



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

---

**IMPACTOS DA OCUPAÇÃO URBANA E QUALIDADE DAS ÁGUAS  
SUPERFICIAIS NA MICROBACIA DE VAL-DE-CÃES (BELÉM/PA)**

ROMERO DE ALBUQUERQUE MARANHÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

BELEM-PA  
2007



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

---

**IMPACTOS DA OCUPAÇÃO URBANA E QUALIDADE DAS ÁGUAS  
SUPERFICIAIS NA MICROBACIA DE VAL-DE-CÃES (BELÉM/PA)**

ROMERO DE ALBUQUERQUE MARANHÃO

Prof. Dr<sup>a</sup> CARMENA FERREIRA DE FRANÇA  
Orientadora

Prof. Dr. GILMAR VANZELER SIQUEIRA.  
Co-orientador

BELÉM-PA  
2007

*Dedico este trabalho a minha família, aos meus amigos e aos moradores da microbacia de Val-de-Cães.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meus caminhos e pelo dom da vida, repleto de saúde, força de vontade, esperança e fé.

À Isabel, esposa, parceira e amiga de todas as horas, exemplo de dedicação e apoio, merecedora de todos os créditos relativos à família e à tranquilidade que esta proporciona, merecendo ser homenageada como a real co-autora deste trabalho.

Ao meu filho Raphael, maior presente da minha vida, amigo e companheiro, pela paciência de não ter o pai presente quando precisava, pela tolerância de ser muitas vezes trocado pelo trabalho / estudo e pelo estímulo que sempre representou para eu fazer cada dia mais e melhor.

Ao meu pai e à minha mãe pela lição de vida que me deram, pelo exemplo que são para mim e pela incansável labuta em prol da minha educação.

Aos meus irmãos, pelo apoio que dedicaram durante todo esse tempo, pelo acompanhamento e bons momentos.

À Professora Dr<sup>a</sup> Carmena França, um agradecimento especial, por representar mais que uma orientadora, um exemplo de pessoa e profissional, ao mesmo tempo uma mestre, sem a qual este trabalho não teria chegado ao final. Acredito que aprendi muito e enriqueci meus conhecimentos durante esse período.

Aos professores Dr. Gilmar Vanzeler e Dr<sup>a</sup> Maria Thereza Prost, pelas contribuições durante o exame de qualificação e de pré-defesa da dissertação, sem os quais este trabalho seria muito mais limitado e menos relevante.

Aos Professores do PPGeo, em especial ao Professor Dr<sup>a</sup> João Marcio Palheta da Silva, pelas inúmeras conversas e ensinamentos geográficos, sem os quais eu não teria compreendido o fascinante mundo pelo prisma geográfico. Aos Professores Dr. Cláudio Szlafsztein, Dr. Gilberto Rocha e Dr<sup>a</sup> Janete Coimbra pela atenção e conhecimentos transmitidos durante as instigantes aulas e discussões.

Aos Coordenadores do PPGeo pela oportunidade que me foi oferecida e pela constante preocupação com a minha formação geográfica.

À Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Geografia, em especial à Marlene, pelo apoio de sempre, pelas incansáveis ligações telefônicas e longas esperas.

Ao Professor Dr. Carlos Bordalo pelas enriquecedoras discussões e contribuições no campo profissional.

Aos colegas e amigos do primeiro momento, Christian Nunes e Shirley Tozzi, cujo apoio irrestrito ajudou-me a minimizar a insegurança e a falta de convicção na fase inicial do Curso.

Aos demais amigos da turma 2004, Benedito Valente, Ingrid, Marcos Mascarenhas, Giovani, Antônio Júnior e Ivone pelos calorosos momentos de descontração, aprendizagem e lazer.

Ao representante da turma Giovani meu eterno agradecimento pelas inúmeras intervenções em prol da minha formação. Acredito que hoje posso reafirmar que você foi um grande companheiro.

As colegas da turma 2005, Leia e Lílian, muito obrigado pelos momentos de paz, amizade, descontração e aprendizado, vocês são ótimas.

A Marinha do Brasil pela autorização e amparo nos momentos mais difíceis.

Aos colegas e amigos da Base Naval de Val-de-Cães pela inquestionável ajuda nas horas de suor e sacrifício, onde somente aqueles que labutam naquela rotina entendem o fabuloso momento de estudar.

