

Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

"AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA MATÉRIA ORGÂNICA DEGRADADA NOS CANAIS DE DRENAGEM DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (PA)."

TESE APRESENTADA POR

MARIA TEREZA PRIMO DOS SANTOS

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de GEOQUÍMICA.

Data de Aprovação : 14 / 01 / 97

Comitê de Tese:

WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA (Orientador)

NORBERT FENZL

SÉRGIO ROBERTO BULCÃO BRINGEL

BELÉM

A minha família, principalmente minha mãe,
aos meus meus irmãos e amigos e a Deus.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador professor Dr. Waterloo Napoleão de Lima, pela sua amizade, confiança, competencia e principalmente pelo seu incentivo para que eu melhore cada vez mais.

À Maria Vitória Roma da Silva, técnica do labortório de Controle Ambiental pela sua contribuição na realização da parte experimental deste trabalho.

Ao professor Dr. José Roberto Zamian pela valiosa colaboração durante a etapa de computação.

Às colegas Katia Mireya, Monique Penafort e Luciana Caramelo pelo apoio dado na fase final analítica deste trabalho.

Ao colega Paulo Taveira, estudante de bacharelado em Química pela sua valiosa ajuda nos momentos mais difíceis das coletas de amostras.

A Gladys Pimentel e Nilza Moreira, secretárias do Curso de Pós Graduação em Geologia e Geoquímica, pela paciência que tiveram durante a realização deste trabalho.

Ao colega Jorge Maurício, pela ajuda na montagem das tabelas de correlações.

Às pessoas que sempre demonstraram carinho e respeito ao próximo, e que nos deixa muito feliz.

SUMÁRIO

p.

DEDICATÓRIA ---------- i

AGRADECIMENTOS ---------- ii

LISTA DE ILUSTRAÇÕES ---------- vi

RESUMO ---------- 1

ABSTRACT ---------- 4

1 - INTRODUÇÃO ---------- 6

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ---------- 8

2.1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM ---------- 8

2.2 - TOPOGRAFIA ---------- 10

2.3 - POPULAÇÃO ---------- 11

2.4 - CLIMA ---------- 12

2.5 - VEGETAÇÃO ---------- 12

2.6 - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA ---------- 14

2.7 - SOLOS ---------- 16

2.8 - ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (PA) E HIDROGRAFIA ---------- 18

2.8.1 - Considerações Gerais ---------- 18

2.8.2 - Bacias de Drenagem da Região Metropolitana de Belém ---- 22

2.8.3 - Esgotos Sanitários da Região Metropolitana de Belém ------ 24

3 - METODOLOGIA ---------- 33

3.1 - TRABALHO PRELIMINAR ---------- 33

3.2 - DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS ---------- 33

3.2.1 - Águas Residuárias ---------- 33

3.2.2 - Sedimentos de Fundo ---------- 36

3.3 - TRABALHO DE CAMPO ---------- 61

3.3.1 - Águas Residuárias ---------- 61

3.3.2 - Sedimento de Fundo ---------- 61

3.4 - TRABALHO DE LABORATÓRIO ---------- 61

3.5 - TRABALHO DE GABINETE ---------- 66

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO ---------- 67

4.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS ---------- 67

4.2 - CORRELAÇÕES ENTRE OS RESULTADOS ANALÍTICOS - 69

4.2.1 - Odor, Cor , Turbidez ---------- 69

4.2.2 - Temperatura ---------- 69

4.2.3 - pH ---------- 70

4.2.4 - Condutividade Elétrica ---------- 70

4.2.5 - Oxigênio Dissolvido ---------- 72

4.2.6 - Oxigênio Consumido ---------- 73

4.2.7 - Alcalinidade ---------- 73

4.2.8 - Fósforo ---------- 74

4.2.9 - Nitrogênio (Nitrato, Nitirito e Nitrogênio Amoniacal) -------- 75

4.2.10 - Demanda Bioquímica de Oxigênio ---------- 77

4.2.11 - Demanda Química de oxigênio ---------- 80

4.2.12 - Dioxido de Carbono Livre ---------- 82

4.2.13 - Óleos e Graxas ---------- 83

4.2.14 - Coeficiente de Correlação Linear ---------- 84

4.3 - SEDIMENTO DE FUNDO ---------- 85

4.3.1 - Considerações Gerais ---------- 85

4.3.2 - Substâncias Húmicas ---------- 85

4.3.3 - Quantificação de Carbono Orgânico e Nitrogênio Orgânico em Sedimentos na Área Metropolitana de Belém ---------- 86

4.3.4 - Caracterização da Matéria Orgânica por Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho ---------- 102

4.4- CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICAS/SUBSÍDIOS PARA UMA AVALIAÇÃO PRELIMINAR SOBRE IMPACTO AMBIENTAL ---------- 103

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES ---------- 108

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ---------- 110

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS p.

Figura 1 - Mapa de localização da Região Metropolitana de Belém (Fonte: DER, 1982) ---------- 9

Figura 2- Variação Climática da Região Metropolitana de Belém (Fonte: Estação Meteorológica da UFPA, 1995) ---------- 13

Figura 3 - Coluna estratigráfica esquemática para a região de Belém e adjacências (Fonte: PINHEIRO, 1987) ---------- 15

Figura 4 - Soluções utilizadas pela população de Belém (Fonte: IBGE, 1992) ---------- 32

Figura 5 - Imagem de satélite (Landsat TM 5). Ocupação urbana da Região Metropolitana de Belém (Fonte: INPE, 1995) ---------- 38

Figura 6 - Imagem de satélite (Landsat TM 5). Ocupação urbana da área de Belém (Fonte: INPE, 1995) ---------- 39

Figura 7 - Imagem de satélite (Landsat TM 5). Ocupação urbana da área de Icoaraci (Fonte: INPE, 1995) ---------- 40

Figura 8 - Mapa de amostragem ---------- 41

Figura 9 - Igarapé do UNA (01). Rodovia Artur Bernardes ---------- 42

Figura 10 - Igarapé do UNA (02). Rodovia Artur Bernardes ---------- 43

Figura 11 - Igarapé do UNA (03). Travessa 9 de Janeiro ---------- 44

Figura 12 - Igarapé do Tucunduba ---------- 45

Figura 13 - Canal de São Joaquim (01) .Rua São Benedito ---------- 46

Figura 14 - Canal de São Joaquim (02) . Avenida Júlio César ---------- 47

Figura 15 - Canal da Jabatiteua ---------- 48

Figura 16- Canal da doca de Souza Franco ---------- 49

Figura 17 - Canal da avenida Almirante Tamandaré ---------- 50

Figura 18 - Canal da Quintino Bocaíuva ---------- 51

Figura 19 - Igarapé dos Três Tubos (01). Avenida Júlio César ---------- 52

Figura 20 - Igarapé dos Três Tubos (02). Rua Yamada (Bairro do Bengui) ---------- 53

Figura 21 - Igarapé dos Três Tubos (03). Rua Sargento Getúlio (Bairro do Bengui) ---------- 54

Figura 22 - Igarapé do Taboquinha (Distrito Industrial) ---------- 55

Figura 23 - Igarapé do Piriá (Distrito Industrial) ---------- 56

Figura 24 - Lago da Estação de Rádio da Marinha ---------- 57

Figura 25 - Canal da Estação de Rádio da Marinha ---------- 58

Figura 26 - Canal da doca de Souza Franco. Ponto DSF-SE-01 --------- 59

Figura 27 - Canal da Almirante Tamandaré. Ponto TAM-SE-01 -------- 60

Figura 28 - Esquema para extração de ácido húmico ---------- 65

Figura 29 - Espectros de absorção para região do infravermelho -------- 107

TABELAS p.

Tabela 1 - População de Belém (Fonte: IBGE, 1990) ---------- 11

Tabela 2 - Situação da rede de canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém (Fonte: SUDAM, 1976) ---------- 27

Tabela 3 - Bacias de drenagem da Região Metropolitana de Belém. (Fonte: CODEM, 1975) ---------- 31

Tabela 4 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas residuárias (canais de Drenagem da Região Metropolitana de Belém). Período chuvoso ---------- 89

Tabela 5 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas residuárias (canais de Drenagem da Região Metropolitana de Belém). Período de estiagem ---------- 93

Tabela 6 - Parâmetros físico-químicos e químicos. Águas residuárias (canais de Drenagem da Região Metropolitana de Belém). Médias de resultados mais frequentes. Período chuvoso. --- 97

Tabela 7 - Parâmetros físico-químicos e químicos. Águas residuárias (canais de Drenagem da Região Metropolitana de Belém). Médias de resultados mais frequentes. Período de estiagem. ---------- 98

Tabela 8 - Coefiecientes de correlação linear entre os parâmetros ambientais de águas residuárias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém). Paríodo chuvoso. ------- 99

Tabela 9 - Coefiecientes de correlação linear entre os parâmetros ambientais de águas residuárias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém). Paríodo de estiagem. - 100

Tabela 10 - Resultados das análises de sedimento de fundo, carbono orgânico e nitrogênio orgânico - ---------- 101

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade das águas residuárias em canais de drenagem selecionados na área metropolitana de Belém (PA), bem como caracterizar a natureza química da matéria orgânica associada aos sedimentos nesses canais, procedendo comparação com sedimentos de ambiente preservado.

Para a avaliação da qualidade das águas residuárias utilizou-se parâmetros ambientais tais como temperatura, turbidez, cor, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, acidez, alcalinidade, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato, óleos e graxas. Foram coletadas um total de 84 amostras, distribuídas em 14 pontos de coleta, em dois períodos sazonais distintos, correspondentes ao período mais chuvoso (janeiro a junho de 1995) e ao período de estiagem (julho, agosto e dezembro de 1995). Trabalhou-se nos canais das avenidas Bernardo Saião e Almirante Tamandaré, da travessa Quintino Bocaiúva, da doca de Souza Franco e da Jabatiteua e dos igarapés do Una, São Joaquim, Três Tubos, Tucunduba, Taboquinha e Piriá (os dois últimos no distrito industrial, em Icoaraci).

Para as amostras de sedimentos (selecionou-se quatro), procedeu-se comparação entre ambientes preservado (uma amostra coletada no lago existente em área fisiográfica da Estação de Rádio da Marinha, às proximidades da rodovia Augusto Montenegro), parcialmente alterado (outra amostra coletada em igarapé transformado em canal de despejos urbanos, na área fisiográfica já mencionada) e ambientes visivelmente poluídos (duas amostras coletadas nos canais da doca de Souza Franco e da avenida Almirante Tamandaré). Nessas amostras de sedimento quantificou-se o carbono orgânico e o nitrogênio orgânico, bem como procedeu-se a caracterização química da matéria orgânica associada à fração mineral, mediante separação segundo a natureza de seus componentes húmicos, naturais e degradados, utilizando os procedimentos clássicos, mediante extração com hidróxido de sódio, precipitação da fração húmica em meio ácido e posterior identificação de grupos funcionais orgânicos através da espectroscopia de absorção na região do infravermelho.

Os resultados analíticos revelam que as águas residuárias dos canais de drenagem selecionados para este estudo não apresentam características extremas de águas de esgoto típicas, no que diz respeito aos parâmetros de acidez, alcalinidade, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, nitrito, nitrato, fosfato, condutância específica, embora se tenha registrado índices apreciáveis em certas análises. Chamam atenção, por exemplo, valores de demanda bioquímica de

oxigênio da ordem de 1200 ppm de O_2 e demanda química de oxigênio máxima observada em torno de 2331 ppm de O_2 . Tais situações, porém, aparentemente, não são freqüentes; é necessário, nesses casos, proceder monitoramento, empregando um número maior de análises. A condutância específica máxima observada (460 $\mu S.cm^{-1}$ no período chuvoso; 360 $\mu S.cm^{-1}$ no período de estiagem) bem demonstra que os efeitos de sazonalidade no estuário (penetração de águas salobras no período de estiagem) são mascarados pelos efeitos de diluição dos mananciais de água doce. As manifestações mais constantes para o valor numérico da condutividade elétrica parecem mais associadas às contribuições dos despejos urbanos e às características das águas naturais dos mananciais de água doce, cuja contribuição dos componentes cátions e ânions é, relativamente, baixa.

Registre-se, ainda, como seria de se esperar, baixos valores de oxigênio dissolvido (máximo em torno de 1ppm de O_2), apreciáveis índices de oxigênio consumido (máximo de 93 ppm de O_2) e teores de óleos e graxas merecedores de alerta (1050, 1906, 2012,2134, 2321, 2460 e 6341 ppm de OG em diversos pontos de coleta).

No que diz respeito à matéria orgânica associada ao sedimento, algumas considerações podem ser resumidas: a julgar pela relação C/N predominam os compostos orgânicos não-nitrogenados sobre os compostos nitrogenados; a amostra oriunda de ambiente mais preservado (rico em material húmico natural) apresenta valor numérico mais expressivo para a relação C/N (28,61); a amostra oriunda de canal de drenagem submetido à intensa ação antrópica apresenta menor valor numérico para relação C/N de 5,5.Tais resultados indicam que a ação antrópica se revela pelo aumento de componentes nitrogenados no sedimento, em perfeita concordância com as observações de campo.

A interpretação dos espectros de absorção na região do infravermelho para o material orgânico, extraído pelos procedimentos clássicos de separação da fração húmica, revela semelhanças e diferenças entre as quatro amostras, como seria de se esperar. Entre as semelhanças, destaca-se o aparecimento de bandas de absorção atribuídas à ocorrência OH^- (fenólica e alcoólica), presença de grupos $-CH_3$ e $-CH_2-$, bandas devidas ao ânion carboxilato ($-COO^-$) e existência de bandas devida a silicato, indicando ocorrência de resíduo mineral no material separado por tratamento alcalino e posterior acidificação. Destaca-se o ainda o aumento nas intensidades das bandas devidas aos grupos metil ($-CH_3$) e metileno ($-CH_2-$), que aparecem na região de 2922-2855 cm^{-1}. Também o deslocamento da intensa banda às proximidades de 3436-3431 cm^{-1} para regiões menos energéticas é indicativo de maior degradação da matéria orgânica. O deslocamento da fraca (porém nítida) banda às proximidades de 1720-1713 cm^{-1} para regiões menos energéticas (às

proximidades de 1667-1633 cm^{-1}) é indicativo da formação de carboxilato, o que caracteriza o material húmico como sendo resultante de interação orgânica e mineral, produzindo um geopolímero.

O resíduo mineral aparece sendo representado, notadamente pelos intensos desdobramentos em 3698-3621 cm^{-1} (hidroxila) e bandas devidas ao silicato (1094-431 cm^{-1}).

Este estudo orientativo, preliminar, mostrou-se eficiente na elucidação do quadro geral sobre a qualidade química das águas residuárias de canais selecionados na área metropolitana de Belém; permitiu, também, identificar a natureza química da matéria orgânica degradada. Talvez sua maior importância esteja relacionada com a identificação de índices elevados de contaminação biológica oriunda de despejos urbanos, sugerindo a adoção de medidas urgentes, pelo poder público, no que diz respeito ao monitoramento, empregando os parâmetros sugeridos e outros não constantes deste trabalho, bem como a implantação de sistemas de tratamento de esgotos, de acordo com as recomendações difundidas na literatura científica.

ABSTRACT

The objectives of this work were the evaluation of waste waters in drain channels in the area of Belém (PA) and the chemical identification of organic substances associated to settlings in these channels comparing them with others from preserved enviroments.

This evaluation used as parameters: temperature, turbid, color, pH, electric condutivity, consumed and dissolved oxigen (DO), chemical demand of oxigen (CDO), biochemical demand of oxigen (BDO), acidity, alkalinity, amonium nitrogen, nitrite, nitrate, fosfate, oils and fats. An amount of 84 samples were collected from 14 diferent points in 2 distinct periods: from January to June of 1995; and in July, August and December of 1995. The points were in the channels of: Bernardo Sayão, Almirante Tamandaré and Visconde de Souza Franco Avenues; Quintino Bocaiúva Street; Jabatiteua; and in the rivers of Una, São Joaquim, Três Tubos, Tucunduba, Taboquinha and Piriá (the last two rivers were in the industrial district in Icoaraci).

Four waste samples were compared with others from: a preserved enviroment (in the lake of Navy's Radio Station area in Augusto Montenegro Highway); a parcially changed enviroment (the river which receives urban wastes in the same area); and polluted enviroments (one sample from Visconde de Souza Franco and another from Almirante Tamandaré Avenues). These samples quantified organic carbon and nitrogen, identifying chemically organic substances associated to minerals. Their components were separated by using classic procedures as extraction with sodium hidroxide, acid precipitacion and identification of organic functional groups by infrared absorption spectroscopy.

Analitical results show that waste waters don't present extreme typical caracteristics considering acidity, alkalinity, CDO, BDO, nitrite, nitrate, fosfate and specific condutance. Apreciable indexes in BDO (1200 ppm) and in maximum DO (2331 ppm) had been registered and indicated the need of more analisis. The maximum specific condutance observed (460 $\mu S.cm^{-1}$ in first period; and 360 $\mu S.cm^{-1}$ in the second) show the effects of seasons in the region (penetration of salt waters in the second period had been oculted by the effects waters reservatoirs diluted). The values more commom to electric condutivity were associated to the presence of urban wastes and the caracters of natural waters in which the presence of cations and anions is relatively low.

Low values of DO (maximum: 1 ppm), consumed oxigen indexes (maximum: 93 ppm) and oils and fats (1050, 1960, 2012, 2321, 2134, 2460 and 6341 ppm in diferent points).

Organic substances associated to settlings had their non nitrogenated compounds predominants over their nitrogenated; and the sample collected in the

most preserved environment presents numeric value of C/N more expressive than the sample from drain channel which suffer an intensive antropic action (C/N:5,5). These results indicate that an antropic action is revealed by increasing nitrogenated compounds in settlings, according with experimental data.

Infrared absorption spectra of organic material extracted by classic procedures of separation show similarities and diferences among the samples. Absorption bands of OH^- (phenolic and alchoolic), the presence of $-CH_3$ and $-CH_2-$ groups, carboxilate anion bands ($-COO^-$) and the existence of a band of a silicate were in the similarities and show the presence of remaining mineral substances after separation by alkali treatment and acidification. Decrescing in band intensities depends of (-CH3) and ($-CH_2-$) groups in 2926-2852 cm^{-1} region. Though the displacement of intensive band in neighbourhood of 3403 cm^{-1} region to others more energetic indicating more degradation of organic substances. The displacement in the neighbourhood of 1714-1713 cm^{-1} region to others less energetic (around of 1667-1633 cm^{-1}) indicates carboxilate formation. It is a caracterization of the material as a geopolimer produced by an interaction of organic and mineral substances.

Mineral substances remaining were represented by displacements in 3698-3621 cm^{-1} (hidroxil) and silicate bands (1094-431 cm^{-1}).

This preliminary work shows a general view of chemical qualitty of waste waters in selected channels in the area of Belém (PA) and identified chemically degenerated organic substances. Perhaps its importance was more realted with identification of high indexes of biological contamination from urban wastes and suggests the adoption of urgent judgements to monitoring by using suggested parameters and others not inserted in this work in according of scientific literature.

1 - INTRODUÇÃO

A ocupação do ecossistema estuarino pela população humana é comum em todo o mundo. Ultimamente, a integridade das bacias hidrográficas vem sendo ameaçada pelo uso que o homem faz do solo e da água. O uso indiscriminado de ambos tem provocado grande alterações que são tanto maiores quanto maior a densidade demográfica. Atualmente a qualidade da água não pode ser entendida como conseqüência só de processos naturais (abióticos e bióticos), mas também de processos antrópicos, representado principalmente pelo crescimento populacional.

Um dos principais problemas no que se refere à preservação e manejos dos recursos hídricos, diz respeito a contaminação por esgoto.

Localizada em área estuarina atípica (baixa salinidade, mesmo no período de maior estiagem), Belém e sua área metropolitana recebem influências das águas do rio Guamá e das baías de Marajó e Guajará, notadamente, alterando suas condições naturais, no que diz respeito à qualidade química e biológica das águas superficiais.

O presente trabalho é um estudo orientativo, preliminar, sobre a utilização de parâmetros ambientais em águas residuárias de drenagem urbanas de Belém, tais como temperatura, turbidez, cor, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, acidez, alcalinidade, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato, óleos e graxas. Nos sedimentos coletados, a quantificação do carbono orgânico e do nitrogênio orgânico. Enfatizou-se a caracterização química da matéria orgânica nos sedimentos coletados, procedendo a separação segundo a natureza de seus componentes húmicos, naturais e degradados, utilizando os procedimentos clássicos, mediante extração com hidróxido de sódio, precipitação da fração húmica em meio ácido e posterior identificação de grupos funcionais orgânicos através espectroscopia de absorção na região do infravermelho. Foram coletadas um total de 84 amostras de águas residuárias distribuídas em 14 pontos de coleta, em dois períodos sazonais (períodos chuvoso e menos chuvoso, ou "verão", de 1995). Trabalhou-se em canais das avenidas Bernardo Saião e canal Almirante Tamandaré, da travessa Quintino Bocaiúva, doca de Souza Franco e canal da Jabatiteua e nos igarapés do Una, São Joaquim, Três Tubos, Tucunduba, Taboquinha e Piriá (os dois últimos no distrito industrial, em Icoaraci).

Para as amostras de sedimentos (selecionou-se quatro),procedeu-se comparação entre ambientes preservado (uma amostra coletada de lago represado em área fisiográfica da Estação de Rádio da Marinha, às proximidades da Rodovia Augusto Montenegro), parcialmente alterado (outra amostra coletada em igarapé transformado em canal de despejos urbano, na área fisiográfica já

mencionada) e ambientes visivelmente poluídos (duas amostras coletadas nos canais da doca de Souza Franco e da avenida Almirante Tamandaré).

Os resultados analíticos foram processados e integrados, de modo a permitir uma interpretação mais realista dos fatos à luz da geoquímica ambiental.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

A cidade de Belém nasceu no vértice do estuário guajarino, no ponto do encontro das influências marítima da baía do Guajará e fluviais do Guamá (IDESP, 1980).

Desde a sua fundação em 1616, Belém sofreu sucessivas mudanças na forma de ocupação da área territorial com vetores orientado para o rio e para o mar. Inicialmente, ocupando terrenos de cotas mais alta e, posteriormente, os de cotas mais baixa (BRASIL, 1970).

A Região Metropolitana de Belém, no estado do Pará, localiza-se no quadrante entre os paralelos 1°10'S e 1° 30'S e os meridianos de 48°25'G e 48° 35'W, a uma altitude média de 15 metros em relação ao nível do mar (como mostra a Figura 1). É limitada ao Sul pelo rio Guamá, até sua confluência com o rio Moju; a Oeste pelas baías de Guajará, Santo Antônio e Marajó. Os limites orientais são mais sinuosos, começam no extremo oriente oriental da ilha de Mosqueiro, descem pelo "furo" do Mosqueiro até o "furo" do Mutum, de onde infletem para o NO até atingir o "furo" de Caratateua, seguem para o sul até encontrar o rio Maguari, sobem este rio até suas nascentes, descendo em linhas ligeiramente para a direita, até alcançar as cabeceiras do igarapé Jacarequara, que acompanham até sua foz, no rio Guamá (CODEM, 1975). Situada na vértice de um estuário, no ponto da junção das influências marítimas e fluviais, Belém nasceu e cresceu ao influxo das atrações do interior do mar. O rio prendia-se ao continente, o estuário ao oceano. Por força disso, duas tendências regiam inicialmente o crescimento da cidade, com vetores orientados para o rio e para o mar (PENTEADO, 1967; CODEM,1975).

A Região Metropolitana de Belém é formada por dois municípios: Belém com 736 km^2 e Ananindeua com 485 km^2, totalizando uma área de 1221 km^2, sendo 355 km^2 de terrenos insulares. O município de Belém abrange os distritos de Mosqueiro, Icoaraci, Val-de-Cães e Belém (CODEM, 1975).

A área de estudo é coberta pelo sistema de drenagem do distrito de Belém que engloba os canais do Una, da doca de Souza Franco, da Quintino Bocaiúva, Bernardo Saião e o Igarapé do Tucunduba, bem como o "furo" do Maguari, que engloba os Igarapés do Piriá e Taboquinha (CODEM, 1975).

2.2 - TOPOGRAFIA

A topografia da cidade de Belém apresenta-se excessivamente muito plana e baixa, resultado de uma superfície levemente acidentada com poucas elevações, como é comum no imenso território amazônico. Nessa superfície, encontram-se os dois elementos básicos deste território: as planícies com suas várzeas e a terra firme da área Metropolitana de Belém, que correspondem a parte mais rebaixada e fragmentada do Baixo Platô Terciário, que teve a maior parte de seus vales fluviais colmatados por sedimentos recentes depositados pelos próprios igarapés ou carreados pelo rio Guamá: As planícies constituíram-se de três patamares dos três níveis: o nível dos altos, níveis intermediários de baixo patamares (SUDAM, 1979).

Não há uma uniformidade; intercalam-se comente a parte altas com as baixas, estas representadas por extintos igarapés hoje aterrados, não havendo, portanto uma definida "zona alta" e outra "baixa". As curvas de níveis são quase sempre suaves, com uma ou outra exceção (SUDAM, 1976).

O nível mais alto situa-se a partir de 15 metros, mas não chega a atingir 16 metros, sendo através do mesmo que se penetra na cidade pela avenida Almirante Barroso, volta a aparecer na avenida Generalíssimo Deodoro entre as avenidas Nazaré e Governador José Malcher e no bairro da Pedreira, onde é envolvido pelo igarapé do Galo. O segundo nível (10 a 15 metros) abrange boa porção da cidade: a parte mais elevada do comércio, grande parte de Nazaré, São Braz, Umarizal e pequenos trechos de Batista Campos, Cremação e Canudos. No terceiro nível, de (5 a 10 metros) está parte da Cidade Velha e grande parte do Comércio. O nível inferior da cidade está localizado abaixo da cota 5 metro e se estende pela periferia e é a área mais sujeita as condições fluviais e, que nos tempos das águas altas é atingida pelas inundações ou por alagamentos: Guamá, Condor, Jurunas, Sacramenta, parte da Cidade Velha, Reduto, Umarizal, Telégrafo e Fátima (antigo bairro da Matinha) (IDESP,1980).

2.3 - POPULAÇÃO

A população de Belém é de 1.179.123, tendo 227 habitantes por hectare, como mostra a Tabela 1 (IDESP, 1990).

