UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEOFÍSICAS E GEOLÓGICAS

ESTUDO DE ÁGUAS DESTINADAS AO CONSUMO DA POPULAÇÃO DAS BAIXADAS DA CIDADE DE BELÉM-PA (BAIRRO DA SACRAMENTA). AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SOB OS ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICO, BIOQUÍMICO E BACTERIOLÓGICO.

Tese Apresentada por

LÚCIA BECKMANN DE CASTRO MENEZES

como requisito parcial à obtenção do grau em

MESTRE EM CIÊNCIAS

Na área de

GEOQUÍMICA

Conferido pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Geofísicas e Geológicas da Universidade Federal do Pará

Aprovado: 04.10.1985

WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA (ORIENTADOR)

JOSÉ DA SILVEIRA NETO

NORBERT FENZL

Comitê de Tese

DEDICATÓRIA

A meus pais, pelo exemplo que me foi transmitido, pela minha formação intelectual e pelo apoio constante em todos os momentos da minha vida.

Ao Mauro, marido, amigo e companheiro, pela compreenção, paciência, apoio, incentivo e ajuda, demonstrados em todos os momentos de nosso convívio, sem os quais dificilmente estaria concluindo este trabalho.

A meus filhos, André e Aline, que apesar da pouca idade, souberam entender a minha ausência e compreender a necessidade do silêncio, contribuindo e dando-me fôrças para que eu não desistisse.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Waterloo Napoleão de Lima, pela competente orientação, pela paciência, colaboração e incentivo demonstrados durante toda a execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Norbert Fenzl, pela formulação da idéia inicial e pela colaboração recebida.

Ao Prof. Dr. José da Silveira Neto, pela participação no Comitê de Tese, pela competente análise crítica executada.

Ao Centro de Geo-Ciências que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao CNPq. órgão financiador e à FADESP, órgão administrador, que tornaram viável a execução deste projeto.

Ao Departamento de Operações e Processos Químicos, pela compreensão demonstrada.

À Vera Nobre Braz, companheira e amiga, pela amizade, paciência, apoio e incentivo, pelas discussões e sugestões durante o período do mestrado.

Ao Prof. Manoel Quaresma da Costa, pela importante participação no período de execução das análises de absorção atômica termoelétrica.

Aos colegas Nely Odane da Silva, Olímpia Maria de Oliveira Fanha e Raimundo Nonato Maciel, pela indispensável colaboração recebida.

Aos técnicos Manuel Pereira Magalhães, José Herculano da Silva Neto, Célia Maria Rodrigues Costa e Jorge Luís Oliveira, pelo importante e valioso auxílio na execução das coletas e análises.

Às bibliotecárias Teresa Yone Souza Filho Moura, Lourdes Márcia Nogueira Leite e Leila Rayol de Lima, pela paciência e atenção na revisão e normalização deste trabalho.

Às secretárias Aracilda da Costa Santos, Lucila Carvalho da Silva e Otávia Olívia Monteiro de Lima, pela amizade, pela paciência e competência na execução dos serviços datilográficos.

Ao Sr. José Joaquim Estêves do setor de reprografia, pela presteza com que sempre me atendeu.

Aos desenhistas Eduardo Paulino da Silva Neto e Cláudio Rêgo de Miranda, pela atenção e pela competência no trabalho executado.

Ao técnico em computação Paulo Pereira Magalhães, pelo auxílio na etapa de utilização do computador.

Às amigas Marilena Emmi Araújo e May Parry Acatauassú, pela colaboração nas traduções.

Ao meu irmão Fernando Beckmann, pela ajuda na diagramação das figuras e tabelas.

À todos aqueles que direta ou indiretamente contribuiram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

		Pag.
	DEDICATÓRIA	I
	AGRADECIMENTO	II
	LISTA DE ILUSTRAÇÕES	IV
	RESUMO	1
	ABSTRACT	3
1	INTRODUÇÃO	5
2	GENERALIDADES	7
2.1	Localização da Área	7
2.1.1	Área de Estudo	11
2.2	População	11
2.3	Clima	15
2.4	Vegetação	17
2.5	Topografia	19
3	GEOLOGIA	22
3.1	Geologia de Região de Belém	22
3.2	Geologia da Bacia do Una-Sacramenta	23
3.3	Geomorfologia	25
3.3.1	Litoral Amazônico	25
3.3.2	Rio Guamá	26
3.3.3	Grés-do-Pará	26
3.3.4	Geomorfologia da Região Metropolitana de Belém	27
3.3.5	Geomorfologia da Bacia do Una-Sacramenta	27
3.4	Solos	29
3.4.1	Solos da Região Metropolitana de Belém	30
3.4.2	Solos da Bacia do Una-Sacramenta	30
3.5	Hidrografia	33
3.5.1	Rio Guamá	34
3.5.2	Hidrografia da Bacia do Una-Sacramenta	36
4	ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BELÉM	38
4.1	Breve Histórico do Abastecimento de Água e Sistema de Esgôtos de Belém	38
4.2	Mananciais	39
4.2.1	Rio Guamá	39

Pag.

4.2.2 Lagos Bolonha e Água Preta 39
4.2.3 Situação Atual dos Lagos 40
4.3 Sistema Atual de Abastecimento de Água 41
4.3.1 Sistemas de Distribuição 41
4.4 Ampliação do Sistema de Abastecimento de Água 44
4.5 Tratamento de Águas 47
4.5.1 Tratamento Efetuado na ETA São Braz 48
4.5.2 Tratamento Efetuado na ETA 5º Setor 49
4.6 Esgôtos Sanitários de Belém 50
5 ASPECTOS DE SANEAMENTO DE BELÉM 55
5.1 Proteção Contra Inundações 55
5.2 Bacias de Drenagem 55
5.2.1 Área A (una) 57
5.2.2 Área B 57
5.2.3 Área C 57
5.2.4 Área D 58
5.2.5 Área E 58
5.3 Saneamento Básico nas Baixadas 58
5.3.1 Bacia do Una-Bairro da Sacramenta 59
5.4 Doenças Hídricas 62
5.4.1 Enterobactérias 65
5.4.2 Protozoários 66
5.4.3 Vírus 66
5.4.4 Vermes 67
5.4.5 Esquistossomose 67
6 MATERIAIS E MÉTODOS 69
6.1 Amostragem 69
6.2 Técnicas de Coleta 69
6.3 Prazo de Análise 71
6.4 Métodos Analíticos 72
6.4.1 Absorção Atômica 75
6.4.2 Bacteriologia 76
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES 79
7.1 Características Organolépticas 79
7.2 pH - Eh 82
7.3 Côr e Turbidez 85
7.4 Temperatura e Condutividade Elétrica 85

Pag.

7.5 Alcalinidade e Dureza 87
7.6 Cátions : Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Fe total 88
7.7 Ânions : HCO_3^{-}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, NO_3^{-}, PO_4^{3-}, SiO_3^{2-}..... 89
7.8 Nitrogênio 90
7.9 Oxigênio 91
7.10 Óleos e Graxas e Fenóis 92
7.11 Cloro Residual 93
7.12 Análise Bacteriológica 93
7.13 Elementos Traços 95
7.13.1 Alumínio 96
7.13.2 Cobalto 96
7.13.3 Cobre 96
7.13.4 Manganês 97
7.13.5 Níquel 97
7.13.6 Chumbo 103
7.13.7 Cromo 103
7.14 Comparação com os Padrões de Potabilidade 103
7.14.1 Elementos Traços 105
7.14.2 Qualidade Bacteriológica..... 108
7.15 Avaliação da Eficiência do Tratamento da Água..... 109
7.16 Características dos Sistemas Auxiliares de Abastecimento-Águas Subterrâneas..... 114
7.17 Classificação das Águas por Computação..... 116
7.18 Considerações Finais 118
8 CONCLUSÕES 133
8.1 Mananciais 133
8.2 Tratamento de Água 133
8.3 Amostragem 134
8.4 Saneamento 134
8.5 Sugestões 135
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 137
10 ANEXOS 144
10.1 Out-put do Programa de Computação para a Amostra S/28.. 145

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Pag.

TABELAS

01 Medidas físicas e físico-químicas de águas de abastecimento-bairro da Sacramenta-Belém..... 98

02 Características químicas de águas de abastecimento-bairro da Sacramenta-Belém 99

03 Elementos analisados por absorção atômica em águas de abastecimento-bairro da Sacramenta-Belém 101

04 Características bacteriológicas de águas de abastecimento-bairro da Sacramenta-Belém 102

05 Análises de amostras coletadas na adutora do Guamá... 110

06 Análises de amostras coletadas no lago Água Preta ... 111

07 Análises de amostras coletadas no açude Bolonha 112

QUADROS

01 COSANPA, dados operacionais em 12/84 53

02 COSANPA, alguns indicadores de desempenho dos sistemas em 12/82 54

03 Condições operacionais para as análises de absorção atômica termoelétrica : metais pesados 78

04 Caracterização dos pontos de coleta-bairro da Sacramenta-Belém 81

05 Padrões de potabilidade e modo de classificação da água para consumo humano 117

06 Qualidade das águas do bairro da Sacramenta-Belém, de acôrdo com o programa de computação 119

07 Casos de doenças transmissíveis registradas em Belém. 127

08 Casos de doenças transmissíveis registradas no município de Belém segundo faixa etária e sexo, em 1982 .. 128

09 Incidência de Escherichia coli, Entamoeba hystolítica e Giardia lamblia, na Sacramenta 129

FIGURAS

01 Zona Bragantina 8

		Pag.
02	Localização geográfica de Belém	9
03	Região Metropolitana de Belém	10
04	Localização da bacia do Una	12
05	Localização da área-pilôto PROMORAR	13
06	Localização da área de estudo-Sacramenta	14
07	Níveis de urbanização do Una	16
08	Cotas altimétricas de Belém	20
09	Topografia da área PROMORAR	21
10	Mapa geológico-bacia do Una	24
11	Mapa geomorfológico-bacia do Una	28
12	Bacia do Una-perfis topográficos-litológicos	31
13	Bacia do Una-mapa pedológico	32
14	Bacia do Una-mapa hidrológico	37
15	Esquema do sistema de abastecimento d'água-Belém-Pa.	42
16	Projeto de ampliação do abastecimento d'água de Belém.	45
17	Esquema de esgôtos sanitários de Belém	51
18	Atêrro das zonas baixas de Belém	56
19	Área PROMORAR-rêde de abastecimento de água	60
20	Localização dos pontos de coleta	80
21	Características das águas através de seu potencial de oxidação	84
22	Percentual do número de análises acima dos padrões recomendáveis para abastecimento público	106
23	Percentual do número de análises acima dos padrões recomendáveis para abastecimento público (elementos traços)	107
24	Poço Una-Belém	115
25	Mapa de qualidade da água no bairro da Sacramenta - Belém (maio/83)	120
26	Mapa de qualidade da água no bairro da Sacramenta - Belém (setembro/83)	121
27	Mapa de qualidade da água no bairro da Sacramenta-Belém (novembro/83)	122
28	Mapa de qualidade da água no bairro da Sacramenta-Belém (fevereiro/84)	123
29	Variação sazonal da salinidade das águas do bairro da Sacramenta-Belém.....	132

RESUMO

O abastecimento e a qualidade da água consumida pela população do bairro da Sacramenta - Belém, é um problema comum à todas as zonas de " baixadas " da Cidade, decorrente de uma carência no saneamento básico das referidas áreas.

Por esta razão a Sacramenta foi escolhida como área de estudo, tendo sido selecionados dez (10) pontos para amostragens, as quais foram realizadas nos meses de maio, setembro e novembro de 1983 e fevereiro de 1984, abrangendo assim épocas de diferentes condições climáticas. Os locais escolhidos englobam tanto água de poços como fornecida pela COSANPA.

Foram verificadas as características reinantes na área, tais como: clima, vegetação. topografia, geologia, geomorfologia, solos, hidrografia , população, doenças e saneamento básico.

Por outro lado, foram analisados os aspectos referentes aos mananciais que abastecem Belém, assim como o sistema de tratamento d'água utilizado.

Para a determinação da qualidade da água foram efetuadas análises químicas, físico-químicas, bioquímicas e bacteriológicas, além de determinações de elementos traços (Al, Cu, Co, Mn, Ni, Pb, Cr), através de absorção atômica termoelétrica em fôrno de grafite. Com relação às análises de elementos traços, não se tem conhecimento de trabalhos similares executados anteriormente na região Amazônica.

Os resultados analíticos obtidos foram comparados aos padrões de potabilidade, para verificação das anormalidades e as águas foram classificadas através de um programa de computação, em quatro grupos distintos, indicadores de qualidade.

Uma situação particularmente interessante surgiu devido à intensa estiagem sofrida por Belém nos últimos meses de 1983, o que provocou aumentos sensíveis na salinidade das águas, dados coerentes com os elevados valores obtidos para a condutividade, no mesmo período.

Dentre os resultados obtidos, aqueles mais conclusivos dizem respeito à qualidade bacteriológica e ao teor de ferro das amostras analisadas. Em ambos os casos, 80 % das amostras encontram-se acima dos padrões requeridos.

Em relação aos elementos traços, o Alumínio (Al),mostrou valores sempre acima dos recomendados. Teores algo elevados foram encontrados para Cu e Mn.

Assim observa-se que a real deficiência na qualidade das águas do bairro da Sacramenta, é do ponto de vista bacteriológico, devido a própria estrutura física da área, à ausência de saneamento básico e ao baixo nível econômico-social da população residente no bairro. Este fato parece ser agravado pela detecção de baixos índices de cloro residual nos locais amostrados (no caso de águas tratadas), favorecendo a contaminação no percurso da água, das ETAs até os domicílios, o que ocorre provavelmente devido a precariedade da tubulação em alguns trechos. Em relação aos poços, a má qualidade bacteriológica parece indicativa de contaminações dos lençóis, nas " baixadas ".

ABSTRACT

The water supply and its quality that is consumed by the population of the Sacramenta district,is a common problem for everybody who lives in " the waterlloged zone " of Belem. These areas are lacking basic drainage.

Due the expossed reason Sacramenta was selected as study area. Sampling was done in ten (10) points, during the months of May, September , November of 1983, and February of 1984. These periods were chosen because of the different climatic condition existing during these months. Waters of well and COSANPA were collected in previously eleged points.

The predominant characteristics were verified such as: climate , vegetation, topography, geology, geomorphology, soil, hydrography, population, deseases and basic drainage.

Aspects refering to water reserves and supplies of Belem were also analysied.

For the water quality determination chemical, physico-chemical , biochemical and bacteriological analysis were carried out. The trace elements determinations (Al, Cu, Co, Mn, Ni, Pb, Cr), through thermoeletric atomic absorption in graphite oven. As to these traces elements analysis, none knowledge about similar work were done before in Amazon region.

The analytical results obtainned were compared with the potability standards for cheking abnormalities. The water samples were classified through a computer system by four diferent groups quality indicators.

As peculiar situation arised because of lack of rain fowl in Belem during the last months of 1983, which brought about sensitive increases in water salinity, what is coherent with the information of elevated values obtained for conductivity, in the same period.

Among the more conclusive results obtainned are these of the bacteriologic quality and the iron (Fe) content of the analysied samples . In both cases, 80 % of the samples were above the request standard.

In relation with traces elements, Aluminium (Al) showed values above of the recommended. Somewhat more elevated contents were found for Cu and Mn.

From the observation one might conclude that the bacteriological condition found in the Sacramenta district, were due to the proper physical structure of the area, the total inexisted basical drainage and the low social-

economic level of the population inhabiting the district. This fact seems to be aggravated by the detection of the low rates of the residual chlorine in the places of samples (in the case of the water treaty), favouring th the contamination in the water route. of water station treatments until the housings, what probably happen because of the deficiences of the tubes in situ. In relation with the wells, the inadequate bacteriologic quality seems indicative to the contamination on water tables of " the waterlloged zones ".

1. INTRODUÇÃO

Tem-se como objetivo a determinação da qualidade da água, que é consumida pela população da área correspondente ao bairro da Sacramenta, em Belém. Para tanto, foram efetuadas coletas e análises de amostras de água nos meses de maio, setembro e novembro de 1983 e fevereiro de 1984, o que corresponde a um ano hidrológico.

Foram previamente determinados no Bairro os pontos de coleta, em número de 10, envolvendo tanto água distribuída pela COSANPA, como a de poços abertos por particulares. A escolha dos locais de coleta foi feita de modo que êstes fossem representativos da área em estudo.

O bairro da Sacramenta caracteriza-se como uma área de "baixada" situada em cota inferior a 4 metros, possuindo terras alagáveis na proporção de 68,39% (SUDAM, 1976). Nesta área, praticamente inexiste saneamento básico e apenas uma parcela da população é atendida a domicílio, pela rêde de abastecimento d'água. O restante dos moradores do bairro se utiliza de torneiras públicas instaladas pela COSANPA ou então perfura poços em locais de mais fácil acesso. As três situações são deficientes, tanto qualitativa como quantitativamente e de modo algum, solucionam o problema de abastecimento de água na Sacramenta.

O bairro da Sacramenta, em especial a sua área de "baixada", é habitada, na sua maioria, por população de baixa renda, com deficiências em hábitos sanitários. Este fator, aliado ao estado carente do abastecimento d'água, a inexistência de esgôtos sanitários e mesmo de fossas e ausência de saneamento básico em geral, faz com que exista um alto índice de doenças na população.

Estas constatações mostram a presença de um grave quadro no Bairro e foram determinantes para que a Sacramenta fôsse escolhida como área de estudo.

Esta dissertação de mestrado pretende não ser apenas um trabalho que apresente resultados analíticos, mas sim associar os dados obtidos, com toda uma estrutura social, de modo a trazer algum benefício para a população.

Para a determinação da qualidade da água na Sacramenta, tem-se que extrapolar os limites do Bairro e obter dados da geologia, solos, hidro

logia, clima e vegetação de Belém e adjacências. Também de extrema importância é o estudo dos mananciais que abastecem a cidade e a verificação da eficácia dos sistemas de abastecimento e tratamento de água. Os apectos pertinentes às condições de saneamento do Bairro e de Belém, associados às doenças que se apresentam em maiores índices e/ou que com maior frequência , atingem a população, serão correlacionados com os demais dados.

Os resultados analíticos serão colocados em um programa de computação, para classificação das águas, de modo a enquadrá-las em níveis de qualidade para consumo humano.

Serão feitas sugestões, propostas e recomendações, no capítulo "Conclusões", de modo a tentar minimizar o estado, até por vezes alarmante, em que vive a população da Sacramenta, no que se refere a água que é utilizada, ao seneamento básico e aos aspectos de doenças intimamente relacionadas com estes parâmetros.

2. GENERALIDADES

2.1 - Localização da área

A zona Bragantina encontra-se situada a nordeste do Estado do Pará, nas latitudes de 1º26'N e 1º40'S e longitudes de 47º24'E Grw e 48º30'W Grw, limitando-se ao norte com a zona do Salgado e com o Oceano Atlântico, ao sul com a zona Guajarina, a leste com a zona do Gurupi e a oeste com o rio Pará e a baía do Marajó. Na zona Bragantina situa-se a capital do Estado do Pará, Belém (Figura 01).

Belém ocupa 5,83% da área da zona Bragantina e está localizada na latitude S 01º28 e longitude W Grw 48º27'. A cidade é plana e baixa , elevando-se gradualmente desde as barrancas do rio Guamá, até cotas que se aproximam de 14 metros, em pequenas áreas do perímetro urbano. Situa-se na confluência do rio Guamá com a baía de Guajará, uma parte do estuário deltaico do rio Amazonas (Figura 02).

A Região Metropolitana de Belém (RMB), foi criada oficialmente através da Lei Complementar nº 14, de 08 de junho de 1973 e compõe-se de dois municípios: Belém e Ananindeua. Possui 1221 Km^2, dos quais 736 cabem a Belém, sendo 355 Km^2 de terrenos continentais e 866 Km^2 de terrenos insulares. O Município de Belém abrange os distritos de Mosqueiro, Icoaraci, Val de Cães e Belém.

A RMB é limitada ao sul pelo rio Guamá, até sua confluência com o rio Mojú; a oeste pelas baías de Guajará, Santo Antônio e Marajó; ao norte pela baía de Marajó, até o extremo oriental da Ilha do Mosqueiro. Os limites orientais são mais sinuosos, começam no extremo oriental da Ilha do Mosqueiro, descem pelo furo do Mosqueiro até o furo do Mutum, de onde infletem para NO até atingir o furo de Caratateua, seguem para o sul até encontrar o rio Maguari, sobem este rio até suas nascentes, descendo em linha ligeiramente para direita, até alcançar as cabeceiras do igarapé Jacarequara, que acompanham até sua foz, no rio Guamá (Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém, 1975)."Situada no vértice de um estuário, no ponto de junção das influências marítimas e fluviais, Belém nasceu e cresceu ao influxo das atrações do interior e do mar. O rio prendia-a ao continente; o estuário ao oceano. Por força disso, duas tendências regiam inicialmente o crescimento da Cidade, com vetores orientados para o rio e para o mar " (Brasil-Ministério do Interior, 1979) (Figura 03).

FIG.-1 ZONA BRAGANTINA

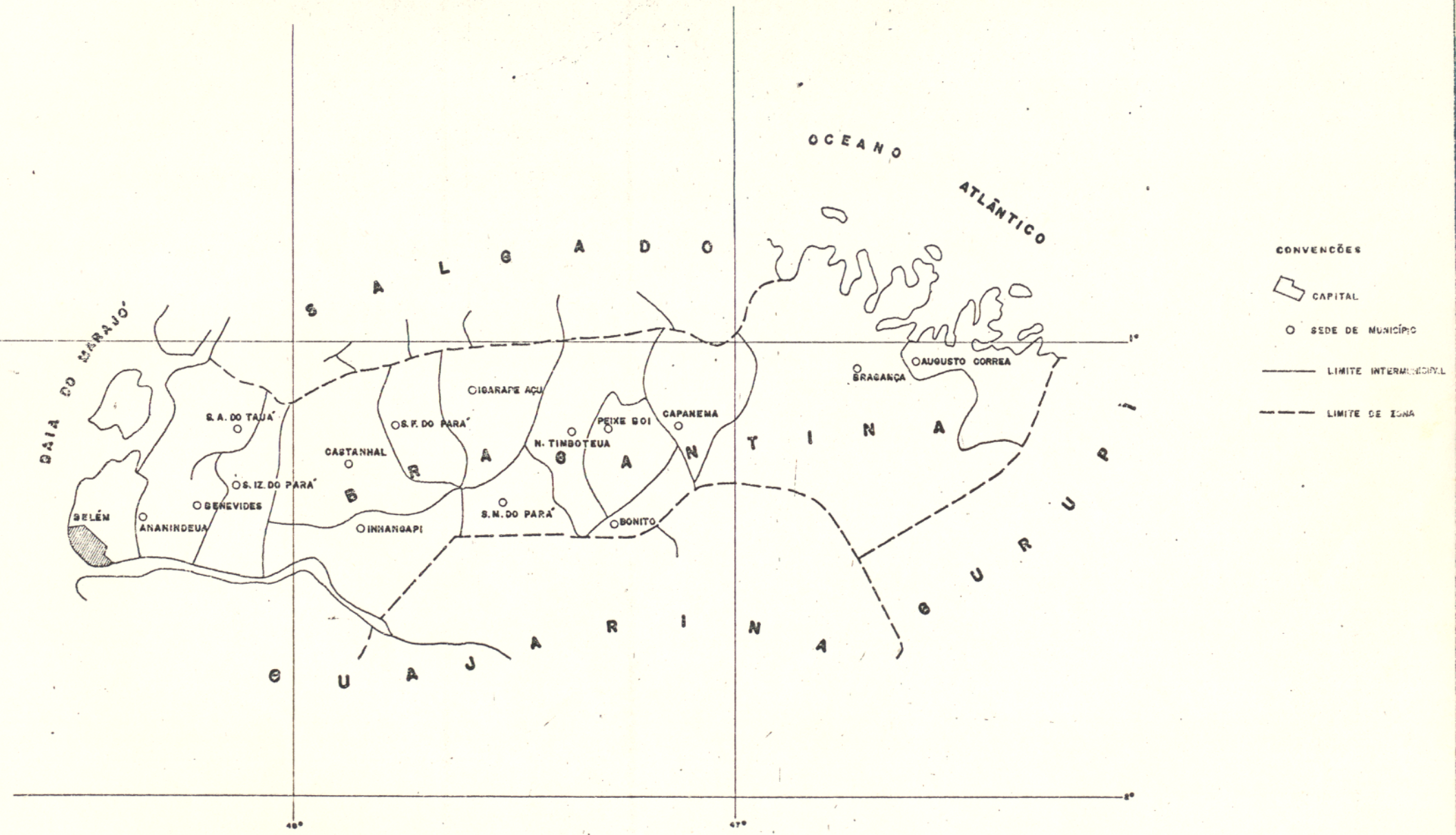
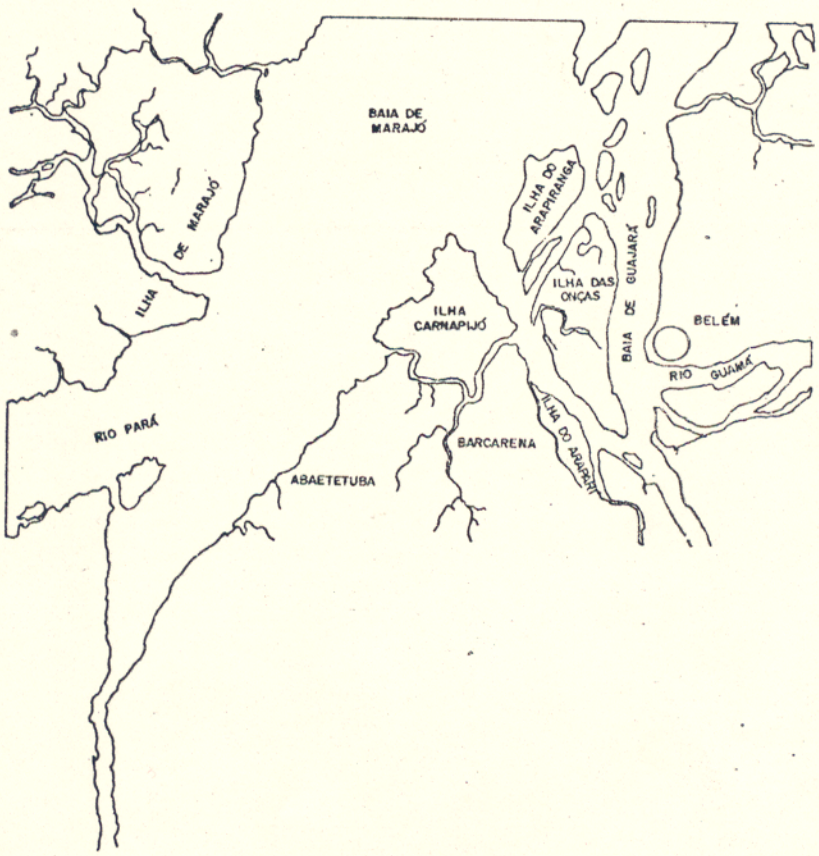


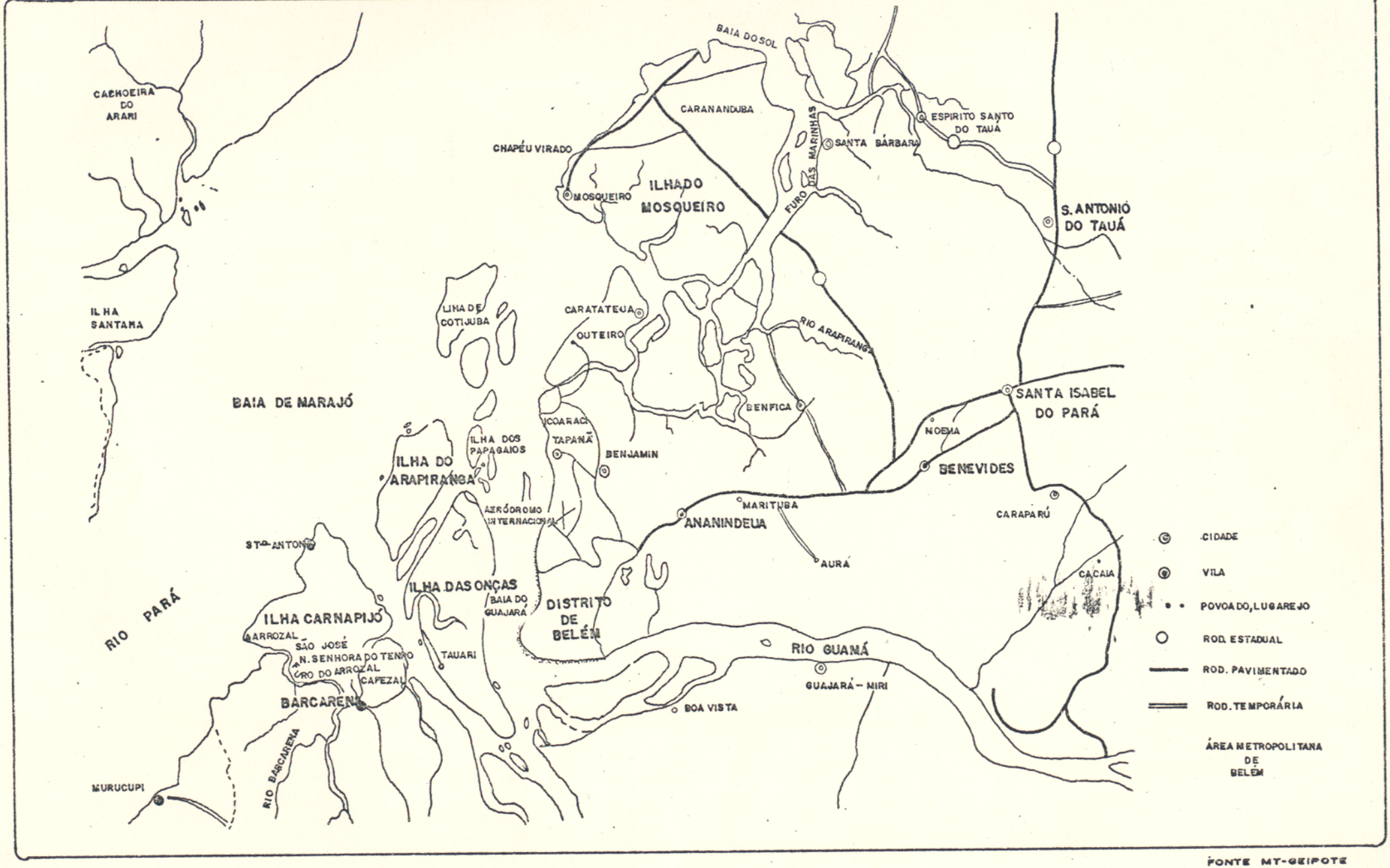
FIG. 2

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DE BELÉM



FONTE: MT - GEIPOT

Fig. 3 — REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM



FONTE MT-GEIPOTE

2.1.1 - Área de estudo: bacia do Una - Sacramenta

A bacia do Una, na qual está localizada o bairro da Sacramenta, objeto específico de estudo, tem uma área de 2.531 ha, com 689 ha de terras alagáveis. (SUDAM, 1976).

A delimitação física da área da bacia do Una é dterminada pela orla da baía de Guajará, desde o ponto de interseção desta com a travessa D. Pedro I, até o igarapé Val de Cães. Segue por este até a avenida Júlio Cesar e desta até o cruzamento com a diretriz da avenida Pedro Miranda. Prossegue pelas avenidas Dr. Freitas e Duque de Caxias até a rua Antônio Barreto, infletindo desta para a avenida Generalíssimo Deodoro e travessa D.Pedro I até a orla da baía do Guajará (Empresa Brasileira de Planejamento e Transportes, 1979) (Figura 04).

A área piloto PROMORAR, tem aproximadamente 286,30 hectares e representa 11,3% da bacia do Una, abrangendo grande parte do bairro da Sacramenta, pequenos trechos do bairro do Souza e distrito de Val de Cães, estando compreendida entre as avenidas Artur Bernades, Júlio Cesar e Pedro Alvares Cabral. Esta área encontra-se localizada ao norte de Belém, aproximadamente a 6 Km de seu centro urbano. Situa-se basicamente na latitude 1º30' Sul e na longitude 48º30' oeste, na direção noroeste da Região noroeste da Região Metropolitana de Belém. (Brasil-Ministério do Interior, 1980) (Figura 05).

O bairro da Sacramenta abrange uma área de 367 hectares, sendo 251 ha de terras alagáveis. A linha limite do bairro segue por: travessa Mauriti, lado ímpar; igarapé do Galo, margem direita; igarapé do Una, margem esquerda; prolongamento da avenida Dr. Freitas: avenida Dr. Freitas, lado par; avenida Senador Lemos, lado ímpar; travessa Alferes Costa, lado par e rua Nova, lado ímpar (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (Figura 06).

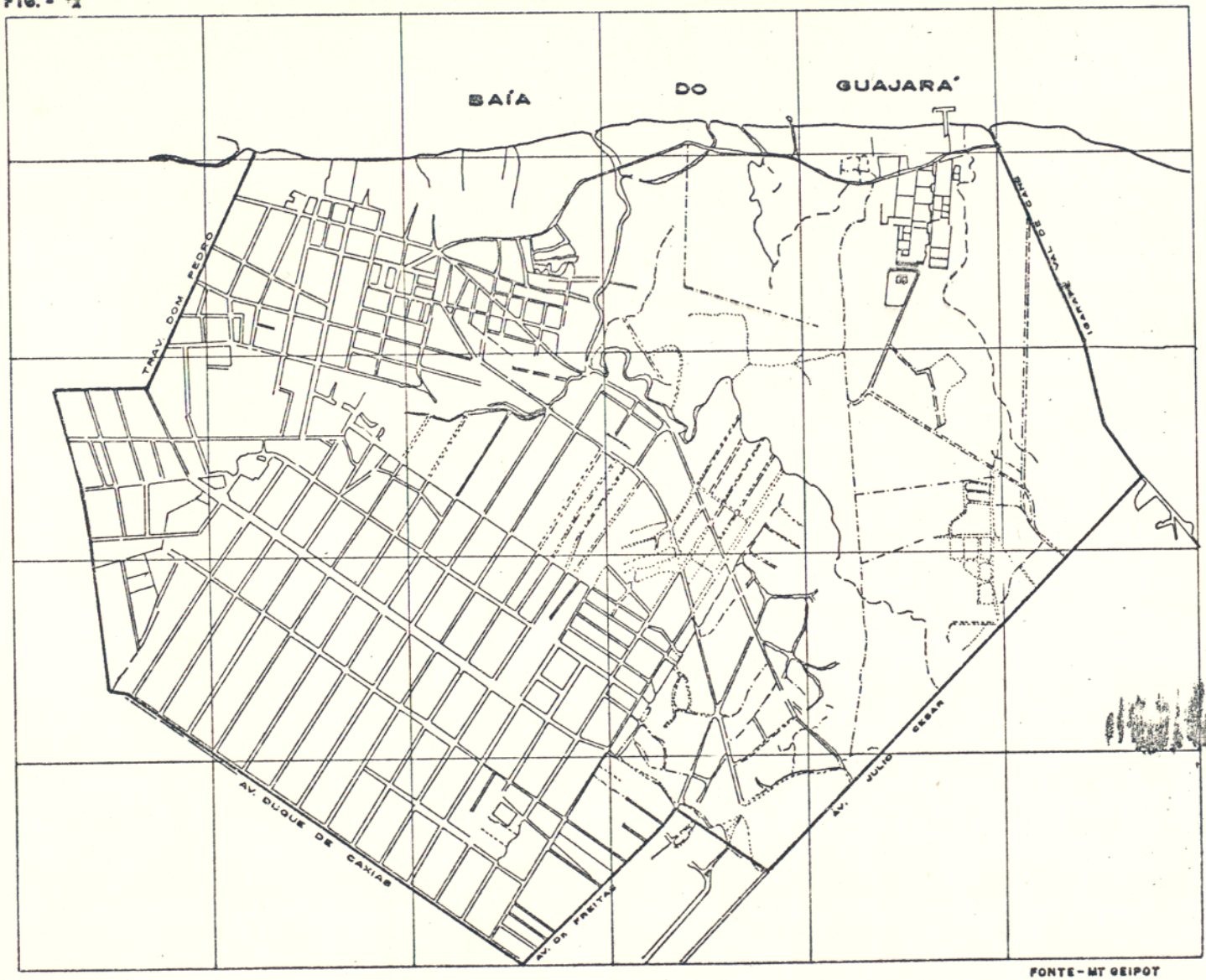
2.2 - População

A área metropolitana de Belém tem uma população de 1.022.661 habitantes, com uma densidade demográfica de 1.269,46 habitantes por Km^2. A taxa anual de crescimento geométrico na área urbana é 3,26, apresentando uma variação relativa de 37,82 (Fundação IBGE, 1977).

Na área piloto PROMORAR, na qual o bairro da Sacramenta está quase todo incluído, encontram-se uma população estimada em 24.909 habitan

FIG. - 4

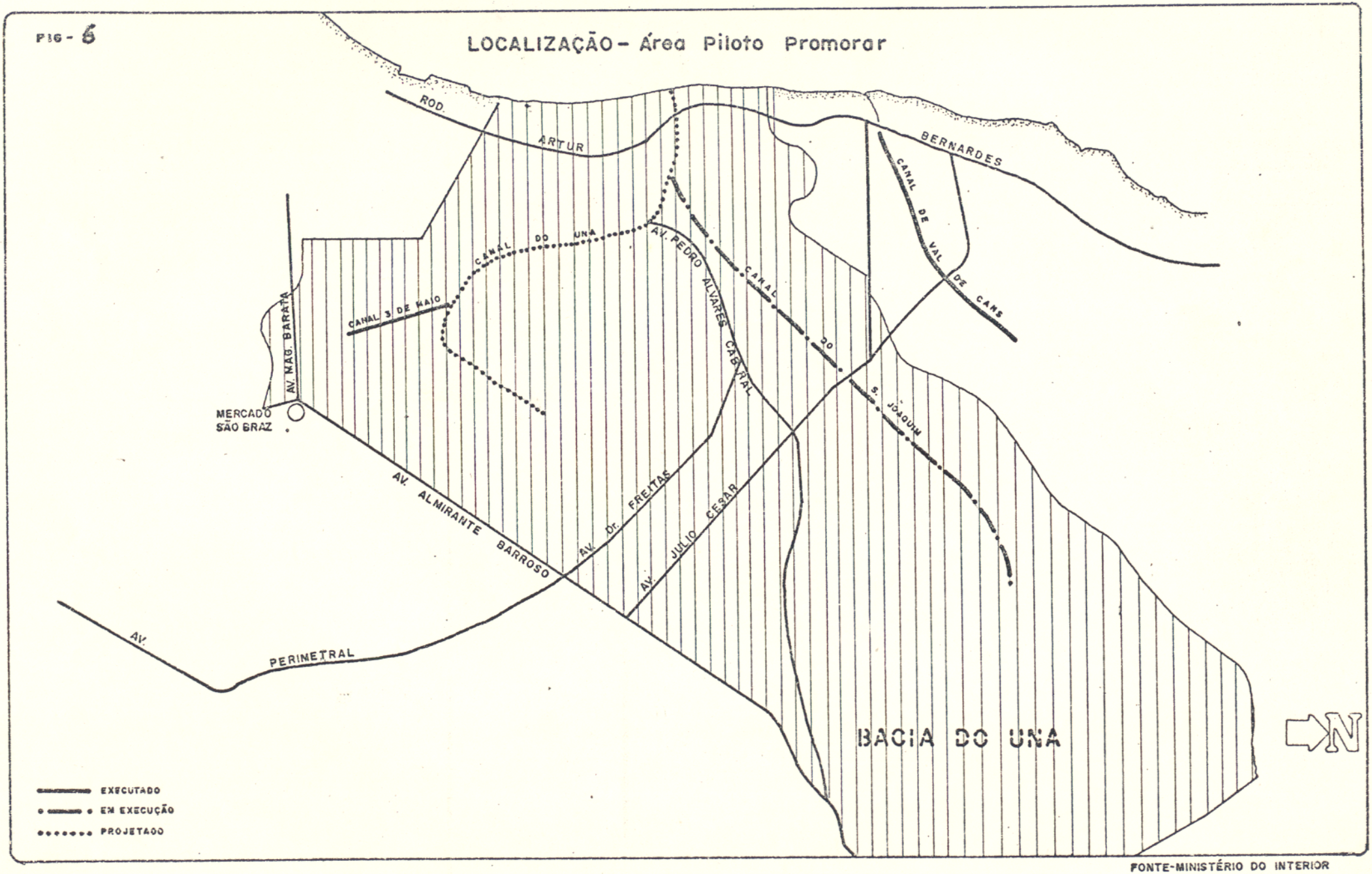
LOCALIZAÇÃO — BACIA DO UNA



FONTE - MT GEIPOT

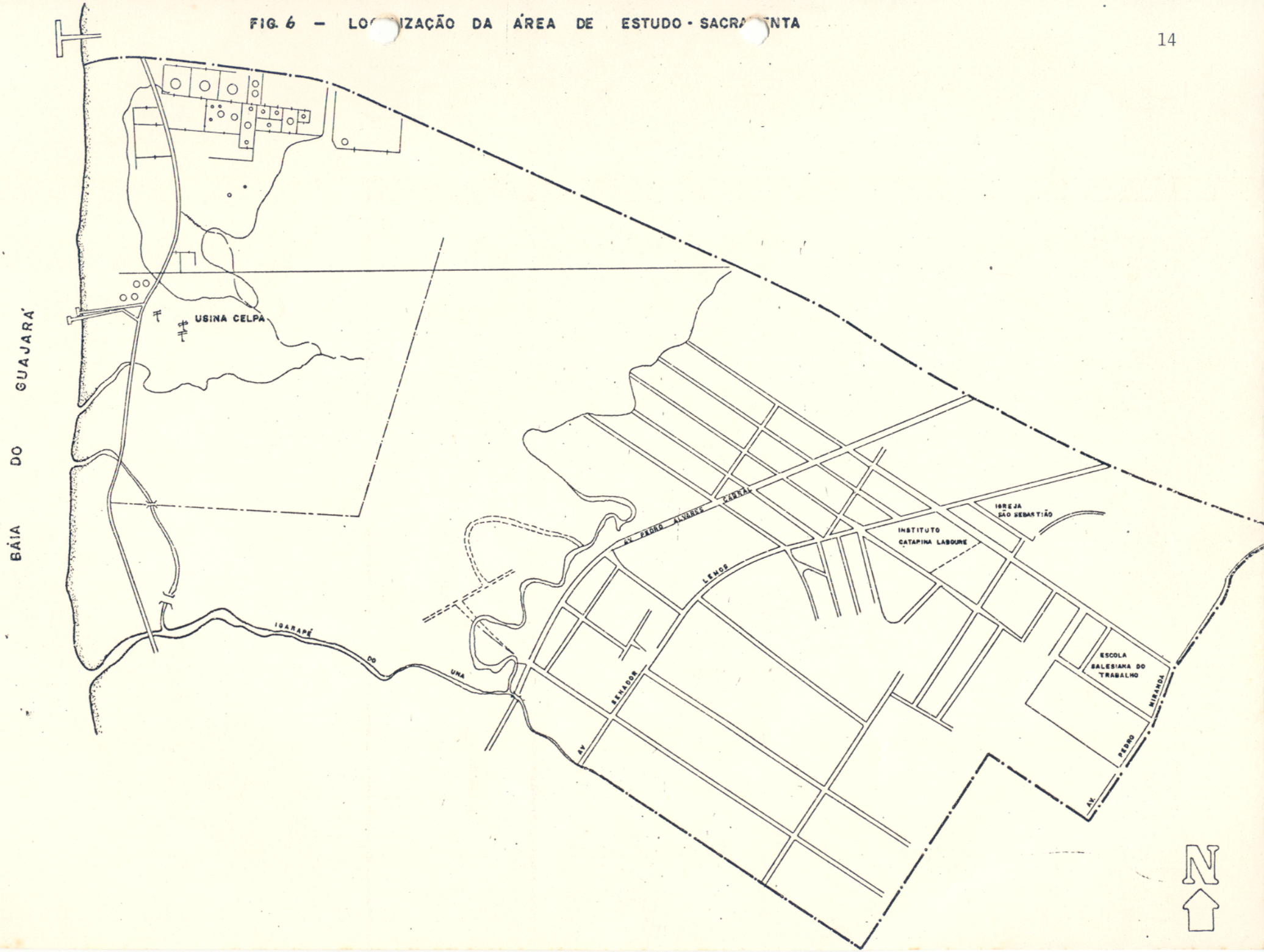
FIG - 6

LOCALIZAÇÃO - Área Piloto Promorar



FONTE-MINISTÉRIO DO INTERIOR

FIG. 6 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - SACRAMENTA



tes, ocupando 4.448 domicílio e com densidade demográfica de 87 hab/ha (Brasil-Ministério do Interior, 1980). A ocupação do espaço não é homogênea, verificando-se um adensamento significativo na parte oeste, onde a densidade demográfica chega a atingir 165,11 hab/ha. A partir dos dados da Pesquisa Sócio-Econômica para a faixa do canal do Una (CODEM,1978 a),estima-se que o maior contingente populacional está situado na faixa de 0 a 7 anos, com 7.970 pessoas (32%) e de 20 a 39 anos, 7.099 pessoas (28,5%), seguindo-se a faixa etária de 8 a 14 anos com 4.484 pessoas (18%). Desse modo, 50% da população da área situa-se nas faixas de 0 a 14 anos e 2,5%, acima de 60 anos. (Brasil-Ministério do Interior, 1980).