Ao Capitão-de-Mar-e-Guerra Elidio Fernandes Filho pela confiança e pela oportunidade que representou o começo de toda a minha empreitada.

Ao Capitão-de-Mar-e-Guerra Paulo Roberto da Natividade Correa pelo apoio nesta fase final do curso e oportunidade que me foi concedida. Aproveito o ensejo para demonstrar que apesar da antiguidade, há um vínculo de amizade.

Aos militares das minhas divisões pelas incansáveis demoras e momentos de impaciência. Saibam que nunca estive ausente, pois a preocupação e responsabilidade sempre me acompanharam.

Aos meus estagiários pelas longas ausências em prol do meu sonho.

Aos amigos das empresas INFRAERO, PETROBRAS, TRANSPETRO e ALPINA BRIGGS pelo constante apoio nos trabalhos de campo e publicação dos primeiros resultados deste estudo.

A todos aqueles que, apesar de não citados, colaboraram direta ou indiretamente, para a realização de mais uma importante etapa em minha vida, meus eternos agradecimentos.

*“Somos parte da Terra e ela é parte de nós. Esta água brilhante que corre nos rios e regatos não é apenas água, mas sim o sangue de nossos ancestrais... Os rios são nossos irmãos. Eles saciam nossa sede. Os rios transportam nossas canoas e alimentam nossos filhos. Tudo que fere a Terra, fere os filhos e filhas da Terra. De uma coisa sabemos: a Terra não pertence ao homem. É o homem que pertence a Terra. Disto temos certeza. Todas as coisas estão interligadas como o sangue que une uma família. Tudo está relacionado entre si. Não foi o homem que teceu a trama da vida: ele é meramente um fio da mesma. Tudo o que fizer à trama, a si mesmo fará”.*

Trecho do discurso do Cacique Seattle ao grande Chefe de Washington.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CDP – Companhia Docas do Pará.

CODEM – Companhia de Desenvolvimento do Pará.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente.

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias.

IESAM – Instituto de Estudos Superiores da Amazônia.

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPA – Instituto de Pesquisas da Amazônia.

MPEG – Museu Paraense Emílio Goeldi.

NAEA – Núcleo de Altos Estudos Ambientais.

OD – Oxigênio Dissolvido

PMB – Prefeitura Municipal de Belém

SUDAM – Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia.

UEPA – Universidade Estadual do Pará.

UFPA – Universidade Federal do Pará.

UFRA – Universidade Federal Rural de Amazônia.

UNT- Unidade Nefelométrica de Turbidez.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização e delimitação da Bacia Hidrográfica.....	10
Figura 2: Temperatura média mensal (°C) referente ao período de 1961-1990.....	11
Figura 3: Umidade relativa do ar (%) em Belém. Média Mensal do período de 1961-1990.....	12
Figura 4: Precipitação média mensal (mm), referente ao período de 1961-1990.....	12
Figura 5: Evaporação mensal (mm), referente ao período de 1961-1990.....	13
Figura 6: Balanço Hídrico de Belém, referente ao período de 1961-1990.....	14
Figura 7: Mapa com a caracterização dos tipos de solos da microbacia de Val-de-Cães.....	18
Figura 8: Mapa dos Pontos de Coleta de água.....	24
Figura 9: Alterações na quantidade e qualidade das águas declinam, com o uso intensivo do uso e ocupação do solo em função do desenvolvimento econômico e conseqüente aumento do nível de poluição.....	34
Figura 10: Mapa base da Microbacia Val-de-Cães.....	42
Figura 11: Vista aérea da vegetação remanescente na microbacia do igarapé Val-de-Cães e as moradias do conjunto residencial CDP, mostrando o avanço da população sob a mata ciliar.....	43
Figura 12: Rodovia Arthur Bernardes construída acima do canal de retificação do Igarapé Val-de-Cães, rompendo com a dinâmica do curso d'água, estrangulando seu fluxo, a exemplo de um funil.....	45
Figura 13: Lixo depositado ao longo da mata ciliar remanescente as margens do Igarapé Val-de-Cães e que com as constantes chuvas chega ao corpo hídrico.....	46
Figura 14: Palafitas sob o Igarapé Val-de-Cães, mostrando a falta de planejamento e infra-estrutura das instalações, a ocupação em área irregular de acordo com o Código Florestal e a evidência de que a população de baixa renda procura as baixadas.....	47
Figura 15: Mapa de Uso e Ocupação do Solo.....	53

