salvador, 1978;

GUERRA, A. M., NEGRÃO, F. I., *Domínios Hidrogeológicos da Bahia*. Companhia de Engenharia Rural da Bahia, Salvador, 1992;

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994;

HADLICH, G. M.; SCHEIBE, L. F. Dinâmica físico-química de águas superficiais. *Geochimica brasiliensis*, Vol. 21(3) p. 245-260, 2007;

HEALY, R. W.; COOK, P. G. Using groundwater levels to estimate recharge. Hydrogeology Journal, Vol. 10, p. 91-109, 2002;

HILL, M. J. et al. Bacteria, nitrosamines and cancer of the stomach. British Journal of Cancer. Vol. 28, p. 562-567, 1973;

HOEFS, J. Stable isotope geochemistry, Springer Verlag Berlim-New york, 1973;

HORNBERGER, G. M.; RAFFENSPERGER, J. P.; WIBERG, P. L.; ESHLEMAN, K. N. Elements of physical hydrology, The John Hopkins University Press, 1998;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1998;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2001;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2003;

JAWETZ, E.; MELNICK, J. L.; ADELBERG, E. A. Microbiologia Médica. ed: 20. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998;

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm;

KRONE, R. B., ORLOB, G. T.; HODGKINSON, C. Movement of coliform bacteria through porous media. Sewage Industry Wastes. Vol. 30, p.1-13, 1958;

LEÃO, C. R. M. Aspectos da circulação da água no aquífero São Sebastião. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências, UFBA, 2003;

LERNER, D. N.; ISSAR, A. S.; SIMMERS, I. Groundwater recharge: a guide to understanding and estimating natural recharge. International Contributions to

Hydrogeology, Vol. 8. International Association of Hydrogeologists, Verlag Heinz Heise, 1990;

LERNER, D. N. Conceptual models of consolidated sedimentary aquifers. Chapter 8 in: C.H. Ward, J.A. Cherry & M.R. Sclaf (eds) Subsurface Restoration, Ann Arbor Press, Michigan, p. 125-133, 1997;

LIMA, O. A. Ç.; RIBEIRO, A. C. Caracterização Hidrogeológica do aquífero São Sebastião na Área de Captação do CIA – Bahia, usando Perfilagens Elétricas de Poços. Revista Brás. de Geofísica, Vol. 1, 11-22, 1982;

LIMA, O. A. L. Filtração de membrana e a salinização da água subterrânea: aplicação a aquíferos da Bacia do Recôncavo e Tucano. Revista Brasileira de Geociências Vol. 13 (1), p. 23-26. São Paulo, 1983;

LOGAN, J. Interpretação de análises químicas da água, U. S. Agency for International Development, 1965;

MACÊDO, J. A. B. Águas e Águas. São Paulo: Varela. Ed: 1. 2001;

MAGNAVITA, L. P., SANCHES, C. P. SILVA, R. R., HOOK, S. C. Guidebook to the Recôncavo Rift Basin, Brazil. AAPGABGP International Conference, Rio de Janeiro, Field Trip nº 5, 1992, 69p.;

MAJOUBE, M. Fractionnement en oxygène-18 et en deutérium entre l'eau et sa vapeur, Chemical Physical, Vol. 197, p. 1423-1436, 1971;

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; VILAS BOAS, G. S.; FLEXOR, J. M. - Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia - *Texto explicativo*. Salvador. SME/CPM. 1980, 57 p.;

MASON, B. H. Princípios de Geoquímica. São Paulo. Editora da USP, 1971. 381p;

MATHER, J. R. Water resources: distribution, use and management. Nova york, Johnwiley & Sons. 1984, 439p.;

MAZOR, E. Applied chemical and isotopic groundwater hidrology, Halsted press a division of Jonh Wiley Sons, 1991;

McKINEY, C. R.; McRAE, J. M.; EPSTEIN, S.; ALLEN, H. A.; UREY, H. C. Improvements in mass spectrometers for the measurements of small di_erences in isotopes abundance ratios. Review of Scienti_c Instruments, Vol. 21, p. 724-730, 1950;

MEDEIROS R. A.; PONTE F. C. Roteiro Geológico da Bacia do Recôncavo (Bahia). Petróleo Brasileiro S.A. – SENPES-DIVEN- Setor de Ensino da Bahia (SEN-BA), 1981, 63p.;

MILANI, E. J. Aspectos da evolução tectônica das bacias do Recôncavo e Tucano Sul. Bahia, Brasil. Cien. Tec. Petrol., Sec. de Expl. PETROBRAS - CENPES, 1987. Vol. 18, 61 p.;

MOOK, W. G.; VRIES, J. J. Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle: Principles and Aplications, vol. 1, International Agency of Atomic Energy, 2001;

NASCIMENTO, K. R. do. Estudo isotópico e hidroquímico de aquíferos no Pólo Petroquímico da Bahia. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, UFBA, Salvador, 1999;

OLIVEIRA, I. B. de. Estudos geofísicos para a determinação da origem e extensão superficial da salinização da água subterrânea em aquíferos da região de Biritinga Pataíba/Ba. Salvador-Ba. Dissertação de Mestrado. UFBA, 1984;

OMS - ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Guías para la calidad del água potable. Genebra, 1995. 195 p.;

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAUDE – Guia para a qualidade de água potable. Genebra, 1998;

PELCZAR JR., M. J.; CHAN E. C. S.; KRIEG, N. R. Microbiologia - conceitos e aplicações. São Paulo: Makron Books, 1996. v. 2;

PIPER, A. M. A. Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analysis. Transactions American Geophysical Union, number 25, p. 914-923, 1944;

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; De LUCA, S. J. Caracterização da qualidade da água. In: Porto, R. L. L. (org) Hidrologia Ambiental. São Paulo: Editora da USP. ABRH, v. 3, p 27-66, 1991;

REBOUÇAS, A. da C. A política nacional de recursos hídricos e as águas subterrâneas. Revista Águas Subterrâneas nº. 16, maio 2002;

RIBEIRO FILHO, A. Comportamento do sódio, magnésio, cálcio e potássio nas precipitações atmosféricas na Bacia do Paraguaçu – Bahia. Tese de mestrado, Salvador- Bahia, 1975;

RICHTER, C. A.; NETTO AZEVEDO, J. M. de. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1991. 332p.;

ROZANSKI, K. L.; SKLASH, M. G.; FARVOLDEN, R. N. The Role of Groundwater in Storm Runoff, J. of Hydrol, Vol. 43, p.45–65, 1993;

