UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEOFÍSICAS E GEOLÓGICAS

ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA ZONA URBANA DE BELÉM (PA). APLICAÇÃO À PROBLEMÁTICA EXISTENTE NO BAIRRO DO JURUNAS.

Tese Apresentada por

VERA MARIA NOBRE BRAZ

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)

OCTAVIO BANDEIRA CASCAES

NORBERT FENZL

Comitê de Tese

A meus filhos

Marcelle, Giselle e Fábio

A meu marido

Joaquim

A meus pais

Expedito e Haydeé

AGRADECIMENTOS

Ao Profº Dr. Waterloo Napoleão de Lima pela competente orientação, pela colaboração e paciência que me dispensou durante a realização deste trabalho.

Ao Profº Dr. Norbert Fenzl, orientador durante a etapa inicial desta Tese, pelo interesse que sempre demonstrou à mesma.

Ao Profº Dr. Otávio Bandeira Cascaes, componente do Comitê de Tese, pelas valiosas sugestões feitas à primeira versão.

A colega e amiga Lúcia Beckmann de Castro Menezes, pela inestimável colaboração e incentivo durante todo o transcorrer deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico - CNPq e a Fadesp, pelo suporte financeiro para a realização da parte experimental deste trabalho.

Ao Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará pelo apoio concedido aos trabalhos de campo e analíticos.

Ao Departamento de Operações e Processos Químicos do Centro Tecnológico pela colaboração.

Ao Profº Dr. Nilson Pinto de Oliveira e esposa pelas valiosas sugestões feitas à primeira versão.

Ao Profº Manoel Quaresma da Costa pela colaboração e orientação durante o trabalho em absorção atômica termelétrica.

As colegas Olímpia Oliveira Fanha e Nelly Odane da Silva pelo apoio dado à fase analítica deste.

Aos técnicos Manoel João Pereira Magalhães, Célia Maria Rodrigues Costa, José Herculano da Silva Neto e Jorge Luiz Ribeiro de Oliveira pela colaboração na fase experimental deste trabalho.

Ao Paulo Pereira Magalhães pelo auxílio durante a etapa do computador.

Ao colega Raimundo Nonato Maciel pelas importantes informações prestadas.

Ao amigo Sérgio Macedo pela valiosa colaboração, efetuando a versão para inglês do resumo deste trabalho.

Ao João Cláudio e Edna Carvalho pela ajuda na tradução de certos textos em inglês.

A bibliotecária Tereza Ione Souza Filho Moura, pela normalização da bibliografia da 1ª versão.

As bibliotecárias do Centro de Geociências, especialmente a Lourdes Márcia Nogueira Leite pela normalização da 2ª versão desta tese.

Ao Sr. José Joaquim Esteves do Setor de Reprografia pela atenção com que sempre me atendeu.

A Otávia Olívia Monteiro de Lima pela paciência que medispensou durante a datilografia da primeira e segunda versões desta tese.

A Sra. Odete dos Santos Albuquerque Paes, moradora do bairro do Jurunas, pela desinteressada colaboração durante os trabalhos de campo.

Ao Adalberto da Cruz Lima pela paciente colaboração confecicionando as figuras deste trabalho.

A Maria Ferreira Pereira pelo apoio dado a meus filhos, quando minha ausência se fazia necessária.

A todos aqueles que direta ou induretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Pág.

FIGURAS

01. Limites da Área Metropolitana de Belém 7
02. Localização do bairro do Jurunas e Cotas Altimétricas da Cidade de Belém (PA) 8
03. Esboço Geológico e Geomorfológico do Espaço Imediato de Belém 10
04. Variação Anual Média dos Elementos Climáticos de Belém (1960 - 1980) 15
05. Localização dos Principais Setores de Abastecimento e Manancial do Utinga 24
06. Rede de Esgoto Sanitário e Saneamento Básico de Belém 44
07. Área de Estudo. Bairro do Jurunas 59
08. Rede de Água Potável do Bairro do Jurunas 62
09. Variação dos valores de pH nas amostragens A, B, C e D 83
10. Diagrama Eh - pH 87
11. Variação da Condutividade Elétrica nos Períodos de Amostragem 89
12. Variação dos Teores de Ferro nos Períodos de Amostragem 95
13. Variação dos Teores de Alumínio nas Amostragens C e D 119
14. Percentagem das Categorias de Qualidade da Água do Bairro do Jurunas 124
15. Mapa da Variação da Qualidade da Água do Bairro do Jurunas. Maio/83 125
16. Mapa da Variação da Qualidade da Água do Bairro do Jurunas. Agosto/83 126
17. Mapa da Variação da Qualidade da Água do Bairro do Jurunas. Novembro/83 127
18. Mapa da Variação da Qualidade da Água do Bairro do Jurunas. Fevereiro/84 128

19. Perfil Longitudinal de Condutividade das Águas da Baía de Marajó 132

QUADROS

01. Dados Comparativos da População Recenseada no Município de Belém por Distrito, Segundo os Censos 1970 - 1980 22
02. Áreas de Estudo e Terras Alagáveis Correspondentes a Cidade de Belém (1974) 38
03. Distribuição das Terras Alagáveis dos Bairros pelas Áreas de Estudo da Cidade de Belém 40
04. População Estimada das Áreas de Estudo da Cidade de Belém 48
05. Casos de Doenças Transmissíveis Registrados no Estado do Pará 56
06. Casos de Doenças Transmissíveis Registrados no Município de Belém 57
07. Condições Operacionais para Análise de Elementos Traços em Absorção Atômica Termelétrica 70
08. Caracterização dos Pontos de Amostragem 74
09. Padrões de Potabilidade e Modo de Classificação da Água para Consumo Humano 122
10. Resumo dos Resultados Fornecidos pelo Programa de Computação 123

TABELAS

01. Resultados das Análises Físico-Químicas (Pontos 1 a 5) 75
02. Resultados das Análises Físico-Químicas (Pontos 6 a 10) 76
03. Resultados das Análises Bacteriológicas das Amostras do Bairro do Jurunas 77
04. Resultados das Análises de Elementos Traços nas Amostras do Bairro do Jurunas 78

05. Análises da Água do Rio Guamá (Adutora) 134
06. Análises das Águas do Lago Bolonha 139
07. Análises das Águas do Lago Água Preta 140
08. Análises das Águas dos Poços do 2º e 4º Setores ... 149

SUMÁRIO

	Pág.
DEDICATÓRIA	I
AGRADECIMENTOS	II
SUMÁRIO	IV
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	VII
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO	5
1.1. Objetivo	5
1.2. Localização da Área	6
2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO AMBIENTE LOCAL	9
2.1. Geologia	9
2.2. Geomorfologia	11
2.3. Clima	13
2.4. Vegetação	16
2.5. Solos	17
2.6. Hidrologia	18
2.7. População	20
3. FONTES DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE BELÉM	23
3.1. Mananciais	23
3.2. Rede de Abastecimento	26
3.3. Sistema de Tratamento de Água	30
3.4. Projeto de Ampliação do Sistema de Abastecimento de Água da Grande Belém	32
4. REDES DE ESGOTAMENTO E DRENAGEM	35
4.1. Esgotos Sanitários	35
4.2. Controle de Inundações e Bacias de Drenagem	36
4.3. Rede Pluvial	39
5. A PROBLEMÁTICA DAS BAIXADAS	42
5.1. Caracterização das Áreas de Baixadas	42
5.2. Saneamento Básico	42
5.2.1. Serviço de Água e Esgoto	43
5.2.2. Serviços de Limpeza Pública	45
5.2.3. Serviço de Saúde	45

5.3. Aspectos Econômicos e Habitacionais 45
5.4. Concentração Populacional 47
6. ÁGUAS E DOENÇAS 49
6.1. Doenças Provocadas por Contaminantes Tóxicos 50
6.2. Doenças Causadas por Microrganismos 50
6.2.1. Doenças Adquiridas por Via Oral 52
6.2.2. Doenças Adquiridas por Via Cutânea 53
6.2.3. Doenças Indiretamente Relacionadas Com a Água ... 54
7. ÁREA DE ESTUDO 58
7.1. Localização 58
7.2. População e Densidade Demográfica 58
7.3. Aspectos Gerais do Bairro do Jurunas 60
8. MATERIAIS E MÉTODOS 63
8.1. Amostragem 63
8.2. Técnicas de Coleta 63
8.3. Métodos Analíticos 65
8.4. Análise de Elementos Traços 68
8.5. Métodos Bacteriológicos 69
9. RESULTADOS E DISCUSSÃO 73
9.1.Propriedades Organolépticas e Parâmetros Físico-Químicos 79
9.1.1. Temperatura 79
9.1.2. Cor 80
9.1.3. Sabor e Odor 80
9.1.4. Turbidez 81
9.1.5. pH 81
9.1.6. Eh 84
9.1.7. Diagrama Eh - pH 84
9.1.8. Condutividade 86
9.2. Parâmetros Químicos e Bioquímicos 90
9.2.1. Alcalinidade 90
9.2.2. Dureza 90
9.2.3. Cátions 91
9.2.4. Ânions 94
9.2.5. Sólidos Totais Dissolvidos e Resíduo Seco 100
9.2.6. CO_2 Livre 101
9.2.7. O_2 Consumido 102

9.2.8. O_2 Dissolvido 103
9.2.9. DBO 103
9.2.10. DQO 104
9.2.11. N amoniacal 105
9.2.12. N orgânico 106
9.2.13. Óleos e Graxas 106
9.2.14. Fenóis 107
9.2.15. Cloro Residual 107
9.3. Parâmetros Bacteriológicos 108
9.4. Elementos Traços 112
8.4.1. Níquel 114
9.4.2. Cobalto 114
9.4.3. Cobre 115
9.4.4. Cromo 115
9.4.5. Chumbo 116
9.4.6. Manganês 117
9.4.7. Alumínio 118
9.5. Classificação por Computação das Águas Analisadas . 118
10. CONSIDERAÇÕES ACÊRCA DA PROBLEMÁTICA ABORDADA NESSE ESTUDO 129
10.1. Avaliação das Condições dos Mananciais e ETAS da Cidade 129
10.1.1. Rio Guamá 129
10.1.2. Manancial do Utinga 135
10.1.3. Sistema de Tratamento e Distribuição de Água ... 142
10.1.4. Águas Subterrâneas 145
10.2. Influências Ambientais e Saneamento 150
10.2.1. Influências Marinhas 150
10.2.2. Doenças Relacionadas ao Saneamento 151
10.2.3. Lixo Urbano 153
10.3. Influências Ambientais Provocadas por Atividade Industriais e Domésticas em Zonas Costeiras 154
11. CONCLUSÃO 157
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 160

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água consumida em Belém, principalmente em áreas cujas condições sanitárias fossem deficientes. Para esse propósito foi escolhido como universo de estudo o bairro do Jurunas, o qual se apresenta com extensas áreas de "baixadas", carentes em saneamento.

A qualidade da água foi verificada através de análises físico-químicas e bacteriológicas. As amostras analisadas, foram classificadas de acordo com os padrões de potabilidade da Organização Mundial de Saúde, através de programa de computação. Foram ainda estudados elementos traços presentes tais como, Ni, Co, Cu, Cr, Pb, Mn e Al por espectrometria de absorção atômica temelétrica, estudo até então inédito em águas que abastecem a Cidade.

Na fase experimental foram efetuadas quatro amostragens, distribuidas nos meses de maio, agosto, novembro de 1983 e fevereiro de 1984, para que pudessem ser detectadas as variações sazonais que porventura ocorressem. As coletas efetuaram-se em dez pontos, representativos da totalidade do bairro.

A fim de que fosse caracterizado o meio ambiente abordou-se aspectos ligados à geologia, geomorfologia, clima, vegetação, solo e hidrologia da Cidade. Por outro lado, foram efetuadas considerações acêrca dos mananciais, do sistema de tratamento de águas e das redes de abastecimento e esgotos sanitários. Particularmente, buscou-se correlacionar as condições sanitárias das baixadas com a ocorrência de doenças veiculadas pela água.

De acôrdo com os resultados das determinações analíticas, foi verificado que a maioria dos parâmetros físico-químicos estudados encontravam-se compatíveis com os padrões de potabilidade. Constituiram-se excessões, pH, condutividade, cloretos, ferro e alumínio, cujos valores extrapolaram os recomendados, principalmente aqueles referentes ao mês de novembro de 83, período em que ocorreu forte estiagem na região, o que acarretou salinização das águas dos mananciais e de abastecimento.

Com relação aos parâmetros bacteriológicos, 34% dos valores se mostraram fora dos critérios recomendados pela OMS, constituindo-se portanto um dos problemas mais significativos detectados nas águas analisadas. Os resultados obtidos deveram-se provavelmente às condições das redes de distribuição do bairro, assim como às condições higiênicas em alguns pontos de coleta; a presença de bactérias nas águas é causa de inúmeras doenças, tendo alguns de seus sintomas sido detectados na população residente no bairro, por ocasião das amostragens efetuadas.

ABSTRACT

The present work had as an objective the evaluation of the quality of the water consumed in Belém, especially in areas where sanitary conditions were deficient. To this purpose, the district of Jurunas was selected as the studied universe as it presents extensive lowlands, lacking sanitation.

The water quality was verificd through physical-chemical and bacteriological analysis. The analysed samples were classificd in accordance with the World Health Organization potability standards, through computer system. It were also studied trace elements present, such as Ni, Co, Cu, Cr, Pb, Mn and Al, by the spectrometry a termoelectric atomic absorption, study which was, up to then, without precedent in waters that supply the city.

During the experimental phase it were collected four samples along the months of May, August and November 1983, and February 1984, so that the seasonal variations that might occur could be detected; the samples were collected in ten spots, representative of the whole district.

In order to characterize the environment, the aspects related to the geology, geomorphology, climate, vegetation, soil and hydrology of the city were studied. On the other hand, the springs, water treatment system and the supply and sanitary sewage systems were taken into consideration.

It was particularly intended to correlate the lowlands' sanitary conditions with the occurence of diseases transmitted through the water.

In accordance with the results of the analytical determinations, it was verificd that the majority of the studied physical -chemical parameters were compatible with the potability standards. The exceptions were pH, conductivity, chlorides, iron and aluminum, which values extrapolated the ones recommended, mainly those referring to the month of November 83, at wich occurred a violent drought, resulting in the salination of the springs and the water supply system.

With reference to the bacteriological parameters, 34% of the values showed to fall out of the criteria recommended by WHO, forming, therefore, one of the most significant problems detected in the analysed waters.

The obtained results were probably due to the conditions of the distribution systems of the district, as well as to the higienic conditions of some collection places; the presence of bacteria in the water is the cause of a large amount of diseases, and some of their symptoms were detected among the district population at the time samples were collected.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é o de caracterizar, através de análises físico-químicas o bacteriológicas, a qualidade da água consumida na Cidade de Belém, particularmente no bairro do Jurunas.

Optou-se por este bairro pelo fato deste apresentar grandes percentagens de áreas alagáveis, sofrendo portanto problemas gerais de saneamento.

Foram efetuadas coletas periódicas, em pontos pré-estabelecidos, num intervalo de doze meses, a fim de se verificar a variação da qualidade da água, durante o ano hidrológico. Durante as coletas, procurou-se observar as condições de saneamento da área, para possíveis correlações com os resultados das análises.

O bairro do Jurunas é praticamente todo serviço pela rede de abastecimento da Companhia de Saneamento do Pará, porém em alguns locais ocorrem constantes interrupções no fornecimento, o que acarreta por vezes consequências em relação a saúde e bem estar da população residente.

Com a finalidade de se reconnecer a problemática da área serão abordados vários aspectos ligados à cidade de Belém como geologia, geomorfologia, clima, vegetação, solo, hidrologia e população, procurando com isso, dar-se uma visão geral do ambiente em que o bairro em estudo está situado. Outrossim, serão abordados aspectos diretamente relacionados com a população e sua condiçao de vida, principalmente aquela residente em áreas de baixadas.

Finalmente após um detalhado estudo dos resultados obtidos em laboratório, serão feitas sugestões na tentativa de minimizar os problemas detectados.

1.2. Localização da Área

A Cidade de Belém está situada a 1º 28' de latitude sul e 48º 27' de longitude oeste Gr, a uma altitude média de 15 m em relação ao nível do mar, na confluência do rio Guamá com a baía de Guajará, sofrendo portanto influências marinhas e fluviais (Empresa Brasileira de Planejamento e Transportes, 1979).

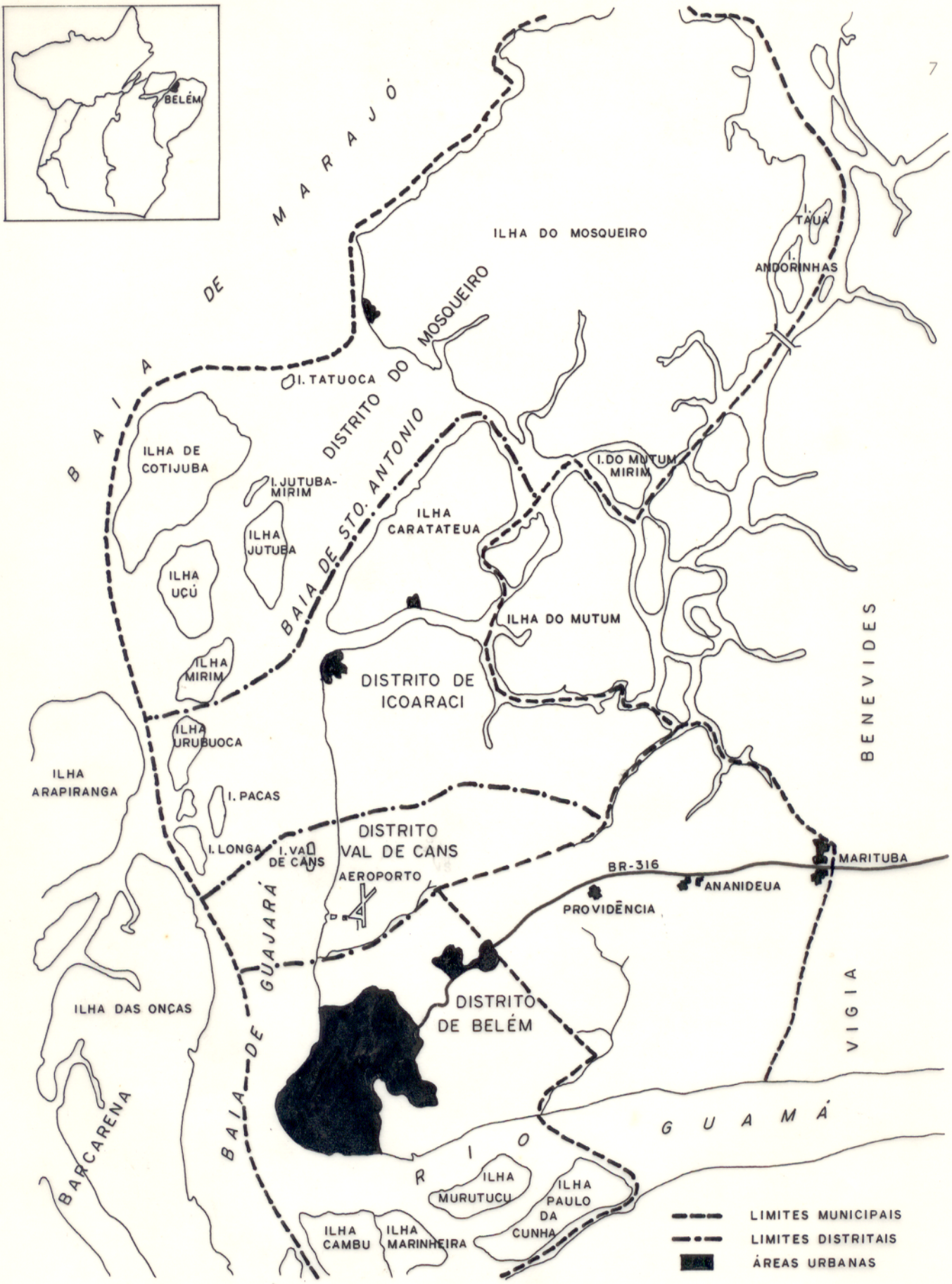
A Região Metropolitana de Belém abrange os municípios de Belém e Ananindeua com 1.221 km^2, compostos de 355 km^2 de terrenos continentais e 866 km^2 de terrenos insulares (CODEM, 1975).

A Região Metropolitana e o distrito de Belém estão caracterizados na figura 1.

O bairro do Jurunas, objeto de estudo, fica situado ao sul da Cidade, as margens do rio Guamá.

Apresenta 84,96% de sua área em terrenos alagáveis, sendo um dos locais mais característicos de baixadas, particularmente nas vias próximas a Avenida Bernardo Sayão onde está localizado o dique do Guamá.

Na figura 2 visualiza-se a localização do bairro na Cidade, além das cotas altimétricas de seus terrenos.



FONTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM, 1975
Plano de Desenvolvimento da Grande Belém

FIG. I - LIMITES DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM.

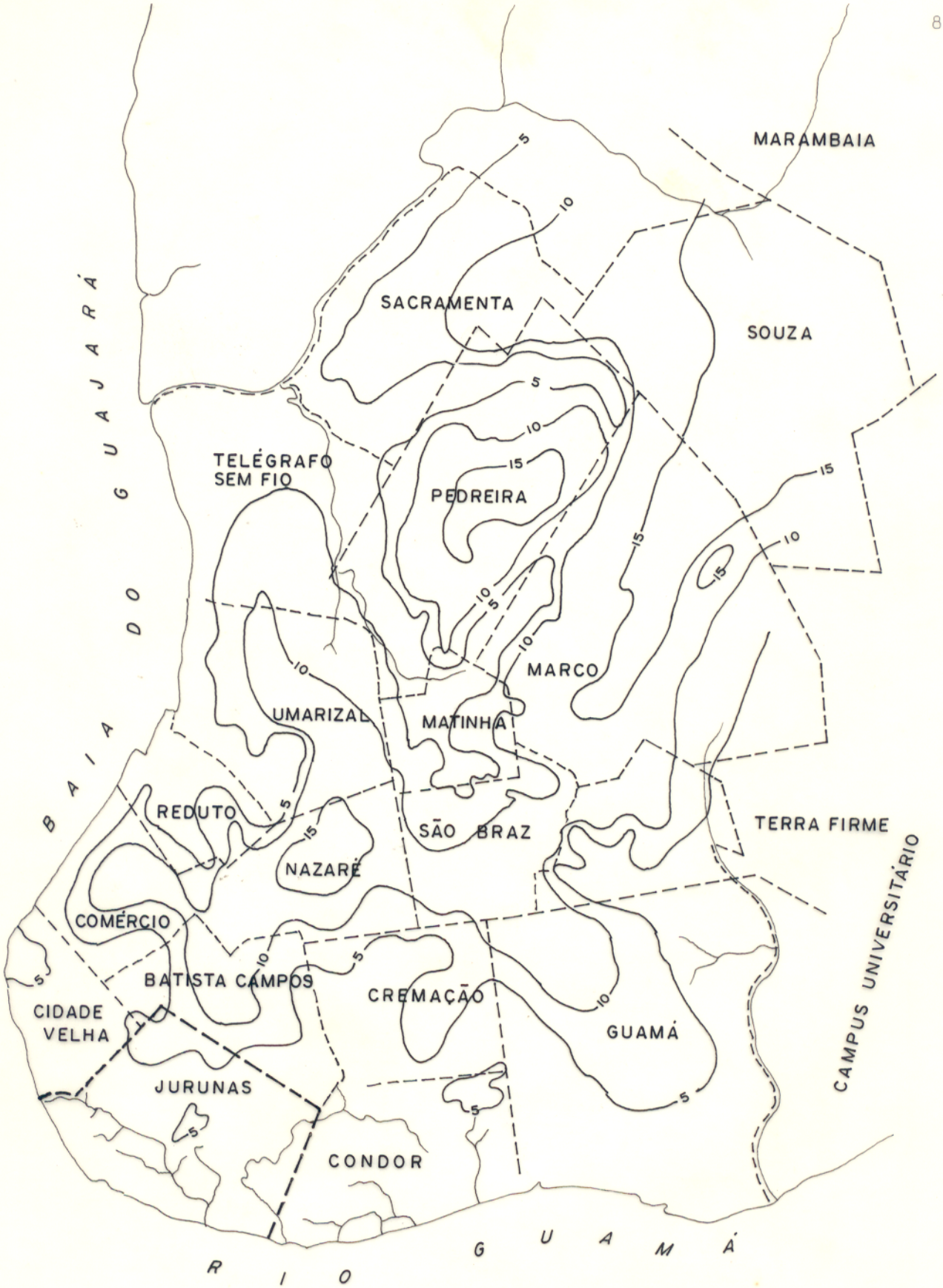


FIG. 2 - LOCALIZAÇÃO DO BAIRRO DO JURUNAS E COTAS ALTIMÉTRICAS DA CIDADE DE BELÉM - PA.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO AMBIENTE LOCAL

2.1. Geologia

A distribuição das unidades litológicas na área de Belém tem, em grande parte, relação com as unidades geomorfológicas identificadas na mesma.

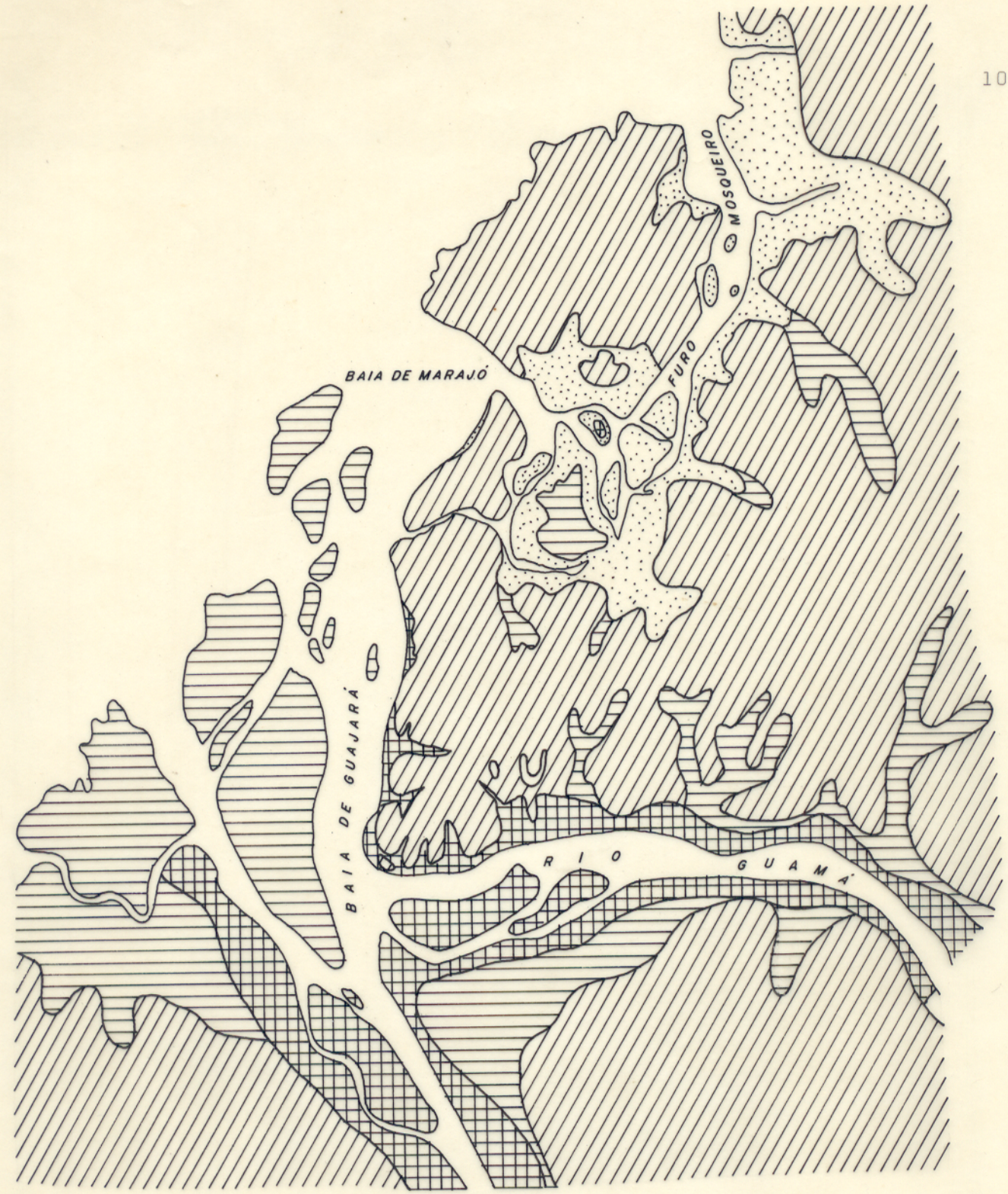
Em um esboço geológico-geomorfológico da Cidade de Belém e áreas adjacentes, apresentada por CODEM (1975) são identificadas quatro unidades principais: a) Terrenos sedimentares do Terciário (Formação Barreiras); b) Terrenos sedimentares do Quaternário (Pleistoceno); c) Sedimentos inconsolidados recentes das baixadas inundáveis e terraços fluviais e d) Sedimentos inconsolidados das planícies fluviais-marinhas, com rios e mangues. (figura 3).

A Formação Barreiras é constituído por sedimentos argilo-arenosos de origem continental, coloração alaranjada à avermelhada e contém zonas de arenitos ferruginosos (grés do Pará) de granulometria fina a grosseira e seixos subarredondados de quartzo leitoso (Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte, 1979). Os sedimentos da Formação Barreiras ocorrem nas áreas mais altas da Cidade.

Sedimentos pleistocênicos areno-argilosos cobrem a maior parte do restante das áreas, não inundáveis da Cidade.

Os sedimentos holocênicos de baixadas inundáveis e terraços fluviais consistem principalmente de argilas de coloração que variam de branco acinzentado a cinza avermelhado, são plásticas, com restos de matéria orgânica. Formam depósitos às margens dos rios, igarapés e furos que drenam as áreas próximas a estes. A essa camada de argila aluvionar se sobrepõem cerca de 3 metros de depósitos recentes, em parte de aterros consolidados pelo tráfego (Brasil, DNOS, 1968).

A camada de argila é muito mole, deixando-se penetrar facilmente pelos amostradores das sondas de percussão. Essa faixa aluvionar, muito estreita ou nula na parte antiga da Cidade, em torno do velho Forte do Castelo, alonga-se ao Curso do rio Guamá e da baía de Guajará estendendo-se até a uns poucos



(*) SUPERFÍCIES PEDIPLANADAS/APLAINAMENTOS POR RETOMADA DE EROSÃO EM TERRENOS SEDIMENTARES.

FONTES: RADAM / LEV. AEROFOTOGRAMÉTRICO (BELÉM, 1973)

FIG. 3 - ESBOÇO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO DO ESPAÇO IMEDIATO DE BELÉM.

quilômetros da margem (Brasil. DNOS, 1968).

Esses sedimentos mais recentes, abaixo da cota de 4m, formados a partir dos depósitos dos rios amazônicos, foram recebendo, ao longo do tempo, assentamentos populacionais e, visto serem áreas sujeitas a inundações frequentes, receberam a denominação de "Baixadas de Belém" (Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte, 1979).

Os sedimentos recentes de planície fluviais-marinhas ocorrem principalmente próximo a Mosqueiro.

Sob as unidades descritas acima encontram-se as rochas carbonaticas da Formação Pirabas, a qual não aflora na área da Cidade de Belém. Ferreira et alii (1973) in Brandão Filho (1983), encontraram sedimentos terciários da Formação Pirabas ao analisar as amostras coletadas no Furo 4 BE-01-PA para pesquisa de água subterrânea na Av. Tavares Bastos, executado pela CPRM a pedido da Companhia de Saneamento do Pará, o qual atingiu uma profundidade de 150m. Essas rochas pertencem ao Fácies Capanema, indicado pela presença do fóssil índice Clamys Capanimensis.

Brandão Filho (1983) também cita a ocorrência de fósseis pertencentes à Formação Pirabas, em sedimentos de sub-superfície no intervalo de 110-130 metros em poço perfurado no Museu Emílio Goeldi, localizado no centro urbano de Belém.

Estudos paleontológicos realizados por Soares (1984), em amostras oriundas no poço nº 3 do Campus Universitário do Guamá, levaram a constatação de que o intervalo de ocorrência da Formação Pirabas, em sub-superfície anteriormente considerado por Ferreira et alii (1978) como estendendo-se entre 110-150m, alonga-se na verdade de 76 a 178 metros.

O embasamento cristalino, na região de Belém, encontra-se a cerca de 4.000m de profundidade (Brasil. DNOS, 1968).

2.2. Geomorfologia

De acordo com CODEM (1975) a área metropolitana de Belém está localizada na região morfológica dos "baixos platôs

amazônicos e planícies litorâneas", área que engloba, a um tempo, duas grandes unidades geomorfológicas regionais: a dos baixos platôs e a das planícies.

O "baixo platô amazônico", na área metropolitana, é representado pelas suas superfícies mais baixas. Pertence à mesma unidade geomorfológica que se desenvolve pela região Bragantina, da qual constitui como que um prolongamento em nível inferior, sendo constituido por terrenos da Formação Barreiras.

Embora bastante rebaixado na área metropolitana de Belém, o baixo platô amazônico constitui o conjunto de "terras altas" especialmente predominante. Apesar do fato de que a reduzida amplitude topográfica dificulta a caracterização das diferentes superfícies, é fácil distinguir-se um nível mais elevado, entre 15-25m, que corresponde aos topos tabuliformes dos principais divisores de águas. Acima dessa superfície tabular mais alta, surgem, tanto em Mosqueiro quanto na porção continental, testemunhos da superfície da zona Bragantina, com mais de 25m de altitude.

A cidade de Belém está situada sob uma superfície dissecada em interfluviais tabulares, elaborada por sedimentos terciários (Brasil, Conselho Interministerial do Programa Grande de Carajás, 1981).

Ocupando o ângulo confinado entre a baía de Guajará,a oeste, e o rio Guamá, ao sul, a cidade se expandiu sobre a porção mais rebaixada e fragmentada do "baixo platô" terciário que constitui as "terras firmes". Extremamente dentilhado por erosão fluvial, aí muito fortalecida pela proximidade dos níveis de base, o baixo platô teve todas suas reentrâncias e a maior parte de sua fachada fluvial preenchida por sedimentos recentes, quer depositados pelos próprios igarapés, quer carreados pelo rio Guamá. O fluxo das marés age como elemento de represamento dos cursos d'água, provocando inundações nos terrenos de planícies até, aproximadamente, a cota de 4m, agindo como elemento vigorizador da sedimentação, já que tais estagnações penetram pelos vales dos igarapés, atingindo áreas já bem centrais do espaço urbanizado (CODEM, 1975).

Na área urbanizada de Belém há maior representação dos níveis de altos (15 - 20m) e médios (10 - 14m) patamares; os baixos patamares (5 - 10m) se apresentam com faixas bastante estreitas, de transição para as baixadas, só assumindo maior representação nas porções terminais das "penínsulas" do "baixo platô" fragmentado. De acordo com a nomenclatura usada pela Empresa Brasileira de Planejamento e Transporte (1979), os patamares altos correspondem aos "tabuleiros" enquanto que os patamares médios e baixos são designados, conjuntamente, como "terraços baixos".

Ao lado desse conjunto de patamares escalonados, fragmentados e muito festonados pela erosão da drenagem superficial, a região de Belém copreende, ainda, outro elemento fisiográfico; as baixadas, que se desenvolvem notadamente ao longo da orla da baía de Guajará e do rio Guamá e ainda às margens de alguns igarapés penetrando assim em áreas centrais da Cidade.

Do ponto de vista topográfico, apesar da presença de três níveis de patamares escalonados a partir do espigão, a Cidade dá a impressão de ser plana. Tal fato se deve a desníveis pouco acentuados e, também, a aterros que vieram mascarar a morfologia local.

2.3. Clima

O clima da área de Belém apresenta características que o aproximam de todos os tipos de categoria equatorial ou seja, o A_f, o A_w e consequentemente o A_m.

- Categoria A_f de Koppen se distingue pelo fato das temperaturas médias mensais poderem apresentar amplitudes de variação de até 5°C.
- Categoria A_w de Koppen se identifica por acusar a presença de uma estação de pluviosidade marcadamente diminuida, porém nunca abaixo de 60 mm.
- Categoria A_m de Koppen, que combina os caracteres dos subtipos anteriores.

Dada a baixa latitude, os raios solares tendem para a verticalidade em todas as épocas do ano, resultando

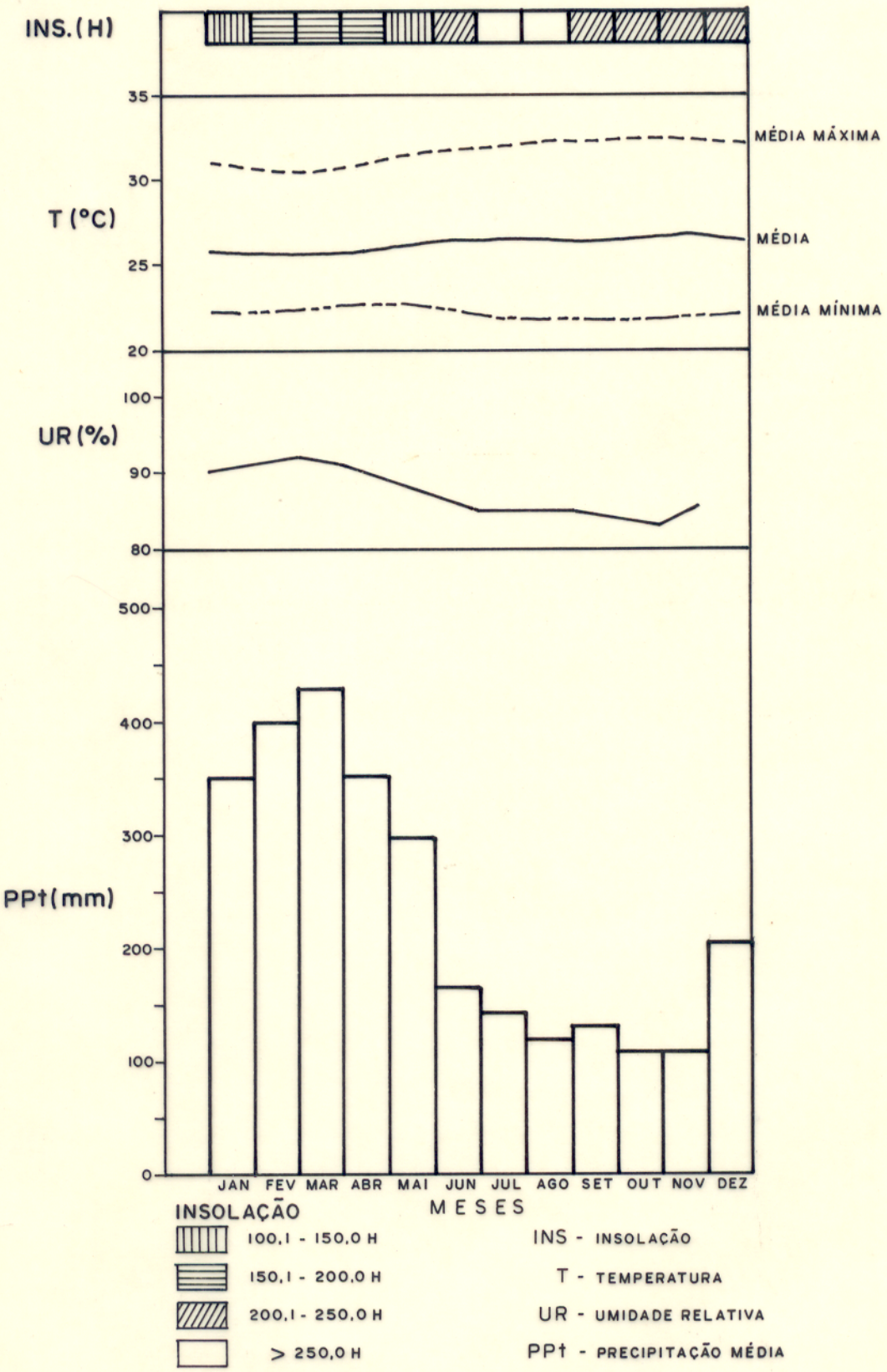
temperaturas médias anuais de 25,9ºC com valores máximos e mínimos de 31,4ºC e 22,4ºC respectivamente. Devido a tais condições, não ocorre variações estacionais térmicas sensíveis que determinem um período quente e um período frio, já que a amplitude entre as temperaturas médias do mês mais quente, 26,5ºC (novembro), e do mês mais frio 25,4ºC (março), é de apenas 1,1ºC. Portanto, quanto ao regime térmico, o clima local se enquadra na categoria A_f de Koppen (CODEM, 1975).