A população estimada das terras alagáveis, na bacia do Una, é de 105.018, de um total de 310.590 habitantes para a área - população projetada para 1977. (SUDAM, 1976).

O bairro da Sacramenta possui uma população de 28.513 habitantes, apresentando uma variação absoluta de 8.721 e uma variação relativa de 44 (Fundação IBGE, 1977) (Figura 07).

2.3 - Clima

O clima do Estado do Pará é em geral equatorial úmido, diferenciado para: uma faixa ao longo da calha amazônica e porção oriental da ilha do Marajó que é de características atenuadas com relação à umidade; um bolsão super-úmido ao sul dessa faixa até a linha Tomé-Açú, Tucuruí, Altamira e Prainha.

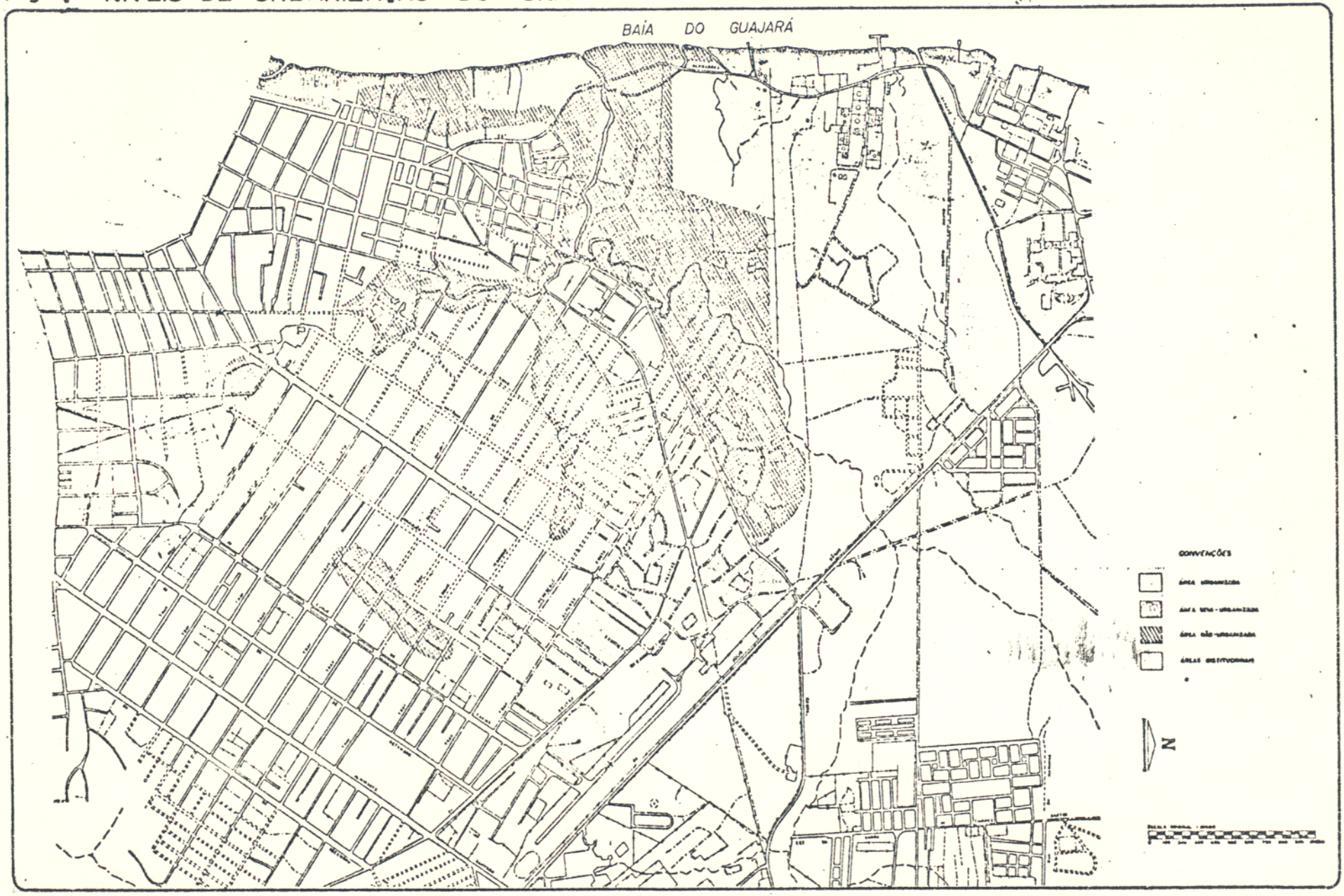
Belém é uma cidade de clima quente e úmido, apresentando uma elevada cota pluviométrica, chovendo com mais frequência à tarde e início da noite. Os quatro primeiros meses do ano são os mais chuvosos, sendo outubro e novembro os de menor pluviosidade. Quanto aos ventos, predominam os do quadrante leste, de origem atlântica. (Moreira, 1966).

A região de Belém se classifica, segundo Koeppen, no tipo climático "Afi", assim definido (Brasil. Departamento Nacional de Obras e Saneamento, 1970):

A = Clima tropical chuvoso, onde a temperatura média do mês mais frio é superior a 18º C.

f = Ocorrência de chuvas durante todo o ano, condicionando o

Fig - 7 NÍVEIS DE URBANIZAÇÃO DO UNA



FONTE MT-GEIPOT

tipo de vegetação conhecida como selva tropical, dado que o mês de menor altura pluviométrica é superior a 60 mm.

i = O clima não conhece variação estacional sensível, dado que a oscilação anual de temperatura é inferios a 5ºC.

Belém se notabiliza pela sua isotermia; existe maior amplitude térmica diária que anual, o que está de acordo com a latitude. A umidade relativa do ar é sempre superior a 82% (Penteado, 1967).

O balanço hídrico da região de Belém, para um período operacional de 30 anos - 1931 a 1960 - de acordo com a INEMET, é o seguinte (Brasil. Conselho Interministerial do Programa Grande Carajás, 1981):

Temperatura	25,9ºC	
Precipitação	2762,0 mm	
Excesso	1250,0 mm	(mêses - janeiro a julho)
Déficit	38,0 mm	(mêses - agosto a novembro)
EP (Evapotranspiração potencial)	1550,0 mm	
PEF (Precipitação efetiva)	1212,0 mm	
ER (Evapotranspiração atual)	1512,0 mm	

Dada a baixa latitude em que Belém se encontra, os raios solares tendem à verticalidade em tôdas as épocas do ano resultando um ambiente térmico elevado com média anual de temperatura de 25,9ºC, cujos valores normais anuais máximos e mínimos são de 31,4ºC e 22,4ºC, respectivamente.

Quanto à precipitações, elas são bastante abundantes, atingindo o total anual de 2761,6 mm. No entanto as chuvas não se distribuem homogeneamente durante o ano, com média predominância entre dezembro e maio "inverno" amazônico - e diminuição entre junho e novembro - "verão".

2.4 - Vegetação

A cobertura vegetal predominante na região Amazônica é a floresta densa, ocorrendo manchas de cerrado na faixa paleozóica do norte e

nos "tesos" da porção leste da ilha de Marajó. Campos de composição florística diversa ocorrem na ilha de Marajó, baixo Amazonas e nos terrenos recentes, até a borda paleozóica sul e em contato com o complexo Xingu, grupo Tocantins e coberturas mesocenozóicas.

A zona Bragantina acha-se coberta por vários tipos de vegetação, encontando-se desde a campina até áreas remanescentes de mata virgem.

A área de Belém e adjacências, apresenta-se com diferentes tipos de vegetação, que respondem às diferentes variáveis geomorfológicas (Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral, 1974):

- as áreas deprimidas de origem aluvial, periódica ou permanente inundáveis, são ocupadas pelos campos, mangues, floresta latifoliada e mista.
- nas áreas mais altas dos relêvos ondulados, foi constatada a vegetação do cerrado.
- as áreas sedimentares dos baixos platôs do Terciário, são cobertas pelas florestas densa e sucundária.

Em função da volumetria, temos nas áreas de Belém a Ourém e nas margens do rio Guamá até Curuçá, áreas com volumetria média, inferior a 120 m^3/ha.

Como em toda a Amazônia, distingue-se também na área de Belém, a floresta de várzea e de terra firme. A diferenciação fitofisionômica está em função do solo, da topografia e da água. Não existem em tôrno da cidade áreas campestres naturais (Moreira, 1966).

As características climáticas da Região Metropolitana de Belém apresentam temperaturas relativamente elevadas, que para áreas de vegetação rarefeita, trazem consequências desagradáveis no que diz respeito ao conforto da população, pela incidência direta dos agentes da natureza.

Pode-se considerar que a vegetação atualmente existente na área da Sacramenta restringe-se a algumas árvores de médio e grande porte localizadas esparsamente, de acordo com as condições de ocupação do solo. No mais, verifica-se por toda a área a predominância de capinzais.

2.5 - Topografia

Belém apresenta um quadro de relêvo insignificante. O perfil geográfico da Cidade e de seus arredores, apresenta as mesmas gradações do relêvo amazônico: o igarapé, a várzea e a terra firme. Face a essas condições de solo, o alagado não é um mero acidente geográfico e sim um elemento característico da cidade. Por esse motivo, de início a população procurava localizar-se em terras mais altas, daí a malha urbana apresentar um perfil irregular, o que demonstra os traços típicos da cidade de desenvolvimento espontâneo, onde a ocupação do solo ocorreu de maneira desordenada, sem um planejamento adequado, o que tem acarretado sérios problemas.

Belém está localizada sobre o mais baixo nível dos terrenos quaternários da Amazônia. Encontra-se a cerca de 120 Km do mar, assentada sobre terraços, resultantes do entalhamento processado pela rêde de drenagem local, em uma cobertura sedimentar não muito resistente. Nas formas de relêvo, há predomínio de plataformas interfluviais, localizadas em posições altimétricas que apresentam poucos metros de desnível entre sí.

O nível mais alto da Cidade situa-se a pouco mais de 14 m, sendo através deste nível que se penetra na cidade pela avenida Almirante Barroso; volta a aparecer na avenida Generalíssimo Deodoro entre as avenidas Nazaré e Governador José Malcher e no bairro da Pedreira, onde é envolvido pelo igarapé do Galo. O segundo nível, até 10 m, abrange boa porção da cidade: a parte mais elevada do comércio, grande parte de Nazaré, São Braz e Umarizal e pequenos trechos de Batista Campos, Cremação e Canudos. No terceiro nível - 5 a 10 m - está parte da Cidade Velha e grande parte do Comércio. O nível inferior da cidade está localizado abaixo da cota de 5 m e se extende pela periferia; é a área mais sujeita as oscilações da maré fluvial e que no tempo das águas, é atingida pelas inundações ou por alagamentos: Guamá, Condor, Jurunas, Sacramenta, parte da Cidade Velha, Reduto, Umarizal, Telégrafo e Matinha (Penteado,1967) (Figura 08).

Embora existentes em todo o território metropolitano, as baixadas", terras alagáveis situadas abaixo da cota altimétrica de 4 m, constituem maior problema nas áreas em que foram ocupadas, quase sempre por população de baixa renda (Figura 09). Estas áreas fazem parte da periferia da cidade de Belém e perfazem 2.008 ha de terras alagáveis, sendo sua densidade média, de 136 hab/ha (SUDAM, 1976).

FIG.- 8 COTAS ALTIMÉRICAS DE BELÉM

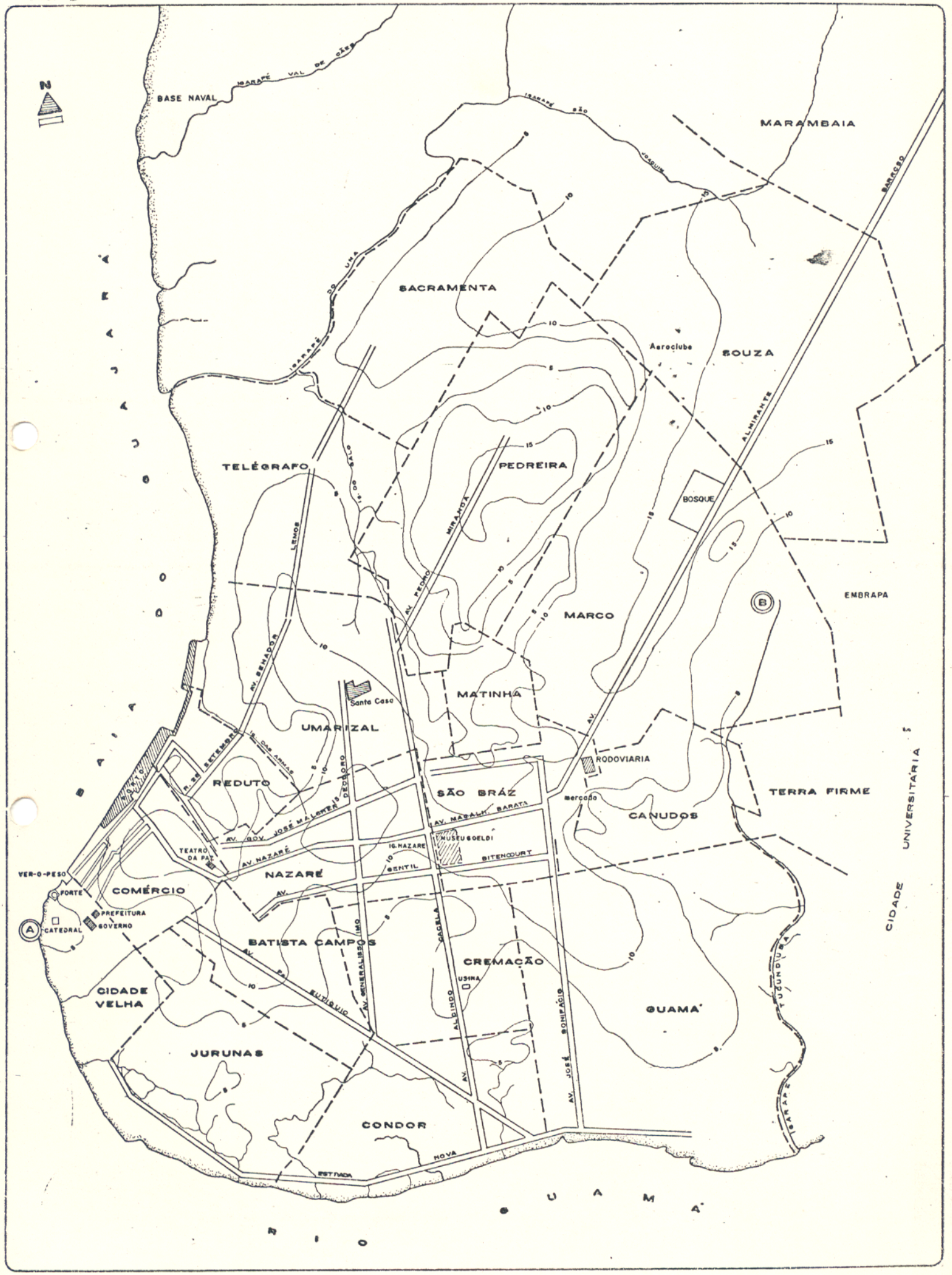
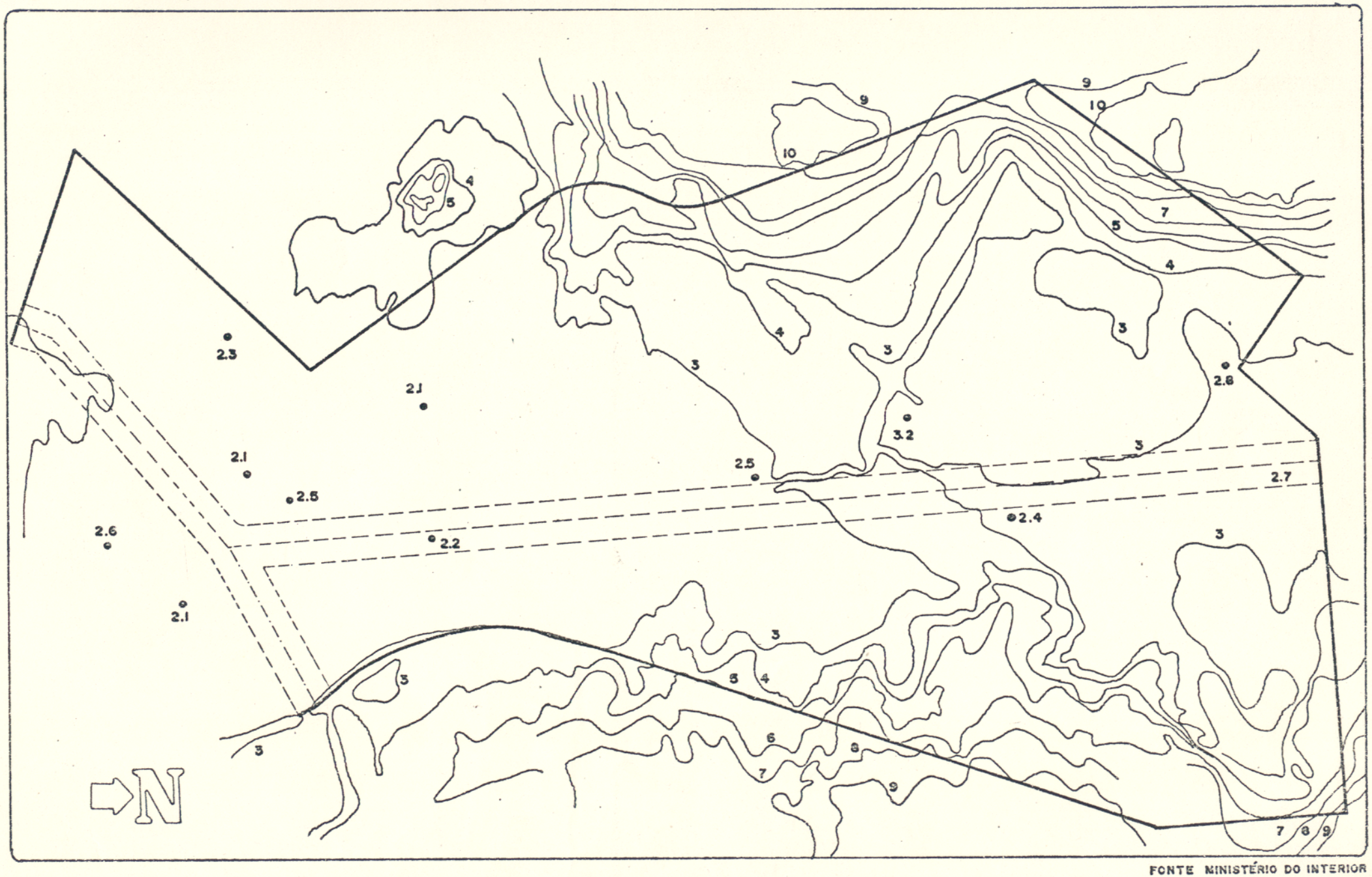


Fig. 8 – TOPOGRAFIA DA ÁREA PROMORAR



FONTE MINISTÉRIO DO INTERIOR

3. GEOLOGIA

3.1 - Geologia da Região de Belém

Belém está situada numa província geológica de cobertura Cenozóica. Esta se distribui amplamente em ambos os lados do rio Amazonas, depositada sobre o bordo NE do Cráton do Guaporé e SE do Cráton Guianês, em inconformidade sobre as rochas do complexo Xingu e Guianense.

As margens do rio Guamá são formadas por planície de acumulação fluvial holocênico-pleistocênica. Belém e sua área circundante tem uma superfície dissecada em interflúvios tabulares, elaborada sobre sedimentos terciários (Brasil. Conselho Intermisterial do Programa Grande Carajás, 1981).

A faixa da cidade, ao longo das margens do rio Guamá e da baía do Guajará, é baixa, formada por camadas de argila aluvionar, com 18 a 20 m de espessura, a que se sobrepõem cerca de 3 m de depósitos recentes, em parte de aterros. A camada de argila, até alcançar o solo resistente a cerca de 20 m, é muito mole; essa faixa aluvionar, muito estreita ou nula na parte antiga da cidade, alarga-se ao longo do rio Guamá e da baía do Guajará, estendondo-se até uns poucos quilômetros da margem. O embasamento cristalino encontra-se a cerca de 4.000 m de profundidade (Brasil. Ministério do Interior, 1979).

As terras mais altas da cidade pertencem ao platô Terciário, que envolve as planícies aluvionares ao longo de quase todos os rios da bacia Amazônica.

A cobertura sedimentar Quaternária se distribui por toda a área, ocupando as cotas baixas, situando-se ao longo dos igarapés e nas margens da baía do Guajará. É caracterizada por sedimentos areno-argilosos, inconsolidados, seixosos, siltosos e de cores variadas.

Os terrenos de Belém são geologicamente novos e como em toda a Amazônia, estão presentes a planície de inundação e o baixo platô, a várzea, o igapó e a terra firme .

À medida em que nos afastamos das margens do Guamá em direção a leste, os terrenos vão se tornando mais antigos, numa gradação do Holoceno ao Pleistoceno e deste ao Plioceno. Na sua maior parte, os terrenos de Belém e arredores integram uma unidade litogenética definida, de origem Plioceno-Pleistocênica (série Barreiras). A essa área ou unidade litogenética, segue-se a formação Pirabas do Mioceno. Em suma, sob o ponto de vista geológico,

esta zona se caracteriza por ser "morflogicamente uniforme, tectonicamente desinteressante e mineralogicamente pobre" (Moreira, 1966).

3.2 - Geologia da Bacia do Una - Sacramenta

A geologia da área de estudo, compreende o Quaternário Aluvional, o Quaternário Pleistoceno e o Terciário Barreiras (Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte, 1979) (Figura 1).

O Quaternário Aluvional pertence ao grupo do Quaternário Recente, com ocorrências tanto na borda sub - litorânea - orla da Baía do Guajará - quanto nos banhados dos igarapés e faixas de meandros abandonados; é constituído de argilas, areias e siltes. O Quaternário Pleistoceno (anti - go) e o Terciário do grupo Barreiras, compreendem praticamente o restante da área e de uma maneira geral, constituem uma só unidade litogenética. O terciário Barreiras é constituído por sedimentos de origem continental, capeados por material do Quaternário.

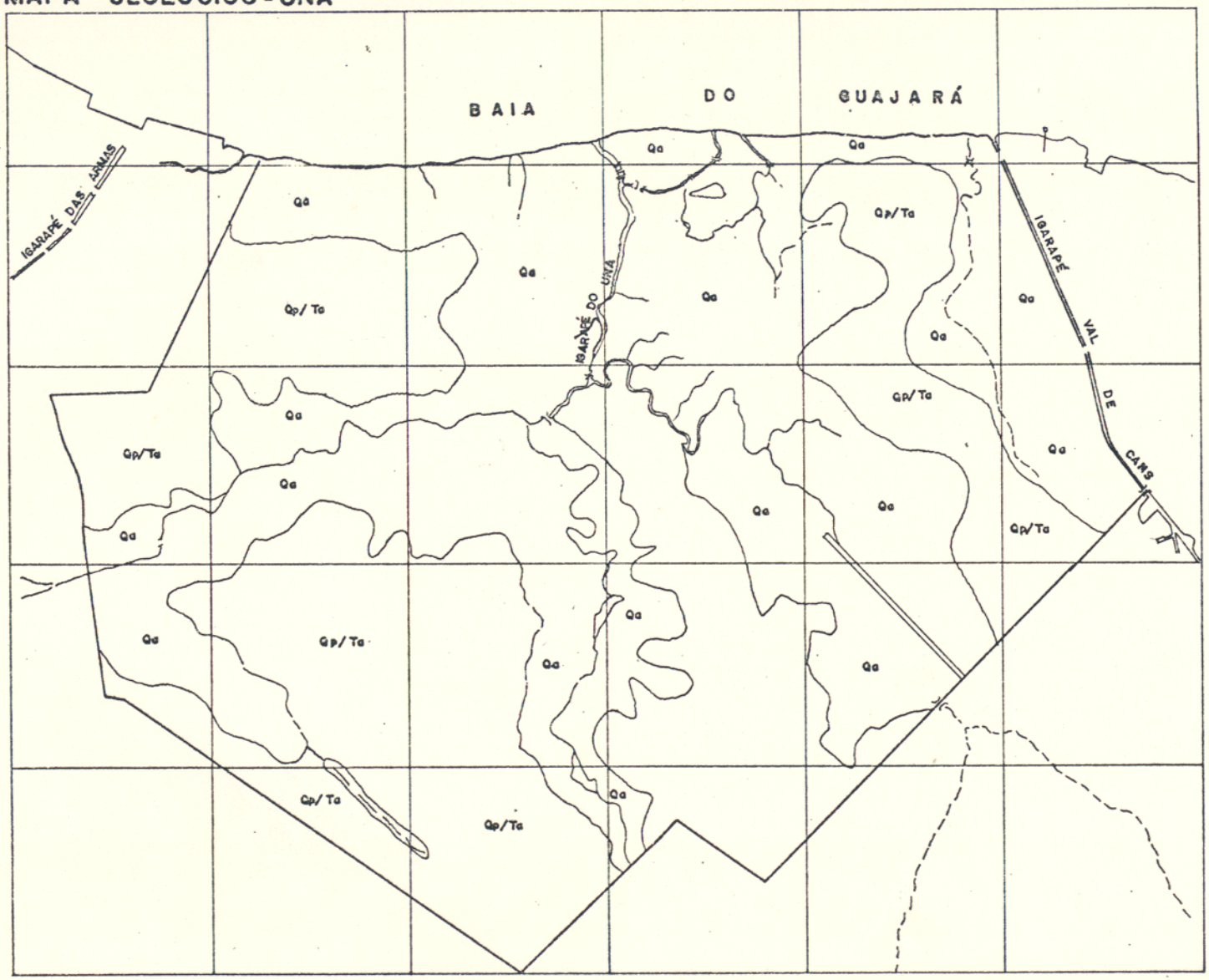
As argilas do Quaternário Recente possuem coloração que varia de branco acinzentado a cinza avermelhado, são plásticas, com restos de matéria-orgânica e formam depósitos as margens dos rios, igarapés e furos que drenam a área. As areias normalmente são quartzonas, de granulação fina e média, mal selecionadas e de coloração clara; localizam-se principalmente nos interflúvios dos rios e igarapés. Os siltes, com ocorrências tanto no Quaternário como no Terciário, são de granulometria fina, de alta expansibilidade e coloração cinza-claro à avermelhada; sua presença na área é pouco representativa.

O Terciário (grupo Barreiras) é representado por sedimentos argilo-arenosos, de coloração alaranjada à avermelhada e por arenito ferruginoso (grés-do-Pará), de granulometria fina à grosseira, com seixos subarredondados de quartzo leitoso, formando níveis descontínuos.

Especificamente a área correspondente ao bairro da Sacramenta é constituída por aluviões recentes (argila, areia e cascalho), com espessura de até 20 m, apresentando restos de matéria orgânica que formam depósitos superficiais às margens dos igarapés e pequenos braços. É formada por planícies de várzeas sujeitas a inudações periódicas, onde as cotas altimétricas variam de 2,10 m a 3,60 m, com excessão de pequena parte de terra firme, que atinge uma cota altimétrica de 10,00 m (Brasil. Ministério do

FIG. 10

MAPA GEOLÓGICO - UNA



FONTE: MT - GEIPOT

Interior, 1980).

3.3 - Geomorfologia

Os principais quadros geomorfológicos da região estão calcados nas macro-estruturas das bacias sedimentares e dos escudos cristalinos, constituindo o domínio literâneo uma outra unidade menor, à parte.

A planície Amazônica ocupa uma área de cerca de 2 milhões de km^2, correspondente a 40% da superfície da Região Norte. Contida entre o escudo das Guianas e o escudo Brasileiro, a área sedimentar da Planície é caracterizada por relevos que não ultrapassam 200 m, dispostos a partir da várzea como baixos níveis ou como um baixo platô que se eleva suavemente para o norte e para o sul, em direção dos escudos cristalinos periféricos ; acompanhando a calha fluvial de leste para oeste, as topografias são ainda mais suaves. Na planície Amazônica, apenas podem ser distribuidos os aspectos ligados à várzea, planícies aluviais inundáveis de formação Quaternária e à terra firme, terrenos não inundáveis formados pelos sedimentos de origem Terciária.

3.3.1 - Litoral Amazônico

O litoral amazônico está relacionado aos relêvos continentais de baixos platôs e planícies aluviais e embora dominado por ações marinhas, guarda as características do modelado que se desenvolve para o interior do continente.

Um dos principais aspectos é o golfão Amazônico ou Marajoara, que ocupa grande trecho da baixada costeira e inclui as mais importantes feições morfológicas do litoral da região: a ilha do Marajó, com o conjunto das ilhas Caviana e Mexiana e as embocaduras dos Rios Amazonas e Tocantins. O golfão Amazônico inclui ainda os numerosos canais e ilhas que formam a "Região dos furos" de Breves e a baía de Marajó, onde deságua o rio Tocantins.

Há considerações que apontam a foz do Amazonas como um delta - estuário, baseadas no fato de que é pequena a contribuição do rio Amazonas na alimentação do Rio Pará e portanto, na formação da Baía do Marajó (Fundação IBGE, 1977).

O rio Amazonas encontra o oceana Atlântico através do Canal do norte, onde se formaram inúmeras ilhas. Esse trecho tem sido caracterizado como de erosão predominante.

Ao sul, o canal que separa a ilha do Marajó do continente, forma o rio Pará, que se abre no estreito de Breves, antes de atingir a baía de Marajó. Nesta área, os processos geomorfológicos são dominados por uma ativa sedimentação, que vem colmatando os furos e dificultando as ligações entre as águas do Amazonas e as da baía do Marajó. Desaguando nesta baía, o rio Tocantins tem sua foz completamente independente da foz do Amazonas.

O litoral amazônico reflete as variações do nível do mar e dos continentes ocorridos no Quaternário, entre as quais, a de uma generalizada submersão ou afogamento recente, de terrenos modelados sob condições continentais.

3.3.2 - Rio Guamá

Tem havido profundas modificações no substrato da região Bragantina, através de movimentos tectônicos, que entre outros, modificaram o curso do rio Guamá. Estes levantamentos produziram a elevação de parte do rio Guamá, movimento que possivelmente limitou nessa parte, a extensão da transgressão marinha, do Mioceno Inferior, além do desvio do rio Guamá. Esta transgressão, que invadiu parte da região Bragantina e do Salgado, formou a sequência sedimentar calcáreo-argila - areia, conhecida por formação Pirabas.

3.3.3 - Grés-do-Pará

Em terras silicosas, com pH 4,2 a 4,7, encontra-se uma neo-rocha, denominada grés-do-Pará ou arenito do Pará. Embora considerada como rocha que caracteriza o Quaternário, na maior parte provém da erosão da série Barreiras, sobre a qual se formou principalmente.

Estudos mostram que o grés se trata de uma formação recente, que se consolidou sob certas condições, devido a migração do elemento ferro para a superfície do solo.

A existência do grés na série Barreiras foi comprovada por

Ackermann (1969). O deslocamento do grés da Barreiras para outro horizonte, é perfeitamente possível, pela erosão que retrabalhou estes sedimentos. Em sondagem para fundações, na avenida Tamandaré, em Belém, encontrou-se esta rocha a 15 m abaixo do solo.

Cabe ao grés-do-Pará, um papel importante na interpretação da geo-morfologia da região Bragantina e do Salgado e de toda região costeira do Estado do Pará, que era constituída por sedimentos até o Terciário. Estas terras sofreram o ataque pelo impacto do mar, que destruiu grandes trechos da antiga crosta e assim o grés-do-Pará, passou do seu horizonte primitivo para um anterior, até fazer parte das rochas que cobrem a plataforma continental (Ackermann, 1969).

3.3.4 - Geomorfologia da Região Metropolitana de Belém

Na área metropolitana de Belém podem-se distinguir vários elementos que participam de sua estrutura morfológica. Tem-se as plataformas de cumiada, que correspondem ao nível local mais elevado do planalto terciário, representando os principais divisores de águas; de topo aplainado com o caráter dos terrenos predominantes da formação Barreiras, tem amplitude variável, com pontos de estrangulamento ocasionados pela ação da erosão remontante das cabeceiras dos cursos d'águas; tem-se níveis de terraços escalonados em altitudes inferiores, cujas amplitudes variam entre 5 e 15 m e tem-se as baixadas inundáveis, que corresponderiam a um quarto nível de terraços, mas já esculpido em terrenos recentes, em sedimentos do Quaternário (CODEM, 1975). As baixadas inundáveis assumem posição muito especial no conjunto morfológico metropolitano, dado o problema que apresentam à ocupação e especialmente à urbanização.

3.3.5 - Geomorfologia da Bacia do Una - Sacramenta

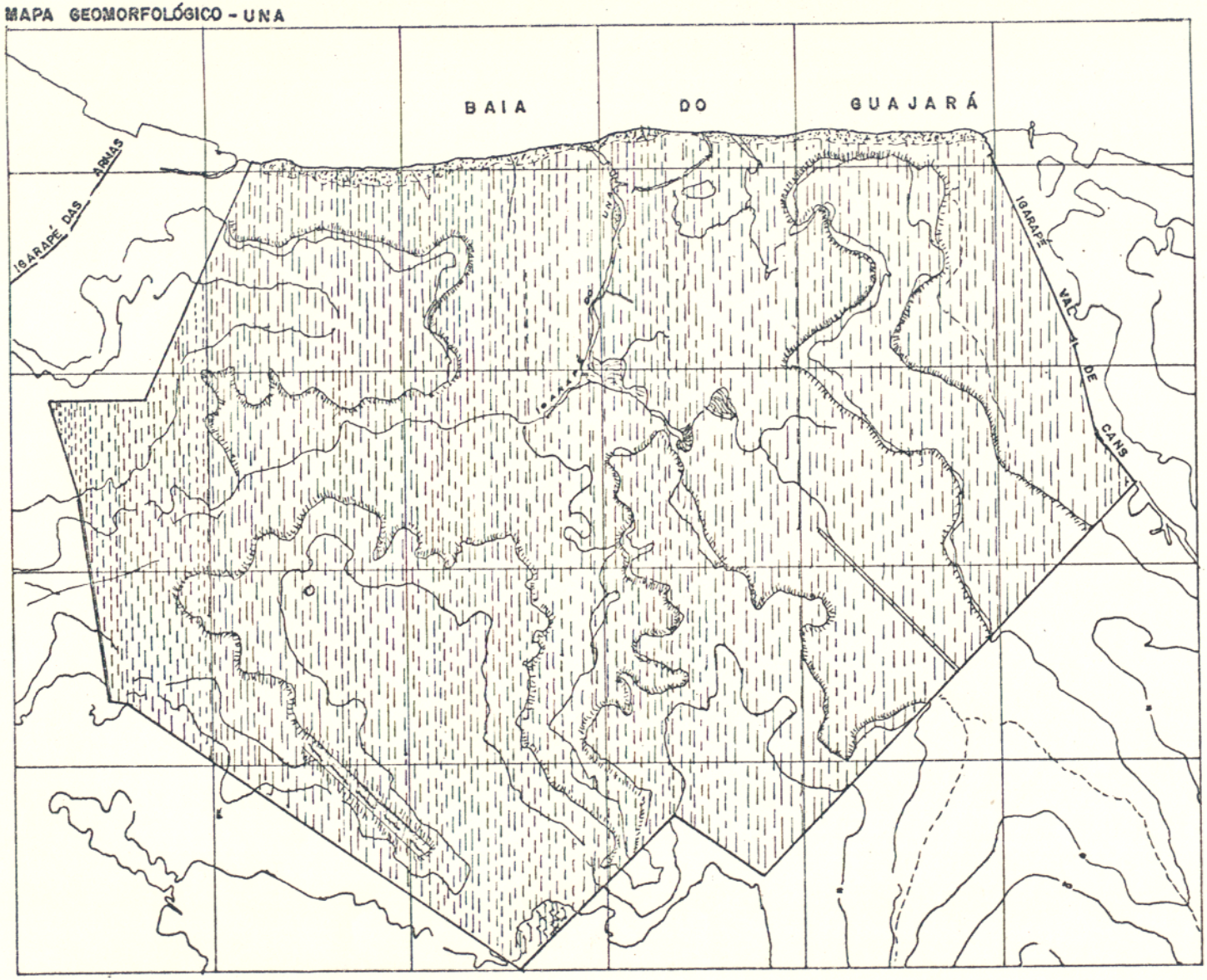
A área da bacia do Una caracteriza-se por um relevo inexpressivo, com sua compartimentação topográfica, não fugindo à regra do relêvo do sítio urbano de Belém e mesmo do relêvo regional (Figura 11).

Assim, configuram-se os 3 elementos componentes da geomorfologia local (Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, 1979).

- Planicies de Marés ou Várzeas: esses setores de planícies

FIG. II

MAPA GEOMORFOLÓGICO - UNA



CONVENÇÕES

- IGARAPÉ PRINCIPAL
- TRIBUTÁRIO
- LAGO
- VALA
- CANAL
- PONTE
- ANCORADOURO
- CURVA DE NÍVEL
- LIMITE DA ÁREA
- AREIAS SORDO SUBLITORANEA
- SORDA DE AREIA EM ÁREA DE MEANDRO
- PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO
- TERRAÇO
- TABULEIROS
- SORDOS DE TERRAÇOS

N

FONTE: MT - GEIPOT

de inundações apresentam cotas abaixo de 5 metros. São áreas sujeitas às variações das marés e ao regime de chuvas ; no caso particular da baixada do Una, são atingidas por inundações periódicas, nas grandes marés. Assim, observam-se trechos de mangue, com estagnação nas margens dos igarapés e meandros abandonados.

- Terraços Baixos: são setores que estão ligeiramente acima das planícies de inundação, isentos das enchentes e regionalmente conhecidos como "tesos". Trata-se de uma planície suave, com altura média variando de 6 a 15 metros acima do nível das marés; são ainda considerados no contexto das terras firmes, como baixo platô amazônico.
- Tabuleiros: são considerados como plataforma tabulares de grande importância, assinalando muitas vezes, as nascentes dos grandes igarapés belemenses. Em têrmos de área ocupada na bacia do Una, são inexpressivos.

3.4 - Solos

A meteorização química prepondera largamente sobre a meteorização física, nas topografias suaves recobertas pela vegetação do meio equatorial quente e úmido: hidratação, dissolução e lavagem reinam nas áreas permanentemente úmidas. Dentro de uma hierarquia de sensibilidade dos minerais das rochas, alteram-se primeiramente K, Ca, Mg, Na, que são postos em solução, ao passo que o Fe alterado é posto em suspensão coloidal, sendo carregado pelas águas ou permanecendo localmente, colorindo os minerais próximos (Fundação IBGE, 1977).

A meteorização é parte da pedogênese, na qual temos a latolização, fenômeno homogêneo, mas com variados aspectos, em função das condições climáticas, topográficas, petrográficas e naturalmente da presença da água. A meteorização química e a latolização, devem predominar na região Amazônica, podendo apresentar uma gama de aspectos, ligados às variações das condições ecológicas.

A formação Barreiras, formada de argilas, siltes, areias e conglomerados, foi sucessivamente meteorizada e erodida, facultando o desenvolvimento de latossolos e de solos podzolizados, tanto sobre a sua superficie, como sobre as várzeas e terraços pleistocênicos, enquanto que nas

depressões formaram-se os solos gley húmidos e latossolos hidromórficos - (Fundação IBGE, 1977).

3.4.1 - Solos da Região Metropolitana de Belém

O Município de Ananindeua e o Distrito de Mosqueiro, são formados pelo latossolo amarelo (Brasil. Conselho Interministerial do Programa Grande Carajás, 1981).

Em Belém, tem-se 3 tipos de solos; solos de igapó, que são encharcados, inconsistentes e excessivamente ácidos, deficientes de drenagem natural; solos de várzeas, que apresentam má drenagem, são argilosos e úmidos, mas encharcados só no inverno, com pH próximo ao neutro na sua parte superior; solos de terra firme, que são predominantemente areno-argilosos, sêcos e soltos, porém lixiviados e ácidos, apresentando boa drenagem e integrando uma unidade litogenética definida - série Barreiras (Moreira, 1966).

A área de Belém foi mapeada como constituída de solos concrecionários lateríticos (Brasil. Conselho Interministerial do Programa Grande Carajás, 1981).

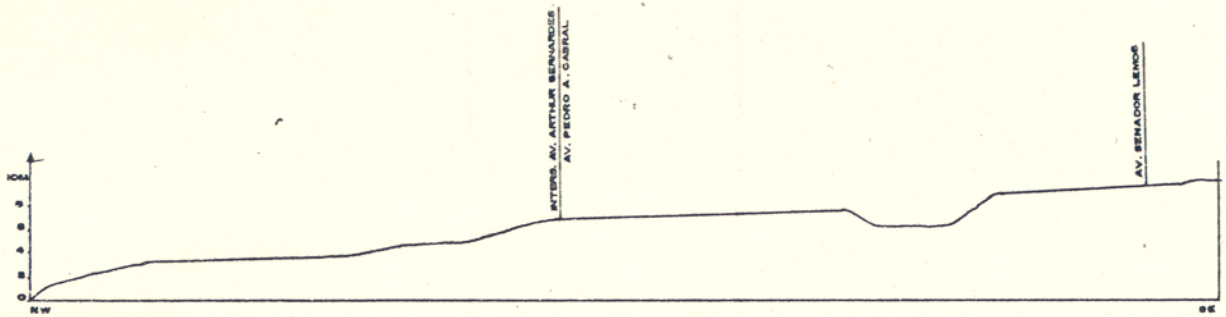
3.4.2 - Solos da Bacia do Una - Sacramenta

A identificação dos solos da área em estudo foi feita através da interpretação de fotos na escala 1:8.000, verificando-se que resultam da transformação de rochas, sob a ação de fenômenos climáticos e Biológicos . Tais rochas pertencem ao grupo Barreiras, Quaternário Antigo e Quaternário Recente (Emprêsa Brasileira de Planejamento de Transporte, 1979).