SALATI, E.; GUSMÃO, G.; MATSUI, E.; CERVellini, A. Estudo preliminar das concentrações de ¹⁸O e D em águas do Nordeste Brasileiro. Boletim Científico do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 1971;

SANCHES, P. S. Atualização em técnicas para o controle microbiológico de águas minerais. São Paulo: Universidade Mackenzie, 1999;

SANFORD, W. Recharge and groundwater models: an overview. *Hydrogeology Journal*, Vol. 10 (1), p. 110-120, 2002;

SANTOS, R. F. A. Chuvas na Bahia, Ministério da Viação e Obras Públicas, Rio de Janeiro, 1962;

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. *In: F.A.C. FEITOSA & J.M. FILHO (eds.) Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. CPRM, LABHID-UFPE, Fortaleza, p. 81-108, 1997;

SANTOS, P. R. P.; NOBRE, M. M. M.; VILELA, G. M.; CARVALHO, D. M. Groundwater management at the Camaçari Petrochemical Complex: an environmentally sustainable strategy, *In: international symposium*, 1998;

SANTOS, C. P. L. dos, Análise dos processos de salinização das águas subterrâneas da bacia do rio Salitre por meio de traçadores ambientais. Salvador, 2008;

SEI - SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. Balanço hídrico do Estado da Bahia. Salvador, 1999. 250p.;

SCHOELLER, H. Les eaux Souterraines. Masson e Cie Editeurs, Paris, 1962 ;

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. Washington, D.C., American Public Health Association. 20th Edition, 1998;

SIDLE, W. C. Environmental isotopes for resolution of hydrology problems, *Environ. Monitor. Assess.*, Vol. 52, p. 389-410, 1998;

SIMMERS, I. (ed.). Recharge of phreatic aquifers in (semi-) arid areas. International Association of Hydrogeologists, 19, Balkema, Rotterdam, 1997;

SIMPSON, H.; HAMZA, M. S. WHITE, J.; NADA, A.; AWAD, M. Evaporative enrichment of deuterium and oxygen-18 in arid zone irrigation, In: Isotope Techniques in Water Resources Development, IAEA, vol. 299, p. 241-256, IAEA, Vienna, 1987;

SUGUIO, K. Água: Editora Holos. Ribeirão Preto, 2006. 242p. il.;

TELES, L. J. S. Águas de lastro e sustentabilidade: identificação de áreas para deslastre por geoprocessamento – estudo de caso na Baía de Todos os Santos-Ba. Dissertação de mestrado, UnB. Brasília, 2004;

TODD, D. K. Hidrologia de águas subterrâneas. Editora Edgard Blucher Ltda. Rio de Janeiro, 1967. 319p;

THORNTHWAITE, C. W. An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev., New York, v. 38, p. 55-916, 1948;

THORNTHWAITE, C. W., MATHER, R. J. The water Balance. New Jersey: Laboratory of Climatology, v. 8. 1955, 104 p.;

UREY, H. C.; BRICKWEDDE, F. G. An isotope of hydrogen of mass 2 and its concentration, Phys. Rev., Vol. 39, p.864, 1932;

VIANA, C. F.; GAMA Jr., E. G.; SIMÕES, I. A.; MOURA, J. A.; FONSECA, J. R.; ALVES, R. J. Revisão Estratigráfica da Bacia do Recôncavo-Tucano. Bol. Tec. PETROBRAS, Vol. 14(3/4), p. 157-192, 1971;

VIEIRA, L. S. Manual da ciência do solo. 2ª ed. São Paulo, 1988;

VILAGINES, R. Eau, environment et santé publique – Introduction à hydrologie. 2ª ed. Ed. Lavoisier, Paris, 2003, 198p.;

VILLWOCK, J. A. A. Costa brasileira: geologia e evolução. Notas técnicas, v. 7, p. 38-49, 1994;

VRIES, J. J.; SIMMERS, I. Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. Hydrogeology Journal, Vol. 10 (1), p. 5-17, 2002;

WAY, K.; FANO, L.; SACOTT, M. R.; THEW, K. Nuclear data, In: A collection of experimental values of hal_ites, radiation energies, relative isotopic abundances, nuclear moments and cross-sections, vol. 499, Natl. Bur Standart V.S. Circ., 1950;

WESNER, G. M.; BAIER, D. C. Injection of reclaimed waste water into confined Aquifers. Journal of American Water Works Association. Vol. 62, p. 203-206, 1970;

WISMER, R. K. Quantitative Analyses with ionic equilibrium, New York, macmillan Publishing Company, 1991;

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In: KOMAR, P. D. CRC Handbook of coastal processes and erosion. CRC Press, Inc. Flórida, p. 35-64, 1983;

Sítios da Internet

PORTAL DO MUNICIPIO DE VERA CRUZ
<http://www.veracruz.ba.gov.br>

WIKIPEDIA
<http://pt.wikipedia.org>

PORTAL DO MUNICIPIO DE ITAPARICA
www.itaparica.ba.gov.br

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
www.cptec.inpe.br/proclima

FUNCEME
<http://www.funceme.br/DEHID/qualigraf/download.htm>

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL
<http://www.mds.gov.br/programas/cisternas/agua/cacimbao/>

DICIONÁRIO LIVRE DE GEOCIÊNCIAS
<http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/OD>

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS
<http://www.ana.gov.br>

APÊNDICE A

FICHA DE COLETA PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA

POÇO: _____ DATA: ____/____/_____
LOCALIDADE: _____ HORA: _____
COORDENADAS GPS: _____ ALTITUDE: _____
VAZÃO DO POÇO: _____ NIVEL PIEZOMETRICO: _____
TEMP (AR): _____ TEMP (ÁGUA): _____
CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS: _____

DESCRIÇÃO LOCAL: _____

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS:

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
COR		
TURBIDEZ		
ODOR		
SABOR		
Ph		
Condutividade elétrica		
Eh		
Sólidos totais dissolvidos		
Alcalinidade total		
Bicarbonato (HCO ₃)		
OD		
Cálcio		
Cloreto		
Nitrato		
DBO		
DQO		
Dureza (CaCO ₃)		
Flúor		
Ferro		
Fosfato		
Magnésio		
Sulfato		
Sódio		
Potássio		
Cloro livre		
Nitrogênio total		
Coliformes totais		
Coliformes fecais		