Tabela 1 - População de Belém (IDESP, 1990)

Bairro	População	Hab/ha
B. Campos	23.073	163
Canudos	18.809	284
Comércio	6.735	66
Condor	71.121	407
Cremação	46.182	274
C. Velha	16.827	158
Fátima	20.947	325
Guamá	127.512	325
Jurunas	94.493	430
Marambaia	151.038	295
Marco	94.359	191
Nazaré	29.562	194
Pedreira	96.904	260
Reduto	5.632	72
Sacramenta	44.306	138
São Braz	27.491	165
Souza	104.330	136
Telégrafo	67.147	287
Terra Firme	96.152	137
Umarizal	34.135	135
Total	1.179.123	227

Fonte: IDESP/CEE (1990)
Obs.: 1) hab. (habitantes); 2) ha (hectare).

A Tabela 1 mostra a população dos bairros da região Metropolitana de Belém, em que se verifica que o bairro mais populoso é o do Jurunas e o menos populoso é o bairro do Comércio em virtude de ser uma área basicamente comercial.

2.4 - CLIMA

Segundo Köppen o clima da região de Belém se classifica em "Afi", assim definido:

A - clima tropical chuvoso, onde a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C;

f - ocorrência de chuvas durante o ano todo, condicionando o tipo de vegetação conhecida como selva tropical, dado que o mês de menor índice pluviométrico é de 60mm;

i - o clima não conhece variação estacional sensível, dado que a oscilação anual da temperatura é inferior a 5°C.

Belém situa-se numa das áreas mais chuvosas do Brasil, com índices anuais superiores a 2.000 mm . Possui dois períodos distintos: o chuvoso (de dezembro a junho) e o menos chuvoso (de julho a novembro). O clima de Belém é quente e úmido. A temperatura média das mínimas e máximas, em termos mensais, varia, respectivamente de, 21,6°C a 32,3°C e a amplitude anual das médias mensais é de somente 0,9°C, o que está de acordo com a localização geográfica, perto do Equador, segundo ATKINSON (1971).

Segundo dados da estação meteorológica da Universidade Federal do Pará, durante o ciclo hidrológico de 1995 a média anual é de 32,3°C e a amplitude anual das médias mensais é de somente 0,9°C; a precipitação pluviométrica anual igual a 3000 mm. A figura 2 mostra as condições climáticas de Belém no ano da coleta.

2.5- VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal predominante na região amazônica é a floresta densa ocorrendo manchas de cerrado na faixa paleozóica do norte e nos "tess" da porção leste da ilha do Marajó, baixo Amazonas e nos terrenos recentes, até a borda paleozóica sul e em contato com o complexo Xingu, grupo Tocantins e cobertura mesocenozóicas

Como em toda a Amazônia, distingue-se também na área de Belém, as florestas de várzea e de terra firme. A diferença fitofisionômica está em função do solo, da topografia e da água. Segundo MOREIRA (1966) não existem em torno da cidade áreas campestres naturais. Dentro do perímetro urbano da cidade, praça e quintais retém, ainda que poucas, evidências da antiga floresta tropical, que pode ser ainda encontrada nas ilhas formadas pelo macrosistema de drenagem na região (CODEM,1975).

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA UFPA

PRECIPITAÇÃO EM BELÉM ANO 1995

Precipitação (mm)

JAN	312,6
FEV	284,8
MAR	258,1
ABR	241,5
MAI	408,9
JUN	85,1
JUL	139,6
AGO	65,5
SET	81,9
OUT	182,4
NOV	201,2
DEZ	163,6

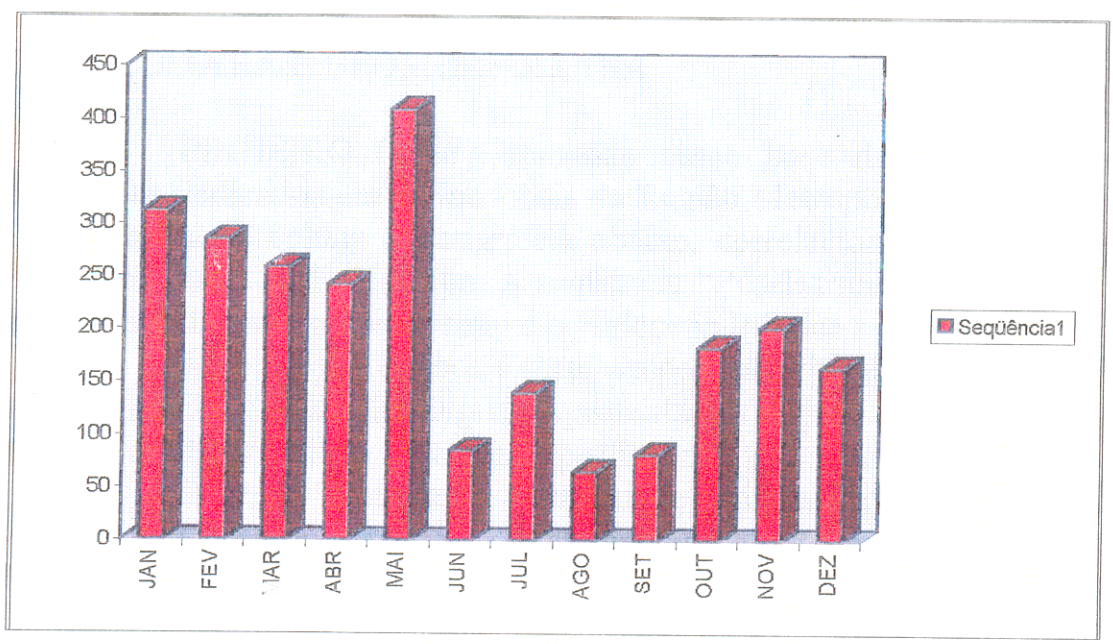


Figura 2. Variação Climática da Região Metropolitana de Belém

Os canais estudados estão situados no perímetro urbano da cidade, e não apresentam algum tipo de vegetação, devido a intensa ocupação populacional em suas margens. Contudo, os igarapés que se situam ao longo da cidade de Belém, ainda se encontra, mesmo que muito pouco, algum tipo de vegetação, tanto de várzea como de terra firme.

A vegetação atual da cidade de Belém está representada pelos seguintes tipos de florestas: floresta tropical, capoeira ou de terra firme e de várzeas e floresta de igapó.

A floresta tropical ou de "terra firme", está assentada sobre o solo Latossolo Amarelo, e possui árvores de grande valor econômico.

Capoeiras ou de "terras firmes" e de várzeas são muito semelhante e representam as vegetação que se encontram sobre os solos cujas condições físicas e químicas não permitem um desenvolvimento de uma vegetação exuberante. E ocorrem ao longo dos rios e igarapés, próximo de áreas povoadas.

Floresta de igapó é encontrada nos alagados e níveis topograficamente mais baixos da região, possuindo raízes aéreas adaptadas ao seu desenvolvimento nos solos permanentemente alagados (SIOLI, 1960).

2.6 - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

PINHEIRO (1987), tomando como base dados geotécnicos e de sondagens realizados em vários locais da Região Metropolitana de Belém, propôs informalmente a coluna estratigráfica (Figura 2), correlacionando os sedimentos da região do porto de Belém com a seqüência "Pós-Barreiras", de idade provável compreendida entre o Pleistoceno e o Holoceno Inferior a Médio.

A Formação Pirabas é formada por calcários diversificados, folhelhos, arenitos calcíferos e argilas negras. Apresenta um variado conteúdo animal macro- e microfossilíferos, além de vegetais piritizados.

O grupo Barreiras é formado de sedimentos continentais, argilosos, arenoso e ocasionalmente conglomerático e ferruginizados. Apresenta estratificações aconaladas e seguimoidais e é portadora de fósseis vegetais (folhas, galhos, raízes) e fósseis animais (tubos de *ophiomorphas*). No âmbito da região de Belém, esses sedimentos não afloram e são observados sobretudo onde há exploração de areias e argilas para a construção civil (FARIAS et al., 1992).

GÓES (1981) define sedimentos Barreiras ao conjunto heterogêneo de sedimentos constituídos por conglomerados, arenitos argiliticos pouco

UNIDADE	PROFUNDIDADE	IDADE		DESCRIÇÃO SUCINTA
Holoceno Sup. - recente	0 a 40 - 50 m	Quaternário	10 mil a 4 - 5 mil anos AP ao Recente.	Argilas siltosas e areias quartzosas sem materia orgânica.
Holoceno Med. - Inf.			10 mil a 15 mil anos AP	Siltes, argilas, areias finas a médias com siltes. Siltes argilosos com grânulos e blocos de arenito ferruginoso.
Pleistoceno			16 mil a 2,5 M. A.	
GRUPO BARREIRAS	0 a 100 - 150 m	Terciário Superior		Siltes argilosos com níveis de arenito ferruginoso, argila cinza clara, areias avermelhadas variadas e lateritas
FORMAÇÃO PIRABAS	entre 76 e 100 - 200 m	Oligo - Mioceno		Areia argilosa cinza escura, grossa a muito grossa, subangular com grãos arredondados a subarredondados. Macro- e micro-fósseis (foraminíferos), briozoários, moluscos, fragmentos de ossos, corais, etc.

Figura 3 - Coluna estratigráfica esquemática para a região de Belém e adjacências.
Fonte: PINHEIRO, 1987.

consolidados, moderados e mal selecionados, predominantemente sem estratificação, com concentrações de arenitos ferruginosos (grés do Pará).

O grés do Pará é um arenito ferruginoso de formação recente a partir dos sedimentos do Grupo Barreiras, é mal classificado e algumas vezes apresenta uma incipiente estratificação. Ocorre nas partes mais elevadas e nas proximidades dos igarapés, onde a erosão o descobre. É abundante em todo o município de Belém, aflorando a pouca profundidade (IDESP, 1980).

O Pós-Barreiras agrupa sedimento arenosos, que variam de creme amarelados e amarelo-alaranjados até brancos. É comum a ocorrência de concreções ferruginosas e seixos de quartzos milimétricos dispersos, assim como a ausência de estruturas sedimentares. Esta unidade se estende por toda a Região Metropolitana de Belém cobrindo a Formação Barreiras (IDESP, 1980).

A península de Belém apresenta elevações de 15 m de altitude em relação ao nível do mar, possui relevo plano e suavemente ondulado na forma de platôs (FARIAS et al., 1992).

As unidades geomorfológicas são:

- os terrenos sedimentares do Quaternário, onde se destacam as superfícies de pediplanados aplainadas sustentadas por concreções de arenitos e argilitos ferruginizados e as superfícies compreendidas pelos antigos terraços fluviais formados pelos sedimentos dessecados pela erosão;
- os terraços fluviais inundáveis, presentes nas zonas de baixada e sujeitos às inundações periódicas provenientes da maré lançante e das chuvas;
- e planície flúvio-marinhas, que compreendem as margens, praias e rios formados pelos sedimentos recentes.

2.7 - SOLOS

Segundo MOREIRA (1966) Belém apresenta três tipos de solos : solo de igapó, solo de várzea e solo de terra firme.

Os solos de igapó são encharcados, inconsistentes e excessivamente ácidos, deficientes de drenagem natural. No solo de igapó existe a tendência de abaixamento no solo durante o período prolongado de inundação. São terrenos criados por erosão e não por sedimentação.

Já os solos de várzea apresentam má drenagem, são argilosos e úmidos, porém encharcados só no inverno, com pH próximo ao neutro na sua parte superior. As várzeas belemenses são do tipo "várzea de maré", e se enriquecem continuamente com os depósitos deixados pelas marés.

Os solos de terra firme são predominantemente arenoso-argiloso, secos e soltos, porém lixiviados e ácidos, apresentando boa drenagem em virtude da alta cota pluviométrica regional.

A área de Belém foi mapeada como constituída de solos concrecionários lateriticos, são solos minerais profundos ou medianamente profundos, diferenciando-se de outros solos pela presença acentuada de concreções ferruginosos em todo perfil. Tais concreções aparecem em formas de arenitos ferruginosos, onde o teor de ferro é mais elevado que o alumínio. Ocorrem em relevo de Formação Barreiras (FARIAS et al., 1992).

Em Ananindeua e Mosqueiro tem-se o "latossolo" que são típicos de relevo plano apresentando de modo geral boa profundidade de drenagem; tem origem em sedimentos do Holoceno podendo muito raramente ser originado de decomposição do argilito do terciário. São ácidos, com pequena variação de pH (DNOS, 1970). E às margens do rio Guamá (região de baixada) "Gley pouco Húmico"(BRASIL. CONSELHO INTERMINISTERIAL DO PROGRAMA DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS,1981), estes 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 relevo plano, são pouco permeáveis e mal drenados, predominando às margens dos igarapés.

Em algumas área de baixadas de cidade encontram-se também solos Podzólicos Hidromórficos e areia quartzosos vermelhas e amarelas. Os primeiros são solos minerais, muito arenoso, mal drenados, escurecidos pela presença de matéria orgânica, ocorrem em relevo plano e são derivados de sedimentos arenosos referido ao terciário e quaternário. Areia quatzosos vermelhas e amarelas, são solos normalmente profundos, com baixo teor de argila, bem drenados e excessivamente desgastados; são derivados de sedimentos arenito quantiosos de Formação Barreiras.

A Região Metropolitana de Belém tem 7 unidades taxonômicas de solos que são (SIOLI, 1967; ACKERMANN, 1969)

- Latossolo amarelo : são solos de profundidades de 200 m e representa 48,99% da área do município de Belém;
- Laterita Hidromórfica: é um solo que tem profundidade variável de 17 a 52 cm;
- Croncrecionário Laterítico: tem coloração branca ou cinza claro e uma profundidade de 150 cm.;
- Areia Quartzosa - é um solo de fácil lixiviação formada pela alta precipitação pluviométrica da região de Belém;
- Areias Aterradas - tem um intenso hidroformismos, que sofre deposição de aterro, sendo dessa forma recuperado e utilizado dentro do perímetro urbano.

2.8 - ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (PA) E HIDROGRAFIA.

2.8.1 - Considerações Gerais

Os elementos hídricos de maior significado para a cidade são baía de Guajará e o rio Guamá, além dos inúmeros igarapés que cortam a cidade, sendo os mais importantes o do Una, Tucunduba e Val-de-Cães (CODEM, 1975; BRASIL, 1970).

Os rejeitos lançados na baía de Guajará são oriundos principalmente de esgotos da cidade. A presença do material lançado estende-se quase de uma margem a outra da baía, pela influência dos fenômenos das marés; no período de cada seis horas vazantes não há como levar a descarga até ao Atlântico, as quais retornam com as marés enchente.

Com relação ao rio Guamá e a baía de Guajará, além de receber uma carga diária de matéria orgânica proveniente de lançamento de esgotos, vale ainda ressaltar que a condutividade dessas águas aumenta à medida que diminui a distância do oceano. De acordo com MALTEZ & MALTEZ (1982), desde o ponto da capactação da COSANPA no rio Guamá até a altura da foz do rio Maguari, no período de estiagem próximo a Icoaraci, a água apresenta valores entre 400 a 700 mhos/cm. A partir desse ponto há uma rápida elevação desse valores, para a ordem de milhares de μmhos/cm, subindo a costa de Mosqueiro, o que traduz a influência das águas salgadas

O rio Guamá banha a cidade de Belém pelo sul, e deságua na baía de Guajará. Neste trecho é considerado como rio de "águas brancas", por ser pouco transparente e com grande quantidade de material em suspensão, proporcionado por movimento de sedimentação e fontes atividades de erosão (SIOLI, 1967).

Esses movimento 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 bairro do Guamá (SIOLI,1960).

Todo curso inferior do rio Guamá até muito acima de São Domingos do Capim, sofre influência das marés, provocando periódicas correntezas retrocedentes da água fluvial, principalmente na estação seca. Durante as marés dos sizigias, a ação das correntes é mais forte, ocorrendo no leito do rio verdadeiras "pororocas".

A baía de Guajará situada a oeste de cidade é a rigor um subestuário no qual vem ter as águas dos rios Guamá e Moju (MOREIRA,1966). É estreita e

alongada, ficando comprimida entre terras continentais e as ilhas fluviais da Onça, Arapiranga, Cotijuba, Mirim, Paquetá-Açu e Jutuba. Comunica-se com a baía de Marajó e sofre diretamente influência das marés oceânica. Suas águas são barrentas e salobras (MOREIRA, 1960). A influência das águas oceânicas do Atlântico nessas águas estuarinas, no entanto, é mais notável a partir de julho a meados de dezembro (LIMA & KOBAYASHI, 1988; CORDEIRO, 1987).

As águas barrentas da baía de Guajará se misturam a do rio Guamá, em conseqüência, das marés, e se propragam até a desembocadura do rio Capim. SIOLI (1960), sugere que a água proveniente da baía, presente naquele local em uma determinada época, corresponde a água da baía na embocadura do Guamá, na mesma época, ou em período anterior, em que ela avançado vagarosamente por misturas progressiva rio acima, em Ourém, não se percebe mais a influência das marés sobre a correnteza do rio, não havendo, portanto misturas com a baía.

A baía de Guajará é formada na confluência dos rios Acará e Guamá; numerosas ilhas e canais compõem a margem esquerda da baía. Ao longo da margem direita segue-se a cidade de Belém e mais a norte, separadas pelos "furos" do Maguari e das Marinhas, as ilhas de Outeiro e Mosqueiro respectivamente (Figura 2).Com relação aos canais que entrecortam estas ilhas, sobressaem-se por sua importância para a navegação regional, o canal do Carnapijó, um prolongamento do rio Acará em direção ao do rio Pará, e o canal de Cotijuba, posicionado nas imediações da ilha de mesmo nome, servindo de ligação entre a baía de Guajará e o rio Pará, e o canal do Piramanha que atravessa a ilha das onças desde confronte a Belém até a canal Canapijó, em frente ao "furo do Arrozal" (PINHEIRO, 1987).

Segundo a classificação apontada por SIOLI (1960), os rios da Bacia Amazônica podem ser subdivididos em: a) rios de "água branca", b) rios de "águas pretas", c) rios de "águas claras", com base na quantidade do material em suspensão e no conteúdo das substâncias em estado coloidal.

a) Rios de "águas brancas"- são rios de águas com coloração turva, barrenta, amarela, tal como o Amazonas. A elevada taxa de sedimento em suspensão se deve a ação erosiva de suas correntes sobre as margens é aquela provocada por seus afluentes e subafluentes.

A pequena transparência das "águas brancas" indica a grande quantidade de matéria em suspensão contida nestas águas, provocando forte turvação em comparação com os rios de "água limpas" e "preta". Tais rios apresentam PH variando entre 6,2 a 7,2.

b) Rios de "águas preta" - apresentam águas transparentes. A cor marrom que apresenta é em virtude do contato dessas águas com o material orgânico morto, fornecido pela vegetação de igapó, como acontece com as águas do rio Negro.

Esses rios dispõem de quantidades mínimas de substâncias em suspensão. Em tais rios, foram encontrados uma alta acidez, pH variando entre 3,8 a 4,9, que apresentam uma reduzida capacidade de tampão e, apresentando uma baixa quantidade em sais dissolvidos.

c) Rios de "águas limpas" - são também chamados de "águas claras", suas águas são transparentes, apresentam coloração verde, verde amarelo até mesmo verde escuro de oliva; o rio Tapajós, é um exemplo desses rios, que é formado pelo rio Jurema e rio São Miguel. Estes rios nascem na estreita faixa carbonífera ao norte e ao sul do baixo Amazonas, no Estado do Pará, são neutros e relativamente ricos em sais minerais com elevado teor de cálcio e magnésio. O pH varia entre 4,5 a 7,8.

A existência desses três tipos de rios descritos , de acordo com SIOLI (1960), encontram-se relacionados à formação geológica, pedológica e climatológia, porém a descrição dos tipos dos rios não os torna sempre claramente diferenciáveis uns dos outros; na natureza, há transição entre "águas brancas" e águas pretas"; também pode trocar o seu tipo ocasionalmente com as variações sazonais.

No decorrer das enchentes conforme foi observado por PINHEIRO(1987), o estuário assume características do tipo homogêneo com águas mais diluídas concentradas nas superfícies, e, que em períodos menos chuvosos a maré salina não alcança a baía de Guajará e o rio Guamá.

O potencial de hidrogênio iônico nas águas naturais se constitui um dos fatores ecológicos que age como controlador das atividades respiratória dos animais e plantas e regulador dos principais processos metabólicos nos seres vivos.

No estuário Guajará, sobressaem-se dois fatores controladores da variações do pH nas águas: o regime sazonal e os ciclos de marés.

As medidas executadas, segundo PINHEIRO (1987), no final da estação chuvosa, as águas adquirem pH igual a 4,8 com pequenas oscilações entre 4,9 ± 0,2 e 4,6 ± 0,3. Por outro lado, medidas tomadas durante a estação de menores precipitações revelam um valor médio para pH das águas na baía de Guajará de 5,4 oscilando entre 5,2 ± 0,2 e 5,9 ± 0,2.

A poluição das áreas do estuário guajarino provocada, principalmente, pela grande quantidade de matéria orgânica lançada diariamente nela sem nenhum tratamento, causa a redução na percentagem de oxigênio presente na água aumentando a proliferação de bactérias (IDESP, 1990).

Aparentemente os despejos urbanos, na Região Metropolitana de Belém, podem influir na alteração das características dessas águas naturais, alterando sua qualidade, porém, o que se percebe, de imediato, também, é que as

características hidrodinâmica do estuário, com intensa movimentação das marés, com fluxo e refluxo diário, apreciáveis, podem produzir efeito de autodepuração nessas águas (DIAS, 1995).

Segundo DIAS (1995), no estuário Guajará, apreciáveis efeitos de diluição produziram índices relativamente baixos de nitrato, mínimo de 0, 28 ppm NO^{-}_{3} ; máximos de em 1,44 ppm NO^{-}_{3} , máximos em 0,71 ppm N. Tais valores, tanto para nitrogênio amoniacal, como para nitrato, representam índices esperados para ambientes naturais sujeito a contaminação intensa movimentação da floresta equatorial, rica em biodiversidade, em bactérias oxidantes (produzem nitrato e nitrito) e redutoras (produzem amônia). A autora comparou tais dados com valores registrados por SIOLI & KLINGE (1962), para certas águas fluviais observou índice de nitrogênio amoniacal em torno de 0,083 a 1,06 ppm de N; de nitrato em torno de 0,02 a 0,99 ppm de NO_2^{-}

O conteúdo de fosfato nas águas superficiais e residuárias tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, a mais importante é a degradação pela intemperização das rochas primárias (apatita), que pode ser carreada pelas águas de escoamento superficial ao alcançarem os diferentes ecossistemas aquáticos, sob formas solúveis e adsorvidas as argilas. Esta última é a via mais importante de acesso do fosfato ao ecossistema aquático, devido a freqüência de solos argilosos (solos antigos e muito intemperizados) nesta região. A água de precipitação, também, pode conter apreciáveis teores de fosfato dissolvidos ou em suspensão (HEM, 1970).

RIBEIRO (1992), observou que a variação de fosfato nos lagos Bolonha e Água Preta que abastecem a cidade de Belém teve seu máximo em torno de 0,40 (expresso em ppm de P) para o período de estiagem. No período chuvoso foi encontrado valor mínimo de 0,12 ppm de P, aparentemente tais resultados não apresentam valores preocupantes. Ainda a autora na quantificação do teor de clorofila revelou índices de 4,63 a 5,00 μg/L, ambos são observados em locais aparentemente preservados. Tais valores são representativos de ecossistemas pouco produtivos quando comparados com diferentes ecossistema aquáticos.

Foram detectados presença das diatomáceas no estuário guajarino. Segundo o autor, as diatómaceas predominantes de origem de águas marinhas, seguidas pelas de águas doces, onde se observou também que flórula destas microalgas muito se assemelha a levantamentos feitos no ambiente costeiro adjacente realizado por; MULLER-MELCHER, 1957, Wood e Reissac, citados por PAIVA, 1991.

Em relação ao oxigênio dissolvido, segundo CODEIERO (1987), não observou variações apreciáveis entre a preamar e baixamar, o mínimo de 4,25

ppm de O_2 e o máximo de 7,64 ppm de O_2. A autora associou estes valores com a penetração das águas oceânicas no estuário.

2.8.2 - Bacias De Drenagem da Região Metropolitana de Belém

Belém não está localizado às margens do rio Amazonas, paradoxalmente beneficia-se com esse fato, pois o sistema hidroviário em que se encontra, além de relativamente independente do rio-mar, garante-lhe condições de fácil acesso ao oceano e ao continente. Os principais acidentes de Belém são: Furo do Maguari, dos Bragas, Cotovelo (Ilha de Caratateua), Marinhas (Ilha de Mosqueiro) e Cumbu (Ilha de Cumbu). Os rios Mari-mari, Pratiquara, Murubira (Ilha de Mosqueiro), Maracacuera, Arari, Paraíba (distrito de Icoaraci) e Guamá (Belém). Os lagos Utinga e Água Preta, em Belém. Os Igarapés de Ananideua, 40 horas, Bacuri, Icuí, Guajará, Una, Galo, São Joaquim, Tucunduba, Água Cristal, das Armas, Val-de-cães. A baía de Guajará (Belém), São Joaquim (que separa Outeiro de Mosqueiro), do Sol (Ilha de Mosqueiro), SUDAM (1976).

Parte da cidade de Belém foi edificada entre as cotas quatro e quinze acima das marés mínimas, correspondente, aproximadamente 60% da área urbana.

Outra parte, correspondente a 40% da área total da cidade está abaixo da cota quatro, é oriunda de depósito dos rios amazônicos onde a qual está sujeita a inundações pela introdução das marés; são as chamadas "baixadas" de Belém (ARAÚJO, 1986).

O dique da baía de Guajará e o cais do porto protegem a cidade das enchentes provocadas pelo rio Guamá (SUDAM, 1976).

Conforme o estudo Monografia das baixadas de Belém (1976), as áreas de baixadas da cidade foram divididas em cinco bacias de drenagem, denominadas: áreas A, B, C, D e E.

ÁREA A

Essa área é formada pela bacia do Una; é a maior em extensão em área territorial, com aproximadamente 2.531 ha., sendo que 689 ha de terras alagáveis. Inclui os bairros de São Braz, Umarizal, Fátima, Pedreira, Telégrafo, Sacramente, Marambaia e Souza (BRASIL, 1970), além de outras terras não alagadas. Considerando apenas as terras alagáveis desses bairros, evidenciam-se quer em termos absolutos, quer em termos relativos, a contribuição de cada um deles para os 689 ha de baixadas que a área possui. O bairro da Sacramenta

com 35,35%, o Telégrafo com 28,35% e a Pedreira com 12,63%. Estes bairros aparecem como os contribuintes mais significativos dessa extensão alagável da cidade; é uma decorrência natural da pressão que as águas do igarapé do Una exerce sobre ele.