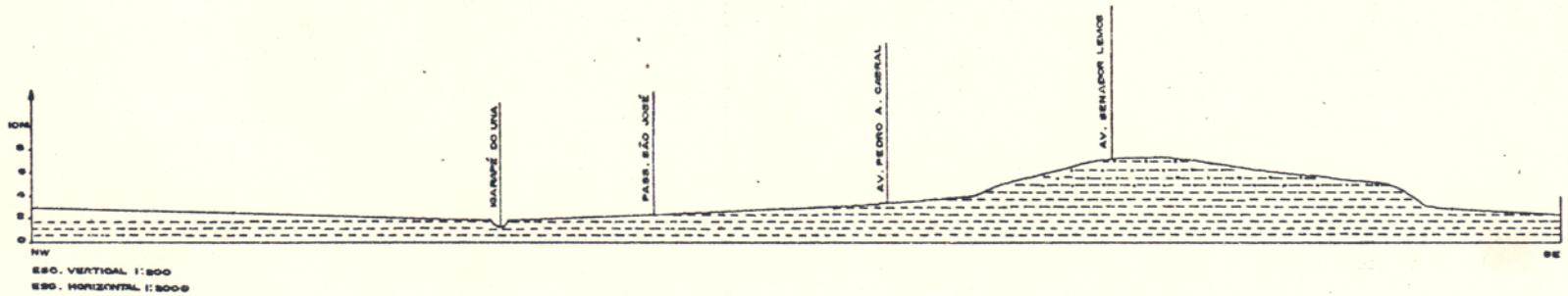
Os solos encontrados e classificados são (Figuras 12 e 13) :

- Gley pouco húmido. Solos originados de sedimentos de argilo siltosos, referidos ao Quaternários Recente, pouco profundos, localizados em relêvo plano, pouco permeáveis e mal drenados. Predominam nas margens dos igarapés.
- Areias quartzosas vermelhas e amarelas. São solos normalmente profundos, com baixo teor de argila, bem drenados e excessivamente desgastados. A sua ocorrência predomina em pequenas manchas, associadas ao latossolo amarelo. Possuem

FIG. 12 - BACIA DO UNA - PERFÍS TOPOGRÁFICOS LITOLÓGICOS



ESC. VERTICAL 1:200
ESC. HORIZONTAL 1:5000



ESC. VERTICAL 1:200
ESC. HORIZONTAL 1:5000

CONVENÇÕES

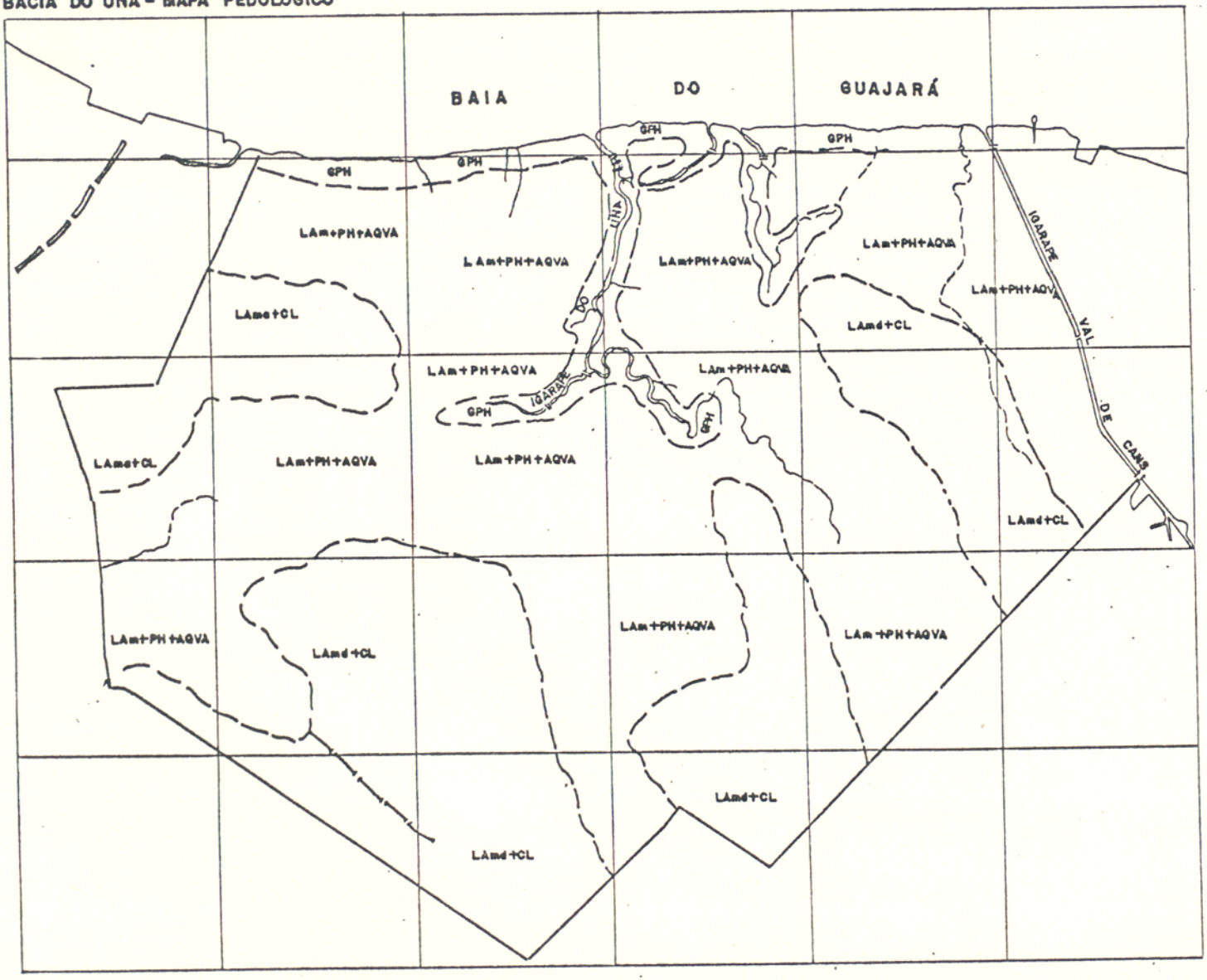
PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO

TERRAÇO

FONTE: MT - GEIPOT

FIG. 13

BACIA DO UNA - MAPA PEDOLÓGICO



FONTE: MT - GEIPOT

textura média e relêvo plano. São derivados de sedimentos areno-quartzosos de formação Barreiras.

- Podzólicos hidromórficos. São solos minerais muito arenosos, mal drenados, de coloração escurecida pela presença de matéria orgânica. Ocorrem em relêvo plano e são derivados de sedimentos arenosos, referidos ao Terciário e Quaternário. Aresentam-se associados aos latossolos amarelos e às areias quatzosas vermelhas e amarelas.

- Concrecionários lateríticos. Constituem-se de solos minerais profundos ou medianamente profundos, diferenciando-se de outros solos, pela presença acentuada de concreções ferruginosas, em todo o perfil. Tais concreções aparecem em forma de arenito ferruginoso, onde o teor de ferro é mais elevado que o de alumínio. A sua ocorrência se dá em associação com os latossolos amarelos. São encontrados em relêvo suavemente ondulados e originados de sedimentos argilo-arenosos da formação Barreiras.

- Latossolos amarelos. De modo geral, são solos que apresentam boa profundidade e drenagem. Em sua composição granulométrica há predominância de areias, grossas e finas. Como os demais tipos de solos ocorrentes na areia, são típicos de relêvo plano.

3.5 - Hidrografia

A bacia Amazônica abrange uma área de aproximadamente 6,5 milhões de km^2, excluindo a bacia independente do Tocantins - Araguaia. A calha coletora de suas águas é o rio Amazonas, que se dispõe ao longo do eixo de um geossinclinal, produzindo em terrenos do Primário e Secundário, os quais foram cobertos por espêsso manto de sedimentos do Terciário. O Amazonas viria a se transformar num grande rio, no decorrer do Quaternário.

A alternância de períodos chuvosos, ao sul e ao norte da bacia Amazônica, garante uma alimentação farta e permanente do rio Amazonas, o ano inteiro. Esse relativo equilíbrio hidroestático, decorre do fato da bacia Amazônica abranger dois hemisférios, nos quais as estações chuvosas se alternam, devido ao deslocamento anual da massa Equatorial Continental de um

hemisfério para outro.

Os canais, que nas várzeas amazônicas, estabelecem comunicação entre o rio principal e o seu afluente mais próximo, são denominados "furos". A região dos "furos", separa a ilha do Marajó do continente e estabelece comunicação entre o rio Amazonas e o rio Pará, nome dado ao rio situado ao sul da ilha do Marajó e onde o Tocantins tem o seu estuário. A parte meridional dos "furos" está sob a influência do sistema hidrográfico do estuário do Pará; a porção setentrional é dependente do regime fluvial do Amazonas.

O rio Amazonas lança quase a totalidade das suas águas no Atlântico, através do seu próprio estuário, sendo comparativamente mínimo o volume de suas águas que, pelos "furos", vem ter ao rio Pará, onde por sua vez, o Tocantins despeja suas águas.

O Amazonas penetra com relativa facilidade no oceano, exceto nos períodos das "marés vivas" ou de sizígia, quando o nível do mar eleva-se consideravelmente. Em virtude de sua descomunal descarga, o Amazonas avança mar a dentro, levando bem longe as suas águas carregadas de material sólido em suspensão, quebrando a salinidade do oceano, até uma distância que pode ser superior a duas centenas de quilômetros, conforme a estação do ano (Fundação IBGE, 1977).

3.5.1 - Rio Guamá

O rio Guamá, como o seu afluente, o rio Capim, traz das regiões de suas cabeceiras, somente pequenas quantidade de suspensões, de maneira que, estes rios, não formam várzeas nas margens de seus cursos superiores; geralmente a terra firme avança diretamente até a margem ou então ocorrem trechos de igapós marginais. O igapó é um terreno mais estável e mais antigo que a várzea, criado por erosão e sendo inundado durante um certo período do ano, possuindo uma tendência a baixar o seu nível e portanto prolongar o período da inundação, ao contrário das várzeas.

No seu curso baixo, porém, as marés empurram a água turva, barrenta, da baía do Guajará - do rio Pará, defronte de Belém - para o rio Guamá e as suspensões serão parcialmente depositadas nas zonas lateriais do talvegue. Estes sedimentos alóctonos, provêm das regiões geológica-mineralógicamente diferentes, do curso superior do Amazonas com certos afluentes e do sistema fluvial do rio Tocantins; com as águas destes rios, os sedimentos

são transportados até o rio Pará.

A deposição, na zona de inundação das margens do baixo rio Guamá, é mais intensa próximo as margens, que são cobertas por uma alta floresta de várzea. Em direção terra a dentro, diminui a intensidade da sedimentação, devido a menor quantidade de suspensões, na invasão da água fluvial (Sioli, 1951 b).

A inundação das várzeas do rio Guamá se processa duas vezes por dia - em maneira completa, pelo menos durante a época de chuva e de nível alto do rio, de fins de dezembro até fins de abril - em consequência do movimento de mará da água do rio Pará e do baixo rio Guamá, que por sua vez, é causado pelas marés do oceano. Devido a esta dupla inundação diária , na qual a água barrenta que invade a várzea fica estagnada antes do seu refluxo, a deposição de lama nas partes da floresta de várzea, periodicamente cobertas pela água, se faz sentir muito mais intensamente do que no baixo Amazonas.

Os sedimentos finos, depositados recentemente, podem ser levantados com um novo movimento da água e voltar à água aberta do rio. Com esta, então, podem ser transportados até uma nova deposição, mesmo para partes do curso do rio, mais acima do que a zona de influxo direto das águas do rio Pará, que temporariamente, torna-se levemente salobra (Sioli, 1960).

O curso do rio Guamá, de Ourém para baixo, é considerado como sendo aproximadamente, o limite meridional da zona Bragantina.

Todo o curso inferior do rio Guamá, até muito acima de S. Domingos do Capim, sofre a influência das marés que se propagam até aqui, partindo do mar e atravessando a baía de Marajó, rio Pará e a baía da Guajará e que provocam, não somente uma periódica represagem e elevação do nivel da água, mas uma periódica correnteza retrocedente da água fluvial, de maneira que este corre em direção rio acima. O efeito das marés é naturalmente mais forte durante a estação seca, especialmente quando coincide com os sizígios equinociais; o equinocio de setembro ocorre na estação seca, quando há quase o máximo da vazante anual dos rios. Por outro lado, a altura da inundação das várzeas, provocada pelo efeito das marés, é maior durante a enchente anual dos rios.

A água do trecho mais baixo do rio Guamá, em frente ao pôrto da EMBRAPA, em Belém, apresenta um teor mais alto em cloretos, o que

mostra uma nítida influência da água ligeiramente salobra da baía de Guajará. Deve-se supor que a água se enriquece em partículas suspensas, pela erosão sempre renovada, dos próprios sedimentos da várzea; estas partículas em suspensão não são carregadas para dentro da baía de Guajará, são apenas deslocadas, para cima e para baixo, no rio (Sioli, 1960).

3.5.2 - Hidrografia da Bacia do Una - Sacramenta

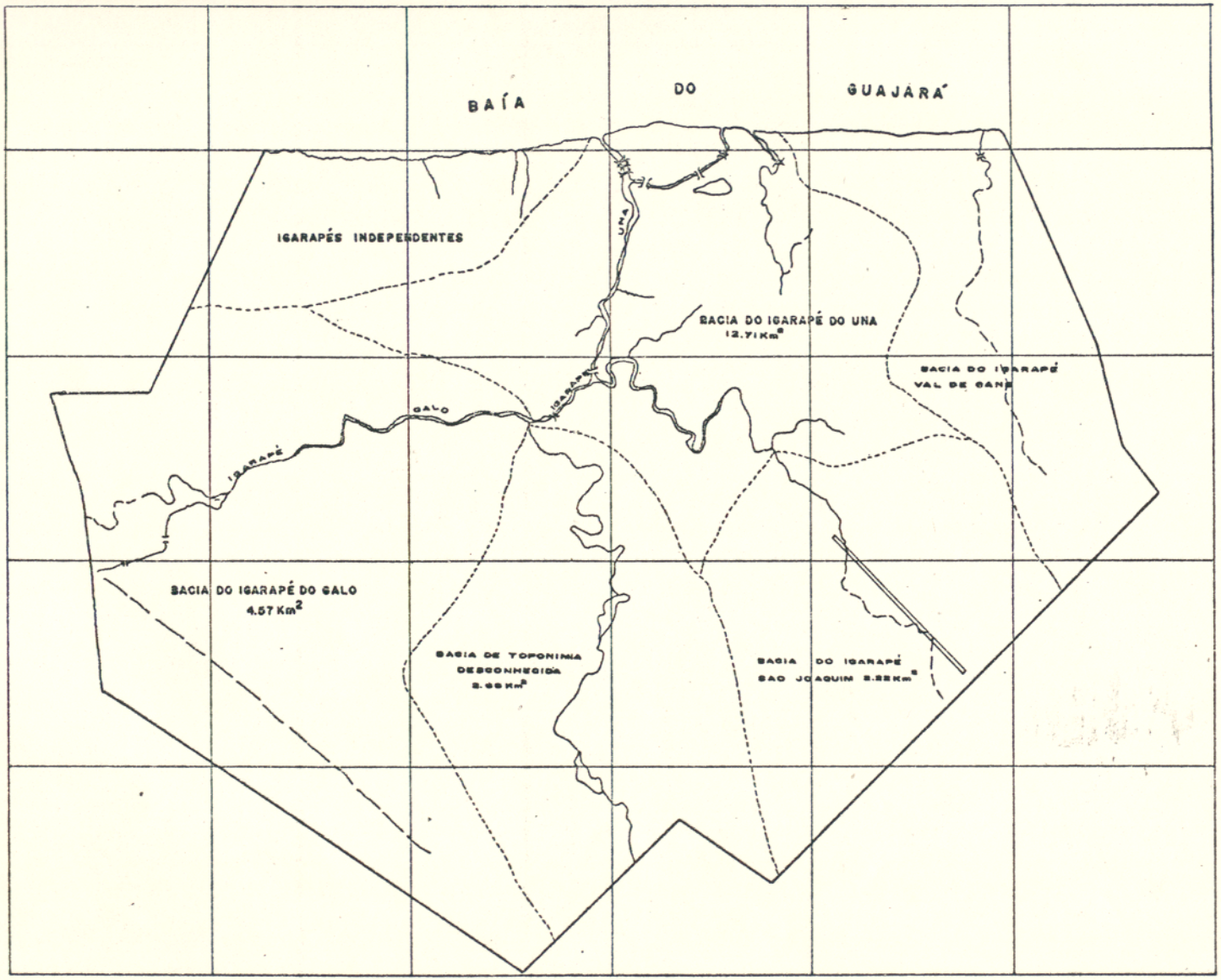
A área em estudo compreende seis bacias hidrográficas: igarapés do Una, do Galo, de São Joqquim, de Val-de-Cães, de um igarapé de toponímia desconhecida e uma de alguns pequenos igarapés não tributários do Una. As bacias apresentam características topográficas de relevo plano, o que por si só, constitui parâmetros negativo para a drenagem natural.

Estudos geológicos indicam que os terrenos das bacias componentes da área, são constituídos de solos geralmente pouco permeáveis, aspecto que intervém nas vazões de estiagens pelos lenções subterrâneos. A cobertura vegetal das bacias é composta pelo tipo florestal capoeirão - indícios de área já trabalhada, de onde a vegetação original foi extirpada - trazendo como conseqüência, dificuldade no escoamento superficial. O índice pluviométrico da área é sempre superior a 2.500 mm/ano, fator que concorre para o alto índice de erosão do solo.

Estudos de fotoanálise indicaram que cerca de 40% da Bacia do Una, é constituído de terrenos alagadiços, com pouca ou nenhuma permeabilidade e com características de má drenagem. O maior problema apresentado por esses alagadiços é, sem dúvida alguma, o de enchente, que se alia às condições morfológicas dos olos encharcados, agravando-se com o péssimo escoamento das águas pluviais. Além disso, os igarapés que formam as bacias da área desenvolvem seus leitos de forma sinuosa, provocando a formação de lagoas temporárias, em face dos meandros abandonados (Emprêsa Brasileira de Planejamento de Transporte, 1979).

FIG. 14

BACIA DO UNA - MAPA HIDROLÓGICO



FONTE: MT-GEIPOT

4. ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA CIDADE DE BELÉM

4.1 - Breve Histórico do Abastecimento e de Água e Sistemas de Esgôtos de Belém

A 1º de setembro de 1883, a Companhia das Águas do Grão-Pará inaugurava o serviço de abastecimento d'água potável, por meio de canalização (Cruz, 1944).

Em 1902, foi inaugurada a Reprêsa do Utinga (Penteado,1967), com sistema de captação de água, se constituindo no manacial responsável pelo abastecimento da Cidade, o que perdura até os dias de hoje.

Em 1906, foi iniciada a construção de um sistema de esgôtos sanitários, através de um projeto de separador absoluto, o qual,em 1912, foi substituído por um projeto de separador parcial ou misto. Esse projeto abrangeu uma área de 690 hectares e uma população de 105.000 habitantes. Até 1915 foram construídos 45 km, dos 79 km projetados; contudo, por ter a construção sido feita em trechos isolados, sem troncos, emissários e instalações de bombeamento e lançamento final, a rêde não teve um funcionamento regular (Pará. Governo do Estado, 1961).

Em 1924, o Engenheiro Raimundo Tavares Viana, Diretor do Serviço de Águas,em relatório apresentado ao Secretário Geral do Estado, dizia: " O que tenho observado é que, devido ao estado de obstrução de alguns encanamentos da rêde geral, que em grande parte é muito antigo e das derivações particulares, há pouca água em alguns bairros afastados e quase sem pressão" . E prosseguia: " A última desapropriação dos terrenos do manancial foi feita em 25 de junho de 1910. Desta data para cá, nenhum terreno mais foi desapropriado, apesar da indispensável necessidade de sua aquisição (Cruz , 1944).

Em 1936 entrou em funcionamento a Estação de Tratamento da Água de Belém, com os seguintes objetivos: aeração, coagulação e decantação, após adição de sulfato de alumínio e cal, filtração por meio de filtros rápidos funcionando por gravidade e desinfecção pelo cloro (Cruz, 1944).

O Governo do Estado, em 1945, organizou um Plano Geral para a substituição gradativa das instalações, para uma população estimada de 472.000 habitantes para 1985, abrangendo uma área de 3.666 hectares (Companhia de Saneamento do Pará, 1983 b).

A primeira obra de vulto, para proteção dos terrenos baixos da Cidade, foi o dique marginal do Guamá, na década de 40 (Brasil. DNOS, 1968).

4.2 - Mananciais

O sistema de abastecimento d'água de Belém se utiliza do rio Guamá e dos lagos Água Preta e Bolonha, como mananciais.

Os lagos Água Preta e Bolonha estão situados a NE de Belém e constituem a área chamada Utinga.

Para complementação do abstecimento, principalmente em áreas onde até o momento, não há rede ou o abastecimento é insuficiente, é utilizada água subterrânea, através da perfuração de poços.

Nos poços, utiliza-se para extração da água, sistemas de motor-bomba submersos, de potenciais instalados de capacidade 20-125 Kv e que podem retirar de 60 a 360 m^3/h.

4.2.1 - Rio Guamá

Sua capacidade é ilimitada, exceto no período de outubro a dezembro, quando suas águas se tornam salobras, devido a este período corresponder à época de maior estiagem, com redução no seu volume e consequente permissão para uma certa mistura com águas do Atlântico.

A água bruta é recalcada do rio Guamá para o lago Água Preta e transportada por gravidade até a elevatória do Utinga, através de um canal aberto e transbordante - canal Yuna. Há uma opção no transporte da água bruta, que consiste em levar do lago Água Preta para o lago Bolonha e só após este estágio intermediário, seguir para a elevatória do Utinga; esta opção praticamente não é utilizada.

O lago Bolonha irá desempenhar uma importante função na ampliação do sistema de abastecimento d'água de Belém, conforme será visto posteriormente.

4.2.2 - Lagos Bolonha e Água Preta

O lago Bolonha é uma reprêsa de terra com capacidade de

armazenamento de 2 milhões de m^3.

O lago Água Preta é uma barragem de terra, utilizada como um reservatório de água bruta, de modo a permitir a eventual parada da elevatória do rio Guamá, o que normalmente ocorre nas épocas em que a salinidade do rio torna inconveniente a sua utilização, como já visto anteriormente. Possui uma área de 3.116.868 m^2 com um volume de 10x106 m^3 e nível d'água máximo de 8,5 m.

4.2.3 - Situação Atual dos Lagos

Nos dois lagos ocorre a presença de grande quantidade de troncos emergentes à superfície e provavelmente um número muito grande destes, submersos. No lago Bolonha, os troncos emergentes pertencem a várias espécieis de árvores, enquanto que no lago Água Preta predominam troncos de palmeiras, muitas das quais ainda vivas.

A acentuada coloração das águas, observada em ambos os lagos, pode denunciar a existência de processos de decomposição de resíduos vegetais no fundo dos mesmos, pela liberação de substâncias tânicas. Outras conseqüências desta decomposição seriam o aumento da DBO - demanda bioquímica de oxigênio - pelo consumo de oxigênio e a liberação de elementos mineralizados, como nitrogênio e fósforo, que contribuem para o processo de eutrofização. No entanto, a eutrofização é limitada pela própria intensidade da côr, que dificulta a penetração da luz, necessária aos organismos fotossintéticos.

A fertilização, por sua vez, favorece o desenvolvimento de vegetação aquática superior - macrófitas aquáticas - que flutuam ou estão situadas a poucos centímetros abaixo da superfície. Entretanto, devido a idade dos lagos, é possível que tanto o efeito da redução do conteúdo de oxigênio dissolvido, como a produção de nutrientes, já estejam bastante reduzidos.

Nas porções mais rasas de ambos os lagos, principalmente nos braços que estão próximos a áreas ocupadas por residências, observa-se um exuberante desenvolvimento de plantas aquáticas submersas, como o "mururé " ou ou de folhas flutuantes como os " nunúfares" ou totalmente flutuantes, como o "aguapé". Observa-se também o desenvolvimento de organismos microscópicos, como as algas cianofíceas.

O crescimento abundante de vegetação aquática está asso

ciado ao aumento de fertilidade das águas, pela introdução de compostos contendo nitrogênio e fósforo que pela localização podem ser provenientes - de esgôtos domésticos, decomposição de lixo, etc. Está também relacionado com o assoreamento progressivo devido à morte sedimentação das plantas no fundo do reservatório, reduzindo sua profundidade. Já é possível notar algum indício deste problema, principalmente no braço N-3 do lago Água Preta, que recebe contribuição de afluentes domésticos de um conjunto habitacional, além de resíduos líquidos e sólidos provenientes de habitações construídas à sua margem.

As massas vegetais mortas, acumulam-se no fundo do reservatório, onde entram em decomposição, provocando o aparecimento de condições anaeróbias no fundo do lago, condições estas que podem concorrer para piorar a qualidade das águas, o que acontece em relação ao ferro. Em condições aeróbias, o ferro tende a tornar-se insolúvel, precipitando; havendo condições anaeróbias, o ferro volta a solubilizar-se sendo levado ao ponto de captação da água de abastecimento.

A proximidade de habitações das margens dos lagos, traz ainda outros inconvenientes, como o desmatamento, que favorece a atividade erosiva das águas de chuva, contribuindo ainda mais para o assoreamento dos reservatórios. E ainda, considerando-se que as habitações pertencem em geral à população de baixo nível econômico e normalmente de baixo nível sanitário, com provável alta incidência de doenças gastrointestinais, torna-se elevado o risco de contaminação das águas por microrganismos patogênicos, causadores de doenças como gastroenterite, amebíase, giardíase, etc.

4.3 - Sistema Atual de Abastecimento d'Água em Belém

A água bruta é recalcada da elevatória do Utinga para as estações de tratamento de São Braz e do 5º Setor, através de duas adutoras independentes.

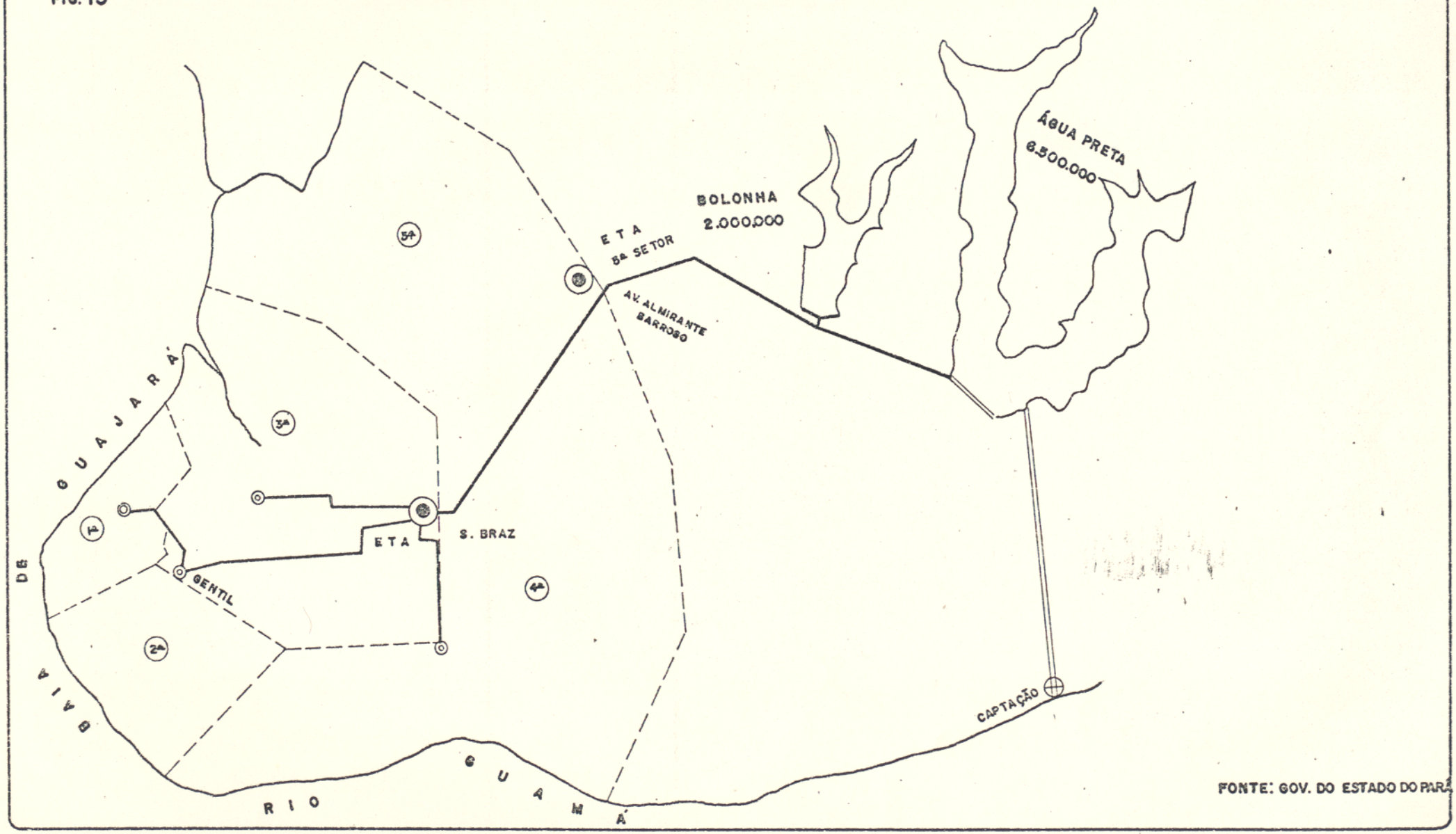
4.3.1 - Sistemas de Distribuição (Figura 15)

Belém encontra-se dividida em 5 setores, divisão esta orientada pela conformação topográfica da cidade. Cada setor é constituído de um reservatório enterrado, com capacidade de acumulação de 1/4 daquela consumida diariamente pelo setor e de uma caixa elevada de pressão, com ca

BELÉM—PA

FIG. 15

ESQUEMA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DÁGUA



FONTE: GOV. DO ESTADO DO PARÁ

pacidade de 1/50 da água consumida.

O abastecimento dos reservatórios é feito mediante sub-adutoras que partem de uma fonte central - São Braz, exceto o 5º setor, que possui sua própria ETA.

O 1º Setor está localizado na rua Ó de Almeida. Possui uma cisterna de 4.000 m^3 e uma caixa elevada de 270 m^3. Abastece os bairros do Comércio, Cidade Velha e parte do Reduto.

O 2º Setor situa-se na travessa Presidente Pernambuco. Tem uma cisterna de 2.700 m^3 e uma caixa elevada de 165 m^3. Abastece os bairros do Jurunas e Batista Campos. Para complementação do abastecimento, o 2º setor trabalha também com um poço, na rua de Óbidos, que joga a água diretamente na rêde.

Localizado na travessa João Balbi, está o 3º Setor. Possui cisterna e caixa elevada de capacidade 9.000 m^3 e 320 m^3, respectivamente. Abastece os bairros do Umarizal, Nazaré, São Braz e partes do Marco,Matinha e Pedreira.

O 4º Setor está situado na avenida José Bonifácio, com uma cisterna de 6.000 m^3 e uma caixa elevada de 230 m^3. Abastece os bairros da Condor, Guamá e partes do Jurunas e Cremação. Como o 2º setor, este também necessita de complementação no abastecimento, o que é feito por dois poços perfurador no próprio setor. O primeiro, com profundidade de 120 m , que joga a água na cisterna do setor e o segundo, com 280 m, que joga diretamente na rêde.

Na avenida 25 de Setembro, localiza-se o 5º Setor, que possui cisterna de 7.000 m^3 e caixa elevada de 350 m^3. A alimentação do 5º Setor é feita por uma sub-adutora de 345,5 m de extensão, a partir da adutora do Utinga. Possui sua própria ETA, conforme já foi citado e um poço para auxiliar o abastecimento, poço este perfurado no próprio setor, que joga suas águas diretamente na rêde. O 5º Setor abastece os bairros da Sacramenta, Telégrafo, Souza, Canudos e parte da Pedreira e Marco. Para descarga dos "accelators" e ETA, foi assentada uma linha de esgôto, com 607,7 m de comprimento.

O 5º Setor encontra-se em franco desenvolvimento, uma vez que em sua direção se processa o desenvolvimento principal da cidade. Entretanto, este setor é carente no que se refere ao abastecimento d'água.

Estes 5 setores não abastecem toda a cidade. Existem bairros que não são abastecidos pela rêde. São eles: Terra Firme, Marambaia,Una, Cidade Nova, IPASEP e Utinga.

O bairro da Terra Firme é abastecido por um sistema de 4 poços, 3 deles jogando a água na caixa elevada da avenida Perimetral e o outro jogando diretamente na rêde.

O Una é abastecido por 4 poços, sendo que apenas um deles sofre aeração, filtração e finalmente cloração, já nas cisternas.

O bairro da Marambaia possui duas ETAs, com 5 poços em ca uma. Estas realizam apenas aeração, filtração e cloração.

A Cidade Nova é abastecida por 7 poços. Possui cisternas e caixas elevadas.

O IPASEP possui dois poços para seu abastecimento. Apenas um deles sofre aeração, filtração e cloração. A água é armazenada em cisternas.

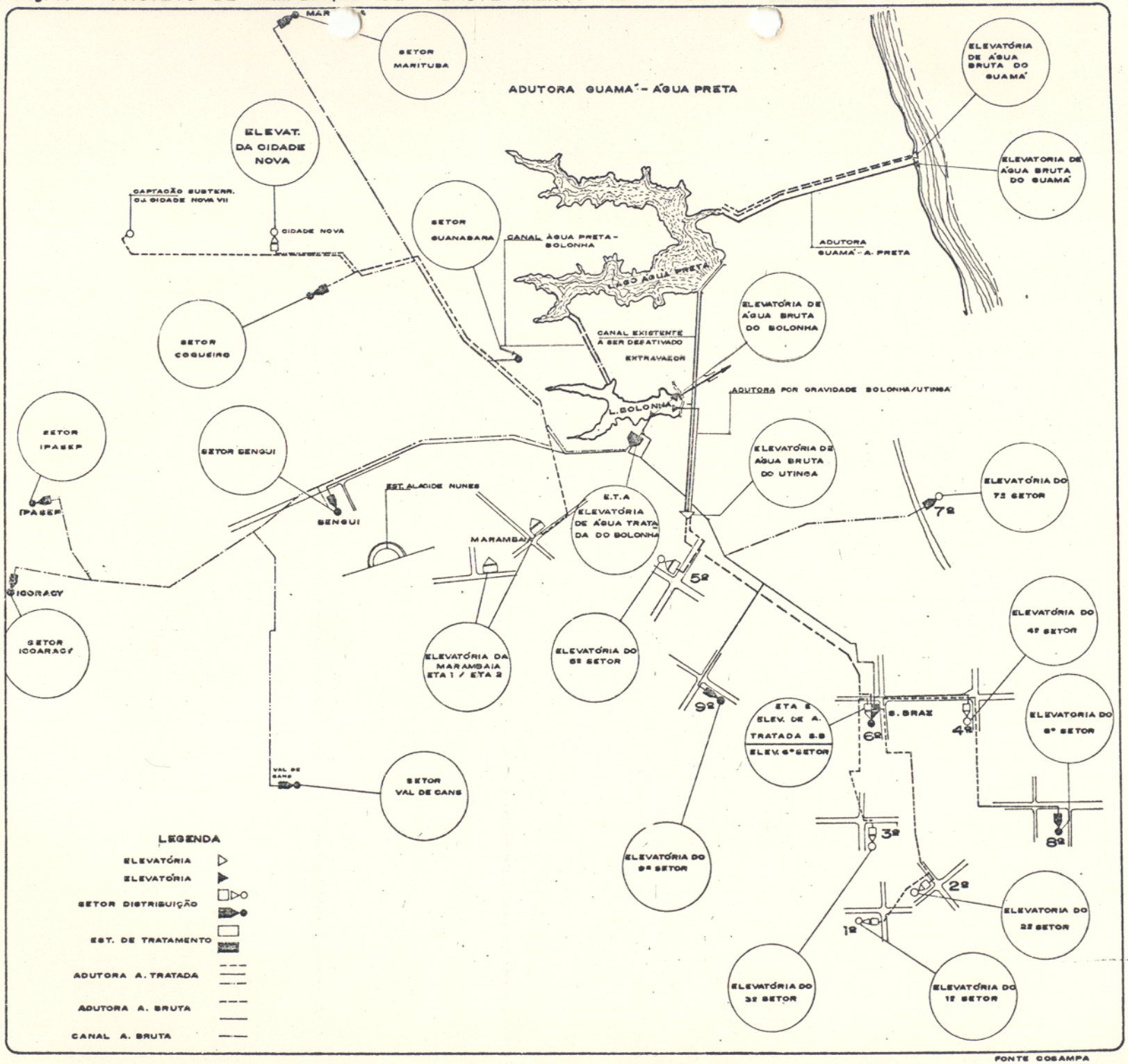
Na área onde estão localizados os mananciais que abastecem a cidade - Utinga - há dois poços rasos: um deles entra em mistura com a água tratada do 5º Setor.

4.4 - Ampliação do Sistema de Abastecimento de Água (Figura 16)

Belém é uma cidade de pequena altitude e com topografia plana. Como está distante apenas cerca de 100 km do mar, os rios que a circundam estão sujeitos aos fenômenos das marés. Da superfície total da cidade, 39,43% está situada abaixo da cota 4, referida ao zero hidrográfico (SUDAM, 1976). Estas são áreas alagadas onde se aglomera cada vez mais a população de baixa renda e onde o abastecimento d'água a domicílio é deficiente ou mesmo inexistente, obrigando a população a recorrer a torneiras públicas, tendo de vencer muitas vezes, grande distâncias, para obter um abastecimento precaríssimo.

Atualmente, a capacidade de acumulação dos reservatórios Bolonha e Água Preta é de 12 milhões de m^3, o que indica, para a população atual da cidade, um déficit de cerca de 6 milhões de m^3 (Brasil. DNOS,1968) situação que só tende a se agravar, com o crescimento natural da população.

Fig. 16 — PROJETO DE AMPLIAÇÃO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BELÉM



FONTE COSAMPA

Devido a estas razões, foi elaborado um projeto para ampliação do sistema de abastecimento de água, que atenderá a população da Zona de Expansão, até o ano 2.000, estando dividido em duas etapas: a primeira até 1990, com uma vazão de 5.858 l/s e a segunda, até o ano 2.000, com uma vazão de 9.030 l/s (COSANPA, 1983 a).

O projeto prevê:

- a construção de uma nova tomada e elevatória de água bruta do Rio Guamá, com aproveitamento da já existente.
- construção de uma nova adutora de água bruta Guamá - Água Preta, com aproveitamento da existente
- construção do canal Água Preta - Bolonha, que interligará os dois lagos, que serão totalmente aproveitados, o que propiciará um maior volume de reservação
- construção da tomada de água bruta do lago Bolonha, da estação elevatória, da adutora Bolonha - ETA e da tomada d'água por gravidade no lago Bolonha
- construção da adutora por gravidade Bolonha - Utinga, que alimentará a elevatória do Utinga, já existente
- construção da ETA Bolonha e da elevatória de água tratada
- construção da adutora ETA Bolonha - São Braz, que alimentará o 7º e o 9º setor (não existente), através sub-adutoras e na chegada o 6º setor (não existente) a partir do qual serão servidos o 4º e 8º setores (o último não existente)
- serão aproveitadas no projeto, as adutoras Utinga - São Braz e Utinga - 5º setor, as ETAs de São Braz e do 5º setor e as sub-adutoras do 1º, 2º e 3º setores, que receberá água recalcada pela ETA São Braz
- Construção das adutoras de água tratada da Zona de Expansão.

Quanto aos sistemas de distribuição, o projeto prevê o seguinte: ampliação da capacidade da estação elevatória do 1º, 2º, 3º, 4º e 5º setor, sendo que neste último será ampliada também a capacidade de re

servação; serão ainda construídos as elevatórias e reservatórias dos novos setores que serão o 6º, 7º. 8º e 9º.

Na chamada Zona de Expansão do projeto, também serão feitas modificações. Na Marambaia, Cidade Nova e IPASEP, serão aproveitados os sistemas existentes e na 2a. etapa, estes bairros serão abastecidos por sistema misto de água subterrânea e superficial.

Guanabara, Coqueiro, Val-de-Cães e Bengui são áreas que passarão a ser atendidas pela ETA Bolonha, sendo que o Bengui terá seu abastecimento complementado por um poço.

Marituba, Ananindeua e Icoaraci serão abastecidos por água subterrânea na 1ª. etapa e sistema misto, água subterrânea - água superficial, na 2ª. etapa.

4.5 - Tratamento de Águas

O tratamento da água destina-se a remover ou reduzir a concentração, na mesma, de impurezas potencialmente nocivas à saúde humana, à animais e vegetais, à aparência estética e à sua distribuição (Branco & Rocha, 1977).

Os mananciais empregados no abastecimento de Belém são poços, o rio Guamá e os lagos Água Preta e Bolonha. Os poços, geralmente fornecem água com temperatura mais baixa, não contaminada e com qualidade uniforme; isto quando perfurados de acordo com as recomendações técnicas e mantidos protegidos, o que muitas vezes não ocorre com poços abertos por particulares, principalmente aqueles situados nas zonas de "baixadas", alagadas, assunto que será tratado em maior profundidade noutra seção.

Dos poços que auxiliam o sistema de abastecimento da cidade, apenas aqueles que abastecem o Una, Marambaia e IPASEP, sofrem tratamento, que consiste no seguinte:

- aeração, para remoção de gases dissolvidos e adição de oxigênio à água; este oxigênio oxidará o ferro dissolvido, por ventura presente na água do poço, que precipitará
- filtração, para remoção dos sólidos presentes, inclusive do ferro, precipitado na etapa de aeração

- cloração, para promover uma proteção residual contra contaminações potenciais no sistema.

A poluição e eutrofização - rios e lagos - são os fenômenos que maiores preocupações causam aos mananciais. O controle de qualidade da água de abastecimento de uma cidade deve se iniciar com o controle da bacia do rio e/ ou das condições dos lagos para proteger a água bruta.

O tratamento utilizado nas ETAs de Belém é o convencional, constitído de floculação, decantação, filtração rápida em areia, cloração e correção do pH.

4.5.1 - Tratamento Efetuado na ETA São Braz

A estação de tratamento de São Braz possui calha medidora, 5 floculadores, 5 decantadores, 32 filtros e uma caixa elevada de capacidade 1.500 m^3.

A ETA São Braz tem vazão nominal de 4.320 m^3/h e atualmente trabalha em sobrecarga, recebendo um volume de água bruta de 5.080 m^3/h, na qual são condicionadas cal hidratada e sulfato de alumínio, na concentração de 8%, como agentes coagulantes, para agregar as partículas em suspensão. A cal também tem a finalidade de elevar a alcalinidade da água, quando se encontra muito baixa. A coagulação é feita no canal de chegada - canal de mistura rápida - e o tempo de formação dos flocos, pequenos agregados de matéria coloidas, é de 1 a 2 minutos.

A floculação é a operação que consiste em uma lenta agitação da água, por meio de pás mecânicas, com o objetivo de acelerar a formação dos flocos, tornando-os de maiores dimensões. A floculaçãoé feita em tanques floculadores, diretamente ligados ao canal de mistura rápida e tem duração aproximada de 15 minutos.

Saindo dos floculadores, a água entra nos decantadores,para que ocorra a sedimentação dos flocos contendo as impurezas sólidas. São 5 decantadores, cada um com capacidade de 15.070 m^3. Para que melhor ocorra a sedimentação dos flocos, a água percorre os decantadores a uma velocidade mínima, fazendo com que o tempo desta etapa seja de aproximadamente 4 horas.

Os flocos que não foram retirados na decantação, o serão na

etapa seguinte, filtração, onde são usados filtros rápidos de gravidade, que filtram a taxa de 180 m^3/m^2/ dia. São 32 filtros, cada qual com uma área filtrada de 26.06 m^2 e com uma camada de areia filtrada de 70 cm de espessura.

A água já filtrada, é aplicada cloro líquido, fornecido em cilindros sob pressão, que gera gás cloro. Sua dosagem é determinada através do cloro residual, taxado em 0,8 a 1, 0mg/l. Na ETA São Braz, há um consumo médio de 210 kg diários.

A cloração tem como objetivo a desinfecção, visando a destruição de microorganismos patogênicos presentes na água. O cloro na água, forma o ácido hipocloroso (HOCl), que permanece em sua maior parte, não ionizado, abaixo de pH 7. Isto é importante, porque a ação bactericida do cloro, resulta da reação química entre o ácido hipocloroso e a estrutura celular dos microorganismos, inativando os processos necessários à vida.

A última etapa do tratamento é a correção do pH, pois nas etapas anteriores, este torna-se ácido. Logo após a desinfecção pelo cloro, aplica-se cal hidratada, para elevar o pH até a faixa de 6,8 - 7,2.

4.5.2 - Tratamento Efetuado na ETA do 5º Setor

As características químicas do traamento efetuado na ETA do 5º Setor, são as mesmas da ETA São Braz.

A maior diferença está no tipo do equipamento, pois nesta ETA são utilizados flocos-decantadores, do tipo "accelators", em concreto, em número de 3, sendo 2 de capacidade 800 m^3h e o outro de 1.600 m^3/h.