APÊNDICE B

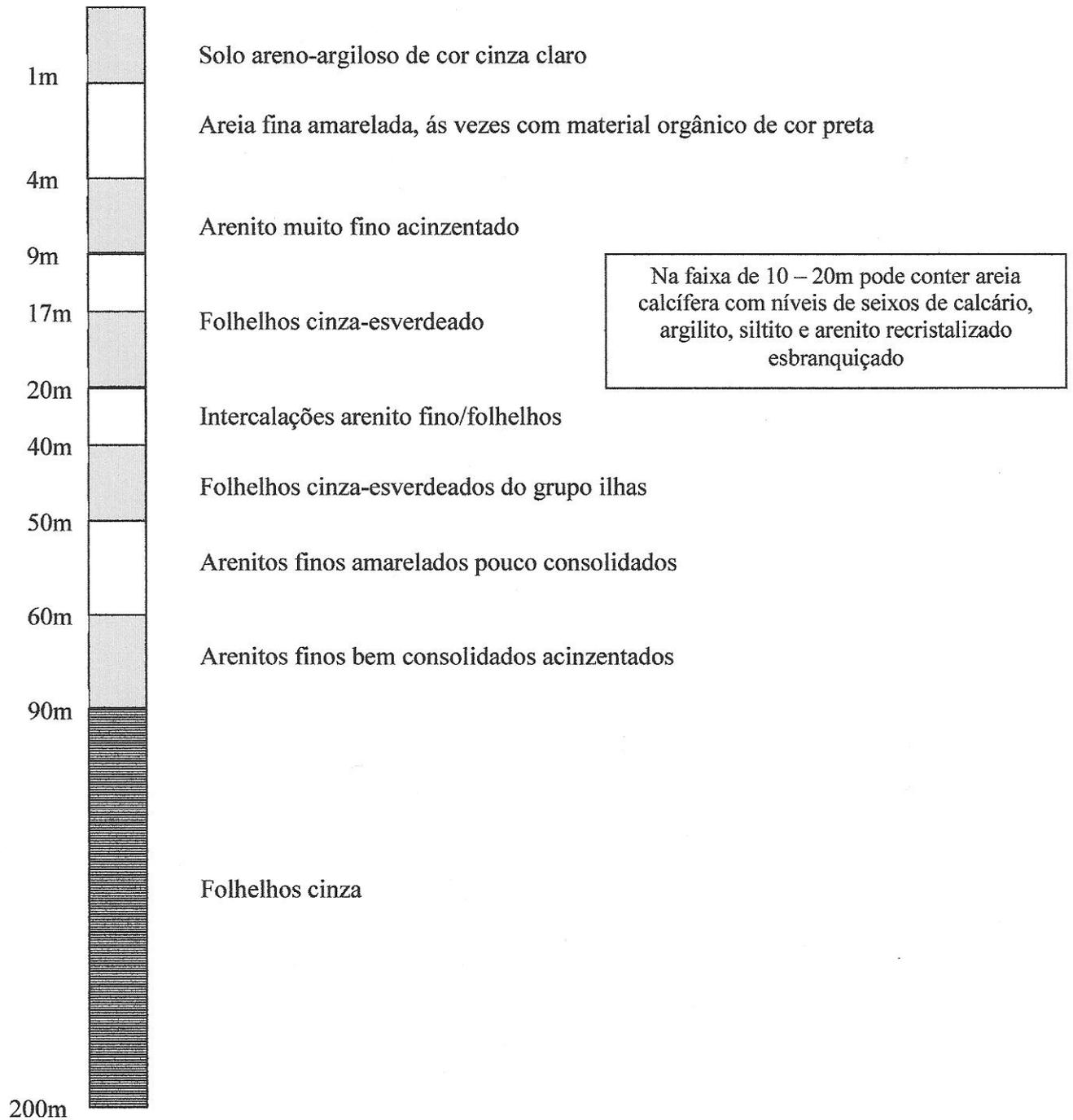


Figura Coluna estatigráfica com base nos poços perfurados pela CERB.

APÊNDICE C

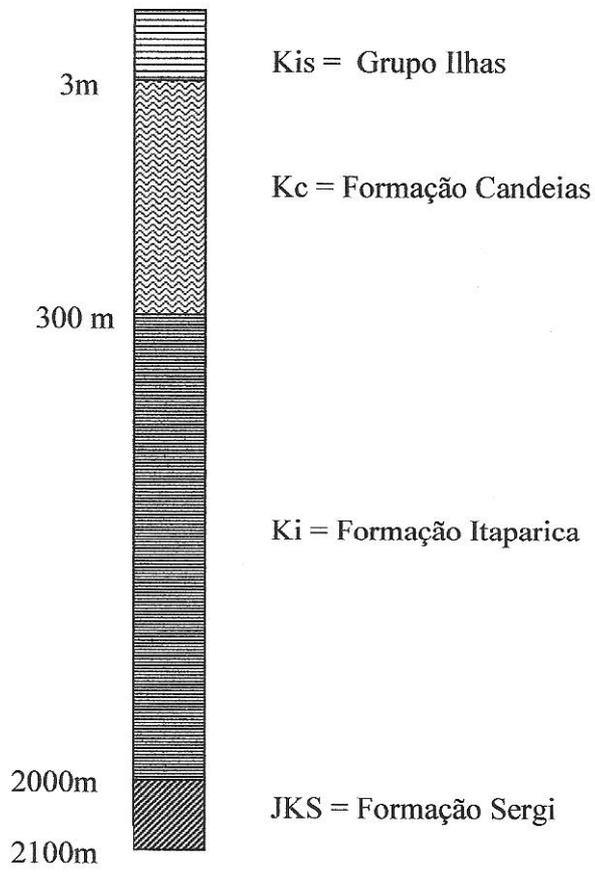
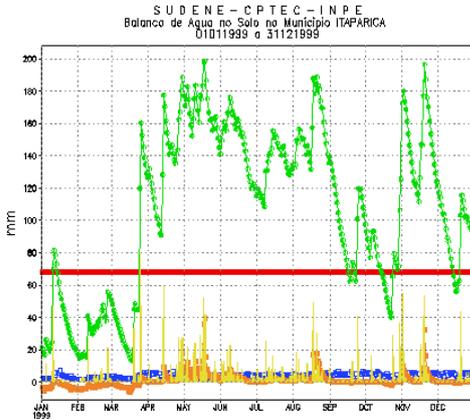


Figura Coluna estatigráfica com base nos poços perfurados pela PETROBRAS.