É o maior canal estudado, atravessa uma área de "baixada" basicamente residencial, recebe somente efluente de esgoto doméstico, ainda que em grande quantidade, o que lhe dá um aspecto desagradável, mostrado na Tabela 3.

ÁREA B

É formada pela bacia dos canais do Reduto e igarapé das Armas (doca de Souza Franco); os elementos de drenagem, o canal do Reduto e das Armas, são abertos e revestidos de cimento. Nessa área há um contraste com a área A, por apresentar a menor extensão territorial como mostra a Tabela 3.

Os 274 ha significam apenas 6% do universo estudado. Sua posição dentro da cidade é facilmente definida, compreende terra dos bairros do Reduto e Umarizal. Das terras da área em questão 30,66% são alagáveis (Tabela 3). É o resultado da influência que as águas da baía de Guajará exercem nessa região através de vários elementos hídricos. A prova da vulnerabilidade das marés guajarinas nessa área é a condição alagadiça dos bairros do Reduto, 48,10% e Umarizal 27,60% (ver Tabela 4), contribuindo decisivamente para os 85 ha de baixadas existentes na área.

ÁREA C

Nessa área existe o canal da avenida Tamandaré, pouco mais extenso que o da área B. Mede 361 ha (Tabela 3), o que expressa 7,20% do universo em estudo. Localiza-se na parte mais urbanizada, constitui os bairros de Batista Campos, Jurunas, Cidade Velha e Comércio, todos relativamente bem aquinhoados em termos de equipamentos urbanos.

Apesar dessa área possuir o canal da Tamandaré, é muito grande a sua vulnerabilidade às águas, isto porque, de conformidade com dados históricos, ela

foi uma das regiões dominadas por elevados números de acidentes hídricos (hoje aterrados) com grandes igarapés (Piriá e São José). Além disso, até hoje existem inúmeros reentrâncias tanto da baía de Guajará como rio Guamá, caracterizada pelas chamadas "docas", dentre os quais sobressai-se a do Ver-O-Peso, possibilitando a invasão das águas, por ocasião das marés lançantes.

ÁREA D

Esta área envolve a bacia de drenagem da Estrada Nova; é a terceira em ordem de grandeza total e a terceira em terrenos de terras alagáveis. A comparação desta afirmativa expressa pelos 797 ha (Tabela 3) de terras totais, dos quais 469 ha estão sujeitos a inundações, ou seja quase 60% de áreas constituídas por baixadas.

É uma região envolvendo terras dos bairros mais baixo da cidade, e que contribuem com terras baixas na seguinte ordem: Condor 36%, Batista Campos 8%, Guamá 23%, Jurunas 17% e Cremação 16%.

ÁREA E

Trata-se da segunda área em extensão territorial. São 1.055 ha. de terra (Tabela 3) dominadas pelo igarapé Tucunduba (bacia do Tucunduba). Os 55% alagáveis dessa área, expresso por 575 ha pertencem aos bairros Terra Firme 65%, Guamá 22%, São Braz 3%, Canudos 3% e Marco 8%.

É a mais primitiva de todas as áreas. O igarapé do Tucunduba recebe além de esgotos domésticos, a descarga fluvial e influência da maré.

2.8.3 - Esgotos Sanitários Da Região Metropolitana De Belém

Na Região Metropolitana de Belém não existe tratamento dos esgotos domésticos. Os rios e o solo são responsáveis pela estabilização dos efluentes líquidos produzidos pela população, sendo, contudo, a baía do Guajará o principal receptor final de toda a área (IBGE, 1992a).

Os igarapés e canais componentes da rede hidrográfica do município de Belém recebem dejetos sólidos e líquidos dos esgotos sanitários, sem tratamento, que deságuam no estuário guajarino, contaminandos suas águas, que retornam aos mananciais para abastecimento da população.

Belém foi uma das primeiras cidades do Brasil a iniciar a construção do sistema de esgotos sanitários. O primeiro projeto é de 1906 e adotava o sistema de separador absoluto. Foi substituído em 1912 por outro que adotava o separador parcial ou misto, e que orientou a construção até 1915. Com 45 quilômetros de rede construída e 79 quilômetros projetados, as obras foram paralisadas em conseqüência da rescisão de contrato com a firma inglesa construtora. A rede foi construída em três trechos isolados. A falta de troncos emissários, instalações de bombeamento e lançamento final impediram seu lançamento (PENTEADO, 1967).

O sistema de esgoto da Região Metropolitana de Belém aparece caracterizado por uma rede coletora pouco expressiva quanto à abragência, um elevatório e um interceptor emissário (IBGE, 1992a).

A rede pluvial também tem sido utilizada na recepção de dejetos não só em função de sua interligação com as redes públicas de esgotos, mas ainda, através das ligações prediais clandestinas (ARAÚJO, 1986).

O tratamento dado ao esgoto coletado é preliminar, com equipamentos insuficientes, e só é realizado a trituração, contribuindo para a poluição da baía e acarretando doenças transmissíveis para a população (ARAÚJO, 1986).

Os efluentes são levados pelos interceptores, por gravidade, à estação elevatória final, construída em área urbanizada, de propriedade da COSANPA e localizada na bacia do Una, bairro do Telégrafo (IBGE,1992b).

A maior parte da cidade encaminha seus esgotos para galerias de águas pluviais, riachos e igarapés que existem na região.

A situação torna-se ainda mais séria tendo em vista a pequena profundidade do lençol freático, que impede o uso de fossas sépticas com disposição final por infiltração como é mostrado na Figura 4. É comum muitas casas lançarem seus dejetos "in natura" nas sarjetas das ruas (ARAÚJO, 1986).

Essa problemática vem se agravando com implantação acelerada de edifícios de vários andares na área urbana.

Em algumas áreas existem boa intenção de pré-tratamento antes de ser jogada no solo, nos córregos ou na galeria de águas pluviais. Entretanto, talvez pela desinformação do funcionamento do sistema e dos problemas de saúde conseqüentes disso, não lembram da manutenção, fazendo das fossas apenas caixas de passagem. Quando é feita a limpeza das fossas, pelas empresas "limpa fossa" o destino final do lodo é acondicionado em locais totalmente desaconselhados: igarapés, terrenos vazios, etc (ARAÚJO, 1986).

Na execução de um projeto de esgoto sanitário, que visou o maior aproveitamento da rede já existente em 1962, foram consideradas quatro bacias, caracterizadas por: igarapé das Armas (1), avenida Almirante Tamandaré (2),

dique de Belém (3) e igarapé do Una (4). Essas bacias naturais condicionaram o traçado da rede sanitária (BRASIL, 1970).

A bacia número 1 - igarapé das Armas abrange uma área de 276 ha e a número 2 Tamandaré 238 ha. Nestas duas bacias encontram-se quase a totalidade da rede de esgoto existente, da qual o projeto previa aproveitamento de 90%. As bacias número 3 - dique de Belém e número 4 - igarapé do Una, compreendem uma área de 1.917 ha. e 1.361 ha. respectivamente (BRASIL, 1970).

Tendo em vista as condições da cidade, como topografia pouco acidentada, presença de lençol freático a pequena profundidade e conseqüente contribuição por infiltração, falta de zoneamento urbano e tendência para construção de prédios elevados, foi adotado no projeto, diâmetro de 0,20 m (8") para os coletores sanitários, projetados para funcionar a meia secção.

Belém é uma cidade circundada por grande massa d'água, de grande capacidade de diluição e autodepuração. O efluente seria lançado na baía de Guajará, um canal navegável ao longo de suas margens, a cerca de 200 metros. O projeto previa a travessia desse canal por tubos de lançamento subaquático para a descarga em uma grande profundidade, assim, os despejos seriam feitos a aproximadamente 300 metros, ou seja, além do canal, tornando-se este, uma verdadeira barreira entre o ponto de lançamento subaquático numa massa d'água muito grande, e permite a princípio, prever o lançamento do esgoto "in natura" , apenas com uma retenção dos materiais grosseiros (CODEM, 1975).

Tabela 2 - Situação da rede de canais por bacia de drenagem. (Continua)

Bacia	Canal	Extensão (m)	Situação	Solução
	Una	750	Retificado	Alargamento
	Galo	2.600	Retificado	Revestimento
	3 De Maio	750	Retificado/natural	Alargamento/revestimento
	Rosa Lemos	700	Revestido madeira	Solucionado
UNA	Antonio Nunes	435	Revestido concreto	Solucionado
	Honorato Filgueiras	430	Retificado/revestimento de concreto	Dragagem/revestimento
	Boaventura da Silva	520	Canal natural	Retificação/alarg./revestimento
	Soares Carneiro	750	Canal projetado	Abertura/revestimento
Bairros:	Jacaré	520	Canal projetado	Abertura/revestimento
Umariazal	Antonio Baena	1.075	Canal natural	Retificação/alarg./revestimento
Fátima	Marinha	900	Canal natural	Retificação/alarg./revestimento
Marco	Nova Marambaia	2.170	Canal natural	Retificação/alarg./revestimento
Pedreira	Covão do Bengui	830	Revestido de Madeira	Solucionado
Sacramenta	Água de Cristal	4.630	Canal natural	Retificação/alarg./revestimento
Marambaia	Visconde de Inhaúma	2.010	Canal natural (parte pequena revstestimento de argamassa armada)	Retificação/alarg./revestimento
Souza e Benguí.				
	5ª Cia	1.000	Canal natural	Retificação/alarg./revestimento
	Pirajá	2.620	Canal natural/revestimento de madeira	Retificação/alarg./revestimento
	São Joaquim	5.650	Canal retificado	Alargamento/revestimento
		30.110		

Tabela 2 - Situação da rede de canais por bacia de drenagem . (continua)

BACIA	CANAL	Extensão (m)	SITUAÇÃO	SOLUÇÃO
ESTRADA	Caripunas	700	Canal projetado/canal natural	Abertura/alarg./revestimento
NOVA	Timbira	700	Canal retificado	Alaragamento/revestimento
	Quintino	1.340	Canal retificado	Alargamento/revestimento
Bairros	Dr. MORAES	800	Canal retificado	Alargamento/revestimento
Condor.Batista	14 de Março	1.260	Canal retificado	Retificação/alarg./revestimento
Campos,Jurunas	3 de Maio	1.550	Canal retificado/canal natural	Abertura/revestimento
Cremação	João de Deus	420	Canal Porjetado	Solucionado
	Radional I E Ii	620	Revest. madeira/retificado	Solucionado
	Bom Jardim	240	Revestimento de madeira	retificar parte e revstimento
	Eulides Cunha	290	Revestimento de madeira	alargamento/revestimento
	Bernardo Sayão	5.220	Retificado	
		13.140		Retificação/alarg./revestimento
TUCUNDUBA	Tucunduba	3.900	Retificado/canal natural	Solucionado
Bairros:	Angustura	470	Revestido de madeira	Solucionado
Terra Firme ;	Leal Martins (Timbo)	1.000	Revestido de madeira	Solucionado
S. Braz, Marco	Vileta	420	Revestido de madeira	Retificação/alarg./revestimento
Canudos,	Santa Cruz	890	Canal natural	Solucionado
Guamá	Cipriano Santos	650	revestido de madeira	Parte falta retificar/revestimento
	Nina Ribeiro	510	Revest. madeira/retificado	

Tabela 2 - Situação da rede de canais por bacia de drenagem. (Continua)

BACIA	CANAL	Extensão	SITUAÇÃO	SOLUÇÃO
	Gentil	1.480	Canal natural	Retificação
	2 de Junho	650	Revest. madeira/retificado	Parte solucionada
	1°de Dezembro	1.310	Retif. madeira/canal natural	Parte solucinada
	Caraparu	1.100	Retificado/natural	Parte retificado/alarg./revestimento
	Mundurucus	700	Canal natural	Abertura/revestimento
	Lauro Martins	800	Canal natural	Retificação/alarg./revestimento
		13.880		
MURUTUM	Ana Deusa	480	Revestido de madeira	Solucionado
Bairro:	1°de Dezembro	1.330	Revestimento de madeira/natural	Parte solucinado
Marco	Utinga	210	Revestido em madeira	Solucionado
		2.020		
Armas/Reduto	doca de Souza Franco	1.250	Retificado/revestimento de concreto	Solucionado
Bairros	Reduto			
Reduto,		400	Retificado/revestimento de concreto	Solucionado
Umarizal.				
		1650		

Tabela 2 - Situação da rede de canais por bacia de drenagem. (Conclusão)

BACIA	CANAL	Extensão (m)	SITUAÇÃO	SOLUÇÃO
Tamandaré Bairros B. Campos, Cidade Velha, Jurunas, Comércio	Tamandaré	1.270	Retificado/revestimento de concreto	Solucionado
		1.270		

Fonte: SUDAM, 1976

EXTENSÃO TOTAL = 62.070 METROS

Tabela 3 - Bacias de drenagem da Região Metropolitana de Belém,PA (área e terras alagáveis

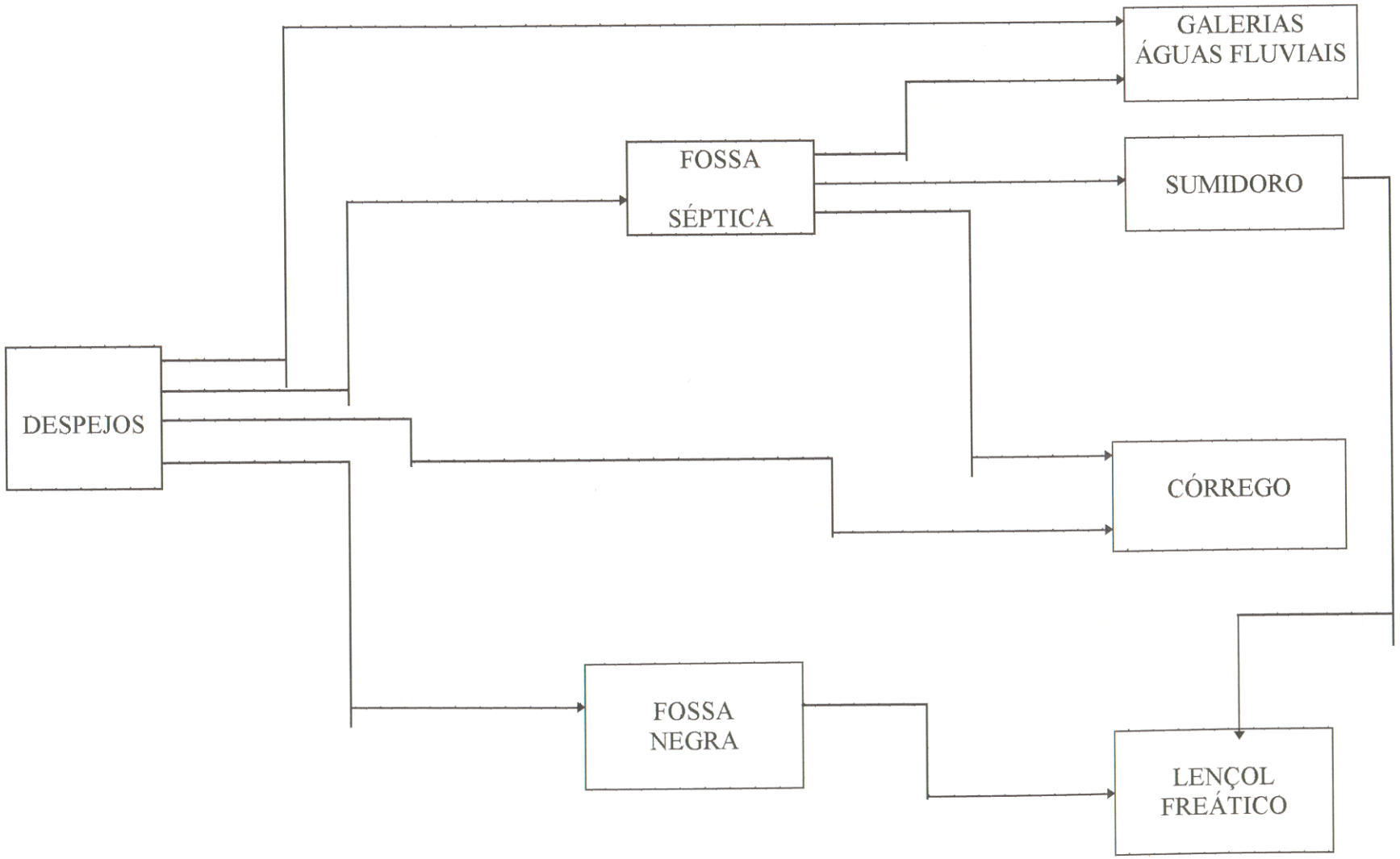
Área	Extensão em hectare (ha) (b)	Terras alagáveis em ha (a)	% b/a
A - (UNA)*	2.531	698	27,22
B - (Armas e Reduto)	274	84	30,66
C - (Comércio, Tamandaré, São José)	361	191	52,90
D - (Estrada Nova , I, II, III)	796	469	58,91
E - (Tucunduba, Outras Terras) **	1.055	575	54,50

Recuperação de Baixadas a partir de levantamentos aerofotogramétrico de Belém. Fonte: Elaboração da Comissão de Recuperação de Baixada a partir de dados do DNOS (CODEM, 1975).

* A extensão total da Bacia do Una é 3.300 ha, entretanto só 2.531 ha pertencem ao Universo em estudo

** As outras terras da Área de Estudo E, medem 203 ha e se encontram fora dos limites da Bacia do Tucunduba.

FIGURA 4 -Soluções utilizadas pela população de Belém (IBGE, 1992)



3 - METODOLOGIA

3.1 - TRABALHO PRELIMINAR

A coleta dos dados das amostras de águas residuárias foram realizadas em cinco canais de drenagem e três igarapés. Os canais selecionados foram o do Una, o da Quintino Bocaiúva, o da avenida Almirante Tamandaré, Doca de Souza Franco e o da Bernardo Saião. Os três igarapés trabalhados foram o Três Tubos, o Piriá e o Taboquinha, sendo que os dois últimos sofrem influência de águas do furo do Maguari, que se comunicam diretamente com o estuário. Tanto o Piriá quanto o Taboquinha se encontram localizados no distrito industrial de Icoaraci. No total, foram selecionados 14 pontos de coletas.

As coletas foram realizadas em duas épocas do ano, nos meses representativos do período menos chuvoso (junho a novembro/95) e do período chuvoso (dezembro/95 a fevereiro/96). Ambas as coletas foram efetuadas durante a maré vazante e a preamar. O acesso aos canais igarapés situados tanto na parte urbana da cidade como na periferia foram realizados por terra.

As amostras de águas residuárias para análise de matéria orgânica, foram coletadas em frasco de polietileno com capacidade de 1 litro, previamente lavado com ácido sulfúrico e enxaguado com água desionizada. No momento da amostragem realizou-se uma ambientação nos frascos de coleta com a água a ser coletada. As amostras foram conservadas em refrigeração a 4°C sem a necessidade de uso de qualquer substância química em virtude das amostras serem analisadas 24 horas após a coleta(APWA; AWWA; WPCF,1975).

As coletas de sedimento de fundo foram realizadas em quatro ambientes, sendo que uma amostragem foi realizada em ambiente preservado em um lago existente em áreas fisiográfica da Estação de Rádio da Marinha, outra em ambiente mais ou menos preservado, na área fisiográfica já mencionada e, as outras duas em ambientes não preservados, localizados nos canais da doca de Souza franco e Almirante Tamandaré.

3.2 - DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS

3.2.1 - Águas residuárias

UNA-01 (canal do Una) - Localizado na rodovia Arthur Bernades próximo a Companhia Madereira São Miguel (bairro do Telégrafo). Águas de drenagem urbana e fluvial. Local às proximidades da baía de Guajará. Notável influência de

rejeitos domésticos (sanitários despejam dejetos diretamente nas águas) e lançamento de lixo. Grande afluência de plantas aquáticas (tajá-roxo - *Sauromatum guttatum,* aninga - *Montrichardia arborescens schott*, etc.) oriundos de igarapés que desembocam no rio Una. Águas de coloração marrom (nas enchentes) a algo mais escura na baixa mar. (Figuras 8 e 9)

UNA-02 (canal do Una) - Localizado na travessa 9 de Janeiro com travessa Antônio Barreto, (bairro de Fátima). Águas de drenagem urbana. Local às proximidades de uma "invasão" (ocupação urbana desordenada, favela). Nítida contaminação urbana (esgoto doméstico e lançamento de lixo). Águas de coloração marrom-esverdeada e de odor nauseabundo. Algumas afluência de plantas aquáticas. (Figura 10)

TUC-01 (igarapé do Tucunduba) - localizado no bairro da Terra Firme, na confluência com ruas Olaria e Celso Malcher . Águas de coloração marrom (nas enchentes) a algo mais escura (na baixa mar), odor nauseabundo e com bastante material em suspensão como (madeira, plásticos, resto de embalagem e bastante material não degradavel). Nas duas margens do canal, encontram-se pequenas casas (tipo palafita) que lançam seus esgotos diretamente no canal. Recebe influência das águas do rio Guamá. (Figura 11)

CSJ-01(canal do São Joaquim) - Localizado na passagem São Benedito, no bairro da Sacramenta. Águas de igarapé poluído (influência de matéria orgânica vegetal e de despejos de sanitários e lixo). Águas de coloração bege, escura. Desenvolvimento de plantas aquáticas, notadamente aguapé. (Figura 12)

CSJ-02(igarapé do São Joaquim) - situado à avenida Júlio César, próximo ao aeroporto de Val-de-Cães. Águas de igarapé, de coloração bege (influência de matéria orgânica de origem vegetal). Local de águas abundantes, notadamente no período chuvoso (janeiro a junho). Às margens, desenvolvimento de florestas nativa, remanescente. (Figura 13)

JAB-01(canal da Jabatiteua) - Localizada na avenida Jabatiteua (bairro Jabatiteua). Águas de drenagens urbana e fluvial. Recebe influência das águas do igarapé do Tucunduba (de águas barrentas). Águas de coloração bege. Grande afluência de plantas aquáticas (capim barba-de-bode -*Aristida complanata Trin.*e tajá-roxo - *Sauromatum guttatum*). O lixo é lançado diretamente nas águas. (Figura 14)

DSF-01(canal da doca de Souza Franco) - Localizado na confluência da avenida doca de Souza Franco com rua Manoel Barata (bairro do Umarizal). Águas de drenagens fluviais da baía de Guajará. Canal acimentado, recebe efluentes domésticos e industriais, notadamente de fábrica de comésticos (sabonetes, perfumes). Águas escuras, acizentadas; odor nauseabundo; no fundo, sedimentos escuros. Nível de água aumenta com a preamar. (Figura 15)

TAM-01(canal da Tamandaré)- Situado na avenida Almirante Tamandaré, localizado no centro comercial. Águas de drenagens urbana e de penetração de águas fluviais do rio Guamá. Canal acimentado, recebe efluentes domésticos, notadamente de residências e "shopping center"(águas escuras). Nas enchentes do rio Guamá, aparecem no canal peixes de pequeno porte e ofídios (muçum). (Figura 16)

QUI-01(canal da Quintino Bocaiúva) - localizado na travessa Quintino Bocaiúva na confluência com a avenida Bernardo Saião. É uma área residencial e industrial, com casas distribuídas nas duas margens do canal; trata-se também de uma área com várias empresas do ramo da madereira, metalúrgica, química e navegação. Águas de coloração esverdeada; odor nauseabundo. Recebe influência do rio Guamá. O lixo é lançado diretamente no canal. (Figura 17)

IIT-01(igarapé dos Três Tubos) - Situado á avenida Júlio César, próximo ao aeroporto de Val-de-Cães. Águas de igarapé de coloração esverdeada (influência de matéria orgânica de origem vegetal). Local de águas abundantes, notadamente no período chuvoso (janeiro a junho). Grande afluência de plantas aquáticas (tajá-roxo - *Sauromatum guttatum*, capim barba-de-bode - *Aristida complanata Trin*). (Figura 18)

ITT-02(igarapé dos Três Tubos)- Situado no bairro do Benguí na rua Yamada. Águas aparentemente mais limpas (local de banho e lavagem de roupas). Plantas aquáticas represam às águas (capim barba-de-bode - *Aristida complanata Trin*, aguapé, etc.). Às margens densa vegetação, árvores de médio porte e palmeiras. (Figura 19)

ITT-03(igarapé dos Três Tubos) - Localizado no bairro do Benguí na rua Sargento Getúlio. Águas de igarapés represadas pelo acúmulo de plantas aquáticas (aguapé, tajá-roxo - *Sauromatum guttatum*). Água contaminada por despejos de óleo (drenagem de uma fábrica de asfalto). Às margens, densa vegetação, árvores de médio portes e palmeiras. (Figura 20)

IGT-01(igarapé do Taboquinha) - Localizado no Distrito Industrial, Icoaraci. Outrora, local de pesca artesanal (rede, anzol) de moradores locais. Recebe águas

de lixiviação de terrenos contendo despejos industriais (rejeitos de Curtumes, tratamento químico da madeira). Sujeito à dinâmica das marés; no final da vazante, apenas um filete d'água escura drena em direção ao "furo" do Maguari; na maré alta, torna-se caudaloso, com águas barrentas de coloração bege, escura. Área sujeita à notável influência de sedimentos geológicos (argilosos) recentes, onde se desenvolve mata de porte médio e mangue. (Figura 21)

ITP-01(igarapé do Piriá)- Localizado no Distrito Industrial, Icoroaci. Outrora local de pesca artesanal (rede, anzol) de moradores locais. Recebe água de lixiviação de terrenos contendo despejos industriais (rejeitos de curtumes, tratamento químico da madeira). Sujeito à dinâmica das marés; no final da vazante, apenas um filete d'água escura drena em direção ao "furo" do maguari; na maré alta torna-se caudaloso, com águas barrentas, de coloração bege, escura. Área sujeita à notável influência de sedimentos geológicos (argiloso) recentes, onde se desenvolve mata de porte médio e mangue. (Figura 22)

3.2.2 - Sedimentos de Fundo

Os pontos de coleta de amostras de sedimento foram selecionados, após exaustivas observações de campo. Deste modo, a escolha recaiu sobre um ambiente bem preservados, onde as manifestações antrópicas muito pouco se fazem sentir; em outro ponto, um igarapé transformado em canal de despejos urbanos, oriundo de favelas, não se apresenta, aparentemente, tão contaminado; os dois últimos pontos de coleta são locais de intensa manifestação antrópica.

ERM-SE-01 Estação de Rádio da Marinha, rodovia Augusto Montenegro, km 1. Lago resultante da escavação para exploração de areia branca utilizada na construção civil. Lago de forma algo elipsóide, alongada (largura média de 100m, comprimento em torno de 400m), com profundidade média de 2-3 m; águas de coloração castanho-avermelhada, típica de igarapés regionais, aparentemente ricos em material húmico dissolvido. Às margens, árvores de médio e grande portes, sendo comum em áreas alagadas o buritizeiro (*Muritia flexuosa L. et F.*). Figura 24.