Figura 16: Ortofoto da microbacia do Igarapé Val-de-Cães delimitando o uso e a ocupação do solo.....	54
Figura 17: Representação gráfica do percentual de distribuição dos tipos mais comuns de entrada de poluentes no Igarapé Val-de-Cães.....	67
Figura 18: Depósito de lixo clandestino, situado nas proximidades das margens do corpo hídrico, no Bairro de Val-de-Cães.....	68
Figura 19: Variação espacial da turbidez nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	76
Figura 20: Variação espacial da condutividade nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	78
Figura 21: Variação espacial de pH nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	80
Figura 22: Variação espacial na concentração de OD nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	81
Figura 23: Variação espacial da temperatura da água nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	83
Figura 24: Variação espacial de amônia nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	85
Figura 25: Variação espacial de nitrito nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	87
Figura 26: Variação espacial de nitrato nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	88
Figura 27: Variação espacial de fósforo nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	90
Figura 28: Variação espacial de DBO nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	92
Figura 29: Variação espacial de ferro nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	93
Figura 30: Variação espacial de cromo nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	94

Figura 31: Variação espacial de óleos e graxas nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	96
Figura 32: Variação espacial de Coliformes totais nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.....	98
Figura 33: Variação espacial das concentrações médias de OD e DBO no Igarapé Val-de-Cães.....	99
Figura 34: Variação espacial das concentrações médias de nitrato, nitrito, amônia e OD no Igarapé Val-de-Cães.....	101
Figura 35: Variação espacial das concentrações médias de Óleos e graxas x OD no Igarapé Val-de-Cães.....	103

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: População dos bairros que influenciam na Microbacia.....	19
Tabela 2: Uso do Solo na microbacia hidrográfica.....	39
Tabela 3: Espécies que são encontradas com mais frequência nas do Igarapé Val-de-Cães.....	66
Tabela 4: Estimativa de Vazão esgoto e carga orgânica gerada na microbacia em estudo.....	71
Tabela 5: Estimativa de Carga orgânica e vazão de esgoto gerada nas em algumas microbacias da Cidade de Belém.....	72
Tabela 6: Resultados das análises físico-químicas e biológicas das amostras coletadas no igarapé Val-de-Cães, durante os período chuvoso (fevereiro de 2004) e período seco (agosto de 2005).....	74

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
EPIGRAFE.....	vi
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
<b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>2 – ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>9</b>
<b>3 – METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
<b>4 – CRESCIMENTO POPULACIONAL, OCUPAÇÃO URBANA E IMPACTOS AMBIENTAIS.....</b>	<b>31</b>
<b>5 – IMPACTOS DA OCUPAÇÃO URBANA NA MORFOLOGIA E NA DRENAGEM DA MICROBACIA DE VAL-DE-CÃES.....</b>	<b>38</b>
<b>6 – IMPACTOS DA OCUPAÇÃO URBANA NA COBERTURA VEGETAL E NO USO DA TERRA NA MICROBACIA DE VAL-DE-CÃES.....</b>	<b>49</b>
<b>7 – CONTAMINAÇÃO E POLUIÇÃO DAS ÁGUAS: INDICADORES DE QUALIDADE.....</b>	<b>55</b>
<b>8 – QUALIDADE E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA MICROBACIA DE VAL-DE-CÃES.....</b>	<b>64</b>
<b>9 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>111</b>
<b>10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>118</b>
<b>11– ANEXOS.....</b>	<b>127</b>