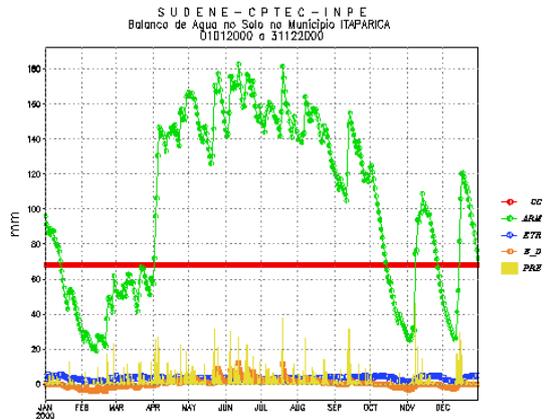
ANEXOS

BALANÇO HÍDRICO NO MUNICÍPIO DE ITAPARICA – BA / ANO 1999 - 2008



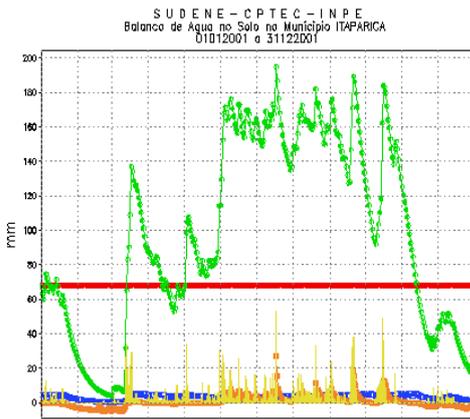
Ponto de dados: CXC0/TNPE-INDUST-FLORESTA/CE-LAGOS/PB-EMPANH/BA-DIMAS/PB
SRE/BA-NIXEN/AL-SILVAB/PY-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS

CPTEC/INPE



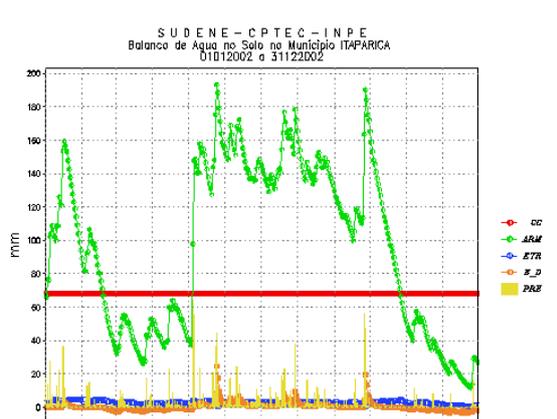
Ponto de dados: CXC0/TNPE-INDUST-FLORESTA/CE-LAGOS/PB-EMPANH/BA-DIMAS/PB
SRE/BA-NIXEN/AL-SILVAB/PY-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS

CPTEC/INPE



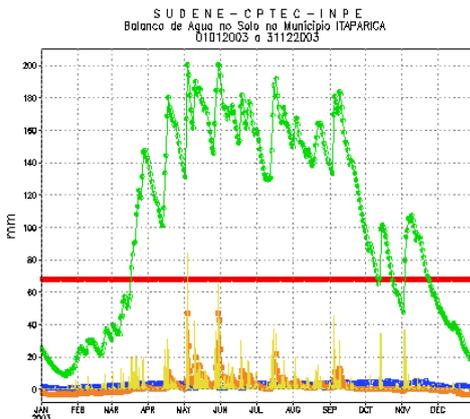
Ponto de dados: CXC0/TNPE-INDUST-FLORESTA/CE-LAGOS/PB-EMPANH/BA-DIMAS/PB
SRE/BA-NIXEN/AL-SILVAB/PY-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS

CPTEC/INPE



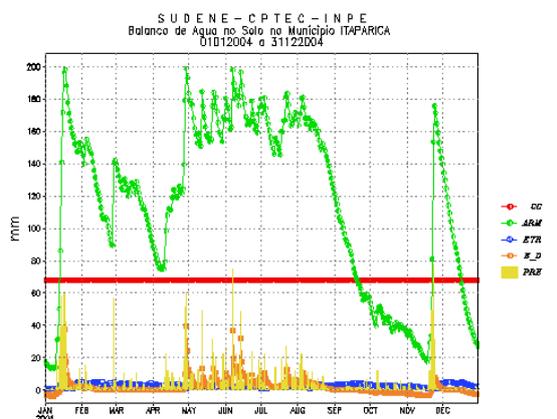
Ponto de dados: CXC0/TNPE-INDUST-FLORESTA/CE-LAGOS/PB-EMPANH/BA-DIMAS/PB
SRE/BA-NIXEN/AL-SILVAB/PY-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS

CPTEC/INPE



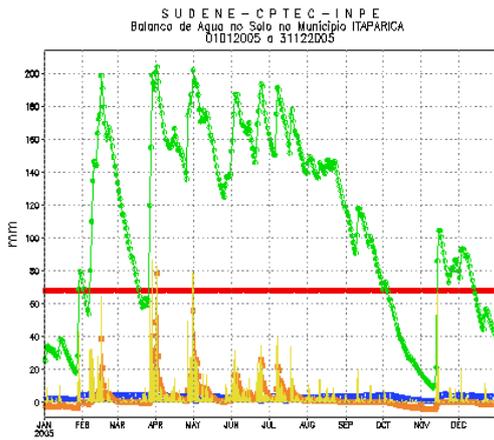
Ponto de dados: CXC0/TNPE-INDUST-FLORESTA/CE-LAGOS/PB-EMPANH/BA-DIMAS/PB
SRE/BA-NIXEN/AL-SILVAB/PY-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS

CPTEC/INPE



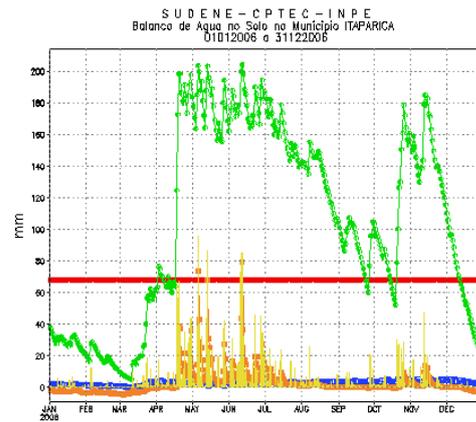
Ponto de dados: CXC0/TNPE-INDUST-FLORESTA/CE-LAGOS/PB-EMPANH/BA-DIMAS/PB
SRE/BA-NIXEN/AL-SILVAB/PY-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS-CRPEC2/RS