ERM-SE-02 Estação de Rádio da Marinha. Igarapé transformado em canal de despejos urbanos de favelas localizadas às proximidades da área fisiográfica pertencente ao Ministério da Marinha, onde está instalada a Estação de Rádio da Marinha, na rodovia Augusto Montenegro, já

mencionada. No local de amostragem, o canal se apresenta aparentemente limpo; todavia, durante a coleta, a espessura da lâmina de água era mínima, correspondente a um período sazonal de maior estiagem. Águas de coloração castanho-avermelhada, típicas de igarapés regionais, aparentemente ricos em material húmico dissolvido. Às margens, terrenos bem cuidado, gramados e com árvores esparsas; mais longe das margens, aparece árvores de médio e grande porte; ainda mais longe, em direção às nascentes, há ocorrência de favelas, que despejam efluentes urbanos no igarapé. (Figura 25).

DSF-SE-01 Ponto de coleta de amostras de sedimento no canal da doca de Souza Franco. Canal urbano, acimentado, diretamente interligado com a baía de Guajará. Na maré baixa, o nível de água no canal é mínimo. (Fotografia 26).

TAM-SE-01 Ponto de coleta de amostras de sedimento no canal da avenida Almirante Tamandaré. Canal urbano, acimentado, diretamente interligado com o rio Guamá (foz). Na maré baixa, o nível de água no canal é mínimo. (Figura 27).

Uma descrição macroscópica (a olho nu), sumária, das amostras de sedimento pode ser, assim, resumida:

ERM-SE-01 material predominantemente areno-argiloso, de coloração castanha, de granulação fina, pouco plástico, de odor algo semelhante ao de folhas secas sob infusão (lembra odor de chá)

ERM-SE-02 material predominantemente areno-argiloso, de coloração castanha algo acinzentada, de granulação fina, pouco plástico, contendo resto de vegetais decompostos, de odor algo semelhante ao de folha seca sob infusão (lembra odor de chá)

DSF-SE-01 material predominatemente areno-argiloso, de coloração castanho-amarelada (bege acinzentado), de granulação fina, pouco plástico, de odor nausebundo

TAM-SE-01 material predominantemente areno-argiloso, de coloração castanha, algo acinzentada, de granulação fina, pouco plástico, de odor fortemente nauseabundo.



Figura 5. Imagem de satélite (Landsat TM 5). Ocupação Urbano da Região Metropolitana de Belém. (Fonte: INPE, 1995).



Figura 6. Imagem de satélite (Landsat TM 5). Ocupação Urbana da área de Belém. (Fonte: INPE, 1995).



Figura 7. Imagem de satélite (Landsat TM 5). Ocupação Urbana da área de Icoaraci. (Fonte: INPE; 1995).

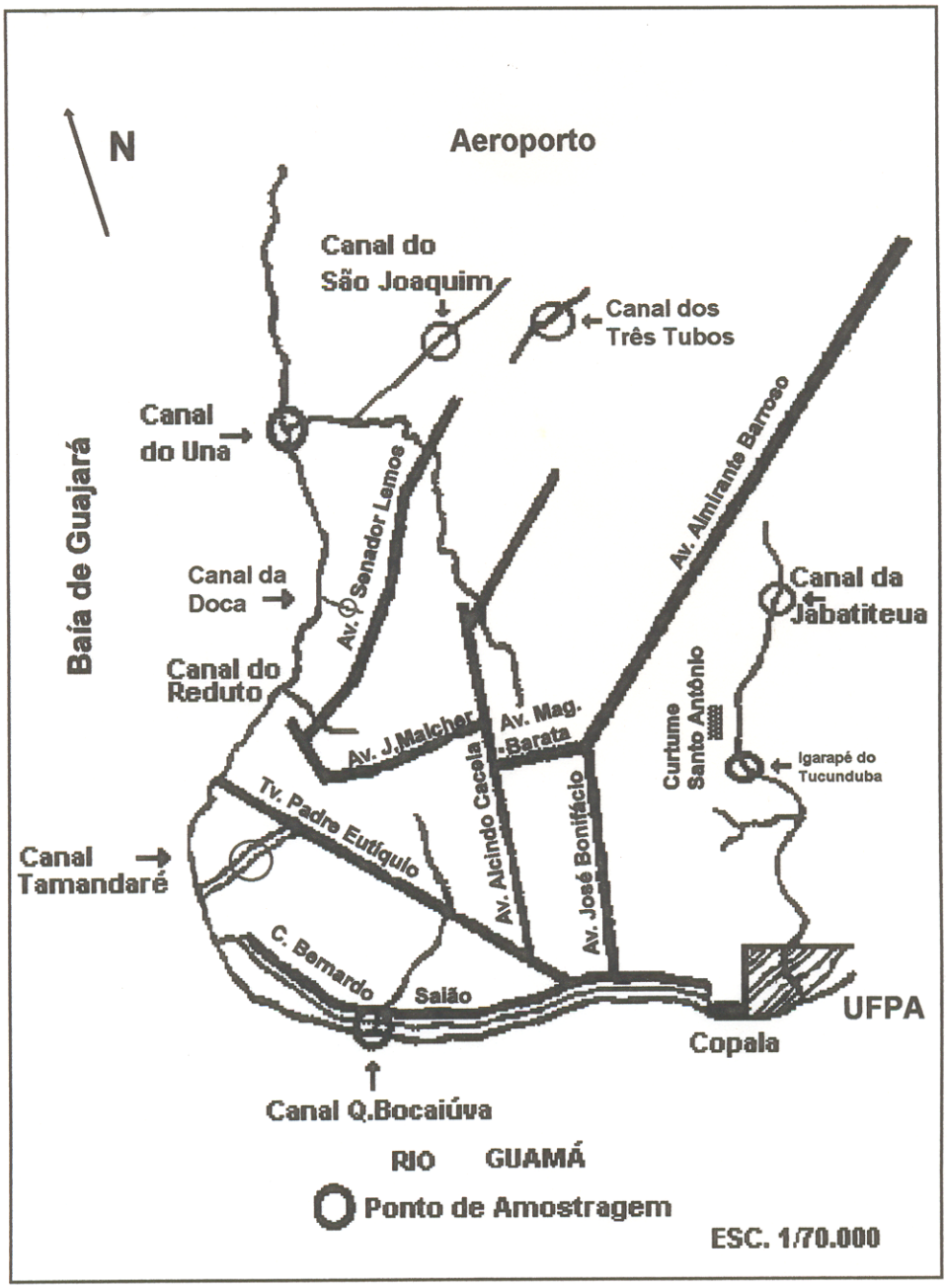


Figura 8. Mapa de amostragem.



Figura 9. Ponto UNA-01 - situado no bairro do Telégrafo, na rodovia Arthur Bernardes. Águas de drenagem urbana e fluvial (notável influência da maré, às proximidades do estuário guajarino).



Figura 10. Ponto UNA-01 (canal do Una) , situado no bairro do Telégrafo, na rodovia Arthur Bernardes (outra tomada fotográfica). Águas de drenagem urbana e fluvial. Local de acúmulo de lixo (o estuario guajarino encontra-se logo após as edificações, ao fundo).



Figura 11. Ponto UNA-02 (canal do Una), situado no bairro de Fátima na travessa 9 de janeiro. Águas de drenagem urbana e fluvial.



Figura 12. Ponto TUC-01 (igarapé do Tucunduba) , situado no bairro da Terra Firme na avenida Celso Malcher confluência com a rua Olaria (às proximidades do curtume Santo Antonio) . Águas de drenagem urbana e fluvial.



Figura 13. Ponto CSJ-01 (canal do São Joaquim) no bairro da Sacramenta (passagem São Benedito). Águas de igarapés poluidos (influência de matéria orgânica vegetal e de despejos de sanitários e lixo).



Figura 14. Ponto CSJ-02 (igarapé de São Joaquim) , situado no bairro do Marex na avenida Júlio César, próximo ao aeroporto de Val-de-Cães. Águas de igarapé de coloração bege (influência de matéria orgânica de origem vegetal). No ponto de coleta apresenta-se acimentado. Ao fundo, vegetação de grande e médio porte.



Figura 15. Ponto JAB-01 (canal da Jabatiteua) localizado na avenida Jabatiteua, situado no bairro do mesmo nome. Águas de drenagens urbanas e fluviais. Recebe descargas ocasionais de óleo queimado oriundo de oficinas de empresas de transporte urbano.



Figura 16. Ponto DSF-01 (canal da doca de Souza Franco) localizado no bairro do Umarizal, na avenida Visconde de Souza Franco confluência com a rua Manoel Barata. Águas de drenagem urbana e de penetração de águas fluviais da baía de Guajará.



Figura 17. Ponto TAM-01 (canal da Tamandaré) localizado no Centro Comercial de Belém, na avenida Almirante Tamandaré esquina com a travessa Padre Eutíquio. Águas de drenagem urbana e de penetração de águas fluviais do rio Guamá.



Figura 18. Ponto QUI-01 (canal da Quintino Bocaiúva) localizado na travessa Quintino Bocaiúva na confluência com a avenida Bernardo Saião. Águas de drenagem urbana e de penetração de águas fluviais do rio Guamá.



Figura 19. Ponto ITT-01 (igarapé dos Três Tubos) localizado na avenida Júlio César no bairro do Marex. Águas aparentemente limpas, com grandes acúmulo de plantas aquáticas. No período chuvoso, é comum o transbordamento das águas



Figura 20. Ponto ITT-02 (igarapé dos Três Tubos) localizado no rua Yamada no bairro do Bengui. Águas de igarapé represadas pelo acúmulo de plantas aquáticas. Local de banho e lavagem de roupa.



Figura 21. Ponto ITT-03 (igarapé dos Três Tubos) localizado no rua Sargento Getúlio no bairro do Bengui. Águas de drenagens de uma fábrica de asfalto.



Figura 22. Ponto IGT-01 (igarapé do Taboquinha) - localizado no distrito industrial em Icoaraci. Recebe águas de curtume. Leito constituido de sedimento argilosos, ricos em matéria orgânica. Às margens, densa vegetação de mangue.



Figura 23. Ponto IGP-01 (igarapé do Piriá) no distrito industrial, Icoaraci . Recebe água de lixiviação de terrenos contendo despejos industriais (rejeitos de curtumes, tratamento químico da madeira). Local sujeito à dinâmica da maré (proximidades do "furo" do Maguari).



Figura 24. Ponto ERM--SE-01 (lago da Estação de Rádio da Marinha) - localizado na rodovia Augusto Montenegro. Águas de coloração castanho-avermelhada, típicas de igarapés regionais, aparentemente ricos em material húmico. Às margens, árvores de médio e grande porte.

Figura 25. Ponto ERM-SE-02 (canal da Estação de Rádio da Marinha) - igarapé transformado em canal de despejos. Às margens, terrenos bem cuidados, gramados e com árvores esparsas; mais longe nas margens, aparecem árvore de pequeno e médio porte.



Figura 26. Ponto DSF-SE-01 (canal da doca de Souza Franco) - canal urbano, acimentado, recebe influência direta das águas da baía de Guajará.



Figura 27. Ponto TAM-SE-01 (canal da Almirante Tamandaré) - canal urbano, acimentado, recebe influência direta das águas do rio Guamá..

3.3 - TRABALHO DE CAMPO

3.3.1 - Águas Residuárias

As medidas de pH, temperatura e condutividade foram realizadas "in loco" no momento da coleta das amostras. Para determinação do pH utilizou-se um aparelho WTW (Eissinschaftliche Tecnische Werkstaton), modelo pH91, com precisão de 0,01, para temperatura utilizou-se um termômetro de mercúrio com precisão de 0,1°C. Para a medida de condutividade elétrica utilizou-se um condutívimetro de campo YSI (Yellow Springs Instruments Co. Inc.) modelo 33, com precisão de até 2,5 μmhos/cm.

As amostras foram coletadas na superfície para determinação de oxigênio consumido, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, alcalinidade, nitrogênio amoniacal, fósforo, nitrato e nitrito, as amostras, foram coletadas, em frasco de polietileno com capacidade de 1 litro previamente lavado com ácido sulfúrico e ácido nítrico e enxaguado com água desionizada. No momento da amostragem fez-se uma ambientação nos frasco de coleta que foi lavado três vezes com a água a ser coletada, tendo-se o cuidado de não deixar bolhas no seu interior.

Para determinação de óleos e graxas, coletou-se 1 litro de água residuária de cada ponto, em frasco do tipo Pyrex de cor âmbar com tampa esmerilhada, preservado com ácido clorídrico concentrado, até pH = 2.

Imediatamente após a coleta, as amostras foram conduzidas ao laboratório e refrigerada a 4°C. Dentro das 24 horas após a coleta foram determinados os parâmetros físico-químicos e químicos.

3.3.2 - Sedimentos de Fundo

A coleta de sedimento de fundo foi realizada na maré baixa com o auxilio de uma enxada, raspando-se a parte superficial até 3 cm de profundidade. As amostras foram colocadas em bandejas de polietileno e secadas na temperatura ambiente.

No sedimento foram analisados carbono orgânico, nitrogênio orgânico e ácidos húmicos.

3.4 - TRABALHO DE LABORATÓRIO

Foram determinados os seguintes parâmetros físicos, físico-químicos, químicos e bioquímicos no laboratório, através dos métodos descrito abaixo:

Cor - avaliado pelo método colorímetrico, com Agua-Tester Hellige, faixa de aplicação de 1 a 500 mg pt/L (CETESB. N.T. L5. 117, 1978). No caso das

amostras em estudo, contém muito material em suspensão o que dificultou a realização desta análise.

Turbidez - avaliado pelo método nefelométrico; utilizou-se o turbidímetro de Hellige; o método se aplica para determinações a partir de zero (CETESB N.T. L.5 156, 1978). O mesmo o que ocorreu na determinação na análise de cor, se verificou também para a turbidez.

Alcalinidade - utilizou-se o método volumétrico pela titulação total com ácido sulfúrico 0,02N , usando como indicador a fenolftaleína e o metil orange (CETESB.NT.L5 1978).

Oxigênio dissolvido - determinado pelo método titimetríco de Winkler com modificação pela azida sódica utilizando um volume de 100mL da amostra; o oxigênio oxida os sais manganosos em mangânicos, que são titulados indiretamente por tiossulfato de sódio 0,0125N (CETESB. NT. L5. 169, 1978).

Nitrato - determinado pelo método do ácido fenoldissulfônico, formando um complexo de coloração amarela a leitura de λ = 480 nm. Faixa de utilização até(CETESB, N.T.L5. 137).

Fosfato - método colorimétrico, utilizando o ácido ascórbico como redutor formando um complexo de coloração azul; leitura em espectrofotómetro. Faixa de 0,01 a 6,0 mg/L, com λ = 650 nm (CETESB, 1985).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - determinada pelo método da incubação com diluição, por cinco dias, utilizando uma incubadora a 20°C com a determinação de oxigênio dissolvido no primeiro e no quinto dia pelo método de Winkler, usando as soluções nutrientes de fosfato, sulfato de magnésio, cloreto de cálcio e cloreto ferríco (CETESB, NT. L5. 120, 1978).

Demanda Química de Oxigênio (DQO) - determinado pelo método da oxidação por dicromato de potássio em meio ácido, com sulfato de prata como indicador; faixa de utilização de 5 a 50 mg/L (CETESB. NT. L5, 121, 1978).

Oxigênio Consumido - método da oxidação com permanganato de potássio. Faixa de utilização a partir de 1 mg/L (CETESB. NT. 139, 1978).

Nitrogênio Amoniacal - método da destilação com recolhimento em solução indicadora de ácido bórico (RODIER, 1981).

Óleos e Graxas - método da partição gravimétrica, com extração por n-hexano. Faixa de utilização: 5 a 100 mg/L (CETESB, NT. L5. 142, Método A, 1978).

CO_2 livre - obtido por cálculo, segundo Custodio e Llamas (1976), a partir de valores de alcalinidade e pH, utilizando a seguinte fórmula (CUSTÓDIO E LLAMAS, 1976).

$$CO_2 \text{ livre} = 6 - pH + 1{,}589. (HCO_3^-)$$

$$HCO_3^- \text{ ppm} = 1{,}22 \text{ alcalinidade total, em ppm de } CaCO_3$$

Carbono Orgânico -Determinado por titulometria com uma solução de sulfato ferroso amoniacal 0,5N ($Fe(NH_4)_2 (SO_4)_2.6H_20$), em presença de difenilamina como indicador, segundo JACKSON et al., (1952), modificado por GAUDETTE et al.,(1974).

Nitrogênio Orgânico - Após o material ter sido devidamente tratado (seco, desagregado e peneirado), segui-se de acordo com as normas técnicas (CETESB.N.T. L.5, 1978).

Ácidos Húmicos - Utilizou-se uma solução de NaOH 0,5M na proporção 1:10. Deixou em repouso por uma noite. Centrifugou-se o sobrenadante alcalino a 3000 rpm durante 30 minutos a fim de eliminar as argilas. O extrato foi acidificado com HCl 6M a pH 2,0. Efetuou-se a extração conforme a Figura 27

Tratamento Preliminar Para Sedimento de Fundo

A seqüência analítica empregada para as amostras de sedimentos foram:
i - secagem ao ar durante 3 dias;
ii - desagregação com auxilio de almofariz e pistilo de porcelana e homogeneização.

Carbono Orgânico

Determinado por titulometria, com uma solução ferrosa 0,5g $Fe(NH_4)_2(SO_4).6H_2O$, em presença de difenilamina como indicador, segundo JACKSON et al., (1952), modificado por GAUDETTE et al.,(1974).

Pesou-se 0,3g de amostra de sedimento depois de ter sido desagregada e homogeneizada em um frasco de 500mL, adicionou-se 10mL de solução $K_2Cr_2O_7$ 0,1N ao sedimento, seguido de agitação, posteriormente acrescentou-se 20mL de H_2SO_4 concentrado, agitando-se com rotação suave para assegurar uma completa mistura dos reagentes com o sedimento durante 30 minutos, posteriormente a solução é diluída para um volume de 200mL, com água destilada.

Nitrogênio Orgânico

Após o material ter sido devidamente tratado (desagregado e homogeneizado), na qual amostra foi pesada e submetida a digestão com ácido sulfúrico de 10 a 20mL, na presença de 0,5 a 1,0g de catalisador.

Após a digestão, adicionou-se 50mL de água, 30mL de NaOH (50%) e procedeu-se a destilação recolhendo o destilado em erlenmeyer na presença do indicador ácido bórico 4%, vermelho de metila e verde de bromocresol, que foi titulado com HCl 0,1N padronizado, até o aparecimento da coloração rósea.

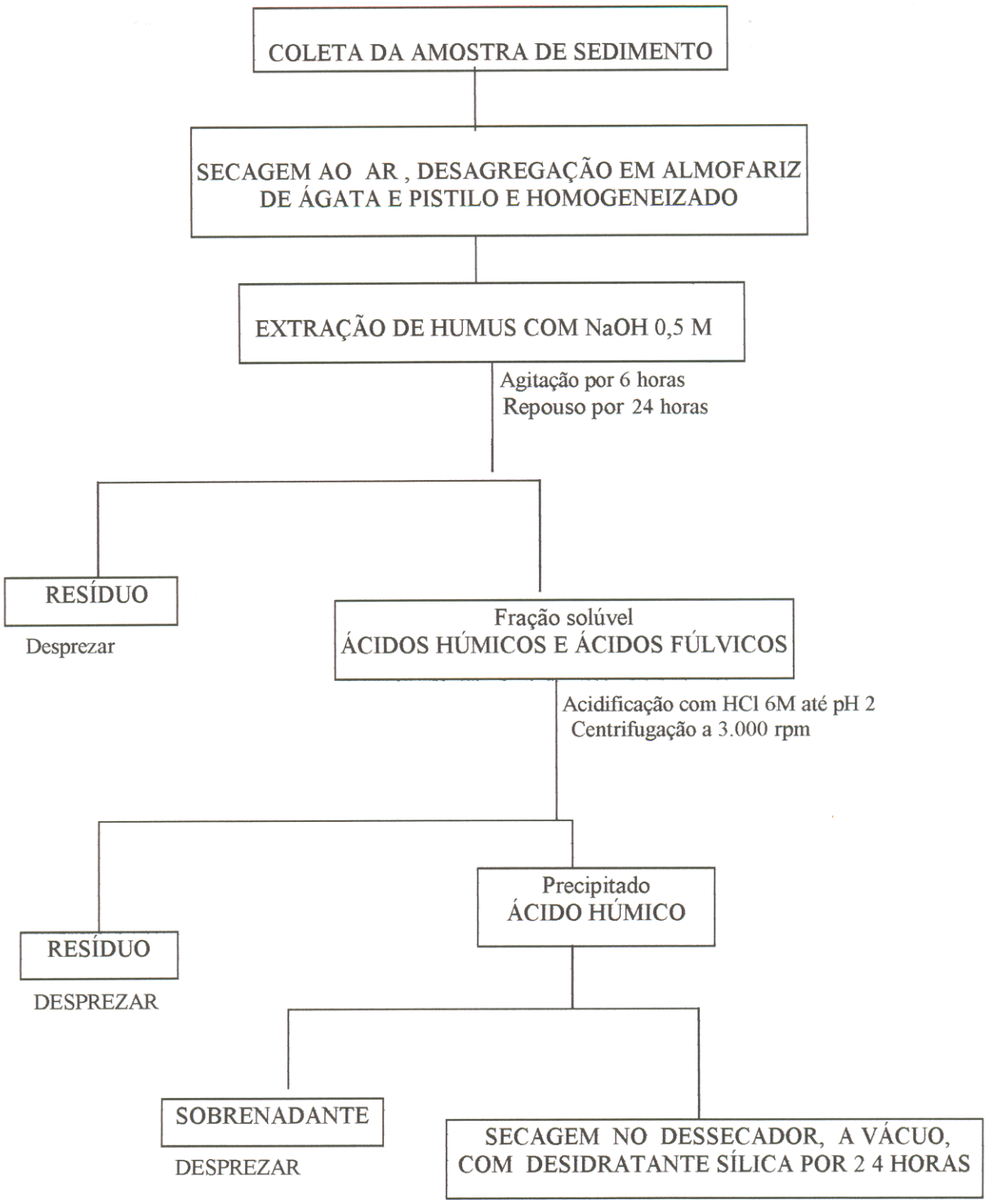


Figura 28. Esquema da extração de ácidos húmicos.

3.5 - TRABALHO DE GABINETE

Nesta etapa foi realizado um trabalho preliminar com consultas em bibliotecas setoriais, os quais foram dados subsídios para o desenvolvimento do mesmo, com consultas no Centro de Geociências e Biblioteca Central da Universidade Federal do Pará, SUDAM (Superitêndencia do Desenvolvimento da Amazônia) e IDESP (Instituto Desenvolvimento Econômico e Social do Pará).

Após as análise concluídas, realizou-se a montagem de tabelas e gráficos enfocando os valores máximos e mínimos para cada amostragem com suas respectivas interpretações. Já na etapa posterior, selecionou-se as figuras, mapas, fotografias e imagens de satélites em que estas continham características mais condizente com o objetivo do trabalho.

Os programas computacionais que serviram de suporte no desenvolvimento da tese foi Windows for Wokrgroups 3.1. Para a elaboração de gráficos e tabelas, utilizou-se o Execel. Para a montagem das imagens de satélite foi empregado o programa photo Finish e na elaboração da matriz de correlação o programa mais indicado foi o Statgrafic.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Quando se estuda as características físicos-químicas, químicas e bioquímicas de águas residuárias em vias de drenagem naturais, como é o caso da área metropolitana de Belém, é necessário considerar dois aspectos fundamentais: o meio natural e o ambiente alterado por rejeitos urbanos (domésticos e industriais).

As características do meio natural na área fisiográfica aqui estudada engloba fatores climáticos, fisiográficos e geoambientais, já considerados (Capitulo 2). Destaca-se, nos resumos apresentados, a importância do índice elevado de precipitação pluviométrica, da abundância da rede natural de drenagem de águas superficiais, da presença e das características hidrodinâmicas do estuário. É de se esperar que as chuvas abundantes atuem de modo positivo nos processos de diluição de águas contaminadas e de recarga dos aqüíferos. A abundância de bacias de drenagem promove um meio natural de distribuição de águas para o estuário, recebendo algumas influências das características físicas, físico-químicas, químicas, hidrobiológicas. Por sua vez, as características hidrodinâmica do estuário permite, aparentemente, uma constante renovação de águas, mediante o movimento de marés, altas e baixas diárias.

Para a apreciação do ambiente alterado por rejeitos urbanos (domésticos e industriais) é necessário considerar a experiência descrita na literatura científica. São necessários conhecimentos sobre atividades em limnologia (HUTCHINSON, 1957), química ambiental (HUTZINGER, 1980), engenharia ambiental (GAUDY, Jr. & GAUDY, 1988; FEACHEM et al., 1980); biogeoquímica ambiental (NRIAGU, 1976), por exemplo. Tais experiências dizem respeito aos trabalhos publicados envolvendo componentes químicos dos ciclos do carbono, do hidrogênio, do oxigênio, do nitrogênio, do enxofre, do fósforo; estudos sobre substâncias húmicas (ocorrência, características, composição química, estrutura); identificação de poluentes metálicos, derivados do petróleo, etc.

Especificamente para águas residuárias os textos mais consagrados abordam questões sobre ecologia do ambiente aquático (natureza geológica, características hidrogeológicas, ciclo de nutrientes, biomassa); estudos relacionados com o efeito dessas águas nas populações (fito e zooplâncton, macrófitas, peixes e outras espécies); aspectos relacionados com a saúde e a qualidade das águas (critérios microbiológicos associados a coliformes, principalmente, a vírus, etc., que são vetores de doenças, tais como diarréias,

disenterias amebiana e bacilar, cólera, febre amarela e gastroenterites, escabiose, entre muitas outras); aspectos físico-químicos, químicos e bacteriológicos relacionados com a poluição orgânica oriunda de rejeitos domésticos e a poluição química proveniente de efluentes domésticos e industriais.

Na abordagem pretendida neste trabalho avaliou-se parâmetros físicos, físico-químicos e químicos em águas residuárias, e enfatizou-se aspectos químicos relacionados com a matéria orgânica degradada, tais como quantificação de carbono orgânico, de nitrogênio orgânico e a natureza química do material orgânico predominante nos ambientes preservado e degradado.