## RESUMO

A microbacia hidrográfica de Val-de-Cães, com 10,10Km<sup>2</sup>, situada na porção norte do Município de Belém, apresenta como característica a densa ocupação urbana, representada por ocupações clandestinas, conjuntos residenciais e por áreas institucionais. O presente estudo analisa os impactos provenientes pelas principais formas de ocupação e uso da microbacia de Val-de-Cães, utilizando como indicador a qualidade das águas superficiais do corpo hídrico. As análises das águas foram realizadas em dois períodos, um chuvoso (fevereiro) e outro seco (agosto), sendo determinados os seguintes parâmetros: turbidez, condutividade, cor, pH, Oxigênio Dissolvido, temperatura, componentes nitrogenados, Demanda Bioquímica de Oxigênio, metais, óleos e graxas e coliformes totais e fecais. A água do igarapé revelou valores elevados na jusante do igarapé, possivelmente pela influência direta da baía do Guajará, para o pH, óleos e graxas, coliformes e Demanda Bioquímica de Oxigênio. Na nascente os parâmetros de coliformes totais e Demanda Bioquímica de Oxigênio apresentam valores que são considerados elevados em relação aos demais pontos de coleta, mas é o local que apresenta considerável número de palafitas nas proximidades e pouca vegetação. A presença de efluentes domésticos e esgotos são retratados principalmente pela quantidade de coliformes, óleos e graxas, turbidez e teor de fósforo nas amostras coletadas em ambos os períodos e pelo grande número de pontos de descargas que aumentam a cada dia.

## ABSTRACT

The hidrografic basin of Val-de-Cães, with 10,10Km<sup>2</sup>, situated in the portion north of the City of Belém, presents as characteristic the dense urban occupation, represented for clandestine occupations, joint residential and for institucional areas. The present study it analyzes the impacts proceeding for the main forms from occupation and use of the basin of Val-de-Cães, using as indicating the quality of superficial waters of the hidric body. The analyses of waters had been carried through in two periods, rainy (February) and a other dry one (August), being determined the following parameters: turbidez, condutividade, color, pH, Dissolved Oxygen, nitrogenados components, temperature, Demand Biochemist of Oxygen, metals, oils and greases and total and fecais coliformes. The water of the narrow river disclosed values raised in downstream of the narrow river, possibly for the direct influence of the bay one of the Guajará, for pH, oils and greases, coliformes and Demand Biochemist of Oxygen. In the spring the parameters of total coliformes and Demand Biochemist of Oxygen present values that are considered raised in relation to the too much points of collection, but are the palafitas place that presents considerable number in the neighborhoods and little vegetation. The presence of effluent domestic servants and sewers is portraied mainly by the amount of coliformes, oils and greases, turbidez and text of match in the samples collected in both the periods and for the great number of dump points that increase to each day.

## **IMPACTOS DA OCUPAÇÃO URBANA E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA MICROBACIA DE VAL-DE-CÃES (BELÉM-PA)**

### **1 – INTRODUÇÃO**

Os problemas ambientais urbanos têm sido um tema muito debatido, principalmente porque é nas cidades que ocorre a maior concentração populacional, mas os níveis de consumo da sociedade atual e as formas de apropriação dos recursos é que tem ocasionado a degradação ambiental, comprometendo assim a qualidade de vida dessa população.

Dentre as principais alterações introduzidas no espaço construído, as mais comuns são: retirada da cobertura vegetal, alteração nas formas topográficas, aumento de escoamento superficial, acúmulo de resíduos sólidos e poluição hídrica.

A microbacia hidrográfica de Val-de-Cães, situada na porção norte do Município de Belém, apresenta como características a densa ocupação urbana, representada pelas ocupações clandestinas e pelos conjuntos residenciais (CDP e Promorar), além da ocupação por áreas institucionais (Base Aérea de Belém, Infraero e Base Naval de Val-de-Cães).

O processo de ocupação da microbacia de Val-de-Cães iniciou-se na década de 40, com a presença das Forças Armadas, ao construir o Aeroporto de Belém e a Base Naval de Val-de-Cães.

Após esse período de ocupação institucional tornou-se crescente a migração de famílias para esta área, talvez em busca de novas oportunidades, talvez pela



dificuldade de encontrar moradia em locais com infra-estrutura, ocorrendo de forma rápida e sem um planejamento urbano, condizente com sua velocidade e amplitude.

A lógica de ocupação puramente econômica, vem desrespeitando as normas ambientais que tratam do parcelamento do solo e da qualidade da água, dentre elas o Código Florestal e a própria Constituição da República Federativa do Brasil - no que diz respeito à preservação do meio ambiente e da vegetação - priorizando o lucro, desencadeando a especulação imobiliária, e conseqüentemente supervalorizando o solo urbano.