Funciona com 16 filtros de areia, que trabalham à taxa de 150 m^3/m^2/ dia, possuindo uma área filtrante de 31 m^2, com uma camada de areia de 0,60 m de espessura, dados estes para cada filtro.

A ETA do 5º Setor recebe um volume de água bruta de 2.940 m^3/h e trabalha com uma vazão de saída de 2.470 m^3/h.

O poço existente no 5º setor tem uma profundidade de 270 m e contribui diretamente para a rede de abastecimento, com 220 m^3/h.

4.6 - Esgôtos Sanitários de Belém

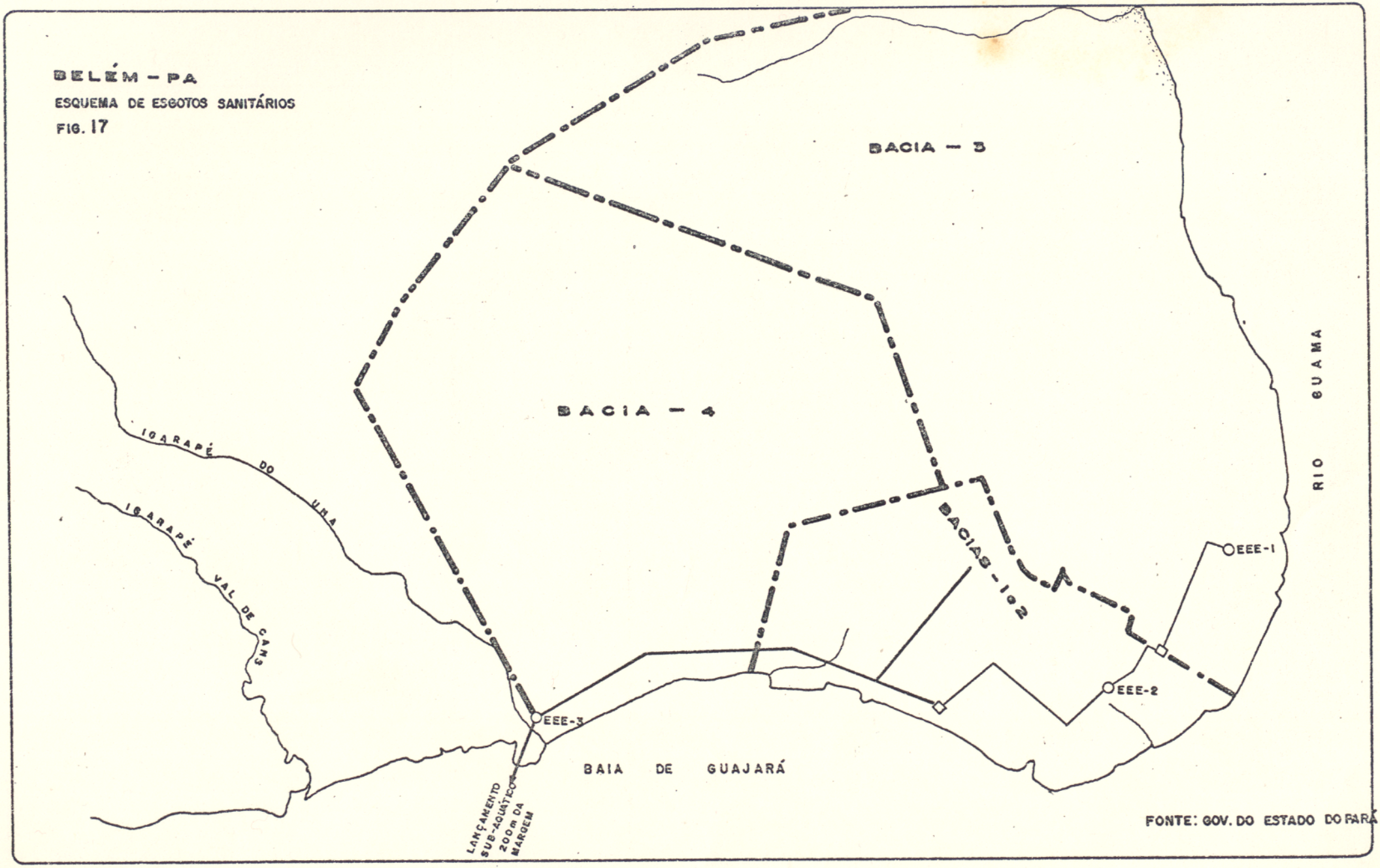
Em 1961, foi executado um projeto de esgôtos sanitários, que visou o maior aproveitamento da rêde já existente - construída até 1951. No projeto foram consideradas 4 bacias, caracterizadas por: igarapé das Armas (1), avenida Almirante Tamandaré (2), dique de Belém (3) e igarapé do Una (4). Estas bacias naturais condicionaram o traçado da rêde sanitária (Pará. Governo do Estado, 1961) (Figura 17).

A bacia número 1 - igarapé das Armas, abrange uma área de 276 hectares e a número 2 - Tamandaré, 238 hectares. Nestas duas bacias, enconta-se quase a totalidade da rêde existente, da qual o projeto previa o aproveitamento de 90%. As bacias número 3 - dique de Belém e número 4 - igarapé do Una, compreendem uma área de 1.971 hectares e 1.361 hectares respectivamente.

Tendo em vista as condições da Cidade, como topografia pouco acidentada, presença de lençol freático à pequena profundidade e consequente contribuição por infiltração, falta de zonemaneto urbano e tendencia para construção de prédios elevados, foi adotado no projeto, o diâmetro mínimo de 0,20 m (8"), para os coletores sanitários, projetados para funcionar a meia seção.

No projeto constam 2 estações elevatórias no sistema de coleta e uma estação de bombeamento final.

Belém é uma cidade circundada por grandes massas d'água, de grande capacidade de diluição e auto-depuração, permitindo que o afastamento dos resíduos líquidos urbanos se faça em condições sanitárias satisfatórias. O efluente seria lançado na baía de Guajará, que possui um canal navegável ao longo de suas margens, a cerca de 200 m. O projeto previu a travessia deste canal, por tubos de lançamento sub-aquáticos, para descarga em profundidade; assim, o despejo seria feito à aproximadamente 300 m, ou seja, além do canal, tornando-se este uma verdadeira barreira entre o ponto de lançamento e a margem. As condições favoráveis de lançamento sub-aquático numa massa d'água muito grande, permitem a princípio, prever o lançamento do esgôto "in natura", apenas com uma retenção dos materiais grosseiros.


BELÉM – PA
ESQUEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS
FIG. 17
BACIA – 3
BACIA – 4
BACIAS – 1 e 2
IGARAPÉ DO UMA
IGARAPÉ VAL DE CANS
EEE-1
EEE-2
EEE-3
RIO GUAMA
BAIA DE GUAJARÁ
LANÇAMENTO SUB-AQUÁTICO 200 m DA MARGEM
FONTE: GOV. DO ESTADO DO PARÁ

Na realidade, temos em Belém cerca de 12.000 prédios, lançando seus efluentes na rêde pluvial ou nas águas de superfície das baixadas. Apenas 7,1% da população de Belém é atendida por sistema de esgôtos sanitários (Associação Brasileira de Enegenharia Sanitária, 1982).

Os quadros 1 e 2, mostram alguns dados operacionais da COSANPA, relativos ao abastecimento e tratamento de água e ao sistema de esgôtos sanitários.

QUADRO 1: COSANPA, Dados Operacionais em 12/82
Belém. (Companhia de Saneamento do Pará, 1982)

Discriminação	População Abastecida (1000hab.)	População Urbana (1000hab.)	Extenção de rede (Km)	Volume-1000m^3/dia	
				Produzido	Tratado
Abastecimento d'agua	699	967	1.026	253	243
Esgotos Sanitários	71	967	82	10	-

QUADRO 2: COSANPA. Alguns Indicadores de Desempenho dos Sistemas em 12/82. (Companhia de Saneamento do Pará, 1982)

Discriminação	Nº
1. Extensão redes água/ligações de água .....(m/lig.)	10,35
2. Extensão redes esgoto/ligações de água.....(m/lig.)	7,16
3. Volume produzido água/população abastecida ..... (m^3/hab./dia)	0,291
4. Volume coletado esgoto/população servida sistema esgoto ... (m^3/hab./dia)	0,141
5. Consumo de cloro/volume tratado água .....(g/m^3)	1,60
6. Consumo de sulfato/volume tratado água ..... (g/m^3)	17,40
7. Consumo de cal/volume tratado água . ..... (g/m^3)	4,70

5. ASPECTOS DE SANEAMENTO DE BELÉM

Belém é uma cidade plana e baixa, elevando-se suavemente das margens do rio Guamá até cotas próximas a 15 m, onde se expandiu a parte central e mais antiga da cidade. De um modo geral, a drenagem pluvial de Belém pode ser bem executada, já que a cidade é ladeada pelo rio Guamá e baía do Guajará, para onde se dirige toda a rêde de escoamento. Importante é que seja executado um programa de drenagem e revestimento dos igarapés, pois destes depende o aproveitamento, em condições normais, das partes baixas de Belém.

Uma extensa rêde de igarapés corta os setores sul e oeste da zona urbana, facilitando a penetração das grandes marés da baía do Guajará, acarretando alagamento das baixadas, condição agravada por um período chuvoso que se prolonga por 7 mêses e ultrapassa 2.300 mm/ano.

Nas partes mais altas da cidade, com boa declividade e fácil esgotamento, fixou-se a parte da população com melhor faixa salarial. A população de baixa renda, que representa parcela ponderável do total, espalhou-se pelas baixadas - áreas da cidade situadas abaixo da cota 4.

As baixadas de Belém constituem-se numa das maiores formações urbanas de áreas problemas do País (CODEM, 1978) e correspondem a 26% da área urbana da cidade (CODEM, 1975).

5.1 - Proteção Contra Inundações (Figura 18)

As medidas de proteção contra enchentes do rio Guamá e baía do Guajará são de extrema importância, uma vez que 40% da cidade está situada abaixo da cota 4, constituindo-se em extensas áreas de terras alagáveis.

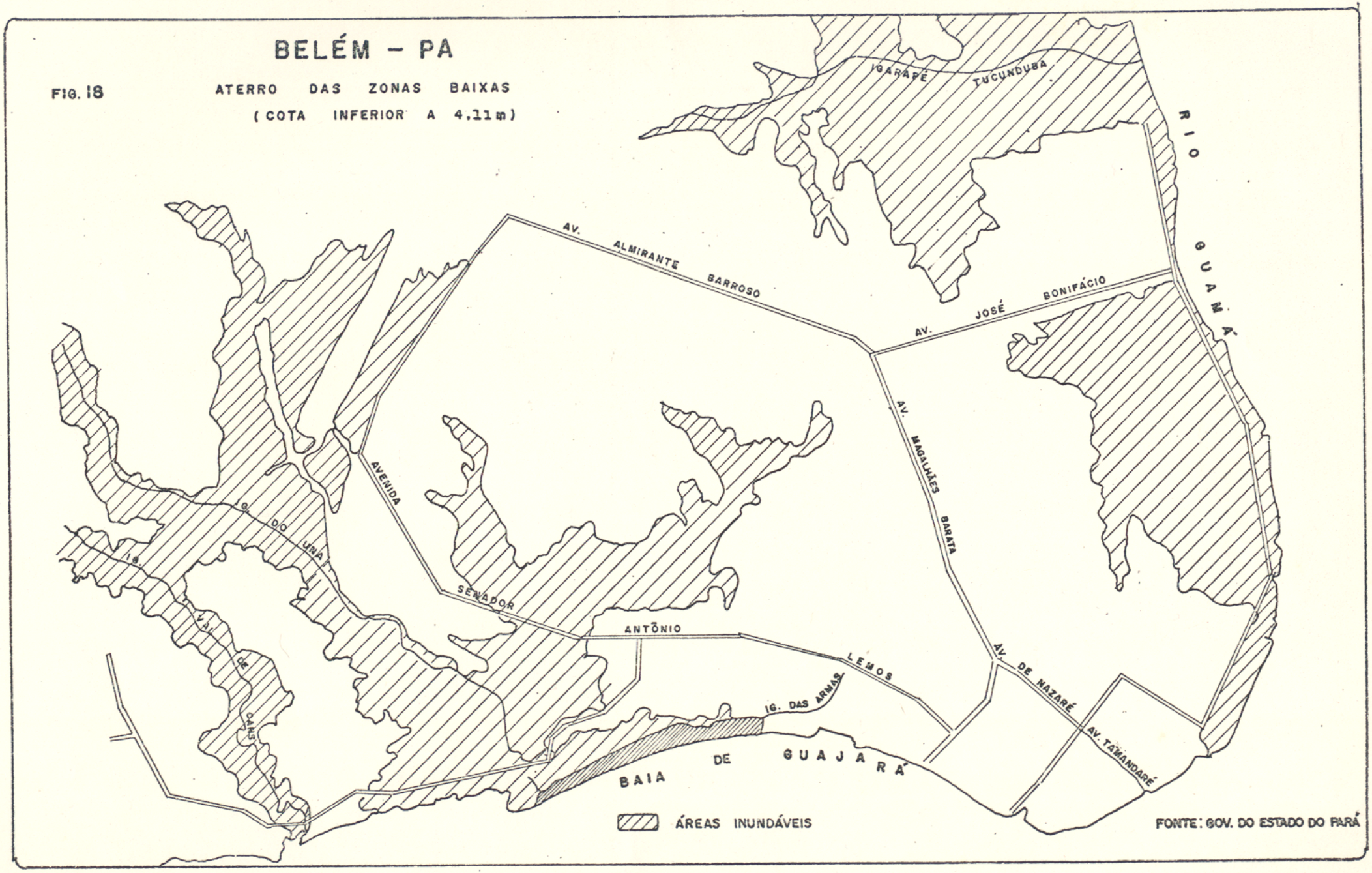
O dique da baía de Guajará é o Cais do Pôrto protegem a Cidade das enchentes da báia do Guajará, enquanto que o dique do Guamá é uma defesa contra as enchentes provocadas pelo rio Guamá.

5.2 - Bacias de Drenagem

De acordo com o estudo "Monografia das Baixadas de Belém"

BELÉM – PA

FIG. 18 ATERRO DAS ZONAS BAIXAS
(COTA INFERIOR A 4,11m)



(SUDAM, 1976) a área de baixadas da cidade enquadrada em 5 bacias de drenagem.

A - Bacia de drenagem do igarapé do Una, representando - 50,45% do universo estudado.

B - Bacias dos igarapés das Armas e Reduto, correspondendo a 6%.

C - Bacias do Comércio, Tamandaré e São José, possuindo 7,2%.

D - Bacia da Estrada Nova, com 16%.

E - Bacia do igarapé Tucunduba, com 21% do universo.

5.2.1 - Área A (Una)

É formada integralmente pela bacia do Una. É a maior das áreas estudadas, abrangendo 3.300 hectares. No entanto, apenas 2.531 hectares pertencem ao estudo, sendo 689 de terras alagáveis, o que corresponde a 27,22%.

Esta área inclui terras dos bairros de São Braz, Umarizal, Matinha, Marco, Pedreira, Telégrafo, Sacramenta, Marambaia e Souza. Os bairros da Sacramenta, Telégrafo e Pedreira, são os contribuintes mais significativos, com 34,25%, 22,35% e 12,63% de terras alagáveis, respectivamente.

5.2.2 - Área B

É a de menor extensão territorial, com 274 hectares sendo 30,36% de baixadas - 48 hectares. Compreende terras dos bairros do Reduto e Umarizal.

5.2.3 - Área C

Esta área mede 361 hectares e localiza-se na parte mais urbanizada da cidade, com 52,90% de sua extensão formada por baixadas. É constituída pelos bairros de Batista Campos, Cidade Velha, Comércio e Jurunas.

5.2.4 - Área D

São 797 hectares com 469 sujeitos a inundações,o que corresponde a quase 60% de baixadas. Envolve os bairros da Condor, Guamá, Cremação, Jurunas e Batista Campos.

5.2.5 - Área E

O universo de estudo abrange 1.055 hectares de terras dominadas pelo igarapé Tucunduba, com 55% de terras alagáveis, 575 hectares, pertencentes aos bairros da Terra Firme, Guamá, São Braz, Canudos e Marco.

5.3 - Saneamento Básico nas Baixadas

As baixadas caracterizam-se por apresentarem condições insatisfatórias no que se refere a: sistema viário, fornecimento de energia elétrica, linhas telefônicas, unidades escolares, atendimento hospitalar, sistema de água potável, esgôtos sanitários e coleta de lixo.

Além de constituirem obstáculo físico ao desenvolvimento dos serviços urbanos, as baixadas transformaram-se em "ilhas" onde estão confinadas as populações de baixa renda.

A população residente nestas áreas caracteriza-se pela falta de qualificação profissional e baixo nível sócio-econômico. Além disso, é grande o número de elementos que compõem os grupos familiares, residindo em reduzidos cômodos, sem condições de higiene, o que se reflete na saúde da comunidade. As habitações são sub-normais, desordenadamente distribuídas, dotadas de pequenas pontes como vias de acesso.

Quanto à carência no serviço de abastecimento de água potável ou mesmo ausência,em certas zonas das baixadas, alega a COSANPA que o fato é uma decorrência da falta de infra-estrutura para assentamento de tubulações (SUDAM, 1976).

De acordo com pesquisa domiciliar efetuada (CODEM, 1975) cujos resultados seguem abaixo, pode-se notar que a cidade de Belém apresenta-se em situação de extrema precaridade no que diz respeito a esgôtos sanitários, situação esta um pouco melhor, no que se refere ao abastecimento d'água, sendo que os aspectos mais graves devem-se às baixadas da cidade.

Quanto às instalações sanitárias:

- não possuem ou têm coletivas 2,60%
- possuem poço negro dentro ou fora do domicílio 48,96%
- possuem vaso sanitário e chuveiro dentro do domicílio 17,88%
- possuem banheiro completo 20,33%
- possuem mais de um banheiro completo 10,33%

Quanto ao abastecimento d'água:

- domicílio abastecido por bica pública 1,69%
- domicílios servidos por bica ou poço coletivo 16,49%
- domicílio servido por um só ponto de água de rêde distribuidora 9,78%
- domicílios servidos regularmente pela rêde distribuidora 72,04%

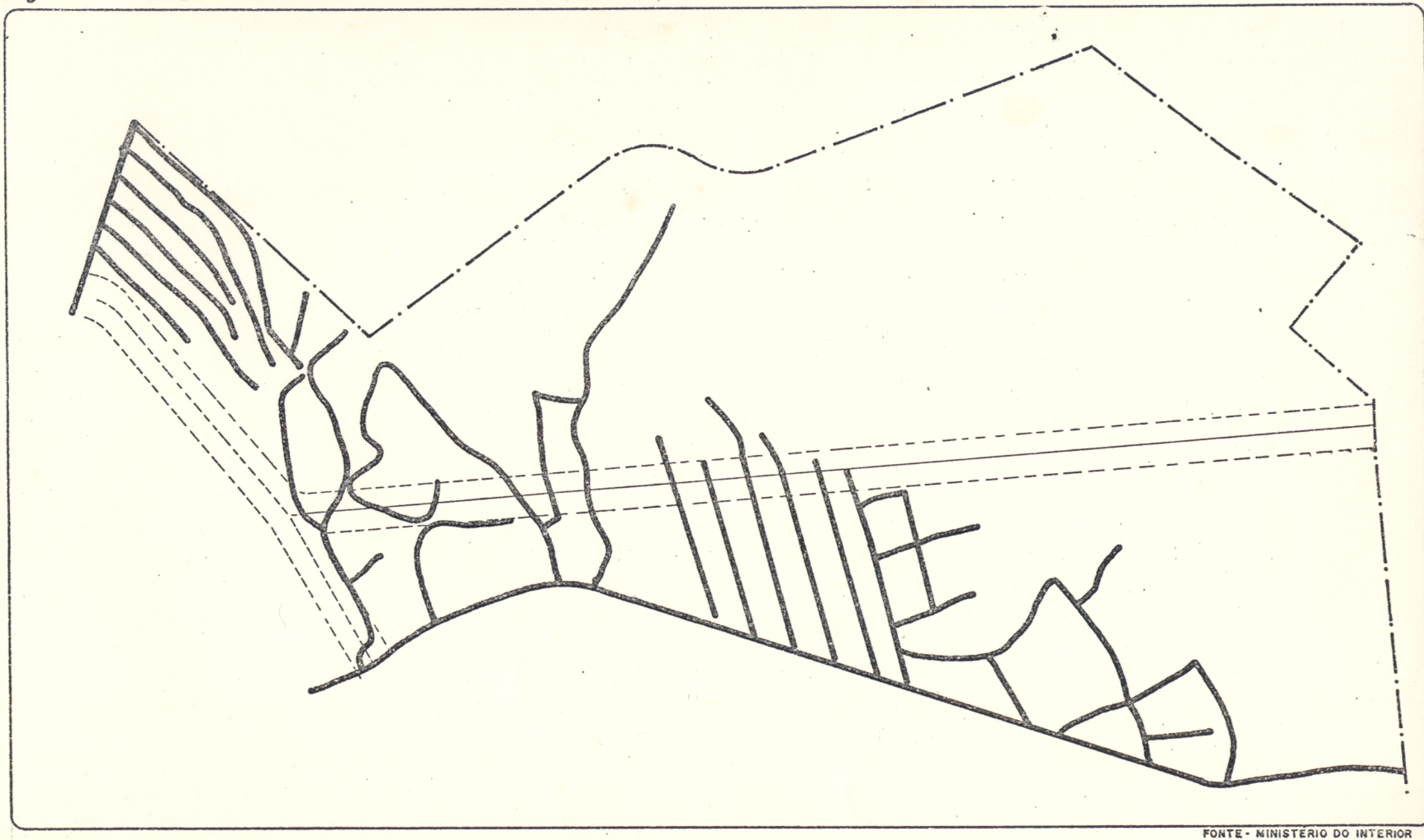
Outro fator importante para o seneamento é o problema do lixo. Ainda pela pesquisa domiciliar esfetuada, tem-se uma geração estimada de lixo e resíduos de 357 t/dia, sendo que a coleta diária recolhe 254 t/dia, havendo um "deficit" de coleta de 121 t/dia. Este "deficit" de coleta, corresponde ao lixo das baixadas, normalmente lançados diretamente nos terrenos e águas circunvizinhas às habitações.

5.3.1 - Bacia do Una - Bairro da Sacramenta

Esta é uma área de baixadas e como tal apresenta-se com as mesmas características já mostradas. Está sendo tratada em particular, por ser a área objeto de estudo deste trabalho. O bairro da Sacramenta possui 68,39% de sua área alagável.

No que se refere ao abastecimento d'água, pela própria estrutura física da área, a rêde fica mais ou menos restrita às partes consolidadas, que representam um percentual insignificante em relação às partes alagadas (figura 19). Nestas regiões, onde há abastecimento a domicílio, a tubulação está nas estivas ou enterrada na lama, colocando em

Fig. - 19 ÁREA PROMORAR - REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA



FONTE - MINISTÉRIO DO INTERIOR

risco a saúde da população.

Apenas para amenizar o problema da água potável, algumas torneiras públicas estão instaladas na área, sem no entanto serem suficientes para solucionar o abastecimento. Além do aspecto quantidade, é conveniente ressaltarmos as grandes distâncias que muitas vezes tem de ser vencida para qua a população se abasteça nestas torneiras. E mais, do mesmo modo que a canalização da rêde, as torneiras estão localizadas em áreas lamacentas, apresentando o mesmo tipo de risco já comentado.

Como se este quadro não fosse suficientemente grave, observamos "in loco" que os próprios moradores danificam a rêde de abastecimento, seccionando a tubulação em locais que lhes pareçam mais convenientes, sem no entanto demonstrarem alguma preocupação com os aspectos sanitários, nem com os prejuízos causados aos demais moradores.

A precariedade da situação não se restringe apenas ao abastecimento d'água; torna-se ainda mais sério no que se refere a esgôtos domésticos e pluviais, que são inexistentes. Nos acidentes hídricos da área, são lançados os dejetos da população. Estes lançamentos diretos nos alagados e na superfície das águas, contribuem fortemente para os baixos índices de saúde que a comunidade apresenta.

Há ainda de se considerar o problema do lixo. A coleta domiciliar é inexistente, principalmente pela quase ausência de vias de acesso em condições reais de trafegabilidade. Os resíduos domiciliares são então, lançados à céu aberto, em quintais, áreas livres ou despejados diretamente nos igarapés, pelos moradores, o que concorre para agravar as condições de saúde dos habitantes, havendo proliferação de doenças hídricas como verminose, shigelose, salmonelose, hepatite, amebíase, etc.

As vias públicas do bairro da Sacramenta, excetuando as principais, não são pavimentadas, iluminadas ou arborizadas; a drenagem pluvial é feita por canais escavados de ambos os lados das vias, obrigando as casas a se ligarem com o leito da rua, por rústicas e pequenas pontes de madeira. Nos pontos mais alagados, nem mesmo existem vias; a circulação geral é feita por alongadas pontes.

Os moradores do bairro da Sacramenta adotaram, como habitação tipo, a palafita, ligadas por pontes - "estivas" - sempre de madeira, sem definições mínimas de alinhamento. Como as terras são alagadas, uma

vez que a cota média da área situa-se em torno de 2,60 m, este foi o tipo de moradia possível de habitar. Os moradores executam o prolongamento das estivas em função da localização escolhida para construir a casa, independentemente da proximidade de outra construção, dando origem a considerável extensão de estivas entre uma e outra habitação, com traçado expontâneo.

Esta população, além de enfrentar condições sanitárias desfavoráveis, convive com uma grande carência na área de atendimento hospitalar ou ambulatorial. Existem os centro de saúde pública, mas estes localizam-se em ruas que no máximo ficam próximas dos limites das áreas baixas, muito distantes do centro e da periferia das baixadas. Além da distância, os Centros de Saúde não oferecem condições para atender a demanda de grande parcela da população da área.

Os Centros Comunitários do bairro mantêm dois ambulatórios, que funcionam em precárias condições, cuja atuação se restringe a consultas médicas e atendimento odontológico, com limitada capacidade, prestando serviço esporádico à população.

A Superintendência de Campanha de Saúde Pública - SUCAM - está sempre pressente no combate à malária, à filária, à esquistossomose, doenças endêmicas, que se constituem em perigo iminente, enquanto existirem as baixadas sem saneamento. Além das doenças já citadas, o nível de saúde dos moradores das baixadas torna-se menor, devido a deficiência de hábitos de higiene, o que concorre para uma alta taxa de verminose; tabus e hábitos alimentares inadequados, ocasionam a subnutrição e doenças carenciais.

5. 4 - Doenças Hídricas

A água pode rer muitos usos e alguns deles estão intimamente relacionados com a saúde humana, como o uso da água para alimentação, para higiene pessoal e do ambiente.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde - OMS - aproximadamente 1/4 dos leitos existentes nos hospitais estão ocupados por enfermos com doenças causadas pela água. A nocividade da água pode resultar de sua má qualidade, de sua pequena quantidade ou ainda de hábitos inadequados.

A água pode ser um veículo transmissor de doenças, que

podem ser classificadas em (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, 1978 e):

- doenças de transmissão hídrica - nestas, a água atua como veículo propriamente dito; relativamente aos microrganismos patogênicos, estas doenças podem ser ocasionadas por bactérias (febre tifóide e paratifóide), protozoários (amebíase, giardíase), vermes e larvas (esquistossomose), vírus (hepatite infecsiosa).
- doenças de origem hídrica - são aquelas decorrentes de substâncias presentes na água em teor inadequado; essas substâncias são os contaminantes tóxicos, que podem ser de 4 tipos a saber (Garcez, 1978):
- contaminantes naturais de uma água que esteve em contato com formações minerais
- contaminantes naturais de uma água, na qual se desenvolveram determinadas colônias de microrganismos toxicos
- contaminantes introduzidos na água, em virtude de certas obras hidráulicas defeituosaa ou de práticas inadequadas no tratamento da água
- contaminantes introduzidos nos cursos d'agua por despejos industriais.

Assim, as doenças relacionadas com a água, podem ser causadas por agentes microbianos e agentes químicos. Além das doenças já citadas, os agentes microbianos podem causar ainda, gastroenterites, conjuntivites, etc. Dentre os agentes químicos, existem os poluentes naturais e os poluentes artificiais. Os primeiros compreendem substâncias minerais e orgâ - nicas dissolvidas ou em suspensão e gases provenientes da atmosfera ou de transformações microbianas da matéria orgânica. Os poluentes artificiais podem resultar das substâncias empregadas no tratamento da água, do uso de pesticidas, dos despejos industriais dos esgôtos domésticos e da emissão de chaminés, incineradores, etc. Os efeitos que os poluentes podem ter sobre o organismo humano dependem da concentração das substâncias na água, da toxidez específica para o ser humano e da suscetibilidade individual.

Os modos de uma população utilizar e tratar os recursos

do seu meio ambiente, os modos como constrói e conserva sua habitação, o destino dado aos dejetos e ao lixo, determinam condições de proteção à saúde ou condições favoráveis à doença. As condições de habitação, especialmente a ausência de instalações sanitárias, ao lado do costume de utilizar os cursos d'água para remoção dos dejetos, respondem pela intensa contaminação das águas com ovos e larvas de parasitos intestinais; os habitantes vivem em frequente contato com água poluída e as doenças do aparelho gastrointestinal costumam figurar entre as principais causas de mortalidade entre crianças e da reduzida capacidade de vida e trabalho dessas populações. Assim,os parasitos intestinais, tanto os microrganismos que provocam diarréias, quanto os vermes mais comuns como àscaris e ancilóstomos. se constituem em importantes problemas de saúde pública, principalmente nestes grupos de população que vivem em áreas carentes de saneamento básico.

Fator capital no julgamento da qualidade de um abastecimento de água é o controle do mesmo como possível veículo de doenças. Não há prova mais direta e patente da qualidade sanitária, que o aumento ou redução da incidência de doenças de origem hídrica.

Como medidas gerais de proteção ao perigo de transmissão de doenças pela água, podem ser citadas:

- proteção aos mananciais
- tratamento adequado da água
- sistema de distribuição bem projetado e operado,mantendo água na rêde à pressão adequada
- controle permanente da qualidade química e bacteriológica da água da rêde
- solução sanitária para a disposição dos esgôtos e coleta dos dejetos humanos
- beber água filtrada ou fervida
- praticar hábitos de higiene
- tratar o doente e o portador.

Sabe-se que nos dejetos humanos se encontram micróbios,ovos e larvas de vermes, que irão causar entre outras, verminoses, disenterias , febre tifóide,hepatite infecciosa. A transmissão do doente ou portador

para a pessoa sadia, geralmente ocorre por meio de uma cadeia. No solo, os dejetos do doente ou portador, contendo os agentes causadores de doenças , podem, por meio das chuvas e enxurradas, atingir e contaminar a água que as pessoas bebem ou usam para outros fins; por meio das mãos mal lavadas ou através de môscas e outros insetos, servindo-se da água e de alimentos contaminados, o indivíduo poderá adquirir esses agentes causadores de doenças.

As vias de acesso utilizadas pelos microsganismos, para penetrar no organismo humano, são a boca e a pele. Através da boca, penetram ovos de lombrigas, amebas, giárdias e germes que causam diarréia,febre tifóide, paratifóide, etc. Todos em geral, entram com o alimento e com a água,quando contaminados com fezes humanas; é frequente também a contaminação da rêde de abastecimento de água, pela rêde de esgôtos. Através da pele, penetram larvas de ancilóstomos e do Schistomose mansoni; a penetração se dá no contato direto da pele com terra contaminada e com águas onde existem as cercárias.

5.4.1 - Enterobactérias

Um dos grupos importantes de bactérias encontradas no trato intestinal, é a família das enterobactérias, como as dos gêneros: Shigella, Salmonella, Proteus, Klebsiella, Escherichia, Enterobacter.

O gênero Shigella tem no homem seu reservatório natural, assim como seu principal foco de disseminação. Causa a disenteria bacteriana, diferenciada das de outras origens, pelo termo shigelose.

As Escherichia coli enteropatogênicas, exercem ação lesiva no trato intestinal, causando gastroenterites agudas em recem-nascidos e em crianças até 2 anos, raramente acontecendo em adultos. As E. Coli oportunistas patogênicos, quando em outros locais que não o seu habitat normal, podem causar doenças tais como: infecções das vias urinárias, infecções pulmonares, etc (Pelczar & Reid, 1981).

O gênero Salmonella inclui várias espécies patogênicas para o homem e animais. A S. typhi é causadora de uma doença infecciosa aguda, a febre tifóide; relacionadas a ela existem bactérias causadoras da febre paratifóide.

5.4.2 - Protozoários

Vários protozoaários causam doenças intestinais e são transmitidas por alimentos, pelas águas, por môscas e por contato direto de pessoa a pessoa.

A mais importante dessas moléstias, em virtude de sua grande incidência e pelo fato de ocorrerem algumas mortes, é causada pela Entamoeba histolytica. Também provoca disenteria. Pode ser controlada pelo reconhecimento dos casos crônicos, que podem transmitir os cistos infectantes e por medidas sanitárias de higiene pessoal. É conhecida pela denominação de amebíase.

A giardíase é uma doença causada pela presença de protozoários Giardia lamblia, no intestino humano. É transmitida por meio de alimentos contaminados e principalmente por meio de água que contenha a forma cística do protozoário. Os sinais e sintomas mais evidentes são: dores abdominais, náuseas, vômitos, diarréia e falta de apetite; em crianças pequenas, o sintoma básico é a diarréia.

5.4.3 - Vírus

A hepatite viral é uma infecção sistêmica aguda que afeta primariamente o figado e é causado por dois vírus, designados como do tipo A (hepatite infecciosa) e do tipo B (hepatite sérica). O principal modo de transmissão da hepatite infecciosa é a via oro-anal, com disseminação de pessoa a pessoa ou por meio de águas e alimentos contaminados.

A gastroenterite infecciosa aguda não-bacteriana é uma doença infecciosa comum do trato gastrointestinal, cujos vírus implicados incluem os adenovírus, os vírus Coxsackie, os polivírus e os membros do grupo Echo (Pelczar & Reid, 1981).

O vírus da febre amarela causa tanto uma doença "urbana" , transmitida de pessoa a pessoa pela picada do Aedes aegypti, como uma infecção "silvestre" em animais, na qual o vírus se transmite entre os hospedeiros animais e às vezes ao homem, por espécies de mosquitos diferentes do Aedes. A taxa de mortalidade da febre amarela, oscila entre 25 a 30% das pessoas infectadas. A prevenção depende da erradicação dos vetores e da

imunização profilática dos indivíduos que vivem em áreas endêmicas.

5.4.4 - Vermes

A boca é a porta de entrada para ovos de áscaris, oxiuros e tênias, enquanto que os ancilóstomos penetram através da pele.

Os áscaris, antes de se instalarem como vermes adultos no intestino delgado, seu "habitat" definitivo, passam em sua fase larvária pelos pulmões, onde podem causar distúrbios e mesmo um tipo de pneumonia observada em crianças de áreas altamente endêmicas (Pelczar & Reid, 1981).

Os vermes adultos de oxiuro instalam-se no intestino grosso e reto. Trata-se de uma parasitose muito relacionada com as condições de moradia.

As larvas de ancilóstomos, depois de passarem a barreira da pele, são levadas pela corrente sanguínea até os pulmões, daí migram para a traquéia e esôfago. No intestino delgado, as larvas amadurecem e fixam-se às paredes,causando ulcerações que sangram. Um número elevado de vermes e uma dieta pobre em ferro e proteínas, determinam quadros graves, caracterizados principalmente pela anemia.

5.4.5 - Esquistossomose

Os ovos do Schistosoma mansoni saem junto com as fezes do seu hospedeiro humano. Uma vez no meio externo, a larva do Schistosoma precisa de um hospedeiro especial - um caramujo - onde passará uma fase de importante transformações.

Quando os ovos chegam até um corpo d'água, a larva solta-se e nada em busca do caramujo, onde após as transformações, resultarão milhares de larvas - as cercárias - que penetram através da pele, nas pessoas que entram em contato com águas infestadas.

Depois de atravessar a pele, são levadas para circulação até as veias do figado, onde tornam-se vermes adultos. Ocorre o acasalamento e posterior migração para as veias da parefe do intestino, onde põem os ovos, que são eliminados com as fezes, reiniciando um novo ciclo de vida.

As pessoas infectadas queixam-se de má digestão, dores ab

dominais, azia, acúmulo de gases no intestino, crises de diarréia que se alternam com períodos de prisão de ventre.

A esquistossomose é uma doença endêmica, isto é, uma doença que se mantém quase constante e numa determinada região. Não existem surtos, como as epidemias que ocorrem ocasionalmente.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Amostragem

As coletas de amostras foram realizadas periodicamente, com um intervalo de tempo de 3 meses entre cada uma, em locais previamente escolhidos - 10 pontos representativos do bairro da Sacramenta.

Foram efetuadas 4 coletas, nos meses de maio, setembro e novembro de 1983 e fevereiro de 1984, de modo que as amostras correspondem a um ano hidrológico.

6.2 Técnicas de coleta (Souza e Derísio, 1977)

Para as determinações de :

alcalinidade
cloreto
cloro residual
fósforo
nitrato
sulfato
sílica
resíduo total
fenol
oxigênio consumido
oxigênio dissolvido
DBO

foram coletados 5 litros de água de cada ponto. As amostras foram recolhidas em frascos de polietileno, não tendo sido usada nenhuma substância para preservação.

Para os parâmetros físico-químicos :

Eh
pH
condutividade
côr
turbidez

foram coletados 250 ml de cada ponto, em frascos de polietileno, hermeticamente fechados, As amostras não foram preservadas

Para a dosagem de ferro total, foram coletados 100 ml de cada ponto , em frasco de polietileno, tendo sido as amostras preservadas pela adição de ácido nítrico concentrado, até pH menor que 2.

Para as análises de :

nitrogênio orgânico
nitrogênio amoniacal
DQO

foram coletados 1,5 litros de cada ponto, em frasco de polietileno. As amostras foram preservadas pela adição de ácido sulfúrico concentrado, até pH menor que 2.

Estas amostras foram coletadas enchendo completamente os frascos, tendo o cuidado de não deixar bôlhas de ar no seu interior.

Para a determinação de óleos e graxas, foi coletado 1 litro de cada ponto, em frasco de vidro tipo pyrex, com tampa esmerilhada, preservada com ácido clorídrico concentrado, até pH menor que 2.

Para os elementos que seriam analisados por absorção atômica:

cálcio
magnésio
sódio
potássio
alumínio
cobalto
manganês
chumbo
níquel
cobre
cromo

foram coletados 1,5 litros de cada ponto, em frasco de polietileno, sendo as amostras preservadas com ácido nítrico concentrado, até pH inferior a 2.

Para as análises bacteriológicas :

coliformes totais
coliformes fecais
estreptococos fecais

foram utilizados frascos de vidro tipo pyrex, com tampa esmerilhada, de capacidade 500 ml, previamente esterilizados.

No momento da coleta, torneiras e frascos foram flambados e preenchidos até cerca de 4/5 de seu volume, sendo mantidos no gêlo, até o momento da análise. Os frascos destinados à coleta de amostras de água tratada, continham tiossulfato de sódio, a fim de neutralizar a ação do cloro residual.

6.3 Prazo de Análise (Souza e Derísio, 1977).

Imediatamente após a chegada ao laboratório, foram iniciadas as seguintes análises:

bacteriologia
cloro residual
fenol
nitrato
oxigênio dissolvido
DBO
Eh
pH
condutividade
côr
turbidez

Dentro das 24 horas após a coleta, foram determinados:

alcalinidade
nitrogênio amoniacal
óleos e graxas

As determinações de:

cloreto
fosfato
sulfato
sílica
resíduo total
oxigênio consumido
nitrogênio orgânico
DQO

foram realizadas dentro dos 7 dias posteriores à coleta.

As análises de absorção atômica foram feitas posteriormente, pois estavam preservadas, podendo ser efetuadas até 6 meses após a coleta.

6.4 Métodos Analíticos

- Eh - pH : método eletrométrico, utilizando pH-metro Procyon (CETESB NT-L5-145)
- Côr : método de comparação visual, com Acqua - Tester Hellige. Faixa de aplicação: 1 a 500 mg Pt/1 (CETESB NT -L5-117)
- Condutividade : método eletrométrico, utilizando condutivímetro Hach. Limite de deteção: 0,2 μmho/cm (CETESB NT - L5-115)
- Turbidez : método nefelométrico, através de Turbidímetro Hach (CETESB NT- L5-156)
- Alcalinidade : método volumétrico, através de titulação com ácido sulfúrico. (Rodier, 1981. p. 103-104)
- Dureza : obtida por cálculo, através da soma dos valores determinados para cálcio e magnésio.
- Cloreto : método volumétrico, através de titulação com nitrato mercúrico em presença de difenilcarbazona. Faixa de aplicação: 0,5 a 4×10^3 mg/1. (CETESB NT - L5-113).

- Cloro residual total : método qualitativo, utilizando a orto toluidina. Limite de deteção: 0,01 mg/l (CETESB NT -L5-114).

- Resíduo sêco : obtido por cálculo, utilizando a fórmula: $R_S = \Sigma$ cátions $+ \Sigma$ ânions $- 1/2\ HCO_3^-$ (Custodio & Llamas,1976)

- Sílica : método colorimétrico, usando o ácido 1 amino 2 naftol 4 sulfônico, com leitura em Espectrofotômetro Perkin-Elmer, Coleman Jr. 3. Limite de detecção: 0,02 mg/l (Rodier,1981.Método B, p.193-5).

- Ferro total : método colorimétrico,utilizando orto-fenantrolina, com leitura em espectro fotômetro Perkin-Elmer, Coleman Jr.3 Faixa de utilização: 0,02 a 4,0 mg/l (CETESB NT- L5-126. Método A).

- Fosfato : método colorimétrico, utilizando o ácido ascórbico como redutor, com leitura em espectrofotômetro Perkin-El - mer, Coleman Jr. 3.Faixa de utilização: 0,01 a 6,0 mg/l (CETESB NT- L5-128. Método A).

- Sólidos totais dissolvidos : obtido por cálculo, utilizando a fórmula: $STD = R_S + 1/2\ HCO_3^-$ (Custodio & Llamas,1976).

- Nitrato : método do ácido fenol dissulfônico,com leitura em espectrofotômetro Perkin-Elmer, Coleman Jr. 3 Faixa de utiliza - ção: até 12 mg/l (CETESB NT-L5-137).

- CO_2 livre : obtido por cálculo, a partir dos valores de alcalinidade e pH, utilizando a fórmula: CO_2 livre$=10^{\log(0,2Alc)-pH+7}$ (Custodio & Llamas, 1976).

- O_2 consumido : método da oxidação com permanganato de potássio. Faixa de utilização: a partir de 1mg/l(CETESB NT-L5-139).

- O_2 dissolvido : método de Winkler: o oxigênio oxida os sais manganosos, que são titulados indiretamente por tiossulfato de sódio. Limite de deteção: 0,1 mg/l (Rodier, 1981, p.432-34).

- Nitrogênio orgânico total : método da nesslerização, com destilação prévia em aparelho Kjeldhal. Leitura em espectrofotômetro Bauch-Lomb, Spectronic 20. Faixa de utilização : 0,5 a 2,0 mg/1.(CETESB NT-L5-139.Método A).

- Nitrogênio amoniacal : método colorimétrico do azul de indofenol. Em meio alcalino, em presença de nitoprussiato como catalisador, os íons amônio são tratados com hipoclorito de sódio e fenol. Leitura em espectrofotômetro Bauch-Lomb,Spectronic 20. Limite de deteção: 2 µg/1 (Rodier 1981. p.137-39).

Fenol : método qualitativo, da paranitroanilina. Em meio ácido é adicionada paranitroanilina e a seguir alcaliniza-se com nitrito potássico. Limite de detecção: 0,05 mg/1 (Rodier,1981.p.394).

-Óleos e Graxas : método da partição gravimétrica, com extração por n-hexano. Faixa de utilização: 5 a 100 mg/1 (CETESB NT-L5-142.Método A).

-DQO (demanda química de oxigênio) : método da oxidação por dicromato de potássio, com sulfato de prata como catalisador. Faixa de utilização: 5 a 50 mg/1 (CETESB NT-L5-121).

-DBO (demanda bioquímica de oxigênio) : método da incubação sem diluição, por 5 dias, a 20°C, com determinação de O_2 dissolvido no primeiro e quinto dias, pelo método de Winkler (CETESB NT-L5-120).