O total anual de precipitações é de 2.761,6mm. As chuvas não se distribuem homogeneamente durante o ano, com nítida predominância entre dezembro e maio (o "inverno") com um excesso de 1250mm e diminuição entre junho e novembro (o "verão"), com deficit de 38 mm. A evapotranspiração potencial é de 1550,0 mm, a precipitação efetiva 1.212,0 mm e a evapotranspiração atual 1512,0 mm (Brasil. Conselho Interministerial do Programa Grande Carajás, 1981).

Dois sistemas regem os mecanismos climáticos da bacia amazônica. a área ciclonal equatorial continental (EC) e os ventos alísios. O primeiro tem origem na área aquecida e coberta de florestas, caracterizando-se por elevadas temperaturas e umidade, ventos fracos ou calmarias e grande instabilidade. Os ventos alísios, de SE e NE, convergem a altura do equador constituindo a "área de convergência inter tropical" (CIT), caracteristicamente seca.

É à alternância de atuação da CIT que se devem os caracteres do clima local belemense, ou seja a existência de duas estações climáticas, o "verão" período mais seco e o "inverno" período mais chuvoso. O "verão" se apresenta com menor pluviosidade, menor nebulosidade, maior insolação, melhor ventilação, maior evaporação e, em consequência, menor umidade relativa do ar. O "inverno" apresenta características contrárias (CODEM,1975). (Figura 4).

Como em toda a área urbana diferenciada, em Belém há ocorrências microclimáticas, que segundo Moreira (1966) podem ser divididas em três zonas. litorânea, central e sub urbana.



FONTE: MINISTÉRIO DO INTERIOR - PROJETO DE HIDROLOGIA E CLIMATOLOGIA DA AMAZÔNIA (ESTAÇÃO BELÉM)

FIG. 4 - VARIAÇÃO ANUAL MÉDIA DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS DE BELÉM (1960-1980).

Na zona litorânea há a influência direta da baía, reduzida arborização e concentração de estabelecimentos comerciais. É a parte da Cidade mais exposta à luminosidade, à irradiação e à ventilação.

Na zona central, as influências da baía chegam atenuadas, parecendo por vêzes nula. É a área melhor arborizada da cidade, apresentando maior estabilidade aérea e como tal melhores condições para caracterização metereológica da Cidade.

A zona suburbana é uma zona de transição entre o clima urbano e o macroclima da região, sendo que nesta as chuvas são mais intensas e a umidade mais acentuada.

É possível que a parte da Cidade voltada para o Guamá constitua uma outra zona microclimática.

2.4. Vegetação

A Floresta Densa é a unidade fitoecológica na qual está situada a Cidade de Belém. Também denominada floresta Hileana, é uma classe de formação que, na Amazônia, é sinônimo de " Floresta Tropical Pluvial ". Própria de climas quentes, úmidos e superúmidos,com redução de chuvas em determinada época do ano, apresenta grandes árvores, frequentemente com mais de 50m de altura, sobressaindo do estrato arbóreo uniforme. De acordo com sua distribuição espacial, essa unidade apresenta variações fisionômicas, refletidas pela posição topográfica que ocupa, muitas vezes caracterizadas por espécies autóctones dominantes. (Brasil, Conselho Interministerial do Programa Grande Carajás, 1981).

Não existem em torno da cidade áreas campestres naturais, tanto na várzea quanto na terra firme, como ocorre em outras partes da Amazônia. Os campos naturais da Vigia não integram o quadro geográfico da capital. A única formação dessa natureza na região belemense parece ter sido a antiga campina da Cidade, hoje ocupada pelo bairro do mesmo nome (Moreira, 1966).

Dentro do seu espaço urbano, nada mais resta da antiga floresta tropical que existia primitivamente. A devasta

ção da mata tem importância não só no quadro fitofisionômico, mas também pelas consequências pedológicas, hidrográficas e climáticas. No primeiro caso, o empobrecimento e degradação dos solos; no segundo, a diminuição de volume e até mesmo o secamento de alguns cursos d'água e no terceiro, a alteração do regime pluviométrico dessa área.

2.5. Solos

O solo da Cidade de Belém, é, predominantemente, o " Concrecionário laterítico "; em Ananindeua e Mosqueiro temos o " Latossolo amarelo " e às margens do rio Guamá (região de baixadas), " Gley Pouco Húmico " (Brasil, Conselho Interministerial do Programa Grande Carajás, 1981).

Os solos concrecionários lateríticos são 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. Ocorrem em relêvo suavemente ondulado e são originados de sedimentos argilo arenosos da Formação Barreiras (Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte,1979).

Os latossolos amarelos são típicos de relêvo plano, apresentando de modo geral boa profundidade e drenagem. Tem origem em sedimentos do Holoceno, podendo muito raramente ser originado da decomposição do argilito do Terciário. São ácidos, com pequena variação de pH entre os horizontes (DNOS, 1970).

Os solos do tipo Gley Húmico apresentam um horizonte superior orgânico-mineral com elevado teor de argila e limo. São originados de sedimentos argilo-sílticos e são pouco profundos; estão localizados em relêvo plano, são pouco permeáveis e mal drenados, predominando às margens dos igarapés (Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes,1979).

Em algumas áreas de baixadas da Cidade encontram-se também solos Podzólicos Hidromórficos e Areias Quartzosas

Vermelhas e Amarelas. Os primeiros são solos minerais, muito arenosos, mal drenados, escurecidos pela presença de matéria orgânica; ocorrem em relevo plano e são derivados de sedimentos arenosos referidos ao terciário e quaternário. Areias quartzosas Vermelhas e Amarelas são solos normalmente profundos, com baixo teor de argila, bem drenados e excessivamente desgastados; são derivados de sedimentos areno quartøsos da Formação Barreiras.

De acordo com Moreira (1966), uma divisão de solos condicionados a Topografia da Cidade incluiria três tipos; solos de igapó, solos de várzea e solos de terra firme.

Os solos de igapós são encharcados, inconsistentes e excessivamente ácidos. No igapó existe a tendência de baixar o nível de água, prolongando o período de inundação. São terrenos criados por erosão e não por sedimentação.

Os solos de várzea, apesar de geralmente mal drenados, não se encontram sempre encharcados, a não ser na fase mais intensa do inverno; são solos argilosos e úmidos. As várzeas belemenses são do tipo " várzea da maré ", e se enriquecem continuamente com os depósitos deixados pelas marés.

Na terra firme os solos são predominantemente areno-argilosos, enxutos e soltos, porém lixiviados e ácidos, dada a alta cota pluviométrica regional, e apresentam boa drenagem.

2.6. Hidrologia

Os elementos hídricos de maior significado para a Cidade são a baía de Guajará e o rio Guamá, além dos inúmeros igarapés que cortam a Cidade, cujos mais importantes são o do Una, Tucunduba e Val-de-Cans.

A baía de Guajará, situada a oeste da Cidade, é, a rigor, um subestuário, no qual vem ter as águas dos rios Guamá e Mojú (Moreira, 1966). É estreita e alongada, ficando comprimida entre o continente e as ilhas fluviais da Onça, de Arapiranga e de Cotijuba, comunicando-se com a ampla baía de Marajó e sofrendo as influências das marés oceânicas. Suas águas são

barrentas e salobras.

Tem sua nascente ao sul, e segue a direção NS até a altura da cidade de Ourém onde seu curso muda bruscamente para oeste. Esta mudança deve ter sido provocada por levantamentos ocorridos naquela região durante o Mioceno, que teria forçado o desvio do rio Guamá e do rio Capim, levando-os a desaguar no estuário e não no oceano, onde originalmente desembocavam (Ackermann, 1969).

De suas cabeceiras, tanto o rio Guamá como o seu afluente, o rio Capim, trazem poucos sólidos em suspensão,pois tratam-se de rios de águas claras. Tais rios são pouco transparentes, com grande quantidade de matéria em suspensão. Estes rios não só sedimentam o seu material, mas também exercem forte atividade de erosão que atacam as margens do sentido horizontal. O material erodido é transportado pela correnteza em direção a embocadura do rio e ao mar. A deposição mais acentuada do material suspenso ocorre, via de regra, perto da margem do rio, (Sioli, 1960). Desse modo não formam várzeas à beira de seus cursos superiores; neles a terra firme, geralmente, avança diretamente até a beira, ou então trechos de igapós marginais acompanham seus cursos.

No entanto, no ourso baixo do rio Guamá, as águas turvas da baía de Guajará, são empurradas ritmicamente para dentro de seu curso, depositando parcialmente sedimentos nas zonas laterais do talveg. Tais sedimentos aloctones, provém de regiões geológicas e mineralogicamente diferentes dos cursos superiores do Amazonas e do sistema fluvial do rio Tocantins, que vão ter ao rio Pará (também denominado baía do Marajó) (Sioli, 1960). São depositados durante a dupla alagação diária das margens do rio, a qual é consequência do movimento das marés das baias de Marajó e Guajará e do próprio rio Guamá, que por sua vez é causado pelas marés do oceano.

Esses movimentos provocam o remanejamento dos sedimentos depositados no fundo do rio e o transporte de sedimentos das margens alagadas, o que pode explicar a grande turvação do baixo Guamá (Egler, & Schwasswann, 1964).

Todo o curso inferior do rio Guamá até muito acima de S. Domingos do Capim, sofre influência das marés, provocando uma periódica correnteza retrocedente da água fluvial, principalmente na estação seca. Durante as marés dos sizígios, a ação das correntes é mais forte, ocorrendo no leito do rio verdadeiras "pororocas" (Penteado, 1967).

As águas barrentas da baía de Guajára se propagam por mistura, no rio Guamá, em consequência das correntes de marés, até a desembocadura do rio Capim. Sioli (1960) sugere que a água proveniente da baía, presente naquele local em uma determinada época, não corresponde a água da baía na embocadura do Guamá, na mesma época, e sim de um período anterior. Esta água teria avançado vagarosamente, por mistura progressiva, rio acima. Mais acima, em OUrém, não se percebe mais a influência das marés sobre a correnteza do rio, não havendo portanto mistura de suas águas com as da baía.

A turvação da água do rio Guamá em frente ao porto da EMBRAPA, é bem elevada, sendo maior que a da água da própria baía. Deve-se supor que dentro do curso do rio, a água se enriquece em partículas suspensas, pela erosão dos sedimentos de várzea, em consequência do movimento das marés. Mas afinal, as partículas não são carreadas para a baía e para o mar, e sim, são deslocadas com a água, acima e abaixo do rio, em cujo domínio, praticamente permanecem. Tal suposição vale pelo menos para águas próximas às margens.

O rio Guamá, situado ao sul da Cidade, apresenta grande interesse não só no aspecto geográfico-hidrológico mas também no que diz respeito ao abastecimento de água da população.

2.7. População

De acordo com o IX Recenseamento geral da Fundação IBGE de 1980, tem-se que a população do distrito de Belém era na época de 822.303 habitantes enquanto que a população do município de Belém era de 949.545 habitantes. Esses dados

estão contidos no Quadro 1, assim como a população rural e urbana dos distritos pertencentes ao município nos anos de 1970 a 1980 e a variação absoluta e relativa daquelas populações. A densidade demográfica do município de Belém em 1980 era de 1.290,14 hab./km^2 com uma taxa de crescimento geométrico urbano de 3,25%. A concentração de imóveis no município esteve acima de 1.400/1.000 km^2.

Segundo o Anuário Estatístico do Estado do Pará (em preparação), a população estimada para o município de Belém em 1982 era de 1.007,503 habitantes, com uma densidade demográfica de 1368,89 hab./km^2. A população estimada para 1984, para a mesma região é de 1.087,620 habitantes, e densidade demográfica de 1.477,74 hab./km^2.

ESPECIFICAÇÃO	POPULAÇÃO RECENSEADA		VARIAÇÃO	
	1970	1980	ABSOLUTA	RELATIVA
BELÉM	585.201	822.303	237.102	40,5
Urbana	572.654	771.446	198.792	34,7
ICOARACI	38.277	83.492	45.215	118,1
Urbana	30.218	58.864	28.646	94,8
Rural	8.059	24.628	16.569	206,0
MOSQUEIRO	11.236	14.668	3.432	30,5
Urbana	6.736	9.012	2.276	33,8
Rural	4.500	5.656	1.156	25,7
VAL-DE-CANS	7.800	29.082	21.282	272,8
Urbana	1.889	1.476	413	28,0
Rural	5.911	27.606	21.695	367,0
T O T A L	642.514	949.545	307.031	47,8
Urbana	611.497	840.798	229.301	37,5
Rural	31.017	108.747	77.730	250,6

Fonte. IBGE

Quadro 1 - Dados comparativos da população recenseada no município de Belém por Distrito, segundo os censos 1970/1980).

3. FONTES DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM BELÉM

Embora pareça um paradoxo, pela riqueza hídrica da região, o abastecimento de água de Belém sempre se constituiu num dos maiores problemas da cidade, desde os períodos coloniais, quando foi aberto o primeiro poço coletivo.

Apesar dos esforços desenvolvidos, especialmente no início do século, quando foram concluidas as obras de represamento e captação das águas dos lagos formadores dos mananciais do Utinga, no ano de 1902, grande parte da população da Cidade não dispunha de água encanada em suas moradias (Penteado, 1967).

Atualmente, estima-se que o número de pessoas abastecidas é de 667.548 o que corresponde a aproximadamente 66 % da população (referenciada à estimativa de população para 1982).

Com a execução do Projeto de ampliação do sistema de abastecimento de água da grande Belém ou Projeto Belém, pretende-se que a população da zona central e da zona de expansão da grande Belém seja totalmente abastecida até o ano 2,000.

Serão comentados a seguir aspectos relacionados ao abastecimento de água da Cidade, abordando tópicos a respeito dos mananciais, da rede de abastecimento e do sistema de tratamento empregado.

3.1. Mananciais

O rio Guamá, os lagos Água Preta e Bolonha e um sistema de poços profundos são as fontes de abastecimento de água da cidade.

O manancial do Utinga que compreende os lagos Água Preta e Bolonha fica situado a NE da cidade, (Figura 5): Os lagos são formados pela barragem de algumas nascentes e igarapés daquela região, reforçados por uma adutora que lhes fornece água do rio Guamá, captada a montante da aglomeração belemense (Penteado, 1967).

O lago Água Preta é uma barragem de terra, construída em 1902 e ampliada em 1951, com capacidade de armazena-

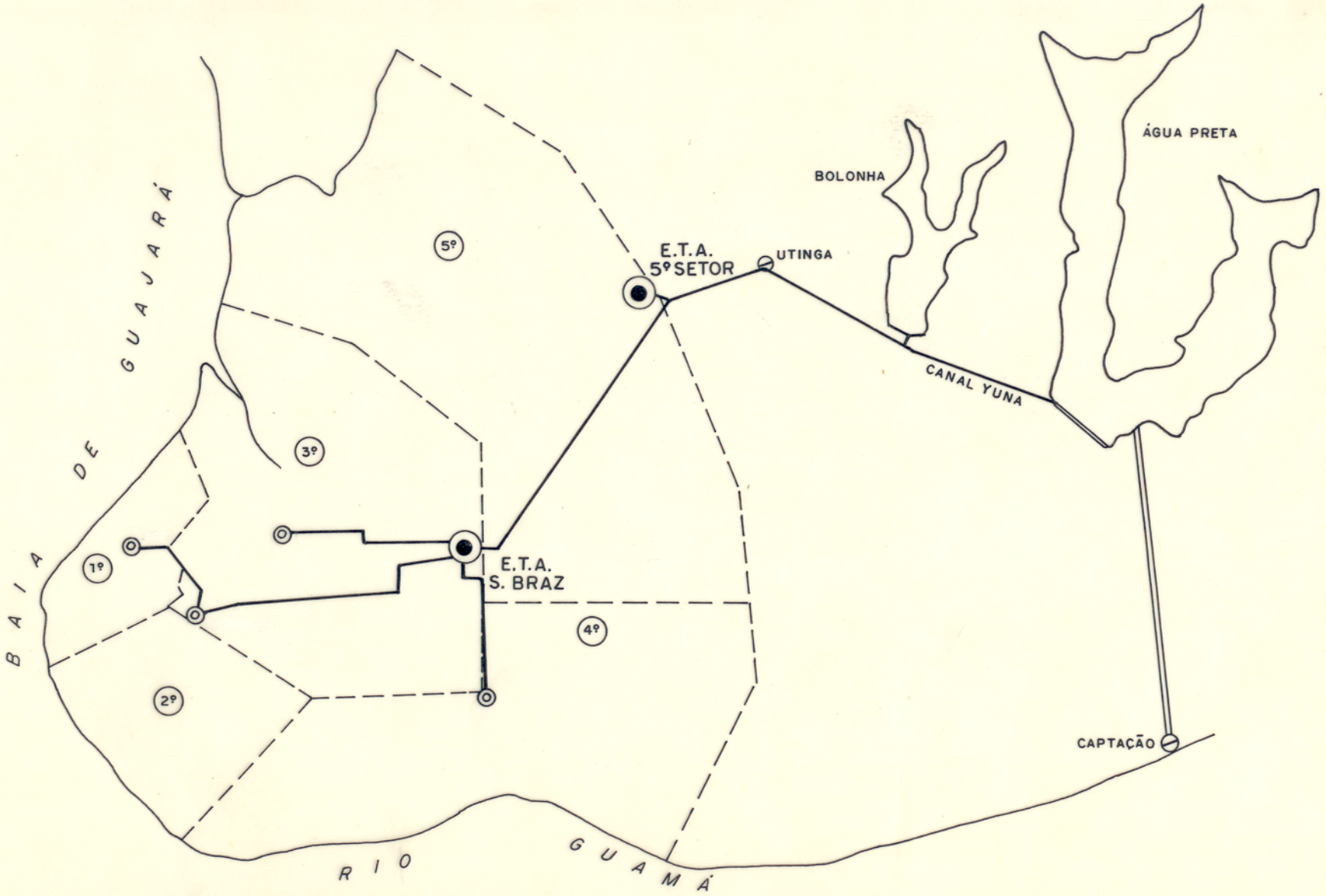


FIG. 5 - LOCALIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS SETORES DE ABASTECIMENTO E MANANCIAL DO UTINGA.

mento de 10 milhões de m^3, área de 3.116.868 m^2 e nível de água máximo de 8,5m (Companhia de Saneamento do Pará, 1983 a).

O lago Bolonha é uma represa também de terra, construída em 1934 e ampliada em 1949, com capacidade de armazenamento de 2 milhões de m^3, área de 512.540 m^2 e nível de água máximo de 7,64 m.

A superfície somada dos lagos perfaz cêrca de 3,6 milhões m^3, com capacidade de armazenamento de 12.000.000m^3, de água.

Quanto ao rio Guamá, sua capacidade de armazenamento é ilimitada, exceto no período de outubro a dezembro, quando suas águas se tornam salobras (Brasil. DNOS, 1968). Este período se caracteriza pela ausência de chuvas na região, o que favorece a entrada das águas do mar na baía de Guajará e no rio Guamá, o que faz com que suas águas tornem-se inadequadas para o consumo público.

As águas do rio Guamá são lançadas no lago Água Preta, através de suas adutoras de diâmetro de 1500 mm em aço e 120mm de concreto, transportando a vazão de 3 m^3/s da elevatória do rio Guamá para o lago, cuja distância é de aproximadamente 3 km (COSANPA, 1983 a).

Para a captação são utilizados quetro conjuntos motor bomba de 300 CV e capacidade de 3600 m^3/h.

A carga recebida do rio Guamá não é constante, depende do nível em que se encontrem os lagos, o que variam com a estação do ano. Tais níveis devem ser sempre elevados, pois caso contrário a insolação chega até as camadas mais baixas do leito d'água, ocasionando um aumento considerável de algas, tornando os lagos esverdeados (FRANCO, Lourival, comunicação oral, 1983).

Durante o período das coletas (1983-84) o lago Bolonha muito pouco era utilizado, ao contrário do Lago Água Preta que supria a elevatória do Utinga. Atualmente, este lago está interligado com o Água Preta, através de um canal aberto, formando um grande reservatório de água bruta.

Quanto ao aspecto dos lagos, se vistos nas proximidades da área de captação, apresentaram-se com águas escuras, sem vegetação aparente, apenas com formações esverdeadas nas margens, principalmente no Bolonha. No entanto, em outras áreas havia presença de vegetação aquática abundante, cor elevada e início de floração de algas, características ocasionadas pelo lançamento direto de esgotos,provenientes de conjuntos habitacionais, localizados à margem de um de seus braços. Havia ainda a presença de troncos de árvores emergentes, o que decorreu provavelmente da falta de um tratamento preliminar do solo da bacia de inundação, por ocasião da construção das barragens. Presentemente, com a efetivação de uma limpesa parcial em ambos os lagos e pela própria mistura de suas águas, as características citadas encontram-se bem menos acentuadas.

Uma outra fonte de abastecimento de água da Cidade são poços profundos ou artesianos. A água extraída desses poços com vazão de 60 - 360 m^3/h é normalmente reunida em tanques, para que seja executada a desinfecção (COSANPA, 1983b).

3.2. Rede de Abastecimento

O serviço permanente de abastecimento de água potável por meio de canalizações foi inaugurado em 1883. Em 1924, grande parte da rede de distribuição já se encontrava obstruída ocasionando falta d'água em bairros afastados pela diminuição de pressão na rede. Em 1936 entrou em funcionamento a primeira estação de tratamento de água de Belém (Cruz, 1944).

O sistema atual da rede de distribuição é o de "rede malhada", a qual divide a cidade em cinco principais setores, orientados pela conformação topográfica da mesma (Fig. 5). Cada setor ficou provido de um reservatório, localizado em ponto elevado, a fim de obter pressões uniformes na rede, com capacidades de 1/50 da água consumida no setor. Há também um reservatório enterrado com capacidade de 1/4 da água consumida diariamente. Cada reservatório enterrado dispõe de uma casa de bombas com poço de sucção amplo e equipado com três bombas para o recalque da água à caixa elevada. O abastecimento dos reservató

rios é feito mediante sub-adutoras que partem de uma fonte central, que no caso, são as elevatórias das ETAS de S. Braz e do 5º Setor (COSANPA, 1983 b).

A água que é tratada nas ETAS, era proveniente do lago Água Preta. Deste lago seguia, a céu aberto, por gravidade, pelo canal Yuna, o qual apresentava-se em condições precárias, até a casa de bombas do Utinga de onde ainda hoje é bombeada através de três conjuntos motor bomba de 500 CV, capacidade nominal de 1,35 m^3/s, da elevatória para a ETA de S. Braz e de três conjuntos de 200 CV, capacidade nominal de 0,70 m^3/s, da elevatória para a ETA do 5º Setor. A elevatória do Utinga está funcionando com toda a sua capacidade disponível, o que por vêzes acarreta problemas para o abastecimento.

As adutoras de água bruta Utinga-S.Braz e Utinga-5º Setor são independentes, e seguem pela Av. Almte. Barroso às respectivas ETAS.

A Estação de Tratamento de Água São Brás encontra-se funcionando com sobrecarga, longe de suas condições ideais. Sua vazão nominal é de 1.200 l/s e a vazão de operação atual é de 1400 l/s.

A Estação de Tratamento de Água do 5º Setor possui vazão nominal de 700 l/s e vazão de operação atual também de 700 l/s, sendo razoável o seu estado de conservação.

A Elevatória de Água Tratada de S. Braz, localiza-se junto a ETA e é responsável pelo recalque intermediário de água tratada de S. Braz até os reservatórios apoiados pelo 1º, 2º, 3º e 4º setores e rede de distribuição. Possui três bombas em operação e seu estado de conservação é razoável (COSANPA, 1983 b).

Os sistemas de distribuição existentes compreendem cinco setores e mais os da Terra Firme, do Una, Marambaia, Cidade Nova e Ipasep.

- 1º Setor - Abastece os bairros do Comércio, Cidade Velha e parte do Reduto com 183 ha de área. Possui cisterna com 4000 m^3 e caixa elevada com 270 m^3, bem como casa de

bombas com 3 grupos eletrobombas de 75 HP. É o mais antigo setor e sua rede, inaugurada em 1905, encontra-se em estado precário, em grande parte danificada por incrustação e ferrugem que obstruem os encanamentos. Possui 5.776 ligações prediais as quais representam 34.644 pessoas abastecidas, tomando-se como base 6 habitantes por ligação. Localiza-se à travessa O' de Almeida e é abastecido pela ETA de S. Braz.

- 2º Setor - Abastece os bairros do Jurunas e Batista Campos e ainda reforça setores próximos. Sua sede, pronta em 1953, possui 2.900 m de sub-adutora em ferro fundido com 600 mm de diâmetro e mais recentemente 26.357 m de rede de distribuição. Possui casa de bombas com poços de sucção, três grupos eletro bombas com 40 HP cada e reservatórios enterrados e de pressão com capacidade para 2.400 m^3 e 160 m^3, respectivamente, para servir uma área de 253 ha (COSANPA, 1983 b). Apresenta 7.588 ligações, que representam 45.528 pessoas abastecidas (6 habitantes por ligação). É abastecido pela ETA de S. Braz e por um poço situado na rua de Óbidos com 270 m de profundidade e vazão máxima de 250 m^3/h. O setor fica localizado à Rua Presidente Pernambuco.

- 3º Setor - Abastece os bairros do Umarizal, Nazaré, S. Braz e partes do Marco, Matinha e Pedreira. É um dos setores mais extensos, servindo uma área de 823 ha, com 63.326 m de rede de distribuiçao. Possui reservatório de concreto com capacidade de 9.100 m^3 e um reservatório elevado com capacidade de 400 m^3. É abastecido pela ETA S. Braz e possui 14.248 ligações prediais, que representam 85.488 pessoas abastecidas (6 habitantes por ligação). Localiza-se à rua João Balby.

- 4º Setor - Abastece os bairros da Condor, Guamá e parte do Jurunas e Cremação. A antiga área habitada deste setor, vem sendo ainda parcialmente abastecida pelo tronco principal do sistema pioneiro, sendo precaríssimo o estado da atual rede de distribuição. Apenas as habitaçoes ao longo da Av. Alcindo Cacela e Trav. Padre Eutíquio sao abastecidas com serviço feito em caráter de emergência. Possui reservatório enterrado com capacidade para 6000 m^3, reservatório elevado para 230 m^3,

casa de bombas com poço de sucçao com três grupos eletro bombas com 125 HP cada, adutora com 1200 m de extensão e 450 mm de diâmetro. A rede de distribuição abrange 81.063 m, cobrindo 428 ha de área arruada e 527 ha de área sem arruamento ou com este deficituoso (COSANPA, 1983 b). Apresenta 27.847 ligações, abastecendo cerca de 167.082 pessoas, levando-se em conta 6 habitantes/ligação.

Esse setor é abastecido pela ETA de S. Braz e por dois poços. Um deles, com 280 m de profundidade, tem sua água lançada diretamente na rede. O outro, com 82 m, tem sua água misturada com água tratada, no reservatório enterrado, para depois ser lançada à rede. Estes poços pertencem a diferentes lençóis subterrâneos. O 4º Setor localiza-se na rua José Bonifácio.

- 5º Setor - Abastece parte da população dos bairros do Telégrafo, Sacramenta, Pedreira, Souza, Marco e Canudos, cobrindo 1.452 ha. Em algumas dessas áreas notadamente no bairro da Sacramenta encontram-se torneiras públicas e poços perfurados pela SESPA e por particulares. Possui ETA com capacidade de 28.000 m^3/24 h, reservatório subterrâneo para 7.000 m^3, torre de pressão com capacidade de 350 m^3, casa de bombas para 3 grupos eletro bombas de 150 HP cada grupo. A alimentaçao desse setor é feita por uma sub-adutora de ferro fundido com 450 mm de diâmetro e 345,50 m de extensão, a partir da Adutora do Utinga. Possui um poço no próprio setor, com 270 m cujas águas são lançadas diretamente à rede com uma vazão de 220 m^3/h. O número de ligações no 5º Setor é de 42.015, correspondente portanto a 252.090 pessoas abastecidas. Localiza-se à rua Perebebuí.

Setor da Terra Firme - Abastece o bairro da Terra Firme e parte do bairro de Canudos. Possui quatro poços dos quais três tem suas águas lançadas no castelo elevado do setor, cuja capacidade é de 1.000 m^3. O quarto poço, que possui maior vazão que os demais tem suas águas lançadas diretamente na rede. Este setor atende cerca de 27.276. O setor está localizado à Av. Perimetral.

- Setor do Una - Contém quatro poços dos quais dois

estão atualmente paralisados para reforma. Dos dois em funcionamento, um tem suas águas tratadas com cloro, e o outro, o de maior vazão, tem suas águas aeradas, filtradas e cloradas antes de serem lançadas à rede. O setor do Una abastece cerca de 13.158 pessoas.

- Setor da Marambaia - Compreende as ETAS I e II. Ambas possuem cinco poços e sistemas de desferrização, filtração e cloração. Este setor atende cerca de 195.210 pessoas. A ETA I localiza-se na Av. Dalva e a ETA II à Av. Tavares Bastos.

- Setor da Cidade Nova - Possui sete poços dos quais três foram abandonados por apresentarem pequena vazão;os quatro em funcionamento recalcam para reservatório enterrado.O número de pessoas abastecidas neste setor é de 27.120.

- Setor do Ipasep - Possui dois poços, sistema de desferrização, filtração e cloração e um reservatório enterrado; abastecendo cerca de 15.162 pessoas.

Na figura mostra-se a localização dos principais setores de abastecimento e do manancial do Utinga.

3.3. Sistema de Tratamento de Água

A Cidade conta com duas estações convencionais de tratamento de águas: a de São Braz e a do 5º Setor. Em ambas utiliza-se o processo convencional de tratamento que consta de coagulação, decantação, filtração, desinfecção e correção do pH.

A ETA de São Braz recebe um volume de água de aproximadamente 5.247 m^3/h e trata aproximadamente 5.185 m^3/h (dados relativos ao mês de outubro de 84).

O processo de coagulação na referida estação é efetuada no canal receptor da água do Utinga denominado canal de chegada ou de mistura rápida, aplicando-se inicialmente cal hidratada a 8%, que tem como finalidade aumentar a alcalinidade do meio. Posteriormente, aplica-se sulfato de alumínio a 8%, cuja função é agregar-se às partículas em suspensão, for

mando hidróxidos gelatinosos, que vão neutralizar os colóides presentes, formando flocos. O tempo de formação dos hidróxidos atraves da mistura é de 1 a 2 minutos.

Floculação - é realizada em tanques ligados diretamente ao canal de mistura rapida. Consiste na agitação lenta da água por um processo de pás mecânicas, com a finalidade de acelerar o processo de formação de flocos, para que haja decantação. Este processo tem duração de aproximadamente 15 minutos.

Decantação - é efetuada em cinco decantadores de fluxo horizontal com capacidade de 15.070 m^3, feitos em concreto. A água que saí dos floculadores, passa por uma cortina de madeira, para reduzir a velocidade, e entra nos decantadores onde desloca-se por gravidade, lentamente, para que haja sedimentaçao. O período de deslocamento desde a entrada no decantador até a canaleta que recolhe a água decantada, é de aproximadamente 4 horas.

A limpeza dos decantadores é feita após 20 a 25 dias de uso, periodo em que ocorre fermentação, o que é verificado pela presença de bolhas de gás na água.

Filtração - para essa etapa são utilizados 32 filtros rápidos de gravidade, os quais filtram a taxa de 180 $m^3/m^2/dia$ e possuem 26,06 m^2 de área filtrante, cada um. A espessura da camada filtrante é de 70 cm, com granulometria diversa indo desde seixo até areia final.

Desinfecção (cloração) - O cloro é aplicado através de aparelhagem especial, após a filtração, na passagem pela canaleta que transporta a água já tratada até o setor de bombeamento.

Correção do pH - é realizada após a desinfecção, aplicando-se cal hidratada, numa concentração que varia entre 6,8 a 7,2%.

A ETA do 5º Setor, diferencia-se da ETA de S. Braz pelos equipamentos e estruturas utilizados. Nesta última,

os equipamentos são seárados para cada processo, enquanto que no 5º Setor as etapas de mistura química, coagulação e deposição estão incorporados numa só unidade na forma de tanques circulares de concreto - acellators.

A ETA do 5º Setor recebe um volume d'água de 2.940 m^3/h e trata 2470 m^3/h aproximadamente (dados relativos ao mês de outubro de 84). Possui 3 acellators, 2 com capacidade de 800 m^3/h e 1 com capacidade de 1600 m^3/h; 16 filtros cuja taxa de filtração é 140 $m^3/m^2/dia$, área de 31.0 m^2 e espessura da camada filtrante de 0,60 m. Para o tratamento utilizam-se os mesmos reagentes da ETA de S. Braz. A lavagem dos acellators é realizada de 15 em 15 dias durante a noite.

O tratamento efetuado nas ETAS I e II é um simples processo de aeração, visando principalmente a remoção dos gases dissolvidos e a diminuição do teor de ferro, pela adição do oxigênio ao meio. Após a aeração procede-se a cloração.

3.4. Projeto de ampliação do Sistema de Abastecimento de Água da Grande Belém.

O projeto de ampliação está em execução e consta de duas etapas: até 1990 atingirá uma vazão total de 5858 l/s e até o ano 2000 uma vazão de 9.030 l/s. A contribuição dos mananciais na primeira etapa será: água de superfície (rio Guamá) 5091 l/s e água subterrânea (poços profundos) 767 l/s.

O projeto prevê a construção de:

- Tomada e elevatória de água bruta, à jusante e próximo da unidade existente, a qual será integrada ao projeto, recalcando água através de oito conjuntos motor bomba (dois reserva) para o lago Água Preta.
- Adutora de água bruta Guamá - Utinga com extensão de 2580 m e 1750 mm, que estará integrada com as duas adutoras existentes.
- Canal Água Preta - Bolonha - canal aberto, revestido em concreto, com 1.050 m de extensão e cujas obras já foram concluidas; liga os dois lagos, incorporando o Bolonha ao sistema, formando com o Água Preta um grande reservatório de água bru-

ta.

- Complexo de Obras do Lago Bolonha:
  - tomada e elevatória de água bruta - construídos à beira do Lago Bolonha, já concluídos mas não em funcionamento.
  - Extravasor - com a finalidade de proteger a barragem de terra existente no lago, já concluído.
  - Adutora de água bruta Bolonha - ETA: transportará à vazão recalcada pela Elevatória de Água Bruta do Bolonha até a nova ETA; consta de uma torre extravasora em aço, junto à Elevatória e uma caixa de chegada junto a ETA.
  - Tomada d'água por gravidade - será construída às margens do Bolonha e terá vazão de 2,2 m^3/s, que será aduzida até a Elevatória do Utinga, atualmente alimentada pelo Canal Yuna em precárias condições.
  - Adutora de água bruta por gravidade Bolonha - Utinga: atenderá as elevatórias existentes no Utinga que continuarão alimentando as ETAS de S. Braz e 5º Setor.
  - ETA do Bolonha - será composta de casa de química, câmaras de chegada de água bruta, calhas parshail, floculadores, decantadores, filtros, sistema de desinfecção, fluoretação e correção final de pH; terá no final da 2ª etapa do projeto uma vazão de água bruta de 6,72 m^3/s e vazão de água tratada de 6,40 m^3/s.
  - Elevatória de água tratada do Bolonha - destinada a recalcar água tratada para a zona central de Belém e a zona de expansão. A elevatória de água tratada de S. Braz passará a abastecer somente os 1º, 2º e 3º setores.
  - A adutora de água tratada ETA Bolonha - S. Braz será construída em aço e ao longo do caminho alimentará o 7º e 9º setores, através de sub adutoras e na chegada o próprio 6º setor (S. Braz). A partir deste serão servidos o 4º e 8º setores através de sub adutoras. Os setores citados referem-se a Zona Central de Belém.
  - Adutoras de água tratada da zona de expansão serão responsáveis pela adução de parte da água tratada na ETA do Bolonha, destinada à Zona de Expansão de Belém; na 1ª etapa atenderão aos bairros

atenderão aos bairros da Cidade Nova, Coqueiro, Guanabara e Benguí; na 2ª etapa será construida nova adutora com trajeto inicial paralelo a 1ª etapa, de modo a atender ao final os seguintes bairros/localidades: Cidade Nova, Coqueiro, Guanabara, Benguí, Marambaia, Marituba, Ananindeua, IPASEP, Icoaraci e Val-de-Cães.

São ainda previstos a construção de três novos setores - 9º, 8º, 6º e a perfuração de quatro poços profundos nos setores da Marambaia, Cidade Nova, Marituba, Ananindeua (Sistema integrado) e IPASEP.

4. REDES DE ESGOTAMENTO E DRENAGEM

4.1. Esgotos Sanitários

Belém foi uma das primeiras cidades do Brasil a iniciar a construção do sistema de esgotos sanitários em 1906. A execução do projeto prosseguiu até 1915, com 45 quilômetros da rede construídos, dos 79 Km projetados. As obras foram paralisadas em consequência da rescisão de contrato com a firma inglesa construtora. A rede foi construida em trechos isolados e a falta de troncos, emissários e instalações de bombeamento e lançamento final, impediram seu funcionamento até 1977, quando foram retomadas as obras.

Embora existam projetos atuais incompletos para a área urbana de Belém é este o serviço público menos difundido. Existem apenas 11.452 prédios esgotados sobre o controle cadastral; os demais lançam seus efluentes na rede pluvial ou nas águas de superfície (córegos) geralmente existentes nas baixadas. O sistema reprojetado atenderá uma população estimada em 1.050.000 habitantes; será do tipo separador absoluto, sendo o coeficiente de retorno de 80% "per capita" d'água.

A situação atual do sistema de esgoto é a seguinte:

- Rede coletora, já implantada, atingindo 82 km, sendo servidas 71.000 pessoas, cerca de 7,8% da população urbana; a área a esgotar tem 3.660 ha, dos quais 410 ha estão atendidos. (Figura 5).
- Elevatória final do Una com capacidade para bombear à vazão máxima de 960 l/s.
- Lançamento sub-aquático (provisório) em tubulação de diâmetro de 800 mm, com extensão de 200 m, em terra, e em tubulação de 800 mm, com 134 m, na baía de Guajará.
- Extravasor com 334 m de extensão e 1200 m de diâmetro.
- Volume coletado: 10.000 m^3/dia.

Não foi projetado tratamento primário dos efluentes e sim um tratamento preliminar, constituido de estação elevatória equipada com grades, caixa de areia e bombas especiais. Estas promóvem a retenção ou desintegração de matéria fecal e materiais grosseiros.

No âmbito domiciliar, a situação do esgotamento é bastante precária. Segundo a CODEM (1975), 47,96% dos domicílios possuem fossa negra, dentro ou fora dos mesmos, e 2,60% não possuem, ou as tem coletiva. Apesar da bibliografia citada não se referir a respeito, presume-se que, os 49,44% de domicílios restantes possuam fossas adequadas ou lancem seus dejetos na rede de esgoto (apenas 11.452 prédios) ou, ainda, os lancem na rede pluvial.

4.2. Controle de Inundações e Bacias de Drenagem

Um dos grandes problemas da Cidade referesse à drenagem e ao controle de inundações, devido a topografia do terreno em que está localizada, ocasionando retenção e estagnação das águas nas áreas mais baixas. No entanto, nem todos os trechos baixos, participam das formações palustres: alguns são inundáveis por efeitos das marés, tratando-se nesse caso de uma questão hipsometrica e não de conformação do terreno (Moreira, 1966).

Assim, uma extensa rede de igarapés, que corta os setores sul e oeste da área urbana, facilita a penetração acentuada das marés da baía de Guajará e do rio Guamá, acarretando o alagamento das baixadas, que só tem condições de drenagem superficial quando das marés baixas. Tal condição é agravada pelo período chuvoso que se prolonga por seis meses e ultrapassa os 2700 mm/ano. Há contudo, trechos hipsometricamente mais baixos, em relação ao nível médio dos terrenos marginais da baía, como é o caso da Av. Alte. Tamandaré e adjacências - área outrora ocupada pelo alagadiço do Pirí, hoje aterrado.