Por outro lado, a valorização urbana das áreas planálticas que é incompatível com a renda da população, torna as várzeas da microbacia o substrato propício para abrigar os excluídos sociais e aqueles com baixo poder aquisitivo.

Desta forma, o Igarapé tem se tornado um corpo hídrico receptor de descargas das atividades antrópicas desenvolvidas. Encontra-se com um aspecto visual não aprazível, com suas águas impróprias para o lazer e com a presença de Coliformes fecais e totais.

O rio representa, primeiramente, para a comunidade local, um elemento da paisagem rural que contrasta com a urbana permitindo a existência de uma perspectiva de retorno a um ambiente salutar ante as dificuldades sociais e econômicas que perduram na população.

É importante atentar que a drenagem natural interage também com a população sob dois aspectos. O primeiro é o caráter lúdico, que permite a comunidade do seu entorno direto desfrutar de uma paisagem visual bela, tornando-se uma fonte de lazer. O segundo aspecto advém da interação do Igarapé com a

Baía do Guajará cujas águas ao invadirem o leito da drenagem natural irriga-o com faunas aquáticas que permite, ao longo do seu curso, a pesca, para alguns uma fonte de alimentação, o que implica na existência de uma relação que supera, em parte, isto é, na visão da comunidade, a questão ambiental.

As ações do homem como agente geomorfológico aceleram os processos naturais e desta forma degradam o meio em que vive, reduzindo drasticamente o seu tempo de vida e, conseqüentemente, influenciando na sua qualidade.

O presente trabalho propõe-se a elaborar uma análise ambiental com base nos parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas superficiais do Igarapé Val-de-Cães, identificando como se manifestam os principais impactos decorrentes do processo de urbanização.

Para isso, procura-se entender, de forma integrada, a dinâmica de uso e ocupação do solo e sua influência na qualidade das águas superficiais.

O estudo da microbacia hidrográfica do Igarapé Val-de-Cães vem atender aos interesses da Marinha do Brasil e de empresas parceiras em compreender os efeitos da ocupação e do crescimento populacional. Atender ao dispositivo previsto na legislação ambiental vigente, quanto à elaboração do Plano de Emergência Individual (PEI), diante de futuras intervenções militares, estratégicas, sociais e outras, estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 293 e na Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), para, de certa forma contribuir para com a população local que necessita de assistência governamental, quanto aos aspectos de saneamento, saúde e educação, essenciais à melhoria da qualidade de vida e, conseqüentemente, da melhoria ambiental.

Além disso, há o interesse de realizar tal projeto, visando entender as principais formas de ocupação e uso do solo, e sua correlação com a qualidade das águas superficiais do Igarapé, dentro do Curso de Mestrado em Geografia, vinculado à linha de pesquisa Gestão dos Recursos Naturais e Meio Ambiente. Corroborando com a idéia de que preservar a relação existente entre o Igarapé e o seu meio, “a priori”, é de fundamental importância ante a perspectiva de agravamento da questão sócio-econômica da população local.

Com a análise ambiental, busca-se contribuir com subsídios para o ordenamento/planejamento territorial, para o Programa de Gestão Ambiental do Município e para o Sistema de Monitoramento de Bacias Hidrográficas Urbanas.

É importante chamar a atenção para a importância de estudos que levem em consideração as dimensões da Bacia Hidrográfica como o objeto de investigação, principalmente em áreas estuarinas, em virtude das recentes discussões sobre o GERCO (Gerenciamento Costeiro), do ZEE (Zoneamento Econômico-Ecológico) e dos demais instrumentos de intervenção e planejamento territorial, como o Plano Diretor, ou dos programas de desenvolvimento que apontam o turismo como alternativa viável.

De acordo com Oliveira et al. (2005), é necessário desenvolver estudos de caso relacionados à urbanização, a fim de que possamos compreender as interferências antrópicas na história geoambiental do Brasil.

Além disso, a poluição dos recursos hídricos decorrentes das atividades urbanas compromete a qualidade, conseqüentemente, os usos da água, expondo

populações humanas a doenças. A cada ano, mais de 2 bilhões de pessoas são afetadas por doenças de veiculação hídrica (WHO, 1992).

A interação dinâmica dos processos antrópicos e naturais nas áreas urbanas, em geral apresentam aspectos diferenciados nas áreas ocupadas por populações de renda mais baixa do que nas demais.