Observação: Para o ensaio da DBO, deveria ter sido feita a incubação da amostra a 20ºC, na ausência de luz, em uma incubadora de DBO. Como não havia o equipamento, foi utilizada uma adaptação: uma geladeira, com o termostato no mínimo e os frascos contendo as amostras em uma cuba com água, para que se conseguisse uma temperatura próxima a 20ºC, tendo o cuidado de manter a geladeira fechada, para que as amostras se mantivessem ao abrigo da luz.

6.4.1 Absorção Atômica

Os elementos listados abaixo, foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica, em Espectrofotômetro Zeiss, FMD-4, com chama ar-acetileno (Rodier, 1981) :

- cálcio - 422,7 nm
- magnésio - 285,1 nm
- potássio - 776,5 nm
- sódio - 589,0 nm

Os elementos : alumínio
cobalto
cromo
cobre
manganês
níquel
chumbo

foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica termoelétrica em fôrno de grafite, utilizando um aparelho Perkin-Elmer 400.

A absorção atômica termoelétrica tem apresentado um uso cada vez mais generalizado. Isto se deve ao fato deste método possuir algumas vantagens,como uma elevada sensibilidade, ser um método de micro-amostragem, em geral não necessitar nem de enriquecimento nem de separação de componentes da matriz natural, etc...

Riandey e Pinta (1975) demonstraram que, em meio complexo, tanto a matriz como as perturbações do mecanismo de atomização, influenciam nos resultados da análise. Assim, é necessário que a matriz não apresente teores excessivos de espécies químicas, tais como Na, K, Ca, Al ou Fe; por outro lado é recomendável o estabelecimento de um programa de aquecimento coerente para cada elemento, visando a temperatura máxima em que se dá a decomposição, a temperatura mínima em que se processa a atomização e a temperatura ótima em que esta ocorre.

Para as determinações são utilizadas lâmpadas de cátodo ôco, do elemento a ser analisado. A amostra (5 a 50 l) é introduzida diretamente, no

dispositivo de atomização e o programa de aquecimento ocorre em três ciclos(Randey e Pinta,1975): o primeiro ciclo constitui a secagem, eliminação do solvente; o segundo ciclo é o pré-aquecimento em atmosfera inerte, também denominado decomposição, onde ocorre a eliminação de componentes de modo a não prejudicar a volatilização do elemento a dosar; o terceiro ciclo constitui a atomização, que se caracteriza pela volatilização, a mais seletiva possível, do elemento em análise. Em certos casos, há um quarto ciclo, no qual se aplica uma temperatura máxima, visando a limpeza do tubo de grafite para suprimir os efeitos de memória (Randey e Pinta, 1975).

As condições utilizadas para efetuar a programação do equipamento a fim de que se realizam as análises, estão de acordo com as instruções constantes no manual do aparelho (Quadro 3).

Os limites de deteção em mg/l, das análises de absorção atômica para os elementos analisados são os seguintes:

- absorção termoelétrica : Al - 2×10^{-8}
  Co - 1×10^{-7}
  Cr - 2×10^{-7}
  Cu - 1×10^{-8}
  Pb - 1×10^{-7}
  Mn - 2×10^{-8}
  Ni - 1×10^{-6}

- absorção com chama : Ca - 0,003
  Mg - 0,0005
  K - 0,005
  Na - 0,005

6.4.2 Bacteriologia

As análises bacteriológicas : coliformes totais
coliformes fecais
estreptococos fecais

foram feitas pelo método da fermentação em tubos múltiplos (CETESB, NT-L5-202 e L5-205). Os resultados foram expressos através do Número Mais Provável - NMP , que corresponde a densidade de organismos em 100 ml de amostra.

A determinação do número mais provável(NMP) de coliformes em uma dada amostra, é feita a partir da técnica dos tubos múltiplos, na qual, volumes decrescentes da amostra(diluições decimais consecutivas), são inoculadas em um meio de cultura adequado, sendo que cada volume é inoculado em série de 5 tubos, os quais fornecem resultados positivos ou negativos. A combinação desses

resultados é usada na determinação do NMP.

O exame se processa através de 3 etapas:

- Teste presuntivo - consiste na semeadura de volumes determinados da amostra, em tubos contendo caldo lactosado, que são incubados a 35ºC durante 24-48 horas. A formação de gás a partir da fermentação da lactose, é prova presuntiva positiva para a presença de bactérias do grupo coliforme.
- Teste confirmativo - consiste na transferência das culturas de todos os tubos positivos, para tubos contendo caldo lactosado verde brilhante bile (CLVBB), que serão incubados durante 24-48 horas, a 35ºC. A produção de gás a partir da fermentação da lactose, é prova confirmativa positiva.
- Teste de diferenciação para coliformes fecais - consiste na transferência das culturas de todos os tubos positivos de caldo lactosado, para tubos contendo meio E.C., que serão incubados durante 24 horas a 44,5ºC, em banho-maria, com agitação e temperatura constantes. O resultado será positivo, quando houver produção de gás a partir da fermentação da lactose, contida no meio E.C.

Para a determinação do NMP de estreptococos fecais, o princípio do método é o mesmo dos coliformes e o exame se processa em 2 fases:

- Ensaio presuntivo - consiste na semeadura de volumes determinados da amostra, em tubos contendo dextrose azida, que são incubados durante 24-48 horas a 35ºC. A turvação do meio de cultura é indicação positiva para a presença de estreptococos fecais.
- Ensaio confirmativo - consiste na transferência da cultura de todos os tubos positivos, para tubos contendo caldo de azida etil violeta, os quais são incubados durante 24-48 horas a 35ºC. A presença de estreptococos fecais é indicada pela formação de precipitado arroxeado no fundo do tubo ou ocasionalmente, por densa turvação.

QUADRO 3 - Condições operacionais para as análises de absorção atômica termoelétrica: metais pesados.

VOLUME	ELEMENTO	λ	CORRENTE	FENDA	PROGRAMA DE TEMPERATURA - TEMPO							
					SECAGEM		DESTRUIÇÃO		AMORTIZAÇÃO		LIMPEZA	
					t	T	t	T	t	T	t	T
µl		nm	m A	nm	seg	ºC	seg	ºC	seg	ºC	seg	ºC
25	Al	309,3	15	0,7	30	125	30	1300	10	2700	-	-
25	Co	240,7	15	0,2	30	125	30	900	10	2700	-	-
25	Cr	357,9	15	0,7	30	125	30	1000	10	2700	-	-
25	Cu	324,7	15	0,7	30	125	30	900	10	2600	5	2700
25	Mn	279,5	20	0,2	30	125	30	1000	10	2700	-	-
25	Ni	232,0	15	0,2	30	125	30	900	10	2700	-	-
25	Pb	285,3	6	0,7	30	125	30	500	10	2400	5	2700

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a identificação das amostras foi utilizada a letra "S", significando o bairro da Sacramenta, objeto deste estudo. Após a letra, seguem-se os numerais de 1 a 10, para a amostragem efetuada em maio de 1983, os numerais de 11 a 20 referem-se as amostras coletadas em setembro; de 21 a 30 estão relacionados à coleta de novembro e os numerais de 31 a 40 são relativos às amostras obtidas em fevereiro de 1984. Os pontos de coleta estão identificados na figura 20 e no quadro 4.

Na tabela 1 estão relacionadas as medidas físicas e físico-químicas. Os resultados analíticos encontram-se na tabela 2 e a tabela 3 apresenta os teores dos elementos analisados por absorção atômica. Os valores da análise bacteriológica estão na tabela 4.

As amostras foram coletadas em pontos de água oferecida para consumo pela COSANPA e em poços abertos por particulares, artesiano e escavados. Tais poços estão representados pelas amostras identificadas por: S/05, S/06, S/07 (maio); S/15, S/16, S/17 (setembro); S/25, S/26, S/27 (novembro); S/35, S/36, S/37 (fevereiro).

7.1 Características Organoléticas

Gases como CO_2, O_2, CH_4, quando presentes na água, são causa de sabor e odor, assim como certas substâncias minerais podem provocar sabor, como: NaCl, compostos de ferro, carbonatos e sulfatos.

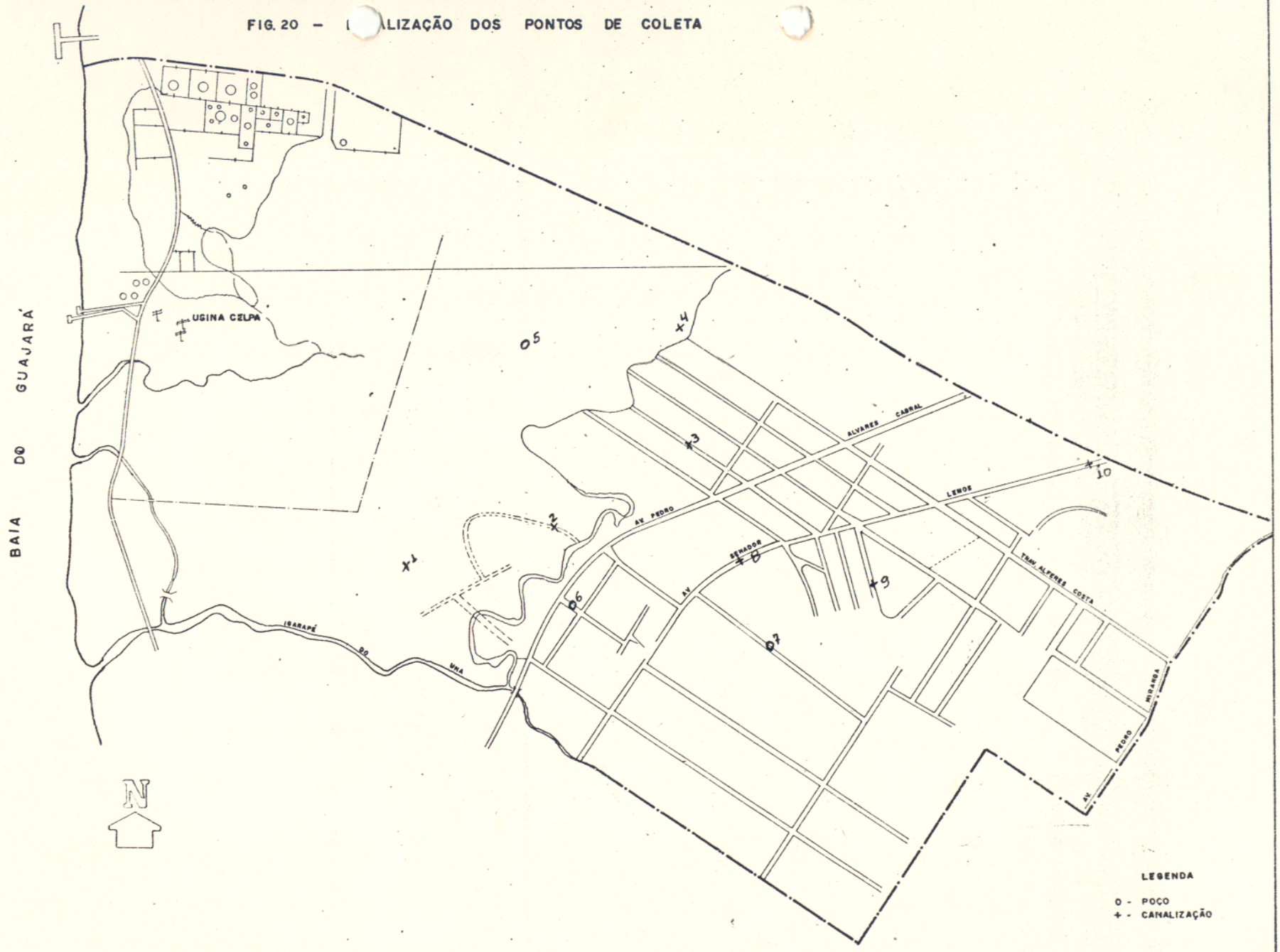
Os ensaios realizados evidenciaram qualidade aceitável das amostras d'água no que se refere as características organoléticas, tais como, sabor e odor. Todavia, as amostras que apresentaram valores de pH abaixo de 5, revelaram sabor ácido característico.

Um fato observado foi que a grande maioria das amostras apresentou uma certa intensificação de sabor em setembro, se comparadas a maio, sabor este que se intensificou ainda mais em novembro, voltando a se mostras mais suave na amostragem de fevereiro.

Em relação ao odor, apenas as amostras S/05, S/15, S/25 e S/35, correspondentes a um poço artesiano, apresentaram um odor típico de gás sulfídrico, que se intensificava com o tempo que a água permanecia no frasco de coleta.

Em todos os casos de água tratada registrou-se um pequeno depósito de material floculado, de coloração marrom clara, quando os frascos eram mantidos

FIG. 20 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA



FONTE - IBGE

QUADRO 04 - Caracterização dos Pontos de Coleta. Bairro da Sacramenta.

PONTOS	LOCALIZAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
1	Passagem Bom Jesus (residência)	Torneira-COSANPA
2	Passagem Sta.Maria (Escola União dos Amigos do Bairro da Sacramenta)	Torneira(caixa d'água) COSANPA
3	Passagem São Sebastião (residência)	Torneira-COSANPA
4	Passagem Aragão Filho	Torneira Pública(direto da canalização)-COSANPA
5	Passagem São Sebastião	Poço artesiano (Público)
6	Passagem São Senedito (mercearia)	Poço escavado
7	Passagem Bom Sossego (residência)	Poço escavado
8	Avenida Senador Lemos (moinho)	Torneira - COSANPA
9	Travessa Sta. Catarina (residência)	Torneira -COSANPA
10	Avenida Senador Lemos (residência)	Torneira - COSANPA

fechados por tempo superior a dois dias.Sob agitação o material sedimentado se dispersava completamente.

7.2 pH - Eh

Os valores de pH das amostras coletadas foram determinados no momento da coleta com papel indicador Merck e posteriormente no laboratório, com o auxílio de um pHmetro.Houve uma pequena variação entre os valores de campo e de laboratório, sendo que estes apresentaram-se um pouco superiores, o que pode ser considerado normal, devido a possibilidade de ocorrer liberação de gás carbônico durante as análises (Custodio & Llamas, 1976). As amostras correspondentes ao poço artesiano constituíram-se em exceção, apresentando uma variação inversa, o que pode ser explicado pela oxidação do ferro ferroso (Hem , 1970).

Para as amostras de água tratada, os valores numéricos de pH encontram-se no intervalo de 6,2 a 7,5. Para os poços os índices são mais baixos,oscilando entre 4,1 e 6,7.

As amostras de água do poço artesiano, mostram valores de pH nitidamente mais baixos que as demais, ficando compreendidas entre 4,1 e 4,7. O fato de apresentarem os menores índices de pH, pode estar relacionado ao conteúdo em CO_2 , que em meio aquoso pode participar desta diminuição (Hem,1970). Pode-se notar que os valores de CO_2 das amostras referidas (Tabela 1), são extremamente altos se comparados aos demais resultados.

O valor numérico de pH está diretamente relacionado com o balanço entre contribuições de íons hidrogênio, que provocam aumento de acidez e de espécies com propriedades básicas, como os íons Ca^{2+}, Na^{+} , K^{+} , que causam diminuição de acidez do meio. Tais observações estão compatíveis com os dados de pH encontrados, onde se pode verificar que os maiores índices correspondem ao somatório das contribuições mais elevadas dos cátions mencionados.

O potencial de oxidação ou de oxi-redução, Eh ,é mais uma maneira de avaliar a tendência de uma substância para reagir com outra, sendo utilizado para reações que envolvam processos de oxidação ou redução. Em certos aspectos o potencial de oxidação é análogo ao pH, pois o Eh mede a capacidade do ambiente em fornecer elétrons a um agente oxidante ou em retirá-los de um agente redutor, assim como o pH mede a capacidade de um ambiente fornecer prótons a uma base ou de retirá-los de um ácido.

O aumento dos valores numéricos de Eh revelam deslocamentos para ambientes aerados. É interessante observar que neste estudo, os poços apresentam

os índices de Eh mais elevados.

O limite superior dos potenciais de oxi-redução, é definido através da reação de dissociação da molécula da água, chegando a equação:

Eh = 1,23 - 0,059 pH (Krauskopf, 1972)

Na realidade os potenciais de oxidação medidos na natureza, estão sempre abaixo deste limite, de modo que a equação:

Eh = 1,04 - 0,059 pH,

apresenta um índice mais realista (Baas Becking et alii, 1960).

Sistemas expostos ao ar mostram um limite superior para os potenciais de oxidação, ainda mais baixos:

Eh = 0,70 - 0,059 pH (Garrels & Christ, 1965)

O limite inferior dos potenciais de oxidação é determinado através da reação do eletrodo de hidrogênio para a qual temos:

Eh = - 0,059 pH (Krauskopf, 1972)

Os limites de Eh e pH podem ser representados graficamente, plotando os valores de Eh como ordenadas e os valores de pH como abcissas. O gráfico pode ser então utilizado para indicar potenciais de outros processos de oxi-redução,a fim de determinar as condições sob as quais estes processos poderiam se dar nos ambientes naturais.

Um valor numérico de auxílio utilizado nos diagramas Eh-pH é o rH, definido como sendo o cologarítimo decimal da pressão de hidrogênio gasoso, em equilíbrio com o hidrogênio molecular dissolvido na solução. Se o rH está compreendido entre 0 e 27, o meio é considerado redutor e se está entre 27 e 54, é oxidante (Rodier, 1981).

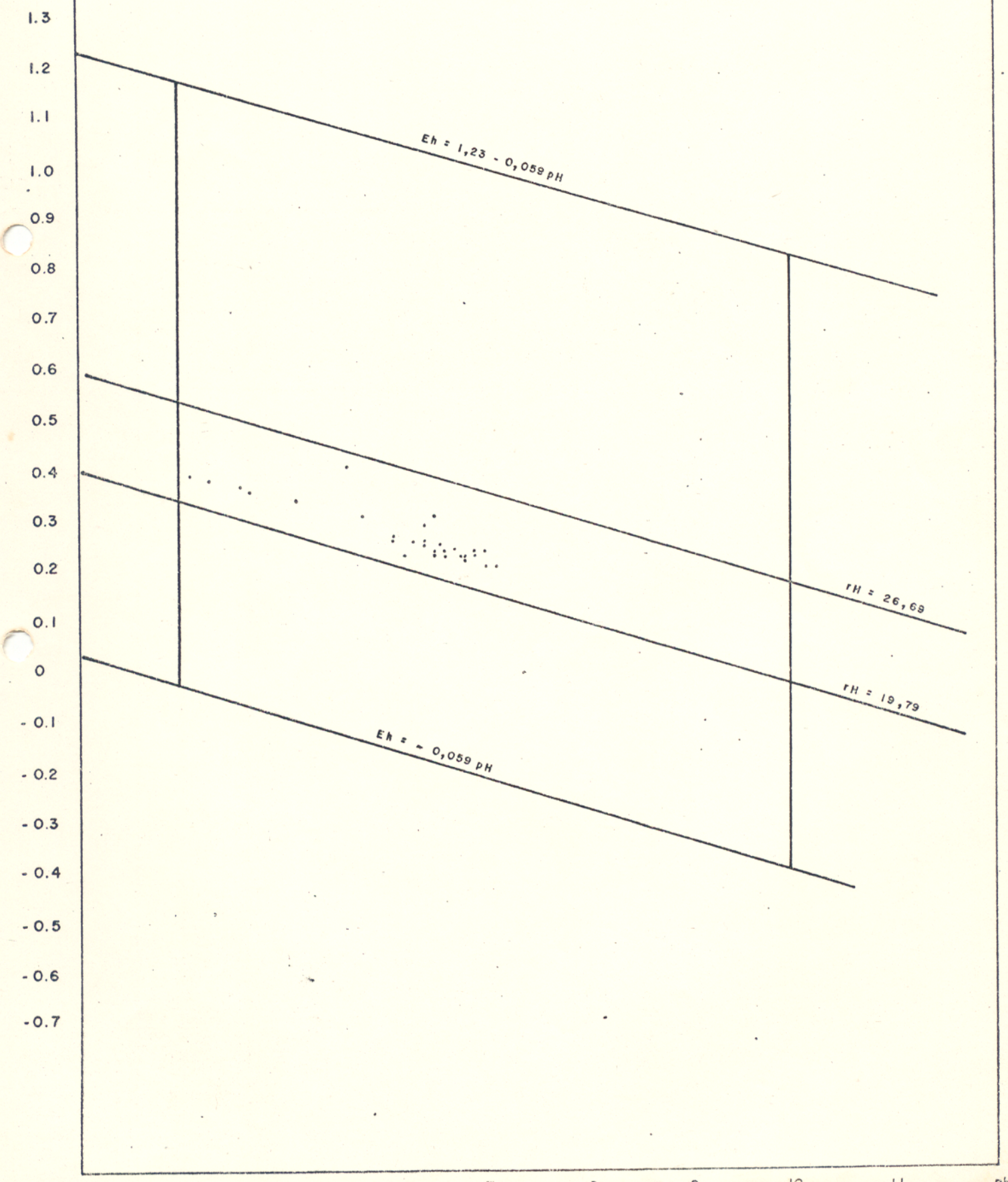
A equação que relaciona os três parâmetros, pH, Eh e rH, é a seguinte:

Eh = 0,028 rH - 0,058 pH (Rodier, 1981)

Os resultados obtidos para a determinação do Eh encontram-se na faixa de 200 a 400 milivolts (Tabela 1), com um rH compreendido entre 19 e 27(Figura 21).

Os limites de rH apresentados de forma ampla,podem se tornar mais específicos.Assim, os valores de rH compreendidos entre 15 e 27, traduzem as condições de meio aeróbio que favorecem a oxidação de compostos orgânicos (Rodier, 1981).

FIG. 21.- CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS ATRAVÉS DO SEU POTENCIAL DE OXIDAÇÃO



As amostras analisadas encontram-se no intervalo correspondente ao meio aerado clássico das águas brutas normais, submetidas ao efeito da atividade bacteriana e da chegada de oxigênio (Figura 21).

7.3 Côr e Turbidez

Muitas águas de superfície apresentam coloração e somente após tratamento podem ser manipuladas para uso doméstico e certos usos industriais.

Soluções coloridas resultam do contato da água com materiais orgânicos, tais como fôlhas, flôres, frutos, caules, em vários estágios de decomposição. Deve-se diferenciar da côr devida a vegetais e extratos orgânicos, a chamada "côr aparente", que é causada por matéria em suspensão.

No presente estudo houve alguma contribuição de "côr aparente" às amostras de água tratada, pelo registro de pequeno depósito marrom nos frascos de coleta, como já referido anteriormente.

Os valores numéricos tabelados (Tabela 1), não excedem o limite de 15 unidades, valor alcançado pela amostra S/16.

As medidas de turbidez são importantes na avaliação conjunta das propriedades das águas destinadas ao consumo humano. Em geral, localidades cujos mananciais para abastecimento são rios ou outras fontes superficiais, requerem utilizar floculação química devido a eleva turbidez, como é o caso de Belém. Além dos prejuízos de natureza estética, a turbidez elevada pode funcionar como uma proteção física aos microrganismos, contra a ação do desinfetante.

Faz-se interessante notar os valores algo elevados de turbidez, referentes às amostras S/16, S/17, S/18, S/19 e S/20, coletadas em setembro (Tabela 1).

7.4 Temperatura e Condutividade Elétrica

As temperaturas das amostras d'água foram tomadas diretamente à saída das torneiras ou em amostras recém coletadas em poços. As variações encontradas oscilam entre 25 e 37°C, com maior frequência em 29°C. Vale ressaltar que temperaturas acima de 33°C são impróprias, pois provocam alterações nas reações químicas e biológicas, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos e intensificando sabores e odores (Rodier, 1981).

As temperaturas das amostras submetidas às medidas de condutividade, em laboratório, registraram valores no intervalo de 28 a 30°C com predominância em 29°C; apenas a amostra S/26 mostrou uma temperatura de 27°C. A temperatura padrão para medidas em laboratório é de 25°C, mas a condutividade pode ser obtida em outras temperaturas, desde que sejam especificadas (Hem, 1970).

Através das medidas de condutividade, pode se ter idéia da mineraliza-

ção da água. Os valores numéricos de condutividade (em micromhos/cm)variam de 106 a 1150 para as águas fornecidas pela COSANPA, enquanto que para as águas de poço a condutividade apresenta valores de 46 a 1160, referidos às amostragens de maio a novembro. Pode-se observar portanto, que a condutividade apresentou um aumento progressivo no período referido, diminuindo em fevereiro de 1984 (Tabela 1). Considerando que setembro corresponde a período de estiagem, com chuvas menos regulares, é intuitivo considerar que haja aumento de contribuição salina. E ainda, para os valores extremamente elevados encontrados na amostragem de novembro de 1983, o aumento da salinidade era esperado, pela situação anormal vivida por Belém neste período, quando ocorreu uma estiagem surpreendente.

Torna-se interessante observar que as águas dos poços escavados apresentaram valores de condutividade crescente, de acordo com a época de amostragem, enquanto que as águas do poço artesiano, tiveram um comportamento diferente, com os mais baixos valores de condutividade (46 - 55 micromhos/cm) e estes mostram-se oscilantes (Tabela 1).

Ainda em relação à condutividade elétrica, é interessante observar-se a contribuição total de cátions e ânions, uma vez que existe a relação:

Condutividade elétrica (micromhos/cm) $\cong$ 50 (Σ cátions+ ânions) (miliequivalentes) (Custodio & Llamas,1976).

Quando se efetua os cálculos, verifica-se resultados bastante rezoáveis. Assim, obteve-se para um conjunto representativo, eliminando máximos e mínimos algo discordantes, a relação aproximada:

Condutividade elétrica (micromhos/cm) $\simeq$ 49 (Σ cátions + ânions) (miliequivalentes).

Uma aproximação bastante aceita é a que relaciona a quantidade de sólidos totais dissolvidos (STD) com a quantidade de resíduo sêco (Rs) ou este, com a soma dos teores de cátions e ânions (Custodio & Llamas, 1976). Todas as unidades são expressas em mg/l.

$$STD = Rs + 1/2\ HCO_3^-$$

$$Rs = \text{cátions} + \text{ânions} - 1/2\ HCO_3^-$$

Tais considerações foram aplicadas no cálculo de STD e Rs e os resultados foram relacionados com as medidas de condutividade elétrica, através da expressão:

Condutividade elétrica (micromhos/cm) $\cong$ A Rs (mg/l),

onde A representa um fator empírico que em geral varia de 0,86 a 1,72 a 18ºC(Custodio & Llamas, 1976).

Para o cálculo de A, trabalhando com os dados tabelados, a média dos valores numéricos aproxima-se de 1,78, o que permite concluir que é um bom resultado, já que o fator empírico A aumenta com a temperatura (Custodio & Llamas,1976).

Além dos sólidos totais dissolvidos, pode-se ao observar as tabelas 1 e 2, que há uma estreita relação de comportamento, entre os valores de condutividade e os resultados obtidos para cloretos e sulfatos.

7.5 Alcalinidade e Dureza

O pH das águas analisadas está sempre abaixo de 8,5 que é o "ponto" representativo da curva de neutralização de CO_3^{2-}, originando HCO_3^-, geralmente observado nas determinações com fenolftaleína (TA). Assim, os testes efetuados apresentaram resultados numericamente nulos, como era esperado. Apenas a alcalinidade ao metil-orange (TAC) apresentou valores numéricos para serem averiguados.

Pode-se dividir os valores tabelados (Tabela 2) em três grupos de amostras: o primeiro apresenta alcalinidade variando de 3 a 16; o segundo mostra valores entre 37 e 82 e o terceiro grupo varia de 91 a 119. As amostras correspondentes aos poços, se enquadram no primeiro grupo de mais baixos valores de alcalinidade.

Alcalinidade e pH estão intimamente relacionados e como seria de esperar, a maioria dos valores de alcalinidade TAC, expressos em mg/l de $CaCO_3$, corresponde aos mais baixos índices de pH, exceto para os casos em que há sensível contribuição de cátions como Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+.

A dureza da água é causada pela presença de cátions metálicos divalentes como Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+} (Sawyer & McCarty, 1978).

Os valores de dureza aqui apresentados, relacionan-se apenas às contribuições de cálcio e magnésio e estão expressos em mg/l de $CaCO_3$ (Tabela 2).Águas com dureza até 60 mg/l são consideradas "moles"; de 61 a 120 mg/l "moderadamente duras"; de 121 a 180 mg/l "duras" e maior que 180 mg/l "muito duras".

Da mesma forma que a alcalinidade, os valores numéricos obtidos para a dureza permitem que as águas sejam agrupadas: as de dureza entre 1 e 49 (moles); águas com dureza variando entre 65 e 120 (moderadamente duras) e um terceiro grupo com valores entre 122 e 152 (duras), sendo que apenas quatro amostras apresentaram valores de dureza superiores a 140. As águas"duras" são consideradas incrustantes e as águas "moles", agressivas.

As amostras correspondentes aos poços apresentaram valores numéricos de dureza muito baixos ou mesmo desprezíveis, à exceção da coleta de novembro, quando observou-se elevação nos índices, para as amostras S/36 e S/37.

7.6 Cátions : Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Fe (total)

Os cátions cálcio e magnésio são importantes na avaliação da dureza das águas, como já visto anteriormente. Pode-se observar nas tebelas 1, 2 e 3, que existem correlações entre os valores de cálcio, magnésio, dureza e pH. O cálcio tem o seu quimismo associado ao carbonato e bicarbonato em muitas águas naturais, podendo precipitar ou dissolver ao haver variação de pH e de pressão parcial de gás carbônico (Custodio & Llamas,1976).

As coletas relativas aos meses de novembro e fevereiro, para as amostras de águas dos poços, mostram valores de magnésio mais elevados que os de cálcio, o que sugere alguma contribuição de água do mar nestas águas subterrâneas (Hem,1970). Por outro lado sabe-se que pode ocorrer um aparente enriquecimento em magnésio, em amostras nas quais houveram precipitações de carbonato de cálcio durante a estocagem (Hem, 1970).

Os íons sódio e potássio são componentes essenciais no balanço eletroquímico das águas. A variação sazonal das concentrações de sódio nas águas em estudo está diretamente ligada com a distribuição da pluviosidade durante o ano hidrológico, ou seja, os períodos menos chuvosos correspondem as mais elevadas concentrações de sódio determinadas (Tabela 3).

Em relação aos teores de sódio e magnésio encontrados, observa-se que as amostras S/1, S/2, S/3 e S/4, apresentam valores algo mais elevados para o magnésio em relação ao sódio, o que é conflitante com a constatação de que normalmente os teores de sódio são maiores (Hem, 1970). O potássio é absorvido de forma pouco reversível pelas argilas em formação, por isso em águas naturais tem se teores sempre menores de potássio em relação ao sódio.

As análises químicas realizadas indicaram concentrações de ferro total que permitem dividir as amostras em três grupos: o primeiro apresenta teores de ferro entre 0,12 e 0,23 ppm; o segundo tem valores entre 0,3 e 0,9 ppm e o terceiro mostra uma variação de 2,25 a 2,62 ppm. Ocorrem duas descontinuidades correspondentes as amostras S/2 e S/15, que apresentam valores de 1,15 e 3,0 ppm em ferro total.

Os teores de ferro total apresentam um certo enriquecimento em setembro, que só volta a diminuir em fevereiro, isto para a maioria das amostras.

O poço correspondente ao número 5 apresentou teores elevados de ferro (2,25 a 3,0 ppm) sugerindo captação em lençóis onde predomina o ferro ferroso, apenas revelado pela análise química, já que não ocorreram depósitos de hidróxido de ferro. Observando o conjunto de dados sobre o referido poço, é possível concluir que as águas ali armazenadas resultam da infiltração em terrenos enriqueci-

dos em lateritas, situação aliás muito comum nos lençóis freáticos das proximidades de Belém.

Os poços escavados apresentam teores de ferro total mais baixos, devido provavelmente à precipitação do ferro férrico.

Observa-se que as amostras referentes aos poços são as que apresentam os mais baixos valores de pH (Tabelas 1 e 2), o que está de acordo com a afirmação de que alta acidez favorece a solubilidade do ferro em águas naturais (Hem , 1970).

Os resultados analíticos apresentam extrema coerência, quando se compara os valores numéricos do balanço entre cátions e ânions (em miliequivalentes),

7.7 Ânions : HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-}, SiO_3^-

Os ânions bicarbonato, cloreto, sulfato, nitrato, fosfato e silicato , encontram-se associados aos cátions já mencionados, com maior ou menor tendência de combinações entre si.

Considerando que a alcalinidade TA apresentou resultados numericamente nulos, pode-se considerar que a alcalinidade TAC deve expressar apenas a contribuição da presença de íons bicarbonato em solução. Os resultados apresentados na tabela 2 foram obtidos a partir da conversão estequiométrica de carbonato de cálcio, que numericamente representa a alcalinidade TAC.

Os valores numéricos de íons bicarbonato enquadram-se em três grupos : de 1 a 20 ppm, de 45 a 62 ppm e finalmente de 100 a 145 ppm. Os íons bicarbonato oferecem contribuição significativa aos valores de condutividade elétrica, posto que os teores de cloreto, sulfato e nitrato não sofrem variações apreciáveis , quando comparados aos de bicarbonato. No entanto, por ocasião da coleta efetuada em novembro, observa-se um quadro diferente, onde as contribuições de sulfato e cloreto parecem ser mais significativas para a condutividade, principalmente a de cloretos.

A quantidade de íons bicarbonato nas águas naturais está diretamente ligada ao gás carbônico dissolvido nas mesmas, mas as proporções de cada um desses íons estão relacionadas com o quimismo particular de cada água. O gás carbônico presente na atmosfera pode atingir as águas subterrâneas, principalmente às de pequenas profundidades, através de águas de infiltração onde se encontra diluído. A matéria-orgânica em decomposição nos solos,principalmente vegetais, também é uma importante fonte de gás carbônico para as águas subterrâneas de pequenas profundidades (Hem,1970).

O gás carbônico dissolvido pode participar da diminuição do pH e assim pode-se observar que as menores concentrações de bicarbonato estão relacionadas

com os mais baixos valores de pH (Tabelas 1 e 2) (Custodio & Llamas,1976).

Quanto aos teores de cloreto encontrados, observa-se que ocorre um aumento progressivo da coleta de maio para a de setembro, alcançando valores máximos em novembro e apresentando atenuação em fevereiro. O aumento no teor de cloretos parece sugerir certa influência do acesso de águas salgadas e/ou da diminuição do volume dos aquíferos ou dos mananciais, devido ao baixo índice pluviométrico ocorrido na época (Hem,1970). Exceção pode ser feita para as amostras do poço artesiano (S/5, S/15, S/25, S/35); este ao que tudo indica, parece protegido das influências das águas oceânicas ou do enriquecimento por diminuição de volume.

Ao contrário do comportamento do íon cloreto, os teores de sulfato diminuem, quando se compara os valores obtidos em maio com os de setembro. Por outro lado observa-se um aumento sensível nos teores de sulfato na amostragem de novembro, exceção feita para a amostra S/25, que apresentou um valor abaixo do limite de deteção do método analítico - 1,0 mg/l -semelhante aos demais resultados encontrados para as amostras S/5, S/15 e S/35 (Tabela 2).

Os teores de sulfato encontrados na coleta de novembro encontram-se na faixa de 46 a 117 ppm, enquanto que nas demais os valores estão entre 5 e 25 ppm.

Nitrato é o último estágio de oxidação do ciclo do nitrogênio, sendo indicativo da presença e tempo de poluição das águas (Sawyer & McCarty, 1978).Em relação aos nitratos, os teores mostraram-se baixos estando os resultados mais elevados situados entre 0,20 e 0,30 ppm, que em têrmos de nitrogênio elementar , descem para 0,045 e 0,068 ppm.

As espécies solúveis de sílica e silicato estão representadas na tabela 2, estequiometricamente, por SiO_2. Teores mais elevados de sílica total podem ser obtidos quando se coleta águas com sílica coloidal (Hem, 1970).

Pode-se dividir os resultados de sílica em dois grupos: um que se inicia com 0,12 ppm e se estende até 3,13 ppm e outro que está compreendido entre valores de 10,11 13,65 ppm. Praticamente não há variação apreciável entre os teores de sílica total encontrados.

Os teores de fósforo detetados, encontram-se abaixo de 0,01 mg/l, em todas as amostras, revelando ausência de prováveis perturbações causadas pela presença de fosfatos.

7.8 Nitrogênio

Nas águas aqui estudadas, as concentrações de nitrogênio foram medidas em função de três formas: nitrogênio orgânico total, nitrogênio amoniacal (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-).

O nitrogênio é um indicador de poluição por matéria-orgânica, esgôtos,

despejos industriais, fertilizantes, etc...A maior parte do nitrogênio originalmente presente encontra-se na forma de nitrogênio orgânico. Este é gradualmente convertido a nitrogênio amoniacal e posteriormente, se condições aeróbicas estão presentes, ocorre oxidação da amônia à nitritos e nitratos. Assim, águas que contêm maiores quantidades de nitrogênio orgânico e amoniacal são consideradas como tendo sido recentemente poluídas e apresentam-se potencialmente perigosas. Águas que contêm nitrogênio na forma de nitratos são consideradas como tendo sido poluídas há longo tempo e oferecem pequeno risco à saúde pública (Sawyer & McCarty, 1978).

Os teores detetados neste estudo não merecem maiores atenções, pois para o nitrogênio orgânico obteve-se valores sempre inferiores a 0,5 ppm, enquanto que para o nitrogênio amoniacal os índices variam de 0.01 a 0,095 ppm. A amostra S/34 apresentou 0,008 ppm e a amostra S/01, 0,1 ppm enquanto que as amostras S/3 e S/13 mostraram alguma discrepância, com valores de 0,11 e 0,005 ppm.

Como pode ser observado, o nitrogênio encontrado apresenta-se preferencialmente na forma de nitratos e mesmo estes foram encontrados em valores baixos, levando a considerar que não há poluição orgânica, fato confirmado pelos pequenos índices de fosfato detetados (Tabela 2).

7.9 Oxigênio

Os processos aeróbios necessitam de oxigênio livre. Para o caso de águas, sendo o oxigênio livre pouco solúvel no meio aquoso, sua presença nesses ambientes de pende de sua pressão parcial. Águas poluídas apresentam valor de saturação bem abaixo de águas frescas.

O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro de importância ambiental,pois determina as transformações biológicas que são desenvolvidas por organismos aeróbios e anaeróbios (Golwer et alii,1973). A determinação do OD é indispensável para que sejam mantidos os suprimentos adequados de ar de modo a garantir condições aeróbias (Sawyer & McCarty,1978). Sendo assim, é um índice da qualidade sanitária com alto significado.

A determinação do OD é a base para o teste de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), utilizada para avaliar a intensidade da poluição,cargas poluidoras e eficiência dos sistemas de tratamento. A DBO é usualmente definida como a quantidade de oxigênio necessária para as bactérias estabilizarem a matéria orgânica necessária à alimentação e reprodução das mesmas, sob condições aeróbias (Sawyer & McCarty, 1978).

A medida de oxigênio consumido (OC) permite avaliar a disponibilidade do oxigênio para oxidar a matéria-orgânica dissolvida ou em solução; considera-se que o material redutor existente nas águas seja predominantemente matéria-or-

gânica. Águas de boa qualidade devem apresentar baixos valores de OC (Babbit et alii, 1976).

A demanda química de oxigênio (DQO), da mesma forma que a DBO, também é usada como medida da intensidade da poluição e representa um parâmetro capaz de interpretar a disponibilidade de um meio em favorecer as reações de oxidação da matéria-orgânica, mediante conversão em gás carbônico e água sem influências biológicas. A DQO é baseada no fato de que todos os compostos orgânicos, com poucas exceções, podem ser oxidados pela ação de agentes oxidantes fortes, sob condições ácidas (Sawyer & McCarty, 1978). Os valores numéricos de DQO são mais elevados que os índices de DBO.

As águas aqui em estudo apresentaram valores de OC variando de 1,6 a zero ppm. Necessita de alguma atenção apenas a amostra S/07, com 5,8 ppm; esta amostra corresponde a um poço escavado e o resultado encontrado significa um maior conteúdo de matéria-orgância presente em solução (Tabela 2).

Quanto ao teor de OD encontrado nas amostras, obteve-se resultados compreendidos entre 4,40 a 8,80 ppm, o que mostra que as águas analisadas apresentam-se com índices de aeração satisfatórios. Apenas a amostra S/35 mostrou um valor de 3,5 ppm.

Em relação a DBO, as amostras analisadas mostraram valores na faixa de 0,1 a 0,8 ppm de oxigênio. As amostras S/13, S/34 e S/40 apresentaram valor zero emquanto que apenas as amostras S/08, S/15 e S/32 tiveram resultados algo mais elevados, respectivamente 1,10 ppm, 2,40 ppm e 1,20 ppm.

A maioria das amostras analisadas apresentou índice de DQO inferiores a 5 mg/l; entretanto o aparecimento de valores mais elevados em algumas amostras de água tratada, podem ser indicativos de deficiências no sistema de tratamento, no que se refere a matéria-orgânica. As amostras S/15 e S/25, correspondentes ao poço artesiano, mostraram índices de DQO de 35,6 e 31,6 mg/l, valores algo elevados para água subterrânea, que podem ser reflexos do abaixamento de nível do lençol, já que se tratava de período de estiagem.

7.10 Óleos e Graxas e Fenóis

Os óleos e graxas podem ocorrer nas águas naturais como resultado da decomposição de microrganismos de vida aquática ou podem fazer parte de despejos industriais poluidores. Se ocorrem nos sistemas de distribuição podem causar problemas de sabor e odor, entre outros.

A ocorrência de fenóis na água pode ser devida aos despejos industriais, à hidrólise e oxidação fotoquímica dos pesticidas organofosforados, à degradação microbiana de herbicidas e às substâncias naturais.Nos sistemas de abaste

cimento, traços de compostos fenólicos podem afetar as características organolépticas da água, principalmente através da formação de compostos cloro-fenólicos.

Em todas as amostras analisadas os teores de óleos e graxas foram sempre inferiores a 4 mg/l. Quanto ao fenol, as determinações foram qualitativas , com um limite de deteção da ordem de 0,05 mg/l e os resultados foram todos negativos. Assim, os teores encontrados revelam ausência de prováveis perturbações causadas pelos grupos de substâncias considerados.

7.11 Cloro Residual

A cloração é realizada no tratamento de águas de abastecimento com o objetivo de eliminar microrganismos patogênicos, caso presentes.

Durante a desinfecção o cloro está presente como ácido hipocloroso,como hipoclorito ou em ambas as formas. Parte é consumida na oxidação de compostos e depois de coberta a demanda, o excesso que permanece em solução é denominado de cloro residual, que destrói patogênicos. A água tratada deve deixar as estações de tratamento com um teor de cloro residual de modo a prevenir possíveis contaminações na rede de abastecimento.

Para a determinação de cloro residual foi feito um teste qualitativo , com limite de deteção de 0,05 mg/l, obtendo-se resultados negativos, à exceção das amostras S/21, S/22, S/23 e S/24. Os resultados evidenciam os baixos teores de cloro residual nos pontos de abastecimento estudados. Testes realizados nas ETAs responsáveis pelo tratamento da água consumida pela população revelaram índices de 0,5 ppm de cloro em solução.

Outras associações com a não deteção de cloro residual, serão feitas por ocasião da discussão das análises bacteriológicas.

7.12 Análise Bacteriológica

Devido às condições dos sistemas de abastecimento, tratamento e distribuição, as águas potáveis não são totalmente isentas de microrganismos, visto tal fato ser inviável técnica e economicamente. Desde que os microrganismos presentes não causem danos à saúde dos consumidores e não deteriorem a qualidade da água , ela estará qualificada para consumo; ou seja, a água deve estar isenta de patogênicos, de indicadores de contaminação fecal e com um mínimo de bactérias.

Além dos riscos à saúde, os microrganismos presentes na água podem causar outros problemas, como o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis e a produção de limos ou películas. Outro problema que poderá surgir é a supressão da deteção de coliformes - bacilos gram-negativos que fermentam lactose, utilizados rotineiramente para verificação da qualidade bacteriológica da água - devido

a um fator de inibição ou a um desenvolvimento mais intenso de outros microrganismos sobre os coliformes.