CPTEC/INPE



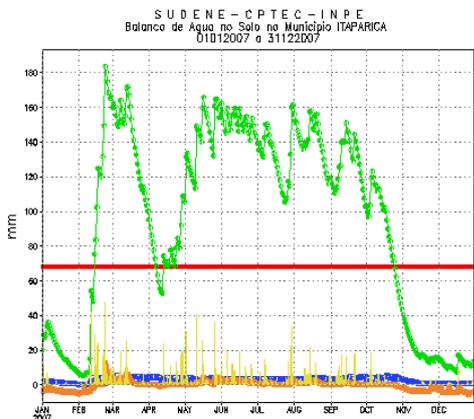
Ponto de dados: CXC0/TNPE-TNWT-FUNCEBS/CS-LABE/PE-EMPANU/AN-DIARI/PE
 SRE/BA-NORR/AL-SERAB/PI-CPPE2/DS-ORATO/INOR/NO-SRAG/ES

CPTEC/INPE



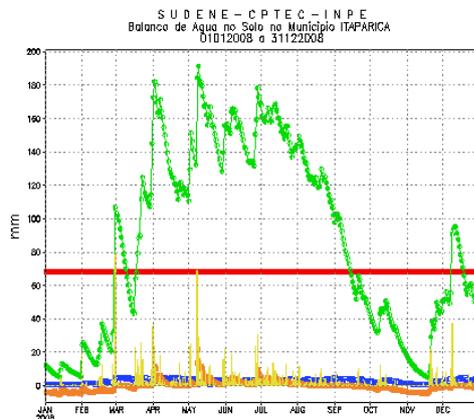
Ponto de dados: CXC0/TNPE-TNWT-FUNCEBS/CS-LABE/PE-EMPANU/AN-DIARI/PE
 SRE/BA-NORR/AL-SERAB/PI-CPPE2/DS-ORATO/INOR/NO-SRAG/ES

CPTEC/INPE



Ponto de dados: CXC0/TNPE-TNWT-FUNCEBS/CS-LABE/PE-EMPANU/AN-DIARI/PE
 SRE/BA-NORR/AL-SERAB/PI-CPPE2/DS-ORATO/INOR/NO-SRAG/ES

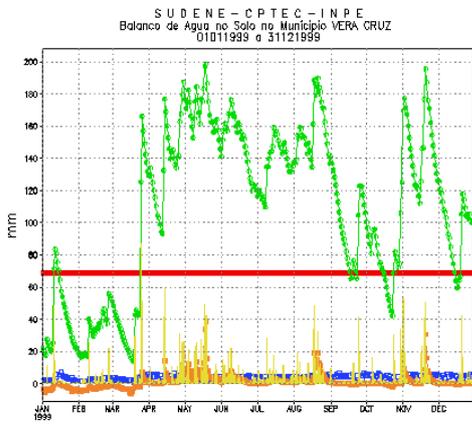
CPTEC/INPE



Ponto de dados: CXC0/TNPE-TNWT-FUNCEBS/CS-LABE/PE-EMPANU/AN-DIARI/PE
 SRE/BA-NORR/AL-SERAB/PI-CPPE2/DS-ORATO/INOR/NO-SRAG/ES

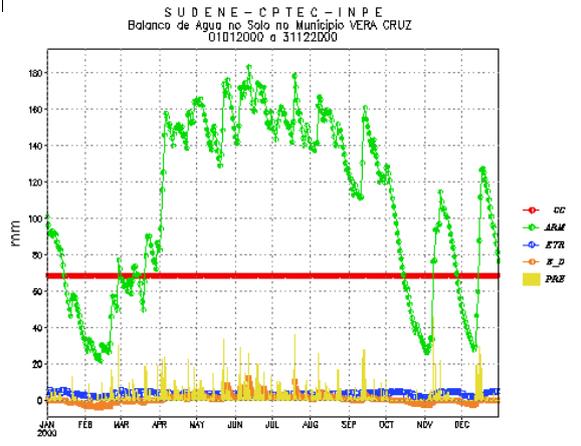
CPTEC/INPE

BALANÇO HÍDRICO NO MUNICÍPIO DE VERA CRUZ – BA / ANO 1999 - 2008



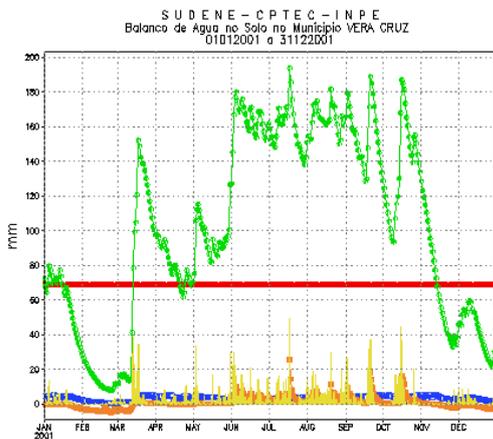
Ponto de dados: CXCQ/INPE-TQNET-FUNCEBS/CE-LAGE/PE-EMPANH/BA-DIMAS/PE
SRE/BA-INIBR/AL-SERAB/PI-CPPEC/RS-CRATO/SINOR/RO-SERAG/RS

CPTEC/INPE



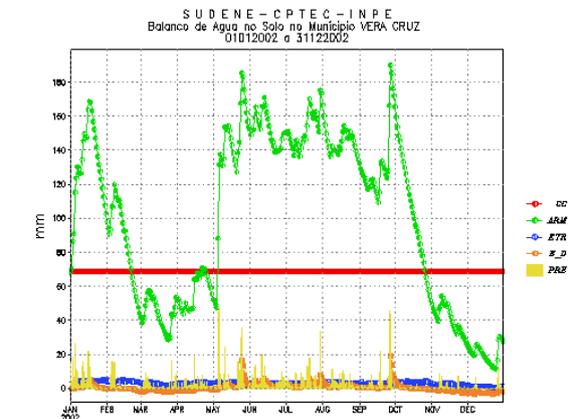
Ponto de dados: CXCQ/INPE-TQNET-FUNCEBS/CE-LAGE/PE-EMPANH/BA-DIMAS/PE
SRE/BA-INIBR/AL-SERAB/PI-CPPEC/RS-CRATO/SINOR/RO-SERAG/RS