Esse tipo de correlação indica que certos aspectos merecem ser aprofundados no sentido da análise sociológica e política, verificando-se, por exemplo, a correlação entre as relações existentes entre os homens e entre eles e a natureza, o que configura um quadro explicativo complexo, porém necessário, dos vários aspectos da degradação ambiental (do meio físico, biótico e da sociedade) que interagem numa dinâmica prejudicial à vida humana (TER-STEPANIAN, 1988; SUERTEGARAY, 2000).

## **1.1 – OBJETIVOS**

O objetivo principal deste trabalho consiste em analisar as principais formas de ocupação e uso do solo na Microbacia Hidrográfica do Igarapé Val-de-Cães e os impactos ambientais decorrentes, tendo como indicador a qualidade das águas superficiais com suas características físico-químicas e biológicas, numa abordagem que permita identificar e relacionar aos processos existentes na área do estudo.

Os objetivos específicos traçados são:

- Analisar e caracterizar os tipos de construção, os tipos de despejos de dejetos e demais resíduos (saneamento) e a densidade da cobertura vegetal mantida;
- Identificar os principais elementos poluentes existentes no ambiente;

- Apresentar o atual quadro de degradação ambiental da microbacia hidrográfica da Val-de-Cães, baseado no geoindicador da qualidade superficial da água;
- Classificar a água superficial quanto a balneabilidade (recreação de contato primário) em consonância com a Resolução nº 20, do CONAMA; e
- Fornecer dados que possam auxiliar na implementação de ações, objetivando ao uso racional dos recursos hídricos da microbacia hidrográfica.

## 2 – ÁREA DE ESTUDO

A microbacia de Val-de-Cães está inserida na divisão estabelecida pela Prefeitura de Belém, dentre as 14 Bacias Hidrográficas que compõem o Município e abrange três distritos administrativos, a saber: Distrito Administrativo do Bengui - Daben, da Sacramenta - Dasac e do Entroncamento - Daent. A rede de drenagem natural estende-se por seis bairros, que são: São Clemente (Daben), Bengui (Daben), Pratinha (Daben), Val-de-Cães (Daent), Maracangalha (Dasac) e Miramar (Dasac) (PMB, 2000; LISBOA,2003).

O igarapé Val-de-Cães é tributário da Baía do Guajará, desaguando na porção norte da Cidade de Belém, conforme a figura 1. O Igarapé apresenta sua nascente às margens da Rodovia Augusto Montenegro (entrada do bairro do Bengui), com coordenadas UTM N=9848398,90m e E=784185,01m e sua foz na Baía de Guajará, com coordenadas UTM N=9845012,06 m e E=778907,83 m. As coordenadas geográficas são: latitude 1° 22' 09,5" S e longitude 48° 26' 49,7" WGr na nascente e latitude 01° 23' 83" S e longitude 048° 29' 43" WGr na foz.

A Área de abrangência da microbacia: 10,10 Km<sup>2</sup> ou 1010,9255 ha, tendo o curso de seu afluente principal 7.213,83m (CODEM,1996).