Entende-se por bacia de drenagem a área delimitada por dois divisores de águas. Para efeito de saneamento a

Cidade foi dividida em 10 bacias de drenagem (Brasil, DNOS, 1968), abaixo descritas:

Bacias	Área total (ha)
Una	3.300
Reduto	94
Armas	160
Comércio	37
Tamandaré	174
São José	150
Estrada Nova I	
Estrada Nova II	436
Estrada Nova III	
Tucunduba	852

Na " Monografia das Baixadas de Belém " (SUDAM, 1976) as referidas bacias estão distribuidas em cinco áreas de estudo (A, B, C, D e E) compreendendo 5.017 ha dos 18.000 ha pertencentes ao distrito de Belém. Nestas áreas encontra-se a maior concentração populacional da Cidade. Há algumas alterações, em relação as bacias do DNOS, no que tange a extensão em ha, o que pode ser verificado no Quadro 2.

A área de estudo " A " compreende a bacia do Una e tem como principal elemento de drenagem o igarapé do Una. A área " B " compreende as bacias do Reduto e do Igarapé das Armas; os elementos de drenagem, os canais do Reduto e das Armas são abertos e revestidos em concreto. A área "C" compreende as bacias do Comércio, Tamandaré e São José, tendo como principal elemento de drenagem o canal Tamandaré, aberto e revestido em concreto. A área " U " compreende as bacias da Estrada Nova I, II e III, tendo como elementos de drenagem o canal em terra que margeia a Av. Bernardo Sayão (Dique do Guamá) e o igarapé Chermont. A área " E " compreende a bacia do Tucunduba e mais 203 ja de outras terras fora da referida bacia; é drenada principalmente pelo igarapé Tucunduba.

O bairro do Jurunas apresenta 59,69% de seus terrenos alagáveis na área de estudo " C " e 16,63% na área de es

ÁREAS DE ESTUDO	EXTENSÃO EM HECTARE (a)	TERRAS ALAGÁVEIS EM Ha. (b)	% b/a
A	2.531	689	27,22
B	274	84	30,66
C	361	191	52,90
D	796	469	58,91
E	1.055	575	54,50
UNIVERSO DO ESTUDO	5.017	2.008	40,02

Fonte: Medidas Planimétricas da Comissão de Recuperação de Baixadas a partir do levantamento aerofotogramétrico de Belém CODEM e dados do DNOS.

Quadro 2 : Áreas de Estudo e Terras Alagáveis Correspondentes Cidade de Belém (1974)

tudo " D ", de acordo com o Quadro 3.

A área de estudo " C " localiza-se na parte mais urbanizada e, portanto, mais densamente povoada da Cidade. É constituida pelos bairros de Batista Campos, Cidade Velha, Comércio e Jurunas. Corresponde a 3ª área mais alagável, pois 52,90% da sua extensão é formada por baixadas; a maior parte desses alagadiços deve-se aos bairros da Cidade Velha e Jurunas que contribui com 85% das baixadas existentes na área C.

Apesar da existência do canal Tamandaré, totalmente concluido e com sistema de comportas, essa área é bastante vulnerável às águas, devido a seus antecedentes hídricos e a inúmeras reentrâncias tanto na baía de Guajará como do rio Guamá, caracterizadas pelas " docas " que possibilitam a invasão das águas por ocasião das marés.

A área de estudo " D " é a primeira em percentagem de terras alagáveis, apresentando-se com 59% destas. Envolve os bairros mais baixos da cidade como Condor, Batista Campos, Guamá, Cremação e Jurunas.

A existência do chamado " dique do Guamá ", percorrendo a Av. Bernardo Sayão, diz tudo da facilidade com que as marés avançam sobre essas terras. É a obra de maior importância na defesa contra enchentes provocadas pelo rio Guamá. Tem extensão de 6,5 km começando nas imediações da Rua Triunvirato, sendo 5,5 km ao longo do Guamá e 1 km perpendicularmente à margem , para enraizamento numa elevação do terreno, Termina próximo ao Campus Universitário. Há ainda o grande igarapé Chermont que com seus meandros domina toda a área considerada.

4.3. Rede pluvial

A rede pluvial da área urbana é de eficiência muito baixa, pelas seguintes razões:

- inexistência de um projeto global articulado com projetos desenvolvidos para as baixadas;
- antiguidade e má conservação da rede;

BAIRROS	TERRAS ALAGÁVEIS SEGUNDO AS ÁREAS DE ESTUDO (Ha)											
	A	%	B	%	C	%	D	%	E	%	TOTAL	%
Terra Firme +	-	-	-	-	-	-	-	-	371	64,52	371	18,48
Guamá	-	-	-	-	-	-	106	22,60	125	21,74	231	11,50
Condor	-	-	-	-	-	-	107	36,25			170	8,47
Cremação	-	-	-	-	-	-	77	16,42			77	3,83
Bat. Campos	-	-	-	-	14	7,33	36	7,68			50	2,49
Jurunas	-	-	-	-	114	59,69	78	16,63			192	9,56
Cid. Velha	-	-	-	-	49	25,65					49	2,44
Comércio	-	-	-	-	14	7,33					14	0,70
Nazaré	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São Bráz	9	1,31	-	-	-	-	2	0,42	15	2,61	26	1,29
Canudos	-	-	-	-	-	-	-	-	19	3,30	19	0,95
Reduto	-	-	38	45,24	-	-					38	1,89
Umarizal	23	3,34	45	54,76	-	-					69	3,44
Matinha	32	4,64									32	1,59
Marco	2	0,30							45	7,83	47	2,34
Pedreira	87	12,63									87	4,33
Telégrafo	154	22,35									154	7,67
Sacramenta ++	236	34,25									236	11,75
Marambaia	4,5	0,65									4,5	0,02
Souza	0,5	0,07									0,5	0,02
Outros	141	20,46									141	7,02
Total de terras alagáveis	689	100,00	84	100,00	191	100,00	489	100,00	575	100,00	2.008	100,00

Fonte : Medidas Planimétricas da Comissão de Recuperação de Baixadas a partir do levantamento aerofotogramétrico de Belém - CODEM e dados da FIBGE e DNOS.

\+ - Note-se que dos 371 Ha. deste bairro 114 ha. situam-se fora da Bacia do Tucunduba

++ - 15 Ha. deste bairro situam-se fora do universo do estudo.

Quadro 3 : Distribuição das terras alagáveis dos bairros pelas áreas de estudo da Cidade de Belém

- estrutura de meios fios, sarjetas, bocas de lobo e caixas de areia, inexistentes ou inadequadas.

- Esta rede pluvial superada deverá ser progressivamente substituida por uma nova, implantada a partir dos sistemas de drenagens construidos para controle de inundação das baixadas (CODEM, 1975).

5. A PROBLEMÁTICA DAS BAIXADAS

5.1. Caracterização das Áreas de Baixadas

Entende-se por baixadas as áreas alagáveis situadas abaixo da cota topográfica de 4m, referida ao nível médio das marés. Esses terrenos constituem o maior problema urbano de Belém, pois atingem 40% da área mais povoada da Cidade, ou seja 2.008 ha, e cerca de 28% da área total da mesma. As áreas de baixadas da Cidade são mostradas na figura .

A ocupação dessas áreas se fez por pressão demográfica notadamente pelas populações de baixa renda e pela impossibilidade de crescimento periférico ou de maior adensamento das áreas favoráveis, praticamente saturadas.

As baixadas desenvolvem-se ao longo da orla da baía de Guajará e do rio Guamá e, pelos vales dos igarapés, avançam para o interior do espaço urbano. Caracterizam-se por apresentarem condições insatisfatórias, no que se refere a (CODEM, 1978b):

- impossibilidade de implantação de sistema de água potável, esgoto sanitário e coleta de lixo;
- habitações subnormais, desordenadamente distribuidas, dotadas de pequenas pontes como vias de acesso;
- deficiência no atendimento hospitalar, com o estabelecimento de pequenos ambulatórios, que substituem unidades sanitárias adequadas;
- proliferação de escolas que apresentam apenas uma sala de aula;
- quase inexistência de linhas telefônicas;
- fornecimento de energia abaixo dos índices recomendáveis;
- sistema viário deficiente.

5.2. Saneamento Básico

O saneamento do meio ambiente tem certos objetivos como abastecimento de água, coleta e disposição de águas residuárias, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e/ou

destino final dos resíduos sólidos, controle de poluição ambiental (Feachen et alii, 1980). Todos esses aspectos estão intimamente relacionados com a problemática das baixadas.

5.2.1. Serviço de Água e Esgoto

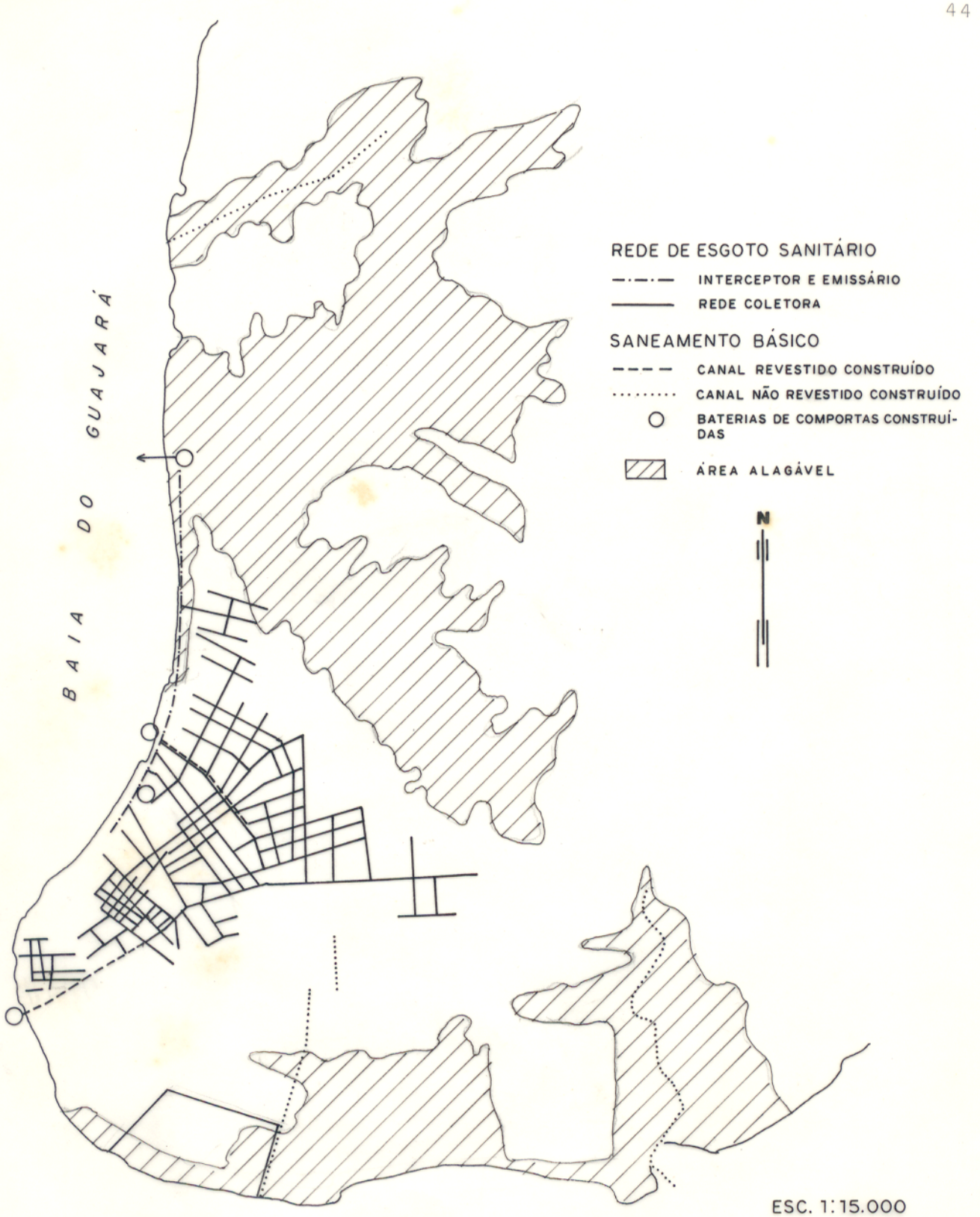
Há ausência de abastecimento de água em algumas áreas de baixada, principalmente nas "passagens" vielas sem qualquer alinhamento ou infraestrutura decorrente da própria situação dessas artérias, que não possuem condições infraestruturais para o assentamento da tubulação geral de água. Na maioria dos alagadiços, onde o acesso é possível por meio de " estivas " (pontes de madeira que servem de ruas), não pode haver escavação antes que a área seja aterrada, (SUDAM, 1976).

Estender água potável no leito pantanoso de uma artéria é incoerente, pois ofertar água potável para a população aí existente, seria louvável se não fosse também uma ameaça à saúde da comunidade. Uma tubulação por ventura localizada num pântano, caso sofra qualquer perfuração, passará a infiltrar na rede, podendo acarretar contaminação na rede geral.

Com relação à rede de esgoto, pela figura 6 verifica-se que praticamente todas as localidades de baixadas da Cidade não dispõem desse serviço. Pelo contrário, os acidentes hídricos existentes servem de escoadouros naturais dos dejetos das populações residentes em palafitas, agravando cada vez mais as precárias condições sanitárias vigentes nessas áreas.

Até em locais mais urbanizados, a existência da rede de drenagem para águas pluviais é rara. Mesmo junto às vias principais, existem ruas ou trechos onde não foram realizados quaisquer serviços, que contribuam para complementar a drenagem que é feita através da rede de esgotos existentes.

Pouquissímos são os trechos de baixadas que possuem esgotos pluviais, o que é drástico, já que as águas de chuvas convergem naturalmente para essas áreas, aumentando a pressão das marés, dos acidentes hídricos lá existentes.



FONTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM, 1975
Plano de Desenvolvimento da Grande Belém

FIG. 6 - REDE DE ESGOTOS SANITÁRIO E SANEAMENTO BÁSICO DE BELÉM.

5.2.2. Serviço de Limpeza Pública

O serviço de coleta de lixo das baixadas é bastante ineficiente, pois não existem ruas pavimentadas, onde possa trafegar o carro de coleta; deste modo, os moradores, privados do serviço regular, lançam os resíduos domiciliares em locais próximos de suas casas ou em áreas de aterro. Os moradores de palafitas, na maioria das vezes, jogam o lixo no leito dos igarapés, provocando graves consequências para a saúde pública. Por outro lado, certas pessoas perfuram poços freáticos e quando a água dos mesmos torna-se imprópria, ocasionando desarranjos fisológicos, elas os utilizam para lançamento de lixo doméstico.

5.2.3. Serviço de Saúde

A comprovada falta de assistência médica direta aos residentes das baixadas pode ser atribuída às mesmas causas que dificultam a instalação da maioria de outros implementos de urbanização; carência de infra-estrutura mínima, obstacularizando o funcionamento nesses locais de qualquer unidades hospitalares. Encontram-se apenas ambulatórios, pois estes requerem aparelhamento médico simples.

Ainda que exista um posto de saúde pública em cada bairro, essa unidade não oferece condições para atender a demanda de grande parcela da população carente. Tais postos localizam-se, na maioria das vezes, em artérias que, no máximo, ficam próximas as áreas de baixadas.

A higidez dos moradores das baixadas pode ser generalizada da seguinte maneira: a deficiência de hábitos de higiene concorre para uma alta taxa de verminose. Hábitos alimentares inadequados e a falta de alimentos ocasionam a subnutrição e doenças carenciais. Prevalece o baixo nível de educação sanitária e doméstica, tendo como resultado altos índices de mortalidade infantil (SUDAM, 1976).

5.3. Aspectos Esconômicos e Habitacionais

Segundo pesquisas do IBGE em (1970), 77% das famí

lias urbanas enquadram-se na faixa de renda de zero a três salários mínimos, havendo predominância da faixa de um a um e meio salários, com 20% daquele total.

Os moradores das baixadas são, na sua maioria, pessoas com faixa salarial baixa ou sem renda fixa, o que dificulta a melhoria do seu nível de vida, fato agravado pelo elevado número de dependentes que frequentemente certas famílias possuem.

Do ponto de vista habitacional há predominância marcante de barracas de madeira, em um ou outro ponto interrompidos por casas de pau-a-pique ou modestas construções de alvenaria.

Na grande maioria, as edificações apoiam-se sobre terrenos encharcados ou alagados. No primeiro caso, porque se encontram em terrenos de espessura insuficiente e no segundo caso, porque estão diretamente implantados sobre as águas que inundam tais áreas. Devido à umidade dos terrenos ou a presença quase constante de águas, constroem-se verdadeiras palafitas.

Nessas moradias encontram-se cômodos excessivamente reduzidos, sem iluminação ou ventilação natural, existindo habitações onde um único compartimento desempenha simultâneamente as funções de sala, quarto e cozinha, para famílias geralmente numerosas.

As vias públicas não são pavimentadas, iluminadas ou arborizadas. A drenagem pluvial é feita por canais escavados de ambos os lados das vias, obrigando que as casas se liguem ao leito de rodagem, por rústicas e pequenas pontes de madeira. Nos pontos mais alagados, nem mesmo existem vias. Neste caso a circulação geral é feita por alongadas estivas, passarelas exclusivas para pedestres, e que se ligam às moradias por estivas menores . Por vezes não há o que se pode chamar de arruamento; as casas são dispostas sem alinhamento, frequentemente uma atrás das outras, acessíveis por estreitos corredores que, em labirinto, se desenvolvem por entre elas.

5.4. Concentração Populacional

A população das baixadas perfazem cerca de 40% da população urbana, podendo-se dizer que aquelas vem sendo o grande suporte de crescimento populacional da Cidade (SUDAM, 1976).

As áreas das bacias "C" e "D" conforme o Quadro 4 são as que apresentam maior densidade populacional em terras alagáveis, no universo de estudo da monografia das baixadas de Belém.

O número de crianças nas áreas de baixadas é bastante elevado, chegando em alguns casos a 50% da população total (SUDAM, 1976).

Tal fato pode ser verificado quando da realização das coletas de água, para o presente trabalho.

ÁREAS DE ESTUDO	POPULAÇÃO TOTAL (X)	TERRAS ALTAS			TERRAS ALAGÁVEIS		
		POPULAÇÃO ABSOLUTA (Y)	% Y/X		POPULAÇÃO ABSOLUTA (Z)	% Z/X	DENSIDADE hab/ha
A	310.590	205.572	66		105,018	44	152
B	44.928	33.516	75		11,412	25	136
C	71.376	27.288	38		44,088	62	231
D	153.258	60.924	40		92,334	60	197
E	76.128	44.904	31		31,224	69	54
TOTAL	656.280	327.204	57		284,076	43	141

Fonte: Tabela elaborada pela CRB a partir da Planta Cadastral de Belém - CODEM - 1973.

OBS: População estimada através da contagem das casas registradas na Planta Cadastral de Belém de 1973, atribuindo-se a média de 6 (seis) pessoas por domicílio.

Quadro 4 : População estimada das áreas de estudo da Cidade de Belém.

6. ÁGUAS E DOENÇAS

A nocividade da água está relacionada não só a sua qualidade mas também a quantidade (Feacheh et alii, 1980).

Em alguns locais a escassez de água está ligada diretamente a consequências à saúde da população, principalmente na de baixa renda. Isso se deve ao fato da dificuldade da higiene corporal e do ambiente, acarretando um ciclo vicioso: falta d'água, falta de higiene, enfermidades decorrentes da falta de limpeza. A incidência de certas doenças diarréicas,do tipo shigelose, varia inversamente à quantidade da água disponível "per capita", mesmo que esta seja de boa qualidade.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, 80% de todas as doenças que se alastram nos países do 3º mundo, são provenientes de água contaminada (Batalha & Parlatore, 1977).

O consumo diário per capita para bairros com pouco consumo industrial, comercial e público é de 180 ℓ (CODEM , 1975).

A importância sanitária do abastecimento de água é das mais ponderáveis. A implantação ou melhoria desses serviços, traz como consequencia, uma rápida e sensível melhoria na saúde e condições de vida de uma comunidade, principalmente através do controle de prevenção de doenças, de promoção de hábitos higiênicos e da melhoria da limpeza pública. Em outras palavras há uma diminuição sensível na incidência das doenças relacionadas à água e indiretamente a diminuição da incidência de outras doenças.

Devido às condições dos sistemas de abastecimento, tratamento e distribuição, as águas potáveis não são totalmente isentas de microrganismos de todos os tipos visto ser inviável técnica e economicamente. Desde que os microrganismos presentes não causem danos a saúde do consumidor, e não deteriorem a qualidade da água, ela estará qualificada para o consumo. Deve ter, portanto, ausência de microrganismos patogênicos, de indicadores de contaminação fecal e um mínimo de ou

tras bactérias.

6.1. Doenças Provocadas por Contaminantes Tóxicos

As doenças provocadas pela presença de contaminantes tóxicos na água de abastecimento estão classificadas entre as "doenças de origem hídrica". Nestas estão incluidas.

Fluorose dentária - ocasionada pela presença na água de concentrações maiores que 1 ppm de flúor;

Saturnismo ou envenenamento pelo chumbo, elemento de efeito cumulativo no corpo humano; teores diários de 0,3 a 0,6 mg são suficientes para provocar a doença;

Metahemoglobinemia, causada pela ingestão continuada de concentrações superiores de 10 ppm de nitratos (expresso em nitrogênio); ocorre mais frequentemente em crianças;

Envenenamentos metálicos, podendo ser ocasionados por teores inadequados de Prata (causando argirismo), Cobre, Zinco e por vêzes o Ferro.

Desarranjos intestinais, resultantes da presença, na água, de excesso de substâncias alcalinas, sólidos totais, matéria orgânica ou, ainda, resultantes da falta de certas substâncias com as quais o organismo acostumou-se.

6.2. Doenças Causadas por Microrganismos

As doenças ocorrem como consequência da contaminação das águas de abastecimento por excretas, de pessoas ou animais infectados por microrganismos patogênicos, são denominadas "doenças de transmissão hídrica".

São quatro as classes de microrganismos que podem estar presentes nas águas naturais e de abastecimento capazes de infectar os seres humanos e originar doenças de transmissão hídrica:

Bactérias - causadoras de febre tifóide e paratifóide, desinteria bacilar, cólera, leptospirose.

Protozoários - causadores de amebíase e giardíase.

Helmintos (vermes) e larvas - causadores da esquitossomíase, ascaridíase e ancilostomíase.

Vírus - causadores de hepatite infecciosa e poliomielite.

Várias moléstias de origem bacteriana têm sido associadas, com segurança, ao abastecimento de água (Branco, 1978). Entre estas, algumas de caráter epidêmico, dizimou populações em épocas passadas. A família das Enterobacteriaceaes são frequentemente veiculadas por águas que recebem contaminação fecal. Neste grupo, encontram-se bactérias parasitas como as do gênero Shigella e Salmonella, bactérias patogênicas ocasionais como as do gênero Proteus e Klebsiella e bactérias saprófitas que causam doenças em circunstâncias excepcionais como as do gênero Escherichia e Enterobacter.

Vários protozoários causam doenças intestinais e são transmitidas pelas águas, por alimentos, por moscas e por contato direto pessoa a pessoa. Entre estes temos a Entamoeba histolytica e a Giardia lamblia. Diversas doenças também causadas por protozoários são transmitidas por artrópodos vetores, como é o caso da malária.

Várias verminoses são veiculadas pela água, constituindo importante problema de saúde pública, principalmente entre os grupos de população, que vivem em áreas carentes de saneamento básico. No entanto, não é raro, nos centros urbanos, a contaminação da rede de abastecimento pela rede de esgoto. Uma moléstia de crescente importância no Brasil, veiculada por um verme, é a esquistossomose (Branco, 1978). Os principais vermes causadores de doenças são: Schistosoma mansoni, Taenia solium (solitária), Ascaris lumbricoides e os gêneros Trichocephalus, Ancylostoma e Necator (os quais eventualmente podem ser veiculados pela água).

Os vírus somente podem se reproduzir no interior de tecidos vivos vegetais ou animais; portanto, são considerados parasitas obrigatórios. A grande maioria dos vírus encontrados nas águas de esgotos são de origem humana, excretados nas fezes, pertencentes via de regra, ao grupo dos Enterovirus.

Entre estes estão os Adenovirus, Coxsachie, Echovírus e o vírus da hepatite infecciosa.

As doenças causadas por agentes microbianos apresentam caráter infecioso ou parasitário. Podem ser adquiridos por via oral ou por via cutânea - pele ou mucosa (Cetesb,1978), o que será abordado a seguir.

6.2.1. Doenças Adquiridas por Via Oral

As doenças adquiridas por via oral, segundo a importância da água como veículo, são: cólera, febre tifóide e paratifóide, hepatite infecciosa, gastroenterite infantil, desinteria bacilar, amebíase, giardíase, poliomielite, helmintoses (ascaridíase).

A febre tifóide e paratifóide, cólera e desinteria bacilar são as principais enfermidades hídricas da zona tórrida e dos países subdesenvolvidos, podendo ser eliminadas por controle ambiental (Fair et alii, 1976).

A gastroenterite infantil é ocasionada pela Escherichia Coli enteropatogênica, bactéria que exerce ação lesiva ao trato intestinal de recém-nascidos e crianças até 2 anos, raramente acontecendo em adultos (Pelczar & Reid, 1981).

A amebíase é uma infecção no intestino grosso, provocada pela Entamoeba histolytica, frequentemente através da ingestão de cistos presentes na água, os quais são altamente resistentes, e podem sobreviver à conccentração de até 100 mg/ℓ de cloro, em condições favoráveis. Em águas pobres em bactérias, esses cistos podem permanecer vivos durante um mês, mas não se multiplicam, pois normalmente as amebas dependem das bactérias para se desenvolverem. A doença pode ser controlada pelo reconhecimento dos casos crônicos,que podem transmitir os cistos infectantes, e por medidas sanitárias e de higiene pessoal (Martins, 1976).

A giardíase é provocada pela presença de um protozoário denominado Geardia lamblia no intestino humano. Essa

parasitose incide no homem desde a criança de menos de 1 ano até a idade adulta. A transmissão se processa por meio de alimento e de água que contenha a forma cística do protozoário, que, uma vez ingerida, localiza-se no intestino delgado e libera a forma flagelada não infectante. No meio externo o cisto infectante resiste até 60 dias (Cetesb, 1978 e).

A hepatite viral é uma infecção sistêmica comum, que afeta primariamente o fígado, e é causada por dois vírus, designados como tipo A (hepatite infeciosa) e tipo B (hepatite sérica). São epidemiologiczmente diferentes, mas patologicamente similares. A hepatite viral do tipo A tem como principais meios de transmissão água e alimentos contaminados, atingindo principalmente crianças e adultos jovens. Essa infecção é endêmica em todo o estabelecimento ou sociedade em que existe alto risco de contaminação fecal. (Pelczar & Reid, 1981).

A poliomielite é uma moléstia infecciosa sistêmica aguda causada por vírus. É transmitida pelo ar, água, alimentos e leite contaminados com os vírus excretados nas fezes. Está virtualmente erradicado em países que adotaram imunização em grande escala, como o caso do Brasil (Pelczar & Reid,1981).

A ascaridíase pode ser transmitida pela água contendo material fecal e atinge principalmente crianças residentes em ambientes de saneamento deficitário (Brasil. Ministério da Saúde).

6.2.2. Doenças Adquiridas por Via Cutânea - Pele ou Mucosa

As doenças adquiridas por via cutânea, que podem ser veiculadas pela água são a esquistossomose, leptospirose e ancilostomose.

A esquistossomose tem como um de seus maiores focos endêmicos o Brasil, ocorrendo principalmente nas zonas quentes e úmidas do Norte e Nordeste (Martins, 1976). O hospedeiro intermediário do Schistosoma mansoni é o molusco do gênero Biomphalaria, o qual desprende larvas, denominadas cercárias, que contaminam a água e penetram no homem pelas mucosas ou pele. Não há portanto transmissão direta de pessoa a pessoa.

São indispensáveis para a ocorrência da moléstia: águas contendo caramujos infectados com Schistosoma e o contato de pessoas com essas águas (Brasil. Ministério da Saúde).

A leptospirose é causada por bactérias, podendo ser transmitida pela água contaminada com urina de ratos, cães e outros animais, contendo leptospira. A contaminação se dá por contato com o material contaminado e não de pessoa para pessoa (Fair et alii, 1976).

A ancilostomose ou amarelão, provoca anemia, principalmente em crianças. As larvas do ancilostomo do cão podem penetrar na pele das pessoas, se presentes na água ou outros materiais (Brasil. Ministério da Saúde).

6.2.3. Doenças Indiretamente Relacionadas com a Água

Neste grupo de doenças a água atua como veículo; dentre elas tem-se a malária e a febre tifóide.

A malária e a febre amarela são doenças que estão relacionadas com a água, devido ao fato de que o transmissor procria-se em meios aquáticos.

A prevenção tanto da malária como da febre amarela depende da erradicação dos vetores que transmitem os organismos responsáveis por tais doenças.

Nos Quadros 5 e 6 mostra-se a incidência de algumas das doenças acima comentadas nos anos de 1980-81-82 tanto na cidade como no Estado, destacando-se no Quadro 5 a alta incidência de hepatite infecciosa na capital e de malária no interior do Estado. No Quadro 6 observa-se maior ocorrência de giardíase e outras doenças diarréicas em crianças de 0 a 4 anos, como seria de esperar.

Nas localidades sem sistema de abastecimento d'água e de remoção higiênica dos dejetos, cujos habitantes vivem em frequente e demorado contato com coleções d'águas poluídas, as doenças do aparelho gastrointestinal costumam figurar entre as principais causas de mortalidade entre crianças e da

reduzida capacidade de vida e trabalho dessas populaçoes. A contaminação fecal da água e do solo responde pelos altos índices de parasitismo intestinal, existentes naquelas localidades.

DOENÇAS	1980			1981		
	CAP	INT	EST	CAP	INT	EST
Hepatite infeccio sa	1134	631	1765	1012	696	1708
Leptospirose	94	4	98	66	7	73
Febre tifóide	15	11	26	41	128	169
Malária	1414	36287	37701	1939	49949	51788
Heishmaniose	1	29	30	-	64	64
Cólera	-	-	-	-	-	-
Esquistossomose	5	1	6	3	-	3
Oncocercose	-	-	-	-	-	-

Fonte: ASTEC/ASP/unidade de informática - Subsistema de morbidade.

Quadro 5 : Casos de Doenças Transmissíveis Registrados no Estado do Pará

	0-4 anos		5-9 anos		10-14 anos		15-19 anos		20 + anos		Total	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Hepatite	67	50	80	80	49	29	32	24	185	107	413	290
Leptospirose	-	-	1	-	1	1	3	-	42	10	47	11
F. Tifóide	2	-	5	3	3	3	-	1	7	4	17	11
Amebíase	36	48	23	26	7	21	12	24	37	109	115	228
Giardiase	128	115	68	45	23	35	7	12	24	65	250	272
Candidíase intestinal	19	11	6	4	-	3	-	2	-	6	25	26
Outras doenças diarréicas	210	211	10	18	3	4	-	3	15	18	238	254

Fonte : Setor de Informática - SESPA

Quadro 6 : Casos de Doenças Transmissíveis Registrados no Município de Belém (1982)

7. ÁREA DE ESTUDO

7.1. Localizaçao

O bairro do Jurunas, está situado ao sul da cidade de Belém, sendo limitado ao norte pela Travessa Tupinambás, a leste pela Travessa Quintino Bocaiúva, a oeste pelas ruas Cesário Alvim e Arcipreste Manuel Teodoro e ao sul pelo rio Guamá.

Possui uma extensão de 226 ha dos quais 192 ha são alagáveis, o que corresponde a 84,96% do total (SUDAM,1976).

A área se notabiliza pela regularidade do traçado, na forma de tabuleiro de xadrez, que só deixa de existir na zona mais oriental do bairro o que pode ser notado na figura 7.

7.2. População e Densidade Demográfica

" O bairro do Jurunas é um dos mais populosos de Belém, habitado por uma população fortemente mestiçada e de extrema juventude " (Penteado, 1967).

A população em 1980 era de 66.174 habitantes com uma variação absoluta de 17.341 habitantes, variação relativa de 35,5 e densidade bruta de 293 hab/ha.

Apesar de ser na época o quinto bairro mais populoso, o Jurunas possuia a maior densidade bruta do distrito de Belém. O bairro do Guamá apresentava a maior população da Cidade, 83.731 hab, e a segunda maior densidade bruta: 210 hab/ha.

Quanto à afirmativa de Penteado (1967) sobre a juventude da população do bairro, verifica-se, segundo CODEM (1975) que na zona 8, equivalente ao bairro em estudo, encontravam-se os seguintes dados populacionais:

População Total: 72.981
0 - 3 anos : 8.474
4 - 6 anos : 6.313
7 - 14 anos : 15.589
15 - 18 anos : 7.160

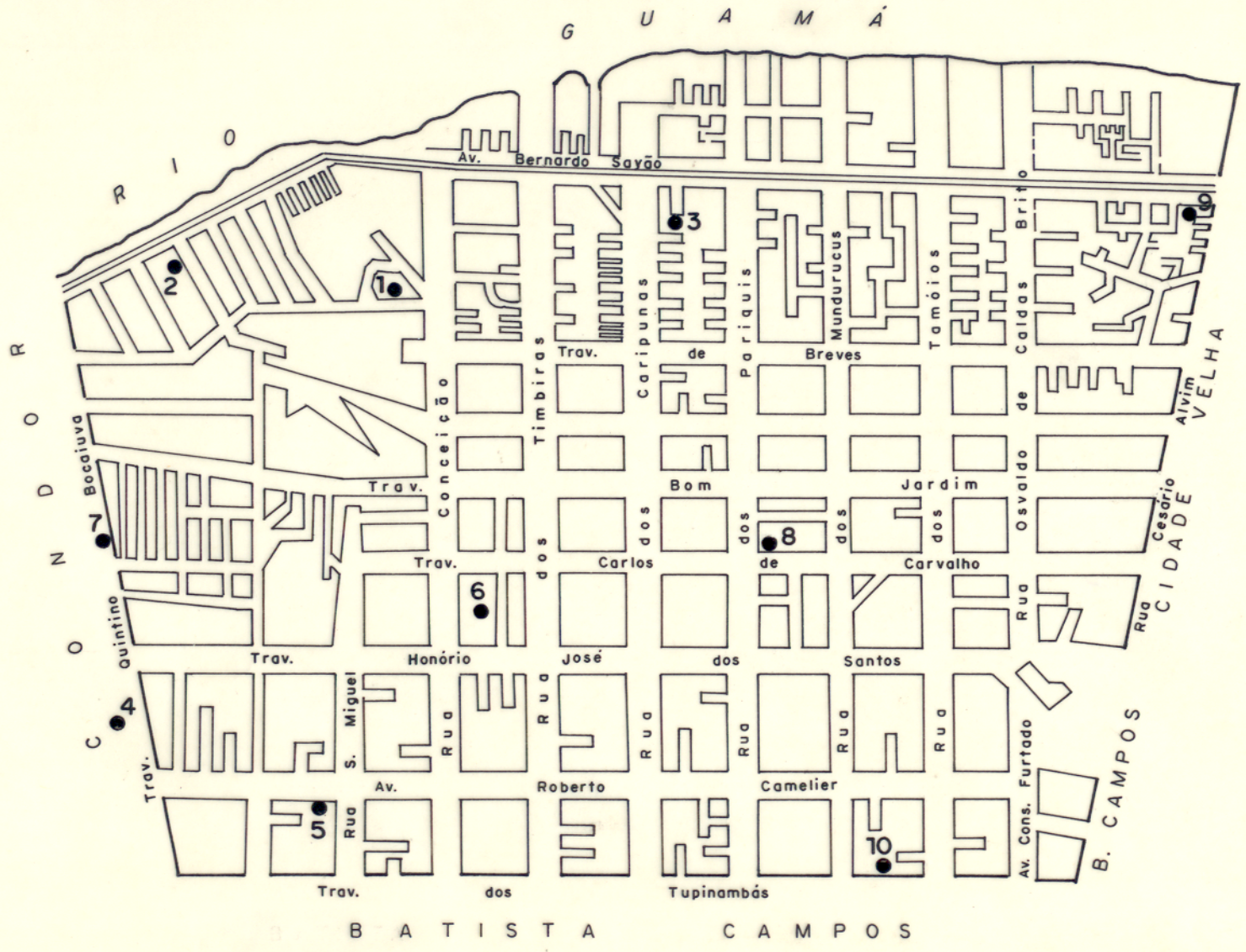


FIG. 7 - ÁREA DE ESTUDO - BAIRRO DO JURUNAS.

FONTE: IBGE

Desse modo pode-se constatar que aproximadamente 52% da população possui a idade inferior a 18 anos. Embora a população atual seja maior, sabe-se que o Jurunas continua sendo um dos bairros mais populosos da Cidade.

7.3. Aspectos Gerais do Bairro do Jurunas

Os aspectos gerais da área em estudo não diferem muito daqueles referentes às baixadas, visto que, como já foi citado, possui mais de 2/3 da sua área em terras alagáveis. Isso se prende ao fato do Jurunas ser um bairro típico da várzea, sendo sujeito às enchentes do rio Guamá.

O bairro é margeado ao sul pelo dique do Guamá, construido para evitar a penetração profunda das águas das marés. Mesmo assim nos terrenos mais baixos do Jurunas, o escoamento das águas pluviais e dos esgotos é ineficiente.

Ao sul e sudeste da área há grande concentraçao de " passagens", caracterizadas por moradias pobres e com condições sanitárias deficientes.

De acordo com CODEM(1975), a zona 8, apresentava em 1975, 98% do total dos domicílios em madeira e a densidade bruta de domicílios por hectare era de 70,05. O índice de aglomeração era de 1,77 pessoas por cômodo.

Quanto à natureza de ocupação do bairro havia ainda pára a zona 8:

Área Residencial	56,5%
Área Comercial	4,0%
Área Institucional	14,4%
Área Industrial	2,7%
Área Uso Misto	0,2%
Área Recreação	0,4%
Área Circulação	17,6%
Vazios Urbanos	4,4%

A população residente no bairro, na sua grande maioria, apresenta baixa renda familiar. Segundo a monografia dos bairros da

das baixadas de Belém, em 1973 realizou-se pesquisa a fim de se conhecer a faixa salarial das famílias residentes no Jurunas (áreas de estudo C e D do referido trabalho). Das famílias pesquisadas 21,35% declararam perceber na faixa de 1 salário mínimo, enquanto 25,85% estavam abaixo desse padrão. Isso mostra que quase 50% das famílias consultadas exerciam profissões pouco rendosas, tendo desse modo um baixo padrao de vida. É possível que esse quadro estatístico se apresente, atualmente, com valores menos representativos, no entanto, ainda encontram-se no bairro, famílias que vivem em extrema pobreza.

Com relação ao abastecimento de água, o bairro do Jurunas é praticamente todo servido pela rede pública, como pode ser visto na figura 8, apesar de sua grande área alagável. No entanto o serviço de distribuição ineficiente, ocasionando constante falta de água. O segundo e quarto setores abastecem o bairro considerado.

Não existe sistema de esgôto no bairro em estudo. Os despejos domésticos são lançados em fossas ou nas valetas que servem de meio fio às passagens. Tanto no canal da Quintino como no dique do Guamá, vão ter alguns esgotos domésticos. Indústrias e casas de comércio situados ao sul do bairro, lançam seus despejos no rio Guamá.