CPTEC/INPE



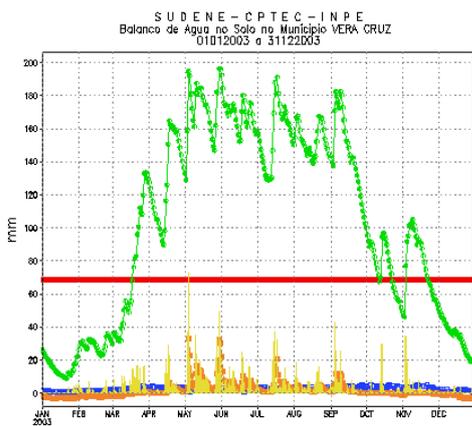
Ponto de dados: CXCQ/INPE-TQNET-FUNCEBS/CE-LAGE/PE-EMPANH/BA-DIMAS/PE
SRE/BA-INIBR/AL-SERAB/PI-CPPEC/RS-CRATO/SINOR/RO-SERAG/RS

CPTEC/INPE



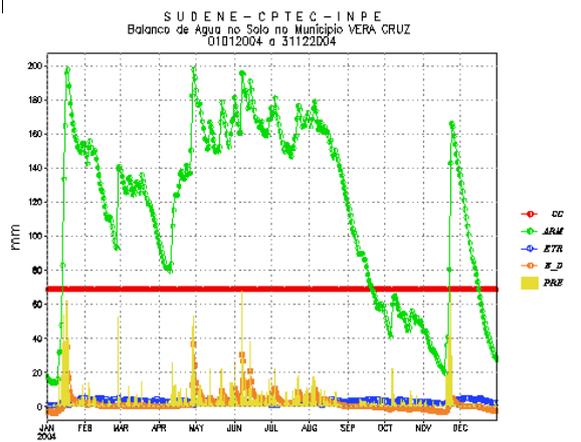
Ponto de dados: CXCQ/INPE-TQNET-FUNCEBS/CE-LAGE/PE-EMPANH/BA-DIMAS/PE
SRE/BA-INIBR/AL-SERAB/PI-CPPEC/RS-CRATO/SINOR/RO-SERAG/RS

CPTEC/INPE



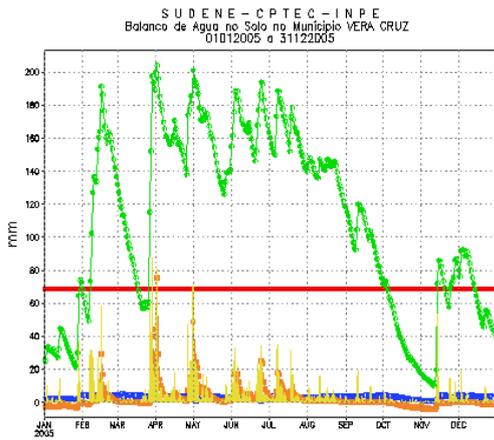
Ponto de dados: CXCQ/INPE-TQNET-FUNCEBS/CE-LAGE/PE-EMPANH/BA-DIMAS/PE
SRE/BA-INIBR/AL-SERAB/PI-CPPEC/RS-CRATO/SINOR/RO-SERAG/RS

CPTEC/INPE



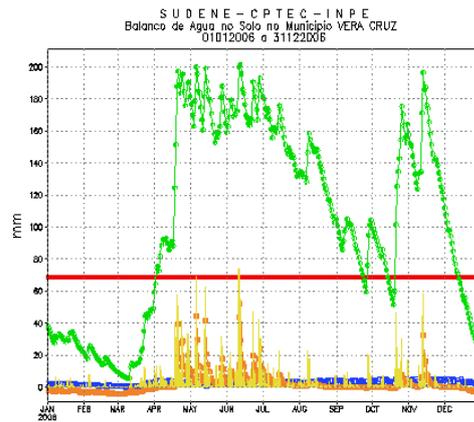
Ponto de dados: CXCQ/INPE-TQNET-FUNCEBS/CE-LAGE/PE-EMPANH/BA-DIMAS/PE
SRE/BA-INIBR/AL-SERAB/PI-CPPEC/RS-CRATO/SINOR/RO-SERAG/RS

CPTEC/INPE



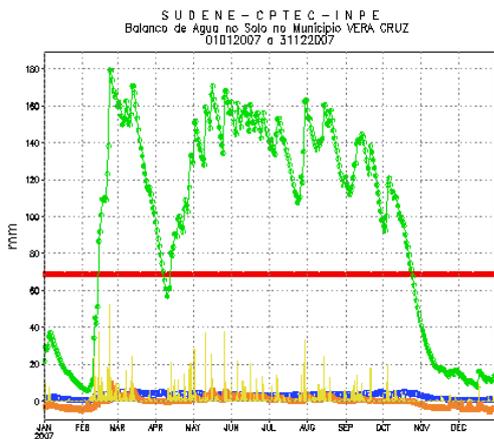
Ponto de dados: CXC0/INPE-DINMET-FUNOBRAS/CR-LAGE/PB-EMPARN/BA-DIAGE/PB
 SRE/BA-RIBER/AL-SERAB/PI-CPREG/SB-CRATU/SINOR/MO-SIAG/ES

CPTEC/INPE



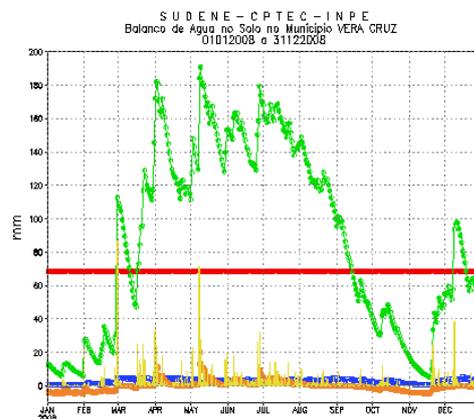
Ponto de dados: CXC0/INPE-DINMET-FUNOBRAS/CR-LAGE/PB-EMPARN/BA-DIAGE/PB
 SRE/BA-RIBER/AL-SERAB/PI-CPREG/SB-CRATU/SINOR/MO-SIAG/ES

CPTEC/INPE



Ponto de dados: CXC0/INPE-DINMET-FUNOBRAS/CR-LAGE/PB-EMPARN/BA-DIAGE/PB
 SRE/BA-RIBER/AL-SERAB/PI-CPREG/SB-CRATU/SINOR/MO-SIAG/ES

CPTEC/INPE



Ponto de dados: CXC0/INPE-DINMET-FUNOBRAS/CR-LAGE/PB-EMPARN/BA-DIAGE/PB
 SRE/BA-RIBER/AL-SERAB/PI-CPREG/SB-CRATU/SINOR/MO-SIAG/ES

CPTEC/INPE



OPTQ / LABORATÓRIO DE BACTERIOLOGIA DE ÁGUA

INSTRUÇÃO DE COLETA PARA ANÁLISE BACTERIOLÓGICA EFETUADA PELO CLIENTE

Este procedimento estabelece os passos necessários para a coleta de amostra de Água Tratada, Poços, Águas Superficiais (rios, lagos, etc) e Praias, de modo a manter sua integridade.