Por esse motivo é necessário considerar, de imediato, as características que, em geral, se esperam de águas residuárias, posto que seus limites, em termos de parâmetros ambientais (físicos, físico-químicos, químicos, bacteriológicos) dependem da natureza de efluente (doméstico ou industrial). Também é necessário levar em conta o uso a que destinam, tais como recreação, manutenção da vida aquática, etc.

FEACHEM et al., 1980, ressaltam que águas mais adequadas ao desenvolvimento da vida aquática, notadamente criação de peixes, é recomendada que seus índices de pH se estendem de 6,5 a 8,5; que a taxa de CO_2 livre esteja abaixo de $12mg.L^{-1}$; que os teores de NH_3 se encontrem abaixo de $1mg.L^{-1}$ de O_2; etc. Os autores levam em conta, ainda, teores de metais pesados, detergentes, pesticidas.

Para o estudo da matéria orgânica contida nas águas residuárias considera-se (METCALF & EDDY, 1985; BENN & McAULIFFE, 1981, entre outros):

- a matéria orgânica dissolvida;
- macromoléculas orgânicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas, proteínas, polissacarídeos);
- microorganismos;
- material graxo;
- óleos e emulsões derivados do petróleo.

Na composição química percentual das águas residuárias urbanas associadas às vias de drenagem naturais considera-se, em geral, que predomine os componentes naturais como é o caso do material húmico, com quase 40%, seguidos de proteínas, com índices em torno de 22%, detergentes aniônicos às proximidades de 17%, material orgânico extraído em éter em 13,5%, carboidratos em 6%, etc. Para águas residuárias de esgotos os principais grupos de substâncias orgânicas presentes são proteínas (40 a 60%), carboidratos (25-50%) e óleos e graxas (10-15%). (METCALF & EDDY, 1985; AIKEN et al., 1985; BENN & McAULIFFE, 1981, entre outros).

Embora os microorganismos sejam de absoluta importância no metabolismo dos corpos d'água, a biomassa microbiana em águas naturais é, quantitativamente, baixa em termos da produção orgânica. Sua importância está relacionada com a degradação da matéria orgânica e a remineralização de elementos químicos, notadamente C, N, S, P. São catalisadores de processos bioquímicos importantes, tais como a nitrificação, a desnitrificação, a fixação de nitrogênio, os processos relacionados com os ciclos do C e do S, por exemplo (GAUDY, Jr. & GAUDY, 1988; HUTCHINSON, 1975).

4.2 - CORRELAÇÕES ENTRE OS RESULTADOS ANALÍTICOS

4.2.1 - Odor, Cor, Turbidez

Nas amostras aqui estudadas, por se tratarem de águas residuárias foi inviável as análises para estes três parâmetros, pois as mesmas apresentaram-se bastante turvas e ricas em partículas sólidas em suspensão, como consequência do elevado teor de substâncias húmicas que dão a estas águas uma coloração escura que vai desde cinza-escuro a castanho-escuro em virtude de receberem bastante dejetos proveniente de esgoto domésticos e industriais, pois a cor da água é dada pela presença de substâncias pigmentadas tanto minerais quanto orgânicas (HEM, 1970).

Todos os pontos de coleta para água residuárias apresentaram odor nauseabundo proveniente de gás sulfídrico, de matéria orgânica em decomposição, odor de esgoto típico.

4.2.2 - Temperatura

Segundo BRANCO (1986) a temperatura atua como agente determinante, em associação com os ventos, dos padrões de circulação das águas.

As temperaturas das amostras foram tomadas "in loco". Nas vias de drenagens, a temperatura da água é influenciada pela temperatura do ar. Observa-se a existência de um padrão térmico homogêneo durante todo o ano, tanto para o período chuvoso coma para o período de estiagem de 28°C a 30°C com mais freqüência em 29°C (Tabelas 4 e 5) , observando que não houve uma variação acentuada de um período a outro, entretanto há somente um leve aumento na estação seca, regionalmente chamada "verão".

As altas temperaturas das amostras favorecem para que ocorra uma elevada taxa de decomposição da matéria orgânica e, com isto, observa-se a

decomposição da mesma. Estes altos valores influência tanto no oxigênio dissolvido quanto no oxigênio consumido.

4.2.3 - pH

O pH indica o balanço entre ácidos e bases na água. O pH é um fator importante na análise de água, em virtude de poder influenciar tanto a composição de espécie química como afetar a disponibilidade de nutrientes e a toxicidade de muitos elementos traços em ambiente (McNEELY et al.; 1979).

Ecossistemas aquáticos que apresentam mais freqüentemente valores baixo de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone (ESTEVES, 1988).

Com a dissociação desses ácidos na água, observa-se redução dos valores de pH do meio, devido ao aumento dos íons H^+ livres dissociados respectivamente dos íons sulfatos, nitratos, oxalato, acetato e bicarbonato.

Os valores numéricos de pH encontrados nos diversos canais e igarapés estudados variando de 3,0 a 7,0 como mostra a Tabela 4, no período mais chuvoso, corresponde aos meses de janeiro a junho . Estes baixos valores de pH em alguns pontos, estão diretamente relacionados com ocorrência de ácidos orgânicos. Estes valores foram encontrados respectivamente nos pontos DSF-01 em torno de 3,0 e IGP-01 em torno de 3,0 . No período menos chuvoso correspondente aos meses de julho a dezembro, os valores encontrados nos pontos UNA-01 de 6,2 e ITT-01, DSF-01 e CSJ-02 foram de 3,0 (ver Tabelas 4 e 5). Observando que não houve uma mundança significativa de uma estação climática para outra, com exceção no ponto TAM-01, em que os resultados observados no período chuvoso foi de 6,0 e no período de estiagem foi 3,0. A variação de pH esteja relacionada com a quantidade de matéria orgânica recebida neste canal, pois o mesmo, além de receber esgotos domésticos, recebe alto teor de matéria orgânica oriunda diretamente de um shopping center.

4.2.4 - Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica de uma solução é a capacidade desta em conduzir corrente elétrica na água e, em condições normais, é controlada sobretudo pelo tipo de rocha onde está implantada a bacia fluvial.

Na prática isto mostra, que num corpo d' água rico em compostos húmicos e com pH baixo (cerca de 3,0), pode apresentar altos valores de

condutividade elétrica de água, é o caso de alguns pontos coletados (ver Tabelas 4 e 5).

A condutividade elétrica da água constitui uma das variáveis mais importantes para o ambiente aquático, visto que pode fornecer importantes informações sobre o metabolismo aquático, como sobre fenômenos importantes que ocorram na sua bacia. Dentre as informações que podem ser fornecidas pelos valores de condutividade elétrica, destacam-se;

i - a condutividade elétrica pode ajudar a detectar fontes poluidoras nos ecossitemas aquáticos;

ii - a variação diária da condutividade elétrica da água fornece informações a respeito de importantes processos nos ecossistemas aquáticos, como produção primária (redução de valores) e decomposição (aumento dos valores).

Nas vias de drenagem da Região Metropolitana de Belém as marés vindas da baía de Guajará e rio Guamá desempenham uma função importante, assim também como a descarga dos efluentes domésticos e industriais (ESTEVES, 1988).

Analisando as informações sobre a baia de Guajará e rio Guamá com as das vias de drenagem de Belém denotam-se que estas apresentam variação sazonal muito expressiva, supondo-se que seja em virtude da elevada quantidade de excremento humano, e das grandes quantidades de agentes surfactantes dos sabões e detergentes, provenientes de esgotos domésticos, lançados diariamente nos canais.

Dos canais e igarapés em estudo, os igarapés Tucunduba, Taboquinha, Piriá e Três Tubos, recebem além de esgotos domésticos, esgotos industriais. Muitos destes igarapés já são canais artificiais de concreto como o canal da Tamandaré, doca de Souza Franco o que elimina a influência da geologia local, de tal modo, que a condutividade passa a depender apenas das marés e dos esgotos domésticos.

No igarapé dos Três Tubos denominado de ponto ITT-02, neste ponto observa-se uma influência nos seus valores numéricos em virtude da variação da sazonalidade, tendo o seu mínimo para o período chuvoso de 146 µS/cm e o seu máximo para o mesmo período de 460 µS/cm (Tabela 4), no entanto, para o período de estiagem observou-se um certo aumento no mínimo e um abaixamento no máximo, variando de 360 µS/cm e o mínimo de 246 µS/cm, este ponto de coleta sofre influencia diretamente de uma usina de asfalto e de agentes surfactantes, pois este é de utilidade para os moradores próximo a esta área, como mostra a Figura 21, estes ficam adsorvidos no material orgânico em suspensão ou livres na água como sabão não dissociados ou ambos.

Nos pontos IGT-01 e IGP-01 os valores observados para condutividade de 190 µS/cm a 350 µS/cm no período de estiagem e de 256

μS/cm a 350 μS/cm e no período chuvoso, variando de 125 μS/cm a 180μS/cm e 146 μS/cm a 240 μS/cm, respectivamente, (ver Tabela 4 e 5), estes igarapés além de receberem influências de um curtume as proximidades, recebem também na época de águas altas, influências das marés do rio Maguari; enquanto que o igarapé Tucunduba (TUC-01), sua condutividade em torno de 225 μS/cm a 240 μS/cm no período chuvoso e no período de estiagem variando de 215 μS/cm a 340 μS/cm, além de receber influência do rio Guamá, este igarapé recebe efluentes domésticos, as enxurradas erosivas do solo pela ocasião das chuvas.

2.4.5 - OD (Oxigênio Dissolvido)

Em virtude de que a velocidade das reações bioquímicas que utilizam oxigênio, tendem a aumentar com a temperatura, os níveis de oxigênio dissolvido tendem a ser mais crítico nos meses de verão, sob condições mais normais, as águas dos rios contêm uma concentração relativamente alta de oxigênio dissolvido tendendo a saturação. De um modo geral o problema se agrava nos meses em que as águas dos rios são geralmente menores, e por isso a quantidade de oxigênio dissolvido em águas residuárias se deve porque evita a formação de odores desagradáveis.

Segundo ESTEVES (1988) as principais fontes de oxigênio para a água são atmosfera e a fotossintese. Por outro lado, as perdas são, o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera , respiração de organismo aquático e oxidação de íons metálicos. Ainda o autor, durante o período de chuva há um aumento da concentração de matéria orgânica dissolvida e particulada, onde esta se origina pela própria ressuspensão do sedimento ou a partir das águas tributárias e águas superficiais. Esta matéria orgânica é formada por inúmeros compostos em diferentes graus de decomposição.

Dentre os pontos aqui estudados o que apresentou menor quantidade de oxigênio dissolvido no período de estiagem foi o UNA-01 com uma variação de 0,16 a 0,98 ppm de O_2, enquanto que no período chuvoso, este mesmo ponto apresentou uma variação de 0,22 a 0,50 ppm de O_2. Como isto se percebe que a alta precipitação pluviométrica é importantíssima, fazendo uma diluição do ecossistema aquático, isto para o oxigênio dissolvido, índice pluviométrico faz com que haja uma maior concentração de matéria orgânica, em virtude da penetração da água estuarina.

Analisando a relação poluentes e oxigênio, BRANCO (1986) afirma que quando uma massa d'água recebe certa carga poluidora, parte do seu oxigênio dissolvido será utilizado na oxidação biológica da matéria orgânica introduzida, o que faz com que a água não mais se encontre saturada de oxigênio, apresentando

um déficit de saturação. Considerando que o estuário Guajará é o corpo receptor de todos esgoto domésticos e industriais da Região Metropolitana de Belém, era de certo modo esperado que os valores de oxigênio dissolvido destas águas acima se apresentassem acima do valor teórico esperado para águas residuárias em torno de 4,0 mg/L, tendo em vista a proteção de peixes o ideal seria aquela em que o teor de oxigênio dissolvido se mantivesse sempre próximo a saturação (METCALF & EDDY, 1985). Juntamente com esta descarga de poluição diária, ocorrem um aporte substancial de matéria orgânica no período chuvoso devido as enchentes, o que leva a um acréscimo na demanda de oxigênio neste período empobrecendo ainda mais a quantidade de oxigênio nestas águas , como é mostrado nas Tabelas 4 e 5.

4.2.6 - OC (Oxigênio Consumido)

A determinação de oxigênio consumido baseia-se na reação de oxidação-redução, envolvendo um agente oxidante (em geral permanganato de potássio), com substâncias redutoras presentes nas águas naturais. Tais substâncias dizem respeito a matéria orgânica, cuja a concentração é fortemente influenciado pela sazonalidade.

Na área em estudo os valores de oxigênio consumido variaram de 12 ppm de O_2 no ponto UNA-02 a 93 ppm de O_2 no ponto ITT-03 para período chuvoso (Tabela 4) , enquanto que no período de estiagem esta variação teve seu mínimo observado de 16 ppm de O_2 no ponto CSJ-01, e o seu máximo de 132 ppm de O_2 no ponto QUI-01, nestes pontos se percebe a grande variação que ocorre de um período a outro. De um modo geral, os valores obtidos merecem bastante atenção. Estes dados, juntamente com aqueles obtidos na demanda química de oxigênio, leva-nos a concluir que o teor de matéria orgânica degradada nos canais de drenagem e igarapés tem valores elevados, tanto para o período chuvoso quanto para o período de estiagem, observando uma acentuada variação de um período a outro de sazonalidade.

4.2.7 - Alcalinidade

A alcalinidade em água residuárias se deve a presença de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos de elementos tais como cálcio, magnésio, sódio, potássio ou aminoácidos. Destes, os mais freqüentes são os bicarbonatos, magnésio e cálcio. A água residuária é geralmente alcalina, recebendo sua alcalinidade da água de fornecimento e da água subterrânea e as influências de materiais durante o uso domésticos.

Segundo ESTEVES (1988) em geral considera-se três tipos de alcalinidade. O primeiro tipo, refere-se a concentração total de OH^-, CO_3^{2-} e HCO_3^- que é alcalinidade total. O segundo tipo refere-se a concentração em termos de OH^- e CO_3^{2-} que chama-se de alcalinidade a fenolftaleina, e o terceiro tipo é a concentração em termos de CO_3^{2-} e HCO_3^- é a alcalinidade em termos de carbonatos.

Os pontos aqui estudados tiveram uma variação de 41 a 171 ppm de $CaCO_3$ nos pontos TAM-01 e TUC-01 como é mostrado na tabela 6 para o período chuvoso, entretanto para o período de estiagem esta variação teve seu mínimo em torno de 43 ppm de $CaCO_3$ no ponto ITT-01 e 255 ppm de $CaCO_3$ no ponto TUC-01 (Tabela 5)

METCALF & EDDY (1985) sugere que a concentração de alcalinidade em águas residuárias é importante quando se deve efetuar um tratamento químico e quando se deseja eliminar o amoníaco mediante arraste por ar. O autor ainda sugere os seguintes valores para alcalinidade em termos de carbonatos variando de 50 ppm de $CaCO_3$ para esgoto fraco, 100 ppm de $CaCO_3$ para esgoto médio e 200 ppm de $CaCO_3$ para esgoto forte.

4.2.8 - Fósforo

O fósforo é também essencial para o crescimento das algas e outros organismos biológicos. Devido aos nocivos crescimento incontroláveis de algas que tem lugar em águas superficiais, existem atualmente muito interesse em controlar a quantidade de composto de fósforo que entra nas águas superficiais através dos fluidos de águas residuárias, industrial e domésticas e das correntes naturais. Por exemplo, as águas residuárias municipais podem conter de 4 a 15 mg/L de fósforo como P (METCALF & EDDY, 1985).

As formas mais freqüentes que se encontram o fósforo em soluções aquosas são ortofosfato, polifosfato e fósfaro orgânico, por exemplo, PO_4^{3-}, HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$ e H_3PO_4, se acham disponíveis para o metabolismo biológico sem precisar de posterior ruptura. Os polifosfatos incluem as moléculas com dois ou mais átomos de fósforo, átomos de oxigênio, e , em alguns casos, átomos de hidrogênio combinados em uma molécula completa. Os polifosfatos sofrem a hidrólise em soluções aquosas e voltam a forma de ortofosfato, embora esta hidrólise seja bastante lenta. O fósforo orgânico tem muito pouca importância na maioria das águas residuárias domésticas, pois pode chegar a ser um constituinte importante nos fluidos industrial e lamas de águas residuárias domésticas.

O fosfato nas águas superficiais tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, a mais importante é a degradação pela intemperização das rochas primárias (apatitas), que pode ser carreadas pelas águas de escoamento superficial. Ao alcançarem os diferentes ecossistema aquáticos, sob a forma solúveis e adsorvidos às argilas, está última é a via mais importante de acesso do fosfato aos ecossistemas aquáticos tropicais, devido a freqüência de solos argilosos (solos antigos e muito intemperizados) nesta região. A água de precipitação também pode conter apreciáveis teores de fosfato dissolvido ou em suspensão (HEM, 1970).

As fontes artificiais de fosfato mais importante são, esgotos domésticos e industriais, fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contido na atmosfera. Poluentes orgânicos, em geral, tem altos teores de fosfato que são aumentados ainda mais com o acúmulo do lançamento , seguindo-se um decréscimo até atingir as concentrações normais (ESTEVES, 1988).

Esgotos domésticos e alguns tipos de despejos industriais podem contribuir para o aumento da concentração deste elemento na água, principalmente considerando a crescente utilização de certos tipos de detergentes contendo polifosfatos (BRANCO, 1986;)

Os valores de fosfato neste trabalho variam de 1,02 ppm de P_2O_5 no, ponto UNA-01 a 4,81 ppm de PO_4^{-3} de no ponto QUI-01 no período chuvoso, enquanto que no período de estiagem esta variação se encontra entre 1,01 ppm de PO_4^{-3} no ponto ITT-02 é de 4,63 ppm de PO_4^{-3}. Estes baixos valores de fosfato tanto para o período chuvoso coma para o período de estiagem se deve talvez em virtude de que as amostras foram coletas na Preamar e com isso houve uma diluição deste material. Em virtude de que tanto os igarapés e canais estudados sofrem influência das marés lançantes, ou seja, houve a penetração das águas do estuário nos pontos estudados.

4.2.9 - Nitrogênio (Nitrato, Nitritro e Nitrogênio Amoniacal)

O nitrogênio é um dos elementos mais importante no metabolismo de ecossistema aquático. Esta importância deve-se principalmente a sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa.

As principais fontes naturais de nitrogênio é a chuva, material orgânico, material inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular (ESTEVES, 1988).

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, como por exemplo: nitrato (NO_3^-), nitrito(NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4), óxido nitroso (N_2O). nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico

dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc.), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos, etc.) ESTEVES, 1988.

O nitrogênio é um indicador de poluição por matéria orgânica, esgotos, despejos industriais, fertilizantes, etc. A maior parte do nitrogênio originalmente presente encontra-se na forma de nitrogênio orgânico, este é convertido gradualmente em nitrogênio amoniacal e posteriormente, se em condições aeróbicas presente, ocorre oxidação de amônia a nitrato e nitrito. Assim, águas que contém maiores quantidades de nitrogênio orgânico e amoniacal são consideradas como tendo sido recentemente poluídas e apresentam potencialmente perigosas. Águas que contém nitrogênio na forma de nitrato são consideradas como tendo sido poluídas ao longo do tempo e oferecem pequenos riscos a saúde pública (SAWYER & McCARTHY, 1978).

O nitrito é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambiente oxigenados. Em ambientes anaeróbios, como hipolímnio de lagos em período de estratificação, pode encontrar altas concentrações deste íon. O nitrito representa uma fase intermediária entre a amônia forma mais reduzida e nitrato forma mais oxidada (METCALF & EDDY, 1985).

Não foi detectado valores altos para o nitrito em nenhuma das amostras aqui presente; em virtude do nitogênio do nitrito ter relativamente pouca importância em estudo sobre águas residuárias ou contaminação de águas, pois este é instável e se oxida facilmente na forma de nitrato. É um indicador de contaminação pesada em processo de estabilidade e raramente excede de 1mg/L em água residuária a 0,1 mg/L em águas subterrâneas ou superficiais (METCALF & EDDY, 1985).

O nitrogênio do nitrato é a forma mais oxidada do nitrogênio que se encontra nas águas residuárias. O nitrato pode variar em sua concentração de 0 a 20 mg/L como nitrogênio, em efluentes de águas residuárias com intervalo típico de 15 a 20 mg/L como N (METCALF & EDDY, 1985) o que não foi o caso das amostras aqui estudadas, as concentrações de nitratos encontradas variaram de 1,75 ppm de NO_3^- para o ponto IGT-01 a 8,32 ppm de NO_3^- no ponto QUI-01 para o período chuvoso, enquanto que no período de estiagem esta variação foi de 2,42 ppm de NO_3^- no ponto ITT-03 a 8, 82 ppm de NO_3^- no ponto QUI-01, observa-se que no ponto QUI-01 não houve uma variação acentuado de nitrato do período de estiagem para o período chuvoso, estes baixos valores de nitrato podem ser em virtude de que todo o nitrogênio do nitrato tenha sido reduzido a nitrogênio amoniacal, por este processo se encontrar em condições aeróbicas, com isto talvez haja um favorecimento para esta redução, como o que pode ter ocorrido é que no dia da coleta das amostras teve-se o período de preamar, e com isto, ocorreu uma diluição deste material tendo em vista também que o nitrogênio serve de nutrientes para as plantas e a maioria deste canais e igarapés apresentam

grande afluências de plantas aquáticas, pode também ser um dos motivos para o baixo de valor de nitrato.

Os valores detectados para nitrogênio amoniacal no período chuvoso variou de 9,72 ppm N no ponto ITT-01 a 41,89 ppm de N no ponto no ponto IGT-01 (ver Tabela 4), enquanto que no período de estiagem esta variação 2,02 ppm de N no ponto ITT-01 a 23,45 ppm de N no ponto CSJ-01; estes altos valores de nitrogênio amoniacal se observa em amostras com baixa acidez em que o íon amônio é predominante, nestas amostras. Pois, tanto o íon amônio quanto o amoníaco, existe em solução aquosa dependo do pH da solução, observa-se que todos os valores de nitrogênio amoniacal nas amostras estudadas merecem atenção, isto se deve ao fato de que todas as amostras apresentam pH inferior a 7,0, ou seja, há o favorecimento da elevada concentração de nitrogênio amoniacal.

Segundo METCALF & EDDY(1985) o nitrogênio presente em esgoto fresco está quase todo combinado sob a forma de proteína ou uréia; as bactérias no seu trabalho de oxidação biológica transformam o nitrogênio primeiramente em amônia, depois em nitrito e em seguida para nitrato. A concentração em que o nitrogênio aparece sob estas várias formas indica a idade do esgoto e/ou a sua estabilidade em relação a demanda de oxigênio (JORDÃO, E & PESSOA, 1975). A presença da amônia nas águas de superfície em redes de abastecimento é importante porque pode evidenciar uma poluição por esgoto ou despejo industriais.

4.2.10- DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)

Quando a carga dos esgotos lançados excede a capacidade de auto depuração do corpo d'água, rio ou lago fica sem oxigênio, provocando problemas com liberação de odores e impedindo a existência de peixes e outros organismos aquáticos. Essa é condição medida pôr dois parâmetros: a DBO e OD (oxigênio consumido) (IBGE, 1992b).

A demanda bioquímica de oxigênio, é a quantidade de oxigênio necessária para a decomposição de matéria orgânica biodegradável presente no esgoto e, se processa exclusivamente através de bactérias aeróbias. Daí, conclui-se que a DO, geralmente expressa em mg de oxigênio pôr litro de esgoto, é tanto maior quanto mais elevado o teor de matéria orgânica (DACACH, 1984).

Segundo METCALF & EDDY (1985) O teor de DBO para água residuária varia de 400 mg/L de O_2 para esgoto forte a 110 mg/L de O_2 para esgoto fraco.

Em todos os pontos de coleta observou-se variação de 21 a 1207 ppm de O_2 período chuvoso nos pontos IGP-01 e ITT-03 respectivamente; enquanto que no período chamado regionalmente de verão, oscilou entre 12 a 5695 ppm de O_2 percebe-se que houve uma variação bastante de um período a outro, ou seja

encontram-se acima de valores para esgoto médio e forte comparado com a literatura METCALF & EDDY (1985).

Estes valores se devem as forças dos esgotos, particularmente seu conteúdo de matéria orgânica decomponível. Esgotos fortes contém uma grande quantidade de matéria orgânica. Justamente por isso em todos os pontos de coletas os valores para DBO foram máximos em virtude da grande quantidade de matéria orgânica no período chuvoso, em que a quantidade de matéria orgânica que se acumula nos canais e igarapés é maior em função da entrada da água do estuário, juntamente com a matéria orgânica, já existe devido ao acúmulo de vegetais nos canais. Quanto maior o grau de poluição orgânica, maior DBO do corpo d'água; no entanto à medida que ocorre estabilização da matéria orgânica decresce a DBO, o que não acontece nos pontos de amostragem, isto é um fator preocupante e merece uma maior atenção.

Sendo a DBO, a quantidade de oxigênio elementar consumido por microorganismos durante a degradação da matéria orgânica. Não depende somente da decomposição da concentração da matéria orgânica, mas também do número e da atividade dos microorganismo, a temperatura também é um dos fatores que favorece esta decomposição (IMHOFF & IMHOFF, 1986).

O estudo do lançamento de água residuária em corpo receptor tem que ter presente os aspectos de poluição que vai provocar. De início estas preocupações eram voltadas, quase que exclusivamente, aos problemas de lançamentos de esgotos em águas interiores, tendo em vista a utilização múltipla destas águas pelo homem. A carência destes recursos hídricos e a sua crescente utilização, decorrente do crescimento populacional e industrial extraordinário que vamos passando nas últimas décadas, levou-nos a encarar seriamente o problema de sua conservação. Bacias hidrográficas que até alguns anos atrás, com tratamento secundário dos esgotos que recebia, apresentavam-se com águas em condições satisfatórias para os diferentes usos, já passaram a exigir tratamentos mais avançados para esses despejos que tiveram capacidade de autodepuração ultrapassada pelas cargas crescentes de poluição que recebem.

Apesar de definido, como sendo constituído de 99,9% de água, os esgotos sanitários provocam conseqüências, por vezes bem graves, ao corpo receptor pela atuação da pequena parcela restante de sua constituição. Dependendo da região, natureza populacional e industrial, suas características variam gradualmente, alterando conseqüente, os efeitos provocados sobre o corpo receptor. Nestes, as reações físicas, químicas e bioquímicas que tem lugar, vão ficar condicionadas às características apresentadas pelas suas águas e, a população biotica presente é a primeira a sofrer o impacto causado pela poluição.

O que se pode observar nos pontos coletados, os aspectos sanitários, de uma maneira geral estão condicionados as características dos esgotos de um lado, e as do corpo receptor do outro, particularmente com referências aos seus usos.