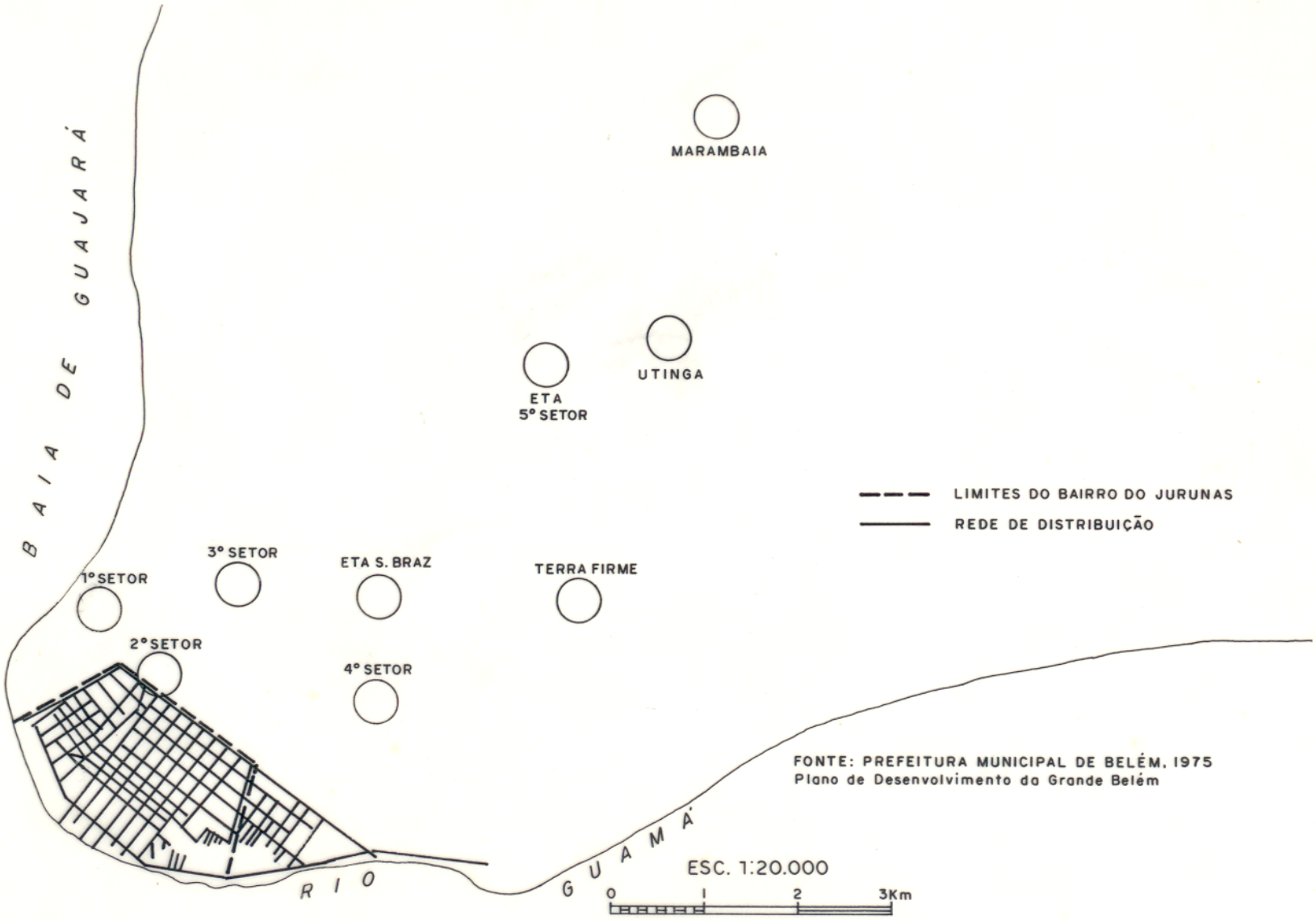


FIG. 8 - REDE DE ÁGUA POTÁVEL DO BAIRRO DO JURUNAS.

8. MATERIAIS E MÉTODOS

8.1. Amostragem

Foram definidos 10 pontos de amostragem em locais representativos do bairro do Jurunas, o qual foi mapeado e delimitado, escolhendo-se pontos em locais que abrangessem toda a área em estudo, de tal modo que se tivesse uma visão da qualidade da água consumida, tanto nos locais alagados quanto nos urbanizados. Os pontos de amostragem e sua distribuiçao no bairro estão representados na figura 7.

A frequência da coleta de água foi trimestral, no período compreendido entre maio de 1983 a fevereiro de 1984, perfazendo portanto, um total de 4 coletas, a fim de que as amostras fossem representativas de 1 ano hidrológico.

Os parâmetros analisados foram os seguintes: Eh, pH, condutividade, turbidez, côr, alcalinidade, dureza, cloreto, cloro residual total, resíduo total, sílica, ferro total, fosfato, sulfato, nitrato, CO_2 livre, Oxigênio consumido e dissolvido, nitrogênio orgânico e amoniacal, fenol, óleos e graxas, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, cálcio, magnésio, sódio, potássio e elementos traços como: níquel, cobre, chumbo, alumínio, cromo e cobalto. Foram feitas ainda pesquisas de coliformes fecais e totais e estreptococcus nas amostras.

8.2. Técnicas de Coleta

Para as chamadas análises de rotina - alcalinidade, cloreto, cloro residual, fosfato, nitrato, sulfato e sílica - assim como, para as determinaçoes de fenol, oxigênio consumido e dissolvido e DBO (demanda bioquímica de oxigênio) - foram coletados 5 litros de água, de cada ponto, em frascos de polietileno, tendo o cuidado de não deixar bolhas de ar no seu interior. Não foi usada nenhuma substância para preservaçao.

Para as determinações dos parâmetros físico-químicos - Eh, pH, condutividade, côr e turbidez -, foram recolhidos

250 ml, de cada ponto, em frascos de polietileno, mantendo-os sem bolhas e hermeticamente fechados até o momento da determinação. As amostras não foram preservadas.

Para a determinação de ferro total, foram coletados 100 ml, de cada ponto, em frascos de polietileno. As amostras foram preservadas pela adição de ácido nítrico concentrado até pH menor que 2.

Para as analises de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal e DQU (Demanda Química de Oxigênio) foram coletados 1.500 ml de cada ponto, em frascos de plietileno. As amostras foram preservadas pela adição de ácido sulfúrico até pH menor que 2.

Para a determinaçao de óleos e graxas foi recolhido 1 litro de cada ponto, em frasco de vidro tipo pirex, com tampa esmerilhada, preservados com ácido clorídrico concentrado até pH menor que 2.

Para os elementos analisados por absorção atômica - Ca, Mg, Na, K, Al, Co, Mn, Pb, Ni, Cu - foram coletados 1500 ml de cada ponto, em frasco de polietileno, preservados com ácido nítrico concentrado até pH inferior a 2.

Para análise bacteriológica foram utilizados frascos de vidro pirex, com tampa esmerilhada, capacidade de 500 ml, previamente esterilizados. No momento da coleta torneiras e frascos foram flambados sendo os frascos preenchidos até cerca de 4/5 do seu volume, e mantidos em gelo, até o momento da análise. Os frascos destinados à coleta de água na rede de abastecimento continham tiosulfato de sódio, afim de neutralizar a ação do cloro residual.

As análises bacteriológicas, assim como as determinações de cloro residual, fenol, nitrato, oxigênio dissolvido, DBO, Eh, pH, condutividade, turbidez e cor, foram realizadas após a chegada ao laboratório.

As determinações de acidez, alcalinidade, nitrogênio amoniacal e óleos e graxas foram feitas dentro de 24 ho

ras após a coleta. As determinaçoes restantes foram realizadas dentro dos sete dias posteriores à coleta.

Os elementos analisados por absorção atômica foram preservados para análise até 6 meses após a coleta.

As técnicas de coleta, preservaçao e prazo de análise, foram executadas de acôrdo com Souza e Derísio (1977)

8.3. Métodos Analiticos

- Eh, pH - determinados pelo método eletrométrico, utilizando pH - Metro Procyon (Cetesb, NT.L5.145).
- Condutividade - determinada por método eletrométrico, utilizando condutivimetro HACH. Limite de determinação: 0,2 mho/cm (Cetesb, NT.L5.115).
- Turbidez - determinada pelo método nefelométrico, utilizando turbidímetro HACH (Cetesb, NT.L5.156).
- Côr - utilizado o método da comparação visual com Aqua-Tester Hellige. Faixa de aplicação 1 a 500 mg Pt/l (Cetesb, NT. L5.117).
- Alcalinidade - utilizado o método volumétrico pela titulação com ácido sulfúrico, utilizando fenolftaleina e alaranjado de metila como indicador (Rodier, 1981, p.103-104).
- Dureza - obtida por cálculo, através da soma dos valores encontrados para cálcio e magnésio.
- Cloreto - determinado por titulação com nitrato mercúrico em presença de difenilcarbazona. Faixa de aplicação no método: 0,5 a 5 X 10^3 mg/l (Cetesb, NT.L5.113).
- Cloro residual total - determinado qualitativamente pela ortotoluidina, que forma um complexo colorido do amarelo-claro ao vermelho alaranjado. O limite de determinação: 0,01 mg/l. (Cetesb, NT.L5.114). Na referência citada a determinação segue até a parte quantitativa.
- Resíduo seco - obtido por cálculo segundo Custódio e Llamas (1976), utilizando a expressão.

$$R_S = \Sigma \text{ Cations} + \Sigma \text{Anions} - \frac{1}{2} HCO_3^-$$

- Sólidos Totais Dissolvidos - obtido por cálculo, segundo Custódio e Llamas (1976), utilizando a expressão:

$$STD = R_S + \frac{1}{2} HCO_3^-$$

- Sílica - determinada por método colorimétrico, usando o ácido 1 amino, 2 naftol, 4 sulfônico, com leitura em espectrofotômetro Coleman Jr 3. Limite de determinação: 0,02 mg/l (Rodier, 1981, p.193-195 - método B).

- Ferro total - determinado por método colorimétrico, com leitura em espectrofotômetro Coleman Jr 3, utilizando orto-fenantrolina em meio ácido. Faixa de utilização: 0,02 a 4,0 mg/l (Cetesb, NT.L5.126 - método A).

- Fosfato - utilizado o método do ácido ascórbico, com leitura em espectrofotômetro Coleman Jr 3. Faixa de utilização: 0,01 a 6 mg/l (Cetesb, NT.L5.128 - método A).

- Sulfato - método turbidimétrico, utilizando cloreto de bário em meio ácido, com leitura em espectrofotômetro Coleman Jr 3. Faixa de utilização: a partir de 1 mg/l (Cetesb, NT.L5.153).

- Nitrato - determinado pelo método do ácido fenol-dissulfônico. Leitura em espectrofotômetro Coleman Jr 3. Faixa de utilizaçao: até 12 mg/l (Cetesb, NT.L5.137).

- CO_2 livre - obtido por cálculo, segundo Custódio e Llamas (1976), a partir dos valores de alcalinidade e pH, utilizando a fórmula:

$$CO_2 \text{ livre} = 10^{\log (0,203 \times \text{alcalinidade}) - pH+7}$$

- O_2 Consumido - utilizada a oxidação com permanganato de potássio em meio ácido. Faixa de utilização: a partir de 1 mg/l (Cetesb, NT.L5.139).

- O_2 dissolvido - método de Winkler - o oxigênio oxida os sais manganosos em sais mangânicos que são titulados indiretamente por tiosulfato de sódio. Limite de detecção: 0,1 mg/l (Rodier, 1981, p.432-434).

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

- Nitrogênio amoniacal - método colorimétrico do azul de indofenol; em meio alcalino, em presença de nitroprussiato como catalizador, os íons amônio são tratados com uma solução de hipoclorito sódico e de fenol, o que dá o azul de indofenol. Leitura em espectrofotômetro Baush Lomb - Spectronic 20. Limite de deteção: 2 mg/l (Rodier, 1981, p.137-139).

- Fenol - utilizado o método qualitativo da paranitroanilina; acrescentar à amostra paranitroanilina em meio ácido, e alcalinizar como solução de nitrito potássico. Em presença de fenóis a solução toma côr amarelo-alaranjada. Limite de detecção: 0,05 mg/l (Rodier, 1981, p-394).

- Oleos e graxas - método da partição gravimétrica, com extração por n-hexano. Faixa de utilização: 5 a 1000 mg/l (Cetesb, NT.L5.142 - método A0.

- DQO (Demanda Química de Oxigênio - utilizado o método da oxidação por dicromato de potássio em meio ácido, com sulfato de prata como catalisador. Faixa de utilização: 5 - 50 mg/l (Cetesb, NT.L5.121).

- DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) - determinada pelo método da incubaçao sem diluição, por 5 dias a 20°C, com determinação da quantidade de oxigênio dissolvido no primeiro e no quinto dia, pelo método de Winkler (Cetesb, NT.L5.120).

Como não se dispunha de estufa apropriada para a realização desta análise, improvisou-se as condições necessárias, colocando-se as amostras nos seus respectivos frascos, durante 5 dias, em geladeira, acondicionadas em recipiente plástico contendo água, para que não houvesse mudança brusca de temperatura. Manteve-se a porta fechada a fim de que o ambiente fosse o mais próximo possível do requerido para a análise.

- Sódio, Potássio, Cálcio e Magnésio - esses elementos foram analisados por absorção atômica, utilizando-se espectrofotô-

metro Zeiss FMD-4 e lâmpadas de catodo oco dos elementos a serem determinados. As amostras foram nebulizadas em chama ar-acetileno levemente oxidante, excetuando-se as análises do elemento cálcio nas quais usou-se chama redutora de ar-acetileno. Os comprimentos de onda relacionados foram: 589,6 nm para o sódio, 776 nm para o potássio, 422,7 nm para o cálcio e 285,1 nm para o magnésio.

8.4. Análise de Elementos Traços

Os elementos alumínio, cobre, chumbo, níquel, manganês, cromo e cobalto foram analisados por absorção atômica termelétrica, em aparelho Perkin Elmer 400. O dispositivo de atomização sem chama consta de um eletrodo de grafite o qual é levado a altas temperaturas em torno de 1500-2700°C pela passagem de corrente. O raio gerador de fótons se concentra sobre o eixo do eletrodo.

Para esse tipo de análise, em geral, não é necessário efetuar-se pré-tratamento da amostra, sendo utilizadas quantidades mínimas na ordem de 5 a 500 l. O volume pré-estabelecido é introduzido diretamente no dispositivo de atomização, com auxílio de micropipetas.

O uso cada vez mais generalizado da absorção atômica termelétrica tem mostrado, sobre essa técnica, algumas vantagens, entre as quais, a elevada sensibilidade de (10 até, em certos casos, 100 vezes mais sensível do que a chama), o fato de ser um método de micro-amostragem, em geral não é necessário enriquecimento nem separação de componentes de matriz natural, dosagem direta sobre sólidos orgânicos e inorgânicos, etc...).

O desenvolvimento das técnicas de espectrofotometria de absorção termelétrica está intimamente associado aos trabalhos de pesquisa sobre as condições físicas e físico-químicas da atomização. Riandey e Pinta (1975) demonstraram que, em meio complexo, influenciam nos resultados de análise tanto a matriz como as perturbações do mecanismo de atomização. Segun

do tais autores a matriz influencia na ionização, na atomização, no deslocamento de temperatura crítica; as pertubações do mecanismo são evidenciadas por efeitos de supressão ou de elevação. Por tais razoes, é necessário que a matriz se apresente bem distribuida de elementos químicos, sem teores excessivos de espécies, 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 se processa a atomização e a temperatura ótima em que ocorre a atomização.

Assim, o programa de aquecimento consiste em três ciclos (Riandey e Pinta, 1975). O primeiro ciclo constitui a secagem (eliminação do solvente); para a água, essa operaçao se efetua em tôrno de 100-125°C durante um período de 1 segundo e meio a 2 segundos por cada microlitro de solução. O segundo ciclo é o pré-aquecimento ou pré-tratamento térmico em atmosfera inerte (eliminaçao de fumos e aerossóis, de vapores moleculares absorventes, mineralizaçao de substâncias orgânicas, eliminação de ânions de espécies inorgânicas, enfim, eliminaçao de componentes que não prejudiquem a volatilização do elemento a dosar); êste ciclo é melhor denominado decomposição. Finalmente, um terceiro ciclo constitui a atomização, que se caracteriza pela volatilizaçao a mais seletiva possivel do elemento em análise. Em certos casos, há um quarto ciclo, no quàl se aplica uma temperatura máxima, visando limpeza do tubo de grafite e suprimir, assim, os efeitos de memória.

As condições em que o aparelho foi operado foram retiradas do manual do aparelho Perkin Elmer 400 e constam do Quadro 7. Para todas as amostras analisadas, usou-se um volume de 25 l, e lâmpadas de catodo ôco referentes a cada elemento.

8. 5. Métodos Bacteriológicos

Para a pesquisa de coliformes totais e fecais e streptococcus fecais utilizou-se a técnica de fermentação em

Elem.	λ	Corrente	Fenda	PROGRAMA DE TEMPERATURA/TEMPO							
				Secagem		Destruição		Atomização		Limpeza	
	nm	mA	nm	Tsg	T°C	Tsg	T°C	Tsg	T°C	Tsg	T°C
Al	309,3	15(25)	0,7	30	125	30	1300	10	2700	5	
Co	240,7	15(30)	0,2	30	125	30	900	10	2700		
Cr	357,9	15(30)	0,7	30	125	30	1000	10	2700		
Cu	324,7	15(15)	0,7	30	125	30	900	10	2600	5	2700
Mn	279,5	20(15)	0,2	30	125	30	1000	10	2700		
Ni	232,0	15(30)	0,2	30	125	30	100	10	2700		
Pb	285,3	6 (8)	0,7	30	125	30	500	10	2400	5	2700

Fonte: Manual do aparelho Perkin-Elmer 400

Quadro 7: Condições operacionais para análises de elementos traços em absorção atômica termelétrica.

tubos múltiplos, seguindo-se as recomendações das Normas Técnicas L5.202 e L5.205 da Cetesb respectivamente. Os resultados foram expressos em NMP (Número Mais Provável) que representa a densidade média de microrganismos por 100 ml da amostra.

A determinação do NMP de coliformes em uma dada amostra, feita a partir da técnica de tubos múltiplos, utiliza volumes decrescentes da amostra (diluições decimais consecutivas), as quais são inoculadas em um meio de cultura adequado, sendo que cada volume é inoculado em série de 5 tubos. Através do decréscimo dos volumes inoculados, obtém-se uma determinada diluição em que todos os tubos, ou a maioria, fornecem resultados negativos. A combinação dos resultados positivos e negativos é usada na determinação do NMP.

O exame se processa em 2 etapas:

- Teste presuntivo - consiste em semeadura de determinados volumes de amostra em caldo lactosado que são incubados a 35ºC $\pm$ 0,5ºC, durante 24 - 48 horas, ocorrendo uma seleçao inicial de organismos que fermentam a lactose com produção de gás, sendo tal produção prova presuntiva positiva para a presença de bactérias do grupo coliforme.

- Teste confirmativo - consiste na transferência de cultura de todos os tubos positivos de caldo lactosado incubados durante 24 - 48 horas a 35ºC $\pm$ 0,5ºC para tubos contendo C.L.V.B.B. que são incubados durante 24 $\pm$ 2 horas e 48 $\pm$ 3 horas. Este teste reduz a possibilidade de resultados positivos decorrentes da atividade de bactérias esporuladas. A produçao de gás a partir da fermentaçao da lactose é prova confirmativa positiva.

- Diferenciação para coliformes fecais - consiste na transferência das culturas de todos os tubos positivos de caldo lactosado incubados durante 24 - 48 horas a 35 $\pm$ 0,5ºC para tubos contendo E.C, que serão incubados durante 24 $\pm$ 2 horas e 44,5 $\pm$ 0,2ºC em banho maria com agitação e temperaturas constantes.

Para a determinação do NMP de estreptococcus fecais, o princípio do teste é o mesmo. Realiza-se também em 2 fases:

- Ensaio presuntivo - consiste na semeadura de volumes determinados da amostra em tubos contendo caldo dextrose azida que são incubados por 24 - 48 horas a 35 $\pm$ 0,5°C. A turvação do meio é prova presuntiva positiva.

- Ensaio confirmativo - consiste na transferência de cultura de todos os tubos contendo caldo azida etil violeta que são incubados por 24 - 48 horas a 35 $\pm$ 0,5°C. A presença de estreptococcus fecais é indicada por formação de precipitado arroxeado, ou densa turvação do meio.

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho visa se conhecer a qualidade da água distribuida e consumida no bairro do Jurunas a fim de se analisar alguns pontos tais como:

- classificar essas águas, comparando-se com padrões pré-fixados, para uso humano, o que será feito com auxílio de um programa de computação;
- verificar a variação sazonal do quimismo da água distribuida;
- verificar as condições reinantes nos mananciais; ETAS e rede de distribuição do bairro;
- relacionar a qualidade bacteriológica da água recebida nos domicílios e as condições de saneamento ambiental reinantes na área;
- finalmente, propor subsídios visando possíveis soluçoes para os problemas que venham a ser detectados, de modo a favorecer a comunidade que se abastece da água em estudo.

Todas as amostras analisadas, foram tratadas na ETA de São Braz, e distribuidas pelos 2º e 4º setores. Parte da água desses setores são provenientes de poços profundos e misturadas à água tratada, quer em cisternas, quer direto na canalização de distribuição.

No Quadro 8 estão descritos os pontos de amostragem. Os códigos A, B, C e D referem-se respectivamente às coletas realizadas nos meses de maio, agosto, novembro de 1983 e fevereiro de 1984.

Os pontos 5, 6, 9 e 10 localizam-se em vias pavimentadas; os pontos 1, 2 e 4 situam-se em passagens; finalmente os pontos 3 e 7 se encontram em artérias sem pavimentação. Sob o ponto de vista sanitário, de acordo com observações locais, as áreas mais carentes são aquelas próximas aos pontos 1,2,4 e 7; nestas, além de não haver calçamento ou meio fio em suas ruas, ainda observa-se o lançamento de despejos domésticos em valas improvisadas nas laterais das vias. Em alguns locais há o desenvolvimento de mato além do lançamento de lixo domiciliar.

Nas tabelas 1,2,3, e 4 estão listados os resul

Código dos pontos de amostragem	Localização	Observação
1A, 1B, 1C, 1D	Passag. Jacob Residência	Coleta em torneira direto da canalização
2A, 2B, 2C, 2D	Passag. Limoeiro Escola	Coleta em torneira, água de caixa
3A, 3B, 3C, 3D	Rua dos Caripunas Residência	Coleta em mangueira, direto da canalização , pouca água
4A, 4B, 4C, 4D	Passag. Allan Kardec Escola	Coleta na canalização que abastecia a cisterna
5A, 5B, 5C, 5D	Av. Roberto Camelier Residência	Coleta em torneira, direto da canalização
6A, 6B, 6C, 6D	Rua Honório José dos Santos Residência	Coleta em torneira, direto da canalização
7A, 7B, 7C, 7D	Tv. Quintino Bocaiúva Residência à beira do canal	Coleta em torneira, direto da canalização
8A, 8B, 8C, 8D	Tv. Carlos de Carvalho Edifício	Coleta em torneira, direto da canalização
9A, 9B, 9C, 9D	Rua Cesário Alvim Residência	Coleta em torneira, direto da canalização, pouca água
10A,10B,10C,10D	Rua dos Tamóios Residência	Coleta em torneira, água de caixa

Quadro 8 : Caracterização dos pontos de amostragem.

Tabela 1 : Resultados das Análises Físico-Químicas (Pontos 1 a 5)

PONTOS DE COLETA	1				2				3				4				5			
PARÂMETROS	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
T (°C) - Campo	31.4	30.0	31.5	32.5	30.1	27.0	31.0	30.0	30.5	29.0	30.0	32.0	28.0	27.0	29.0	31.0	30.0	30.0	30.0	32.0
pH - Campo	5	6	6	6	5	6.5	5.5	6	4.5	6	5.5	5.5	4	6.2	5.8	6	4.5	6	5.8	6
pH - Laboratório	6.7	6.7	6.4	7.0	7.0	7.8	6.7	7.3	5.9	6.4	5.0	6.4	6.5	6.7	6.5	7.1	6.5	6.9	6.5	7.0
Eh (Volt)	0.219	0.234	0.239	0.284	0.204	0.249	0.224	0.259	0.269	0.234	0.329	0.309	0.229	0.229	0.229	0.279	0.234	0.229	0.234	0.289
Condut.(µmhos/cm)	290	270	650	450	340	290	420	420	110	115	1240.0	520	143	270	700	420	147	280	650	450
Turbidez (UNT)	2.3	5	4	1.6	2.4	0	3	1.9	1.7	0	1.2	0.8	2.5	5	2.8	1.8	2.4	5	6.5	3.3
Cor (U.C)	5	7	15	8	5	4	8	5	5	5	4	5	10	5	6	8	10	7	25	20
Alc.M.O($ppmCaCO_3$)	117	109	123	106	145	119	165	124	6	8	3,5	8	37	109	123	147	35	109	122	104
Dureza ($ppmCaCO_3$)	98	97	140.3	51.7	116	103	133,8	88,3	22	25	129,8	51.6	54	97	134	92,17	63	100	129	87.3
Ca^{++} (ppm)	31.0	31.42	37,81	7,27	37,2	33,86	41,56	24,54	6,32	6,53	15,15	7,36	18,1	31,01	35,0	27,45	21,1	31,42	33,18	24,0
Mg^{++} (ppm)	4.90	4,45	11.13	8,16	5,65	4,42	7,28	6,55	1,40	2,10	22,37	8,08	2,20	4,70	11,31	5,73	2,35	5,17	11,18	6,64
Na^{+} (ppm)	18.50	20,13	80,46	80,50	22,25	20,13	35,12	45,00	8,40	15,14	210,93	81,25	10,50	20,83	80,85	37,25	10,62	20,56	81,25	45,50
K^{+} (ppm)	3.38	3,02	4.93	2,50	4,25	3,07	4,34	3,99	1,25	1,15	7,57	3,22	1,81	3,12	4,86	4,50	1,75	3,12	5,07	3,75
Fe Total (ppm)	1.15	0,80	1.30	0,30	0,71	0,16	1,35	0,38	0,41	0,23	0,31	0,35	0,15	0,71	1,00	0,92	0,17	0,81	1,36	0,56
HCO_3^- (ppm)	143	133	150	129,3	177	145	201,3	151,3	7	10	4,3	9,8	45	133	150	179,3	43	133	148,8	126,9
Cl^- (ppm)	15,75	22,34	132,50	61,5	14,22	15,42	27,5	52,5	21,84	27,66	347,5	135,0	17,27	17,55	105,0	32,5	19,30	22,0	122,5	66,5
$SO_4^=$ (ppm)	8.33	3.33	21.69	12.50	6.66	3.33	4,62	28,33	9,56	3,50	29,46	26,67	9,16	1,83	21,69	9,16	9,00	3,33	21,69	26,67
NO_3^- (ppm)	0.32	0,31	0,29	0,22	0,19	0,31	0,28	0,31	0,21	0,37	0,40	0,26	0,26	0,37	0,32	0,16	0,32	0,57	0,40	0,24
SiO_2 Total (ppm)	12.74	9,26	13,89	4,99	15,15	9,40	16,74	12,82	4,82	4,13	4,27	4,99	5,51	10,40	14,24	14,24	13,22	10,68	13,53	12,82
PO_4^{---} (ppm)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
STD (ppm)	239	228	454	307	283	235	340	326	63	71	642	277	110	224	424	311	121	231	439	314
Res. Seco (ppm)	168	162	379	242	195	163	239	250	60	66	640	272	88	158	349	221	100	165	366	251
CO_2 Livre (ppm)	47,46	44,21	99,55	21,54	29,48	3,83	66,93	12,63	15,36	6,47	71,15	6,47	23,76	44,21	79,08	23,74	22,50	27,89	78,43	21,44
O_2 Cons. (ppm)	0.4	0,2	0.6	1.4	0,1	<0,05	1,3	1,2	0,7	0,05	0,2	1,6	0,2	0,15	0,3	0,1	<0,05	0,2	0,2	1,3
O_2 Dissol. (ppm)	7,20	6.50	6.0	5,4	6.10	9,10	7,3	6,4	7,40	8,40	7,9	6,1	5,70	6,10	4,4	4,9	6,50	6,30	6,4	6,6
DBO_5 (ppm O_2)	2.2	2.0			<0.1	3,6		1,3	0,25	3,9			0,1	3.1		<0,1	<0.1	2.9		8
DQO (ppm O_2)	3.2		<5	22.8	3.2		<5	6,4	<5		33.6	14,8	<6.		<5	10,4	<5		<5	18
Namon. (ppm N)	0,025	0,01	0,025	0,01	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,01	0,015	0,005	<0,002	0,045	<0,002	0,005	<0,002	0,01	0,01	0,015
Norg. (ppm N)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Óle. Grax. (ppm)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fenol (qual.ppm)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cl.Res.(qual.ppm)			<0,01	<0,01			<0,01	<0,01			<0,01	<0,01			<0,01	<0,01			<0,01	<0,01

Tabela 2 : Resultados das Análises Físico-Químicas (Pontos 6 a 10)

PONTOS DE COLETA	6				7				8				9				10			
PARÂMETROS	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
T (°C) - Campo	29.1	28.0	28.0	30.0	32.5	33.0	32.0	32.5	30.2	30.0	30.0	30.0	29.0	29.0	30.0	30.0	29.5	30.0	30.5	31.0
pH - Campo	4	5.5	5.8	6	5	6	6	6	4	5.5	5.5	6	5	6	6	6	4	5.5	6	6
pH - Laboratório	5.7	6.1	6.1	6.5	6.6	6.7	6.6	6.9	5.4	6.1	4.9	6.4	6.7	6.9	6.8	7.0	6.2	6.4	6.5	6.6
Eh (Volt)	0.289	0.249	0.264	0.299	0.299	0.224	0.229	0.279	0.309	0.244	0.339	0.299	0.219	0.219	0.229	0.269	0.257	0.219	0.239	0.279
Condut.(µmhos/cm)	105	115	1270.0	550	270	270	570	400	105	115	1250.0	550	360	350	425	370	110	125	1220.0	550
Turbidez (UNT)	2.1	10	1.6	0.8	2.1	3	3.4	2	2.1	3	1.6	1.4	1.0	12	4.3	3.5	1.5	5	1.6	1.2
Cor (U.C)	5	3	7	5	10	11	8	8	5	3	4	7	20	3	15	10	5	4	7	5
Alc.M.O($ppmCaCO_3$)	3	6	7	8	113	111	140	111	2	6	3	9	157	167	168	159	5	7	8	10
Dureza ($ppmCaCO_3$)	16	24	139.0	95	87	87	130.4	55.7	16	24	135	50	113	116	112	87.3	21	25	125.3	64.72
Ca^{++} (ppm)	4.1	5.71	17.93	27.10	27.4	31.62	36.67	8.36	4.12	5.12	16.71	7.0	35.6	37.54	35.01	24.0	5.92	6.53	14.53	22.54
Mg^{++} (ppm)	1.40	2.34	22.93	6.56	4.60	4.20	9.29	3.36	1.40	2.68	22.68	7.84	5.60	5.34	6.01	6.56	1.40	2.10	21.65	6.82
Na^{+} (ppm)	14.88	16.52	211.70	47.75	18.44	20.8	61.70	83.10	18.88	16.11	208.12	76.25	37.25	36.52	39.06	44.25	15.60	15.28	208.60	48.0
K^{+} (ppm)	1.12	1.62	7.96	3.80	3.37	3.07	4.57	2.75	1.11	1.2	7.81	2.50	4.63	4.82	4.48	3.75	1.25	1.25	7.75	3.80
Fe Total (ppm)	0.05	0.30	0.35	0.58	1.15	0.75	0.80	0.80	0.06	0.32	0.30	0.35	0.11	0.69	0.70	1.70	0.47	0.36	0.31	1.15
HCO_3^- (ppm)	4	7	8.5	9.8	138	135	170.8	135.42	2	7	3.7	11	192	204	205	194	6	9	9.8	12.2
Cl^- (ppm)	22.35	30.50	375.0	145.5	15.75	17.55	75.0	58.0	17.78	30.0	342.50	142.5	19.81	16.50	12.50	24.0	21.84	35.50	335.0	144.5
$SO_4^{=}$ (ppm)	9.16	3.33	56.86	13.33	7.50	1.83	12.08	14.67	10.83	4.16	56.90	9.16	7.00	2.33	42.62	8.33	11.66	3.50	52.57	14.67
NO_3^- (ppm)	0.21	0.26	0.24	0.32	0.32	0.31	0.22	0.15	0.23	0.23	0.20	0.18	0.32	0.31	0.26	0.21	0.19	0.21	0.16	0.18
SiO_2 Total (ppm)	5.16	3.28	3.92	13.53	7.23	10.11	15.03	4.99	15.15	3.0	3.85	4.99	4.62	14.40	16.03	14.96	7.43	3.42	3.56	12.11
PO_4^{---} (ppm)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
STD (ppm)	62	71	705	262	224	256	386	317	72	70	663	262	307	323	362	322	72	77	654	286
Res. Seco (ppm)	60	68	701	257	155	189	301	249	70	67	661	257	211	221	361	321	69	73	654	265
CO_2 Livre (ppm)	12.17	9.69	11.30	5.14	57.71	45.03	71.49	28.41	18.19	9.69	76.78	7.28	63.68	42.74	85.79	32.32	6.41	5.66	4.56	3.22
O_2 Cons. (ppm)	0.6	0.2	0.1	1.7	0.3	0.2	0.3	1.3	1.1	0.4	0.2	1.5			0.6	1.9	1.7	0.4	0.005	2.4
O_2 Dissol. (ppm)	6.6	8.5	7.4	8.0	5.6	6.0	3.6	4.8	7.1	8.6	7.6	8.1	2.4	3.4	4	4.5	7.8	8.3	8	7.8
DBO_5 (ppm O_2)		2.6		0.4		2.1	0.2			3.3		0.3		1.0		0.9		2.4	0.6	0.1
DQO (ppm O_2)	<5	39.2	39.2		<5		<5	5.8	<5		<5	4.8	<5		<5	11.6	<5		46	16
Namon. (ppm N)	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.004	<0.025	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.2	0.055	0.26	0.07	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Norg. (ppm N)	<0.5	<0.5	<0.5	<0.50	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Óle. Grax. (ppm)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fenol (qual.ppm)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cl.Res.(qual.ppm)			<0.01	<0.01			<0.01	<0.01			<0.01	<0.01			<0.01	<0.01			<0.01	<0.01

Tabela 3 : Resultados das Análises Bacteriológicas das Amostras do bairro do Jurunas

AMOSTRA	COLIFORME TOTAL				COLIFORME FECAL				ESTREPTOCOCOS FECAIS	
	A	B	C	D	A	B	C	D	C	D
1	3,6	3	1100	15	0	0	1100	0	0	15
2	11	43	1100	9,5	28	0	1100	0	35	43
3	0	23	3,6	0	0	23	3,6	0	0	15
4	75	0	93	0	3,6	0	93	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,6
6	9,1	0	1100	3	3,6	0	1100	0	0	0
7	43	0	0	0	29	0	0	0	3,6	0
8	0	0	0	3	0	0	0	0	0	9,1
9	3,6	75	9,1	7,3	3,6	150	9,1	0	0	460
10	0	0	9,1	3,6	0	0	9,1	0	0	39

Tabela 4 : Resultados das análises de elementos traços nas amostras do bairro do Jurunas

PONTOS	COLETAS	ELEMENTOS TRAÇOS (EM ppb) Ni	Mn	Pb	Co	Cr	Cu	Al
1	C	44	120	4	15	10	27	253
	D	15	63	0	20		0	107
2	C	26	91	0	3	4	16	99
	D	35	51	1	19		0	67
3	C	44	125	21	8	4	25	1268
	D	17	45	0	18		0	570
4	C	31	100	0	5	0	7	236
	D	13	60	0	25		0	97
5	C	31	107	0	13	n.d	5	139
	D	18	56	5	16		0	208
6	C	35	102	3	4	3	11	291
	D	13	30	0	23		0	355
7	C	42	96	2	9	0	12	808
	D	6	57	1	22		2,5	50
8	C	39	118	3	13	0	13	1241
	D	13	40	0	23		0	564
9	C	n.d	78	0	4	0	10	63
	D	10	53	3	17		0	44
10	C	13	108	2	9	0	12	874
	D	23	36	15	19		46	359

OBS: Não foram analisadas as amostras das coletas A e B.

tados das análises efetuadas nas coletas A, B, C e D.

A seguir serão comentados cada parâmetro determinado analiticamente, aos mesmo tempo que serão estabelecidas comparaçoes dos resultados obtidos com os padrões de potabilidade.

Padrões de potabilidade são as quantidades limites que com relaçao aos diversos elementos podem ser tolerados nas águas de abastecimento, quantidades essas fixadas por decretos, regulamentos e especificações.

Para comparação com os valores obtidos nas amostras analisadas, serão consultados os padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 1981).

9.1. Propriedades Organolépticas e Parâmetros Físico-Químicos.

Constituem temperatura, côr, sabor e odor, turbidez, pH, Eh e condutividade.

9.1.1. Temperatura

De modo geral a temperatura das águas superficiais é influenciada pela temperatura do ar. Aquelas acima de 33ºC tornam a água imprópria para consumo público, pois nesta faixa, as reaçoes quimicas e bioquímicas se aceleram, favorecendo o desenvolvimento dos microrganismos nas próprias canalizações e intensificando ao mesmo tempo odores e sabores (Rodier, 1981). Por outro lado, o aumento de temperatura, eleva a velocidade de sedimentaçao durante o tratamento e diminui a solubilidade dos gases na água.

As temperaturas tabeladas, foram tomadas diretamente na saída das torneiras durante a coleta. Oscilaram entre 27ºC (amostras 2B e 4B) e 33ºC (amostra 7B), com maior frequência em 30ºC. Em laboratório, quando das medidas de condutividade, as temperaturas oscilaram de 27 a 30ºC com maior frequência em 29ºC.

9.1.2. Côr

A côr da água pode resultar da presença de ferro e manganês, matéria vegetal (húmus, taninos) ou ainda de despejos coloridos descarregados por várias indústrias. A côr aparente é devida às matérias em suspensão e em soluçao enquanto que a côr verdadeira é devida somente a matérias em solução.

Independente dos problemas estéticos, as substâncias que ocasionam côr à água podem interferir na etapa de floculação do tratamento, e limitar a capacidade de resinas trocadoras de íons, utilizadas para o tratamento de águas industriais.

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 1981) fixa o valor de 15 U.C. para águas de consumo.

Os valores de côr obtidos nas análises variaram de 3 a 15 U.C., com exceção dos pontos 5C, 5D e 9A que apresentaram valores de 25 U.C. As amostras dos pontos citados sofreram variações acentuadas na côr durante o período de amostragem, e foram as únicas que situaram-se fora do padrão citado.

9.1.3. Sabor e Odor

O sabor e odor na água podem resultar de um ou mais fatores tais como: a presença de microrganismos vivos ou mortos, gases dissolvidos, matéria orgânica, substâncias minerais e fenóis. Os gases que na água provocam sabor e/ou odor são em geral o CO_2, O_2, H_2S e CH_4. Cloreto de sódio, compostos de ferro, carbonatos e sulfatos são as substâncias minerais que podem ocasionar sabor às águas. O fenol, durante a cloração, pode formar o clorofenol que empresta à água sabor desagradável. Gostos conferidos pelo oxigênio dissolvido e gás carbônico são desejáveis.

O sabor pode se originar nos processos de tratamento como resultado da cloração, ou através da solubilidade ou reação de substâncias das canalizaçoes do sistema de distribuição e dos reservatórios, tais como os revestimentos as-

fálticos ou betuminosos. O odor na água se altera com a temperatura, não sendo por vezes perceptível em águas frias.

As amostras analisadas mostraram-se isentas de sabor e odor, a não ser aquelas referentes ao mês de novembro, que estiveram, ligeiramente, salobras.

9.1.4. Turbidez

A turbidez da água é atribuida principalmente a partículas sólidas em suspensao; é uma medida útil na avaliação da eficiencia do tratamento de águas de abastecimento, pois em geral as águas de mananciais superficiais de suprimento público apresentam elevada turbidez e necessitam passar pelo processo de floculação, para que a mesma se enquadre nos padrões de potabilidade.

A turbidez residual é indesejável para a eficácia da desinfecção, pela proteçao física conferida aos microrganismos ao contato direto com o agente desinfetante. Além disso, as partículas de turbidez, podem transportar matéria orgânica adsorvida, que podem provocar sabor e odor.

A OMS (1981) estabelece limites desejáveis e permissíveis de 5 a 25 UNT para água de consumo humano.

Os valores tabelados variam de 0 a 5 UNT, sendo que mais de 50% dos mesmos apresentam valores inferiores a 2,5 UNT. Os pontos 6B e 9B mostraram-se com turbidez relativamente elevadas, 10 e 12 UNT respectivamente.

Na maioria das amostras registrou-se pequeno depósito de material floculado, de coloração marron claro, quando os frascos eram mantidos hermeticamente fechados por tempo superior a dois dias; sob agitação, o material se dispersava sendo impraticável filtração comum.

9.1.5. pH

O pH da água representa as condições de acidez ou alcalinidade em que a mesma se encontra, pois expressa a concen

tração de íons hidrogênio, ou mais precisamente a atividade do íon hidrogênio, na água. Em suprimentos públicos, é fator considerável na coagulação química, abrandamento, desinfecção e no contrôle de corrosão das canalizações da rede de abastecimento.

Um dos fatores que mais concorrem para alterações no pH é a concentração de gás carbônico na água devido a processos de mineralização. Nas águas naturais o pH varia de acordo com o terreno atravessado pela mesma. Áreas ricas em calcáreos conferem à água elevados valores de pH enquanto que as águas poluidas apresentam baixos valores, devido geralmente à decomposição de matéria orgânica e consequente deslocamento do equilíbrio carbônico.