1. PROCEDIMENTOS GERAIS

- 1.1 - Preencher na planilha todas as informações solicitadas referente a amostra e ao local da coleta;
- 1.2 - Identificar no frasco de coleta a procedência (poço, cisterna, lagoa, rio, reservatórios etc); a identificação deve ser colocada no lado oposto da etiqueta do laboratório, pois essas são reutilizadas;
- 1.3 - No momento da coleta anotar qualquer irregularidade observada, como por exemplo:
 - Torneira com vazamento, enferrujada, suja, etc.
 - Acúmulo de lixo ou qualquer outro material impróprio, nas proximidades do ponto de coleta.
 - Presença de animais mortos, floração de algas nas represas, mananciais, rios, lago ou praias. Comunicar no momento da entrega da amostra ao Laboratório.
- 1.4 - Fazer assepsia das mãos e do ponto a ser coletado se houver torneira, na saída da bomba, tubos etc, com álcool à 70%;
- 1.5 - Manter sempre limpo e em local isento de contaminação, os materiais acessórios: fios de nylon, chumbadas, e corda;
- 1.6 - Remover a tampa do frasco com todos os cuidados de assepsia para evitar contaminação da parte interna que fica em contato com a amostra;
- 1.7 - **Coletar a amostra até cerca de 90% da capacidade do frasco (dois dedos do topo), possibilitando a homogeneização correta da amostra, antes de iniciar a análise;**
- 1.8 - Transportar o mais rápido possível a(s) amostra(s), em caixas térmicas com gelo, para preservar a integridade da mesma, durante o transporte para o Laboratório Central.
O tempo máximo permitido entre a coleta e a realização da análise para coliformes é de 24 horas em água tratada e 8 horas para água bruta.
O tempo máximo permitido entre a coleta e a realização da análise de organismos heterotróficos para água tratada ou bruta é de 8 horas.
- 1.9 - Encaminhar para o Laboratório atentando para o horário de recebimento de amostras:
 - De Segunda à Quinta – 8:00 às 11:30hs / 13:30 às 16:00hs
 - Sexta e Véspera de Feriado – 8:00 às 11:30hs
- 1.10 - Solicitar a Secretaria qualquer esclarecimento sobre alguma dúvida que venha a surgir.

2. INSTRUÇÕES PARA COLETA

RESERVATÓRIOS DOMICILIARES E POÇO EQUIPADO COM BOMBA:

- Dar uma descarga de \pm 2 a 3 min, com a torneira totalmente aberta. Reduzir o fluxo de água para que não haja respingo ao redor do frasco. Remover a tampa, e coletar a amostra diretamente para o frasco.

POÇO, CISTERNA OU TANQUE SEM BOMBA:

- Coletar diretamente no fundo do poço ou reservatório, submergindo o frasco de coleta, utilizando para isso um fio de nylon ou corda e chumbada. Caso não tenha condição de utilizar diretamente o frasco de coleta e tenha que usar recipiente para transferir a amostra, utilizar recipiente esterilizado. Não se deve retirar amostras da camada superficial da água, evitando a contaminação com a espuma ou com o material das paredes do poço.

TABELA COM OS LIMITES DA ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

AAS v ICP - A quick guide

ICP-OES Flame AAS Furnace AAS

Detection Limits	Best for : Refractories Non metals P, S, B, Al V, Ba, Ti	Best for : Group I metals Na, K Volatile elements Pb, Zn Rare Earths	Best for : All elements except : B,W,U, Refractories, eg P, S Halogens
Sample Throughput	Best if more than 6 elements/sample	Best if less than 6 elements/sample	Slow (typically 4 mins/element)
Linear Dynamic Range	10 ⁵	10 ³	10 ²
Precision			
Short Term	0.3 - 2%	0.1 - 1%	0.5 - 5%
Long Term (over 8 hrs)	Less than 5%		
Interferences			
Spectral	Many	Virtually None	Minimal
Chemical ionization	Virtually None Minimal	Some Some	Many Minimal
Operating costs	High	Low	Relatively high
Combustible gases	No	Yes	No