As amostras analisadas foram convenientemente diluídas para que os nutrientes e oxigênio presentes durante o período de incubação mantivessem as características iniciais, e em alguns casos não houve a necessidade de diluição, estas foram semeadas com uma cultura aclimatada a matéria orgânica presente nas amostras. A cultura é utilizada para preparação da água de diluição contendo um número de bactérias saprófitas que oxidam a matéria orgânica (BRAILE & CAVALCANTI, 1979).

O despejo é misturado com nutrientes principalmente ricos em nitrogênio e fósforo para que a demanda do teste eventualmente inferior que ocorre nos rios, onde estes nutrientes podem estar presentes.

Na execução do teste de DBO assegura-se a produção celular enriquecendo-se o meio " água de diluição" com todos os nutrientes requeridos. Assim o potássio, o cálcio e o magnésio são adicionados à água de diluição, não só para tamponar o meio ou formar condições osmóticas próprias, mas também para favorecer o crescimento e o metabolismo (FEEMA, 1976).

A decomposição do esgoto é lenta e se concretiza depois de vários dias. Portanto, a DBO, que inicialmente é máxima, vai decrescendo até atingir seu valor máximo, quando se completa a sua estabilização. Adota-se então o período de incubação de cinco dias para que haja uma completa neutralização dos fatores que por eventualidade possam comprometer os resultados.

A DBO se processa em dois estágios: um primeiro em que a matéria carbonácea é oxidada, e, um estágio subsequente em que ocorre uma nitrificação (IDESP, 1990).

A temperatura interfere no valor da DBO, uma vez que o número e o tipo de bactérias, bem como a sua atividade na decomposição da matéria orgânica, são afetadas pela maior ou menor quantidade. Segundo BRAILE & CAVALCANTI (1979), usa-se uma temperatura de 20°C, por ser, a temperatura média do curso d'água,.

Os organismos envolvidos nas conversões bioquímicas, aparentemente satisfatoriamente ao pH igual a 7,0, sendo toleráveis variações entre 6,5 a 8,0. No caso das amostras em estudos, a maioria é ácida em virtude da quantidade de ácidos húmicos, com exceção dos pontos ITT-02 (pH = 7,1) no período chuvoso, todas as outras amostras tiveram que ser neutralizadas, pois o baixo valor de pH interfere na análise de DBO.

O parâmetro de contaminação orgânica mais utilizado e aplicado à água residuária é a DOB. Apesar do uso extenso de análise de DBO, esta possui um grande número de limitações:

a) o teste de DBO tem um valor relativo uma vez que não podemos reproduzir no laboratório as mesmas condições do local em que a amostra foi coletada;

b) são requeridos cinco dias para o teste. Consequentemente, o seu uso para controle imediato da poluição de um corpo d'água é limitado;

c) não favorece nenhuma idéia de velocidade de oxidação da matéria orgânica;

d) a diluição da amostra poderá ser uma fonte de erro na avaliação da carga do poluente (METCALF & EDDY, 1985).

Entretanto, em virtude da grande quantidade de lançamento de esgoto domésticos, de acordo com os resultados da Tabela (4 e 5) os dados obtidos foram acima de 100% do valor proposto por (METCALF & EDDY, 1985), principalmente nos valores máximos encontrados, destacando-se principalmente o ponto UNA-01 que é um local de notável influência de rejeitos domésticos, e que se encontra uma quantidade muito grande de material em suspensão tais como: resto de embalagens, sacos de lixos. CSJ-01, o que se percebe neste ponto é uma influência muito grande de matéria orgânica, tanto vegetal como de despejos sanitários e lixos. Nas duas margens do canal encontram-se várias casas (palafitas) que canalizam seus esgotos para o canal, TAM-01 neste ponto, além de receber esgotos domésticos, recebe ainda o lançamento diretamente de um shopping center, sofrendo também influência do rio Guamá; o ponto ITT-03 as proximidades de uma invasão, além de receber matéria orgânica vegetal, sofre influência também das casas as sua proximidades, isto porque, estas residências lançam seus esgotos diretamente para o canal "in natural", ou seja, sem nenhum tratamento prévio. Os pontos IGT-01 e IGP-01 são igarapés que além de sofrerem com a dinâmica da maré, são lançados diretamente para eles os esgotos de um curtume e de madereiras às proximidades. Tudo isto faz com que o acúmulo de matéria orgânica degradada aumente cada vez mais.

4.2.11 - DQO (Demanda Química de Oxigênio)

O ensaio de DQO é empregado para medir conteúdo de matéria orgânica tanto de águas naturais como de águas residuárias. O equivalente de oxigênio que a matéria orgânica pode oxidar-se, se mede utilizando um agente

químico fortemente oxidante em meio acido. O ensaio deve ser feito em temperatura elevada para facilitar a oxidação de certa classe de compostos orgânicos, fazendo uso de um catalisador. Alguns compostos inorgânicos interferem na análise; deve-se ter o cuidado de eliminá-los previamente.

A análise de DQO se utiliza igualmente para medir a matéria orgânica em águas residuárias, industriais e municipais que contém compostos tóxicos para a vida biológica. A DQO de uma água residuária é, em geral, maior do que a DO porque é maior o número de compostos que podem oxidar-se pôr via química (que biologicamente) e em muitos tipos de águas residuárias é possível correlacionar a DBO com a DQO (METCALF & EDDY, 1985).

Segundo BRAILE & CAVALCANTI (1979), existem muitos despejos de origem orgânica, que sem serem biologicamente tratáveis (inseticidas), quando lançados em cursos d'água, causam mortandade de peixes ou gosto a água e causam também efeitos estéticos (detergentes), além de outros problemas; com isso, há a necessidade de outro teste que além de medir a carga orgânica facilmente putresível (biodegradável) eventualmente existente, meça também a matéria orgânica não biodegradável e, por vezes, causadora de outros tipos de poluição, o teste de DQO atende a esse objetivo.

A DQO corresponde a quantidade de oxigênio necessário para oxidar a fração orgânica de uma amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio em solução ácida.

Uma das grandes vantagens da DQO sobre a DBO é que permite respostas em tempo muito menor: duas horas (método do dicromato); além disso, o teste de DQO não engloba somente a demanda de oxigênio satisfeita biologicamente como acontece com a DBO, mas tudo que é susceptível de demanda de oxigênio, em particular os sais minerais oxidáveis. Por isso mesmo a DQO é preferível a DBO para análise de despejos industriais (JORDÃO & PESSOA, 1975).

Outras vantagens que podem ser vista da DQO em relação a DBO, entre elas estão as principais:

i - a oxidação química não está sujeita a tantas variáveis quanto um sistema biológico (semeadura, toxidez, etc.);
ii - na presença de substâncias muito tóxicas, o procedimento químico pode ser o único meio de determinar a carga orgânica;
iii - a demanda química de oxigênio de uma reação com oxidante energético ($KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, etc.) (GAUDY Jr. & GAUDY, 1988).

Tanto a DBO quanto a DQO medem a oxidação da matéria orgânica, mas sob condições diferentes, fornecendo freqüentemente resultados finais distintos. Os resultados da DBO indicam o consumo de oxigênio por meio de respiração de organismos adequados. As interferências são numerosas, a oxidação é incompleta, mas se a matéria orgânica é oxidável num curso d'água ou numa estação de tratamento, também pode ser em condições de DBO (em laboratório). Os resultados da DQO se referem a substâncias oxidáveis pelo dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em meio ácido em refluxo por duas horas (FEEMA, 1976).

A oxidação determinada pela DBO e DQO diferem qualitativamente e quantitativamente.

Os resultados mostrados nas Tabelas 4 e 5 para os dois períodos de sazonalidade se comparados com o da literatura (METCALF & EDDY, 1985), este acima dos considerados para esgotos fortes, variando 200 a 400 ppm de O_2.

A DQO apresenta comportamento semelhante a DBO, com variação de um período a outro, a DBO em relação a DQO foi maior nos pontos JAB-01, TAM-01 e CSJ-01, especialmente no período chuvoso em que a quantidade de matéria orgânica acumulada nos corpos d'água é maior, em virtude do alto índice pluviométrico.

Percebe que nestes pontos, especialmente os pontos CSJ-01, CSJ-02, que não há uma diferença acentuada de um período a outro, enquanto que nos pontos DSF-01, TAM-01 e QUI-01, que são vulneráveis a ação antropôgenicas. Estes valores foram 100% maiores em virtude do aumento natural da meteria orgânica nas vias de drenagens e ao aumento da temperatura, pois os valores mais expressos se dar em virtude de temperaturas elevadas.

4.2.12- CO_2 LIVRE (Dioxido de Carbono Livre)

Os gases mais freqüentes encontrados em águas residuárias são os nitrogênios (N_2), oxigênio (O_2), dioxido de carbono (CO_2), gás sulfidrico (H_2S), amoníaco (NH_3) e metano (CH_4). Os três primeiros são gases comuns na atmosfera e se encontram em todas as águas que estão exposta ao ar. Os três últimos procedem da decomposição de matéria orgânica presente em água residuária.

A distribuição de oxigênio em ecossistema aquático é via de regra inverso ao do gás carbônico. Este fenômeno ocorre mesmo em lagos, como é o caso do lago Curuá, no Pará, onde a partir de dois metros de profundidade tem forte défict de oxigênio e acentuado aumento de gás carbônico (Camargo & Miguel citado por ESTEVES, 1988).

O dioxido de carbono na atmosfera, respiração biótica, rochas carbonatadas contribuem com carbonatos e bicarbonatos nos sistemas aquáticos (SCHAFER, 1985).

A grande massa de água de chuva dilui as águas terrestres e diminui a quantidade das substâncias tampão provenientes do solo e subsolo. Em conseqüência, o efeito acidificante do gás carbônico livre e dissolvido torna-se mais acentuado, enquanto os bicarbonatos ficam mais escassos.

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

Os valores de CO_2 livre aqui estudado variam de 81,0 ppm de CO_2 no ponto TAM-01 a 329,0 ppm de CO_2 no ponto ITT-01 para o período chuvoso, já no período de estiagem esta variação se encontra entre 86,0 a 494 ppm de CO_2 nos pontos ITT-01 e ITT-02 respectivamente. Estes valores de CO_2 nos canais e igarapés estudados se devem ao conteúdo de carbonatos necessários para que haja a decomposição dos bicarbonatos e uma excessiva precipitação dos carbonatos. Este excesso de CO_2 é agressivo. Neste caso não haverá formação de capas carbonatadas nas canalizações. O que se pode observar que em pontos com altos valores de CO_2 livre estão diretamente relacionados aqueles pontos em que o valor de pH é baixo como mostra as Tabelas 4 e 5, ou seja baixos valores de pH resulta no alto valor de acidez.

4.2.13 - OG (Óleos e Graxas)

Os óleos e graxos encontrados na água são freqüentemente em forma de emulsão, ou saponificados pela ação de produtos químicos, detergentes, etc., podem ter origem doméstica ou mineral (JORDÃO & PESSOA, 1975).

As graxas animais e os óleos quantitativamente são terceiro componente dos alimentos. O termo graxa, normalmente utilizado, inclue as graxas animais, óleos, ceras e outros constituintes que se acham em água residuária. As graxas são determinados mediante extração da amostra da água residuária com hexano (as graxas são solúveis em hexano). Outros grupos de substâncias solúveis em hexano são óleos minerais, como querosene, óleos lubrificantes e óleos de materiais betuminoso usados na construção de betume (METCALF & EDDY, 1985).

As graxas animais e óleos são compostos (ésteres) de álcool, o glicerol (glicerina) e ácidos graxos. Os ésteres de ácidos graxos que são líquidos a temperatura ordinária se chamam óleos, e, os que são sólidos se chamam graxas. São quimicamente muito semelhantes, sendo seus componentes carbono, hidrogênio e oxigênio em diversas proporções (METCALF & EDDY, 1985).

As graxas são um dos compostos orgânicos mais estáveis e não se decompõem facilmente por bactérias. Embora os ácidos minerais atacam, dando como resultado a formação da glicerina e ácido graxo. Em presença de álcales, tais como hidróxido de sódio, a glicerina se libera e há formação de sais alcalinos de ácidos graxos (HAMMER, 1979).

Verificam-se aqui resultados obtidos com bastantes irregularidades, variando de 1,1 ppm de OG no ponto UNA-01 a 6699 ppm de OG no ponto ITT-03 para o período chuvoso, este alto valor encontrado neste ponto é justificado, pois o mesmo recebe dejetos diretamente de uma usina de asfalto, enquanto que para o período de estiagem estes mesmos pontos apresetam valores variando de 168 ppm de OG a 6341 ppm de OG, enquanto que ponto ITT-02 para este mesmo período apresentou um valor de 2012 ppm de OG. Observa-se que no ponto UNA-01 houve uma variação muito grande de um período a outro, enquanto que no ponto ITT-02 esta variação não foi acentuada, já no ponto ITT-02 esta variação é bem perceptível, haja visto que nesses locais há lançamento de esgotos diferenciado. Os valores encontrados para alguns pontos são preocupantes em se tratando de esgotos, em virtude da dificuldade no seu manuseio e degradabilidade. Por apresentarem baixa solubilidade, as graxas se separam da água, aderindo as paredes das tubulações e tanques, reduzindo a tratabilidade biológica dos despejos e produzem lodos graxos, que são de difícil processamento (HAMMER, 1979).

4.2.14 - Coeficiente De Correlação Linear

As Tabelas 6 e 7 constituem subsídios para a montagem das Tabelas 8 e 9 de correlações lineares, para os dois períodos de sazonalidade.

As correlações lineares aqui estudadas mostram um comportamento não linear para as maiorias das análises, com exceção para a alcalinidade e o pH, tanto para o período chuvoso, como para o período de estiagem, cujos valores foram 0,77 e 0,88, respectivamente (Tabelas 8 e 9).

Para o período chuvoso foi observada uma maior correlação entre DBO e DQO (0,66), entre DBO e OG (em torno de 0,75) e entre alcalinidade e CO_2 livre (em torno de 0,55).Entretanto, para o período de estiagem observou-se apenas uma boa correlação ente os parâmetros DBO e nitrogênio amoniacal (em torno de 0,66) e entre pH e alcalinidade (em torno de 0,88) tal como é mostrado na Tabela 9.

O fato de que o meio ambiente se encontra sob impacto, com lançamento de efluentes urbanos, ora constantes, ora ocasionais, tais resultados

prejudicam a existência de correlações lineares entre os diversos parâmetros ambientais.

4.3 - SEDIMENTOS DE FUNDO

4.3.1 - Considerações Gerais

Os sedimentos podem ser considerados como resultado da interação de todos os processos bióticos e abiotícos, que ocorrem em um ecossistema aquático. Do ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia, o sedimento é um dos compartimentos mais importante do ecossitema aquático, considerando que nesse material se processa ciclagem de nutrientes e liberação de gases oriundos da decomposição da matéria orgânica , principalmente carbônico, metano e sulfídrico (ESTEVES, 1988).

O estudo da produção de matéria orgânica envolve necessariamente o estudo da produção primária; ao nível dos organismos fotossintetizantes, é fundamental o conhecimento sobre o plâncton (fito e zooplâncton). Um ecossistema aquático produtivo pode oferecer vantagens ao homem (recreação, pesca, etc.). A ação antrópica, no entanto, altera profundamente essas condições naturais, predominando a matéria orgânica degradada. Por sua vez, a atividade da biomassa microbiana na produção de matéria orgânica é pequena, mas são os microorganismos (fungos e bactérias, principalmente) que exercem papel decisivo sobre o ciclo da matéria orgânica na água (GAUDY, Jr. & GAUDY, 1988; ESTEVES, 1988).

Na decomposição química de águas residuárias predominam as substâncias húmicas, seguidas de proteínas degradadas, detergentes aniônicos, óleos e graxas, carboidratos, etc.

4.3.2 - Substâncias Húmicas

Segundo Jonasson, citado por HOROWITZ (1985) a matéria orgânica aquática, geralmente designada de substâncias húmicas, pode ser subdividida, de acordo com seu peso molecular, em três categorias: húmicas, grupo de maior peso molecular, muito insolúveis em soluções aquosas ácidas; ácido fúlvicos, que ocorrem sob a forma dissolvida, tendo papel importnte na captura de metais por causa de seu grande número de grupos funcionais orgânicos de mais baixo peso molecular; as húminas insolúveis sob qualquer pH.

A matéria orgânica rica em material húmico apresenta notáveis propriedades, enfatizando-se, neste comentário, a natureza colidal que apresenta, cujas propriedades de agregação de partículas são notáveis na retenção de partículas e água associadas ao sedimento (ESTEVES, 1988).

As substâncias húmicas compõem a maior fração das substâncias orgânicas de solos, sedimentos e águas superficiais continentais. São muito complexas, e constituem geopolímeros típicos, pois resultam de interações entre o meio mineral natural e a matéria orgânica associada. Elas se formam por degradação de plantas e pelas atividades sintéticas de microorganismos (SCHNITER & KHAN, 1972; STEVENSON, 1982).

Nas águas naturais, as substâncias húmicas são estimadas a constituir 60 a 80% da matéria orgânica dissolvida em águas de rios, e ocorrem em concentrações molares de ordem de 10^{-5} a 10^{-4}. Suas dimensões variam de aproximadamente 10^{-3} μm as maiores de 1 μm de diâmetro. Considera-se, em geral, que partículas menores do que 0,45 μm são tomadas como dissolvidas (SCHNITZER & KHAN, 1972; STEVENSON, 1982).

São vários os processos e fenômenos capazes de neutralizar a carga dos complexos orgânicos-minerais da matéria húmica coloidal. Entre esses processos e fenômenos naturais destacam-se aqui a influência da acidez (variação de pH) e aumento da concentração iônica total. Nesses casos, justifica-se a precipitação, a solubilização, a ocorrência de caráter de polieletrólito ((SCHNITZER & KHAN, 1972).

Os trabalhos científicos relacionados com o estudo das substâncias húmicas enfatizam sua complexidade; procedem análises químicas elementar para seus componentes, expressando os resultados em percentuais de C, H, N O, S, P e cinzas; levantam subsídios sobre suas prováveis estruturas moleculares, com base em métodos instrumentais modernos (espectroscopia de absorção na região do infravermelho, cromatografia líquida de alta resolução, ressonância magnética nuclear, entre outros); quantificam acidez total, acidez devida à presença de grupos carboxila hidroxila fenólica; estudam a capacidade de complexação com metais, etc. (SCHNITZER & KHAN, 1972 STEVENSON, 1982).

4.3.3 - Quantificação de Carbono Orgânico e Nitrogênio Orgânico em Sedimentos da Área Metropolitana de Belém

Uma avaliação pertinente ao estudo de substâncias húmicas, em termos modestos, é o uso da espectroscopia de absorção na região do infravermelho, na identificação de grupos funcionais orgânicos presentes no material submetido `a prensagem em KBr e exposição à radiação infravermelha.

Também é interessante a quantificação da matéria orgânica através da determinação do carbono orgânico e do nitrogênio orgânico. Por tais motivos procedeu-se essas análises (Tabela 10). A Figura 29 exibe registros gráficos de espectros de absorção relacionados com material húmicos oriundo das quatro amostras seleciondas e já descritas.

O carbono orgânico total é composto de orgânico dissolvido e, o carbono particulado numa média de 10 para 1. O carbono orgânico é freqüentemente calculado com a diferença entre o carbono total e o carbono inorgânico total. Isto se deve a uma relação direta entre a demanda química de oxigênio e a variação com a composição da matéria orgânica presente. A maior parte de carbono orgânico na água é composto de substâncias húmicas; de certo modo, são plantas degradadas de materiais provenientes de restos de animais, e são resistentes à degradação microbiológica. As atividades fotossintéticas e as lixiviações dos solos contribuem para a matéria orgânica dissolvida que constitui o parâmetro denominado carbono orgânico dissolvido (McNEELY et al., 1979).

O carbono orgânico é um importante parâmetro na avaliação ambiental de áreas submetidas à ação da matéria orgânica, seja de matéria associada à decomposição natural da floresta, seja pela acão antrópica (ESTEVES, 1988; McNEELY et al., 1979).

O nitrogênio orgânico é considerado como a espécie associada aos compostos orgânicos nitrogenados, tais como proteínas e peptídeos, aminoácidos, ácidos nucleicos, uréia, aminas, etc. O ciclo do nitrogênio é o responsável pelos processos de nitrificação, produzindo nitrato. A mineralização da matéria orgânica nitrogenada poduz não só nitrato, mas também amônio. A degradação natural da matéria orgânica produz amônia, sendo esta um parâmetro importante na avaliação de águas residuárias (ESTEVES, 1988).

O nitrogênio orgânico presente no sedimento é, portanto a matéria orgânica associada aos compostos orgânicos nitrogenados (McNEELY et al., 1979).

Procedeu-se, também, a determinação do nitrogênio orgânico, na tentativa de alcançar maior integração entre os resultados analíticos.

A Tabela 10 apresenta resultados da análise química de sedimentos de fundo para carbono orgânico, nitrogênio orgânico e dados obtidos por cálculo numérico para a matéria orgânica e a relação C/N.

Os teores de carbono orgânico se apresentam no intervalo de 6,58% a 10,62%, enquanto o nitrogênio orgânico se estende em faixas bem menos expressivas de 0,23% a 1, 28%. Quanto à matéria orgânica, vai de 11,19% a 18,05%. Percebe-se, de imediato, que o material predominante no sedimento é ainda o componente mineral, isto é, o material areno-argiloso, já mencionado.

O estudo da relação C/N bem evidencia a predominância de compostos orgânicos não-nitrogenados sobre os composto nitrogenados. Registre-se que no sedimento mais rico em material húmico natural (ERM-SE-01) de 28,61 o teor de composto nitrogenados é bastante inferior quando comparado com o teor no material mais intensamente degradado (TAM-SE-01), ou seja, numa relação de cerca de 5,54 vezes menos. É de se esperar, portanto, que na matéria orgânica degradada, nos canais de drenagem, haja aumento gradativo de componentes nitrogenados quanto maior for a degradação associada à decomposição de matéria orgânica fecal, como, aliás, seria de se esperar.

Tabela 4 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas residuárias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém, PA) . Período chuvoso (janeiro/março/junho/1995). Valores máximos e mínimos observados. (Continua).

Pontos de coleta		Temp. (°C)	pH	Condut. (µS/cm)	OD ($ppmO_2$)	OC (ppm de O_2)	Alcalinidade (ppm $CaCO_3$)
UNA-01	MAX	29	6,8	189	0,50		129
	MIN	29	5,3	96	0,22	53	86
UNA-O2	MÁX	29	5,8	260	0,89		158
	MÍN	28	5,5	86	0,70	12	89
TUC-01	MÁX	29	5,8	240	0,80		171
	MÍN	29	5,5	225	0,73	45	112
CSJ-01	MÁX	29	4,6	126	0,45		67
	MÍN	29	4,0	76	0,40	88	66
CSJ-02	MÁX	29	5,5	183	0,90		173
	MÍN	29	3,0	148	0,51	16	40
JAB-01	MÁX	30	5,8	150	0,45		146
	MÍN	29	5,0	125	0,42	36	140
DSF-01	MÁX	29	4,0	216	0,63		56
	MÍN	29	3,0	103	0,51	25	52
TAM-01	MÁX	29	4,0	217	0,21		59
	MÍN	29	4,2	101	0,32	26	41
QUI-01	MÁX	29	4,2	280	0,89		98
	MÍN	29	3,0	165	072	79	51
ITT-01	MÁX	29	6,7	158	0,41		170
	MÍN	29	3,0	127	0,39	26	52

OBS.: 1) UNA (canal do Una); 2) TUC (igarapé do Tucunduba); 3) CSJ (canal de São Joaquim); 4) JAB (canal da Jabatiteua);DSF (canal da doca de Souza Franco); 6) TAM (canal da Tamandaré); 7) QUI (canal da Quintino Bocaiúva); 8) ITT (igarapé dos Três Tubos). Tem. (temperatura); cond. (condutância específica); OD(0xigênio dissolvido); OC (oxigênio consumido).

Tabela 4 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas residuárias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém, PA) . Período chuvoso (janeiro/março/junho/1995). Valores máximos e mínimos observados.(Continua).

Pontos de coleta		Temp. (°C)	pH	Condut. (µS/cm)	OD ($ppmO_2$)	OC (ppm de O_2)	Alcalinidade (ppm $CaCO_3$)
ITT-02	MAX	29	7,0	460	0,80	55	125
	MIN	28	5,6	146	0,29		69
ITT-03	MÁX	29	6,7	160	0,98	93	126
	MÍN	29	4,2	125	0,78		109
IGT-01	MÁX	29	5,5	180	0,90	13	165
	MÍN	29	4,2	125	0,71		109
IGP-01	MÁX	29	5,5	240	0,30	24	146
	MÍN	29	3,0	146	0,15		55

OBS.: 09) IGT (igarapé do Taboquinha); 10) IGP (igarapé do Piriá). Tem. (temperatura); cond. condutância específica); OD(0xigênio dissolvido); OC (oxigênio consumido).

Tabela 4 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas residuárias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém, PA) . Período chuvoso (janeiro/março/junho/1995). Valores máximos e mínimos observados. (Continua).

Pontos de coleta		Fosfato (ppm PO^{3-}_4)	Nitrato (ppm NO_3)	DBO (ppm O_2)	DQO (ppm O_2)	$N_{amoniacal}$ (ppm N)	CO_2 livre (ppm CO_2)	Óleos e graxas (ppm OG)
UNA-01	MAX	2,40	4,65	256	126	12,88	249	
	MIN			82	82		167	1,1
UNA-O2	MÁX	1,02	2,49	546	2240	15,36	306,85	
	MÍN			127	124		175	164
TUC-01	MÁX	3,98	2,71	173	1380	17,25	332	
	MÍN			26	124		218	2321
CSJ-01	MÁX	2,30	3,25	183	570	13,62	131	
	MÍN			22	15		130	3,1
CSJ-02	MÁX	1,90	2,73	109	628	11,42	336	
	MÍN			60	93		81	4,9
JAB-01	MÁX	3,10	3,13	306	740	7,65	283	
	MÍN			167	52		272	2460
DSF-01	MÁX	2,35	6,91	409	144	18,75	110	
	MÍN			28	78		104	2,6
TAM-01	MÁX	3,89	7,35	360	2140	24,32	116	1050
	MÍN			164	123		81	
QUI-01	MÁX	4,81	8,82	628	461	13,16	192	
	MÍN			177	183		102	132
ITT-01	MÁX	1,90	2,65	207	252	9,72	329	
	MÍN			36	68		104	12

OBS.: 1) UNA (canal do Una); 2) TUC (igarapé do Tucunduba); 3) CSJ (canal de São Joaquim); 4) JAB (canal da Jabatiteua); DSF (canal da doca de Souza Franco); 6) TAM (canal da Tamandaré); 7) QUI (canal da Quintino Bocaiúva); 8) ITT (igarapé dos Três Tubos). DBO (demanda bioquímica de oxigênio); DQO (demanda química de oxigênio).