Durante a coleta mediu-se o pH em papel indicador Merck e em laboratório a medida foi potenciométrica. Os valores de pH determinados em laboratório foram sempre superiores aos verificados em campo, excetuando-se as amostras 8C e 3C.

Segundo Hem (1970) há tendência de diminuição do pH após a coleta de águas, devido a oxidação do ferro ferroso. No entanto Custódio e Llamas (1976) afirmam que os valores determinados em laboratório estão sempre algo alterados, em geral mais elevados que os reais. Este fato pode ser devido a alguma liberação de gás carbônico da amostra durante a análise, o que acarretaria uma elevação do pH; possivelmente esse fenômeno ocorreu em algumas das amostras analisadas.

Os valores de pH tabelados, medidos em laboratório, variam de 4,9 (amostra 8C) a 7,8 (amostra 2B) com um valor médio de 6,5. (Fig. 9).

É interessante notar que os maiores valores de pH ocorrem na amostragem D (referentes a fevereiro), excetuando-se os pontos 2 e 8 que tiveram valores elevados em B (agosto). Os maiores índices de pH encontrados correspondem a valores elevados da somatória dos cátions Na^{+}, K^{+}, Ca^{++} e Mg^{++}, espécies com propriedades básicas que diminuem a acidez do meio.

Segundo critérios da OMS (1981) o pH em águas pa

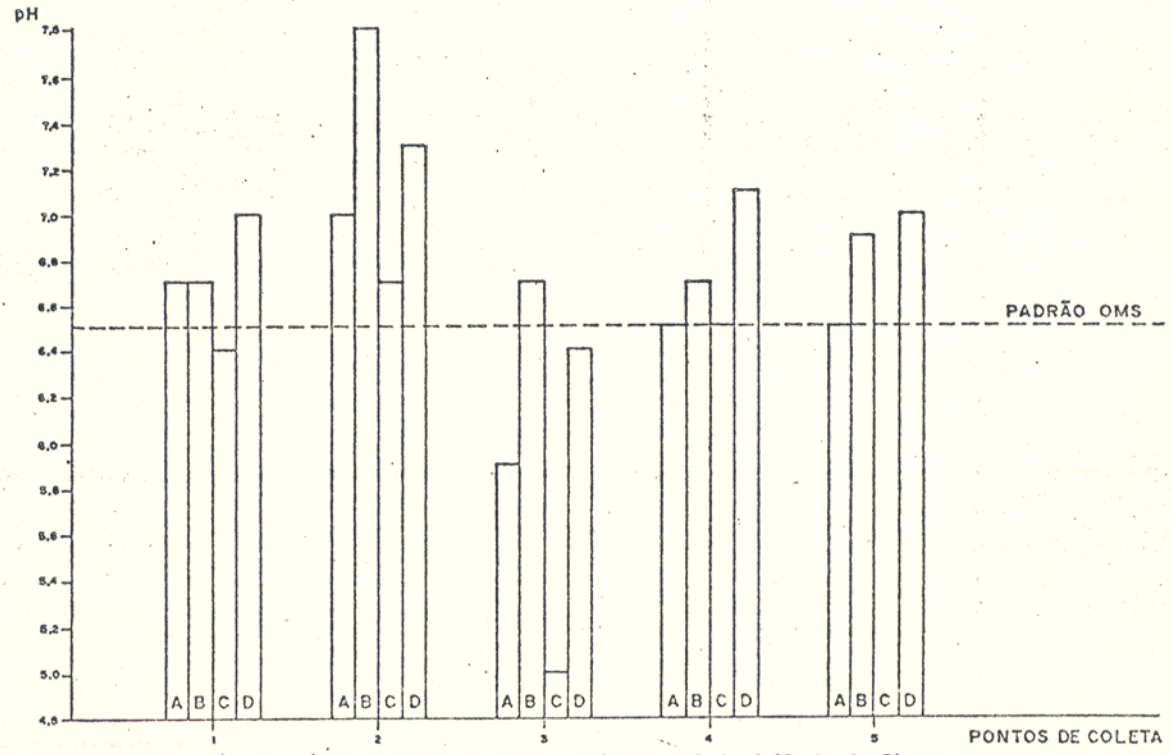


Fig. 9 a - Variação dos valores de pH nas amostragens A, B, C e D (Pontos 1 a 5).

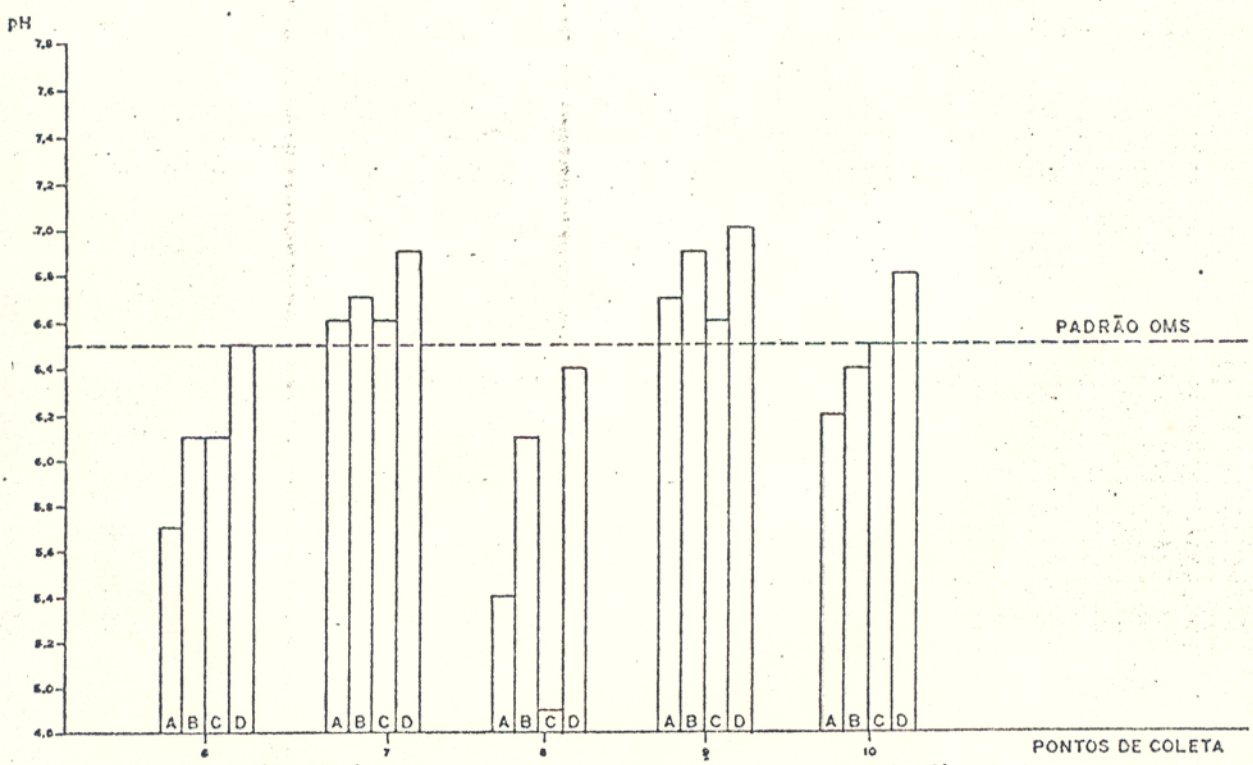


Fig. 9 b - Variação dos valores de pH nas amostragens A, B, C e D (Pontos 6 a 10)

ra consumo humano deve estar entre 6,5 a 8,5. De acordo co, esse critério, 32% dos valores de pH medidos no laboratório, encontram-se fora dos padrões. Com relação a medida de pH no campo 100% dos valores estão fora dos valores recomendados pela OMS. Note-se, entretanto, que a medida em campo foi realizada com papel indicador, não sendo portanto de alta precisão.

9.1.6. Eh

Os valores do potencial de oxidação (Eh) representam a intensidade relativa das condições de oxidação e redução a que estão presentes as soluções.

Para águas naturais em contato com o ar e com pH entre 6 e 8, o potencial de oxidação situa-se na faixa de 0,35 V a 0,55 V (Mason, 1971). Os valores de Eh das amostras em estudo, estão abaixo de 0,35 V, com mínimo de 0,204 para o ponto 2A.

9.1.7. Diagrama Eh - pH

O potencial de oxi-redução ou de oxidação Eh, é uma das maneiras de se avaliar a tendência de uma substância para reagir com outra, sendo somente utilizado para reações que envolvem processos de oxidaçao ou de redução.

Em certos aspectos, o potencial de oxi-reduçao 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. Do mesmo modo, o pH mede a capacidade de um ambiente fornecer protons à uma base ou, de retirá-los de um ácido.

Para a determinaçao das diferenças de potencial, em condiçoes que não sejam padrões, utilizam-se a Equação de Nerst:

$$E = E^{\circ} + \frac{0,059}{n} \log K$$

onde E° é o potencial normal do sistema considerado, n é o número de létrons envolvidos no equilíbrio e K, a constante de equilíbrio.

equilíbrio.

O agente oxidante mais forte, habitualmente encontrado na natureza,é o oxigênio da atmosfera. O limite superior dos potenciais de oxi-redução é definido através da reaçao de dissociação da molécula da água, chegando à equação:

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

Na realidade, os potenciais de oxi-redução medidos na natureza estão sempre abaixo dêste limite, de modo que a equação

Eh = 1,04 - 0,059 pH

é um limite súperior mais realista (Baas Becking et alii, 1960). Entretanto, Garrels e Christ (1965, p.137), baseando-se em condições as mais reais possíveis,sugerem para sistemas expostos ao ar, potenciais de oxi-redução de acordo com a relação:

Eh = 0,70 - 0,059 pH

Com efeito, tomando-se valores de pH e Eh determinados analiticamente neste trabalho, encontram-se valores próximos a 0,70 com uma média de 0,64, de modo que para o limite superior dos potenciais de oxi-redução ter-se-ia:

Eh = 0,64 - 0,059 pH

O limite inferior do potencial de oxi-redução é obtido através da reação do eletrodo de hidrogênio, para a qual temos:

Eh = 0,059 pH (Krauskopf, 1972)

Os limites de Eh - pH, podem ser representados graficamente, plotando os valores de Eh como ordenadas e os valores de pH como abcissas como mostra a fig.10 (Garrels e Christ, 1965).

Um outro valor de auxílio, utilizado nos diagramas é o rH, que é definido como sendo o cologarítmo da pressão do hidrogênio gasoso, em equilíbrio com o hidrogênio molecular diseolvido na solução. Caracteriza a capacidade de um meio em

ser reduzido ou oxidado por outro meio ou por determinado produto. Este potencial não se conhece de modo absoluto, e sim somente com relaçao a um eletrodo escolhido arbitrariamente ao eletrodo de hidrogênio. Praticamente, o poder redutor de uma água será tanto maior quanto menor o rH do meio estudado e vice-versa (Rodier, 1981).

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

Eh = 0,029 rH - 0,058 pH (Rodier, 1981)

Os resultados obtidos de Eh encontram-se na faixa de 0,200 a 0,350 volts com um rH compreendido entre 19,79 e 26,69. Segundo Rodier (1981) O intervalo de rH compreendido entre 15 e 27 traduz condições de meio aerobio, favorecendo a oxidação de compostos orgânicos.

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 (Fig.10).

9.1.8. Condutividade

A medida da condutividade permite avaliar de modo aproximado a mineralização da água. O registro contínuo e a leitura frequente deste parâmetro na água bruta ou em ETAS, revelam alterações nas condições do meio aquático o que permite pronta modificação dos métodos de tratamento e consequentemente melhor controle da quaoidade da água.

A condutividade crescem com a temperatura numa proporção de 2%/ºC, e com o conteúdo de ions dissolvidos. A uma mesma temperatura, a condutividade sofre influência não só da concentração iônica, mas também do tipo de íons (carga elétrica, estado de dissociaçao, mobilidade, etc...). Custódio e Llamas (1976) sugerem como um controle aproximado dos dados analíticos a relação da condutividade com a somatória de cátions e ânions (em miliequivalentes), de uma determinada amostra. A relação é dada por:

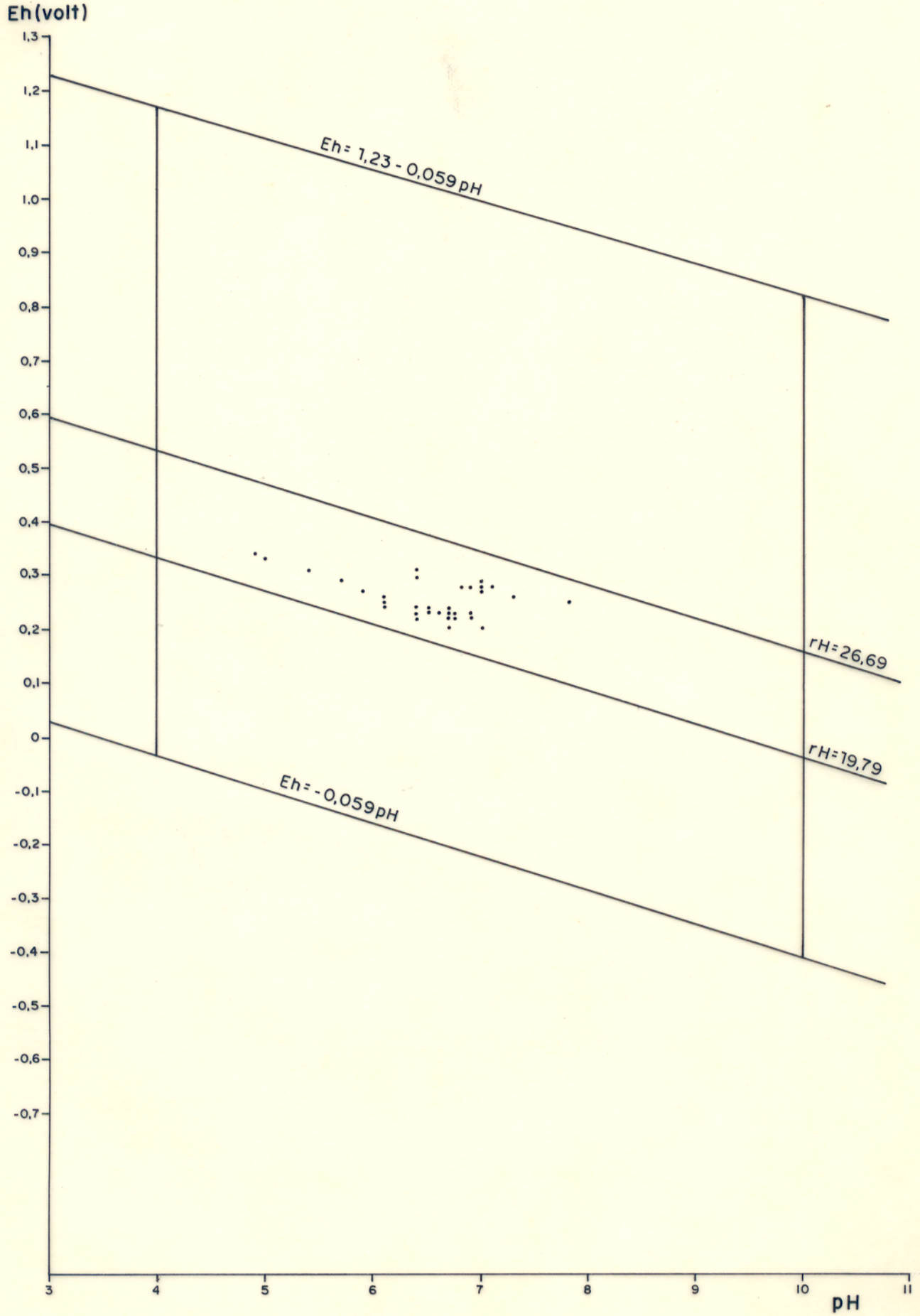


FIG. 10 - DIAGRAMA Eh- pH.

Condutividade (μmhos/cm) $\cong$ 50 X Σ (Cátions + Ânions) (em meq)

Segundo Hem (1970), a condutividade está relacionada com os sólidos totais dissolvidos (SDT) como segue:

Condutividade (μmhos/cm) X A = STD (ppm)

onde A é um fator empírico que, para águas naturais, varia de 0,54 a 0,96, estando geralmente entre 0,55 a 0,75. Altos valores de A estão associados com elevada concentração de sulfatos; além disso A varia com a acidez (Custódio e Llamas, 1976).

Quando se procede os cálculos com os valores tabelados, utilizando as relações acima, verifica-se compatibilidade bastante razoável nos resultados obtidos. Assim, por exemplo para um conjunto mais representativo, eliminando alguns máximos discordantes como os dos pontos D (4, 6, 10), obteve-se a relação aproximada:

Condutividade (μmhos/cm) $\cong$ 49 X Σ (Cátions + Ânions) (meq).

Para o cálculo de A, da segunda relação, a média dos valores numéricos este próximo a 0,70, a qual coincide com os valores citados na literatura.

As condutividades foram determinadas a uma temperatura média de 29°C. Os valores tabelados variam entre 105 a 1270 mhos/cm, com as mais altas condutividades ocorrendo na amostragem C (novembro), período em que houve intensa estiagem e, portanto, aumento da contribuição salina nos mananciais que abastecem a cidade. Por outro lado os valores dos íons Cl^- e $SO_4^=$ e dos STD mostram-se também elevados na referida amostragem o que seria de esperar, visto que altos teores dos mesmos contribuem para elevadas condutividades.

A figura 11 mostra a variação da condutividade elétrica com os períodos de amostragens nos diferentes pontos de coleta.

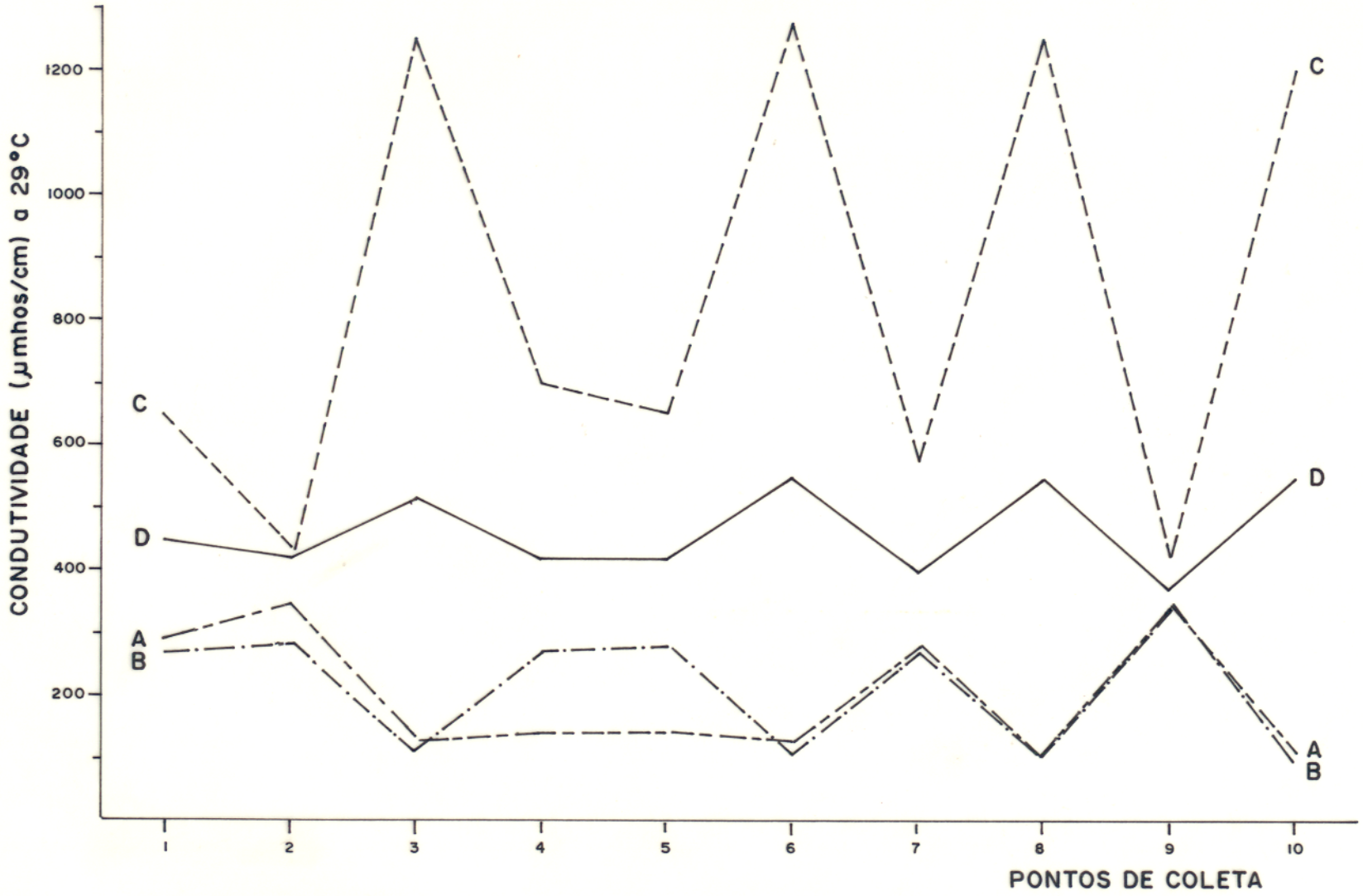


Fig. II - Variação da condutividade eletrica nos periodos de amostragem.

9.2. Parâmetros Químicos e Bioquímicos

9.2.1. Alcalinidade

A alcalinidade da água é uma medida da sua capacidade de neutralizar ácidos ou absorver íons hidrogênio sem mudança significativa de pH; é devida principalmente aos íons OH^-, $CO_3^=$ e HCO_3^-. Em águas naturais a alcalinidade é praticamente toda devida aos íons $CO_3^=$ e HCO_3^-.

Considerando que o pH das águas amostradas apresenta-se abaixo de 8,5, que é o "ponto" representativo da curva de neutralização de $CO_3^=$ a HCO_3^-, observado nas titulações com fenolftaleina, é de se esperar que os valores obtidos para alcalinidade à fenolftaleina (TA), e portanto para $CO_3^=$, sejam nulos. Apenas a alcalinidade devida ao metilorange (TAC) apresentou valores numéricos adequados a averiguações e estudos. Dêste modo,

Como seria de esperar, a maioria dos baixos valores de alcalinidade TAC, correspondem aos mais baixos índices de pH, exceto para casos em que haja sensível contribuição de cátions, tais como Ca^{++}, Mg^{++}, Na^+ e K^+, o que ocorreu na amostragem de novembro (C).

Os pontos 3, 6, 8 e 10 apresentam-se com os valores de alcalinidade variando de 2 a 10 mg/l $CaCO_3$, enquanto que os pontos restantes, mostram valores de 106 a 168 mg/l $CaCO_3$. Excetuam-se os pontos 4 e 5 da amostragem A, com valores 37 e 35 mg/l $CaCO_3$ respectivamente.

As normas da OMS (1981) não fixam valores para alcalinidade.

9.2.2. Dureza

A dureza na água, é causada pela presença de cátions metálicos divalentes, notadamente Ca^{++}, Mg^{++}, Si^{++}, Fe^{++} e Mn^{++}; os principais ânions associados a tais cátions são HCO_3^-, $SO_4^=$, Cl^-, NO_3^- e $SiO_3^=$ (Sawyer e McCarty, 1978).

No entanto, os principais íons causadores de dure

za na água são Ca^{++} e Mg^{++}. Os valores numéricos aqui tabelados para dureza em mg/l $CaCO_3$, diz respeito apenas à contribuição desses íons.

Segundo Durfor e Becker (1964) in Hem (1970) águas com até 60 mg/l $CaCO_3$ são consideradas moles, de 61 a 120 mg/l $CaCO_3$ moderadamente duras, de 121 a 180 mg/l $CaCO_3$ duras e maior que 180 mg/l $CaCO_3$ muito duras. As águas duras são incrustantes, e produzem grande consumo de sabão enquanto que as águas moles são agressivas e provocam corrosão nos equipamentos e canalizações.

Segundo a OMS (1981) os valores desejáveis e permissíveis de dureza para águas de consumo são respectivamente 100 e 500 mg/l.

Dentre os valores tabelados para dureza, os mais elevados são os referentes a coleta C, variando de 112 a 140 mg/l $CaCO_3$. Os demais variam de 16 a 116 mg/l $CaCO_3$, estando, no entanto, todos dentro dos padrões de potabilidade.

9.2.3. Cátions - Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Fe (total)

Quando se comparam os valores numéricos da somatória dos miliequivalentes dos cátions com a dos ânions, os resultados analíticos tabelados apresentam extrema coerência.

Ca^{2+} - O cálcio, elemento de dureza de água, é geralmente o cátion dominante em águas potáveis. Existe principalmente na forma de bicarbonatos e em menor quantidade na forma de sulfatos, cloretos, e outros sais.

Sua química está associada aos íons CO_3^{2-} e HCO_3^{-} em muitas águas naturais, podendo precipitar-se ou dissolver-se com facilidade ao variar o pH e a pressão parcial de CO_2 Custódio e Llamas, 1976).

As águas de rios, quando impostos a um reservatório, podem sofrer variações no conteúdo de cálcio, pela precipitação como $CaCO_3$ (Hem, 1970).

Os valores encontrados para cálcio, nas determinações analíticas, situam-se entre 4 e 41,6 mg/l. Os pontos 3 e 8 apresentam baixos teores em todas as amostragens. A relação Ca/Mg mostra-se maior que 1 na maioria dos casos, excetuando-se das amostras 1D, 3 (C e D), 6C e 8 (C e D).

Águas potáveis de boa qualidade contém 100 a 140 mg/l de cálcio (Rodier, 1981). A OMS (1981) recomenda como limites aceitáveis e permissíveis 75 e 200 mg/l respectivamente, estando portanto todas amostras dentro dos padrões.

Mg^{++} - o comportamento químico do magnésio nas águas é similar ao do cálcio, sendo, entretanto, diferentes quanto ao aspecto geoquímico. Esses dois íons são os principais elementos de dureza das águas. O teor de magnésio nas águas naturais dependerá da geologia dos terrenos atravessados (Rodier, 1981).

Águas em que o magnésio é o cátion predominante não são comuns. Altas concentrações podem indicar influências de água do mar. Um aparente enriquecimento de magnésio pode ocorrer em amostras nas quais houveram precipitações de $CaCO_3$ durante a estocagem (Hem, 1970).

A interpretação do teor de magnésio em água deve ser feita juntamente com os de sulfatos. Os sais desses elementos apresentam efeito laxante o qual diminui com o uso prolongado das águas que os contém.

Na grande maioria das águas naturais a concentração de Mg^{++} é inferior a de Ca^{++}, de modo que a relação Ca^{++}/Mg^{++} é, via de regra, menor que 1. Tal relaçao, nas águas estudadas, foi comentada quando da abordagem sobre o íon Ca^{++}.

Livingstone's (1963) in Hem (1970) sugere que na composição da água de rios a concentração de magnésio é normalmente menor que a de sódio. Com efeito, em todas as amostras em estudo, a concentraçao de Mg^{++} se apresentou inferior a de Na^{+}.

Os valores tabelados variam de 1,4 a 23 mg/l. A OMS (1981) estabelece valores de 50 a 150 mg/l de magnésio pa

ra águas potáveis, estando portanto os teores observados abaixo dos padrões da OMS.

Na^+ - É um elemento constante na água, podendo apresentar-se em concentrações bastante variadas. Independente da lixiviação das formações geológicas, que contém halita (NaCl), o sal pode provir da decomposição de sais minerais como silicatos de sódio e de alumínio, de depósitos de origem marinha, da penetração de águas salgadas nos aquíferos e de numerosos usos industriais (Rodier, 1981).

Os valores de sódio são superiores aos de cálcio e magnésio na maioria das amostras analisadas. Nas coletas A e B os valores de Na^+ encontrados são superiores aos de cálcio, com excessão dos pontos 3, 6, 8 e 10. A relação Na^+/K^+ é sempre superior a 1, o que não acontece com Na^+/Cl^- que é bastante variável.

A OMS (1981) recomenda teores de até 200 mg/l de sódio. Os valores amostrados variam de 8 a 83 mg/l, com exceção das da coleta C, com teores de até 212 mg/l. Esses valores elevados como era de se esperar, estão associados a elevados teores de Cl^-.

K^+ - O potássio é afetado facilmente pela troca de bases e é absorvido de forma pouco reversível pelas argilas em formação, para formar parte de sua estrutura, o que o diferencia do sódio. Por isso em águas naturais, apesar da maior abundância de potássio em muitas rochas, tem-se muito menos K^+ que Na^+, exceto nas muito diluídas (Custódio e Llamas, 1976). Seu teor não ultrapassa 10 a 15 mg/l, em água natural, não oferecendo inconveniente para a saúde das populações.

Os valores tabelados estão abaixo de 8 mg/l. A OMS (1981) não estabelece limites para o potássio.

Ferro total - O ferro presente na água, ocorre como Fe^{2+} ou Fe^{3+}, dependendo das condições a que esta submetido, ou como alguma forma de complexo orgânico.

As águas superficiais podem conter até 0,3 mg/l

de ferro, originário da lixiviação dos terrenos atravessados, ou de contaminações industriais. Em águas de distribuição provém frequentemente das canalizações (Rodier, 1981). É encontrado em maiores concentrações em águas subterrâneas.

O metal no estado ferroso é bastante solúvel em água, precipita devido o desprendimento de CO_2 e por oxidação pelo ar. Pode estar em solução na forma de complexos orgânicos e minerais, principalmente se são utilizados polifosfatos no tratamento das águas.

Independente de um sabor desagradável, que se percebe a partir de 0,05 mg/l, o ferro desenvolve na água turbidez avermelhada. Existem bactérias ávidas pelo ferro, as ferrobactérias, as quais se fixam sobre as paredes das canalizações e ocasionam fenômenos de corrosão com formação de concreções volumosas e duras.

Os limites adotados para valores de ferro nas águas dizem respeito mais a problemas estéticos e organolépticos, do que a inconvenientes da ordem tóxica, pois águas ferruginosas com mais de 5 mg/l podem ser ingeridas sem perigo (Rodier, 1981).

Segundo a OMS (1981) a concentração de ferro aceitável e permissível para águas de consumo humano é de 0,3 e 1 mg/l respectivamente.

Os teores tabelados variam de 0,05 a 1,7mg/l, com média de 0,6 mg/l; a amostra 9C apresenta o mais alto teor tavelado 1,7 mg/l. Cêrca de 68% das amostras mostram-se com valores superiores aos aceitáveis pela OMS, como pode ser visto na Figura 12.

9.2.4. Ânions: HCO_3^-, Cl^-, $SO_4^=$, NO_3^-, $SiO_3^=$ e $PO_4^=$

Os ânions HCO_3^-, Cl^-, $SO_4^=$, NO_3^-, $PO_4^=$ e $SiO_3^=$ se encontram associados aos cátions já mencionados, com maior ou menor tendência de combinações entre si.

- HCO_3^-

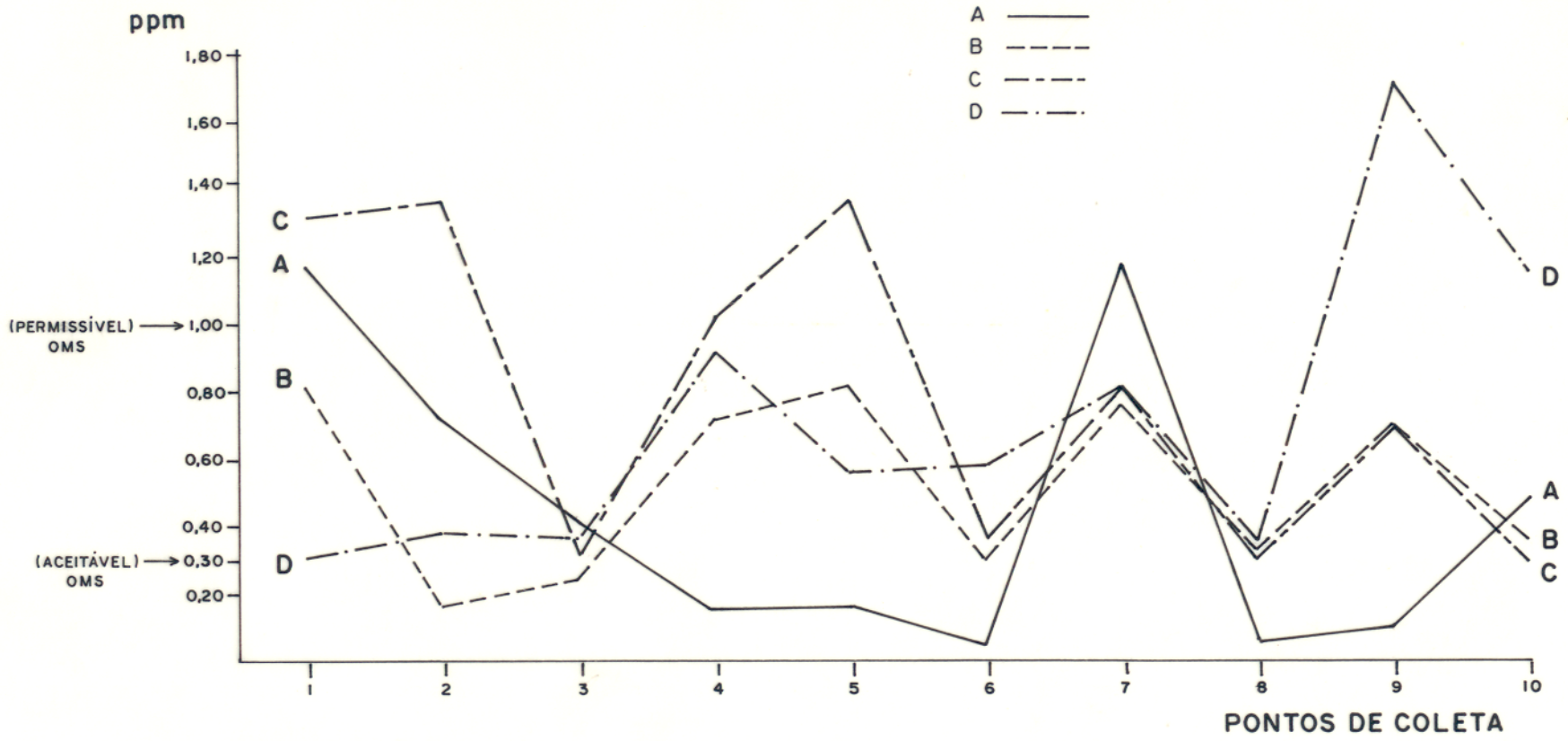


Fig.12- Variação dos teores de ferro nos períodos de amostragem.

- HCO_3^- - A quantidade do íons bicarbonato em águas naturais está diretamente relacionada ao dióxido de carbono dissolvido, que por sua vez relaciona-se com os efeitos do equilíbrio de carbonatos.

Como os resultados de alcalinidade à fenolftaleina foram nulos, é intuitivo considerar que a alcalinidade ao metil-orange, deve expressar apenas a contribuição da presença de íons bicarbonato em solução. Os resultados tabelados foram obtidos a partir da conversão estequiométrica de $CaCO_3$ para HCO_3^-, numericamente representando a alcalinidade ao metil-orange.

O CO_2 presente na atmosfera e a matéria orgânica em decomposição nos solos e nas águas são fontes de CO_2 nessas e, consequentemente, fontes de bicarbonato.

A maior parte dos cursos superficiais possuem teores de HCO_3^- abaixo de 200 mg/l; no entanto, em águas subterrâneas podem ocorrer concentrações mais elevadas.

Os valores tabelados apresentam-se entre 2mg/l (8A) e 205 mg/l (9C). Os pontos 3, 6, 8 e 10 apresentam a faixa de valores de 2 a 12 mg/l, enquanto os restantes apresentam-se entre 127 a 205 mg/l.

A OMS estabelece padrões para bicarbonato.

- Cl^- - O conteúdo de cloreto nas águas é extremamente variável, e se deve principalmente à natureza dos terrenos atravessados. Habitualmente, o conteúdo de íon cloreto nas águas naturais é inferior a 50 mg/l (Rodier, 1981). Na maioria dos cursos d'água a concentração de cloreto é inferior à de sulfato e à de bicarbonato, ocorrendo exceções quando os cursos recebem contribuição de águas subterrâneas ou industriais ricas desse íon ou, ainda, quando são afetados por correntes oceânicas (Hem, 1970).

O grande inconveniente dos cloretos é o sabor que conferem à água, principalmente quando se trata de cloreto de

sódio. Em menor proporção, os cloretos de cálcio e magnésio também podem conferir sabor às águas; são susceptíveis de ocasionar corrosão nas canalizações e depósitos. Os cloretos, facilmente solúveis, não participam dos processos biológicos, não atuam nos fenômenos de decomposição e não sofrem, portanto, modificações. No entanto, nem sempre se deve pensar em contaminação de origem humana ou animal quando se comprova aumento da percentagem de cloretos, cuja eliminação humana diária é da ordem de 10 a 15g de cloreto de sódio (Rodier, 1981).

O conteúdo de cloretos estabelecidos pela OMS (1981) para águas de consumo humano é da ordem de 250 mg/l. Os teores encontrados são da ordem de 12 a 30 mg/l para os meses de maio e agosto e 24 a 375 mg/l para os meses de novembro e fevereiro. Valores acima de 250 mg/l encontram-se nos pontos 3,6, 8 e 10 da amostragem C . O acréscimo no teor de cloretos sugere certa influência do acesso de águas salgadas e/ou da diminuição do volume dos mananciais, devido ao baixo índice pluviométrico ocorrido no período da amostragem C (Hem, 1970). Altos teores de cloreto estão associados a elevados valores de condutividade e STD.

- $SO_4^{=}$ - A concentração de íon sulfato nas águas naturais é bastante variável. Em terrenos pobres em sulfatos minerais, pode alcançar 30 - 50 mg/l, porém em zonas onde se encontra gesso, ou quando o tempo de contato com a rocha é elevado, tais valores se elevam para 300 mg/l. O conteúdo de sulfatos nas águas está relacionado aos elementos alcalinos e alcalino terrosos da mineralização, susceptíveis de provocar transtornos gastrointestinais principalmente em crianças.

Note-se que o sulfato é utilizado para o tratamento das águas com sulfato de Al, levando a crer a presença deste íon na água associado ao alumínio, caso o processo de filtração nas ETAS não seja eficiente.

Segundo a OMS (1981) os teores máximos desejáveis e permissíveis do íon sulfato em águas de abastecimento são de 200 e 400 mg/l respectivamente.

As concentrações de sulfato encontrados estão longe de causar preocupações, pois encontram-se abaixo de 28 mg/l com algumas excessões na amostragem de C, com valores em torno de 56 mg/l.

- NO_3^- - Geralmente os teores de nitratos nas águas das redes de distribuição são baixos; no entanto, no campo pode-se encontrar conteúdos elevados em águas de poços. Neste caso, os nitratos se originam geralmente da oxidação do nitrogênio orgânico, ou, ainda, da dissolução das substâncias contidas nos terrenos atravessados. Os adubos químicos são fontes de nitrogênio em águas superficiais. Os nitratos podem provir dos despejos domésticos, pela oxidação do nitrogênio orgânico e amoniacal, e, ocasionalmente, das águas residuárias de certas indústrias.

Os nitratos, como os fosfatos, participam da eutrofização (processo de mineralização) de ambientes aquáticos superficiais. No entanto, em períodos de estiagem, ou de fraca oxidação, os nitratos fazem o papel de doador de oxigenio para evitar condições de anaerobiose.

Sabe-se que a absorção de pequenas doses de nitratos pelo organismo causam cianose em crianças. Na realidade, a intoxicação é devida a nitritos formados pela redução dos nitratos, sob ação bacteriana, no estômago das crianças (Rodier, 1981).

O nitrato é o último estágio de oxidação do ciclo do nitrogênio, o qual segue o esquema: nitrogênio orgânico-nitrogênio amoniacal - nitrito - nitrato. O ciclo é indicativo da presença e do tempo de poluição das águas (Sawyer e Mc Carty, 1978). Elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal levam a crer numa contaminação recente, ao passo que elevados teores de nitratos em relação a nitrogênio amoniacal nos induzem a pensar em contaminação antiga.

Segundo a OMS (1981) a concentração limite em NO_3^- é da ordem de 45 mg/l, que equivale a 10 mg/l em N, para águas de consumo humano.

Os teores de nitrato tabelados estão muito abaixo dos índices considerados preocupantes (OMS, 1981). Os mais altos valores encontrados são da ordem de 0,57 mg/l em NO_3^-.