Segundo o National Commmunity Water Supply, quando são altas as densidades de não-coliformes, a deteção dos coliformes pode ser afetada, podendo se considerar como potável uma água contaminada. Os vírus podem sobreviver na água, mesmo após tratamento pelo cloro, em quantidade suficiente para eliminar organismos do grupo coliforme; assim, testes negativos para coliformes não excluem necessariamente a presença de vírus (Fair et alii, 1976).

Deve ser mantido na rede de distribuição um residual de cloro acima de 0,3 mg/l, para que se consiga um limite máximo de 500 colônias/ml na água de distribuição, que é considerado como padrão (Fair et alii, 1976).

A qualidade bacteriológica das águas analisadas foi determinada pelo índice de coliformes, o qual é expresso em termos do Número Mais Provável (NMP), que representa a densidade de organismos por 100 ml de amostra. De acordo com a teoria estatística, este seria o número de maior probabilidade para se estimar o número de bactérias presentes na amostra. Este índice é obtido em tabelas encontradas na literatura referente ao assunto.

Além dos coliformes, durante as amostragens efetuadas em novembro e fevereiro foram determinados os índices de estreptococos fecais, que também são organismos indicadores de poluição fecal.Os estreptococos encontram-se presentes no intestino do homem e dos animais de sangue quente. A proporção entre coliformes fecais e estreptococos fecais é menor que 0,7 para contaminação por animais e para contaminação humana a relação é sempre maior que 4.

Apenas dois pontos de coleta tem suas águas consideradas ótimas sob o ponto de vista bacteriológico; são eles os pontos 3 e 7. A amostra S/7 apresentou valores elevados, mas pelos demais resultados pode-se concluir que na amostragem de maio (inverno) a amostra, que é proveniente de um poço escavado pode ter sido contaminado por enxurradas (Tabela 4).

O ponto número 6 pode ser considerado como suspeito para fins de alimentação. Este ponto corresponde a um poço escavado e a amostra S/16 apresentou resultado alterado, cuja contaminação pode ter sido devida a infiltração de matéria fecal de fossas adjacentes (Tabela 4). No entanto este não é um resultado conclusivo, pois as demais amostragens não apresentaram problemas.

Os pontos 1, 2, 5, 8 e 10, devem ser considerados impróprios para consumo humano. O ponto número 2 apresentou em maio, água de ótima qualidade e nas demais coletas, água imprópria para consumo; como a água é oriunda de caixa d'água, pode-se supor que a mesma tenha sofrido contaminação devido a presença de matéria-orgânica (inclusive pequenos animais), visto que o NMP para coliformes fecais também se mostrou elevado, assim como o NMP de estreptococos fecais, o que

confirma a contaminação (Tabela 4). Interessante notar que quantos aos pontos 5 e 10, as amostras apresentaram como NMP o valor zero, o que é indicativo de águas de ótima qualidade.

O ponto número 4 apresentou resultados impróprios para consumo, à exceção da amostra S/24 cujas águas mostraram ótima qualidade, o que deve estar relacionado com o cloro residual detetado nesta amostra (Tabela 4).

O ponto número 9 apresentou resultados à primeira vista incompreensíveis. Nas duas primeiras amostragens as águas mostraram-se impróprias para consumo e nas demais os resultados demonstraram serem as águas de ótima qualidade, com índices iguais a zero, tanto para coliformes totais como para coliformes fecais e estreptococos fecais; entretanto a amostra S/39 apresentou um NMP de 3,6 para estreptococos fecais. A amostra S/9 inclusive apresentou um valor elevadíssimo, que se situou fora ods limites do NMP, em relação a deteção de coliformes totais.

Este resultado da amostra S/9, maior que 1100, é indicativo de que deve ter havido contaminação na coleta ou durante a análise, no laboratório. Entretanto, de acordo com depoimento de moradores do local, sabe-se que os índices deveriam ser altos, pela elevada incidência de moléstias diarréicas. Além disso, foi constatado que a tubulação apresentava furos e que havia infiltração de fossas. Quanto aos resultados negativos obtidos posteriormente, estes podem dever-se ao fato de que os próprios moradores, conscientizados do problema, providenciaram o reparo da rêde e melhoraram a situação do terreno adjacente.

7.13 Elementos Traços

Existem várias razões para que sejam realizadas análises para deteção de elementos traços, como:

- realização de estudos de circulação e distribuição de minerais em rochas e águas.
- estabelecimento de afinidades entre a composição da água e saúde pública.
- realização de estudos de nutrição vegetal.
- os elementos traços reduzem a capacidade auto-depurativa das águas, pela sua ação tóxica sobre os microrganismos responsáveis por essa regeneração.
- os metais pesados podem causar envenenamento na água, situação indicada algumas vêzes por elevada concentração de oxigênio, o que neste caso não significa condições aeróbias.
- quanto ao aspecto sanitário, dizem respeito à Saúde Pública pela evidência de que algumas formas podem ser agentes cancerígenos.

Para a determinação dos elementos traços Al, Co, Cu, Mn, Ni, Pb e Cr,

foi utilizado o método da espectrofotometria de absorção atômica termoelétrica fôrno de grafite - que apresentava os melhores limites de deteção, de 10^{-6} a 10^{-8} mg/l, para as baixas concentrações que eram esperadas nas amostras estudadas.

Devido a problemas de ajuste de método, não se conseguiu obter valores para as primeiras 5 amostras e em virtude de problemas com os eletrodos de grafite disponíveis, foi inevitável a perda total da segunda amostragem.

7.13.1 Alumínio

Raramente ocorre em águas naturais em concentrações apreciáveis, exceto para aquelas que apresentam baixo pH, águas muito ácidas. O Al^{+3} predomina quando os valores de pH são inferiores a 4 (Hem, 1970).

Quando o tratamento da água com sulfato de alumínio é bem conduzido, e mais provável encontrar mais baixos teores de alumínio na água tratada do que naquela não tratada, pela insolubilidade dos compostos de alumínio formados e sua remoção por sedimentação e filtração (Babbit et alii, 1976); no entanto se o sulfato de alumínio for mal dosado poderá deixar um residual de alumínio.

Os valores detetados nas amostras analisadas encontram-se entre 208 e 1437 ppb, para águas tratadas e entre 21 e 350 ppb para as águas de poços (Tabela 3). Tais fatos parecem indicar que nas águas tratadas, a variação dos teores de alumínio está diretamente relacionada com a adição de sulfato de alumínio,produzindo diferentes índices residuais desse elemento.

7.13.2 Cobalto

Tem várias propriedades químicas semelhantes ao ferro e ocorre em baixas concentrações nas águas. Um mecanismo que provavelmente controla o aparecimento de cobalto, é a adsorção por partículas coloidais de óxidos e hidróxidos de ferro e manganês (Hem, 1970).

Foram detetados teores de cobalto da ordem de 6 a 25 ppb para água tratada com exceção das amostras S/8, S/9 e S/10 que apresentaram valores de 293 , 370 e 57 ppb, respectivamente.

7.13.3 Cobre

Não é um constituinte significativo nas águas naturais. As maiores restrições ao aparecimento de cobre são do ponto de vista estético, pois pode causar sabor desagradável à água e formar $Cu(OH)_2$ que poderá aumentar a turbidez (Shuval, 1965).

Em pH igual ou maior que 7, se há cobre nas águas naturais êle precipita como carbonato ou hidróxido, podendo ser removido por adsorção ou sedimenta

ção (Custódio & Llamas, 1976).

O aparecimento de cobre em concentrações mais elevadas é indicativo de poluição.

As análises efetuadas revelaram concentrações de cobre na água tratada, da ordem de 6 a 24 ppb em grupo, 57 a 83 num segundo e 118 a 188 ppb num terceiro grupo. Diversas amostras apresentaram valor nulo para as concentrações de cobre; são elas: S/31, S/32, S/33, S/34, S/39 e S/40 (Tabela 3).

Quanto as amostras de água subterrânea os teores mostraram-se assim distribuídos:

- ponto nº 5 - 7 e 8 ppb
- ponto nº 6 - 71,18 e zero ppb
- ponto nº 7 - 112,15 e 110 ppb

7.13.4 - Manganês

Tem um comportamento similar ao ferro e algo semelhante ao chumbo (Babbitt et alii, 1976). No seu estado reduzido, Mn^{2+}, é mais frequente nas águas subterrâneas que nas águas superficiais, pois nestas o oxigênio oxida a forma menos solúvel do óxido de manganês hidratado (Custodio &Llamas 1976).

Algumas águas subterrâneas que contêm concentrações maiores de ferro, também deve ter manganês, mas não é comum encontrar-se maiores teores de manganês do que de ferro (Custodio & Llamas, 1976).

Nas ETAs, o manganês pode favorecer o crescimento de bactérias que vão ocasionar problemas aos filtros, podendo depositar nas canalizações (Rodier, 1981).

Obteve-se resultados para o manganês variando entre 48 e 192 ppb , para água tratada e entre 15 e 118 ppb, para os poços (Tabela 3).

7.13.5 - Níquel

Em águas naturais seus teores são maiores que os de cobalto (Hem , 1970), tendo comportamento geoquímico também semelhante. É provavelmente, fortemente absorvido por óxidos de ferro e manganês, sendo considerado como indicador de corrosão e como agente cancerígeno (Sawyer & McCarty, 1978).

Para água tratada, as análises revelaram teores variando entre 8 e 60 ppb, exceto as amostras S/8 e S/9, cujos teores apresentaram-se bem mais elevados, da ordem de 200 ppb.

Quanto aos poços, os resultados ficaram entre 8 e 23 ppb, exceção feita às amostras S/6 com 236 ppb e S/25, cujo resultado foi nulo (Tabela 3).

TABELA 01 - Medidas Físicas e Físico - Químicas de Águas do Abastecimento - Bairro do Sacramento - Belém

AMOSTRA	T(°C) CAMPO	pH CAMPO	pH LAB.	Eh (mv)	CONDUT. (MICROMHOS/CM)	TURBIDEZ (UNT)	COR. (mg Pt/l)	RES.SECO (mg/l) -CALCULADA	STD (mg/l) -CALCULADA	CO_2 LIVRE (mg/l) -CALCULADA
S/01	30,0	6,0	6,75	219	260 (26°C)	2,40	6	128	207	35,74
S/02	28,5	5,5	6,50	229	300 (29°C)	3,70	10	161	231	73,82
S/03	29,5	6,0	6,60	229	250 (29°C)	2,70	8	142	202	50,99
S/04	30,0	6,0	6,55	229	260 (29°C)	1,40	4	143	204	56,64
S/05	26,5	5,0	4,30	369	55 (28,5°C)	1,00	3	21	24	508,70
S/06	29,0	5,5	5,15	324	100 (29,5°C)	3,10	5	54	56	43,11
S/07	26,0	5,0	5,65	399	95 (29°C)	4,40	6	62	66	31,81
S/08	28,5	5,0	6,40	239	106 (29°C)	2,90	5	67	74	9,70
S/09	30,0	5,5	6,35	244	155 (29°C)	2,20	5	104	135	46,25
S/10	30,5	5,5	6,50	229	220 (29°C)	2,50	10	129	179	52,64
S/11	30,0	6,0	6,60	221	250 (29°C)	0,0	6	157	223	56,60
S/12	25,0	6,0	6,80	204	260 (29°C)	2,0	5	167	239	39,25
S/13	29,0	6,0	6,70	219	270 (29°C)	3,0	5	218	283	43,34
S/14	29,0	5,5	6,80	229	250 (29°C)	0,0	5	156	222	37,75
S/15	25,0	5,5	4,70	359	46 (29°C)	0,0	3	20	22	243,02
S/16	36,0	6,0	6,20	249	177 (29°C)	17,0	15	86	91	19,21
S/17	33,0	6,0	6,70	229	180 (29°C)	20,0	5	85	90	5,27
S/18	33,0	6,0	7,50	229	200 (29°C)	12,0	3	96	106	1,35
S/19	37,0	6,0	6,70	219	250 (29°C)	17,0	7	149	205	38,88
S/20	34,0	6,0	6,80	229	260 (29°C)	15,0	8	154	216	32,49
S/21	30,0	5,5	6,60	229	650 (30°C)	1,20	6	403	468	54,05
S/22	28,0	6,0	7,00	209	650 (30°C)	0,60	5	408	480	23,95
S/23	28,0	6,0	6,80	219	650 (30°C)	1,00	8	312	376	34,10
S/24	29,0	6,0	6,80	219	650 (30°C)	0,40	4	428	493	34,43
S/25	26,5	5,5	4,70	349	55 (30°C)	0,20	3	22	23	121,50
S/26	29,0	6,0	6,10	259	1160 (27°C)	0,83	5	704	708	9,67
S/27	26,5	6,0	6,10	259	1150 (28°C)	0,57	3	703	705	6,45
S/28	28,0	6,0	6,60	214	1140 (28°C)	0,85	4	696	702	3,22
S/29	29,0	5,5	6,20	249	1150 (28°C)	0,75	4	710	713	7,68
S/30	27,5	6,0	6,30	249	1150 (28°C)	0,89	3	719	723	7,12
S/31	30,0	6,0	6,40	237	430 (29,4°C)	2,30	8	227	291	84,05
S/32	26,0	6,0	6,75	219	445 (29,4°C)	0,60	5	225	292	39,71
S/33	29,0	6,0	6,50	232	440 (29,4°C)	2,00	10	222	285	66,76
S/34	29,0	5,5	6,60	219	430 (29,4°C)	2,40	8	220	283	53,03
S/35	26,0	5,0	4,10	379	46 (29,4°C)	0,40	4	28	31	806,24
S/36	28,0	5,0	5,80	299	560 (29,4°C)	1,60	5	284	287	16,09
S/37	26,0	5,5	5,80	289	560 (29,4°C)	1,50	6	278	280	12,87
S/38	28,0	6,0	6,50	239	550 (29,4°C)	1,50	8	271	293	23,75
S/39	30,0	5,5	6,50	239	470 (29,4°C)	3,00	12	240	290	52,64
S/40	29,5	5,5	6,70	234	430 (29,4°C)	3,70	15	191	200	5,67

TABELA 02 - Características Químicas de Águas de Abastecimento - Bairro do Sacramento - Belém

AMOSTRA	ALCALIN. (mg/l $CaCO_3$)	DUREZA (Calc.) (mg/l $CaCO_3$)	HCO_3^- (Calc.) (mg/l $CaCO_3$)	SÍLICA (mg/l SiO_2)	CLORETO (mg/l Cl^-)	SULFATO (mg/l SO_4^{2-})	FOSFATO (mg/l PO_4^{3-})	NITRATO (mg/l NO_3^-)	Fe TOTAL (mg/l Fe)
S/01	99,0	122,05	121	12,39	13,20	8,33	<0,01	0,30	0,45
S/02	115,0	130,08	140	12,39	12,19	8,33	<0,01	0,26	1,15
S/03	100,0	122,25	122	11,70	10,16	5,33	<0,01	0,23	0,57
S/04	99,0	118,58	121	12,39	12,19	5,83	<0,01	0,21	0,35
S/05	5,0	5,76	6	10,33	10,16	<1,0	<0,01	0,16	2,25
S/06	3,0	24,14	4	5,16	17,78	11,66	<0,01	0,13	0,31
S/07	7,0	29,59	9	5,51	19,30	13,33	<0,01	0,26	0,40
S/08	12,0	38,79	15	5,51	17,27	13,33	<0,01	0,32	0,30
S/09	51,0	86,65	62	8,26	14,22	9,16	<0,01	0,21	0,45
S/10	82,0	105,88	100	10,67	13,71	6,66	<0,01	0,26	0,70
S/11	111,0	119,11	132	12,96	17,50	2,50	<0,01	0,19	0,65
S/12	122,0	123,79	145	13,53	16,50	3,33	<0,01	0,21	0,45
S/13	107,0	116,26	131	12,25	18,00	3,33	<0,01	0,21	0,62
S/14	108,0	113,79	132	11,97	17,00	3,33	<0,01	0,19	0,65
S/15	6,0	1,39	4	4,50	5,50	<1,0	<0,01	0,30	3,00
S/16	15,0	28,87	11	3,13	37,50	5,33	<0,01	0,12	0,90
S/17	13,0	32,86	10	3,42	36,50	6,70	<0,01	0,11	0,45
S/18	21,0	38,87	20	5,41	36,50	8,33	<0,01	0,11	0,25
S/19	96,0	101,77	111	9,12	26,00	3,33	<0,01	0,21	0,65
S/20	101,0	101,79	123	10,11	24,00	3,33	<0,01	0,05	0,51
S/21	106,0	147,89	129	12,11	130,00	53,28	<0,01	0,10	0,57
S/22	118,0	151,23	144	13,03	145,00	46,17	<0,01	0,11	0,44
S/23	106,0	147,79	129	12,18	170,00	53,28	<0,01	0,13	0,62
S/24	107,0	145,62	131	12,82	160,00	49,73	<0,01	0,23	0,42
S/25	3,0	1,62	1	4,98	9,00	<1,0	<0,01	0,10	2,55
S/26	8,0	122,35	7	3,56	354,99	110,11	<0,01	0,21	0,23
S/27	4,0	134,62	5	3,63	354,99	110,11	<0,01	0,20	0,09
S/28	10,0	119,98	12	4,13	354,99	103,01	<0,01	0,20	0,12
S/29	6,0	126,19	7	3,56	354,99	110,11	<0,01	0,18	0,16
S/30	7,0	128,49	9	4,06	354,99	117,22	<0,01	0,24	0,23
S/31	104,0	95,19	127	13,65	67,00	11,67	<0,01	0,08	0,55
S/32	110,0	101,14	134	12,22	60,50	12,50	<0,01	0,08	0,40
S/33	104,0	96,99	127	13,51	60,00	12,50	<0,01	0,10	0,55
S/34	104,0	92,67	127	13,65	60,50	12,00	<0,01	0,16	0,50
S/35	5,0	2,06	6	11,50	7,00	<1,0	<0,01	0,05	2,62
S/36	5,0	48,99	6	5,03	150,00	25,00	<0,01	0,16	0,21
S/37	4,0	47,57	5	5,03	147,50	25,00	<0,01	0,16	0,30
S/38	37,0	65,32	45	7,55	122,00	23,33	<0,01	0,16	0,32
S/39	82,0	84,23	100	11,43	84,00	14,67	<0,01	0,10	0,62
S/40	14,0	109,03	17	12,22	72,50	12,50	<0,01	0,18	0,85

TABELA 02 - Continuação

AMOSTRA	OC (mg/l)	OD (mg/l)	DBO (mg/l O_2)	DQO (mg/l O_2)	N AMONIACAL (mg/l N)	N ORGÂNICO (mg/l N)	ÓLEOS E GRAMAS (mg/l)	FENOL (QUALITATIVO)	CLORO RESIDUAL (QUALITATIVO)
S/01	1,50	6,15	-	3,20	0,10	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/02	0,80	8,60	0,20	<5,00	0,06	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/03	0,90	6,05	-	<5,00	0,11	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/04	0,60	5,80	0,50	3,20	0,06	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/05	0,40	4,50	-	<5,00	0,10	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/06	1,50	7,80	-	<5,00	0,03	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/07	5,80	8,80	0,10	<5,00	0,07	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/08	1,60	8,30	1,10	<5,00	0,06	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/09	1,20	8,20	0,70	<5,00	0,07	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/10	1,20	6,90	-	3,20	0,09	<0,05	<5,0	<0,05	<0,01
S/11	0,60	6,00	-	10,00	0,03	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/12	0,10	4,80	-	<5,00	0,03	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/13	0,50	6,20	0,00	<5,00	0,05	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/14	1,00	5,10	0,40	12,40	0,03	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/15	0,40	7,00	2,40	35,60	0,11	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/16	1,30	8,80	0,30	<5,00	0,01	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/17	0,80	8,60	0,20	<5,00	0,02	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/18	0,50	8,20	-	45,60	0,03	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/19	0,70	6,30	0,50	34,80	0,03	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/20	0,50	6,60	0,40	<5,00	0,01	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/21	0,10	6,30	0,30	40,00	0,03	<0,50	<5,0	<0,05	>0,01
S/22	0,10	6,90	0,40	2,80	0,05	<0,50	<5,0	<0,05	>0,01
S/23	0,00	6,50	0,20	34,00	0,05	<0,50	<5,0	<0,05	>0,01
S/24	0,30	6,20	0,10	<5,00	0,05	<0,50	<5,0	<0,05	>0,01
S/25	0,50	4,40	0,70	31,60	0,09	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/26	0,70	7,60	0,30	<5,00	0,01	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/27	0,60	7,70	0,80	<5,00	0,01	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/28	0,70	7,40	0,20	<5,00	0,04	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/29	1,00	7,40	0,60	<5,00	0,04	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/30	1,40	8,00	0,20	20,80	0,01	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/31	0,45	6,00	0,80	62,00	0,03	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/32	0,20	6,20	1,20	48,00	0,01	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/33	1,20	4,90	-	62,00	0,005	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/34	0,20	5,20	0,00	<5,00	0,008	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/35	0,40	3,30	0,20	2,80	0,02	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/36	0,90	8,40	0,70	<5,00	0,01	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/37	0,50	7,70	-	10,40	0,01	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/38	0,60	7,80	0,70	32,40	0,03	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/39	0,30	5,90	0,30	40,00	0,03	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01
S/40	0,30	6,50	0,00	12,80	0,01	<0,50	<5,0	<0,05	<0,01

TABELA 3 - Elementos analisados por absorção atômica em águas de abastecimento - Bairro do Sacramenta - Belém

AMOSTRAS	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Na^{+} (mg/l)	K^{+} (mg/l)	ELEMENTOS TRAÇOS						
					Al^{3+} (ppb)	Co (ppb)	Cu (ppb)	Mn (ppb)	Ni (ppb)	Pb (ppb)	Cr (ppb)
S/01	37,80	6,72	5,85	2,50	-	-	-	-	-	-	-
S/02	41,80	6,36	5,50	3,60	-	-	-	-	-	-	-
S/03	36,70	7,44	5,85	2,50	-	-	-	-	-	-	-
S/04	37,20	6,24	5,90	2,40	-	-	-	-	-	-	-
S/05	0,73	0,96	2,90	0,70	-	-	-	-	-	-	-
S/06	5,72	2,40	7,30	1,05	280	211	71	118	236	30	48
S/07	6,72	3,12	7,60	1,15	350	6	122	58	-	15	0
S/08	10,40	3,12	7,65	1,15	1.437	293	83	142	209	29	36
S/09	26,00	5,28	6,30	2,75	933	370	137	192	200	71	111
S/10	33,30	5,52	6,25	2,20	1433	57	23	106	-	0	7
S/11	38,00	5,88	11,25	2,20	-	-	-	-	-	-	-
S/12	42,43	4,32	11,11	2,25	-	-	-	-	-	-	-
S/13	38,55	4,85	11,11	2,37	-	-	-	-	-	-	-
S/14	39,17	3,87	11,39	2,20	-	-	-	-	-	-	-
S/15	0,23	0,20	3,19	0,57	-	-	-	-	-	-	-
S/16	6,94	2,81	21,39	1,47	-	-	-	-	-	-	-
S/17	8,16	3,04	20,00	1,55	-	-	-	-	-	-	-
S/18	11,02	2,76	20,30	1,57	-	-	-	-	-	-	-
S/19	33,05	4,67	14,00	2,42	-	-	-	-	-	-	-
S/20	33,50	4,40	12,50	2,25	-	-	-	-	-	-	-
S/21	38,90	12,35	86,09	4,84	295	6	57	107	39	0	3
S/22	41,09	11,83	74,60	4,60	660	7	24	100	37	0	0
S/23	37,96	12,90	84,37	4,92	255	10	15	117	37	0	0
S/24	37,65	12,56	83,59	5,00	438	9	118	99	39	0	0
S/25	0,22	0,26	3,78	0,68	21	6	8	34	0	0	0
S/26	14,04	21,28	189,06	7,30	164	6	18	89	17	0	0
S/27	18,75	20,67	184,68	7,04	190	7	15	74	17	4	0
S/28	15,62	19,74	184,43	7,18	440	6	6	78	17	0	0
S/29	15,15	21,54	192,81	7,50	776	6	188	85	17	38	0
S/30	16,09	21,53	192,65	7,34	747	6	16	91	22	3	0
S/31	26,91	6,81	34,15	3,10	443	25	0	70	35	1	-
S/32	29,27	6,82	33,50	2,70	309	15	0	130	60	0	-
S/33	27,53	6,81	34,25	2,97	188	11	0	69	8	0	-
S/34	26,18	6,64	33,75	2,96	195	13	0	53	27	1	-
S/35	0,48	0,21	2,65	0,62	81	67	7	15	23	0	-
S/36	5,82	8,40	83,02	3,25	94	15	0	47	13	0	-
S/37	5,27	8,39	81,25	2,56	168	13	110	52	8	13	-
S/38	13,27	7,84	69,62	4,12	242	15	10	48	15	8	-
S/39	21,82	7,24	47,50	2,60	208	16	0	55	10	1	-
S/40	32,00	7,08	42,50	2,63	221	16	0	57	15	5	-

TABELA 04 - Características Bacteriológicas de Águas de Abastecimento - Bairro de Sacramento_Belém

AMOSTRA	N M P		
	COLIFORME TOTAL	COLIFORME FECAL	STREPTOCOCOS FECAL
S/01	15,0	7,3	-
S/02	0	0	-
S/03	3,6	3,6	-
S/04	240,0	9,1	-
S/05	23,0	3,6	-
S/06	0	0	-
S/07	39,0	9,1	-
S/08	9,3	9,1	-
S/09	>1100	9,1	-
S/10	400,0	3,0	-
S/11	9,1	3,6	-
S/12	240,0	21,0	-
S/13	0	0	-
S/14	15,0	9,1	-
S/15	23,0	3,6	-
S/16	23,0	9,1	-
S/17	0	0	-
S/18	9,1	9,1	-
S/19	23,0	23,0	-
S/20	29,0	39,0	-
S/21	240,0	93,0	9,1
S/22	400,0	400,00	23,0
S/23	0	0	0
S/24	0	0	0
S/25	93,0	93,0	3,6
S/26	0	0	0
S/27	0	0	0
S/28	93,0	93,0	3,6
S/29	0	0	0
S/30	0	0	0
S/31	15,0	0	3,6
S/32	27,0	9,1	7,3
S/33	6,2	3,6	3,6
S/34	9,1	9,1	3,6
S/35	0	0	0
S/36	11,0	0	0
S/37	0	0	0
S/38	15,0	0	29,0
S/39	0	0	3,6
S/40	9,1	0	3,6

7.13.6 Chumbo

Somente traços do elemento chumbo são encontrados em águas naturais.Há alta probabilidade de que as concentrações sejam limitadas pelas restrições de solubilidade (Hem, 1970).

O chumbo é indesejável, pela sua tendência em se acumular no organismo podendo causar envenenamento (Babbit et alii, 1976).

A maioria das amostras analisadas apresentou valor nulo (zero) para o chumbo. As amostras S/7, S/27 e S/37 apresentaram valores de 15,4 e 13ppb; as amostras S/9, S/29 e S/39 mostraram valores de 71,38 e 1ppb; as amostras S/8 e S/38 teores de 29 e 8 ppb; as amostras S/30 e S/40, 3 e 5 ppb; as restantes S/6, S/31 e S/34 apresentaram teores de 30 e 1 ppb (Tabela 3).

7.13.7 Cromo

No ambiente aquático oxigenado o cromo existe primariamente na forma de cromato. Formas trivalente são hidrolisadas completamente em águas naturais e o cromo precipita como hidróxido, deixando menores quantidades em solução (Shuval, 1965).

A presença de cromo é indicativa de poluição industrial. Suas formas mais estáveis são Cr (III) e Cr (VI). As espécies aniônicas, $Cr_2O_7^{2-}$ e CrO_4^{2-} são relativamente estáveis em águas subterrâneas (Custodio & Llamas, 1976).

Houve uma certa dificuldade na obtenção dos teores de cromo nas análises efetuadas. Assim, nas primeiras determinações obteve-se por exemplo, para a amostra S/9, 111 ppb; no entanto, nas determinações correspondentes à amostragem de novembro, todas as amostras apresentaram valor nulo, exceto a amostra S/21 , com 3 ppb.

7.14 Comparação com os Padrões de Potabilidade

Padrões de potabilidade são as quantidades limites que, com relação aos diversos elementos, podem ser tolerados nas águas de abastecimento.

Serão utilizados, para comparação com as amostras analisadas, os padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde-OMS, pela Secretaria Especial do Meio Ambiente-SEMA, órgão do Ministério do Interior e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT (Battalha & Parlatore, 1977) (Rodier, 1981).

Apenas aquelas amostras que apresentaram valores anormais ou fora dos padrões de potabilidade, fixados pelas três entidades acima citadas, serão aqui relacionadas (Figuras 22 e 23).

Quanto ao pH, as amostras correspondentes ao poço artesiano apresenta-

ram-se com valores inferiores a 5. Sabe-se que as águas subterrâneas possuem pH variando entre 5,5 e 8,0 e que somente em casos excencionais esta faixa se amplia para 3,0 a 11,0 (Custodio & Llamas, 1976).Os baixos valores de pH são geralmente devidos a decomposição de matéria-orgânica e consequente deslocamento do equilíbrio carbônico.

Algumas amostras de água tratada, S/18, S/19 e S/20, apresentaram valores algo elevados para turbidez (12, 17 e 15 UNT), fora portanto, dos padrões brasileiros. Apenas a OMS permite como máximo admissível, valores de 25 UNT. As amostras S/16 e S/17, correspondentes a poços, mostraram também valores algo elevados, 17 e 20 UNT.

Os valores calculados para gás carbônico apresentaram, para as amostras oriundas do poço artesiano, valores elevados, variando na faixa de 100 a 800 mg/l, acima dos valores frequentemente encontrados para águas subterrâneas. Sabe-se entretanto, que aquíferos profundos em que existe geração de gás carbônico por oxidação de matéria orgânica, os valores podem alcançar 1.500 ppm (Custodio & Llamas, 1976). Entretanto, a presença de gás carbônico dá um sabor mais agradável à água e não apresenta nenhum inconveniente para a saúde.

As águas subterrâneas apresentam-se normalmente com dureza entre 10 e 300 ppm de carbonato de cálcio (Custodio & Llamas, 1976); deste modo, pode-se notar que as amostras referentes ao ponto 5, mostram valores mais baixos na faixa de 1 a 6 ppm de $CaCO_3$, mas estão dentro dos padrões estabelecidos, sendo consideradas águas "moles".

O limite recomendável para clorestos em águas de abastecimento é de 250 ppm. Obteve-se valores da ordem de 355 ppm, para as amostras S/26, S/27, S/28, S/29 e S/30, acima portanto dos padrões estabelecidos. Estes resultados foram obtidos para a coleta de novembro, período no qual Belém viveu uma das maiores estiagens dos últimos tempos. As demais amostras desta coleta (S/21, S/22, S/23,S/24), também apresentaram índices elevados, da ordem de 130 a 170 ppm. Apenas a amostra S/25 apresentou um índice normal, 9 ppm, que parece indicar proteção das influências oceânicas, como já referido anteriormente.

Quase a totalidade das amostras analisadas apresentou teor de ferro superior a 0,3 mg/l, valor fixado pelos padrões de potabilidade. A amostra S/02 apresentou um teor de ferro muito elevado, 1,15 ppm, principalmente por ser água tratada.As águas do poço artesiano mostraram valores de ferro na faixa de 2,0 a 3,0 ppm, muito elevados para águas de abastecimento mas dentro dos valores esperados para águas subterrâneas (Custodio & Llamas, 1976).

Apenas a amostra S/07 mostrou um alto valor para o oxigênio con-

sumido (5,8 mg/l), bem acima dos padrões fixados para água potável, o que leva à suspeitas de contaminação microbiana. Quanto ao teor em oxigênio dissolvido, as amostras de água tratada apresentaram valores algo elevados, mas o único prejuízo decorrente deste fato é a possibilidade de corrosão das tubulações. As amostras de água subterrânea também apresentaram valores um pouco acima dos esperados, até 2 ppm (Custodio & Llamas, 1976). Mesmo que os resultados fossem inferiores, não haveria necessariamente significado de poluição, pois o oxigênio poderia ter sido exaurido para oxidação dos minerais presentes.

Em relação a DBO é recomendável que nos mananciais seu valor esteja compreendido entre 4 e 10 ppm de O_2 (Rodier, 1981). Quando a água é destinada ao abastecimento público, sua DBO deve ser inferior a 1 mg/l de O_2 (Gomella & Guerreé, 1977). Sendo assim, apenas as amostras S308, S/15 e S/32 apresentaram valores algo elevados, mas mesmo assim na faixa de 1 a 3 ppm de O_2, o que absolutamente não significa problemas.

As amostras S/15 e S/25, correspondentes ao poço artesiano, apresentaram valores de DQO acima do esperado para águas subterrâneas. Os valores para DQO são geralmente de 1 a 5 ppm, podendo chegar até 15 ppm de O_2, para águas não contaminadas (Custodio & Llamas, 1976). Em relação às amostras de água tratada algumas apresentaram-se fora dos padrões estabelecidos, que indicam como concentração limite admissível, 10 mg/l. São elas: S/14, S/18, S/19, S/21, S/23, S/30, S/31, S/32, S/33, S/38 e S/39.

Apenas as amostras S/01 e S/03 mostraram valores superiores ao padrão fixado de 0,08 mg/l de nitrogênio.

Em relação aos teores de cálcio, o resultado encontra-se dentro dos padrões; apenas deve-se ressaltar que as águas do poço artesiano mostram valores abaixo de 1 ppm, o mesmo acontecendo em relação ao magnésio.

7.14.1 Elementos Traços

O alumínio não apresenta caracteres de toxidez, mas devido a problemas estéticos, é recomendado que não exceda a concentrações de 0,2 mg/l. As amostras de água tratada apresentaram valores sempre acima do recomendado.

O cobre não é considerado um tóxico de efeito cumulativo, não obstante, elevadas concentrações de cobre podem produzir vômitos e até ocasionar problemas ao fígado (Battalha & Parlatore, 1977). Nas águas, concentrações superiores a 1 mg/l podem ocasionar sabores desagradáveis. Os padrões de qualidade da água para consumo humano recomendam como teor máximo desejável, 0,05 ppm. As amostras S/06, S/07, S/08, S/09, S/24, S/29 e S/37, apresentaram valores acima do recomendado.

FIG. 22 - PERCENTUAL DO Nº DE ANALISES ACIMA DOS PADRÕES RECOMENDADOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO.

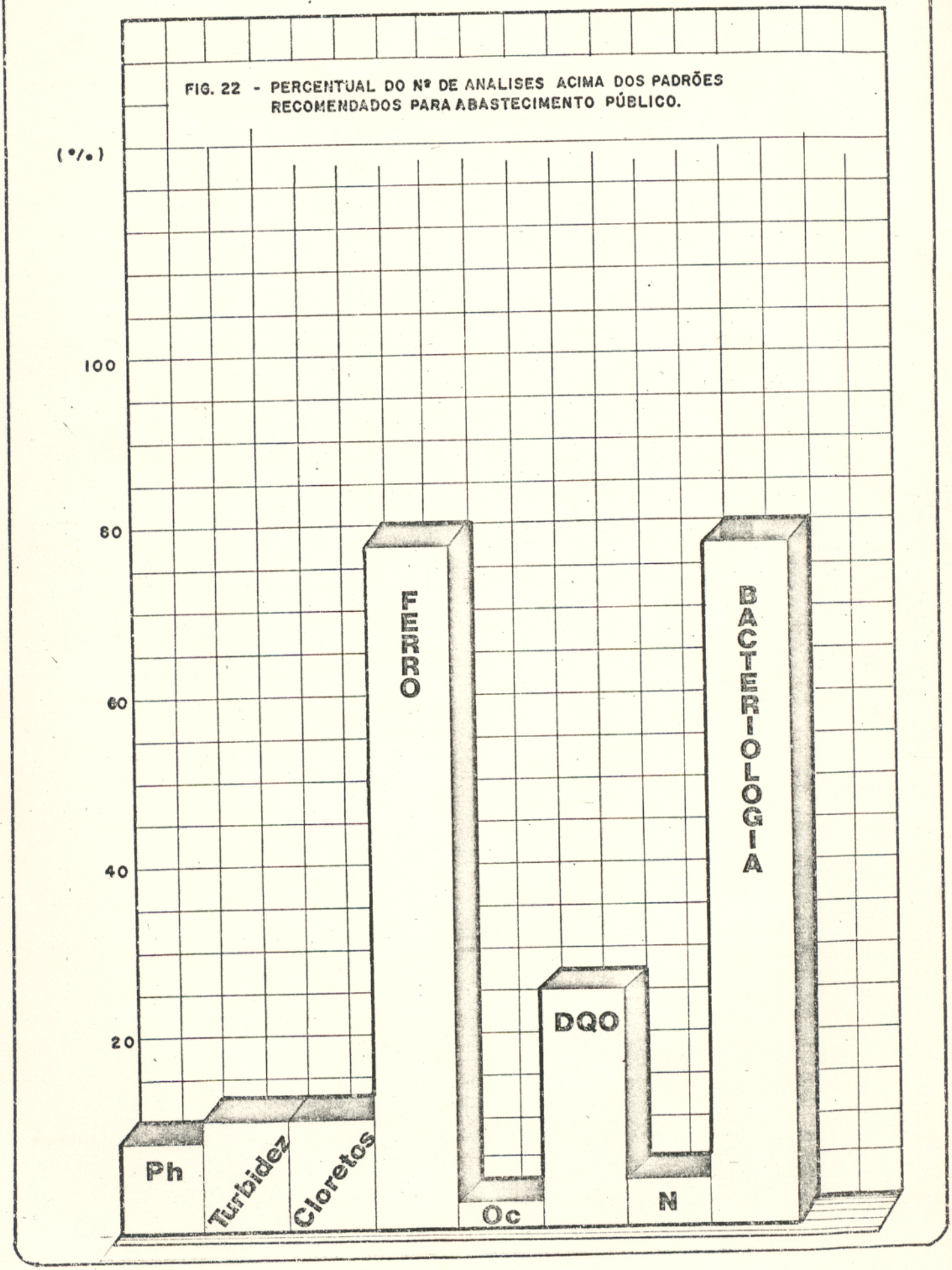
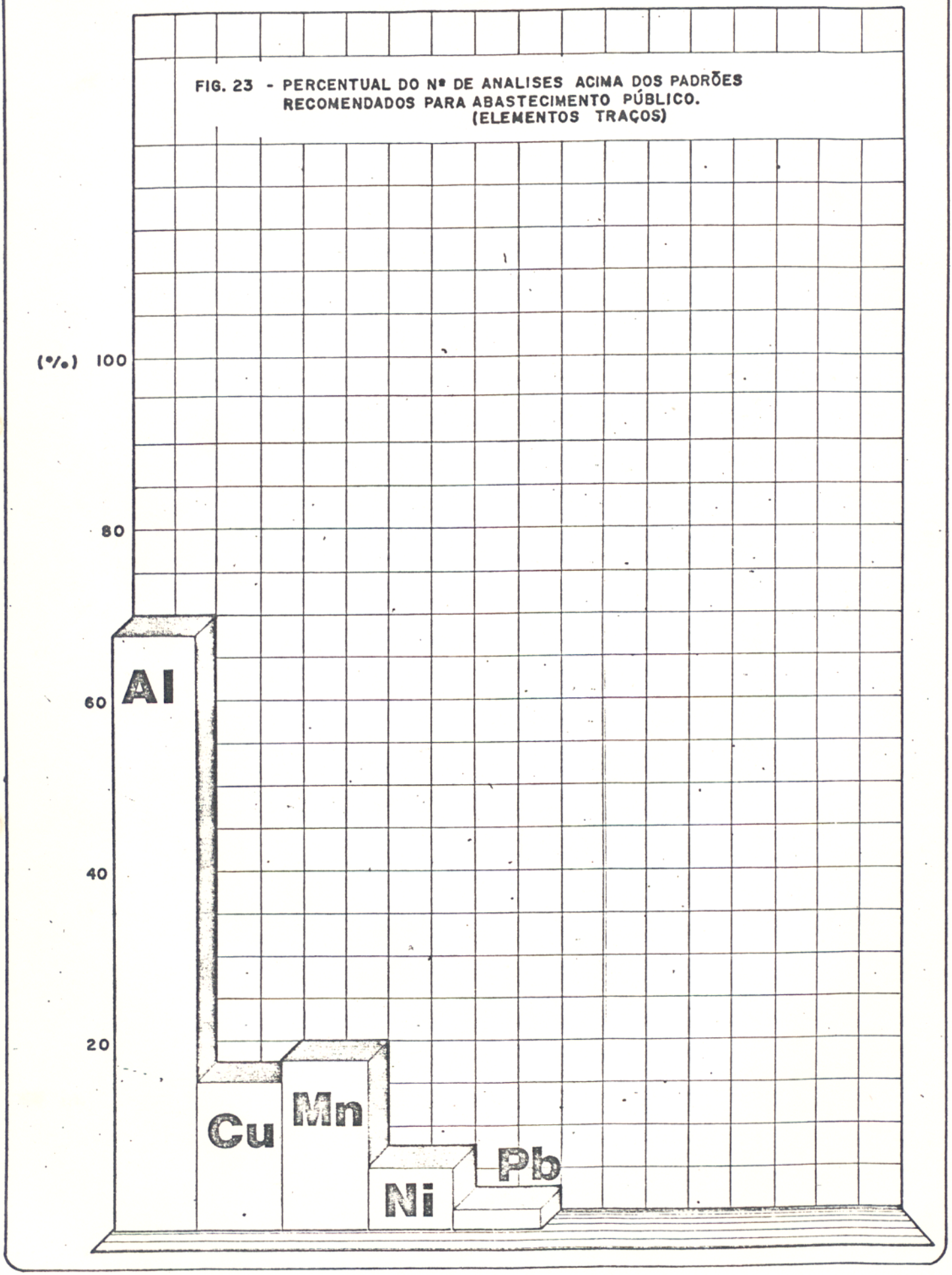


FIG. 23 - PERCENTUAL DO Nº DE ANALISES ACIMA DOS PADRÕES RECOMENDADOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO. (ELEMENTOS TRAÇOS)



Existem duas razões para limitar a concentração do manganês nas águas de consumo humano: prevenir prejuízos de ordem estética e evitar efeitos fisiológicos adversos. As amostras de águas tratadas S/08, S/09, S/10, S/21, S/22 , S/23 e S/32, apresentaram teores superiores ao recomendado, que é de 0,1 mg/l . A amostra S/06 proveniente de um poço escavado, mostrou um teor acima do indicado para águas de consumo, embora dentro das características esperadas para água subterrânea (Custodio & Llamas, 1976).

Apenas as amostras S/06, S/08 e S/09 apresentaram teores de níquel acima do recomendado pelos padrões de potabilidade.

A presença do chumbo no corpo humano pode ser prejudicial para a saúde ou mesmo letal. O envenenamento pode resultar da acumulação do chumbo no corpo. A quantidade recomendada pelos padrões é de 0,05 mg/l e apenas a amostra S309 apresentou um teor de 0,071 mg/l e portanto superior ao recomendado.

Devido aos seus efeitos fisiológicos adversos e as poucas informações sobre sua remoção nos processos de tratamento, é recomendado que o teor de cromo não ultrapasse 0,05 mg/l (Battalha & Parlatore, 1977). Das amostras analisadas somente a amostra S/09 apresentou um teor mais elevado (0,111 mg/l). Por outro lado, Durfor e Becker (1964) in Hem (1970), recomendam que em suprimentos públicos o teor seja de 0,43 ppb, em cromo.

7.14.2 Qualidade Bacteriológica

É amplamente conhecido que as fezes dos homens e animais de sangue quente são ricas em coliformes e que estas bactérias existem em águas não poluídas, em número reduzido. Uma das vantagens do coliforme como índice de poluição fecal da água, é o fato bem conhecido de que seu número na água, está correlacionado no tempo com o decréscimo das bactérias patogênicas intestinais (Battalha & Parlatore, 1977). Por outro lado, o seu representante mais importante e frequente, a Escherichia coli, é unicamente de origem fecal. Outras bactérias de origem fecal, como por exemplo as do gênero Estreptococos, são utilizadas como auxiliares na interpretação da contaminação fecal da água.

A presença na água de consumo humano de um número significativo de alguns membros do grupo coliforme, indica que o tratamento foi inadequado ou a existência de acesso de material indesejável no sistema de distribuição.