Tabela 4 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas residuárias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém, PA) . Período chuvoso (janeiro/março/junho/1995). Valores máximos e mínimos observados. (Conclusão)

Pontos de coleta		Fosfato (ppm PO^{3-}_4)	Nitrato (ppm NO_3)	DBO (ppm O_2)	DQO (ppm O_2)	$N_{amoniacal}$ (ppm N)	CO_2 livre (ppm CO_2)	Óleos e graxas (ppm OG)
ITT-02	MAX			207	240		241	
	MIN	3,01	7,97	36	42	14,02	134	1906
ITT-03	MÁX			1207	2331		244	
	MÍN	2,90	2,95	220	63	16,75	213	6699
IGT-01	MÁX			598	598		320	
	MÍN	2,73	1,75	18	18	41,89	213	1,8
IGP-O1	MÁX			620	109		223	
	MÍN	4,32	6,15	21	102	14,32	110	1,2

OBS.: 09) IGT (igarapé do Taboquinha); 10) IGP (igarapé do Piriá). DBO (demanda bioquímica de oxigênio); DQO (demanda química de oxigênio).

Tabela 5 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas residuarias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém, PA) . Período de estiagem (julho/agosto/dezembro/1995). Valores máximos e mínimos obserevados. (Continua).

Pontos de coleta		Temp. (°C)	pH	Condut. (µS/cm)	OD ($ppmO_2$)	OC (ppm de O_2)	Alcalinidade (ppm $CaCO_3$)
UNA-01	MAX	29	6,0	129	0,98	100	139
	MIN	29	5,2	94	0,16	28	129
UNA-O2	MÁX	30	6,0	160	0,27	126	138
	MÍN	29	5,0	98	0,19	45	68
TUC-01	MÁX	29	6,7	340	0,82	36	215
	MÍN	29	6,5	215	0,72	28	210
CSJ-01	MÁX	29	4,0	125	0,74	115	87
	MÍN	29	4,0	66	0,32	16	65
CSJ-02	MÁX	29	5,6	156	0,26	125	170
	MÍN	29	3,0	125	0,19	18	46
JAB-01	MÁX	29	5,8	246	0,51	73	246
	MÍN	29	5,0	203	0,39	30	180
DSF-01	MÁX	29	5,0	201	0,25	126	98
	MÍN	29	3,0	131	0,19	15	48
TAM-01	MÁX	29	6,0	201	0,98	93	139
	MÍN	29	6,0	131	0,56	26	131
QUI-01	MÁX	29	4,5	290	0,32	132	72
	MÍN	29	4,0	130	0,25	19	63
ITT-01	MÁX	29	5,5	150	0,80	105	129
	MÍN	29	3,0	117	0,30	16	43

OBS.: 1) UNA (canal do Una); 2) TUC (igarapé do Tucunduba); 3) CSJ (canal de São Joaquim); 4) JAB (canal da Jabatiteua); DSF (canal da doca de Souza Franco); 6) TAM (canal da Tamandaré); 7) QUI (canal da Quintino Bocaiúva); 8) ITT (igarapé dos Três Tubos). Tem (temperatura); Cond. (condutividade específica);OD (oxigênio dissolvido); OC (oxigênio consumido).

Tabela 5 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas residuarias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém,PA) . Período de estiagem (julho/agosto/dezembro/1995). Valores máximos e mínimos obserevados.(Continua).

Pontos de coleta		Temp. (°C)	pH	Condut. (μS/cm)	OD ($ppmO_2$)	OC (ppm de O_2)	Alcalinidade (ppm $CaCO_3$)
ITT-02	MAX	29	6,6	360	0,25	69	255
	MIN	28	6,2	246	0,19	53	179
ITT-03	MÁX	29	5,7	170	0,56	58	136
	MÍN	29	4,3	155	0,22	23	89
IGT-01	MÁX	29	5,6	190	0,32	69	157
	MÍN	29	4,0	185	0,26	45	98
IGP-01	MÁX	29	5,3	350	0,85	79	136
	MÍN	29	3,0	256	0,55	31	56

OBS.: 09) IGT (igarapé do Taboquinha); 10) IGP (igarapé do Piriá). Tem (temperatura); Cond. (condutância específica);OD (oxigênio dissolvido); OC (oxigênio consumido).

Tabela 5 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas residuarias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém, PA) . Período de estiagem (julho/agosto/dezembro/1995). Valores máximos e mínimos obserevados. (Continua).

Pontos de coleta		Fosfato (ppm PO^{3-}_4)	Nitrato (ppm NO_3)	DBO (ppm O_2)	DQO (ppm O_2)	$N_{amoniacal}$ (ppm N)	CO_2 livre (ppm CO_2)	Óleos e graxas (ppm OG)
UNA-01	MAX	2,52		246	109		269	
	MIN		6,32	12	76	12,63	251	168
UNA-O2	MÁX	4,12	3,25	246	347		267	
	MÍN			27	76	11,12	133	176
TUC-01	MÁX			873	246		416	
	MÍN	5,98	7,21	15	104	2,30	407	25
CSJ-01	MÁX			739	620		171	
	MÍN	2,80	5,52	15	100	23,45	128	560
CSJ-02	MÁX			169	580		330	
	MÍN	3,41	5,63	48	92	9,45	92	2134
JAB-01	MÁX			700	603		477	
	MÍN	2,10	3,13	69	32	23,01	350	45
DSF-01	MÁX			295	1114		110	
	MÍN	1,85	2,01	62	168	19,72	96	16
TAM-01	MÁX			401	1140	19,89	269	
	MÍN	5,89	2,35	21	21		254	12
QUI-01	MÁX			5695	1461		141	
	MÍN	2,78	8,32	64	123	21,71	124	9
ITT-01	MÁX			824	240		250	
	MÍN	2,90	3,55	28	98	2,02	86	1256

OBS.: 1) UNA (canal do Una); 2) TUC (igarapé do Tucunduba); 3) CSJ (canal de São Joaquim); 4) JAB (canal da Jabatiteua); DSF (canal da doca de Souza Franco); 6) TAM (canal da Tamandaré); 7) QUI (canal da Quintino Bocaiúva); 8) ITT (igarapé dos Três Tubos). DBO (demanda bioquímica de oxigênio); DQO (demanda química de oxigênio).

Tabela 5 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas residuarias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém, PA) . Período de estiagem (julho/agosto/dezembro/1995). Valores máximos e mínimos obserevados. (Conclusão)

Pontos de coleta		Fosfato (ppm PO^{3-}_4)	Nitrato (ppm NO_3)	DBO (ppm O_2)	DQO (ppm O_2)	$N_{amoniacal}$ (ppm N)	CO_2 livre (ppm CO_2)	Óleos e graxas (ppm OG)
ITT-02	MAX			280	213		494	
	MIN	1,01	4,97	86	63	7,95	346	6341
ITT-03	MÁX			217	217		264	
	MÍN	3,96	2,42	42	42	14,92	174	2012
IGT-01	MÁX			568	240		305	
	MÍN	4,63	5,26	78	53	8,23	192	678
IGP-01	MÁX			721	209		264	
	MÍN	2,34	3,51	28	22	10,61	111	124

OBS.: 09) IGT (igarapé do Taboquinha); 10) IGP (igarapé do Piriá). DBO (demanda bioquímica de oxigênio); DQO (demanda química de oxigênio).

TABELA 6 - Parâmetros físico-químicos e químicos. Águas residuárias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém,PA). Médias de resultados analíticos mais frequentes. Período chuvoso (janeiro/março/junho de1995).

Pontos de coleta	pH	Cond. ($\mu S.cm^{-1}$)	OD ($ppmO_2$)	OC ($ppmO_2$)	Alc. (ppm $CaCO_3$)	DBO ($ppmO_2$)	DQO ($ppmO_2$)	fosfato (ppm PO_4^{3-})	NO_3^- (ppm N)	$N_{amoniacal}$ (ppmN)	OG (ppmOG)	CO_2livre (ppm CO_2)
UNA-01	5,9	153	0,5	53	116	140	114	2,40	4,65	12,88	1,1	239,03
UNA-02	5,8	163	0,65	12	144	271	645	1,02	2,49	15,36	164	314,29
TUC-01	5,6	230	0,77	45	142	75	373	3,98	2,71	17,25	2321	344,57
CSJ-01	4,3	93	0,43	88	67	76	183	2,30	3,25	13,62	3,1	268,84
CSJ-02	4,3	160	0,77	16	124	72	178	1,90	2,73	11,42	4,9	497,56
JAB-01	5,5	133	0,44	36	142	213	175	3,10	3,13	7,65	2460	361,90
DSF-01	3,3	141	0,59	25	52	155	278	2,35	6,91	18,75	2,6	272,09
TAM-01	4,07	140	0,25	26	43	213	631	3,89	7,35	24,32	1050	184,61
QUI-01	3,8	203	0,83	79	89	252	322	4,81	8,82	13,16	132	411,41
ITT-01	5,3	140	0,40	26	109	106	129	1,90	2,65	9,72	12	304,39
ITT-02	5,8	250	0,63	55	107	150	108	3,01	7,97	14,02	1906	233,54
ITT-03	5,5	137	0,91	93	108	549	638	2,90	2,95	16,75	6699	275,24
IGT-01	4,7	143	0,84	13	137	163	192	2,73	1,75	41,89	1,8	482,87
IGP-01	4,5	177	0,25	24	100	215	243	4,32	6,15	14,32	1,2	376,86
N° de amostras	12	12	12	2	12	12	12	2	2	2	2	12

TABELA 7 - Parâmetros físico-químicos e químicos. Águas residuárias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém,PA). Médias de resultados analíticos mais frequentes. Período de estiagem (julho/agosto/dezembro de 1995).

Pontos de coleta	pH	Cond. ($\mu S.cm^{-1}$)	OD ($ppmO_2$)	OC ($ppmO_2$)	Alc. (ppm $CaCO_3$)	DBO ($ppmO_2$)	DQO ($ppmO_2$)	fosfato (ppm PO_4^{3-})	NO_3^- ($ppmNO_3^-$)	$N_{amoniacal}$ (ppm N)	OG (ppmOG)	CO_2livre (ppm CO_2)
UNA-01	5,55	120	0,57	28	137	168	112	2,52	6,32	12,63	168	340
UNA-02	5,5	145	0,23	45	110	173	309	4,12	3,25	11,12	176	280
TUC-01	6,66	309	0,77	28	214	325	175	5,98	7,21	2,30	25	242,54
CSJ-01	4,0	110	0,53	16	72	222	360	2,80	5,52	23,45	560	315,25
CSJ-02	4,73	150	0,225	16	83	183	283	3,41	5,63	9,45	2134	289,50
JAB-01	5,6	232	0,45	30	197	295	270	2,10	3,13	23,01	45	478,04
DSF-01	4,5	178	0,22	15	73	183	641	1,85	2,01	19,72	16	275,11
TAM-01	6,0	178	0,77	26	135	219	581	5,89	2,35	19,89	12	261
QUI-01	4,4	237	0,29	19	66	249	635	2,78	8,32	21,71	9	256,78
ITT-01	4,7	142	0,55	16	112	272	156	2,90	3,35	2,02	1256	394,75
ITT-02	6,5	332	0,22	53	230	178	128	1,01	4,97	7,95	6341	305,57
ITT-03	5,42	163	0,39	23	108	179	129	3,96	2,42	14,92	2012	285,79
IGT-01	5,2	251	0,29	45	113	267	141	4,63	5,26	8,23	678	269,95
IGP-01	3,8	319	0,7	31	76	272	126	2,34	3,51	10,61	124	351,32
N° de amostras	12	12	12	2	12	12	12	2	2	2	2	12

TABELA 8 - Coeficientes de correlação linear entre os parâmetros ambientais de águas residuárias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém,PA). Período chuvoso (janeiro/ março/ junho/1995).

	pH	Cond.	OD	OC	Alc.	DBO	DQO	PO_4^{3-}	NO_3^-	$N_{amoniacal}$	OG	CO_2 livre
pH												
Cond.	0,27											
OD	0,10	0,30										
OC	0,06	-	0,25									
Alc.	0,72	0,20	0,42	-								
DBO	0,15	-0,10	0,30	0,37	-							
DQO	-	-0,07	0,15	0,05	-0,10	0,66						
PO_4^{3-}	-	0,42	-0,07	0,29	-	0,13	0,06					
NO_3^-	-	0,41	-0,23	0,19	-	0,05	-	0,57				
$N_{amoniacal}$	-	-0,09	0,26	-	-0,04	0,05	0,18	0,08	-0,12			
OG	0,31	-0,10	0,35	0,47	0,18	0,75	0,15	0,15	-0,25	-0,05		
CO_2 livre	-0,19	0,07	0,46	-	0,52	-0,16	-	0,05	0,20	0,20	-0,17	

TABELA 9 - Coeficiente de correlação linear entre os parâmetros ambientais de águas residuárias (canais de drenagem da Região Metropolitana de Belém,PA). Período de estiagem (julho/agosto/dezembro/95).

	pH	Cond.	OD	OC	Alc.	DBO	DQO	PO_4^{3-}	NO_3^-	$N_{amoniacal}$	OG	CO_2 livre
pH												
Cond.	0,30											
OD	0,12	0,10										
OC	0,54	0,52	-									
Alc.	0,88	0,50	0,19	0,55								
DBO	0.01	0,50	0,52	-0,06	0,24							
DQO	-	-	-0,15	-	-	-						
PO_4^{3-}	0,37	-0,06	0,44	-	0,07	0,29	0,05					
NO_3^-	0,05	0,21	-	-	0,07	0,23	-0,06	0,06				
$N_{amoniacal}$	-	-0,30	-0,10	-	-	-0,19	0,67	-	-0,15			
OG	0,34	0,30	-	0,43	0,42	-	-	-	0,02	-		
CO_2 livre	-0,15	-0,06	0,13	-0,05	0,21	0,27	-	-	-	0,11	-0,02	

Tabela 10 - Resultados da análise química de sedimentos de fundo: carbono orgânico, nitrogênio orgânico, matéria orgânica e a relação C/N.

AMOSTRAS	CARBONO ORGÂNICO (%)	NITROGÊNIO ORGÂNICO (%)	MATÉRIA ORGÂNICA (%)	RELAÇÃO C/N
ERM-SE-01	6,58	0,23	11,19	28,61
ERM-SE-02	8,04	0,44	13,67	18,28
TAM-SE-01	7,09	1,28	12,05	5,54
DSF-SE-01	10,62	0,65	18,05	16,34

OBS. 1 - ERM-SE-01(lago da Estação de Radio da Marinha); 2 -ERM-SE-02(canal Estação de Rádio da Marinha); 3 - DSF-SE-01 (doca de Souza Franco); 4 - TAM- SE-01 (canal da Almirante Tamandaré);

4.3.4 - Caracterização da Matéria Orgânica por Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho

Selecionou-se quatro amostras de sedimentos associados ao material húmico e à matéria orgânica degradada, para se proceder estudo comparativo através de exame minucioso de espectros de absorção na região do infravermelho.

A Figura 29 exibe os registros gráficos de espectro de absorção relacionados com o material húmico de um lago preservado, isto é, mantido sob influência natural dos ciclos da água e da floresta (lago da Estação de Rádio da Marinha, amostra ERM-SE-01, espectro a); com o material oriundo de sedimento rico em material húmico, porém influenciado por degradação urbana (canal da Estação de Rádio da Marinha, que recebe efluentes domésticos de áreas urbanas, amostra ERM-SE-02, espectro b) ; com material provenientes de canais de drenagem, ricos em matéria orgânica degradada (sendo DSF-SE-01 a amostra relacionada com o espectro c, e TAM-SE-01 a amostra relacionada com o espectro d).

A interpretação mais imediata da ocorrência de bandas associadas a grupo funcionais orgânicos diz respeito à existência de grupos hidrofílicos e a própria hidroxila (fenólica e alcoólica) na região de 3698-3403 cm^{-1}; de grupos metil ($-CH_3$) e metileno ($-CH_2-$) no intervalo de 2926-2852 cm^{-1}; da intensificação da banda às proximidades de 1720-1713 cm^{-1} deslocada para 1667-1633 cm^{-1}, característica do íon carboxilato ($-COO^-$); de bandas associadas ao silicato, que se estendem desde 1098 a 405 cm^{-1} (STEVENSON, 1982; SCHNITZER & KHAN, 1972).

Um breve exame desses espectros logo evidencia semelhança entre (a) e (b), quando se verifica que o máximo de absorção da banda situada no intervalo de 3400 a 3500 cm^{-1} ocorre 3431 cm^{-1} (espectro a) e 3436 cm^{-1} (espectro b). Por sua vez, para a mesma banda, os máximos ocorrem em 3403 cm^{-1} (para os espectros c e d). Tal fato está relacionado com a origem das amostras relativas a (a) e (b), isto é, serem ricas em material húmico. Nesse caso, o deslocamento da banda de absorção 3436-3431 cm^{-1} para regiões menos energéticas 3403 cm^{-1} está associada à maior degradação da matéria orgânica.

Outro fato que se observa de modo mais imediato é que o espectro (a) é algo mais diferente do que os demais. Assim, por exemplo, as bandas às proximidades de 2925 e 2855 cm^{-1} se apresenta muito pouco pronunciadas na

amostra rica em material húmico natural (espectro a), enquanto nos demais espectros há intensificação das mesmas. Também a intensa banda, que se desenvolve, desdobrada, desde 1008 a 1089 cm^{-1} se mostra algo diferente no espectro (a),onde aparece com dois desdobramento mais nítidos em 1034 e 1079 cm^{-1} , em relação aos espectros (c), e (d), onde se registra absorção em 1008, 1035 e 1098 cm^{-1} (espectro b), 1009, 1035 e 1095 cm^{-1} (espectro c) e 1011, 1035 e 1094 cm^{-1} (espectro d).

A degradação da matéria orgânica está, aqui, bem representada pela intensificação de grupos $-CH_3$ e $-CH_2-$ registrados em 2852 e 2925 cm^{-1}.

A intensificação da banda às proximidades de 1633 cm^{-1} (espectro a) até 1667 cm^{-1} (espectro c) parece estar associada à complexação de metais com ácidos húmicos e fúlvicos, através do oxigênio do grupo carboxila (STEVENSON, 1982; SCHNITZER & KHAN, 1972).Aliás, tal especulação se encontra em conformidade com a pouca pronunciada banda de absorção (quase imperceptível) às proximidades de 1713-1720 cm^{-1}, considerando o fato de que a complexação através da carboxila desloca a banda para regiões menos energéticas (1633 a 1667 cm^{-1}).

O resíduo mineral aparece bem representado, notadamente pelos intensos desdobramento, principalmente em 3696 (espectro a), 3621, 3647 e 3697 e 3850 cm^{-1} (espectro b) e 3621 e 3698 cm^{-1} (espectro c) e 3698 cm^{-1} (espectro d) associados à hidroxila de argilominerais, bem como pelo registro de bandas de absorção devidas a silicato (intervalo 1098 a 405 cm^{-1}).

A complexação e a presença do resíduo mineral são indicativos da interação orgânica e mineral, o que caracteriza o material húmico como um geopolímero (STEVENSON, 1982; SCHNITZER & KHAN, 1972).

4.4 - CONSIDERAÇÕES BIOGEOQUÍMICAS / SUBSÍDIOS PARA UMA AVALIAÇÃO PRELIMINAR SOBRE IMPACTO AMBIENTAL

Um estudo sobre a poluição de ambientes estuarino à semelhança da área fisiográfica de Belém depende da avaliação da importância toxicológica e ecotoxicológica de substâncias que entram no ecossistema aquático através de atividades industriais, agrícolas ou domésticas (HUTZINGER, 1980, NRIAGU, 1976).

Os processos relacionados com produção, transporte e transformação de poluentes em áreas estuarinas, segundo a National Academy of Science , citada por TOMMASI & GRIESINGER (1982), os processos na atmosfera, na terra, em água doce e no oceano. Os processos na atmosfera envolvem, predominantemente, transporte de material na fase vapor e/ou em partículas pelo vento, difusão vertical, deposição por chuvas, etc. Os processos em terra dizem respeito, notadamente, à difusão de substâncias no solo e à lixiviação do mesmo, às trocas com plantas e com animais. Os processos de água doce são representados por transformações químicas, envolvendo precipitação, adsorsão e dessorção de partículas, transporte em suspensão, interação água-sedimento, entre outros. Os processos relacionados com a intrusão de águas marinhas no estuário podem produzir efeitos os mais variados, em geral benéficos ao desenvolvimento de certas espécies vivas aquáticas.

De um modo geral, os principais problemas relacionados com a poluição no litoral brasileiro e áreas estuarinas densamente urbanizadas são devidos ao crescente aporte de material (dissolvido ou em suspensão), produzindo efeitos danosos ao ecosssistema aquático, tais como forte redução de sua transparência, poluição fecal, poluição por óleo e metais pesados, destruição da flora e fauna aquática, etc. (TOMMASI & GRIESINGER, 1982).

A utilização de recursos hídricos superficiais (como é o caso da área estuarina de Belém) já mereceu atenção do poder público, no que diz respeito ao disciplinamento de seu uso. Aí se considera águas para consumo humano, recreação diferenciada, balneabilidade, paisagismo, etc. Especificamente para o sistema estuarino de Belém é necessário considerar, de imediato, a crescente degradação ambiental que vem sofrendo (IDESP, 1990).

Outrora, havia, no estuário, pesca abundante (peixe, camarão, caranguejo, siri); atualmente, pelas informações disponíveis, o ecossistema já não se apresenta tão produtivo assim.

O estuário guajarino está bem caracterizado no que diz respeito aos parâmetros ambientais físicos, físico-químicos e químicos de suas águas. A influência das águas oceânicas do Atlântico produzem aumento de condutividade elétrica nessas águas, motivo de estudo de diversos pesquisadores (vide, a propósito, LIMA & KOBAYASHI, 1988). A penetração de águas estuarinas no rio Guamá mereceu atenção de pesquisadores ao longo do tempo (SIOLI, 1967; LIMA, 1979; CORDEIRO, 1987). Os fatos relatados demonstram um aumento na concentração de eletrólitos no estuário guajarino durante o período de estiagem, que corresponde à intrusão de águas salobras nesse ecossistema. Nas cercanias de Belém, no período chuvoso, porém, jamais se observa valores tão elevados de condutividade elétrica, quando comparados com as medidas efetuadas nos canais de drenagem, sob influência de despejos urbanos (PEREIRA et al. 1988). Os resultados constante das tabelas de máximos e mínimos bem demonstram valores de condutância específica

da ordem de 50μS.cm^{-1}, característicos de vias de drenagem natural (igarapé amazônico, típico, pobre em eletrólitos).

São as caracterísiticacs naturais do meio ambiente (o estuário guajarino, rio Guamá e as vias naturais de drenagem), que produzem efeitos até então benéficos, quando não se registra maior influência de despejos urbanos nos canais.

A má qualidade microbiológica das águas do rio Guamá foi avaliada por BRAZ, (1985); MENEZES, (1985). É necessário o monitoramento constante dessas águas, posto que tais águas são aproveitadas para suprir os mananciais do Utinga, para onde são transportadas por recalque.

A caracterização biogeoquímica da parte sul do estuário do rio Amazonas foi estudada por SANTOS (1986). Os autores constataram que a "composição biogeoquímica das principais massas de água nessa região, apresenta tipos químicos característicos, sendo que, na baía de Marajó, é onde ocorrem os processos mais intensos devido a transição de água doce para água salina".

A importância do material húmico no estudo de águas tem sido enfatizada por pesquisadores no Mundo inteiro (AIKEN et al. 1985). Na Amazônia são bem conhecidos os trabalhos de SIOLI (1960), SIOLI & KLINGE (1962) e SIOLI (1967) entre outros. Aparentemente, a matéria orgânica dissolvida nos igarapés amazônicos está bem relacionada com a existência de substância húmicas. SIOLI (1967) observou que rios de água preta da Amazônia continham apenas 1/3 a 1/2 do conteúdo de soluto orgânico contido nos rios de água preta da região sudeste dos Estados Unidos. cerca de 50% do carbono orgânico em águas pretas da Amazônia consistiam em solutos orgânicos não-húmicos e incolores.

No trabalho aqui desenvolvido procurou-se averiguar a importância das substâncias húmicas através de um estudo orientativo, preliminar, por comparação de espectros de absorção na região do infravermelho para o material orgânico extraído pelos procedimentos clássicos de separação da fração húmica. Os resultados obtidos demonstram semelhança e diferenças entre as quatros amostras, como seria de se esperar. Entre as semelhanças destaca-se o aparecimento de bandas de absorção atribuídas à ocorrências de OH^- (fenólica e alcoólica), presença de grupos -CH3 e -CH_2-, bandas devidas ao ânion carboxilato (-COO^-) e existência de bandas devidas a silicato, indicando presença de resíduo mineral separado por tratamento alcalino e posterior acidificação. Nas diferenças, destaca-se a diminuição nas intensidades das bandas aos grupos metil e metileno, que aparecem na região de 2926-2852 cm^{-1}, diminuição essa relacionada com a maior degradação. Também o deslocamento da intensa banda às proximidades de 3436 - 3431 cm^{-1} para regiões menos energéticas é indicativo de maior degradação da matéria orgânica. O deslocamento da fraca (porém nítida) banda de absorção às proximidades de 1714-1713 cm^{-1} para regiões menos energéticas (em torno de 1667-1633 cm^{-1}) é indicativo da formação de carboxilato, o que caracteriza o material húmico como sendo

da formação de carboxilato, o que caracteriza o material húmico como sendo resultante de interação orgânica e mineral, produzindo um geopolímero. O resíduo mineral aparece sendo representado, notadamente pelos intensos desdobramento em 3698-3621 cm^{-1} (hidroxila) e bandas devidas ao silicato (1094-431 cm^{-1}).

No que diz respeito à matéria orgânica associada ao sedimento, algumas considerações podem ser, assim, resumidas: a julgar pela relação C/N, predominam os compostos orgânicos não-nitrogenados sobre os compostos nitrogenados; a amostra oriunda de ambiente mais preservado (rico em material húmico natural) apresenta valor numérico mais expressivo para a relação C/N (28,61); amostra proveniente de canal de drenagem submetido à intensa ação antrópica, por sua vez, apresenta menor valor numérico para a relação C/N (em torno de 5,5). Tais resultados indicam que a ação antrópica se revela pelo aumento de componentes nitrogenados no sedimento, em perfeita concordância com as observações de campo, já que se espera que tais águas residuárias estejam diretamente relacionadas com a poluição fecal.