- $SiO_3^=$ - As espécies solúveis de sílica e silicato estão representadas nas tabelas 1 e 2, esrequiometricamente, por SiO_2. Teores mais elevados de sílica total podem ser obtidos quando se coleta águas com sílica coloidal, fato, aliás muito comum (Hem, 1970). Os silicatos podem provir de um tratamento de águas associado ou não a polifosfatos.

Água potável de boa qualidade não contém mais que 20 mg/l de sílica. Pode-se tolerar até 40 mg/l sem graves inconvenientes, salvo para águas de caldeira. A sílica foram precipitados extremamente duros sobre as canalizações dos aquecedores e de turbinas (Rodier, 1981).

Os valores de sílica tabelados não ultrapassam a 15,2 mg/l, notando-se,entretanto, certas descontinuidades. São exceções os pontos 3 e 5, os quais permanecem com valores próximos durante todo o período de amostragem.

A OMS não estabelece padrão de potabilidade para a sílica.

$PO_4^=$ - Os fosfatos não são significativos nas águas naturais. Os teores encontrados são devidos aos terrenos percorridos e à decomposição da matéria orgânica. Águas subterrâneas podem conter fosfatos pela infiltração proveniente de fossas negras ou depósitos de esterco. Águas superficiais podem contaminar-se por despejos industriais ou pela lavagem das terras cultivadas com adubos fosfatados ou tratados com certos pesticidas.

O fósforo é importante para o desenvolvimento de algas assim como o N e em, menor escala, K^+, Mg^{++} $SO_4^=$ e certos oligoelementos. É susceptível de favorecer a multiplicação das algas em depósitos, em adutoras e em lagos, contribuindo para a eutrofização, fenômeno evolutivo no qual o meio se enriquece em matérias nutritivas de modo excessivo e, consequentemente, em organismos vivos e matérias orgânicas diversas. Apesar de não se terem limites fixos para a concentração desse

elemento, propícia à eutrofização, sabe-se que em águas de rios o teor de fósforo total não deve ser superior a 0,1 mg/l e em águas de lagos e depósitos 0,05 mg/l de fósforo total.

O uso de polifosfatos na prevenção da corrosão pode resultar na presença de fosfato nas águas de abastecimento público. Geralmente a concentração resultante do referido tratamento não tem significação higiênica ou estética, porém pequenas quantidades podem servir como alimento para futuras proliferações nos sistemas de distribuições.

Para águas de alimentação se pode adquirir até 1 mg/l de $PO_4^{\equiv}$, principalmente se a presença deste não se deve a contaminação humana (Rodier, 1981).

Os teores detectados em todas as amostras se encontram abaixo de 0,01 mg/l, revelando ausência de prováveis pertubações causadas por teores algo mais elevados de fosfato, em se abordando aspectos de águas tratadas.

A OMS não fixa valores para fosfato em seus padrões:

9.2.5. Sólidos Totais Dissolvidos e Resíduo Seco

Numa aproximação bastante aceita (Custódio e Llamas, 1976), os sólidos totais dissolvidos estão relacionados com a soma dos teores de cátions, ânions e colóides, expressos em ppm, como segue:

$$STD = \Sigma C\acute{a}gions + \Sigma \hat{A}nions + \Sigma Col\acute{o}ides$$

Esta expressão deriva das seguintes relações

$$STD \cong RS + 1/2\ HCO_3^-$$

$$RS \cong \Sigma C\acute{a}tions + \Sigma \hat{A}nions + \Sigma Col\acute{o}ides - \frac{1}{2} HCO_3^-$$

onde RS é o resíduo seco.

Tanto os valores de STD quanto os de RS tabelados foram obtidos pelas relações acima. A diferença dos valores de STD e RS é igual a metade dos valores de bicarbonato presentes nas águas.

Como é evidente, os valores de STD se elevam juntamente com a condutividade. Em certas amostras ocorre uma continuidade nos valores de STD e RS como é o caso de 1,2,7 e 9 que apresentaram pouca variação das coletas A e B para as coletas C e D. As demais, no entanto, sofreram acentuada elevação desses valores nos períodos de novembro (principalmente) e fevereiro. Em algumas amostras do mês de novembro foram detectados valores até 10 vezes superiores às referentes à agosto.

Segundo a OMS (1981) os sólidos totais devem estar em concentrações de 500 - 1500 mg/l como limites aceitáveis e admissíveis respectivamente, estando portanto os valores obtidos nas análises, de acordo com os critérios da OMS.

9.2.6. CO_2 Livre

Foi obtido por cálculo relacionando-se valores de alcalinidade e pH, segundo a relação:

CO_2 livre = $10^{\log(0,2033 \times Alc) - pH + 7}$ (Custódio e Llamas, 1976).

Geralmente, as águas superficiais não contêm mais que 10 mg/l de CO_2. Águas subterrâneas no entanto podem apresentar altas concentrações e liberá-lo rapidamente em contato com a atmosfera.

Para um dado conteúdo de bicarbonatos de cálcio e magnésio existe uma quantidade necessária de CO_2 para que não haja decomposição dos bicarbonatos e precipitação dos carbonatos. Tal quantidade é denominada CO_2 de equilíbrio. Se a água contêm quantidade superior à necessária, este excesso constitui o CO_2 agressivo. Neste caso não haverá formação de capas carbonatadas nas canalizações e a água será susceptível de dissolver os metais tóxicos das superfícies de contato. Em caso contrário, haverá precipitação dos carbonatos e incrustação. A presença de CO_2 na água confere-lhe um sabor agradável e até certos valores não apresenta inconvenientes à saúde.

A concentração de CO_2 livre normal na água de superfície está na vizinhança de 0,5 a 2 ppm (Babbit, et al, 1976). A

OMS (1981) recomenda o valor zero para CO_2 agressivo.

Os valores tabelados encontram-se na faixa de 4 a 100 ppm. Valores um tanto discordantes, encontram-se nas amostras do ponto 2. As amostras 6 e 10 não sofreram variação acentuada nos valores de CO_2. No entanto, as demais apresentam valores um tanto elevados na coleta C, coincidindo com o aumento nos teores de dureza. Como era de se esperar concentrações elevadas de CO_2 livre apresentam baixo pH.

9.2.7. O_2 consumido

Representa a quantidade aproximada de matéria orgânica presente na água, especialmente matéria carbonácea (Babbit et alii, 1976). Na realidade, o método existente não determina somente as substâncias de origem orgânica e sim algumas de origem mineral como nitritos, amoníaco e sulfetos.

O inconveniente da matéria orgânica é o de conferir sabor desagradável à água, o qual é acentuado pela cloração, e o de facilitar o desenvolvimento de germes, algas e fungos.

Em geral águas de boa qualidade devem ser pobres em oxigênio consumido. Águas potáveis devem conter entre 1 e 2 mg/l O_2 (Rodier, 1981). Convém colocar o conteúdo de matérias orgânicas no contexto geral dos controles de potabilidade (cloretos, nitritos, nitratos, N amoniacal, etc...). Para a interpretação dos resultados, é aconselhável compará-los com o exame bacteriológico; um conteúdo de matéria orgânica deverá ser suspeita de contaminação microbiana.

Os valores tabelados situam-se todos abaixo de 1.9 com valor médio de 0,7 mg/l. Não há recomendações para teores de O_2 consumido nos padrões da OMS, no entanto, os resultados encontrados nas águas em estudo foram relativamente baixos levando a considerar uma possível ausência de poluição orgânica, fato confirmado pelos baixos índices de nitrogênio e fósforo detectados (Tabelas 1 e 2).

9.2.8. O_2 Dissolvido

A solubilidade do oxigênio na água se deve principalmente à temperatura, à pressão atmosférica e à salinidade. A concentração desse elemento está em função da origem da água; águas superficiais podem conter quantidades próximas à saturação. As variações dos teores de O_2 dissolvido são tão importantes quanto o seu valor absoluto. Tais variações podem ser devidas a presença de vegetais, matérias orgânicas oxidáveis, organismos e germes aeróbios, assim como pertubações na troca desse elemento com a atmosfera, na interface (presença de graxas, detergentes) etc... A determinação de oxigênio diseolvido é a base para o teste de demanda bioquímica de oxigênio (Sawyer, e Mc Carty, 1978).

A presença desse elemento em corpos d'água é importante para que sejam mantidas condições aeróbias, indispensáveis para a manutenção dos processos metabólicos da maioria dos seres aquáticos.

A concentração de oxigênio dissolvido na água, é, usualmente, um índice altamente significativo da sua qualidade sanitária. As águas subterrâneas podem ser deficientes em oxigênio dissolvido, mesmo não estando poluídas, porque o mesmo é exaurido pela oxidação dos minerais dissolvidos na água. Sendo altamente ativo, esse gás pode contribuir para a corrosividade da água (Babbit et alii, 1976).

A OMS (1981) não estabelece padrões para O_2 dissolvido. A água saturada de ar, a 28°C e a pressão normal, contêm 7,92 mg/l de oxigênio. A média dos valores tabelados é de 6,47 mg/l.

9.2.10. DBO

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio, que é consumido pela respiração aeróbia, na oxidação da matéria orgânica nutriente existente no meio, aquático. Corresponde, na prática, à quantidade de oxigê

nio necessária à estabilização das matérias presentes, oxidáveis bioquimicamente (Branco, 1978).

A DBO é uma característica e não um constituinte da água (Babbit et alii, 1976). Geralmente, é excelente indicador do comprometimento das condições do meio, mas não deve ser tomada como elemento de valor absoluto na determinação da qualidade e menos ainda, da potabilidade da água. Constitui dado ecológico em toda a extensão da palavra, mas de escassa importância relativa à contaminação (Branco, 1978). Certos valores baixos de DBO podem ser devidos a presença de elementos tóxicos inibidores como o cobre em concentrações de 0,01 mg/l.

De acordo com Gommella & Guerree (1977), águas que apresentam DBO, com valores acima de 10 mg/l são poluídas, enquanto que águas destinadas ao abastecimento público devem ter DBO inferior a 1 mg/l O_2.

A OMS (1981) estabelece para água de captação destinada a alimentação valor de 6 mg/l para DBO. Os valores tabelados encontram-se abaixo de 4 mg/l O_2, estando portanto enquadrados nos padrões de OMS; apenas a amostra 5D apresentou valor um tanto elevado.

Tornou-se impossível a obtenção de valores numéricos para a DBO em algumas amostras. Isto se deve, provavelmente, às dificuldades do trabalho analítico, já comentadas.

9.2.11. DQO

A demanda química de oxigênio (DQO), representa um parâmetro capaz de interpretar a disponibilidade de um meio, em favorecer reações de oxidação da matéria orgânica mediante conversão em gás carbônico e água, sem influências biológicas (Sawyer e Mc Carty, 1978).

O teste de DQO atende a necessidade de se medir além da carga orgânica biodegradável, eventualmente existente no meio, a matéria orgânica não biodegradável. A DQO representa quase que um valor limite da possibilidade de oxidação total de uma água ou despejo. Este parâmetro substitui quase

que totalmente o teste de oxigênio consumido, excetuando-se os casos de medida de matéria orgânica em águas destinadas ao abastecimento público, onde esse teor é bastante baixo (Braile & Cavalcante, 1979).

Considerando que a DBO só indica resultados do consumo de oxigênio de uma parcela das substâncias atacáveis pela DQO, intui-se que o valor da DBO é quase sempre inferior ao da DQO. No entanto, somente as avaliações de DQO da ordem de 50 mg/l são mais precisas (Sawyer e Mc Carty, 1978).

A confiabilidade do teste da DQO é muito discutível na presença de cloretos (Custódio e Llamas, 1976). O conteúdo de cloreto na amostra deve ser inferior a 1,5 g/l, não sendo aplicável o método para águas com valores superiores a 3 g/l, expressos em Cl^- (Rodier, 1981).

A OMS (1981) estabelece como concentração limite para DQO, em águas de captação para alimentação, o valor de 10 mg/l. Nas coletas C e D, obtivemos valores um tanto elevados, provavelmente causados pelos altos teores de cloreto que ocorreram durante aquelas coletas.

9.2.12. N amoniacal

O nitrogênio amoniacal das águas superficiais pode ser originado da matéria vegetal dos cursos d'água da matéria orgânica animal ou humana (o homem elimina 15 a 30g de uréia por dia) e dos despejos industriais, Sua presença deve ser comparada com a de outros elementos nitrogenados identificados na água nitritos e nitratos e com os resultados das análises bacteriológicas.

O tratamento de água contendo N amoniacal, pelo cloro, provoca a formação de cloramina cujo papel desinfetante é inferior ao do cloro livre. Águas profundas podem ser ricas desta forma de nitrogênio, por redução dos nitritos, pela ação das bactérias autotróficas ou pelos íons ferrosos.

A presença de N amoniacal em água pode ocasionar o desenvolvimento de certos germes que conferem sabor desagradável. Necessita, então, de um aumento do consumo de cloro na desinfecção. Praticamente, para cada mg de N amoniacal são necessários aproximadamente 10 mg de cloro para oxidar as cloraminas a N gasoso.

Águas brutas destinadas à alimentação não devem conter mais que 0,5 mg/l de N amoniacal (Rodier, 1981). Segundo a OMS a concentração limite recomenda para águas de captação destinada a alimentação é de 0,03 mg/l em N.

A maioria dos valores obtidos estão abaixo de 0,002 mg/l. As amostras 4B e 7A estão acima dos padrões estabelecidos enquanto que o ponto 9 apresentou valores da ordem de 0,28 mg/l, estando em todas as coletas com valores um tanto elevados,

9.2.13. N orgânico

O nitrogênio orgânico é definido como aquele nitrogênio organicamente ligado e no estado de oxidação - 3. Inclui materiais naturais tais como proteínas e peptídeos, ácidos nuclêicos, uréia e substâncias orgânicas sintéticas.Ocorre em águas naturais em concentrações de 10 mg/l ou menos, e, em águas residuárias, em concentrações superiores a 10 mg/l (Cetesb, 1978 d).

Os valores tabelados encontram-se abaixo de 0,5 mg/l, que é o limite de deteção do método utilizado. A OMS não estabelece padrões para N orgânico.

9.2.14. Óleos e Graxas

Os óleos e graxas encontrados na água são frequentemente em forma de emulsão, ou saponificadas pela ação de produtos químicos, detergentes, etc... A presença de óleos e graxas constitui prejuízo considerável para o funcionamento normal de estações de tratamento de águas residuais. Podem ter origem doméstica ou mineral.

A OMS estabelece que em águas de captação para alimentação a concentração de graxas deve ser de 1 mg/l. Os valores tabelados estão todos abaixo do oimite de deteção do método que é de 5 mg/l, não podendo portanto se estabelecer comparações com os critérios da OMS.

9.2.15 Fenóis

A presença de fenóis nas águas é devida geralmente a contaminações industriais. Os revestimentos betuminosos das canalizações podem quando são realizados reparos, introduzir na rede de abastecimento quantidades de fenóis geralmente limitados. A decomposição dos produtos vegetais como a lignina, assim como águas residuais de indústrias de celulose, podem conduzir a emissão de produtos fenólicos. Também ocorrem por degradação dos pesticidas, fungicidas e herbicidas e, em menor escala, por contaminação humana.

Em geral, os fenóis só estão presentes em quantidades bastante pequenas nas águas de abastecimento e sua toxidade é limitada caso não seja absorvido por longos períodos.

O principal incoveniente dos fenóis se verifica durante a desinfecção da água com o cloro, pela formação de clorofenóis, com sabor extremamente desagradável e muito persistente, mesmo que as quantidades de fenol sejam da ordem de 5 ppm.

A OMS em suas normas internacionais para águas de captação para alimentaão fixa o valor de 0,001 mg/l como limite para fenóis. Os valores tabelados estão todos abaixo do limite de detecção do método que é de 0,05 mg/l, o que não permite que se faça comparações com os padrões da OMS.

9.2.16 Cloro residual

Uma das mais importantes etapas no tratamento de águas de abastecimento é a cloração, que objetiva eliminar microrganismos patogênicos por acaso presentes.

Ao se aplicar cloro à água, parte daquele é consumido na oxidação e formação de compostos com materiais pré-exis

tentes nessa água. Coberta essa demanda, o excesso de cloro que permanece em solução é denominado residual. Esse é o cloro ativo que destrói microrganismos patogênicos, e previne ulterior recontaminação na rede de abastecimento (Branco, 1978).

Os ensaios de laboratório para verificação de cloro residual não resultaram satisfatórios, em virtude dos baixos teores de cloro livre em solução. No entanto, por estarem abaixo do limite de detecção os resultados evidenciam os baixos teores de cloro residual nas águas estudadas. Ensaios realizados na estação de S. Braz revelam índices de 0,8 mg/l de cloro residual, enquanto que análise de água que deixa o 4º setor revela teor de 0,3 mg/l.

Segundo o decreto 12.486 de 20.10.78 NTA - 60, do Estado de São Paulo, as águas de abastecimento público devem conter 0,3 mg/l de cloro residual (em Cl_2). A OMS não indica valores para esse parâmetro.

9.3. Parâmetros Bacteriológicos

Como já foi citado no capítulo 6, dificilmente nos sistemas de abastecimento de água potável, há ausência de qualquer espécie de microrganismo, pois a eliminação total dos mesmos é inviável técnica e economicamente. Desde que água esteja isenta de microrganismos patogênicos, de microrganismos indicadores de contaminação fecal e possua um mínimo de bactérias, ela estará qualificada para consumo.

As águas livres de germes patogênicos e de substâncias químicas prejudiciais à saúde são chamadas águas potáveis. Águas contaminadas com despejos domésticos ou industriais são ditas não potáveis ou poluídas.

Os métodos bacteriológicos modernos permitem detectar bactérias patogênicas em águas potáveis e em águas poluídas. No entanto, torna-se impraticável o exame sistemático da água de abastecimento para detectar sua presença, pois os métodos são mais trabalhosos e também porque os patogênicos ocorrem em menor número e sua chegada à água é intermitente,

além disso possuem, via de regra, vida própria e de curta duração nesse meio.. Por esses motivos, usa-se detectar microrganismos fecais normais presentes nas águas, A ausência destes na amostra indica ausência de organismos patogênicos, sendo, portanto, prova de uma água bacteriologicamente segura (Cetesb 1978 b).

Os microrganismos mais comumente empregados como indicadores de contaminação são Escherichia Coli e todo o grupo coliforme. Alguns membros desse grupo podem ocorrer oom relativa abundância no solo ou mesmo em plantas. A presença de Escherichia Coli na água (que é detectada pelo teste de coliforme fecal é prova confirmativa da origem fecal da contaminação).

A pesquisa de estreptococcus, cujo mais característico é o Streptococcus faecalis, pode servir para confirmar a origem fecal da contaminação em casos duvidosos. Esses microrganismos podem ocorrer nas fezes em número variado, geralmente inferior ao de Escherichia Coli. Os estreptococcus são aplicados no estudo de correlação com coliforme fecal em levantamentos sanitários e estudos de poluição de cursos d'água, para verificar se a poluição é de origem humana ou animal. Sabe-se que:

$$\frac{\text{Coliforme fecal}}{\text{estreptococos fecais}} < 0,7 \quad \text{origem animal}$$

$$\frac{\text{Coliforme fecal}}{\text{estreptococos fecais}} > 4,0 \quad \text{origem animal}$$

Foram feitas pesquisas de coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais nas amostras analisadas, sendo que este último, somente nas coletas C e D.

Segundo o National Communit Water Supply, quando são altas as densidades de não coliformes, a detecção dos coliformes pode ser afetada, podendo se considerar como potável uma água contaminada. Deve ser mantida na rede um residual de cloro acima de 0,3 mg/l, para que se consiga um limite máximo

de 500 colonias/ml na água de distribuição (Fair et alii, 1976).

Por outro lado, testes negativos para coliformes não excluem necessariamente a presença de vírus, pois estes podem sobreviver na água mesmo após tratamento pelo cloro, no geral tenham sido eliminados organismos do grupo coliforme. (Fair et alii, 1976).

Os valores da Tabela 3 são expressos em 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 a quantidade de bactérias presentes na amostra; este índice é obtido em tabelas encontradas na literatura referente ao assunto.

Quando se considera o estabelecimento de normas bacteriológicas para águas de abastecimento, deve-se levar em conta se a água é ou não clorada e, ainda, se é ou não distribuída por rêde de abastecimento.

A OMS (1981) estabelece as seguintes normas para água potável, referentes a aspectos bacteriológicos:

a) Água ao entrar na rede de distribuição

Água clorada - não deve apresentar coliformes, ou seja, NMP igual a zero;

Água não clorada - não deve apresentar Escherichia Coli em uma amostra de 100 ml. Pode-se tolerar para o teste de coliforme total até 3 coliformes por 100 ml; desde que a coleta seja periódica e frequente. Caso se tenha NMP > 3 a água não se presta para o abastecimento sem cloração prévia.

b) Água na rede de distribuição

O ideal seria que o NMP fosse zero, tanto na rêde de distribuição como nas instalações domésticas. Nem sempre se consegue na prática; recomenda-se portanto que:

- o NMP para coliforme fecal seja zero;
- o NMP para coliforme total seja menor que 10;
- não se deve encontrar coliformes em duas amostras consecutivas;

- no decorrer de um ano, 95% das amostras não devem conter coliformes por 100 ml;
- sistemas individuais - para poços profundos o número de coliformes totais deve ser menor que 10 por 100 ml.

A OMS não estabelece padrões para estreptococos.

Verificando a tabela 3 pode-se notar que os valores mais elevados para coliformes totais e fecais ocorreram na amostragem C, época da forte estiagem havida em Belém. Sobre tal ocorrência tem-se a considerar que:a elevação da temperatura diminui a solubilidade do oxigênio na água e afeta o número de algumas bactérias, tais como as de putrefação (Martins,1976) por outro lado, a ausência de precipitação reduziu deveras o efeito de diluição nos mananciais, ocasionando possivelmente a presença de um maior número de microrganismos por 100 ml. Tais fatos, podem justificar em parte os elevados valores encontrados em C.

Note-se que a pesquisa de coliforme fecal em D, apresenta-se com valor zero em todos os pontos de coleta, o que não condiz com os resultados para estreptococus na mesma amostragem. Esse caso enquadra-se naqueles em que, a pesquisa de estreptococus, vem a ser a prova confirmatória de contaminação fecal, devido a resultado duvidoso no teste para coliforme fecal.

Com relação aos pontos de coleta, os de número 5 e 8 tem suas águas consideradas ótimas para consumo, dentro dos padrões da OMS. Ressalte-se que nesses pontos a água foi coletada direto da canalização. O ponto 5 apresenta condições sanitárias razoáveis, enquanto que o ponto 8, satisfatórias.

O ponto 7 apresenta suas águas fora dos padrões, apenas na primeira amostragem, tornando-se nas seguintes, de excelente qualidade. Este local de coleta é uma residência às margens do canal da Quintino, cujas condições de saneamento são precárias, e por estranho que pareça, não apresentou modificações, quanto ao aspecto sanitário, da primeira coleta para as demais.

Semelhante ao caso do ponto 7, é o do ponto 10, cujos valores fora dos padrões foram apenas na amostragem C para coliformes fecais, nada tendo a ver com as condições sanitárias locais que são muito boas.

Os pontos 1, 3, 4 e 6 exibem situações semelhantes. Em duas amostragens apresentam suas águas com ótima qualidade bacteriológica e nas outras duas, impróprias para consumo. Deve-se nesse caso considerá-las suspeitas. O ponto 3, apresenta condições sanitárias deficientes assim como o ponto 4. Naqueles as amostras foram coletadas no quintal da residência, enquanto que no outro a amostragem foi efetuada na cisterna que abastecia a escola (Quadro 8). Os pontos 1 e 6 apresentam condições sanitárias razoáveis; note-se que nesses a coleta é direta da canalização, de modo que, pode-se supor que as variações apresentadas, sejam advindas de problemas de infiltração na rede de distribuição.

Os pontos 2 e 9 apresentam valores fora dos padrões para coliformes total e fecal, o que pode ser devido às próprias condições locais dos dois pontos. O local referente ao ponto 2 é uma escola, constituida de uma só sala de aula,e situa-se numa passagem; as coletas foram feitas na cozinha onde era preparada a merenda escolar e a água era proveniente da caixa d'água. O ponto 9 é uma residência de madeira cujo único local em que se consegue coletar água é em uma torneira localizada no quintal da casa, onde há criação de patos e galinhas; o número de estreotococos desse ponto, na coleta D, foi bastante elevado, fazendo crer numa contaminação fecal de origem animal. Desse modo tais águas devem ser consideradas impróprias para consumo.

9.4. Elementos Traços

Os elementos traços encontram-se em quantidades mínimas em águas naturais, daí a orígem do seu nome. Compreendem, principalmente, certos metais pesados, os quais, dependendo da concentração em que se encontram e de seu efeito cumula-

tivo ou não no organismo, podem acarretar sérios problemas de poluição e doenças.

Esses elementos, na maioria das vezes, são determinados em águas por diferentes motivos tais como:

- estudos da ciruclação e distribuição de minerais em rochas e águas;
- estabelecimento de afinidades entre a composição da água e saúde pública;
- estudos de nutrição vegetal e patologia (Hem, 1970).

Além da importância dos elementos traços ou metais pesados, sob o ponto de vista sanitário, eles ainda acarretam problemas de poluição ambiental. Os metais pesados reduzem a capacidade autodepurativa das águas, pela ação tóxica sobre os microrganismos responsáveis por essa regeneração. A consequência é uma redução drástica da DBO, com igual grau de eutrofização. Uma elevada concentração de oxigênio na água nem sempre significa um índice de condições aeróbias, e sim, quando for o caso, uma indicação de envenenamento por metais pesados. Nos sedimentos de rios e lagos o conteúdo daqueles elementos pode ser 1.000 a 10.000 vezes maior que nas suas águas. De início,isto significa descontaminação das mesmas, porém em determinadas condições é possível a liberação de grandes quantidades de metais dos sedimentos (Fellenberg, 1980).

Quanto ao aspecto sanitário, esses elementos dizem respeito à saúde pública, pois há evidências de que certas formas de elementos traços inorgânicos podem ser agentes cancerígenos. Alguns provocam doenças específicas como é o caso da prata que provoca o argirismo.

Os elementos traços, analisados pelo método de absorção atômica termelétrica foram níquel, manganês, chumbo,cobalto, cromo, cobre e alumínio e os valores detectados constam da Tabela 4.

Em virtude da falta de eletrodos de grafite disponíveis, durante a época das duas primeiras amostragens, só foi possível a análise dos elementos traços nos períodos C e D de coletas.

9.4.1. Níquel

O níquel raramente ocorre em águas naturais em teores notáveis, porém devido ao uso cada vez mais frequente do aço inoxidável e outros materiais nos sistemas de águas,ele passa a ter importância principalmente para águas industriais. A presença de níquel indica corrosão das canalizações, particularmente às de caldeiras.

O níquel e seus sais são relativamente pouco tóxicos. Em despejos industriais se enoontra geralmente associado aos cianetos,mercúrio e arsênio (Rodier, 1981). Em águas naturais seus teores são maiores que os de cobalto (Hem, 1970).

A OMS (1981) recomenda teores de 0,1 mg/l para águas de consumo humano. Os valores detectados estão bem abaixo daqueles admissíveis.

2.4.2. Cobalto

O cobalto, em pequenos teores, é essencial à nutrição de plantas e animais. Apresenta algumas propriedades químicas similares às do ferro, como por exemplo, os estados de oxidação + 2 e + 3. Os íons Co^{3+}, contudo, não são geralmente compatíveis com potenciais redox que podem ocorrer na água natural, daí a oxidação mais provável ser Co^{2+}.

Um mecanismo que provavelmente está envolvido no controle das concentrações observadas de Co em águas é a absorção por partículas coloidais de óxidos e hidróxidos de Mn e Fe. Jenne, (1968) in Hem (1970), cita estudos mostrando que tanto o Co como o Ni tendem a concentrar-se em partículas de óxidos de manganês nos solos. As baixas concentrações de cobalto em águas natural, da ordem de 10 mg/l, podem ser detectadas por reações de absorção desse tipo.

Doses diárias de 1 a 6 mg/l de oobalto provocam intoxicação crônica em crianças. A OMS não recomenda limites para esse elemento.

Foram detectados teores de cobalto da ordem de 3 a 25 ppb, nas águas examinadas.

9.4.3. Cobre

O oobre está geralmente presente em pequenas quantidades nas águas superficiais e subterrâneas. Nas formas de cloreto, sulfato e nitrato são muito solúveis na água, o que não acontece com os carbonatos, hidróxidos, óxidos e sulfetos. Os íons de cobre presentes em águas naturais com pH igual ou maior que 7 precipitam carbonato e hidróxido e dêste modo, são removidos por adsorção ou sedimentação. Este é o motivo pelo qual não se encontram concentrações significativas de cobre nas águas superficiais ou subterrâneas (Batalha & Parlatore, 1977).

No entanto, este metal pode ser encontrado nas águas, por contaminação industrial ou de tratamentos agrícolas e, habitualmente, epal corrosão de canalizações. Pode-se constituir resíduo do tratamento de algas por sais de cobre, em lagos ou piscinas.

Sabe-se que esse elemento é benéfico ao metabolismo humano e que sua deficiência produz anemia nutricional em crianças. Não obstante, elevadas concentrações e ingestão oral prolongada, causa danos ao fígado.

As maiores restrições ao aparecimento de cobre são do ponto de vista estético, pois pode causar sabor desagradável à áfua e formar $Cu(OH)_2$ que poderá aumentar a turbidez (Shuval, 1965).

Na presença de oxigênio dissolvido e de teores mais elevados que 10 mg/l de nitrogênio amoniacal, facilmente o cobre dissolve-se na água.

A OMS (1981) estabelece como concentrações aceitáveis e permissíveis 1 e 1,5 mg/l respectivamente, em águas potáveis. Os valores detectados encontram-se abaixo de 0,027mg/l (27 pp). Note-se que na coleta D apenas os pontos 7 e 10 apresentaram em suas águas teores de cobre, porém todos estão longe de serem considerados preocupantes.

9.4.4. Cromo

O cromo é raramente encontrado nas águas naturais;

contudo, pode ocorrer como contaminante de águas sujeitas à poluição de despejos de curtumes, de indústrias de cromatos e de circulação em águas de refrigeração, onde é usado para controle de corrosão.

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

São desconhecidos os valores de íon cromato que podem ser tolerados pelo homem, por um longo período de tempo sem efeito adverso sobre a saúde. Os sais trivalentes de cromo não apresentam a toxidez dos sais hexavalentes, os quais são agentes cancerígenos (Batalha e Parlatore, 1977).

Esse elemento é facilmente eliminado das águas residuais, utilizando-se processos de precipitação química.

De acordo com a OMS (1981) a concentração de cromo nas águas para consumo humano deve ser de 0,05 mg/l. Poucos foram os valores detectados para este elemento. Apenas na coleta C ele foi encontrado. Os teores são na maioria nulos como era de se esperar em águas tratadas.

9.4.5. Chumbo

Em águas naturais, somente traços do elemento chumbo são encontrados. Há alta probabilidade de que as concentrações sejam limitadas pelas restrições de solubilidade (Hem, 1970). Geralmente em águas superficiais seu teor não ultrapassa 0,1 mg/l (Rodier, 1981).

O chumbo é susceptível de acumular-se no organismo sendo portanto perigosa não somente a absorção de uma dose tóxica, mas também a acumulação de doses consideradas isoladamente como não tóxicas. Além da água, as fontes mais comuns desse elemento para o organismo são os alimentos, o ar e o hábito de fumar. A presença de chumbo no organismo é causa de uma doença denominada saturnismo. Esse metal só deve ser uti

lizado em circuitos de distribuição de águas, em casos de absoluta necessidade, evitando-se sempre, que possível, canalizações de chumbo estanhado (Babbit et al.1976).O chumbo é utilizado para a estabilização de certos tubos plásticos, dos quais pode passar à água por lixiviação.

A OMS (1981) recomenda concentrações de 0,05 mg/l de chumbo em águas de consumo humano. Nas análises efetuadas, valores algo representativos foram os das amostras 3C e 10D com respectivamente, 21 e 15 ppb,as quais ainda se enquadram nos padrões da OMS.

Interessante notar que para as referidas amostras tem-se baixos valores de DBO, o que confere com o que foi citado no ítem 9.2.10 deste trabalho.

9.4.6. Manganês

O manganês ocorre em águas naturais nas formas de Mn^{2+}, Mn^{3+} e Mn^{4+}, estando em solução, suspensão ou complexado. Sua solubilidade depende do pH, oxigênio dissolvido e da presença de agentes complexantes. O manganês se oxida com extrema facilidade a Mn^{2+} por ação do ar e constitui problema, devido à formação de precipitado marron, que acarreta manchas em roupas e esmaltes no uso doméstico da água.

O manganês possui características semelhantes às do ferro. Nas estações de tratamento, favorece o crescimento de bactérias que ocasionam problemas aos filtros, podendo formar depósitos nas canalizações (Rodier, 1981).

Sob o ponto de vista sanitário, não há nenhuma informação que indique a que níveis o manganês é perigoso,quando ingerido. O principal efeito tóxico que se tem registrado resulta da inalação de poeira ou fumo que os contêm.

A OMS (1981) recomenda para águas potáveis valores de 0,1 e 0,5 mg/l como limites aceitáveis e admissíveis respectivamente. Os valores encontrados para o Mn nas águas aqui em estudo situam-se dentro do padrão acima citado, variando de 30 a 125 ppb.

9.4.7. Alumínio

O alumínio é o terceiro elemento químico mais abundante no solo, porém nas águas naturais não apresenta concentrações elevadas nem algum significado sanitário para o sistema de abastecimento (Batalha e Parlatore, 1977).

As grandes quantidades de sulfato de alumínio, utilizadas diariamente em todo o mundo, para o tratamento das águas não acarretam problemas toxicológicos, pois a concentração de alumínio na água tratada é em geral muito pequena, visto que durante a filtração ele deverá ficar retido. É desejável que o conteúdo da água em alumínio depois do tratamento não seja superior ao conteúdo da água bruta. No entanto, concentrações mínimas da ordem de 0,10 mg/l podem ocasionar precipitações químicas secundárias nos depósitos de águas (Rodier, 1981).

Para as águas de consumo humano a OMS admite teores de 0,2 mg/l de alumínio. Verifica-se que 60% dos valores encontrados para alumínio nas águas em estudo se apresentam fora do padrão da OMS.

Aparentemente, não houve relação dos altos teores de alumínio com algum valor mais elevado de sulfato, o que justificaria uma possível deficiência no processo de filtração, visto que, como já foi citado, os filtros das ETAS da cidade estão trabalhando com sua carga máxima. Apenas os pontos 8C e 10C que se mostram com valores fora dos recomendados para o alumínio, apresentam valores algo elevados para o sulfato. Note-se; entretanto que os pontos 1,3,6,8 e 10 em ambas amostragens apresentam teores de Al fora dos padrões da OMS, o que pode ser visto na Figura 13.

9.5. Classificação por Computação das Águas Analisadas

Os resultados obtidos nas análises de laboratório já foram interpretados e comparados com padrões de potabilidade. Entretanto, tais resultados foram submetidos a tratamento computacional, através de um programa elaborado por Fenzl et alii (1980), o qual classifica as águas utilizadas para consumo huma

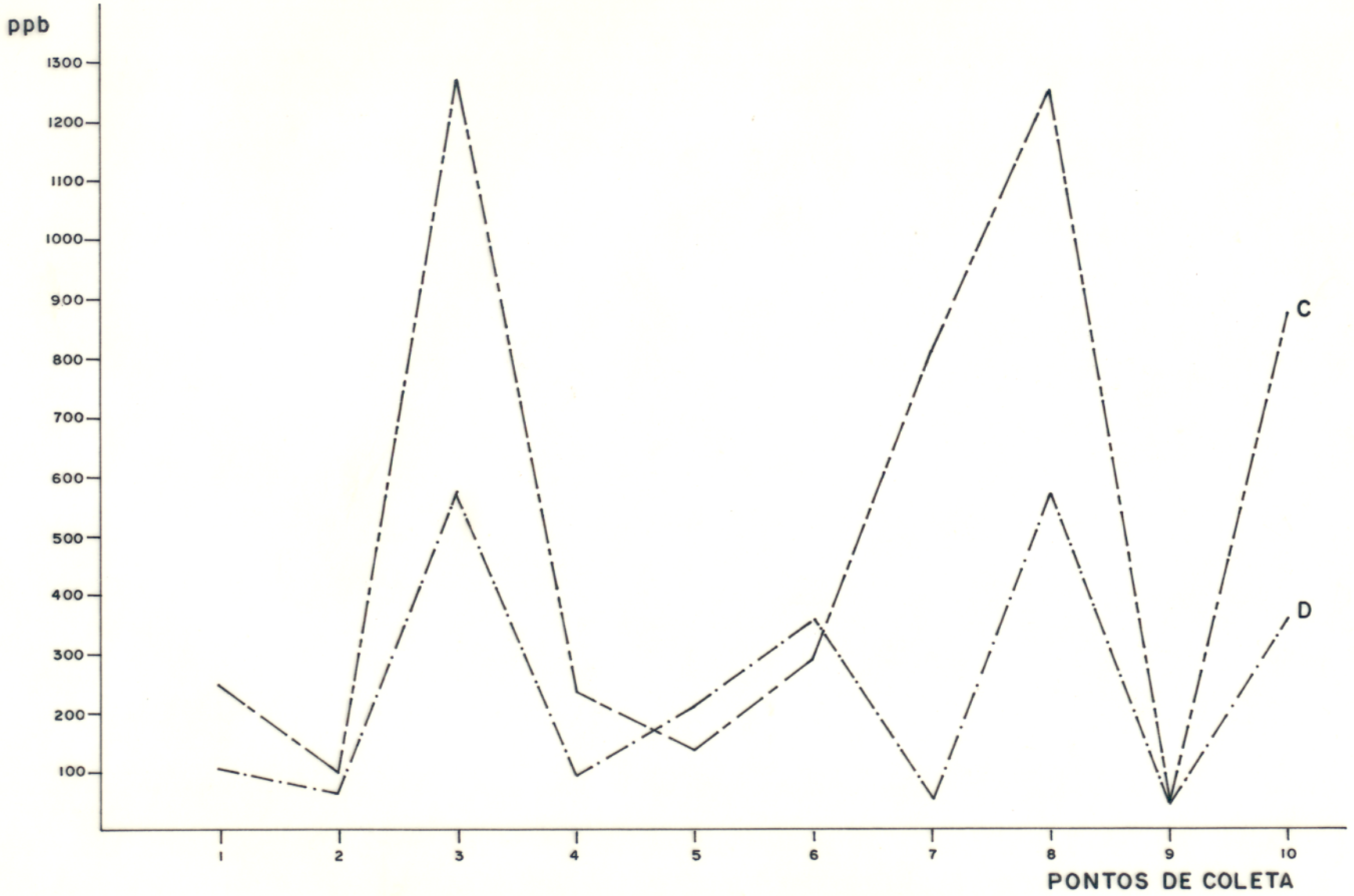


Fig. 13 - Variação dos teores de alumínio nas amostragens C e D.

no e ainda fornece informações sobre o estado químico das amostras.

O modo de classificação das águas, utilizado pelo programa é baseado em normas de potabilidade da OMS (1963) in: Fenzl et alii (1980), classifica as águas para consumo em quatro grupos fundamentais (Quadro 9):

Grupo A: elementos que afetam a potabilidade, ou seja, 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 as permitidas.

Grupo C: indicadores de poluição; não apresentam necessariamente um perigo imediato para o consumidor se forem ingeridos em concentrações superiores aos limites indicados, porém indicam possíveis fontes de poluição que podem trazer consequências perigosas para o usuário. Neste grupo estão incluidas as bactérias e uma eventual fonte radioativa.

Grupo D: elementos específicos que podem afetar a saúde, sem apresentar uma toxidez direta.

Após a classificação, o programa enquadra as amostras nas seguintes categorias:

Categoria I ; aceitável sem restrição
Categoria II : tolerável
Categoria III : tolerância restrita, tratamento aconselhável para certos elementos
Categoria IV ; imprópria para o consumo humano; tratamento necessário para certos elementos.

Os resultados fornecidos pelo programa de computação , quanto a classificação das águas para consumo humano, foram listados no Quadro 10. Baseado neste quadro foi elaborada a figura 14 que mostra as percentagens de cada categoria de qualidade nas quatro amostragens realizadas.

Observa-se pelo Quadro 10 que a totalidade do tratamento "necessário" para as águas analisadas são referentes ao aspecto bacteriológico, enquanto que, os tratamentos "recomendados" são referentes a Fe, pH e bactérias.