Segundo o OMS, a água tratada a ser introduzida no sistema de distribuição, deve ser isenta de qualquer organismo coliforme, apesar do grau de poluição do manancial. Caso entre na rêde de distribuição, água sem desinfecção , esta pode ser considerada satisfatória se for encontrada E. coli em uma amostra

de 100 ml e na ausência, até 3 coliformes em algumas amostras de 100 ml. Na rê de de distribuição é recomendado o seguinte (Battalha & Parlatore, 1977):

- durante o ano, 95% das amostras não devem conter coliformes/100 ml
- nenhuma amostra deve conter E. coli/100 ml
- nenhuma amostra deve conter mais de 10 coliformes em 100 ml de duas amostras consecutivas
- em águas de poços, mesmo profundos, o número de coliformes deve ser menor que 10/100 ml.

Foram efetuadas determinações de coliformes totais e fecais. Nas duas últimas amostragens foram também determinados os estreptococos fecais para auxiliar a avaliação.

Apenas os pontos 3 e 7 apresentaram águas de boa qualidade para consumo, sob o ponto de vista bacteriológico.

7.15 Avaliação da Eficiência do Tratamento da Água

Os sistemas de abastecimento e tratamento de água utilizados em Belém já foram descritos em seções anteriores.

Foram efetuadas análises de amostras d'água dos mananciais - adutora do Guamá, lago Água Prêta e lago Bolonha - no período de agôsto de 1980 a setembro de 1982. Os resultados estão apresentados nas tabelas 5,6 e 7.

De acordo com os padrões estabelecidos pela OMS para mananciais utilizados para abastecimento público, observa-se alguns valores elevados.

Das amostras coletadas na adutora do Guamá é interessante observar - se que:

- os valores numéricos obtidos para côr apresentam-se sempre superiores as 75 mg Pt/l recomendadas
- os valores de ferro total estão compreendidos na faixa de 1 a 2 mg por litro mostrando uma descontinuidade em agôsto de 1981, com 4,5 ppm, acima portanto do recomendado
- da mesma forma apresentam-se os resultados de OC, sempre superio - res as 2,5 mg/l recomendadas
- quanto ao teor de cloretos, apenas a amostra de outubro de 1981 mostrou um valor algo elevado - 180 ppm.

Já no lago Água Prêta pode-se observar algumas modificações:

- os índices de côr estão dentro dos padrões estabelecidos
- os teores de ferro mostram-se bem menores, variando na faixa de 0,2 a 0,8 mg/l
- os valores de OC também são menores, apresentando uma média de 4,2

TABELA 5 - Análises de Amostras Coletadas na "ADUTORA DO GUAMÁ"

PARAMETROS \ MESES	1980 AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	1981 JAN	FEV	MAR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	1982 FEV	MAR	ABR	MAI	MÉDIA AGO	SET	TOTAL
PH	5.7	5.8	5.8	5.8	5.75	5.6	5.6	5.8	5.8	5.8	5.7	5.7	5.8	5.8	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7	5.6
COR (MG/LPT)	140	180	160	210	160	170	140	120	140	140	120	100	80	200	180	100	120	75	90	100	110
TURBIDEZ ($MG/LSIO_2$)	85	100	120	90	45	105	57	50	18	50	80	60	100	150	49	41	40	35	38	69	79
HIDROGÊNIO AMONIACAL	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02	0.05	0.25	0.05	0.05	0	0.05	0.05	0.05	0.08	0.05	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05
NITRATOS (MG/L N)	0.03	0.04	0.2	0.04	0.06	0.02	0.06	0.06	0.06	0.02	0.02	0.02	0.01	0.4	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.04
NITRITOS (MG/L N)	0.006	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.04
CLORETOS (MG/L/CL)	11	10	40	70	85	15	8	7.5	6	8	13	20	60	180	5	6	5	7	8	9	45
DUREZA TOTAL ($CACO_3$)	4	10	11	18	20	9	8	5	6	7	6	7	17	60	10	6	8	6	4	4	25
ALCALINIDADE A FENOL FTALEINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00
ALCALINIDADE AO METIL ORNAGE	4	4.5	3	5	7	5.5	4	6	4	4	5	5	7	10	6	9	4	6	6	6	6
FERRO TOTAL (MG/LFE)	1	1.4	1	1.3	1	1	1	1.5	1	1.3	2.5	4.3	1.7	1.0	1.5	1	1	1.5	1.4	1.2	1.3
MATERIA ORGÂNICA (C_2 CONSUMIDO)	5.2	7.1	5	4.1	4.5	6	7.5	6.2	6.8	7.5	6	5	3.9	5.6	8.1	6.9	6.5	6.3	5.2	5.4	7.0
INDICE COLIMÉTRICO	15000	13100	14000	11000	11000	13000	14100	9100	16000	16000	10000	6500	12400	4500	8000	14000	8000	9000	11000	12000	1000

OBSERVAÇÃO:

1- ODOR À FRIO - NENHUM
ODOR À QUENTE - NENHUM
ASPECTO - TURVO - ESCURO

FONTE: CENSA

TABELA 6 - Análises de Amostras Coletadas no "LAGO ÁGUA PRETA"

MESES / PARÂMETROS	1980					1981									1982						MÉDIA GLOBAL
	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	FEV	MAR	ABR	MAI	AGO	SET	
P H	6.0	5.8	5.9	6.0	6.0	6.0	6.6	6.2	6.2	6.0	5.9	6.2	5.8	5.0	5.9	6.4	6.5	6.4	6.1	6.6	6.0
COR	40.0	45.0	40.0	50	50	45	45	60	50	35	35	40	35	20	35	20	30	60	40	45	40.0
TURBIDEZ	4.8	6.4	4.8	6.8	5.2	4.3	6.4	6.2	5.2	3.6	3.4	4	5.2	2.7	3.8	3.2	3.9	3.4	4.8	4.6	3.5
NITROGÊNIO AMONIACAL	0.05	0.0	0.05	0.05	0.02	0.01	0	0.05	0	0.01	0.02	0.05	0.02	0.05	0.05	0.02	0.01	0.02	0.05	0.06	0.02
NITRATOS	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	00	0.01
NITRITOS	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.004	0.001	0	0.001	0.003	0.001	0.001	0.01	0.008	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001
CLORETOS	9.0	12.0	19.0	55	70	50	32	23	11	10	0.5	20	30	60	72	36	25	20	13	11	20.0
DUREZA TOTAL	5.0	6.0	8	17	25	19	16	9	10	9	8	8	9	22	26	14	12	10	6	8	10.0
ALCALINIDA À FENOL FTALEINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
ALCALINIDA DE AO METIL ORANGE	7.0	6.0	6	6	6	6	8	7	10	7.5	8	8.2	7	10	10	12	10	11	6	8	8.0
FERRO TOTAL	0.55	0.5	0.7	0.75	0.8	0.5	0.7	0.9	0.6	0.7	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5
MATÉRIA ORGÂNICA	6.2	4.6	3.3	4.1	3.8	4.5	4.8	6.3	6.6	6	4.2	4.5	4.1	3.7	3.1	4.5	4.5	4.1	3.5	5.2	4.2
ÍNDICE COLIMÉTRICO	200	350	750	1000	1600	800	1600	1300	1600	1600	175	93	425	248	340	360	570	165	243	1300	700

OSERVAÇÃO:

ODOR À FRIO - NENHUM

ODOR A QUENTE - NENHUM

ASPECTO - AMARELO

FONTE: CENSA

TABELA 7 - Análises de Amostras Coletadas no "AÇUDE BOLONHA"

MESES / PARÂMETROS	1980 AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	1981 JAN	FEV	MAR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	1982 FEV	MAR	ABR	MAI	AGO	SET	MÉDIA GLOBAL
PH	7.3	7.2	7.6	7.6	7.5	6.6	6.8	7.3	5.8	6.9	7.0	7.3	7.0	7.4	6.2	6.3	6.3	6.7	6.7	7.8	7.0
COR	80.0	55.0	70.0	160	150	60	60	40	120	90	75	70	70	60	70	55	50	42	45	60	60
TURBIDEZ	6.8	4.8	7.2	50	35	6.2	5.0	30	9	7.2	16	8.4	8.0	8.8	7.8	4.5	5	5.5	5.2	9.5	12
NITROGÊNICO AMONIACAL	0.05	0.01	0.05	0.05	0.02	0.01	0.06	0.05	105	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02	0.15	0.06	0.06	0.02	0.05	0.05	0.05
NITRATOS	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	102	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
NITRITOS	0.0006	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
CLORETOS	14.0	12.0	14.0	16.5	20	26	18	16	12	13.5	13.5	15	25	50	24	17	17	17	15	15	20
DUREZA TOTAL	10.0	10.0	10	13	16	14	14	11	12	11	12	11	11	12	22	14	12	12.5	10	12	11
ALCALINIDADE À FENOL FITALEINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
ALCALINIDADE DO METIL ORANGE	15.0	15.0	16	16	16	14	20	15	18	17	16	18	15	16	22	20	20	15.5	20	22	20
FERRO TOTAL	0.7	0.55	0.7	0.8	0.6	0.6	1.0	0.575	0.4	0.65	0.5	0.5	0.8	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.3	0.4	0.5
MATÉRIA ORGÂNICA	7.85	8.0	7.7	14.5	9.5	7.2	4.5	9.2	9.9	10	7.5	7.6	8.5	8.1	5.7	7.9	6	7.2	7.2	6.9	7.0
ÍNDICE COLIMÉTRICO	295	210	850	240	390	210	540	500	1600	1600	1100	665	710	363	1120	864	970	703	475	1250	500

OBSERVAÇÃO:

1 - ODOR À FRIO - NENHUM
ODOR À QUENTE - NENHUM
ASPECTO - AMARELO

FONTE: CENSA

enquanto que a média anterior era de 7 mg/l.

Observa-se que no lago Bolonha os índices voltam a ser amis elevados, tanto para côr como para oxigênio consumido, o que talvez seja devido a ativa decomposição de sedimentos orgânicos formados, seja por matéria vegetal afogada , seja pela decomposição natural das massas de vegetação aquática que proliferam no lago. Em relação à côr as razões são as mesmas e ainda devido a menor capacidade de diluição em relação à formação de compostos coloridos.

Quantos aos índices colimétricos obtidos, pode-se concluir que (Batalha & Parlatore, 1977) :

- as amostras da adutora do Guamá, de acordo com os padrões da SEMA, estão enquadradas na classe 3, águas cuja densidade de coliformes totais deve ser menor que 20.000/100 ml
- as amostras do lago Água Preta estão na classe 2, com um limite de 1.000 coliformes/100 ml em pelo menos 80% das amostras.
- as amostras do lago Bolonha também estão classificadas no grupo 2.

Como os lagos encontram-se na classe 2, de acordo com a SEMA e como a captação para as estações de tratamento é feita a partir dos lagos, a recomendação para tratamento é a convencional, ou seja, coagulação, sedimentação , filtração e desinfecção, que é o utilizado em Belém.

Foram colhidas amostras à saída das estações de tratamento, ETA São Braz e ETA 5º Setor, em dezembro de 1984, com o objetivo de se traçar mais um paralelo de comparação. Das análises efetuadas obteve-se os seguintes valores médios:

- pH	- 5,8
- côr	- 5 mg Pt/l
- turbidez	- 1 UNT
- condutividade	- 116 micromhos/cm - 26ºC
- alcalinidade	- 22 mg/l em $CaCO_3$
- dureza	- zero
- cálcio	- 4,8 mg/l em Ca^{2+}
- O_2 dissolvido	- 2,4 mg/l em O_2
- O_2 consumido	- 2,0 mg/l em O_2
- cloretos	- 29,5 mg/l em Cl^-
- ferro	- 1,56 mg/l em ferro total
- nitrogênio amoniacal	- zero
- coliformes totais e fecais	- zero

Através dos resultados apresentados, pode-se notar que talvez fosse conveniente que o teor de oxigênio dissolvido estivesse um pouco mais elevado, garantindo melhor nível de aeração das águas. Fator preocupante é o teor de ferro que mostrou-se bastante elevado, já que o teor recomendado é de 0,3 mg/l, sendo que a OMS limita como máximo permissível, a concentração de 1 mg/l.

O ferro é objetável nos sistemas públicos de abastecimento d'água, devido ao sabor que provoca e à sua propriedade de provocar manchas e acumular depósitos nos sistemas de distribuição. A necessidade da fixação de padrões para o ferro deve-se mais a razões estéticas. É interessante salientar que águas ferruginosas permitem o desenvolvimento das ferro-bactérias, que encontram-se principalmente na rêde de distribuição, nos reservatório de distribuição e em algumas ocasiões nos filtros ou poços profundos (Battalha & Parlatore, 1977).

7.16 Características dos Sistemas Auxiliares de Abastecimento - Águas Subterrâneas

Como já ficou caracterizado anteriormente, o bairro da Sacramenta, objeto deste estudo, é abastecido pelo 5º Setor da COSANPA, que trabalha em sistema misto: água superficial e água subterrânea. O poço existente no 5º Setor tem 270 m de profundidade e contribui diretamente para a rêde de abastecimento, sem qualquer tratamento, com uma vazão de 220 m^3/ h, o que corresponde a 9% da vazão de saída da ETA.

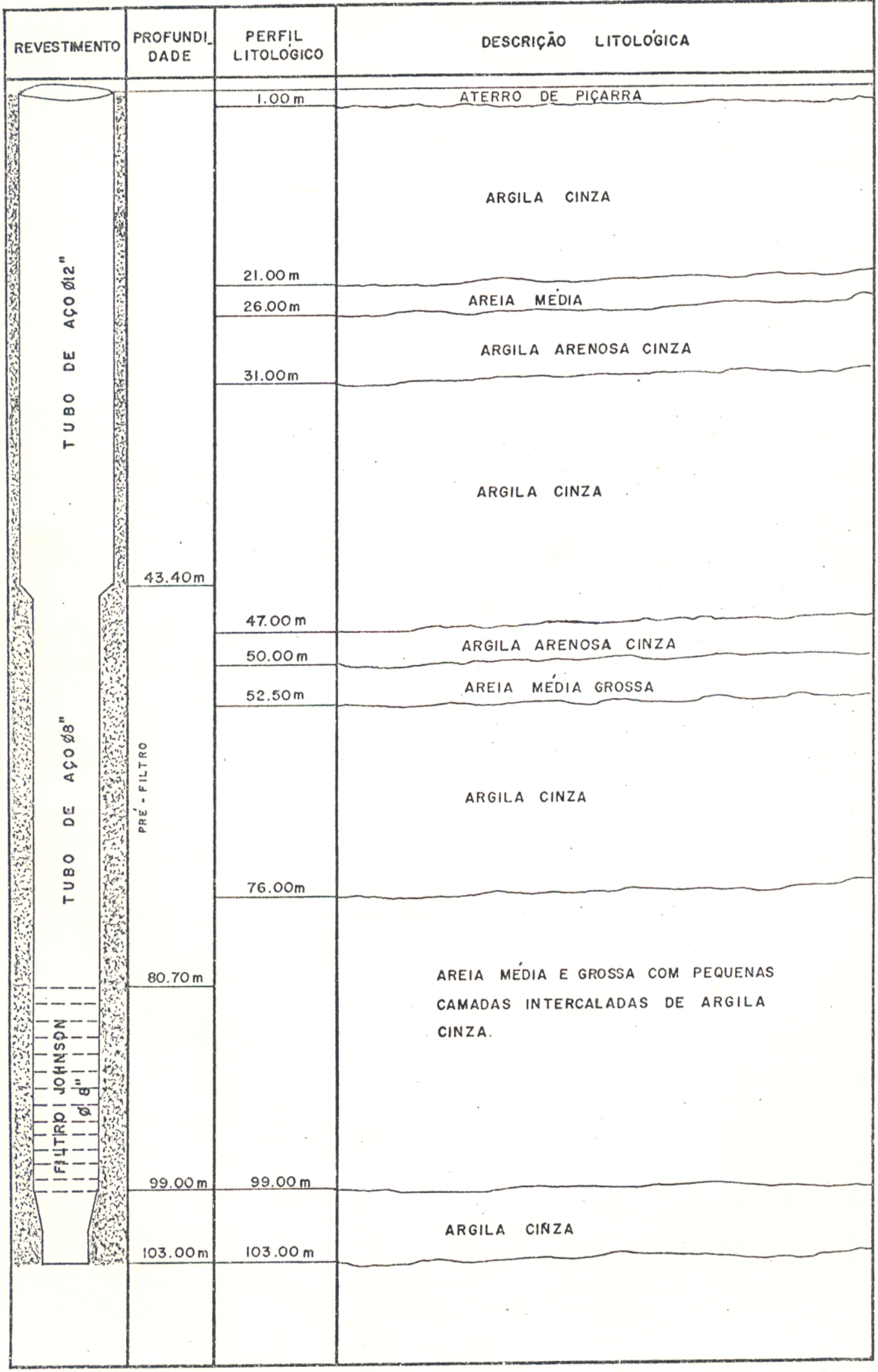
A análise físico-química nº 2235/84 da COSANPA, revelou os seguintes valores para o poço do 5º Setor:

- ph - 8
- côr - 15
- turbidez - 6,5
- dureza - 168,0
- ferro - menor que 0,2

Na bacia do Una, na qual o bairro da Sacramenta está incluído, existe ainda outro poço profundo auxiliando o abastecimento realizado pela COSANPA. A análise físico-química nº 3559/84 da COSANPA, mostrou os seguintes teores para este poço do Una:

- pH - 7,3
- côr - menor que 5
- turbidez - 0,7
- alcalinidade - 124,0
- dureza - 130,0
- cálcio - 44,0
- magnésio - 5,0
- ferro total - menor que 0,2

FIG. 24 - POÇO UNA - BELÉM



FONTE : COSANPA

- cloretos - 32,0
- O_2 consumido - 0,5
- nitrogênio amoniacal - 0,05
- nitrito - 0,001
- nitrato - 0,02

Como pode se observar, os valores da dureza encontram-se um pouco altos e no caso do poço do 5º Setor, os índices de côr e turbidez também apresentam-se mais elevados que o desejado.

Infelizmente não foi possível obter algum resultado de análise bacteriológica dos poços do 5º Setor e do Una.

As características do poço do Una, assim como o perfil litológico , estão apresentadas na figura 24.

7.17 Classificação da Águas por Computação

Os dados analíticos obtidos já foram interpretados de modo a mostrar a qualidade da água consumida no bairro da Sacramenta. Entretanto, uma outra interpretação será feita, desta vez com o auxílio de um programa de computação para classificação das águas utilizadas para consumo humano.

De posse da classificação efetuada pelo computador, serão feitos mapas de qualidade da água da área em estudo.

O modo de classificação das águas que será utilizado pelo computador, está no quadro 5 e é baseado em normas e critérios da OMS, que classifica as águas para consumo, em quatro grupos fundamentais:

- Grupo A - elementos que afetam a potabilidade, ou seja, que não trazem perigo imediato para a saúde do consumidor se forem consumidos em quantidades superiores aos valores indicados, porém deve ser evitado o consumo a longo prazo.
- Grupo B - substâncias tóxicas, metais traços que podem trazer consequências imediatas para o consumidor se forem consumidos em concentrações superiores às permitidas
- Grupo C - indicadores de poluição; não apresentam necessariamente um perigo imediato para o consumidor se forem ingeridos em concentrações superiores aos limites indicados, porem indicam possíveis fontes de poluição que podem trazer consequências perigosas para o usuário. Neste grupo estão incluídas as bactérias e uma eventual fonte radioativa.

QUADRO 5 - Padrões de Potabilidade e modo de classificação da água para o consumo humano

CATEGORIA / ELEMENTO	I ACEITAVEL SEM RESTRIÇÃO		II TOLERÁVEL		III TOLERÂNCIA A RESTRITA		IV IMPRÓPRIO PARA O CONSUMO HUMANO	
Odor	sem		ligeiro		razoável		forte	
sabor	sem		ligeiro		razoável		forte	
Res.seco. tot.	I	500	II	1500	III →			
Cor	I	5	II	50	III →			
Turbidez	I	5	II	25	III →			
Ferro-total	I	0,3	II	1,0	III →			
Manganês	I	0,1	II	0,5	III →			
Cobre	I	1,0	II	1,5	III →			
Zinco	I	5,0	II	15	III →			
Cálcio	I	75	II	200	III →			
Magnésio	I	50	II	150	III →			
Sulfato	I	200	II	400	III →			
Cloreto	I	200	II	600	III →			
pH	7<pH<8,5		5,5<pH<7 e 8,5<pH<9		pH<5,5 e pH>9,2			
Chumbo	I	0	II	0,05	III	0,1	IV	
Arsenio	I	0	II	0,05	III	0,2	IV	
Cromo-6	I	0	←	II	→	0,05	IV	
Slenio	I	0	II	0,01	III	0,05	IV	
Granito	I	0	II	0,01	III	0,02	IV	
Cadmio	I	0	←	II	→	0,01	IV	
Bário	I	0	←	II	→	1,0	IV	
Prata	I	0	←	II	→	0,04	IV	
DQO			←	II	10	III →		
DBQ			←	II	6	III →		
Nitrogênio Total, ex. NO_2			←	II	1,0	III →		
NH_3			←	II	0,5	III →		
CCE	I	0,2		II	0,5	III →		
Óleos & Crxs			←	II	1,0	III →		
Fenois	I	0,001		II	0,002	III →		
ABS	I	0,5		II	1,0	III →		
Bactérias (em N colônias/100 ml)	I	ON		II	2N	III →	4N	IV
Fluores	I	0,5		II	1,5	III		
Nitratos			←	II	2N	III →		
Radioatividade (em $\mu C_1/1$)	I	0			III		10^{-4}	IV

- Grupo D - elementos específicos que podem afetar a saúde, sem apresentarem uma toxidez direta.

O programa de computação é composto de duas etapas principais: reconhecimento físico-químico da água e classificação da água para consumo humano (Fenzl, et alii, 1980).

A primeira etapa, reconhecimento físico-químico, consiste em um certo número de cálculos que fornecem informações sobre o estado químico da amostra. Os dados analíticos fornecidos em mg/l, terão suas concentrações transformadas para meq/l e m mol/l. A seguir serão calculadas: fôrça iônica, atividades iônicas, êrro analítico, solubilidade em sulfatos e carbonatos, agressividade da água, índices de troca iônica e diversas razões características. Além desses cálculos, a água é classificada quimicamente segundo Schoeller (1962).

Somente na segunda etapa é que ocorre a classificação da água para consumo humano, através da aplicação de normas e critérios da OMS, que classifica as águas para consumo em quatro grupos fundamentais, referidos anteriormente. Desta comparação resultou a possibilidade de classificação da água em quatro grupos a saber (Quadro 5):

- Grupo I - aceitável sem restrição
- Grupo II- tolerável
- Grupo III-tolerância restrita, tratamento aconselhável para os seguintes elementos (segue à enumeração destes elementos).
- Grupo IV- imprópria para consumo humano, tratamento necessário para os seguintes elementos (segue à enumeração dos elementos).

O processamento dos dados analíticos mostrou que 65% das amostras ficou enquadrada no grupo IV, ou seja, imprópria para consumo humano; 25% apresentou-se no grupo III, tolerável e os 10% restantes, com tolerância restrita, grupo III. Vale ressaltar que a grande percentagem classificada como imprópria para consumo, deve-se ao fato da má qualidade bacteriológica (Quadro 6) (Figuras 25, 26, 27, 28).

7.18 Considerações Finais

Os resultados encontrados para determinar o padrão de qualidade das águas devem ser vistos como representativos de uma determinada época. O rio Guamá, principal manancial da cidade de Belém, apresenta naturais mudanças de qualidade, pois como toda corrente, deve ser encarado como algo vivo, em equilí - brio dinâmico com o ambiente. Assim por exemplo, em épocas de intensa pluviosidade, a qualidade tem influência direta da água metereológica e dos materiais da superfície que são lixiviados para o interior dos cursos d'água; quando a

QUADRO 06 - Qualidade das águas do bairro da Sacramenta - Belém, de acordo com o Programa da Computação

Meses / Pontos	MAIO/83	SET/83	NOV/83	FEV/84
1	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo IV tratamento p/bactérias
2	Grupo III.tratamento p/Fe	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo IV.tratamento p/bactérias
3	Grupo III.tratamento p/bactérias	Grupo II	Grupo II	Grupo IV.tratamento p/bactérias
4	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo II	Grupo IV.tratamento p/bactérias
5	Grupo IV.tratamento p/bactérias pH e Fe	Grupo IV.tratamento p/bactérias Ph e Fe	Grupo IV.tratamento p/bactérias Ph e Fe	Grupo III.tratamento p/Fe e pH
6	Grupo III.tratamento p/pH	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo II	Grupo IV. tratamento p/bactérias
7	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo II	Grupo II	Grupo II
8	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo II.tratamento p/bactérias	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo IV.tratamento p/bactérias
9	Grupo IV.tratamento p/Pb	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo II	Grupo II
10	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo IV.tratamento p/bactérias	Grupo II	Grupo IV.tratamento p/bactérias

OBS: GRUPO I - aceitável sem restrição
GRUPO II - tolerável
GRUPO III - tolerância restrita
GRUPO IV - imprópria para consumo humano.

FIG. 25 - MAPA DE QUALIDADE DA ÁGUA NO BAIRRO DA SACRAMENTA
BELÉM - (MAIO / 83)

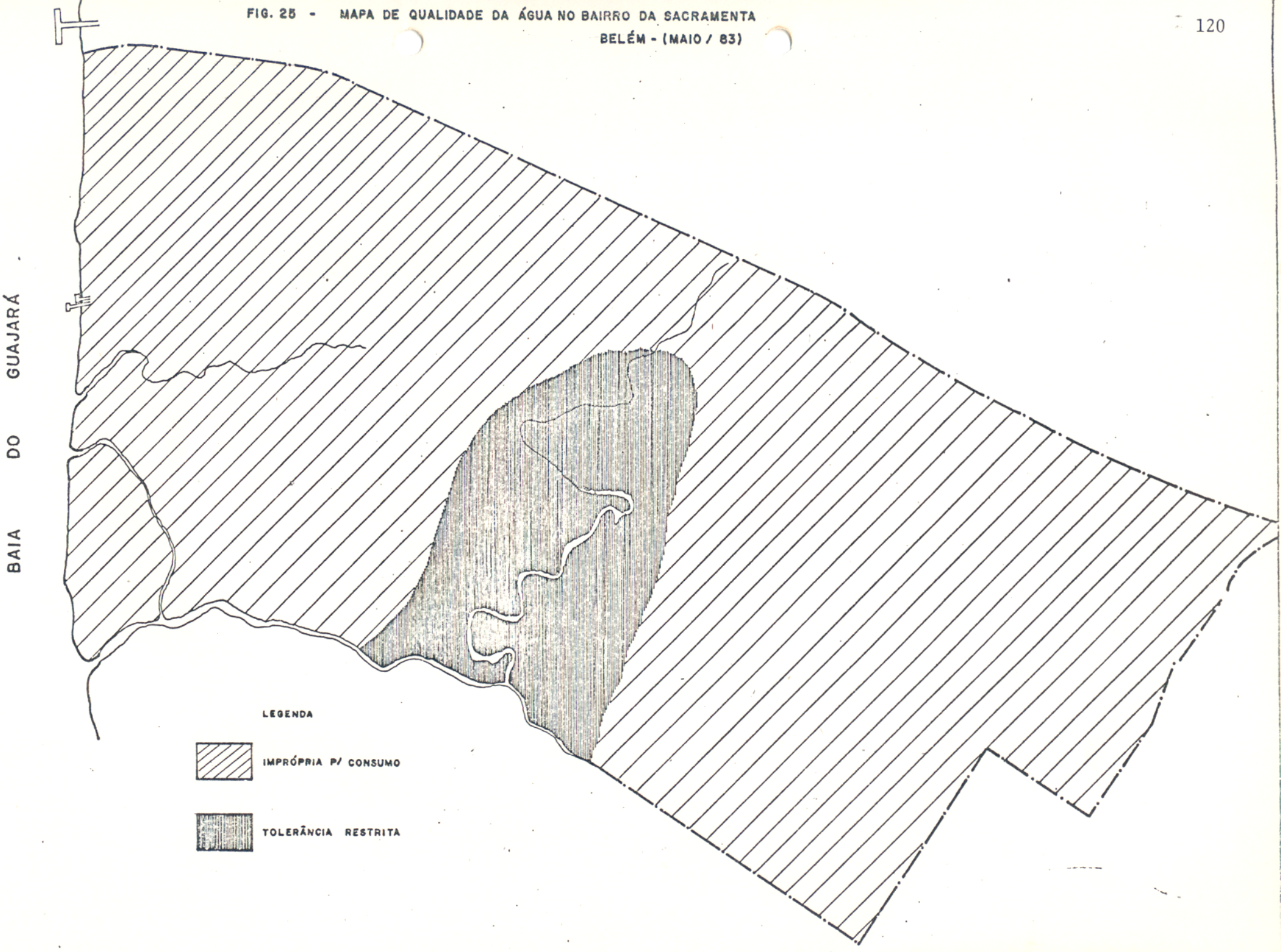


FIG. 26 - MAPA DE QUALIDADE DA ÁGUA NO BAIRRO DA SACRAMENTA
BELÉM - (SETEMBRO / 8

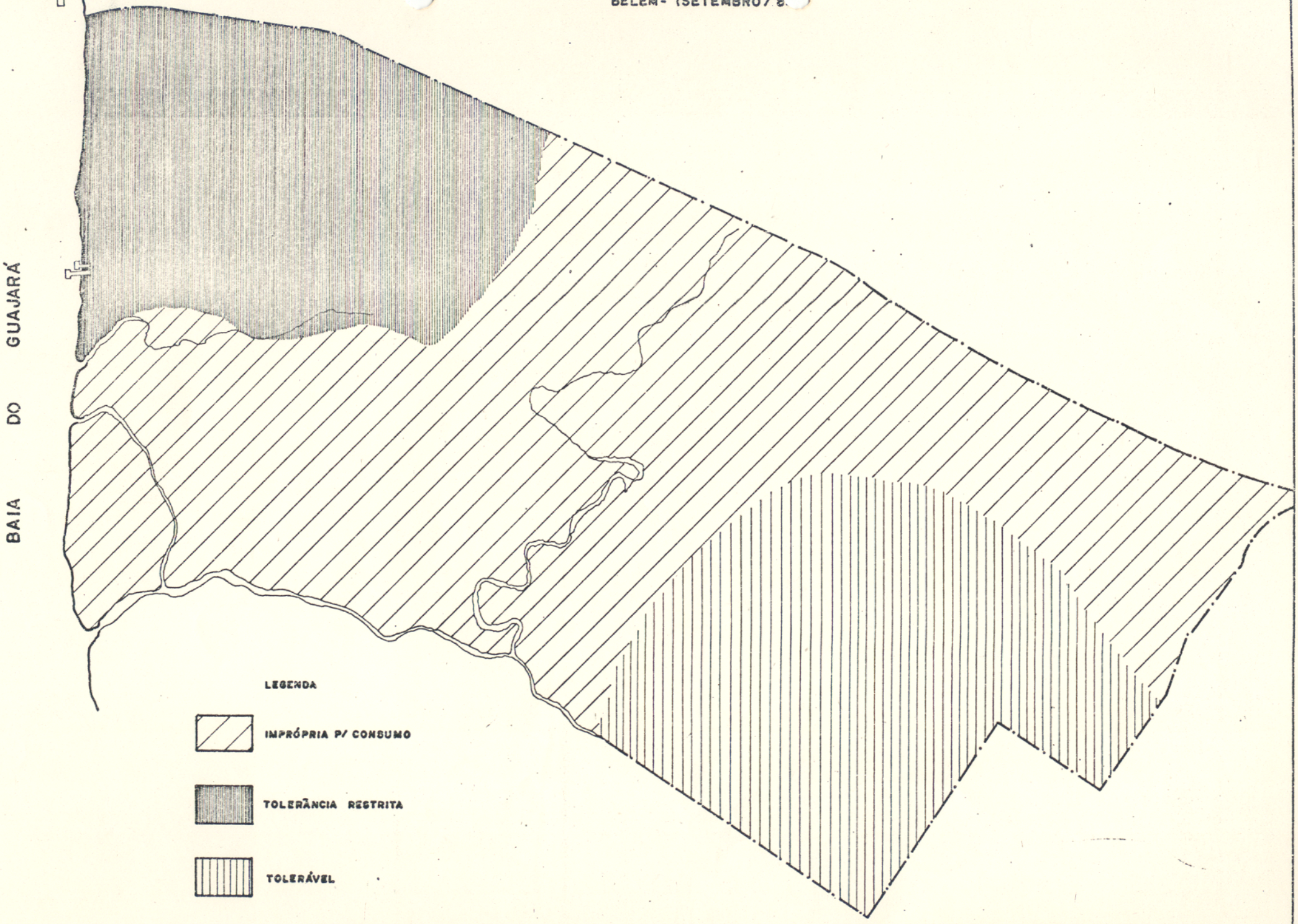


FIG. 27 - MAPA DE QUALIDADE DA ÁGUA NO BAIRRO DA SACRAMENTA
BELÉM- (NOVEMBRO/ 83)

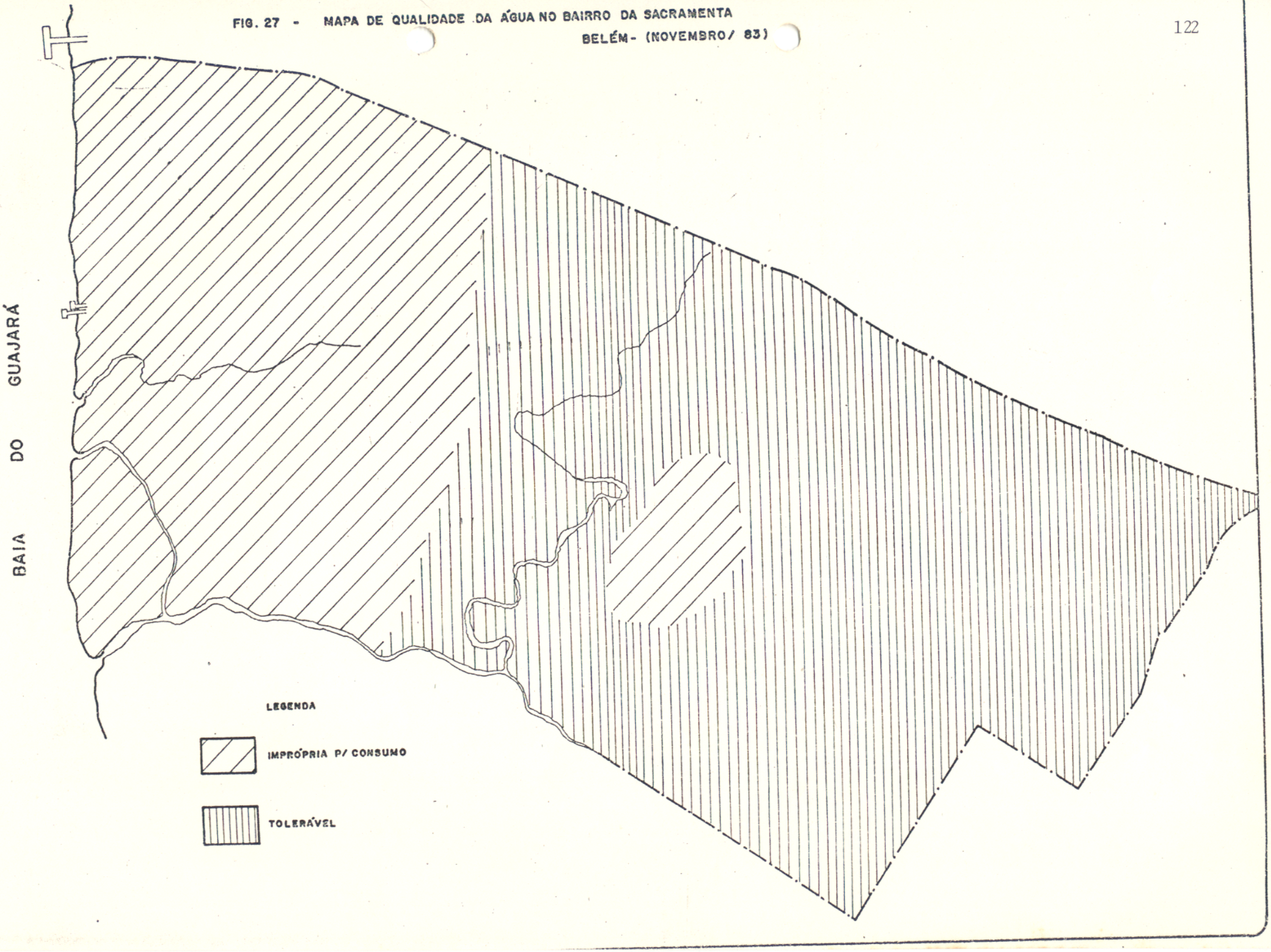
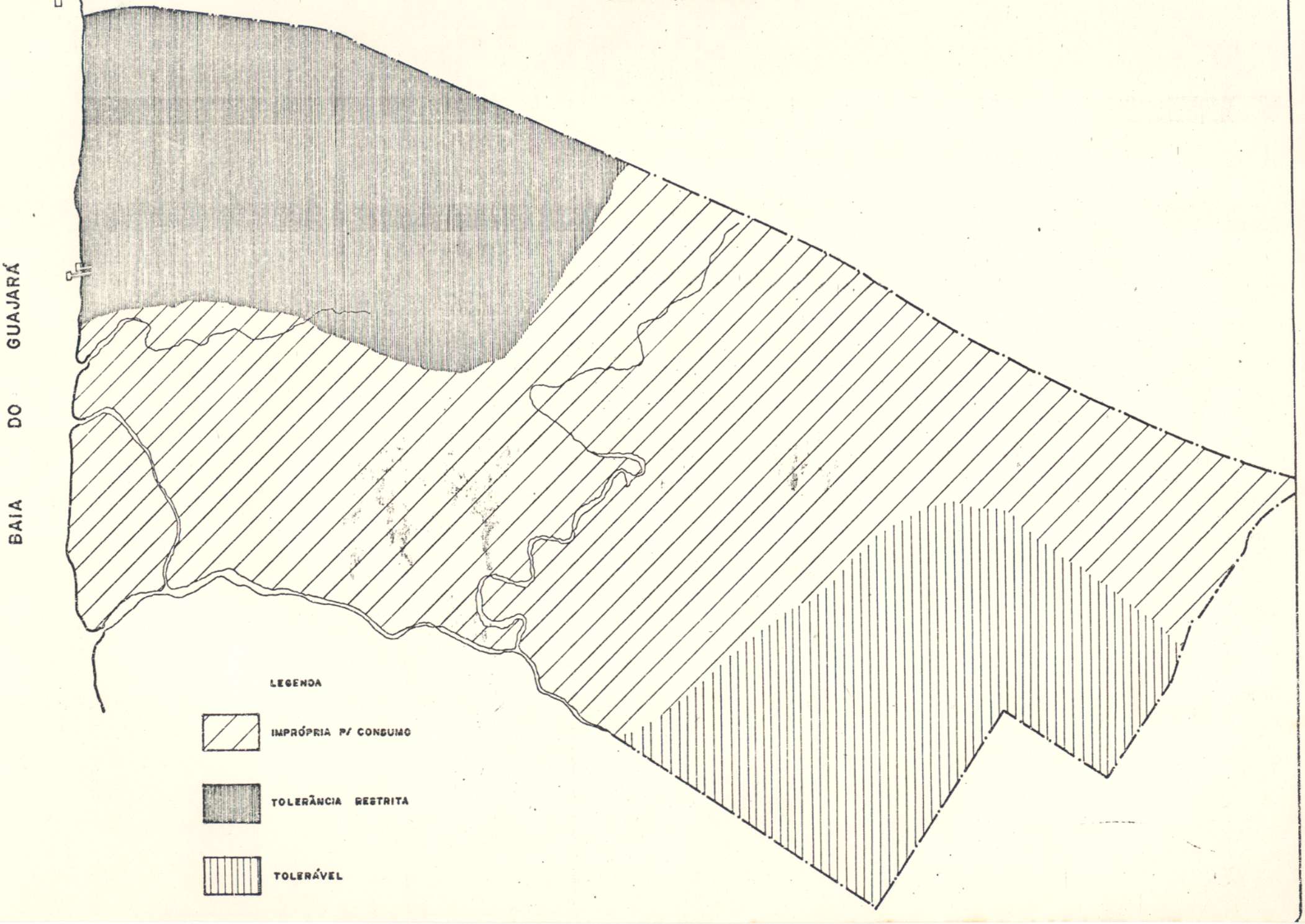


FIG. 28 - MAPA DE QUALIDADE DA ÁGUA NO BAIRRO DA SACRAMENTA
BELÉM - (FEVEREIRO/ 64.



pluvisidade cessa ou diminui, o fator preponderante será a água do solo.

Em relação às águas armazenadas, lagos, a qualidade também muda naturalmente, mesmo sem haver poluição causada pelo homem; pode-se dizer que há um ciclo de qualidade nos lagos. Em ambientes onde as condições de crescimento da população aquática são favoráveis e a vegetação não aquática é abundante, os lagos geralmente são produtivos e podem ter vida curta no sentido geológico. O maior volume de água contida nos lagos, em relação aos rios, minimiza o problema da poluição; entretanto enquanto que nos rios os poluentes acabam fluindo para o seu curso mais baixo, nos lagos os problemas de poluição ficam no mesmo lugar. " Um lago é na verdade uma armadilha que retém quase todos os materiais que a êle chegam" (Ottaway, 1982).

A região de Belém está situada nas vizinhanças do Equador e apresenta um clima característico de baixas latitudes. A atuação dos ventos alísios na região é responsável por haverem apenas dois períodos climáticos: o primeiro com abundantes chuvas e o segundo com pluviometria reduzida. O ambiente térmico é elevado, pois trata-se de região praticamente plana, com a maior parte da cidade situada a menos de 10 m de altitude. A umidade também sempre é elevada.

Os padrões climáticos tendem a produzir comunidades de plantas e tipos de solo característicos e a composição das águas pode ser considerada como um produto do equilíbrio ecológico. A influência do clima está relacionada não só com a quantidade e espécies dos íons envolvidos, mas também com o regime anual de flutuação de qualidade.

O aspecto morfológico da região de Belém foi bastante atingido pela ação de fenômenos erosivos. A zona de "baixadas" - cota inferior a 5 m - é constituída de sedimentos transportados pelas águas do rio Guamá e pelas águas pluviais das zonas mais lavadas, sendo esta última favorecida pela ação das marés.

A qualidade das águas de Belém depende da qualidade dos rios da bacia Amazônica que desaguam na baía do Marajó, das influências das águas do oceano Atlântico onde intervém os fenômenos das marés e das águas fluviais e canais de "rejeitos" da cidade de Belém(Maltez & Maltez, 1982). As águas da baía de Guajará sofrem periodicamente a influência das marés e em toda a sua margem são lançados efluentes da mais diversa natureza.

A poluição das zonas estuarinas vem aumentando principalmente devido à intensidade do tráfego marítimo e ao crescente lançamento de despejos domésticos e industriais. Devido ao regime de vazante no inverno, durante ou após o período de chuva na bacia hidrográfica, o fluxo das águas continentais tende a transportar os poluentes até mar aberto; no regime de enchente quando o fluxo de água continental é fraco, a penetração de água salgada tende a reter os contaminantes no interior do estuário.

No Brasil os principais problemas de poluição das águas são devido à matéria em suspensão, poluição fecal, poluição por óleos e algumas vezes por metais pesados (Tommasi, 1980). Na região de Belém os mais graves são os dois primeiros e potencialmente a poluição por óleos, por ser um pôrto com terminal petrolífero e uma área de manobras de navios petroleiros.

A matéria em suspensão é uma das formas mais agressivas de poluição aos estuários, pelo volume de obras de engenharia, abertura de estradas, desmatamento, erosão, etc... Ocorre aumento da turbidez, assoreamento, podendo levar a destruição da fauna e flora aquática. No caso de Belém, situada em área geográfica característica, onde ocorrem constantes deslocamentos de material sólido, oriundo de fluxos e refluxos do sistema rio-oceano e sofrendo influência do rio Amazonas, os problemas de assoreamento tem se agravado nos últimos anos.

A poluição fecal é grave e generalizada, especialmente pela inexistência de tratamento de esgôtos. É um risco à saúde humana, por se tornar um meio favorável à disseminação de doenças de origem hídrica.