Este estudo orientativo, preliminar, mostrou-se eficiente na elucidação do quadro geral sobre a qualidade química das águas residuárias de canais de drenagem selecionados na área metropolitana de Belém; permitiu, também identificar a natureza química da matéria orgânica degradada. Talvez sua maior importância esteja relacionada com a identificação de índices elevados de contaminação biológica oriunda de despejos urbanos. Chamam atenção, por exemplo, valores de demanda bioquímica de oxigênio da ordem de 1200 ppm de O_2 e demanda química de oxigênio máxima observada em torno de 2331 ppm de O_2. Tais situações, porém, aparentemente, não são freqüentes; é necessário, nesses casos, proceder monitoramento, empregando um número maior de análises. A condutância específica máxima observada (460 $\mu S.cm^{-1}$, no período chuvoso; 360 $\mu S.cm^{-1}$, período de estiagem) bem demonstra que os efeitos de sazonalidade no estuário (penetração de águas salobras no período de estiagem) é mascarado pelos efeitos de diluição dos mananciais de água doce, mais pobres em eletrólitos. As manifestações mais constantes para o valor numérico da condutividade elétrica parecem mais associadas às contribuições dos despejos urbanos e às características das águas naturais dos mananciais de água doce, cuja contribuição dos componentes em cátions e ânions é, relativamente, baixa.

Registre-se, ainda, como seria de se esperar, baixos valores de oxigênio dissolvido (máximo em torno de 1 ppm de O_2), índices esses incompatíveis com a existência de vida aquática útil. Apreciáveis teores de oxigênio consumido (máximo de 93 ppm de O_2) e de óleos e graxas (1050, 1960, 2012, 2134, 2321, 2460 e 6341 ppm de OG) em diversos pontos de coleta são merecedores de estado de alerta.

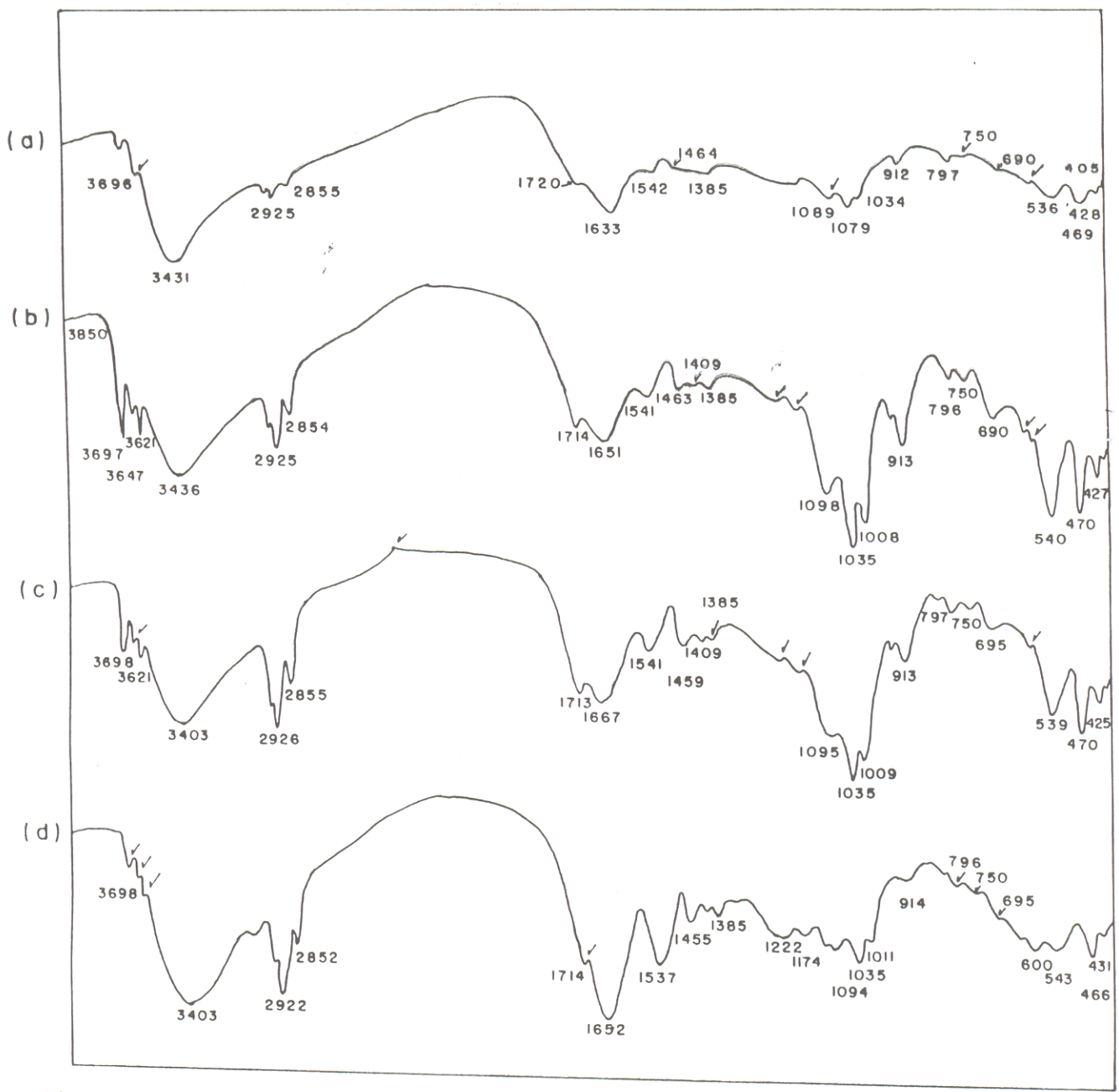


Figura 29 - Espectros de absorção na região do infravermelho. Prensagem de amostras em KBr. Sedimentos ricos em materia orgânica (Região Metropolitana de Belém): material húmico de lago preservado (a); sedimento rico em material húmico (b); sedimentos ricos em matéria orgânica degradada (c, d).

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Este estudo orientativo, preliminar, mostrou-se eficiente na elucidação do quadro geral sobre a qualidade química das águas residuárias de canais selecionados na área metropolitana de Belém, permitindo, também, identificar a natureza química da matéria orgânica degradada; a matéria orgânica (dissolvida, em suspensão, depositada) ocorrente nos canais de drenagem estudados neste trabalho resultam, aparentemente, de contribuição natural oriunda a decomposição de restos de vegetais da floresta e matas ciliares, bem como da influência dos rejeitos domésticos e industriais.

- A degradação da matéria orgânica dissolvida está bem representada pelos teores de oxigênio consumido (máximo de 93 ppm de O_2) e pelos índices de DBO (demanda bioquímica de oxigênio, com registros em 1200 ppm de O_2) e DQO (demanda química de oxigênio, destacando-se os valores com máximo em 2331 ppm de O_2); tais indicativos revelam que nessas águas há forte contribuição de agentes redutores outros (produtos químicos industriais), além da matéria orgânica; revela, também, que a ação de microorganismos ainda se faz sentir, apesar de perdas (talvez apreciáveis) da biomassa microbiana por ação de produtos químicos (desinfetante,detergentes, etc.); em contrapartida, os valores detectados para oxigênio dissolvido são muito baixos (máximo em torno de 1 ppm de O_2), indicativo de ambiente impróprio à vida aquática útil.

- Notável, por exemplo, é a contribuição da matéria orgânica proveniente de despejos de óleos e graxas observados em certos canais em situações tais, mais ou menos constantes, cujos índices merecem estado de alerta (1050, 1960, 2012, 2134, 2321, 2460 e 6341 ppm d e OG).

- A julgar pelos resultados obtidos para as espécies componentes do ciclo do nitrogênio, a contaminação antrópica dessas águas resulta de processos bioquímicos recentes, onde a amônia predomina (máximo em 42 ppm de N e mínimo em 2 ppm N) sobre o nitrito (não se obteve resultado) e o nitrato (máximo em 9 mm NO^{-}_3).

- Teores mais significativos de fosfato (máximo em torno de 6 ppm de PO_4^{-3}) nessas águas residuárias são resultantes de ação antropogênicas associada aos dejetos orgânicos e rejeitos de produtos químicos de uso doméstico e industrial, tendo em conta que o índice de fosfato de águas naturais regionais (preservadas) não atinge 1 ppm de PO_4^{-3}.

- As substâncias húmicas dissolvidas nas vias de drenagem naturais, no estuário e no rio Guamá, tão características de águas amazônicas sob influência da floresta, podem ser utilizadas como indicadores de contaminação antropogênica, a julgar pelos resultados obtidos oriundos da interpretação de espectros de absorção na região do infravermelho relacionados com a matéria orgânica presente nos sedimentos.

- No que diz respeito à matéria orgânica associada ao sedimento, algumas considerações ressaltam: a julgar pela relação C/N predominam os compostos nitrogenados; a amostra oriunda de ambiente mais preservado (rico em material húmico natural) apresenta valor numérico mais expressivo para a relação C/N (em torno de 28,61); a amostra proveniente de canal de drenagem submetido à intensa ação antrópica apresenta menor valor numérico para a relação C/N (às proximidades de 5,5). Tais resultados indicam que a ação antrópica se revela pelo aumento de componentes nitrogenados no sedimento, em perfeita concordância com as observações de campo.

- A interpretação dos espectros de absorção do infravermelho para o material orgânico, extraído pelos procedimentos clássicos de separação da fração húmica, revela semelhanças e diferenças capazes de identificar o grau de degradação da matéria orgânica, servindo de parâmetros adequado a esse fim; a diminuição nas intensidades da bandas devidas aos grupos metil e metileno, no intervalo 2926-2852 cm^{-1}, é indicativo do grau de degradação às proximidades de 3403 cm^{-1} para regiões menos energéticas está associada à matéria orgânica mais degradada.

Do exposto, ressaltam as seguintes recomendações mais imediatas:

- considerando o uso principal a que se destinam as águas do estuário (fonte de alimento, navegação, recreação, balneabilidade, paisagismo) será necessário corrigir os valores numéricos para os parâmetros ambientais (físicos, físico-químicos, químicos, bacteriológicos) dessas águas residuárias mediante tratamento adequado dos despejos urbanos (lixo, esgotos, efluentes industriais);

- a identificação de índices elevados de contaminação biológica oriunda de despejos urbanos sugere a ação de medidas urgentes, pelo poder público, no que diz respeito ao monitoramento dessas águas residuárias, empregando os parâmetros sugeridos e outros não constantes deste trabalho, bem como a implantação de sistemas de tratamento de esgotos, de acordo com as recomendações difundidas na literatura científica;

- deve, também, o poder público estimular e promover estudos e pesquisas em áreas prioritárias de ecotoxicologia para subsidiar as ações de controle preventivo e corretivo da contaminação química no meio ambiente; estabelecer normas, e consolidar padrões visando disciplinar o uso dos recursos naturais; produzir meios que visem a educação ambiental e programa de saúde nas populações menos assistidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMAN, F.L. 1969. **Esboço para a geologia da Cidade de Belém-rio Gurupi e rio Atlântico-rio Guamá**. Belém, Imprensa Universitária. 79 p.

AIKEN, G.R.; McKNIGHT, D.M.; WERSHAW, R.L.; MacCARTHY, P. 1985. **Humic Substances in Soil, Sediments and Water.** J. Wiley, New York.

APHA; AWWA; WPCF. 1975 **Standard Methods for the Examination of Water and wastewater.** Washington D.C. Amer.Pub Health Assoc.90 p.

ARAÚJO, E. C. de. 1986. **Situação atual dos destinos de dejetos humanos de Belém.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro Tecnológico. (Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Sanitária - UFPA).

ATKINSON, G. D. 1971. **Forecaster's Guide to Tropical Meteorology.** USAF (Technical Report, 240).

BENN, F.R. & McAULIFFE, 1981. **Química e Poluição.** Rio de Janeiro, EDUSP / Liv. Técnicos e Científicos SA.

BOLETIM METEOROLÓGICO. Belém, UFPA. Centro de Geociências. Departamento de Meteorologia. Janeiro de 1995 a dezembro de 1995.

BRAILE, P. & CAVALCANTI, J. 1979. **Manual de Tratamento de Água Residuária Industriais**. São Paulo, CETESB, 764p.

BRANCO,S.M. 1986. **Hidrobiologia aplicada a Engenharia Sanitária**. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 620 p.

BRASIL.DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRA E SANEAMENTOS, 1968. **Programa para Saneamento da Grande Belém. Belém, Departamento** Nacional de Obras e Saneamento, Belém. 48p. (Relatório).

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

BRASIL. Departamento Nacional de Obras e Saneamento. 1970 . **Saneamento dos Campos de Bragança.** Belém.2v.(Relatório Provisório)

BRASIL. MME. DNPM. Projeto RADAM, 1974. **Folha SA-22-Belém:** Geologia, geomorfologia, vegetação e uso potencial da terra.. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral. (Levantamento de Recursos Naturais, 5).

BRAZ, V.M.N. 1985. **Estudo da Qualidade de água e abastecimento da zona Urbana de Belém (PA), aplicação a problemática existente no Bairro do Jurunas.** Belém, UFPA. Centro de Geociências. 167 p. Tese (Mestrado em Geoquímica) Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA.

BREZONIK, P. L. 1992. **ChemicalKinecti and Process aynamics Iwaquatic System.** Lewis Publishers. 754p.

CARVALHO, B. de A. 1988. **Geologia aplicada ao Saneamento ambiental.** São Paulo: ABESA: BNH: FEEMA.

CETESB, 1978. **Normalização Técnica NT - 07 Análise Físico-Química de águas.** São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo.

CETESB, 1985. **Determinação de nitrogênio amoniacal e total (Kjeldahl) pelo método de fenato e determinação de fosfato pelo ácido ascórbico.** Projeto de norma técnica (minuta). São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo.

CETESB, 1988. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Guia de coleta e preservação de amostras de água.** São Paulo.

CODEM, 1975. **Pano de Desenvolvimento da Grande Belém: Metodologia, Estudos, Básicos, Prognósticos de Desenvolvimento Sistema. Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém,** v1. tomos 1 e 2 623 p.

CORDEIRO, C.A. 1987. **Estudo da salinalização no estuário do rio Pará no trecho Belém-Mosqueiro.** Belém, UFPA. Centro de Geociências.109 p. Tese (Mestrado em Geoquímica). Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA.

CRUZ, E. 1944. **A água de Belém;** Sistemas de abastecimento usados na capital desde os tempos coloniais aos dias modernos. Belém, ofs. da Revista Veterinária. n. p.

CUSTÓDIO, E, & LLAMAS, M. R.1976. **Hidrologia Subterrânea,** Barcelona, Ediciones Omega.

DACACH, N. G. 1984. **Sistemas urbanos de água.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.

DIAS, L.M.M., 1995. **Baneabilidade das Praias Estuarinas da Ilha de Mosqueiro-PA: Uma Visão Geoquímica Ambiental.** Belém, UFPA. Centro de Geociências.129 p. Tese (Mestrado em Geoquímica). Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA.

DIAS, S. da F. (coord.). 1991. **Estudo ambiental do Utinga:** vida útil do sistema de abastecimento de água de Belém. Belém. Instituto de Desenvolvimento Econômico Social do Pará. 118 p.

ESTEVES, F.A. 1988. **Fudamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro, Ed. Interciência/ FINEP. 575 p.

FARIAS, E.S.; NASCIMENTO, F.S.; FERREIRA, M.A.A. 1992.**Estágio de Campo III.** Área Belém-Outeiro; relatório final. Belém. UFPA - Centro de Geociências. 247p. 4 mapas.

FEACHEM, R.; McGARRY, M.; MARA, D. 1980. **Water, Wates and Health in Hot Climates.** New York, J. Wiley, 399p.

FEEMA.1976. **Análise física e química da água.** Rio de Janeiro: BNH: ABES: FEEMA. v.2.

FORSTNER, U. 1987. Metal speciation in solid wastes-factors affecting mobility. In LANDER, L. (Ed). **Speciation of metals in water, sediment and soil systems**. Berlim, Springer-Verlag. p.13-41. (Lecture Notes in Earth Sciences).

FORSTNER, U. & WITTMANN, G. T. W. 1983. **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. 2 ed. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag. 486 p.

GAUDETTE, H.; FLIGTH; W.R.; TONER, L.; FOLGER, D. W. 1974. An Inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sedments jour. **Sedim. Petrol,** 44(1): 249-253.

GAUDY, Jr., A.F. & GAUDY, E.T. 1988**. Elements of Bioenvironmental Engineering.** San Jose ,Engineering Press (California).

GÓES, A. N. 1981. **Estudos sedimentólogicos dos sedimentos Barrreiras Ipixuna e Itapecuru no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão.** Belém, UFPA. Centro de Geociências. 155 p. Tese (Mestrado em Geologia) Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA.

HAMMER, M. J. 1979. **Sistema de abastecimento de água e esgoto.**Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Cientifícos, 563p.

HEM, J.D. 1970. **Study and interpretation of the chemical caracteristic of natural water.** 2 ed. Washington, U.S. Government Printing Office. 365 p. (Geol. Survey Water-Suply paper, 1473.)

HOROWITZ, A. J. 1985. **A primer on trace Metal-Sediments Chemistry**. U. S. Geological Survey Water-Supply Paper 2277, 67 p.

HUTZINGER, O. (ed) 1980. **The handbook of envioronmental chemistry.** Berlim, Springer-Verlag V.1, part A, 280 p.; V.3, part A, 274 p.

IBGE, 1992a **Anuário Estátistico do Brasil.** Rio de Janeiro.

IBGE, 1992b.**Saneamento básico e problemas ambientais na Região Metropolitana de Belém.** Belém. (Trabalho não Publicado).

IDESP, 1990. **Belém: Estudo Ambiental do Estuário guajarino.** Belém, Instituto do Desenvolvimento Econômico Social do Pará.152p (Relatório de Pesquisa, 17).

IDESP. 1980. **Reconhecimento dos recursos naturais da Região Metropolitana de Belém.** Belém, Instituto de Desenvolvimento Social do Pará. Anexo I. Reconhecimento Hidrológico.

IMHOFF, K. R. & IMHOFF, K.1986, **Manual de tratamento de água residuária.** [S. 1.], Edgard Blii Cher.

JACKSON, M. L.; WHITTIG, L.D.; PENNINGTON, R. P. 1952. Segregation procedure for mineralogic analysis of soils. **Proc. Soil. Soc. Am.** 14:77-81.

JARDIM, W. F. 1992. A contaminação dos recursos hídricos por esgoto doméstico e industrial. **Química Nova** 15 (2).

JONASSON, J. & BOYLE, R. W. 1979. The biochemistry of mercury. In: Effects of Mercury in the Canadian Eviroment. Ottawa, National Research Council Canadá. (NRCC) no 16739, p. 28-49.

JORDÃO, E. & PESSOA, C. 1975. **Tratamento de esgotos domésticos.** São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. v1.

LIMA, R. R. 1979. **Influência da água do mar no rio Pará.** Belém, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. (FCAP. Inf. Tec. 3).

LIMA, W. N. de & KOBAYASHI, C.N. 1988. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvio-estuarino de Barcarena, PA. **Geochimica Brasiliensis,** 2(1): 53-57.

MALTEZ, H. T. & MALTEZ, M. G. 1982 . Águas de Belém, parte I. **O Liberal** , Belém, 17 out. caderno 1.

MALTEZ, H. T. & MALTEZ, M. G. 1984. Substâncias Orgânicas na água: fator de sua degradação. **O Liberal**. Belém, 20 de jun. caderno 1, p15.

MARTONO, et al., 1993. **Estudos Climáticos do Estado do Pará, Classificação climática (Koppen) e Deficiência Hídrica (Thornthwaite, Mather)**, Belém, SUDAM/EMBRAPA.

MAZZEO, T. E. 1991. **Avaliação Ambiental das vias de drenagem da Região Metropolitana de Belém (PA) quanto a disposição dos elementos Ca, Cd, Cr, Fe, K, Mn, Na, Ni, Pb e Zn.** Belém, UFPA. Centro de Geociências. 142 p. Tese (Mestrado em Geologia) Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA.

McNELLY, R. N.; MEIMANIS, V. P.; DWYER, L. 1979. **Water Quality Sourcebook**-A Guide to water Quality Parameters. Ottawa, Inland Water Directorate, Water Quality Branch. 77 p.

MENEZES, L. B. de C.1995. **Estudo de águas destinadas ao consumo da população das baixadas da cidade de Belém, PA (Bairro da Sacramenta). Avaliação da qualidade sob aspectos físico-químico, bioquímico e bacteriológico.** Belém, UFPA. Centro de Geociências 145p. Tese (Mestrado em Geologia) Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA.

METCALF & EDDY.1985. **Ingenharia Sanitária, tratamento, evacuacion y reutilizacioon de aguas residuales.** Barcelona; Labor S. A.

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

MULLER-MELCHERS, F. C. & FERRANDO, H. J. 1956. Técnica para el estudio de las diatomaceas. **Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo**, 7 (12) : 151-160.

NASCIMENTO, F.S. 1995. **Dinâmica de Distribuição dos Poluentes Metálicos e Orgânicos nos Sedimentos de Fundo dos Canais de Drenagem de Belém, PA.** Belém, UFPA. Centro de Geociências.132 p. Tese (Mestrado em Geoquímica). Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA.

NECHET, D. 1993. Variabilidade Diurna da Precipitação em Belém,PA de 1896 a 1991, **Boletim de Geografia Terrética**, Rio Claro,SP, 23, 45 - 46.

NRIAGU, J. O. (ed). 1976. **Enviromental biogeochemistry - Metals Transfer and Ecological Mas Balance.** Michigan, Ann Arbor Science, v. 2, p. 427-797.

NRIAGU, J. O. 1979.Global inventory of natural and antropogenic emissions of trace metals to the atmosfere. **Nature,** 279: 409-411.

NRIAGU, J. O. & COKER, R. D. 1980. Trace metals in humic and fulvic acids from Lake Ontario sediments. **Environmental Science and Tecnology** 4: 443-446.

PAIVA, R. S. 1991. **Composição e biomassa do fitoplâncton na baía de Guajará (PA).** Recife, Universidade Federal de Pernanbuco. 155 p. Tese (Mestrado em Criptógamos) - Curso de Ciências na área de Criptógamos, UFPE, 1991.

PENTEADO, A. R. 1967. **Geografia Urbana de Belém.** Belém, Universidade Federal do Pará. 128 p 2V. (Coleção Amazônica. Série José Verissimo.)

PEREIRA, S.F.P.; LIMA, W. N. de; KOBAYASHI,C.N. 1988. Abordagem preliminar sobre a utilização de sensores bioquímicos na avaliação da poluição hídrica (Bacias de drenagem de Belém,PA). In ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DA QUÍMICA DA AMAZÔNIA, Manaus, 1988. **Anais**. Conselho Regional da Amazônia, Fundação Universidade do Amazônas. p. 208-225.

PINHEIRO, R.V.L. 1987. **Estudo hidrodinâmico e sedimentológico de estuário Guajará-Belém (PA).** Belém, UFPA. Centro de Geociências. 160 p. Tese (Mestrado em Geoquímica) Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA.

REID, G.K. & WOOD, R.D. 1976. Environmental variables of natural waters. In: **Ecology of island waters and estuaries.** 2. ed. New York, Van Nostrand. p. 123-257.

RIBEIRO, H. M. C. 1992. **Avaliação atual da qualidade das águas superficiais dos lagos Bolonha e Água Preta situados na área fisiográfica do Utinga Belém (PA).** Belém, UFPA. Centro de Geociências. 205 p. Tese (Mestrado em Geoquímica) Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA.

RODIER, J. 1981. **Analisis de Las Aguas.** Barcelona, Omega 1059 p.

SANTOS, A. 1986. As águas da região. In: Carajás: desafio político ecológico e desenvolvimento. São Paulo. Brasiliense. p. 156-207.

SAWYER, C. N. & McCARTHY, P. L. 1978. **Chemistry for environmental engineering.** 3. ed. New York, McGraw-Hill Book Co. 532 p

SCHÄFER, A. 1985. **Fundamentos da ecologia e biogeografia das águas continetais.** Porto Alegre. Ed. da UFRGS. 533 p.

SCHIMIST, G. W. 1972. Amounts of suspensed solids and dissolved substances in the middle reches of the Amazon over the course of one year (august 1969-july 1970). **Amazoniana,** 3 (2): 208-223.

SCHNITZER, M. & KHAN, S.U. 1972. **Humic Substances in the Environment.** New York, Marcel Dekker.

SCHOELLER, H. 1962. **Les eaux souterranies.** Mason, Paris. 237 p.

SIOLI, H. 1951. Alguns resultados e problemas da limnologia Amazônica. **Bol. Téc. Inst. Agr. Norte,** Belém (24): 45-65.

SIOLI, H. 1951. Alguns resultados e problemas da limnologia Amazônica. **Bol. Téc. Inst. Agr. Norte,** Belém (24): 45-65.

SIOLI, H. 1960. Pesquisa limnológica na região da estrada de ferro de Bragança - Estado do Pará - Brasil. **Bolétim Técnico Inst. Agr. Norte,** Belém, (37): 37-91.

SIOLI, H. 1967. Estudies in Amazonian water. In: SIMPOSIO SOBRE A BACIA AMAZÔNIA, Belém, 1976. **Atas**. Rio de Janeiro, CNPQ. v. 3, p. 9-50.

SIOLI, H. & KLINGER, H. 1962. Solos tipo de vegetação e águas na Amazônia. **Bol. Mus. Paraense Emilio Goeld.** (1):27-41 Série avulsa.

SOUZA, H.B. & DERISIO, J.C. 1977. **Guia técnico de coleta de amostra de água.** São Paulo.

STEVENSON, F.J. 1982. **Humus Chemistry:** Genesis, Composition, Reactions. New York, Wiley. Interscience.

SUDAM - 1976 - **Monografias da Baixada de Belém.** 2a. ed.Belém. 2v.

SUDAM - 1979 - A ação da SUDAM no saneamento da Amazônia. In: CONGERSSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 10, Rio de Janeiro. n. p.

TOMMASI, L. R. & GRIENSINGER, B. 1982. Proposta para um manejo correto das regiões costeiras. **Ciência e Cultura,** 35 (16): 709-721.

VIEIRA, S.; CHAVES, R.S.; CRAVO, M. da S. 1979. **Levantamento dos solos da área da grande Belém.** Belém, Instituto do Desenvolvimento Econômico Social do Pará. 39p. (Relatório).