As figuras 15, 16, 18 e 18 são mapas referentes à qualidade da água fornecida ao bairro do Jurunas em cada período de amostragem. Note-se que nem sempre as águas consideradas impróprias para consumo (Categoria IV), são provenientes de áreas de baixadas (àquelas próximas ao dique do Guamá e ao canal da Quintino).

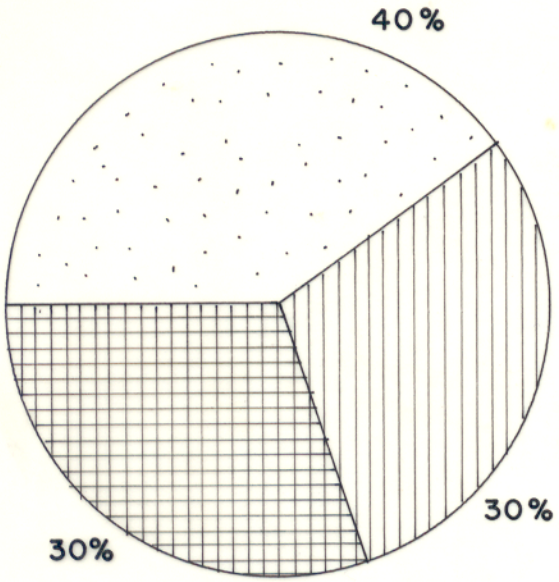
QUADRO 9 - Padrões de Potabilidade e modo de classificação da água para o consumo humano

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 $\mu C_i/l$)	I	0			III		10^{-4}	IV

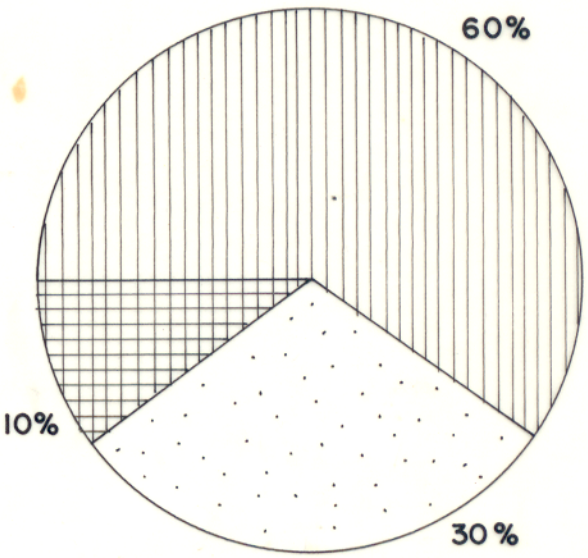
AMOSTRA	CATEGORIA	TRATAMENTO RECOMENDADO	TRATAMENTO NECESSÁRIO
1A	III	Ferro, Bactérias	-
1B	III	Bactérias	-
1C	IV	Ferro	Bactérias
1D	IV	-	Bactérias
2A	IV	-	Bactérias
2B	IV	-	Bactérias
2C	IV	Ferro	Bactérias
2D	IV	-	Bactérias
3A	II	-	-
3B	IV	-	Bactérias
3C	III	Bactérias, pH	-
3D	II	-	-
4A	IV	-	Bactérias
4B	II	-	-
4C	IV	Ferro	Bactérias
4D	II	-	-
5A	II	-	-
5B	II	-	-
5C	III	Ferro	-
5D	III	DBO	-
6A	IV	-	Bactérias
6B	II	-	-
6C	IV	-	Bactérias
6D	III	Bactérias	-
7A	IV	Ferro	Bactérias
7B	II	-	-
7C	II	-	-
7D	II	-	-
8A	III	pH	-
8B	II	-	-
8C	III	pH	-
8D	III	Bactérias	-
9A	III	Bactérias	-
9B	IV	-	Bactérias
9C	IV	-	Bactérias
9D	IV	Ferro	Bactérias
10A	II	-	-
10B	II	-	-
10C	IV	-	Bactérias
10D	III	Ferro	Bactérias

Quadro 10 : Resumo dos resultados fornecidos pelo programa de computação.

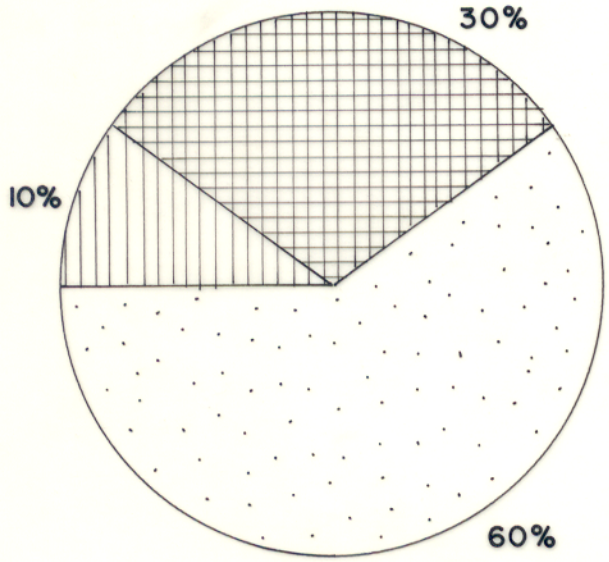
COLETA - A



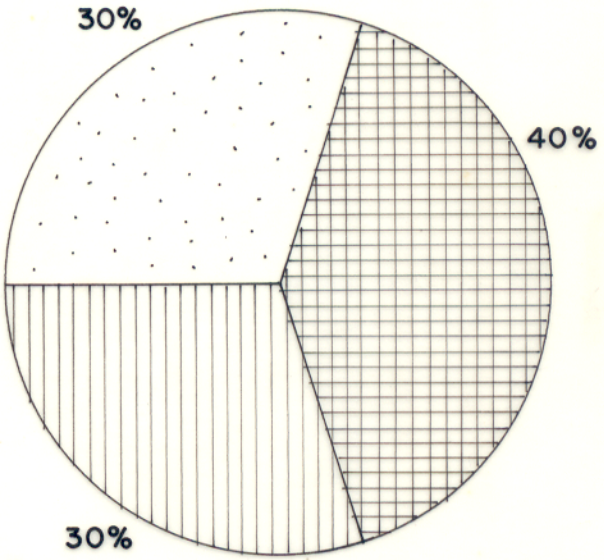
COLETA - B



COLETA - C



COLETA - D



Categoria II = |||
Categoria III = ###
Categoria IV = ∴

FIG. 14 - PERCENTAGEM DAS CATEGORIAS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO BAIRRO DO JURUNAS.

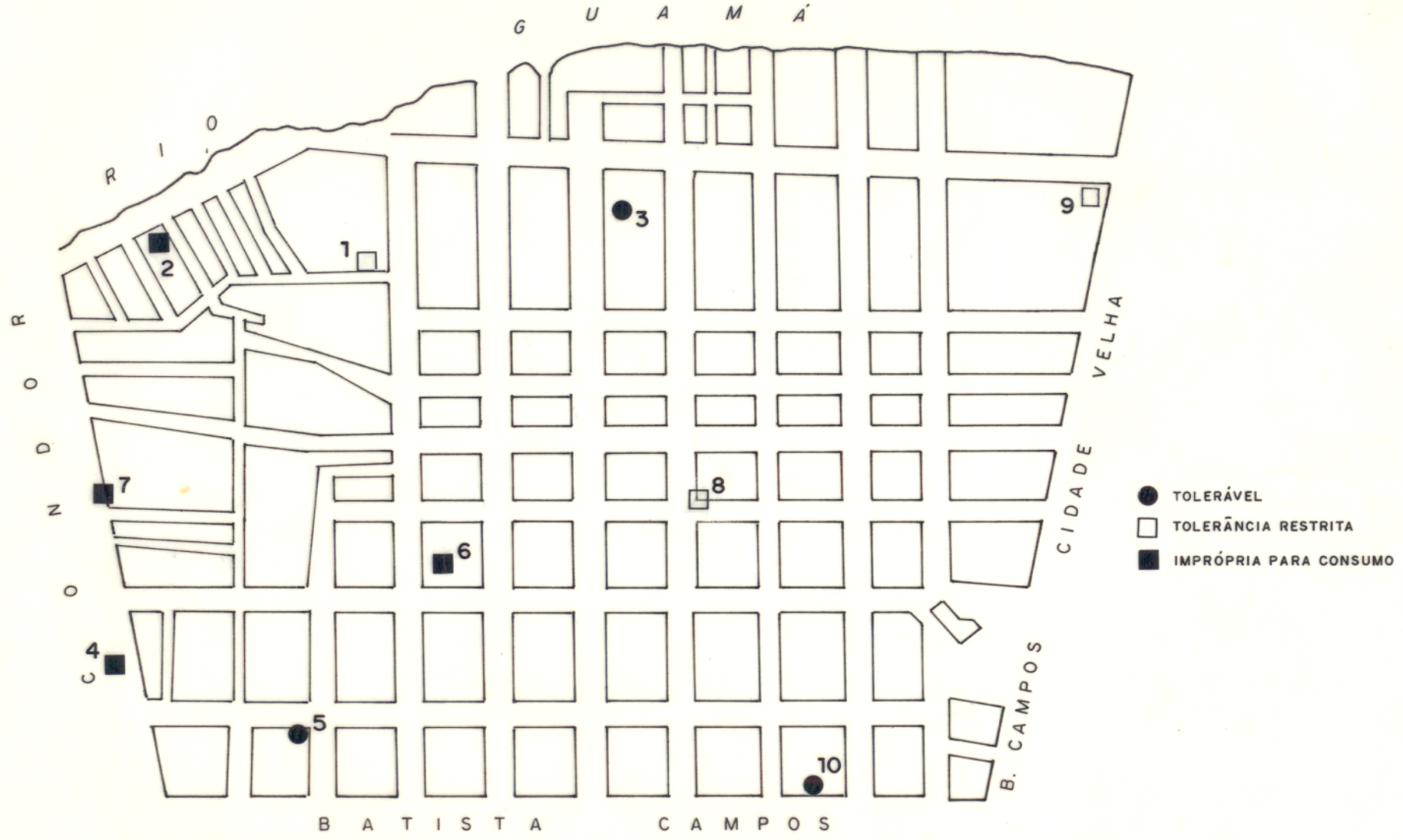


Fig. 15- Mapa de variação de qualidade da água do bairro do Jurunas em maio de 1983.

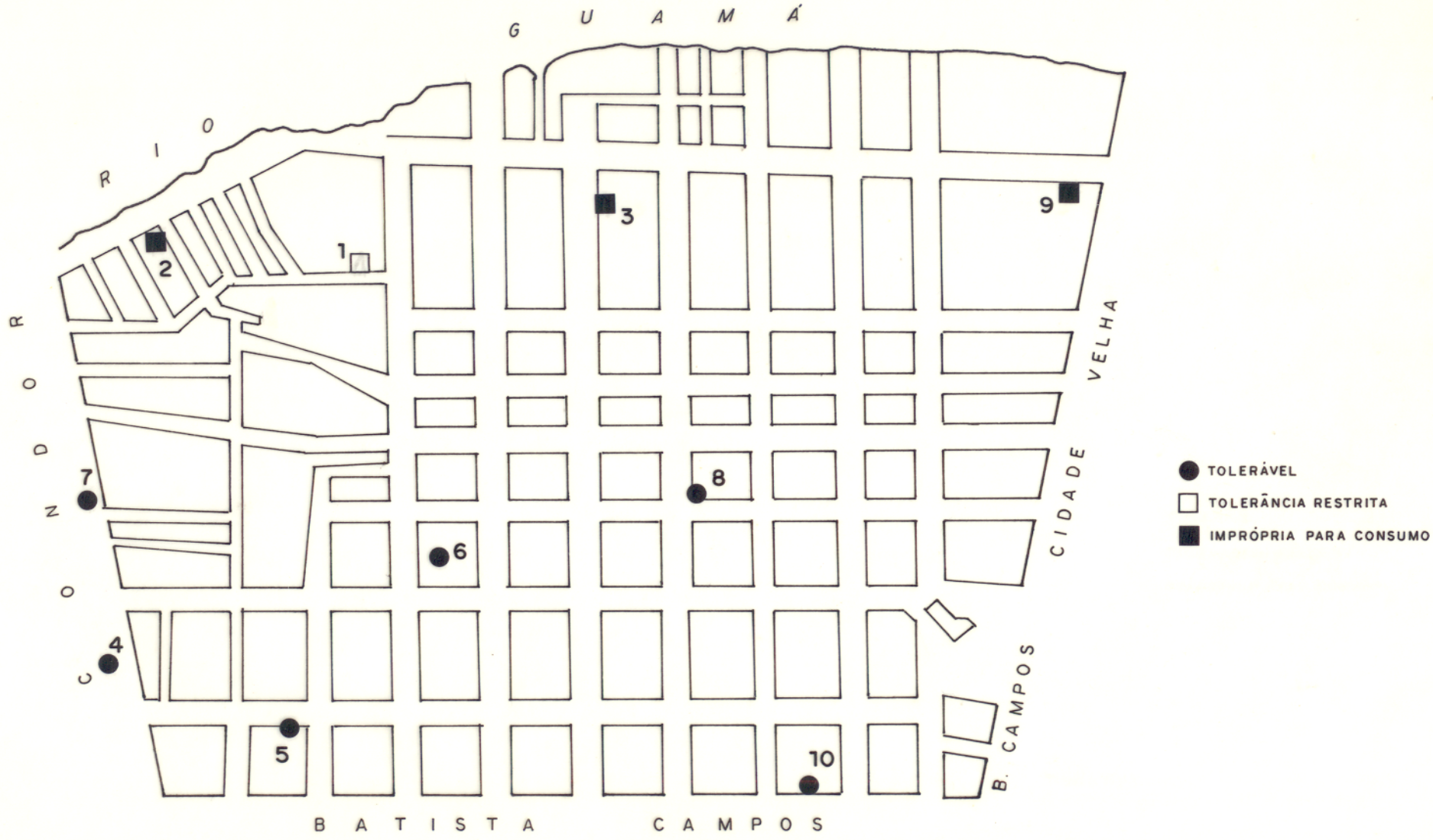


Fig. 16 - Mapa de variação de qualidade da água do bairro do Jurunas em agosto de 1983.

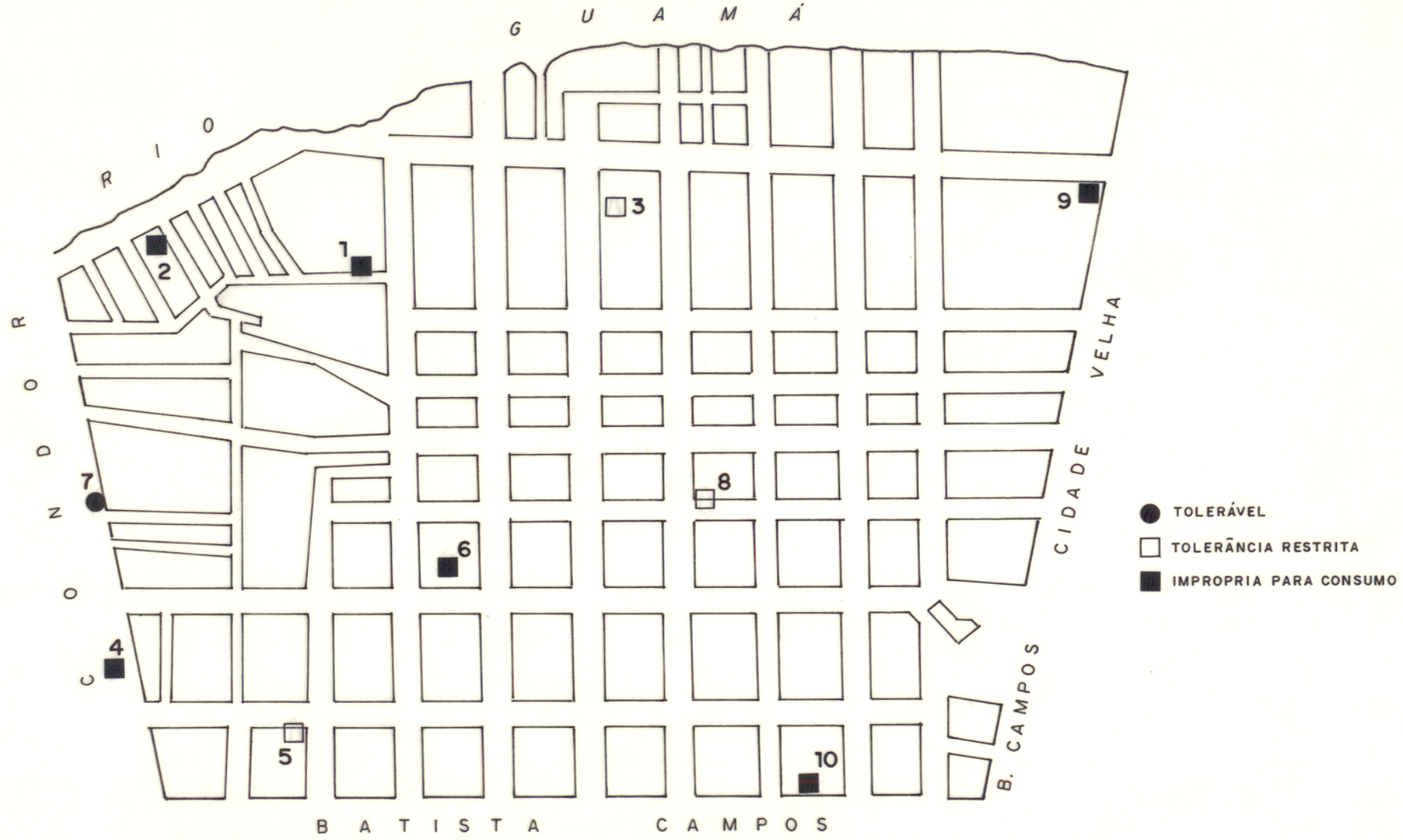


Fig. 17 - Mapa de variação de qualidade da água do bairro do Jurunas em novembro de 1983.

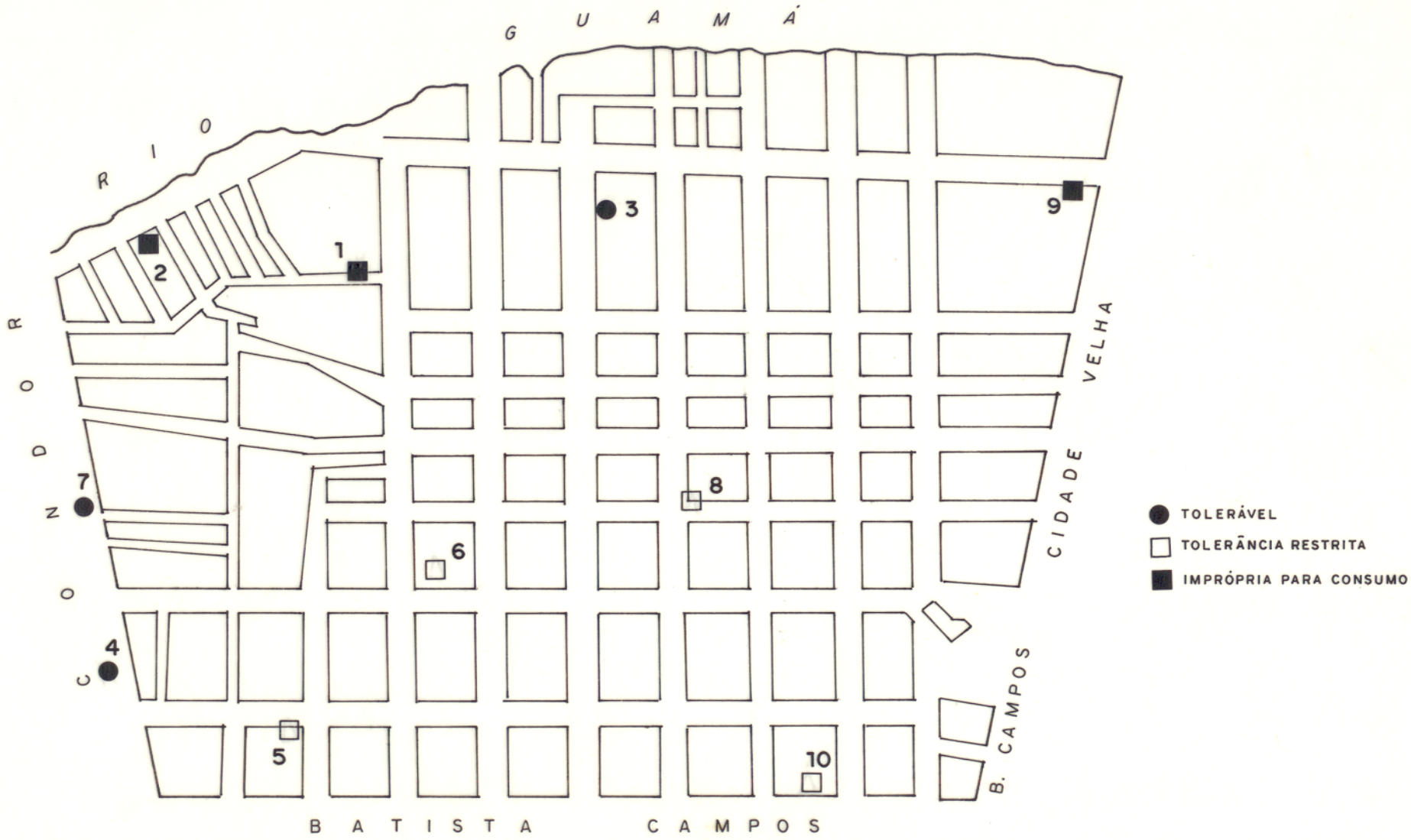


Fig. 18 - Mapa de variação de qualidade da água do bairro do Jurunas em fevereiro de 1984.

10. CONSIDERAÇÕES ACERCA DA PROBLEMÁTICA ABORDADA NESTE ESTUDO

10.1. Avaliação dos mananciais e ETAS da Cidade

Antes de serem abordados aspectos mais abrangentes como as influências ambientais e humanas nas características físico-químicas e microbiológicas das águas, serão comentadas as condições reinantes nos mananciais que abastecem a Cidade de Belém, assim como a condição da água da estação de tratamento de São Braz, a fim de se fazer um paralelo com os resultados obtidos no decorrer das amostragens.

10.1.1. Rio Guamá

Segundo Maltez & Maltez (1982 a) a qualidade da água do rio Guamá e da bía de Guajará depende da qualidade da água dos rios da bacia amazônica, da influência das águas do oceano Atlântico pelo efeito das marés e finalmente das águas pluviais e canais de "rejeitos" da Cidade e das indústrias.

Os rejeitos lançados na baía de Guajará são principalmente àqueles oriundos do emissário de esgôtos da cidade. Através de fotografias aéreas Projeto RADAM), constata-se a presença de um cône de rejeição do material lançado, estendendo-se quase que de uma margem a outra da baía. Pela peculiaridade dos fenômenos das marés, as águas não só da baía de Guajará como as da foz do rio Guamá tendem a tornar-se poluídas, uma vez que, no período de seis horas vazante não há como levar as descargas até ao Atlântico, as quais retornam em parte com as marés de enchente.

Por outro lado segundo projeto da Bryton & Co. Ltda (1961) o melhor modo de lançamento do efluente na baía seria através de tubos sub-aquáticos que se estenderiam até a travessia do canal navegável,cêrca de 200 metros da margem, onde seriam lançados os despejos. Deste modo o canal estabeleceria uma barreira entre o ponto de lançamento e a margem,uma vez que as águas na ocasião da enchente da maré, avançam com maior velocidade dentro do canal, e se espalham lateralmente,

afastando o esgoto, enquanto que na vazante, aspiram as águas das proximidades do canal levando-se para longe. No entanto,o lançamento atual é realizado a cêrca de 134 metros da margem, não ocorrendo, portanto, os fenômenos acima citados e sim a dispersão dos resíduos nas águas da baía.

É possível que a diluição contribua atualmente, para que as águas que banham Belém não estejam de todo poluídas. No entanto, a população estimada para 1995 segundo CODEM(1975) é de 2 milhões de habitantes. Assim sendo, haverá o lançamento do dobro ou triplo do volume de despejos atuais, não havendo certamente, condições de diluição dos mesmos o que carretará a poluição das águas da baía de Guajará e do rio Guamá. Esse fenômeno poderá ser evitado caso se amplie a rede de esgotos da Cidade e os esgôtos coletados sejam processados numa estação de tratamento de esgôtos, dotada de processos biológicos de purificação, e se estabeleçam normas para os despejos industriais.

Ainda com relação ao rio Guamá e a baía de Guajará tem-se outro aspecto a considerar: a salinização periódica de suas águas seja por evaporação, seja por influência marítima.

A salinização por evaporação ocorre praticamente em todos os rios do sistema fluvial amazônico, durante as épocas não chuvosas, em decorrência de um aumento da concentração iônica dos sais solúveis, devido à evaporação; neste caso, o problema é de natureza hidroquímica. A outra maneira de salinização é devida ao avanço do mar nos sistemas fluviais, em consequência da diminuição global da vazão dos rios; neste caso, o problema é basicamente dinâmico, ou seja, há o confronto de fluxo e mistura física de águas doces e salgadas (Fenzl et alii, 1984).

O fenômeno da salinização se fez sentir acentuadamente nos três últimos meses de 1983, gerando problemas de salobridade na água recebida pela população. Mudanças nas características físico-químicas e bacteriológicas foram detectadas na amostragem C a qual corresponde àquele período de estiagem.

O total da precipitação no mês de novembro/83 foi de apenas 17,8 mm (Boletim agroclimatológico, 1983), quando normalmente no mesmo período é de 100 a 200 mm (Fig. 4). Esse fato propiciou o avanço das águas do mar nas águas marginais de Belém acarretando entre outros um aumento considerável na condutividade e teor de cloretos, tanto nas águas do manancial do Utinga quanto nas águas tratadas (Fig. 11).

O aumento de salinidade das águas dos mananciais prendeu-se ao fato dos mesmos receberem periódica contribuição das águas do rio Guamá. O volume dos lagos não foi suficiente para que houvesse diluição representativa das águas do rio, de modo que os valores de salinidade atingissem níveis desejáveis, ou seja, não causassem sabor à água.

Segundo Gussmann (em preparação) os valores de condutividade no rio Guamá, em frente ao Campus Universitário, em novembro de 1983 foi de 2.400 µhos/cm, baixando para 38 µhos/cm em março de 1984. É importante notar que os elevados valores referentes ao período de estiagem não se repetem rio acima, nas proximidades de Ourém, cujos valores encontrados foram de 35 µhos/cm. Segundo o mesmo autor, é acentuada a diferença de turbidez nas águas do rio Guamá, de acordo com o local de coleta. Acima de Ourém observaram-se valores de 1 NTU, ao passo que em frente ao Campus Universitário 32 NTU, o que confere com Sioli (1960), anteriormente comentado, que "em Ourém não se percebe mais a influência das marés sobre a correnteza do rio, não havendo portanto mistura de suas águas com as da baía".

Em períodos de pluviosidade normal, a condutividade das águas aumenta à medida que se diminuir a distância ao oceano. De acordo com Maltez & Maltez (1982 a), desde o ponto de captação da Cosanpa no rio Guamá até a altura da foz do rio Maguarí, próximo a Icoaraci, a água apresenta valores de condutividade entre 700 a 400 mhos/cm. A partir desse ponto há uma rápida elevação desses valores, para a ordem de milhares de µhos/cm, subindo a costa do Mosqueiro, o que traduz a influência das águas salgadas do oceano Atlântico. Tal fato é também evidenciado na Fig. 19, que mostra a variação da condutivida

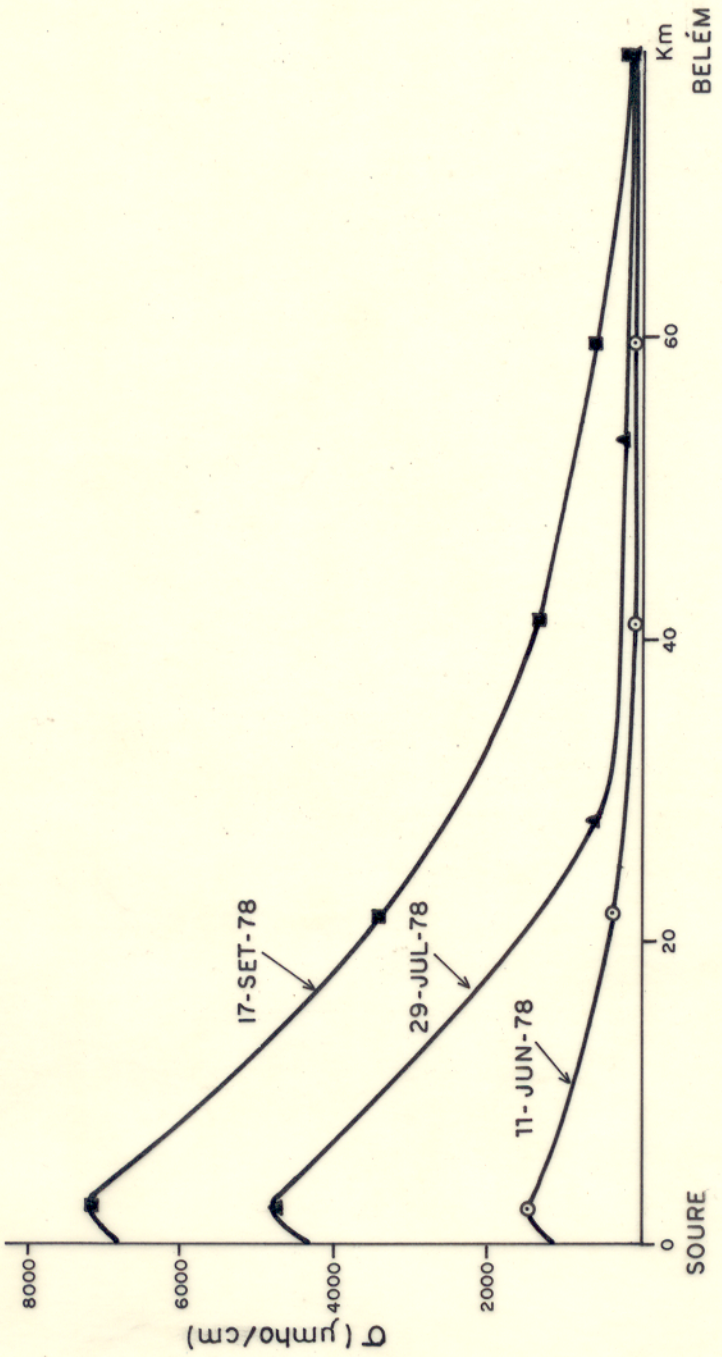


FIG. 19 - PERFIL LONGITUDINAL DE CONDUTIVIDADE DAS ÁGUAS DA BAIA DE MARAJÓ. (ADAPTADO DE CUTRIN, 1978)

de ao longo da baía do Marajó - prolongamento da baía de Guajará - de acordo com Cutrim e Sauck (1978). Destaca-se na figura a pronunciada elevação dos valores de condutividade em período relativamente próximos a partir de uma distância de 40 km de Belém.

Foram efetuadas análises de amostras de águas da Adutora do Guamá, do lago Água Preta e do lago Bolonha, no período de agosto de 1980 a setembro de 1982, estando os resultados expressos nas tabelas 5, 6 e 7.

Das amostras coletadas no rio Guamá (Tabela 5) observa-se que:

- os valores obtidos na determinação da cor encontram-se superiores a 75 mg/l Pt, valor recomendado pela OMS para mananciais utilizados em abastecimento público;
- os valores de turbidez, apresentam-se acima dos padrões recomendados pela OMS; a elevada turbidez, peculiar ao rio Guamá, foi comentada no ítem 2,6;
- os valores detectados para ferro variam de 1 mg/l a 1,7mg/l com excessão dos meses de julho e agosto de 1981, que foram mais elevados estando, no entanto, todos, acima dos padrões recomendados;
- os teores para nitrato e nitrito estão compatíveis com os padrões, enquanto que, a maioria dos valores de nitrogênio amoniacal se encontram acima do valor de 0,03 mg/l que é recomendado pela OMS.
- os valores de O_2 consumido estão acima dos limites recomendados, indicando presença de matéria orgânica, podendo ser originária da vegetação ribeirinha ou ainda do lançamento de despejos;
- teores de cloretos apresentam-se compatíveis com os recomendados pela OMS.

Os índices colimétricos, mostram-se compatíveis, com os limites estabelecidos pela Water Quality Criteria (1968) in Branco e Rocha (1977), para águas superficiais destinadas ao abastecimento público, desde que sofram tratamento convencional. A OMS não estabelece critérios de índices colimétricos em

Tabela 5 : Análises da água do Rio Guamá (Adutora)

MESES / PARÂMETROS	1980 AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	1981 MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	1982 FEV	MAR	ABR	MAI	AGO	SET	MÉDIA GLOBAL
pH	5.7	5.8	5.8	5.8	5.75	5.6	5.6	5.8	5.8	5.6	5.7	5.7	5.6	5.8	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7	5.6
Cor (mg/l Pt)	140	180	160	210	160	170	140	120	140	140	120	100	80	200	160	100	120	75	90	100	110
Turbidez (mg/l SIO 2)	85	100	120	90	45	105	57	50	18	50	80	60	100	150	48	41	40	35	38	68	75
Nitrogênio 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	0.05	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)	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	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	0.001
Cloretos (mg/l Cl)	11	10	40	70	85	15	8	7.5	8	8	13	20	60	160	5	6	5	7	8	3	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 à fenolftaleína	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Alcalinidade ao metil orange	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/l Fe	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
Matéria orgânica (O_2 consumido	5.2	7.1	5	4.1	4.5	6	7.5	6.2	5.8	7.5	6	5	3.9	5.6	9.1	8.9	8.5	6.3	5.2	5.4	7.0
Índice colimétrico	15000	13100	14000	11000	11000	13000	141000	9100	15000	16000	10000	6500	12400	4500	6000	14000	8000	9000	11000	12000	10000

Observação:

1. Odor à frio - Nenhum

   Odor à quente - Nehum

   Aspecto - Turvo - Escuro

2. Foram fornecidos os resultados de outros dois parâmetros
   Cálcio (mg/l Ca) = 4,5 para o mês de outubro de 1981
   Magnesio (mg/l Mg) = 2,0

Fonte: CENSA

águas superficiais.

O fato dos valores detectados nas águas do rio Guamá se apresentarem compatíveis a padrões de qualidade pré-estabelecidos, não quer dizer que não sejam tomadas medidas de proteção àquele manancial. Tais medidas são relacionadas a possibilidade de tratamento dos resíduos urbanos, já citado, e o estabelecimento de critérios relativos a instalação de indústrias, cujos despejos sejam nocivos, tanto ao ambiente aquático quanto a população que irá diretamente se abastecer das águas em que serão lançados tais despejos.

10.1.2. Manancial do Utinga

De acordo com Maltez & Maltez (1982 a), os lagos Bolonha e Água Preta, formadores do manancial do Utinga, desempenham função de reservatório de transição das águas do rio Guamá.

A qualidade da água de mananciais como do Utinga, pode ser afetada por aspectos físicos, pelo clima, pela localização, pela vida aquática e outros fatores (Babbit et alii, 1976). Os aspectos físicos estão relacionados com a profundidade da água, a forma do fundo e o tipo de margem dos reservatórios. O clima está relacionado com a temperatura ambiente, ventos, precipitações, evaporação e luz, fatores decisivos às variações da qualidade de um suprimento de água. Quanto a localização, a proximidade de habitações e o uso da água para fins recreativos podem afetar as condições reinantes nos reservatórios.

São três os caminhos principais para a deterioração da qualidade das águas armazenadas em reservatórios, a partir de elementos orgânicos e inorgânicos conservados na área inundada ou introduzidos durante e após a inundação. O primeiro relaciona-se com a decomposição da matéria orgânica presente. O segundo resulta da dissolução de elementos nutrientes ou fertilizantes do plâncton. O terceiro refere-se à introdução de elementos diretamente nocivos à qualidade da água, tais como substâncias tóxicas ou organolépticas e seres patogênicos

(Branco e Rocha, 1977).

Durante a retenção em reservatórios abertos, segundo Babbit (1976), a água sofre certos efeitos tais como:

- modificação da temperatura, dependendo da profundidade e das condições ambientes;
- redução da turbidez;
- diminuição do número de bactérias por sedimentação e outros fatores, caso o reservatório não esteja sendo poluido;
- possível aumento do dióxido de carbono e oxigênio dissolvido;
- possível aumento no odor;
- possível proliferação de microrganismos, devido ao ambiente favorável (quando há alimento disponível, e organismos predatórios estão ausentes).

Alguns aspectos referentes ao manancial do Utinga, que serão avaliados, estão correlacionados com o que foi proposto por Branco e Rocha e por Babbit nos comentários precedentes.

Quanto à situação atual dos lagos Bolonha e Água Preta, em certos locais mostra-se perfeitamente normal. Porém em outros, há presença de vegetação terrestre submersa com inúmeros troncos, aflorando a superfície, vegetação aquática abundante, início de floração de algas e coloração acentuada das águas, a qual denuncia possivelmente a existência de resíduos vegetais em decomposição no fundo dos lagos, acarretando consumo de oxigênio e liberação de elementos mineralizados, tais como nitrogênio e fósforo, os quais contribuem para um aumento da fertilidade das águas (eutrofização), responsável pela maior proliferação de organismos fotossintéticos aquáticos.

Considerando a idade desses represamentos - mais de 50 anos - é provável que ambos os efeitos, isto é, redução do conteúdo de oxigênio dissolvido e produção de nutrientes já estejam muito reduzidos atualmente. Por outro lado o próprio sistema de defesa natural do ambiente aquático deve ter propiciado a autodepuração dos lagos quer por mecanismos físicos - reareação proporcionada pelos ventos, quer por mecanismos biológicos - reoxigenação ocasionada pelos organismos fotossintetizan

tes.

Além desses mecanismos há ainda àqueles ligados ao ciclo hidrológico,que proporcionam constante renovação das águas através das precipitações.

Nos locais mais rasos dos lagos Bolonha e Água Preta principalmente nos braços situados ao norte que se aproximam de áreas habitadas e que recebem despejos domésticos, há desenvolvimento acentuado de plantas aquáticas como mururé, nenutares e aguapé. Há também em alguns pontos, presença de algas cianofíceas já em processo de formação de grumos, característicos de tendência à eutrofização.

Segundo Maltez & Maltez (1982 a) a água do manancial do Utinga se encontra poluida, pela descarga de rejeitos provenientes de toda a faixa norte dos lagos. Por outro lado o desnível topográfico entre a linha da Av. Almirante Barroso e BR-316 (localizadas nas proximidades do manancial) e o plano d'água dos lagos, é bastante acentuado, fazendo com que os rejeitos líquidos de todo o flanco norte, sejam rapidamente escoados para as bacias dos lagos. Segundo o mesmo autor, deveria existir uma faixa de segurança naquela região, definida pela topografia, a qual não deveria ser habitada, a fim de impedir o escoamento de rejeitos provenientes das moradias, para o manancial. As habitações que se localizassem além da faixa de segurança deveriam outrossim, dirigir seus esgotos para fora da referida zona.

Por outro lado, à altura das nacentes que contribuem para os lagos Bolonha e Água Preta, situadas próximo a Ananindeua, há grande devastação da mata periférica, o que acarreta maior lixiviação do solo em direção aos corpos d'água referidos, os quais se enoontram a cotas pouco mais baixas. A devastação é gerada por invasões dos terrenos, o que se torna fator de alerta pelos motivos já expostos.

Deve-se ressaltar,no entanto, que a condição atual do manancial do Utinga não chega a ser alarmante, visto que, tanto pela elevada pluviosidade da região como pela chegada periódica das águas do rio Guamá, há grande diluição dos possí-

veis elementos poluentes presentes. Por outro lado o manancial, ainda apresenta condições de autodepuração natural, pelo fato de não estar totalmente eutrofizado. Entretanto, há de se tomar precauções para o futuro tais como as já sugeridas.

Pode-se comprovar afirmação acima, pelo estudo dos valores referentes a análises realizadas nas águas dos lagos Bolonha e Água Preta, nos anos de 1980 a 1982, constantes das Tabelas 6 e 7 . Os dados apresentados serão comentados a seguir, sempre correlacionando-os com os resultados obtidos para as águas do rio Guamá.