TABELA COM OS LIMITES DE DETECÇÃO DOS ELEMENTOS POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

Table 1

Guide to ICP/AAS Analytical Values

Element		ICP		Flame AA		Zeeman Furnace AA					
		Detection		Characteristic	Detection	Flame Characteristic ^d		MSR			
		λ (nm)	Limit	Conc	Limit	Type	Conc ^e	Mass			
		AA	ICP	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$		$\mu\text{g/L}$	pg	%	El	
Silver	Ag	328.1	328.068	3	30	2	Air	0.035	0.7	97	Ag
Aluminium	Al	308.3	167.081	1.5	800	30	N ₂ O	0.25	5	100	Al
Arsenic	As	193.7	188.985	12	500	300	N ₂ O	0.5	10*	86	As
Gold	Au	242.8	267.595	5.5	100	10	Air	0.22	4.4	94	Au
Boron	B	249.8	249.773	1.5	8000	500	N ₂ O	43	855*	70	B
Barium	Ba	553.6	455.403	0.07	200	20	N ₂ O	0.85	17	100	Ba
Beryllium	Be	234.9	313.042	0.2	15	1	N ₂ O	0.025	0.5	64	Be
Bismuth	Bi	223.1	223.061	12	200	50	Air	0.45	9	88	Bi
Bromine	Br		163.340	6000							Br
Carbon	C		247.856	65						-	C
Calcium	Ca	422.7	393.366	0.03	10	1	N ₂ O	0.03	0.6	94	Ca
Cadmium	Cd	228.8	228.802	1.5	10	2	Air	0.01	0.2*	87	Cd
Cerium	Ce	520.0	418.660	7.5	100000	100000	N ₂ O			-	Ce
Chlorine	Cl		725.665	200000						-	Cl
Cobalt	Co	240.7	228.616	5	50	5	Air	0.21	4.2	98	Co
Chromium	Cr	357.9	267.716	4	50	6	N ₂ O	0.075	1.5	100	Cr
Cesium	Cs	852.1	455.531	3200	20	4	Air	0.55	11	58	Cs
Copper	Cu	324.7	324.754	2	30	3	Air	0.3	6	84	Cu
Dysprosium	Dy	421.2	353.170	0.3	600	30	N ₂ O	2.3	45	100	Dy
Erbium	Er	400.8	337.271	0.7	500	50	N ₂ O	5	100	100	Er
Europium	Eu	459.4	381.967	0.3	300	1.5	N ₂ O	1.3	25	100	Eu
Iron	Fe	248.3	259.940	1.5	50	6	Air	0.06	1.2	97	Fe
Gallium	Ga	294.4	417.206	6.5	800	100	Air	0.23	4.5*	80	Ga
Gadolinium	Gd	368.4	342.247	2.5	20000	2000	N ₂ O			-	Gd
Germanium	Ge	265.1	265.118	13	1000	200	N ₂ O	0.45	9*	100	Ge
Hafnium	Hf	307.3	264.141	4	10000	2000	N ₂ O			-	Hf
Mercury	Hg	253.7	184.950	8.5	1500	200	Air	7.5	150*	69	Hg
Holmium	Ho	410.4	345.600	0.5	700	40	N ₂ O			-	Ho
Iodine	I		178.276	60						-	I
Indium	In	303.9	325.609	18	150	40	Air	0.35	7.0*	100	In
Iridium	Ir	208.9	224.268	3.5	800	500	Air	6.8	135	97	Ir
Potassium	K	766.5	766.490	10	7	3	Air	0.02	0.4	90	K
Lanthanum	La	550.1	379.478	0.02	40000	2000	N ₂ O			-	La
Lithium	Li	670.8	670.784	0.6	20	2	Air	0.2	4	49	Li
Lutetium	Lu	336.0	261.542	0.05	7000	300	N ₂ O			-	Lu
Magnesium	Mg	285.2	279.553	0.1	3	0.3	Air	0.01	0.2	75	Mg
Manganese	Mn	279.5	257.610	0.3	20	2	Air	0.03	0.6	92	Mn
Molybdenum	Mo	313.3	202.030	4	300	20	N ₂ O	0.35	7	96	Mo
Nitrogen	N		174.272	50 000						-	N
Sodium	Na	589.0	588.995	1	3	0.2	Air	0.005	0.1	92	Na
Niobium	Nb	334.9	309.418	4	20000	2000	N ₂ O			-	Nb
Neodymium	Nd	492.5	401.225	2	6000	1000	N ₂ O			-	Nd
Nickel	Ni	232.0	231.604	5.5	70	10	Air	0.24	4.8	98	Ni
Osmium	Os	290.9	225.585	5	1000	100	N ₂ O			-	Os
Phosphorous	P	213.6	177.499	18	120000	40000	N ₂ O	110	2200*	69	P
Lead	Pb	217.0	220.353	14	100	10	Air	0.28	5.5	92	Pb
Palladium	Pd	244.8	340.458	7	50	10	Air	0.43	8.6	100	Pd
Praseodymium	Pr	495.1	417.939	0.8	20000	10000	N ₂ O			-	Pr
Platinum	Pt	265.9	265.945	20	1000	100	Air	3.5	70	82	Pt
Rubidium	Rb	780.0	780.023	35	50	10	Air	0.05	1	90	Rb
Rhenium	Re	346.1	227.525	11	8000	1000	N ₂ O			-	Re

Guide to ICP/AAS Analytical Values

Element		ICP		Flame AA		Zeeman Furnace AA					
		λ (nm)		Detection	Characteristic	Detection	Flame	Characteristic'	MSR		
		AA	ICP	Limit	Conc	Limit	Type	Conc'	Mass	%	EI
				$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$		$\mu\text{g/L}$	pg		
Rhodium	Rh	343.5	343.489	5	100	5	Air	0.4	8	95	Rh
Ruthenium	Ru	349.9	267.876	5.5	400	100	Air	0.75	15	100	Ru
Sulphur	S		180.734	20							S
Antimony	Sb	217.6	217.581	18	300	40	Air	0.5	10	96	Sb
Scandium	Sc	391.2	361.384	0.4	300	50	N ₂ O				Sc
Selenium	Se	196.0	196.026	37	1000	500	N ₂ O	0.7	14*	92	Se
Silicon	Si	251.6	251.611	5	1500	300	N ₂ O	0.75	15	100	Si
Samarium	Sm	429.7	442.434	7	6000	1000	N ₂ O				Sm
Tin	Sn	235.5	242.949	15	700	100	N ₂ O	0.5	10*	93	Sn
Strontium	Sr	460.7	407.771	0.02	40	2	N ₂ O	0.1	2	94	Sr
Tantalum	Ta	271.5	268.517	9	10000	2000	N ₂ O				Ta
Terbium	Tb	432.7	350.917	5	7000	700	N ₂ O	0.18	3.5	90	Tb
Tellurium	Te	214.3	214.281	27	200	30	Air	0.45	9*	93	Te
Thorium	Th		274.716	17							Th
Titanium	Ti	364.3	334.941	0.6	1000	100	N ₂ O	2.5	50	100	Ti
Thallium	Tl	276.8	351.924	16	200	20	Air	0.75	15	63	Tl
Thulium	Tm	371.8	346.220	1.5	300	20	N ₂ O				Tm
Uranium	U	358.5	385.958	18	100000	40000	N ₂ O				U
Vanadium	V	318.5	309.311	2	700	100	N ₂ O	1.1	22	79	V
Tungsten	W	255.1	239.709	17	5000	1000	N ₂ O				W
Yttrium	Y	410.2	371.030	0.2	2000	200	N ₂ O				Y
Ytterbium	Yb	398.8	328.937	0.3	60	4	N ₂ O	0.15	3	97	Yb
Zinc	Zn	213.9	213.856	0.9	8	1.0	Air	0.0075	0.15	92	Zn
Zirconium	Zr	360.1	339.198	1.5	9000	1000	N ₂ O				Zr

NOTES :

* Modifier used to obtain these results.

+ 20 μL injection

The Characteristic Masses listed were determined in aqueous solution using maximum heating rate in argon with zero gas flow during atomization.

For Deuterium Furnace systems, the equivalent Characteristic Concentration and Characteristic Mass is easily calculated using the following conversion:

$$\text{CMn} = \text{CMz} \times \text{MSR} (\%) / 100 \quad \text{CCn} = \text{CCz} \times \text{MSR} (\%) / 100$$

where:

CMn = Characteristic Mass for Deuterium Furnace Systems

CMz = Characteristic Mass for Zeeman Furnace Systems (from Table above)

MSR = Magnetic Sensitivity Ratio (as % from Table above)

CCn = Characteristic Concentration for Deuterium Furnace Systems

CCz = Characteristic Concentration for Zeeman Furnace Systems (from Table above).