Em relação à poluição fecal na baía de Guajará, através de fotografias aéreas foi constatado um "cone de rejeição" dos esgôtos de Belém, onde o volume de material concentrado estende-se quase de uma margem a outra (Maltez & Maltez, 1982). O material fecal fica na baía de Guajará, ao sabor das enchentes e vazantes, sem serem descarregadas para o oceano Atlântico, pois num período de seis horas não é possível levar as descargas até o oceano. O agravamento do problema se dá em virtude do lançamento dos esgôtos ser efetuado antes do canal navegável, como já referido anteriormente.

As águas de escoamento superficial dos rios da bacia do Guamá são oriundas das chuvas que caem sobre ela, havendo também contribuição de águas subterrâneas. A disponibilidade em água da bacia do Guamá durante o período de verão é rapidamente reduzida à vazão mínima; em período de estiagem recebe como única contribuição o limitado volume de água subterrânea (Maltez & Maltez , 1982).

As águas subterrâneas e as águas dos lagos Bolonha e Água Preta representam as águas que abastecem Belém. Na realidade, os lagos desempenham função de reservatório de transição das águas do rio Guamá, que banha a cidade pela sua porção sul. O desnível topográfico existente entre a linha da Alm. Barroso e BR-316 e o plano de água dos lagos Bolonha e Água Preta é muito grande, fazendo que para lá corram os rejeitos líquidos da faixa norte desses lagos (Maltez & Maltez, 1982).

Há uma tendência ao desenvolvimento da cidade de Belém se verificar em direção a área dos mananciais. Os lagos estão se constituindo em depósitos

de esgôtos e águas servidas de certos conjuntos habitacionais localizados às proximidades de um dos braços do lago Água Preta. Além disso, as margens vem sendo invadidas para abrigar construções de baixo nível sanitário, servindo também de depósito de lixo. Há ainda, o desmatamento e atividade erosiva; esses fatores contribuem para o assoreamento e para contaminação das águas por patogênicos.

De acordo com nota oficial da COSANPA em 27/04/83, o nível de coliformes no manancial era de 500/ml. O biólogo Samuel Branco diz que o nível não é alarmante, pois durante o tratamento da água, se este for bem conduzido, deve acontecer o seguinte índice de remoção (" O Liberal, 30/04/1983):

- na decantação deve haver remoção de 90% das bactérias
- a filtração deve remover 90% das bactérias remanescentes
- a cloração deve remover 100% das bactérias.

Diz ainda mais, que a garantia de eliminação de bactérias está na concentração do cloro residual. Esta afirmação condiz com os resultados e discussões já apresentados, em relação aos índices de coliformes detetados nas amostras analisadas.

Nas "baixadas" de Belém, a água aparece praticamente desde a superfície do solo e este nível d'água oscila de acordo com a época do ano. Nas "baixadas", durante o período de inverno, o nível d'água ultrapassa a superfície do solo, devido ao seu baixo nível topográfico e ainda devido a reduzida permeabilidade das camadas geológicas superficiais, o excesso de escoamento superficial fica retido, formando os alagados das baixadas de Belém. A água subterrânea não aparece em quantidade e em qualidade suficiente em qualquer local ou em qualquer profundidade; depende das condições geológicas locais. Os poços rasos podem chegar a secar durante o período de estiagem.

O sub-solo de Belém e das "baixadas em particular, é constituído por um pacote de rochas sedimentares formado essencialmente por areia e argila. Outros constituintes geológicos como calcáreo e grés-do-Pará, também podem ser encontrados. A fração de argila pode variar de 0 a 100%.

As águas subterrâneas estão em movimento constante no interior das rochas e portanto sua qualidade depende da natureza e características das mesmas. De um modo geral, as camadas aquíferas mais próximas do solo, até 15 metros de profundidade, apresentam baixa mineralização. Os aquíferos mais profundos mostram um aumento da mineralização com a profundidade. As águas subterrâneas da faixa que margeia a baía de Guajará, apresentam uma mineralização mais elevada, devido a certas influências de superfície, como as marés (Maltez & Maltez, 1982). Os aquíferos rasos das "baixadas" apresentam normalmente elevado número de colônias coliformes, devido a falta de saneamento dessas áreas.

QUADRO 07 - Casos de Doença Transmissíveis Registradas em Belém.

DOENÇAS	1977	1978	1979	1980	1981
HEPATITE	857	1160	1767	1134	1012
LEPTOSPIROSE	48	53	53	94	66
FEBRE TIFÓIDE	19	13	22	15	41
MALÁRIA	198	239	287	1414	1839
LEISHMANIOSE	-	2	6	1	-
ESQUISTOSSOMOSE	4	3	1	5	3

Fonte: Unidade de Informática - SESPA

QUADRO 08 - Casos de Doenças Transmissíveis Registradas no Municípios de Belém, segundo Faixa Etária e Sexo em 1982

DOENÇAS	0-4 anos		5-9 anos		10-14 anos		15-19 anos		Maiores de 20 anos	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
HEPATITE	67	50	80	80	49	29	32	24	185	105
LEPTOSPIROSE	0	0	1	0	1	1	3	0	42	10
FEBRE TIFÓIDE	2	0	5	3	3	3	0	1	7	4
AMEBÍASE	36	48	23	26	7	21	12	24	37	109
GIARDÍASE	128	115	68	45	23	35	7	12	24	65
OUTRAS DOENÇAS DIARRÉICAS	210	211	10	18	3	4	0	3	15	18

Fonte: Unidade de Informática - SESPA

QUADRO 09 - Incidência de Escherichia coli, Entamoeba hystolitica e Giárcia lamblia, na Sacramenta

	Nº de Pessoal Atendidas	Incidência de: Escherichia coli, Entamoeba hystolítica e Giárdia lamblia				
		1 a 5anos	6 a10anos	11a15 anos	15a20 anos	Maiores de 30 anos
Maio/82	331	E.c. = 8 E.h = 4 G.l. =14	E.c. = 5 E.h. = 6 G.l. = 3	E.c. = 2 E.h. = 2 G.l. = 2	E.c. = 2 E.h. = 2 G.l. = 4	E.c. = 7 E.h. = 6 G.l. = 4
Agosto/82	333	E.c. = 7 E.h. = 7 G.l. = 20	E.c. = 0 E.h. = 0 G.l. = 3	E.c. = 3 E.c. = 2 G.l. = 3	E.c. = 0 E.h. = 1 G.l. = 0	E.c. = 9 E.h. =11 G.l. = 6

Fonte: Posto de Saúde do Bairro da Sacramenta

Quando se fala das "baixadas de Belém, não de pode esquecer o problema da falta de saneamento. Este aspecto já foi exaustivamente discutido em seções anteriores, mas tem-se que ressaltar que a ausência de esgôtos e mesmo de fossas, a ausência de coleta de lixo, o fato das "baixadas" funcionarem como receptoras de dejetos das áreas mais elevadas da cidade, o fato de serem áreas naturalmente alagáveis e de serem densamente habitadas por população de baixo poder econômico e muitas vezes com baixo nível sanitário, faz da área de "baixadas" e em especial da Sacramenta, uma área problema.

Por ocasião da realização das campanhas de amostragem, foi verificado que os moradores da área da Sacramenta queixavam-se uniformemente de sintomas como febre, diarréia e problemas de pele, com maior incidência nas crian - ças.

Os quadros 7 e 8 mostram índices de algumas doenças registradas em Belém e o quadro número 9 mostra a incidência de organismos como Giardia lam - blia, Escherichia coli e Entamoeba hystolitica na população do bairro da Sacramenta.

Um aspecto interessante a ser destacado nestas considerações, é o problema da salinidade das águas de abastecimento ocorrido de forma intensa durante o verão de 1983 e que gerou inúmeras polêmicas.

Existem dois fenômenos atuando na parte do estuário amazônico que influenciam a região de Belém. São êles: a salinização periódica por evaporação, que ocorre em praticamente todos os rios do sistema fluvial amazônico, durante as épocas não chuvosas - nesse caso o problema é de natureza hidroquímica; o outro tipo de salinização é devido ao avanço do mar nos sistemas fluviais, em consequência da diminuição global da vazão dos rios - nesse caso o problema é basicamente dinâmico (Fenzl, Oliveira & Villas, 1984).

O fluxo total das águas que atingem a abertura oriental do estuário do Marajó, é o que sustenta a entrada das águas do oceano Atlântico, evitando a sua penetração através dos rios da região. A inclusão das águas do Amazonas no sistema hidrológico da baía do Marajó, a provável ausência das águas do Tocantins, devido a barragem de Tucuruí e o enfraquecimento da barreira de proteção da invasão do mar, torna a previsão salina bastante complexa (Maltez & Maltez, 1984).

Durante a época de estiagem referida acima, setembro e novembro de 1983, o teor de cloretos no rio Guamá chegou a alcançar 700 ppm. Este aumento na mineralização das águas do rio Guamá mostrou seus reflexos na água tratada consumida pela população, conforme revelaram os resultados obtidos para cloretos e as determinações de condutividade. De acordo com o boletim informativo diário da Eletronorte, para acompanhamento do enchimento da UHE de Tucuruí, os

valores médios de cloretos obtidos na captação do Guamá, foram os seguintes:

- no período de 12/09 a 24/09/84 : 8,1 a 8,9 ppm
- no período de 26/09 a 22/10/84 : 13,1 a 28,0 ppm

De acordo com nota publicada em 18/12/84 no jornal "O Liberal", os teores no início de dezembro eram da ordem de 184 ppm, atingindo 196 ppm no dia 09/12/84. Assim pode-se notar que mesmo sem período de estiagem intenso, houve um aumento progressivo nos teores de cloreto, alcançando valores bastante elevados, o que faz supor futuros problemas.

Sendo Belém uma cidade banhada por águas de rio e que sofre influências algo mais pronunciadas do oceano durante certo período do ano e ainda mais, considerando os resultados obtidos e a situação já discutida, do teor de cloretos, torna-se interessante destacar as variações sazonais que envolvem salinidade, calculada através da fórmula de Knudsen (Dickson, 1980),

$$S\ \% = 0,03 + 1,805\ (Cl^-)$$

sendo a concentração de cloretos expressa em g/litro.

Deste modo, obteve-se para as amostras de água tratada, os seguintes índices médios de salinidade: 0,023% (maio); 0,039% (setembro); 0,429% (novembro), valores correspondentes a 1983 e 0,135% em fevereiro de 1984. Para os poços, os resultados foram: 0,028% (maio/83); 0,047% (setembro/83); 0,432% (novembro/83) e 0,182% (fevereiro/84). (Figura 29).

No rio Guamá, principal manancial de abastecimento de Belém, durante o mês de novembro/83, o teor de cloretos permitiu que se alcançasse um índice de salinidade da ordem de 1,264%.

Uma comparação com valores de salinidade detetados em Ubatuba (baía) e Cananéia (estuário), que são da ordem de 33 a 35% e 10 a 35% respectivamente (Tundise et alii, 1978), mostram que os valores encontrados em Belém estão bem distantes dos teores de salinidade acima citados, mesmo na situação algo extrema da estiagem observada nos últimos meses de 1983. Entretanto, torna -se necessário salientar que o sabor apresentado pela água, em Belém, no período referido, foi considerado inadequado pela maioria das pessoas que sonsumiram tais águas, segundo informações e observações pessoais, o que demandou em maior consumo de "águas minerais comerciais".

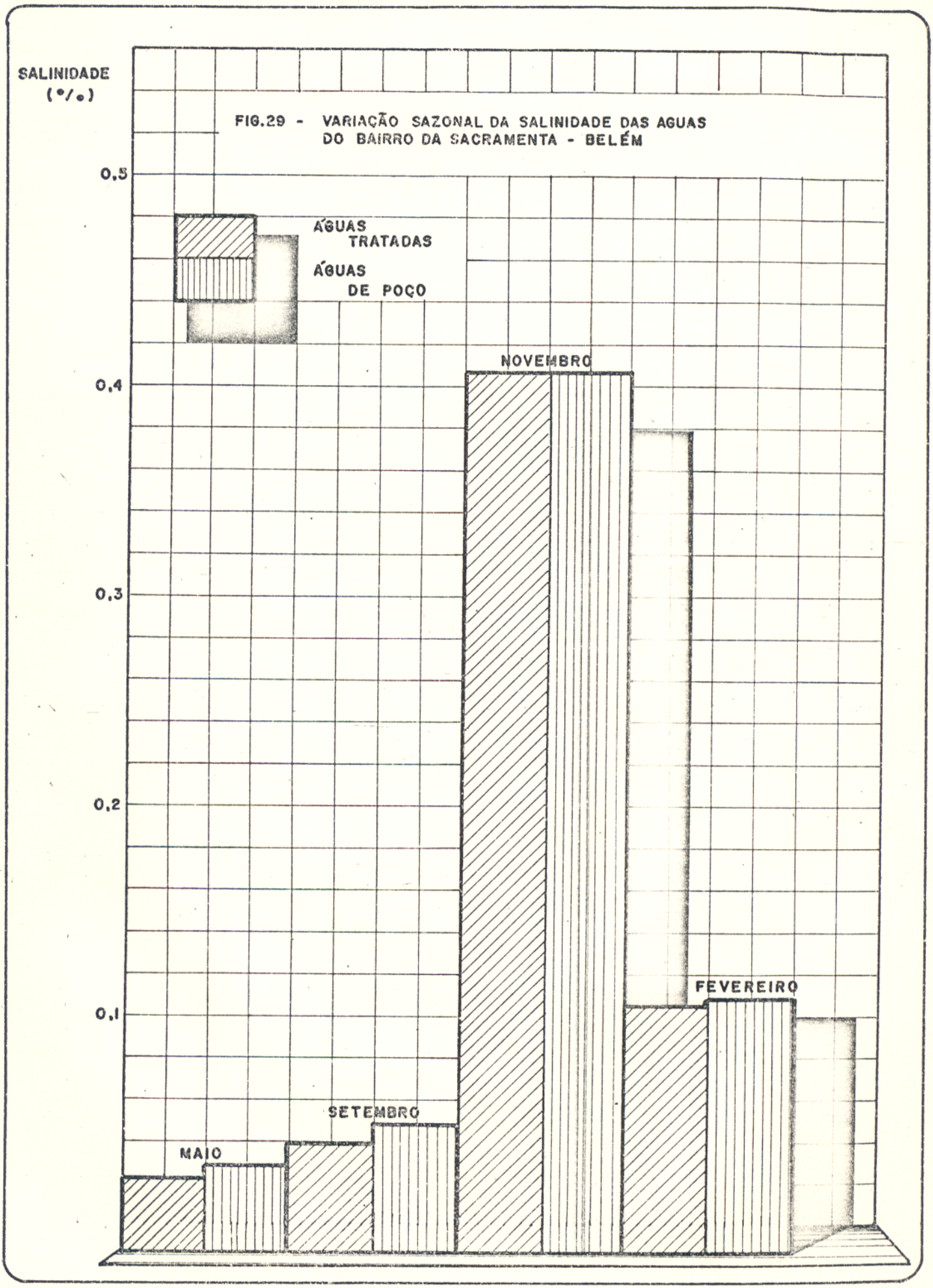


FIG.29 - VARIAÇÃO SAZONAL DA SALINIDADE DAS AGUAS DO BAIRRO DA SACRAMENTA - BELÉM

8 CONCLUSÕES

8.1 Mananciais

Os índices observados pa côr, ferro total, oxigênio consumido e o número de coliformes podem ser geradores de problemas tanto de ordem estética como sanitária.

Entretanto, tem-se que considerar a capacidade auto-depuradora dos lagos, especialmente do lago Água Preta, já que no Bolonha existem alguns problemas relacionados à ativa decomposição orgânica. A capacidade de auto-depuração está relacionada ao tempo de detenção e com a implantação do projeto de ampliação do sistema de abastecimento d'água, haverá aumento de vazão aduzida do Guamá e consequente diminuição do tempo de detenção. Espera-se contudo que,com a interligação dos dois lagos que proporcionará maior capacidade de reservação , haja uma remoção adicional dos elementos indesejáveis.

Com relação aos aquíferos subterrâneos que são utilizados como auxiliares no abastecimento da Cidade, pode-se dizer que a quase totalidade apresenta o elemento ferro em teores elevados, o que pode acarretar o desenvolvimento de ferro-bactérias, causando obstrução dos filtros e mesmo dos poros do aquífero (Maltez & Maltez, 1982).

Além do problema do ferro, pode-se constatar que os aquíferos rasos da zona de "baixadas" (Sacramenta) apresentam com frequência contaminação bacteriológica, tornando-se potencialmente perigosos ao uso pela população.

8.2 Tratamento da Água

As águas utilizadas para abastecimento público oriundas dos mananciais de superfície sofrem um tratamento convencional e apresentam-se na saída das ETAs em boas condições para consumo. Apenas alguma restrição deve ser feita ao nível de aeração das águas e ao teor de ferro, que continua elevado.

Um problema mais sério parece ser o teor de cloro residual, pois se na saída das ETAs êle se apresenta no nível recomendado, nos pontos finais de abastecimento isto não mais ocorre, fato comprovado pelas análises efetuadas e pelos índices de coliformes e estreptococos detetados em amostras de água tratada.

A explicação do problema parece residir no fato de que há contaminação durante o percurso da água até as torneiras. O estado da tubulação é precário em alguns trechos; tubulações antigas, apresentando furos, construídas em materiais diferentes e evidentemente com conexões mal ajustadas, além da exis-

tência de desníveis nos canos, que geram pressões negativas em seu interior.

Quanto às águas subterrâneas que fazem parte do sistema de abastecimento, sabe-se que o poço do 5º Setor que abastece a Sacramenta contribui diretamente para a rêde, prejudicando a água tratada, caso a água subterrânea apresente algum problema de qualidade.

8.3 Amostragem

De todos os resultados obtidos para as amostras de água do bairro da Sacramenta, apenas o elemento ferro apresentou valores constantemente mais elevados que os 0,3 mg/l recomendados.

Alguns elementos traços analisados apareceram com teores acima dos recomendados para águas de abastecimento:

- Alumínio - mostrou sempre valores acima dos desejáveis, o que faz supor uma dosagem excessiva, provocando um residual de alumínio, o que ocasiona problemas de ordem estética.
- Cobre - algumas amostras apresentaram teores de cobre acima de 0,05 ppm, o que sugere alguma possibilidade de poluição.
- Manganês - teores algo elevados foram detetados em algumas amostras o que era de certa forma esperado, pelo seu comportamento semelhante ao do ferro. Cuidados devem ser tomados pelo efeito fisiológico adverso que pode provir da ingestão de águas com teores elevados de manganês.

A maior deficiência encontrada foi em relação à qualidade bacteriológica. Dos 10 pontos utilizados para amostragem da qualidade na Sacramenta, apenas dois mostraram-se adequados para consumo, isto considerando uma totalidade de 40 análises efetuadas, o que permite maior certeza na afirmação de que há contaminação bacteriológica.

8.4 Saneamento

Como pôde ser observado, a deficiência real na qualidade das águas da Sacramenta é a qualidade bacteriológica.

O problema se inicia pela ausência de residual de cloro, passa pelo estado de conservação das tubulações que levam a água até o consumidor, pela falta d'água quase diária no bairro e chegam até a localização de tubulações ou de pontos d'água na lama ou em valas e a ausência de canalizações nas áreas internas das "baixadas".

Assim, pode-se verificar que há deficiência nos sistemas de abastecimento, agravado pela estrutura física das áreas de "baixadas" e ainda pela atitude dos próprios moradores que muitas vezes danificam as tubulações, ou por motivos econômicos, ou por não possuirem abastecimento d'água a domicílio.

É evidente que a má qualidade bacteriológica da água é responsável por uma parcela das deficiências na saúde da população. Um quadro mais completo pode ser fornecido pela estrutura social da Sacramenta.

Como é uma área de "baixada", com todas as características já apontadas anteriormente, a população que lá reside possui baixo nível econômico e de educação, o que interfere diretamente no aspecto sanitário.

Deste modo, a área caracteriza-se por ser uma região alagada, com abundância de mato, poucas vias adequadas ao tráfego, ausência de esgôtos ou de fossas e consequente lançamento de dejetos nos cursos d'água ou nos matagais;as habitações são muitas vezes constituídas de um único cômodo, abrigando famílias inteiras, distribuídas aleatoriamente e interligadas por estivas; há carência no abastecimento d'água tanto no aspecto qualitativo quanto no quantitativo;há ausência de coleta de lixo, provocando o lançamento dos rejeitos a céu aberto, com todas as inconveniências de uma decomposição aeróbia; finalmente, há deficiência na assistência médico-sanitária.

8.5 Sugestões

Por tudo que foi apresentado e discutido, pode-se apresentar as seguintes sugestões:

- Devem ser tomadas medidas corretivas em relação aos mananciais como a remoção da vegetação aquática dos lagos, a limpeza de suas margens, a interceptação dos esgôtos que estão sendo despejados no lago Água Preta e a relocação de moradias às proximidades dos lagos.
- Quanto à medidas preventivas,pode-se sugerir que: sejam impedidos os lançamentos de efluentes que possam prejudicar a qualidade das águas;evite-se o desmatamento mantendo a cobertura vegetal dos lagos e criação de uma faixa de proteção sanitária. Em relação ao rio Guamá, deve-se protegê-lo de lançamentos de esgôtos e efluentes industriais e principalmente criar uma legislação adequada para proteção deste corpo d'água indispensável ao abastecimento de Belém.
- Quanto ao sistema de abastecimento, o projeto de ampliação ora em execução,deverá corrigir algumas distorções como o problema da falta d'água e o estado das tubulações.
- O tratamento da água merece algumas correções no que diz respeito à remoção de ferro e algum cuidado na dosagem do sulfato de alumínio. Maiores precau -

ções devem ser tomadas quanto à manutenção de um residual de cloro na rêde de abastecimento, para minimizar os problemas de contaminação bacteriológica.

- Deve-se fazer restrições ao uso de água subterrânea nas baixadas, principalmente se oriundas de poços rasos e se abertas por particulares, pelas peculiaridades da área e problemas de contaminação.
- Como a implantação de um sistema de tratamento dos esgôtos da Cidade não parece ser um problema de solução imediata, que pelo menos seja parcialmente resolvido através do uso de fossas, pelos moradores das baixadas e que seja evitado o uso dessas áreas como local de recebimento de efluentes de outras partes da cidade.
- Devido à impossibilidade física de coleta diária do lixo das baixadas, que seja feita uma coleta periódica, minimizando os problemas de lançamento a céu aberto, o que aliás se verifica em toda a Cidade. Talvez possa ser tentado em Belém o sistema de atêrro sanitário.
- Os Postos de Saúde deveriam ser ampliados e localizados realmente no interior das baixadas.
- A Secretaria de Saúde deveria promover junto aos Centros Comunitários, pequenos "cursos" relacionados à higiene e saúde, para que a população da Sacramenta possa viver de uma forma mais saudável, nas condições de infra-estrutura do momento.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMANN, F.L. - 1969 - Esbôço para a geologia da cidade de Belém - rio Gurupi e Atlântico - rio Guamá. Belém, Imprensa Universitária. 79 p.

ACKERMANN. F.L. - 1976 - A formação Pirabas, sua evolução e interpretação. Bel - lém, Departamento Nacional de Produção Mineral. 83 p.

AMARAL, R. - 1983 - Critérios para interpretação de análises físico-químicas de águas. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. p. 1 - 20.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - 1975 - Standard methods for the examinati- on of water and water. 14th. Washington. 1193 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL - 1972 - Water quality and treatment. New York, Mc Graw Hill. 1229 p.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - 1964 - Águas, tratamento e qualidade. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico. 465 p. Trad. Allyrio Macêdo Filho & Zadir Castelo Branco.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ESTADO DO PARÁ - (em preparação) - Belém, Instituto de De- senvolvimento Econômico e Social do Pará.

BAAS-BECKING, L. et alii - 1960 - Limits of the natural environment in terms of pH and oxidation-redution potentials. New York, Jour. Geology. 68: 243 - 84.

BABBITT, M.S. et alii - 1976 - Abastecimento de água. São Paulo, E. Blucher. 592 p.

BATTALHA, B.; PARLATORE, A. - 1977 - Contrôle de qualidade da água para consumo humano; bases conceituais e operacionais. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 198 p.

BENN, F.R.; MC AULIFFE, C.A. - 1981 - Química e poluição. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. 134 p. Trad. Roberto Pitombo & Sérgio Massari.

BIÓLOGO diz que coliformes em água bruta é normal - 1983 - " O Liberal ". Belém, 30 de abril, 1º caderno.

BRAILE, P.; CAVALCANTI, J. - 1979 - Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 764 p.

BRANCO, S. - 1978 - Hidrobiologia aplicada à Engenharia Sanitária. São Paulo , Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 620 p.

BRANCO, S.; ROCHA, A. - 1977 - Poluição, proteção e usos múltiplos de reprêsas. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 620 p.

BRANCO, S.; ROCHA, A. - 1980 - Ecologia; educação ambiental. São Paulo, Compa- nhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 206 p.

BRANDÃO FILHO, E. - 1983 - Contribuição ao estudo hidrogeológico da região de Belém-Pará. Trabalho de Conclusão de Curso. Belém, Dep. de Geologia, Univer- sidade Federal do Pará . 25 p.

BRASIL. CONSELHO INTERMINISTERIAL DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS - 1981 - Programa Grande Carajás, aspectos físicos, demográficos e fundiários. Rio de Janeiro. n. p.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS E SANEAMENTO - 1968 - Programa para saneamento da Grande Belém. Belém, 48 p.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS E SANEAMENTO - 1970 - Saneamento dos Campos de Bragança - relatório provisório. Belém, 623 p.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. PROJETO RADAM - 1974 - Levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro, Programa de Integração Nacional. v. 5

BRASIL. MINISTÉRIO DO INTERIOR - 1979 - Proposições para a intervenção governamental na recuperação das baixadas da bacia Una - PROMORAR. Belém, p. 13-6

BRASIL MINISTÉRIO DO INTERIOR - 1980 - Erradicação das sub-moradias nas favelas do País - PROMORAR, bacia do Una. Belém, p. 7-33

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Um programa de treinamento e ação em esquistossomose. s. n. t. 64 p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM - 1975 - Plano de desenvolvimento da Grande Belém; metodologia, estudos básicos, prognósticos, desenvolvimento e sistemas. Belém, v. 1, tomos 1 e 2.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM - 1978 a - Plano de ação imediata. Setor I da área piloto do Programa de Recuperação de Baixadas. Belém, p. 7-12.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DA ÁREA DE METROPOLITANA DE BELÉM - 1978 b - Têrmo de referência para um plano global de recuperação de baixadas. Belém, p. 5-7

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ - 1982 - Mais água na capital e no interior. Revista da ABES. dez. p. 128-32.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ - 1983 a - Projeto de ampliação do sistema de abastecimento de água da Grande Belém. Belém, 22 p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ - 1983 b - Sistema de abastecimento de água de Belém. Revisão da emenda técnica - Relatório preliminar, 26 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - 1978 a - Águas subterrâneas e poços tubulares. 3º ed. São Paulo. 462 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - 1978 b - Norma Técnica L5 - 202. Determinação do numero mais provável de coliformes totais e fecais pela técnica de tubos múltiplos. São Paulo. n. p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - 1978 c - Norma Técnica L5 - 205. Determinação do número mais provável de estreptococos fecais pela técnica de tubos múltiplos. São Paulo. n. p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - 1978 d - Normalização Técnica NT - 07. Análise físico-química de águas. São Paulo. n. p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - 1978 e - Técnica de abastecimento e tratamento de água. 2º ed. São Paulo. v. 1

CRUZ, E. - 1944 - A água de Belém, sistemas de abastecimento usados na capital desde os tempos coloniais aos dias modernos. Belém, Ofs. da Revista Veterinária. n. p.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. - 1976 - Hidrologia subterrânea. Barcelona, Omega. v. 1

DICKSON, T.R. - 1980 - Química, um enfoque ecológico. México D.F., Linusa.406 p.

EGLER, W.; SCHWASSANN, H. - 1964 - Estudos limnológicos no estuário do Amazonas. In: Cong. Nac. Geog. Rio de Janeiro, v. 180, p. 287-9

ELETRONORTE - 1984 - Usina Hidrelétrica de Tucuruí - enchimento do reservatório. Boletim informativo diário. 12 de setembro a 22 de outubro. n. p.

EMPRÊSA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES - 1979 - Sistema viário do Una, estudo preliminar. Belém, v. 1

FAIR, G.M. et alii - 1976 - Purificacion de agua y tratamiento y remocion de aguas residuales. México D.F., Linusa. v. 2

FEACHEN, R. et alii - 1980 - Water, wastes and health in hot climates. New York, J. Wiley Sons. 399 p.

FELLEMBERG, G. - 1980 - Introdução aos problemas de poluição ambiental. São Paulo, Universidade de São Paulo. 196 p.

FENZL, N. et alii - 1980 - Interpretação, classificação e apresentação de dados hidroquímicos para uso humano e agrícola. In: I Cong. Bras. Águas Subterrâneas, Recife, p.85 - 97

FENZL, N. OLIVEIRA, N. & VILLAS, R.N. - 1984 - Tucuruí; progresso para quem? "O Liberal", Belém, 19 de agosto, 1º caderno.

FERREIRA, C.S. et alii - 1978 - A formação Pirabas no Pará. Novo registro de sub-superfície; Belém (furo 4-Be-01-Pa,CPRM) An. Acad. Bras. Ciências. 50(/): 427.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - 1977 - Geografia do Brasil. Região Norte. Rio de Janeiro. v. 1.

FURTADO, A.M. - 1980 - A importância da geomorfologia no planejamento urbano. Belém, Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará. n. p.

GARCEZ, L.N. - 1978 - Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, E. Blucher. v. 2.

GARRELS, R.M.; CHRIST, C.H. - 1965 - Solutions, minerals and equilibria. New York, Harper and Row. 450 p.

GERMAIN, L. et alii - 1972 - Tratamento de águas. São Paulo, Polígono. 165 p.

GOLWER, A. et alii - 1973 - Biochemical process under anaerobic and aerobic conditions in groundwater contaminated by solid waste. Hydrogeochemistry and Biogeochemistry. Washington D.C., Clarke. v. 2.

GOMELLA, C.; GUEREÉ, H. - 1977 - Tratamiento de aguas para abastecimiento publi co. Barcelona, Ed. Técnicos Associados. 240 p.

GURGEL, E. - 1962 - Determinação dos sólidos e cátions totais dissolvidos, a partir da condutividade elétrica em água subterrânea. In: An. Cong. Bras. Águas Subterrâneas, Salvador, v. 2, p. 305-14

GUSSMAN, Alexandre - (em preparação) - Projeto de estudos básicos limnológicos do rio Guamá; observações e dados de campo.

HAMMER, M.J. - 1979 - Sistemas de abastecimento de água e esgôto. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. 563 p. Trad. Sérgio Almeida.

HEM, J.D. - 1970 - Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 2th. Washington D.C., Government Printing Office. 1473 p.

HENRY, R.; TUNDISI, J. - 1982 - Efeitos de enriquecimento artificial por nitratos e fosfatos no crescimento da comunidade fitoplanctônica da represa do Lobo ("Broa", Brotas - Itirapina, SP). Cienc. & Cult. São Paulo. 34(4):515-24

HENRY, R. et alii - 1983 - Fertilidade potencial em ecossistemas aquáticos: estimativa através de experimentos de eutrofização artificial. Cienc. & Cult. São Paulo. 35(6) : 789-801

JORDÃO, E.; PESSOA, C. - 1975 - Tratamento de esgôtos domésticos. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. v. 1

KANTIN, R. et alii - 1981 - Contaminação das águas ao redor da cidade do Rio Grande: óleos e fenóis. Cienc. & Cult. São Paulo. 33(2) : 239-46

KRAUSKOPF, K. B. - 1972 - Introdução à geoquímica. São Paulo, Polígono. 2 v. Trad. Michel Lando & Pombo Bogus

LOUREIRO, E. B. et alii - 1983 - Escherichia coli enterotoxigênicas e rotavírus detectados em crianças com gastroenterite aguda em Belém, Pará. Rev. Microbiol. São Paulo. 14(2) : 129-35

MALATO, J. - 1984 - A poluição do Guajará. " O Liberal". Belém, 18 de agôsto, 1º caderno.

MALTEZ, H.; MALTEZ, M. - 1982 - As águas de Belém, parte I - águas superficiais. " O Liberal". Belém, 17 de outubro, 1º caderno.

MALTEZ, H.; MALTEZ, M. - 1982 - As águas de Belém, parte II - águas subterrâneas. " O Liberal". Belém, 24 de outubro, 1º caderno.

MALTEZ, H.; MALTEZ, M. - 1982 - O clima de Belém, suas relações com a hidrologia. " O Liberal". Belém, 31 de outubro, 1º caderno.

MALTEZ, H.; MALTEZ, M. - 1982 - O clima de Belém, parte II. "O Liberal". Belém, 7 de novembro, 1º caderno.

MALTEZ, H.; MALTEZ, M. - 1982 - As águas do solo de Belém. "O Liberal". Belém, 21 de novembro, 1º caderno

MALTEZ, H.; MALTEZ, M. - 1982 - As águas que abastecem Belém: bacia do Guamá. "O Liberal". Belém, 28 de novembro, 1º caderno.

MALTEZ, H.; MALTEZ, M. - 1982 - Nível das águas subterrâneas de Belém. "O Liberal". Belém, 5 de dezembro, 1º caderno.

MALTEZ, H.; MALTEZ, M. - 1983 - A poluição das águas de Belém. "O Liberal". Belém, 27 de abril, 1º caderno.

MALTEZ, H.; MALTEZ, M. - 1984 - Substâncias orgânicas na água: fator de sua degradação. "O Liberal". Belém, 20 de junho, 1º caderno.

MALTEZ, H.; MALTEZ, M. - 1984 - As previsões hidrográficas. "O Liberal". Belém 5 de agôsto, 1º caderno.

MARTINS, M. T. - 1976 - Técnicas de análise bacteriológica de água. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 57 p.

MASON, B. - 1971 - Princípios de geoquímica. São Paulo, Polígono. 403 p. Trad. Rui Ribeiro Franco.

MOREIRA, E. - 1966 - Belém e sua expressão geográfica. Belém, Imprensa Universitária. 212 p.

OGAI, C.M.; QBAR, N. - 1983 - Côr e turbidez originadas na fase de distribuição de água tratada - água vermelha. São Paulo, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. 18 p.

OTTAWAY, J.H. - 1982 - Bioquímica da poluição. São Paulo, EPU. 74 p. Trad. Luiz Pitombo & Sérgio Massari.

PACHECO, J. H. et alii - 1983 - Interpretação dos dados de qualidade da água do rio Caí, na área de influência do III pólo Petroquímico - período outubro/81 a dezembro/82. In: XII Cong. Bras. Eng. Sanit. Amb., ABES, 20 p.

PARÁ. Governo do Estado - 1961 - Esgôtos sanitários de Belém, projeto definitivo. Belém. n. p.

PARÁ. Governo do Estado - 1962 - Abastecimento de águas e esgôtos sanitários de Belém. Belém. n. p.

PARISOT, E.; REBOUÇAS, A. C. - 1982 - Qualidade das águas subterrâneas da região centro oeste do município de São Paulo. In: An. Cong. Bras. Águas Subterrâneas, Salvador, v. 2, p. 379-88

PELCZAR, M.; REID, R. - 1981 - Microbiologia. São Paulo, McGraw-Hill. 2 v. Trad. Manuel Adolpho Pereira

PENTEADO, A. R. - 1967 - Geografia urbana de Belém. Belém, Universidade Federal do Pará. 2 v.

PIUCI, J. - 1978 - Hidrogeologia da área pilôto Ponta-de-Pedras, ilha do Marajó. Tese de Mestrado. Belém, Universidade Federal do Pará - Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas. 143 p.

RIANDEY, C.; PINTA, M. - 1975 - Étude physicochimique du mecanisme de 1'atomisation thermo-eletrique et de ses pertubations. Analisis, 3(2): 86-93

RODIER, J. - 1981 - Analisis de las aguas. Barcelona, Omega. 1059 p.

SÃO PAULO. SECRETARIA DE SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS - 1975 a - Operação e manutenção de ETAs. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 2 v.

SÃO PAULO. SECRETARIA DE SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS - 1975 b - Desinfecção de águas. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 210 p.

SAWYER, C. N.; McCARTY, P. L. - 1978 - Chemistry for environmental engineering 3th. New York, McGraw-Hill. 532 p.

SHOELLLER, H. - 1962 - Les eaux souterraines. Paris, Masson. 642 p.

SETZER, J. - 1968 - O problema vital da água potável. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. p. 16-27.

SHUVAL, H. - 1965 - Readings in water quality and pollution control. Jerusalem, Human Environmental Sciences. 143 p.

SILVA, M. - 1977 - Análises físico-químicas para contrôle de ETEs. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 225 p.

SILVA, R. B. et alii - 1982 - Características hidroquímicas do aquífero Botucatu no estado de São Paulo. In: An. Cong. Bras. Águas Subterrâneas, Salvador, v. 2, p. 411-20.

SINELLI, O.; SOUZA, A. - 1982 - Estudo hidroquímico do ciclo hidrológico. In: An. Cong. Bras. Águas Subterrâneas, Salvador, v. 2, p. 317 - 33

SIOLI, H. - 1951 a - Alguns resultados e problemas da linmologia amazônica. Belém, B. Tec. IAN, 24 : 3-44

SIOLI, H. - 1951 b - Estudo preliminar das relações entre a geologia e a linmologia da Zona Bragantina (Pará). Belém, B. Tec. IAN, 24 : 67-76

SIOLI, H. - 1957 - Valores de pH de águas amazônicas. Belém. B. Mus. Para. Emílio Goeldi : Nova Série Geologia, nº 1, 37 p.

SIOLI, H. - 1960 - Pesquisas linmológicas na região da estrada de ferro de Bragança - Estado do Pará - Brasil. Belém, B. Tec. IAN, 37 : 37 - 91

SOARES, A. D. - 1984 - Novo registro em sub-superfície de sedimentos terciários (Formação Pirabas) dentro da área da Grande Belém (poço nº 3 - Campus Universitário). Trabalho de conclusão de curso. Belém, Dep. Geologia, Universidade Federal do Pará. 25 p.

SOUZA, H.; DERÍSIO, J. C. - 1977 - Guia Técnico de coleta de amostras d'água. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 257 p.

SUDAM - 1976 - Monografia das baixadas de Belém. 2º ed. Belém. 2 v.

SUDAM - 1979 - A ação da SUDAM no saneamento da Amazônia. In: Cong. Bras. Engenharia Sanitária, 10, Rio de Janeiro. n. p.

TANCREDI, A. C. - 1976 - Importância da água subterrânea para o desenvolvimento do Estado. Belém, Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará. 21 p.

TOMMASI, L. R. - 1980 - Poluição marinha no Brasil, uma sítese. Cienc. & Cult. São Paulo. 34(3) : 326-32

TOMMASI, L. R.; NAVAS - PEREIRA, D. - 1983 - Nota sobre a ocorrência de florescimento de diatomáceas na baía de Santos (SP) e adjacências. Cienc. & Cult. São Paulo. 35 (4) : 507-12.

TUNDISE, J. - 1984 - Estratificação hidráulica em reservatórios e suas consequências ecológicas. Cienc. & Cult. São Paulo. 36 (9) : 1489-96.

TUNDISE, J. et alii - 1978 - Plankton studies in a mangrove environment. IX Comparative investigations with coastal oligothrofic waters. Rev. Bras. Biol. 38 (2) : 301-20.

10 ANEXOS

Out-put do programa de computacão para a amostra S/28

```
ANALISE DE AGUA        13-FEB-85      12:09      LMAC  NCGG  UFPA   DECSYSTEM-10

DADOS GERAIS                                          NO. DA AMOSTRA          S-28
    LOC. GEOGRAFICA          BE-SA                    LONGITUDE
    LATITUDE                                          COTA DA SUPERFICIE          M
    NIVEL DA AGUA                  M
    PROFUND. DA COLETA             M

DADOS DA COLETA                                       DADOS DA ANALISE
    DATA                     00.11.84                 DATA
    HORA                                              HORA
    RESPONSAVEL              LUCIA                    RESPONSAVEL             LUCIA
    TEMP. DO AR                                       TEMP. DO AR
    TEMP. DA AMOSTRA         28.00 C                  TEMP. DA AMOSTRA        28.00 C
    CONDUTIVIDADE                                     CONDUTIVIDADE          114.00 MS
    PH                        6.00                    PH                        6.80

DADOS DA AMOSTRA                                      SABOR
    ODOR                                              TURBIDEZ                  0.85
    COR                       4.00                    DUREZA                  119.90
    RESIDUO TOTAL          696.00 MG/L                ALCAL. METILORANGE       10.00
    ALCAL. FENOLFTALEINA     0.00                     RADIOATIVIDADE
    BACTERIAS(COL/100ML)    93.00

ALCULO DAS CONCENTRACOES ( * = NAO MEDIDO)

                MG/L     MEQ/L    MMOL/L    ATIV.                          MG/L     MMOL/L
HCO3-          12.000    0.1967    0.1967    0.1742     B                    *         *
C03--            *         *         *         *        SIO2               4.130     0.0687
S04--         103.010    2.1447    1.0723    0.6604     CR                   *         *
CL-           354.990   10.0143   10.0143   10.0143     PB                 0.000     0.0000
NO2-             *         *         *         *        AG                   *         *
NO3-            0.200    0.0032    0.0032    0.0029     SE                   *
F-               *         *         *         *        AS                   *
0H-              *         *         *         *        CN                   *
BR-              *         *         *         *        FE TOTAL           0.120
I-               *         *         *         *        AL2O3                *
PO4---          0.010    0.0003    0.0001    0.0000     CO2 LIVRE          3.220
HPO4--           *         *         *         *        CO2 TOTAL            *

H2PO4-           *         *         *         *        ACID. TOT.           *
S--              *         *         *         *        O2 DISSOL.         7.400
NA+           184.430    8.0227    8.0227    7.1072     O2 CONSUM.         0.700
K+              7.180    0.1836    0.1836    0.1626     FENOL              0.050
CA++           15.620    0.7794    0.3897    0.2400     CCE                  *
MG++           19.740    1.6238    0.8119    0.5000     ABS                  *
FE++             *         *         *         *        NH3                  *
FE+++            *         *         *         *        DBO                0.200
CU++            0.006    0.0002    0.0001    0.0001     OLEOS-GRXS         5.000
MN++            0.078    0.0028    0.0014    0.0009
ZN++             *         *         *         *
BA++             *         *         *         *
CD++             *         *         *         *
NH4+            0.040    0.0022    0.0022    0.0020
AL+++           0.440    0.0489    0.0163    0.0055
CO++            0.006    0.0002    0.0001    0.0001
H+               *         *         *         *

NO. DA AMOSTRA: BE-SAS-28        13-FEB-85      12:09      LMAC  NCGG  UFPA

CLASSIFICACAO QUIMICA DA AGUA

    TIPO QUIMICO:
        CL-      NA+

    SO= 1.2929    AGUA  SUBSATURADA  EM  SULFATOS
    KR NAO CALCULADO

    AGRESSIVIDADE:
        CO2 LIVRE-CO2 EQ.=  3.21 MG/L   AGUA AGRESSIVA
        PH  CAMPO-PH  EQ.= -1.48        AGUA AGRESSIVA CONTRA  CALCARIO

    RAZOES CARACTERISTICAS (CONC. EM MEQ/L):
            CA/MG=  0.4800                  SO4/CL=  0.2142
        (CL-NA)/CL=  0.1989              NA/(CA+MG)=  3.3383
                I1=  0.1605                     I2=  0.7711

    FORCA IONICA= 0.13836E-01            ERRO ANALITICO=  7.36 %

CLASSIFICACAO PARA USO HUMANO

    QUALIDADE:
        IMPROPRIA P/ CONSUMO HUMANO

    TRATAMENTO NECESSARIO PARA:
        BACTERIAS

    TRATAMENTO RECOMENDAVEL PARA:
        FENOIS      OLEO-GRXS.

CLASSIFICACAO PARA USO AGRICOLA

    SAR=  10.350 MEQ/L

    PERIGO DE  SALINIZACAO  DO SOLO:
        BAIXO


    PERIGO DE ALCALINIZACAO DO SOLO:
        MEDIO

    USO PARA IRRIGACAO:
        TOLERANCIA MODERADA

    SENSIBILIDADE AO BORO :
        NAO CALCULADO

    CARBONATO SODICO RESIDUAL:
        NAO CALCULADO

    CLASSIFICACAO DE TAMES(1965):
        NAO CALCULADO
```