Os valores de pH dos lagos encontram-se mais elevados que os do rio, o que coincide com uma maior alcalinidade produzida por bicarbonato, a qual atinge valor médio de 8,0mg/l no lago Água Preta e 20,0 mg/l no Bolonha, enquanto que no Guamá a média é de 6 mg/l. Os valores mais elevados de alcalinidade podem ser devidos, em parte, pela maior atividade fotossintética nos lagos o que ocasiona maior consumo de CO_2 livre, eventualmente existente nas águas, aumentando desse modo o pH.

Há um decréscimo acentuado na côr dos lagos em relação ao rio Guamá, decorrente, não só do efeito de diluição, como talvez da oxidação e precipitação de compostos coloridos.

A turbidez da água do Guamá é bem mais elevada que a dos lagos, o que pode ser explicado em parte, pela menor turbulência nesses últimos. Como a área e o volume d'água do Bolonha é bastante inferior ao do Água Preta o efeito se faz sentir mais acentuadamente no primeiro, acarretando acúmulo de partículas suspensas e, consequentemente, elevada turbidez.

O efeito sedimentador do lago Água Preta em relação ao rio Guamá constitui um benefício, no sentido de melhorar a qualidade da água de abastecimento, porém provoca um assoreamento progressivo de sua capacidade de acumulação. Esse fato pode ser evitado pela dragagem parcial dos sedimentos periódicamente.

Com relação à concentração de nitrogênio amoniacal, há um decréscimo nos valores detectados do rio para os lagos, sem que haja acréscimo nos teores de nitratos e nitritos, o que

Tabela 6 : Análises das águas do Lago Bolonha

PARÂMETROS \ MESES	1980 AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	MAI	1981 JUN	JUL	AGO	SET	OUT	192 FEV	MAR	ABR	MAI	AGO	SET	MÉDIA GLOBAL
pH	7,3	7,2	7,6	7,6	6,5	6,6	6,8	7,3	6,8	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	60,0	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	50	30	9	7,2	16	8,4	8,0	6,6	7,8	4,5	5	5,5	5,2	9,5	12
Nitrogênio 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 fenolftaleína	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Alcalinidade ao metilorange	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	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,3	0,0	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	964	970	730	475	1250	500

Observação:

1. Odor à frio - Nenhum
   Odor à quente - Nenhum
   Aspecto - Amarelo

Fonte: CENSA

Tabela 7 - Análises da água do Lago Água Preta

MESES / PARÂMETROS	1980 AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	1981 MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	1982 FEV	MAR	ABR	MAI	AGO	SET	MÉDIA GLOBAL
pH	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	4.5	60	60	50	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
Nittrogênio 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
Nitratol	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	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	00	0.01
Nitrito	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	10.5	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	5	8	10.0
Alcalinidade a fenolftaleina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Alcalinidade ao metilorange	7.0	6.0	6	6	6	6	7	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	00775	0068	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
Indice colimetrico	200	350	750	1000	1600	800	1600	1300	1600	1600	175	93	425	248	340	360	570	165	243	1300	700

Observação:

Odor à frio - Nenhum

Odor à quente - Nenhum

Aspecto - Amarelo

Fonte: CENSA

pode significar um consumo de nitrogênio nos lagos devido à atividade fotossintética, dada a maior transparência e penetração de luz nos lagos do que no rio.

Há decréscimo dos teores de ferro do rio Guamá para os lagos, provavelmente devido a fenômenos de oxidação do ferro ferroso que passando a forma férrica, sofre sedimentação.

O oxigênio consumido (matéria orgânica) decresce em valor do rio Guamá para o lago Água Preta, e tende a ser mais elevado no Bolonha. O primeiro caso deve-se talvez a fenômenos de oxidação e estabilização dos compostos orgânicos e poluentes existentes no Guamá, por atividade bacteriana aeróbia e anaeróbia associada a um maior tempo de retenção. Os teores elevados do Bolonha refletem as condições de ativa decomposição de sedimentos orgânicos formados, seja por matéria vegetal afogada, seja por decomposição natural da massa vegetal aquática que prolifera no local.

Durante a passagem pelos lagos Água Preta e Bolonha há um decréscimo no índice de coliformes nas águas do rio Guamá, cujo valor médio que era de 10.000 coliformes/100 ml,passa para 700 coliformes/100 ml nos referidos lagos. Esse decréscimo evidencia o papel autodepurador dos lagos, importante pelo fato dos organismos patogênicos em geral serem mais sensíveis aos efeitos autodepuradores do que aos efeitos do tratamento convencional.

De acordo com os dados relativos à qualidade da água do rio Guamá e do reservatório Água Preta, este último revela elevada eficiência principalmente ao que diz respeito à remoção de cor, turbidez, ferro, matéria orgânica e coliformes. É possível, entretanto, que essa eficiência venha a ser reduzida pelo menor tempo de retenção com que se contará ao ser elevado a vazão de captação do rio Guamá, pelo projeto de ampliação ora em execução. Entretanto talvez essa redução seja compensada, pela passagem posterior da água pelo reservatório Bolonha.

Note-se que, de acordo com as análises efetuadas nas águas dos lagos, a qualidade da água do Bolonha mostrou-se

inferior ao do Água Preta. Àquela altura, praticamente só êste último era utilizado para abastecer a cidade, de modo que as águas do Bolonha estavam quase que estagnadas. Somente com a construção do canal Água Preta-Bolonha e com a dragagem parcial do fundo do lago é que ele voltou a ser incorporado ao sistema. Atualmente, presume-se que a qualidade da água do lago Bolonha, apresente-se similar a do lago Água Preta, pelo fato dos mesmos já se encontrarem ligados.

10.1.3. Sistema de Tratamento e Distribuição de Água

De acordo com o exposto,verifica-se que as águas do rio Guamá e dos lagos Água Preta e Bolonha apresentam até o momento condições satisfatórias para o consumo humano,desde que lhes sejam feitas correções visando sua purificação biológica e eliminação de elementos estéticos como turbidez e côr. Tais correções são efetuadas nas ETAS de São Braz e do 5º Setor.

O tratamento de águas visa a eliminação de substâncias ou compostos impróprios ao uso que se pretende fazer da mesma. É comum pensar-se que a finalidade do tratamento é o de purificar a água em termos absolutos, ou seja, no sentido químico da palavra. Isto não é real, visto que algumas impurezas normalmente presentes, são inevitáveis e até mesmo necessárias à potabilidade e à realização de funções fisiológicas e bioquímicas no organismos. É o caso, por exemplo, do oxigênio, do gás carbônico e alguns sais minerais em solução.

Há de se considerar também que certas substâncias ou componentes presentes na água se constituirão impurezas ou não, de acordo com o uso que irá fazer-se da mesma. De modo geral as águas naturais somente necessitariam tratamento, quando poluídas ou contaminadas por influência direta do homem. Raros são os casos em que as águas são contaminadas com elementos tóxicos, presentes naturalmente nos terrenos que percorrem.

Atualmente, as possibilidades de tratamento são

quase ilimitadas, chegando a permitir a recirculação de esgotos e a dessalinização de água do mar por métodos especiais, que no entanto, são economicamente inviáveis para algumas regiões.

O tratamento convencional apresenta eficiência ou capacidade limitada de remover impurezas. Sendo assim, para que uma ETA convencional forneça água em concentrações não nocivas de substâncias indesejáveis, é necessário que na água bruta, a concentração de impurezas tenha um valor limitado. Para isso, algumas entidades estabeleceram padrões de qualidade tanto para água bruta como para água potável.

De acordo com o biólogo Samuel Branco a primeira etapa do tratamento convencional (decantação) remove 30% das bactérias; a segunda fase (filtração) remove 90% das bactérias remanescentes e a terceira e última etapa, a cloração, remove teoricamente 100% das bactérias.

No entanto, bactérias coliformes têm sido pbservadas sobrevivendo em água clorada a um nível de 1,0 a 0,5 mg/l de cloro residual livre e após 30 minutos de contacto, isso no caso da turbidez se mostrar um tanto elevada.

No processo de coagulação e decantação;os vírus devem ser eliminados nas proporções de 05 a 99%. Todavia, vírus como os da hepatite infeciciosa podem sobreviver em águas potáveis ou de esgotos, mesmo após o tratamento com o cloro, em quantidade suficiente para serem eliminados os coliformes. Segundo Robeck et alii (1962) in Branco e Rocha (1977), quando a água floculada mantém turbidez de 0,5 NTU, pode ser um sinal da passagem de vírus na ETA. Deve-se obter um efluente com turbidez inferior a 0,1 NTU, assegurando-se assim um contato mais direto entre o vírus e o desinfetante.

Com relação a outros organismos animais, como certos protozoários, vermes e larvas de inseto, verifica-se que o tratamento convencional é parcialmente eficiente. Por outro lado a Entamoeba histolytica, que é patogênica e causadora de amebíase, é altamente resistente aos desinfetantes, resistindo até 100 mg/l de cloro, em condições favoráveis de temperatura e

outros setores.

As algas podem causar problemas ao tratamento, clomatando os leitos filtrantes, e produzindo aumento do lodo sedimentado por se depositarem nos decantadores.

A presença de matéria orgânica representa um fator prejudicial ao tratamento. O cloro em presença de matéria orgânica dá origem aos compostos organoclorados, alguns reconhecidamente tóxicos (Maltez & Maltez, 1984). Por esse motivo, Branco (1983), recomenda que as caixas d'água devem ser mantidas hermeticamente fechadas e lavadas de seis em seis meses.

A qualidade da água num sistema de distribuição, segundo Babbit et al(1976), pode ser efetuada por:

- corrosão das canalizações;
- penetração de impurezas e microrganismos através de vazamentos e interligações;
- proliferação posterior de microrganismos como bactérias, algas, vermes;
- por dissolução dos metais com os quais a água entra em contato.

A deterioração da água após o tratamento é mais difícil de ser corrigida do que as características indesejáveis da água bruta original.

Nas análises realizadas em águas do bairro do Jurunas, alguns elementos exibiram teores não condizentes com os padrões de potabilidade pré-estabelecidos. Tais alterações podem ser justificadas em parte, por problemas decorrentes na rede de distribuição, como corrosão das canalizações e vazamentos na rede. Pelo fato de serem antigas, as sub-adutoras e troncos secundários apresentam-se em alguns pontos enfraquecidos, ocasionando rompimento da canalização e consequentemente vazamentos de água e infiltração de impurezas na rede.

Particularmente nas baixadas, a rêde de distribuição sofre ruptura, por falta de compactação adequada ao terreno. Como nessas áreas, o saneamento é precário, certas infiltrações podem acarretar contaminação da rede pelos despejos que são lan

çados às valetas. Deste modo, por mais que a água distribuida contenha um residual de cloro, certamente ele não será suficiente para eliminar os organismos infiltrados com os despejos.

Por serem antigas, as canalizações não só da rede como as de alguns domicílios, podem apresentar corrosões, passando desse modo para as águas elementos como ferro, cobre, chumbo e outros.

Por outro lado, interrupções constantes no abastecimento, como ocorre no bairro do Jurunas, acarretam pressão negativa na rede e retorno de impurezas ocasionalmente presentes nos terminais ou fraturas daquela.

Quanto ao aspecto bacteriológico, é possível que alguns dos valores elevados observados durante as amostragens estejam relacionados à falhas no sistema de distribuição, visto que, análises bacteriológicas efetuadas nas águas da ETA de São Braz apresentaram resultados negativos para coliformes totais.

Além dos problemas gerais do bairro em estudo, com relação à distribuição de água potável e saneamento, há outro mais abrangente que refere-se à própria ETA de São Braz. Esta estação vem trabalhando com sobrecarga, ocasionando má conservação dos equipamentos, particularmente os filtros.

Durante as coletas efetuadas, houveram reclamações, por parte do consumidor, acêrca da turbidez das águas em alguns locais. Presume-se que a turbidez reclamada seja devido à deficiência no sistema de filtração ou, ainda, a uma possível precipitação química secundária do sulfato de alumínio nas elevatórias, visto que, segundo Rodier (1981), concentrações da ordem de 0,1 mg/l de alumínio ocasionam tais precipitações.

10.1.4. Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas são utilizadas não só pela companhia responsável pela distribuição de água, como também por particulares. No primeiro caso com a finalidade de abaste

cer alguns locais afastados, ou ainda, para elevar a vazão de determinados setores. Alguns particulares exploram águas subterrâneas em suas propriedades, seja porque a rede pública não os atinje, seja porque essa solução é julgada mais econômica em relação ao custo da água aduzida.

A exploração desordenada das águas subterrâneas gera a deterioração de sua qualidade pelo perigo de contaminação dos aquíferos subterrâneos.

Distinguem-se dois tipos de fatores que permitem definir a vulnerabilidade à poluição de um aquífero (Parisot & Rebouças, 1982).

- fatores hidrogeológicos: aquífero livre ou confinado, profundidade do nível de água, natureza litológica, ligações com águas superficiais (rios)...;
- fatores humanos: ocupação do solo em superfície, tipo de urbanização, ocorrência de indústrias ...

O sub solo de Belém, de uma maneira esquemática, é constituido por um pacote de rochas sedimentares, formado por areia e argila em porporções variáveis. No interior desses pacotes, são encontrados em quantidade relativamente baixas outros constituintes geológicos como calcário, grés-do-Pará, linhito, fósseis diversos, etc... Distinguem-se nestes pacotes, certas formações, estratificadas ou não, de extensão lateral variável, onde a argilosidade é baixa: os aquíferos. Quanto menor a argilosidade e maior o volume dessa formação, maior será a vazão do poço através do qual a água é extraída.

De acordo com Maltez & Maltez (1982 b) os aquíferos de Belém e arredores não são homogêneos do ponto de vista físico-químico e biológico. Os aquíferos rasos, das zonas de baixadas são contra indicados para produção de água para consumo, visto possuirem alta concentração química, principalmente de cloreto e ferro, além de eventual contaminação bacteriana. Mesmo em profundidades da ordem de 100 m, os aquíferos das baixadas apresentam contaminação natural. Foram encontrados em algumas águas subterrâneas teores de ferro de dezenas de mg/l, en

quanto que a grande maioria apresentou teores acima dos padrões de potabilidade, cujo valor estabelecido é de 0,3 mg/l.

Os altos teores de ferro encontrados estão condizentes com a própria natureza do solo da cidade que, como já foi citado, é o concrecionário laterítico o qual se apresenta com concreções ferruginosas em todo o perfil.

O nível da água dos aquíferos oscila de acordo com a época do ano. Em Belém, no período de estiagem o nível da água atinge a profundidade máxima de oito metros. Em zonas mais elevadas, essa profundidade chega a quinze metros.

Nas baixadas, durante o inverno, o nível d'água ultrapassa a superfície do solo devido sua baixa cota topográfica. Por outro lado, a reduzida permeabilidade das camadas geológicas superficiais não permite a infiltração das águas pluviais, ficando portanto, o excesso de escoamento superficial retido, formando os alagados das baixadas de Belém.

A profusão de poços freáticos, é um grande perigo em termos de consumo de água poluida. Por ser muito superficial, não indo normalmente além dos 25 metros o poço freático geralmente está contaminado por bactérias patogênicas. O próprio índice de nitrato verificado nessas águas é evidência de contaminação.

Encontram-se frequentemente poços freáticos, perfurados por particulares, nas baixadas de Belém. São poços cavados sem nenhuma proteção, situados quase sempre em terrenos alagadiços o que por si só, seria fator de contaminação dos mesmos. Porém, além disso, como ja foi citado, quando a água torna-se imprópria para consumo, quer pelo aspecto, quer pela ocorrência de doenças, o proprietário geralmente lança nos poços resíduos vegetais e domésticos. Sendo assim, a maioria dos lençois freáticos de Belém se encontram contaminados, apresentando quantidade maior que 10 ppm em N (Franco, comunicação oral, 1983); tornando-se portanto desaconselhável a utilização de suas águas.

A COSANPA utiliza-se de poços profundos para aumen-

tar a vazão do 2º e 4º setores, os quais abastecem o Jurunas. A água do poço que serve o 2º setor cuja profundidade é de 270 m, encontra-se dentro dos padrões de potabilidade do Ministério da Saúde, de acordo com análise efetuada em abril/84. Por outro lado, a água do poço nº 2 que serve o 4º setor, cuja profundidade é de 280 m, apresenta côr e turbidez fora dos padrões de potabilidade do Ministério da Saúde, de acordo com análise efetuada em abril/84. Ambas as análises foram fornecidas pela COSANPA e constam da Tabela

Para comunidades afastadas do algomerado urbano, cuja população esteja em torno de 50.000 habitantes, é viável a implementação de sistemas de captação de águas subterrâneas, desde que, os poços sejam instalados adequadamente, para que os mananciais possam ser preservados e "desde que sejam efetuados estudos geológicos dos terrenos" (Setzer, 1968). Em Belém, os conjuntos habitacionais, afastados do centro, são abastecidos por águas subterrâneas.

Algumas empresas e edifícios da Cidade, utilizam-se desse meio de abastecimento, o que por vezes, traz problemas para os usuários, pelo fato dos poços não terem sido bem instalados.

Como solução para o problema de salinização da água consumida em Belém durante as épocas de estiagem, houve quem sugerisse o uso de águas subterrâneas. Tal proposição parece inviável pela ausência de uma rêde de poços, pertencentes à companhia responsável pelo abastecimento, que pudessem ser acionados nos períodos críticos do verão. Por outro lado não é conveniente que uma população de mais um milhão de habitantes (prevista para 1982), seja abastecida por água subterrânea, pelos seguintes fatos:

- apesar de 97% da água potável do globo ser subterrânea, nem sempre é fácil sua extração;
- o tempo de recarga dos aquíferos subterrâneos é consideravelmente maior que os superficiais;
- pela grande vazão necessária para atender toda a população certamente ocorreriam mudanças no sub-solo, acarretando pro

Tabela 8 - Análises das águas dos poços do 2º e 4º Setores (COSANPA) - Abril/84

Parâmetros	Setores	
	2º	4º
pH	7,0	7,1
Cor (mg/l Pt)	10,0	45,0
Turbidez (UNT)	0,7	5,1
N amoniacal (mg/l N)	0,25	-
Nitratos (mg/l N)	0,02	-
Nitritos (mg/l N)	0,001	-
Cloretos (mg/l Cl^-)	22,0	17,0
Dureza total (mg/l $CaCO_3$)	116,0	140,0
Cálcio (mg/l Ca)	34,0	44,0
Magnésio (mg/l Mg)	20,0	7,2
Alc. Fenolf. (mg/l $CaCO_3$)	0,0	0,0
Alc. Metil. (mg/l $CaCO_3$)	180,0	180,0
Ferro total (mg/l Fe)	0,7	0,8
O_2 consumido (mg/l O_2)	0,6	3,2

blemas às estruturas urbanas;

- finalmente, como o teor de ferro nas águas subterrâneas da Cidade é elevado, seriam necessárias várias unidades de aeração a fim de que a água distribuida estivesse com valores de ferro compatíveis com os padrões.

Apesar de todos os inconvenientes citados, caso em todos os setores que abastecem a cidade houvessem poços perfurados, seria viável, numa situação de emergência e, por um pequeno período, que os mesmos fossem acionados, dentro do que permitissem suas vazões; desse modo poderia se paralizar a adução das águas do Guamá e intercalar a utilização das águas dos poços com as do manancial do Utinga, desde que as mesmas ainda não estivessem salinizadas.

10.2. Influências Ambientais e Saneamento

10.2.1. Influências marinhas

Belém é fortemente influenciada pela hidrologia regional assim como outras cidades brasileiras a exemplo de São Luiz (MA), Rio Grande (RS), Santos (SP), Manaus (AM), entre outras. Na região em estudo a água é fator predominante, tanto pelo clima de elevada pluviosidade, quanto pela proximidade do oceano, que ocasiona efeitos de marés nas águas que banham a Cidade.

Em particular, estuários e mananciais costeiros são muito importantes, quer no suprimento de nutrientes ao oceano, quer por suportarem pesca intensiva, além de constituirem exemplo de larga variedade de ecossistemas. Na situação de Belém, banhada por águas de rio e sofrendo influências algo mais pronunciadas do oceano durante certo período do ano é interessante destacar as variações sazonais envolvendo salinidade e, em consequência, todos os outros parâmetros daí resultantes, tais como condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, matéria orgânica disponível, etc...

Nas águas analisadas observou-se índices de Cl^- desde 12,5 ppm até 375 ppm (mês de período de estiagem), calculan

do-se a salinidade através da fórmula de Knudsen

$$S\ \% = 0{,}03 + 1{,}805\ [\ Cl^{-}\ ]$$

conforme citado por Dickson (1980) sendo a concentração de cloreto expressa em g/litro, resulta em 0,053% para a amostragem em perigo chuvoso e 0,707% para amostragem em período de maior estiagem. Em novembro de 1983 detectou-se índices de Cl^{-} pouco acima de 700 ppm em águas não tratadas, e coletadas diretamente no rio Guamá, valores numéricos esses que permitem alcançar índices de salinidade de 1,294%. Pelos dados aqui apresentados a variação sazonal da salinidade no rio Guamá pode variar da ordem de pouco mais de 24 vêzes. Ainda assim, tais valores de salinidade se encontram muito distantes de valores detectados por Tundisi et alii (1978) em Ubatuba (de 33 a 35%), que é uma baía e em Cananéia (de 10 a 35%), que é um estuário. Depreende-se, portanto, que mesmo em situações algo extremas, como o foi a estiagem dos últimos mêses de 1983 na região metropolitana de Belém, a salinidade observada no rio Guamá não atinge valores tão pronundiadas quanto às coletadas na literatura aqui citada. No entanto, é ncessário salientar que o sabor apresentado pela água tratada em Belém nos últimos mêses de 1983 foi considerado inadequado para a maioria das pessoas que consumiram tais águas, segundo informações e observações pessoais, o que demandou em maior consumo de "águas minerais comerciais".

10.2.2. Doenças Relacionadas ao Saneamento

Os baixos níveis topográficos existentes em grandes áreas locais causam sérios problemas sanitários, cuja consequência mais imediata é a ocorrência de doenças, tais como gastroenterite, hepatite, esquistossomose e malária, decorrentes da falta de saneamento e hábitos higiênicos da população.

Segundo Loureiro et alii (1983) rotavírus e Esherichia Coli estiveram presentes em 32% dos casos de diarréia infantil, por eles estudados em Belém, além de oito casos de infecção mista. De acordo com os autores citados a etologia das diarréias infantis na Cidade é bastante ampla.

A incidência de hepatite em Belém, em 1983, foi de 1500 a 2000 casos (SESPA), valor mais elevado que o registrado em 1982 que foi de 1300 casos.

Um combate sistemático dos agentes causadores de malária e esquistossomose, tem sido efetuado. Tanto que a ocorrência de malária na capital é acentuadamente menor que a ocorrência no interior, como pode ser notado no Quadro

Como a maioria das habitações das baixadas não contam com sistema de remoção higiênica dos dejetos há, como é de se esperar, uma enorme quantidade de espécies patogênicas no local. A situação é agravada pelas condições de temperatura, solo e umidade que favorecem a sobrevivência dos parasitas no meio externo.

Durante as coletas de água, realizadas no bairro do Jurunas para o presente trabalho, foram colhidos dados de cada ponto, tais como: localização, condições higiênicas, origem da água (poço, cisterna, caixa, etc...), número de pessoas abastecidas e ocorrência de doenças.

Os sintomas de doenças que mais ocorriam eram vômito, diárreia e febre, levando a crer que as doenças mais frequentes na área eram as relacionadas com o trato gastrointestinal, e que certamente eram veiculadas pela água. Como foi visto no capítulo 9.5, grande parte das águas analisadas apresentaram necessidade de tratamento bacteriológico.

Além das doenças causadas por bactérias, é possível que ocorressem aquelas causadas por vírus, pois os mesmos poderiam ocasionalmente estar presentes nas águas amostradas, não só por resistirem à cloração, como também por haver ausência de residual de cloro nas mesmas.

No entanto, apesar do que foi exposto, é conveniente que os resultados bacteriológicos obtidos não sejam tidos como definitivos, pelo fato de que esse tipo de exame na água deve ser realizado mensalmente. De acordo com Martins (1976), o número mínimo de amostras que devem ser colhidas mensalmente na rêde de distribuição é de 100, para comunidades cuja popula

seja de 25.000 a 100.000 pessoas, como é o caso do bairro do Jurunas.

10.2.3. Lixo Urbano

Um outro fato que gera doenças e contaminação das águas é a disposição, em locais inadequados, do lixo urbano.

Em Belém, ainda não se conta com um local apropriado para a disposição de lixo. Apenas uma pequena parte é incinerada e a grande maioria é lançada à margem de avenidas ou estradas, nas proximidades de residências, escolas e corpos d'água. Isto gera a proliferação de roedores, moscas e outros insetos, além de ser uma agressão ao meio ambiente.

Segundo Branco & Rocha (1980), nas cidades brasileiras, tradicionalmente, não há um critério científico ou ecológico para a disposição do lixo coletado nas residências, vias públicas, restaurantes, etc... Na maior parte das cidades ele é simplesmente lançado nos "depósitos de lixo" à periferia da zona urbana, tal como ocorre em Belém.

Ha muitos anos pesquisadores vem desenvolvendo técnicas de tratamento ou disposição adequada do lixo; os principais processos que tem sido utilizados são: incineração (mais dispendioso), disposição em aterros sanitários e tratamento biológico ou compostagem (processo mais antigo).

Note-se que na disposição em aterros sanitários, o lixo é disposto no solo em camadas sucessivas de espessura pré determinada, cada uma das quais é recoberta por uma camada de solo argiloso compactado, formando-se verdadeiras "Células" recheadas de resíduos sólidos, os quais passam a sofrer um processo de decomposição em ambiente confinado, livre do acesso de insetos ou outros animais (Branco e Rocha, 1980), Esta é a maneira correta de se realizar aterros sanitários e não como se tem feito em alguns locais da cidade, onde o lixo é lançado e espalhado simplesmente, causando os problemas acima comentados.

10.3. Influências Ambientais Provocadas por Atividades Industriais e Domésticas em Zonas Costeiras.

De um modo geral, os principais problemas de poluição do litoral brasileiro é a área de estuário são devidos ao aumento do teor de partículas, material dissolvido ou em suspensão na água (produzindo forte redução de sua transparência), poluição fecal, poluição por óleo e, em alguns locais, por metais pesados (Tommasi, 1980 a,b). A introdução de grandes volumes de lodo, areia, etc... em áreas litorâneas, baías e estuários, decorrentes de obras de engenharia, tem provocado problemas de assoreamento em portos, levando a necessidade de dragagens contínuas para permitir o acesso de navio e outras embarcações, levando a destruição da fauna e da flora bentônicas. No caso de Belé situada em área geográfica característica, com constantes deslocamentos de material sólido, oriundo de fluxos e refluxos do sistema rios-oceano, sofrendo influencia do rio Amazonas, tais problemas de assoreamento se agravaram nos últimos anos. Por outro lado, a falta generalizada de tratamento de esgotos é a causa de poluição fecal, que ocorre em todos os locais onde haja núcleos urbanos, industriais e áreas portuárias.

Talvez o trabalho mais abrangente efetuado até o presente, no Brasil, sobre os efeitos ecológicos de poluição marinha e estuariana seja o de Tommasi (1980 a) para a baía e o sistema estuariano de Santos (SP). Segundo Tommasi (1980 b) os principais poluentes detectados nas águas oceânicas e regiões estuarianas brasileiras são os metais pesados, óleo, material em suspensão e organismos fecais. A SEMA está desenvolvendo um amplo projeto de avaliação de metais pesados em diversos pontos da costa brasileira através de diversas instituições estaduais estão sendo estudados cádmio, cobre, chumbo, mercúrio e zinco. Constatou-se que por exemplo, que na baía de Todos os Santos (BA), em 1979, foram obtidos os seguintes teores máximos de metais pesados (em ppm): Cu 50, Cd 2, Pb 170, Zn 220 e Hg 4,19. Já na baía da Guanabara (RJ) foram assinados os seguintes teores máximos (em pp): Cu 19,

Cd 1,1, Cr 0,225.

De acordo com Kantin et alii (1980) a poluição de zonas estuarinas, pelo petróleo e seus derivados é crescente, devido principalmente ao aumento do trafégo marítimo e dos lançamentos de despejos. A contaminação do mar por óleo usado, provenientes de atividades industriais, foi avaliada em 1977, em 600 mil ton/ano. É evidente que este valor deve ser atualmente bastante mais elevado. No rio Guaíba (RS) o teor de óleos e graxas varia de 6 a 25 ppm. Na Lagoa dos Patos (RS) os teores são de 2 a 28 ppm.

As possíveis fontes de despejos de óleos na zona portuária de Belém, são os terminais petrolíferos, navios petrolíferos e comerciais e indústrias localizadas às margens da baía de Guajará. Muito pouca atenção tem sido dada ao lançamento de óleos nessa área, que poderá acarretar a poluição da mesma.

Katin et alii (1980) estudaram os teores de fenóis presentes na Lagoa dos Patos, observando valores de 20 a 70 ppb, o que foi considerado como um indicio de poluição crônica das águas estudadas. Referida lagoa apresenta configuração de estuário, sofrendo portanto dispersões dos poluentes, devido ao fluxo de suas águas.

A poluição fecal e a por material em suspensão são as duas formas mais generalizadas de poluição do litoral brasileiro (Tommasi, 1980 b). Em vários pontos onde ocorrem concentrações urbanas, o NMP de coliformes fecais ultrapassa a 1.000.000 /100 ml de água. Apesar da enorme falta de estudos epidemiológicos, há evidências de que em algumas áreas mais poluidas há riscos à saúde humana, como por hepatite, pela ingestão de frutos do mar, de dermatosas, pelo contato com areia de praia, de infecções das vias superiores do aparelho respiratório ou dos ouvidos, pelo contato com água de regiões costeiras (Tommasi, 1980 b). Estudos realizados na baía de Santos (SP) mostraram elevado grau de eutrofização de suas águas em decorrência da poluição fecal, foram registrados teores cima de 100 mg de clorofila por litro de água da baía

(Tommasi, 1980 b).

Por sua vez, em Belém não se conhece nenhum controle realizado pela SESPA ou outra instituição sobre a poluição fecal em áreas críticas de Belém, notadamente os canais da Av. Tamandaré , igarapé das Armas, dique do Guamá, etc.

Os elementos acima abordados, foram motivo de estudo no presente trabalho. No entanto, as águas analisadas como haviam sofrido tratamento, e, como era de se esperar, mostraram-se com teores não preocupantes de metais pesados, óleos e graxas e fenóis; algumas excessões foram feitas ao NMP de coliformes fecais.

Entretanto, como não se dispõe de dados referentes àqueles elementos, para as águas costeiras da cidade, principalmente a da baía de Guajará, nada se pode afirmar quanto a presença ou não de poluição nas mesmas, sendo aconselhável que se efetue pesquisas nesse sentido, através de análises tanto das águas como dos sedimentos da baía

11. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados fornecidos pelo programa de computação, verifica-se que houve variação da qualidade da água com os períodos de amostragem. Entretanto águas impróprias para o consumo, pertencentes à categoria IV, ocorreram principalmente em novembro de 83, amostragem C, certamente pela estiagem havida na região, fato bastante discutido em ítens anteriores. O período cuja maior parte das águas analisadas se apresentou tolerável para o consumo, categoria II, foi o referente ao mês de agosto.

Devido os valores detectados nas análises de ferro, pH e exames bacteriológicos, 40% das águas estudadas foram consideradas impróprias para consumo.

Teores elevados de ferro e baixos valores de pH podem ter sido devidos a deficiências no processo de tratamento ou problemas na rede de distribuição. No primeiro caso, tanto os processos de desferrização podem estar sendo ineficientes, como a regulagem do pH após a cloração; no segundo caso, canalizações antigas podem passar ferro às águas por dissolução e além disso, quando rompidas, podem poluir as mesmas, modificando seu pH.

Das amostras analisadas 30% necessitam tratamento para bacteriologia. Tal fato pode ter sido decorrente não só da deficiência no tratamento, mas principalmente por problemas ocasionados pela falta de manutenção da rede de distribuição e pelas condições sanitárias existentes nos pontos de coleta. Resultados de exames bacteriológicos efetuados nas águas à saída da ETA de S. Braz mostram que a mesma não apresentava índices anormais de coliformes. Desse modo é provável a última hipótese levantada, principalmente se for considerada a ausência de cloro residual detectada nas amostras estudadas. Tal parâmetro, se existente, asseguraria a desinfecção da água até a chegada ao consumidor.

Variação aparentemente inexplicável ocorreu com os teores de alumínio durante as amostragens. É possível que os

elevados valores detectados tenham sido devidos a ineficiência no processo de filtração no tratamento de águas permitindo a passagem de alguma forma de alumínio presente ou ainda de teores algo elevados advindos dos mananciais.

Com relação aos elevados resultados encontrados para cloretos e condutividade, notadamente na amostragem C, já foram efetuadas considerações em ítens anteriores.

Quanto aos mananciais, pelas pesquisas realizadas, pode-se concluir que os mesmos ainda não foram totalmente poluidos, a não ser em determinados trechos, e que os fenômenos de autodepuração ainda acontecem de maneira eficaz nos mesmos. No entanto medidas preventivas hão de ser tomadas para que se evite sua deterioração.

Com base no descrito anteriormente poderiam ser tomadas certas medidas corretivas e preventivas a fim de minimizar ou eliminar problemas existentes tais como:

- proteção ao manancial do Utinga, impedindo a devastação da mata periférica e o estabelecimento de domicílios nas áreas adjacentes;
- estudos químicos e bioquímicos das águas do rio Guamá e baía de Guajará e manancial do Utinga; pesquisa de elementos traços como os estudados no presente trabalho além de Hg, Ag, As, etc.,. como medida preventiva visto que alguns destes são tóxicos ou cancerígenos, em determinadas concentrações; estudos biológicos da microfauna e microflora daqueles corpos d'água, para que seja preservada a cadeia ecológica dos mesmos;
- cadastramento oficial dos poços perfurados por particulares, assim como estudos analíticos das águas dos mananciais subterrâneos, principalmente os artesianos, para que estes possam ser protegidos de possíveis contaminações;
- levantamento de local adequado para deposição do lixo urbano ou utilização de uma parte para aterro sanitário, desde que de acordo com a técnica adequada;

- manutenção e reparo dos sistemas de tratamento, de modo a tornar mais eficientes os processos de floculação, decantação, filtração;
- renovação de alguns troncos secundários da rede de distribuição e extensão dos mesmos às áreas que não são abastecidas com água tratada, notadamente em locais da periferia da zona urbana;
- reativação do projeto da rede de esgoto e da estação de tratamento de esgoto da Cidade;
- estabelecimento de normas estaduais, através de órgão competente, que fixem critérios para o lançamento de despejos domésticos e industriais, visando a proteção dos mananciais e a saúde da população;
- busca de soluções, pela Secretaria Estadual competente, para os problemas sanitários das baixadas, principalmente o que se refere a presença de águas estagnadas, lixo, e matagais próximos às moradias, focos potenciais de doenças;
- campanhas informativas junto às comunidades carentes acerca da importância da higiene corporal e ambiental na prevenção de doenças.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATON-1975-Standard methods for the examination of water and waste water. 14 th ed. Washington, 1993 p.

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

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

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ESTADO DO PARÁ-(em preparação)-Belém, Instituto de Desenvolvimento 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.C-1977-Contrôle de qualidade de água para consumo humano; bases conceituais e operacionais. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 198 p.

BIÓLOGO diz que coliformes em água bruta é normal-1983-O Liberal, Belém, 30 abr. 1. cad.

BOLETIM AGROCLIMATOLÓGICO-1983- s. l., Ministério da Agricultura. 21 p.

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

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

BRANCO, S.M.; ROCHA, A-1977-Poluição, proteção e usos múltiplos de reprêsas. São Paulo, E. Blucher. 185 p.

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

BRANDÃO FILHO, E.O-1983-Contribuição ao estudo hidrogeológico da região de Belém-Pará. Trabalho de Conclusão de Curso. Belém, Dep. Geologia, Universidade 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-Programação 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-1980-Erradicação das sub-moradas nas favelas do País-PROMORAR, Bacia do Una.Belém. p. 7-33.

BRASIL. Ministério da Saúde. Um programa de treinamento e ação em saúde e 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, tomo 1 e 2.

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

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

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ-1982-Mais água para a capital e 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. s. l., 26 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL-1978 a- Águas subterrâneas e poços tubulares. 3º ed. São Paulo. 482 p.

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

COMPANHIA DE TECNNOLOGIA 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 hodiernos. Belém. ofs. da Revista Veterinária. n. p.

CUSTÓDIO; E.; LLAMAS, M-1976-Hidrologia Subterrânea. Barcelona, Omega. v. 1.

CUTRIN, E.M.C.; SAUCK, W.A-1978-Condutividade das águas da parte oriental da ilha e da baía de Marajó. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife. Resumos. Bol. nº 1. p.353-5.

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

EGLER, W.; SCHWASSWANN, H-1964-Estudos limnológicos no estuário do Amazonas. In: Cong. Nac. Geol. 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.

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

FAIR, G.M. et alii-1976-Purificacion de água y tratamento y remocion de aguas residuales. México D.F, Limusa. v. 2.

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

FELLENBERG, G-1980-Introdução aos problemas da 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 ago. 2-24. 1.

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 (3): 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.

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.

GOMELLA, C.; GUEREÉ, H-1977-Tratamento de águas para abastecimento público. Barcelona, Técnicos Associados. 240 p.

GURGEL, E.A-1982-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, A-(em preparação)-Projeto de estudos básicos limnológicos do rio Guamá; observações e dados de campo.

HAMMER, M.J-1979-Sistemas de abastecimento de água 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. 2 th ed. Washington D.C. U.S. Government Printing Office. 1473 p.

HEPATITE: registro hospitalar cai. Mais cuidado com a água-1983-O Liberal. Belém, 27 abr. p. 5. cad.

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

KANTIN, R. et alii-1980-Contaminação das águas ao redor da Cidade do Rio Grande; óleos e fenóis. Ciência e Cultura, 33 (2): 239-46.

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

LOUREIRO, E.C.B. et alii-1983-Escherichia Coli enteropatogênicas e rotavírus detectados em crianças com gastroenterite aguda em Belém (PA). Rev. Microbiologia, São Paulo. 14 (2): 129-135.

MALATO, J-1984-A poluição do Guajará. O Liberal. Belém. 18 ago. p. 6. 1. cad.

MALTEZ, H.T.; MALTEZ, M.G-1982a- As águas de Belém, parte I. O Liberal. Belém, 17 out. 1 cad.

MALTEZ, H.T.; MALTEZ, M.G-1982 b-As águas de Belém, parte II. O Liberal. Belém, 24 out. 1 cad.

MALTEZ, H.T.; MALTEZ, M.G-1984-Substâncias orgânicas na água: fator de sua degradação. O Liberal, Belém, 20 jun. p. 15. 1 cad.

MARTINS, M.T-1976-Técnicas de análise bacteriológica da 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.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE-1981-In: RODIER, J-1981-Análises de las águas. Barcelona. Omega. 1059 p.

OGAI,C.M.; QBAR, N-1983-Cor 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.

PACHECO, H. et alii-1983-Interpretação dos dados de qualidade da água do rio Caí na área de influência do III Pólo Petroquímico - período: out/81 a dez/82. In: XII Cong. Bras. Eng. San. Amb. Camboriú. 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, mimeo. n. p.

PARISOT, E.H.; REBOUÇAS, A-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, Mc-Graw-Hill. 2 v.

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

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

POLUIÇÃO das águas está sem controle-1983-O Liberal. Belém, 27 abrl. p. 5. 1 cad.

RIANDEY, C.; PINTA, M-1975-Étude physicochimique du mecanisme de l'atomisation Thermoélectrique et de ses pertubations. Analysis, 3 (2): 86-93.

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

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.; MC CARTY, PL-1978-Chemistry for environmental engineering. 3 th. New York, Mc Graw-Hill. 532 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. Jerusalém, Human Environmental Sciences. 143 p.

SILVA, M.S.A-1977-Análises físico-químicas para controle de ETAS. 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.

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

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

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

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

SOARES, A.D-1984-Novo registro em sub-superfícies 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.B.; DERISIO, 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. 2v.

SUDAM-1979-A ação da Sudam no saneamento da Amazônia. In: Congresso Brasileiro de 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 a-Observações ecológicas sobre o sistema estuário de Santos (SP). Tese de Livre Docência. São Paulo, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 2 v.

TOMMASI, L.R-1980 b-Poluição marinha no Brasil. Ciência e Cultura, 34 (3): 325-32.

TUNDISI, J.G. et alii-1978-Plancton studies in a mangrove environment. IX Comparative investigations with coastae oligothrophic waters. Rev. Bras. Biol. 38 (2): 301 - 20.