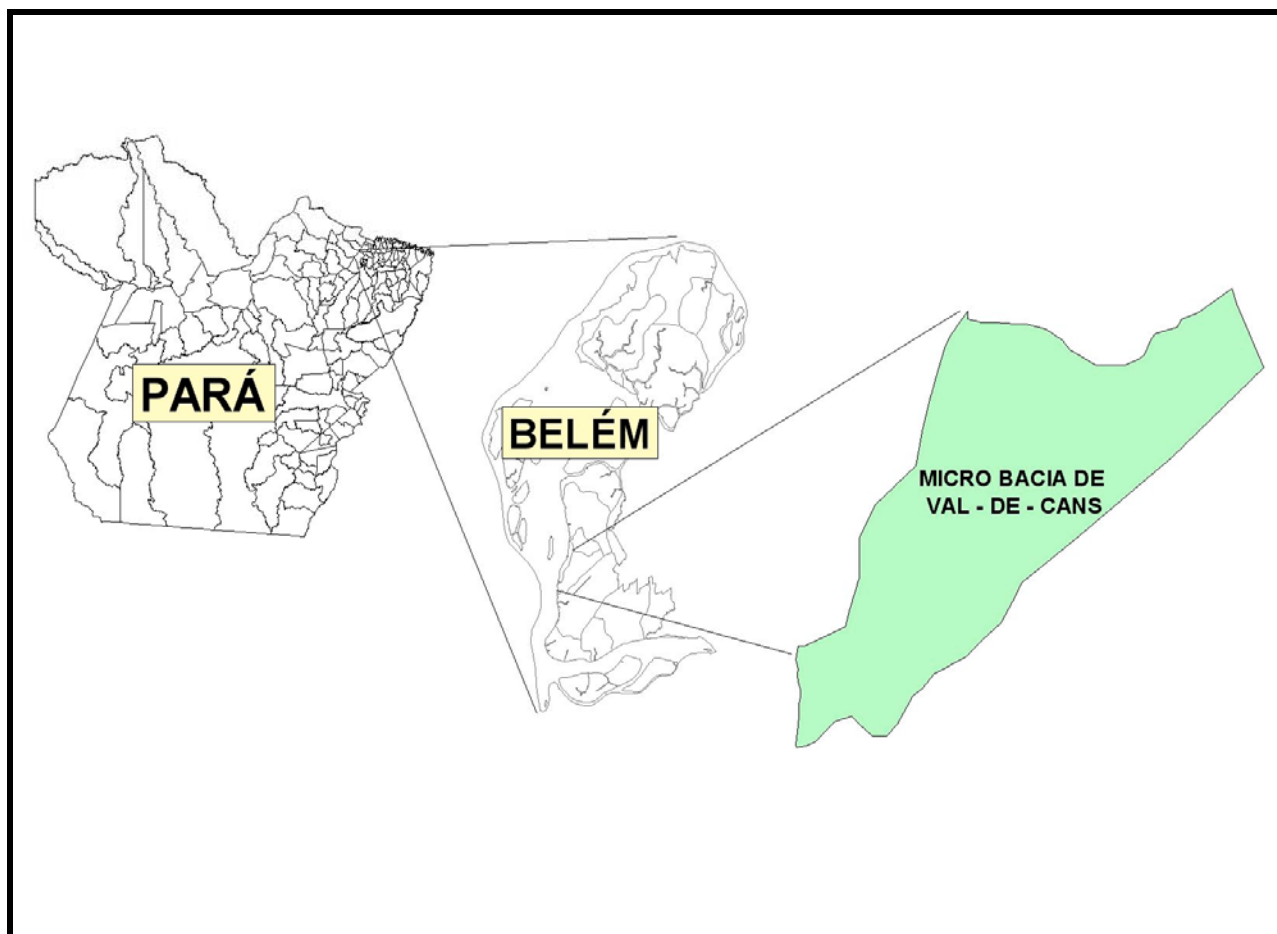


Figura 1: Localização e delimitação da Microbacia Hidrográfica do Igarapé Val-de-Cães (adpatado de Marinha do Brasil, 2005).

O Igarapé Val-de-Cães está inserido num contexto sócio-econômico de grande importância para o Município, pois apresenta em sua microbacia o Aeroporto Internacional de Belém, uma das principais portas de entrada e saída da cidade. Além disso, possui um importante terminal de petróleo e derivados em sua área de abrangência que recebe, estoca e movimenta milhões de litros de petróleo.

Nesta microbacia, estão as principais rotas rodoviárias da cidade, dentre elas a Rodovia Arthur Bernardes, a Avenida Júlio César, a Rodovia dos Trabalhadores - conhecida como Transmangueirão, a Rodovia Augusto Montenegro e o acesso para

a Avenida Pedro Álvares Cabral, pelas quais circulam e escoam basicamente, todos os produtos produzidos e comercializados no terminal petroquímico de MIRAMAR e os turistas que visitam a cidade.

## 2.1 - CONDICIONANTES CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS

O clima de Belém pertence à categoria climática “tropical úmido”, do tipo Af, segundo a classificação de Köppen (NASCIMENTO, 1995), cujas características principais são: altas temperaturas, com média mensal sempre acima de 18° C (Figura 2), altos índices de umidade relativa do ar, chegando a 91% nos meses mais chuvosos (Figura 3) e precipitações abundantes, com totais oscilando entre 2200 e 3300 mm anuais.

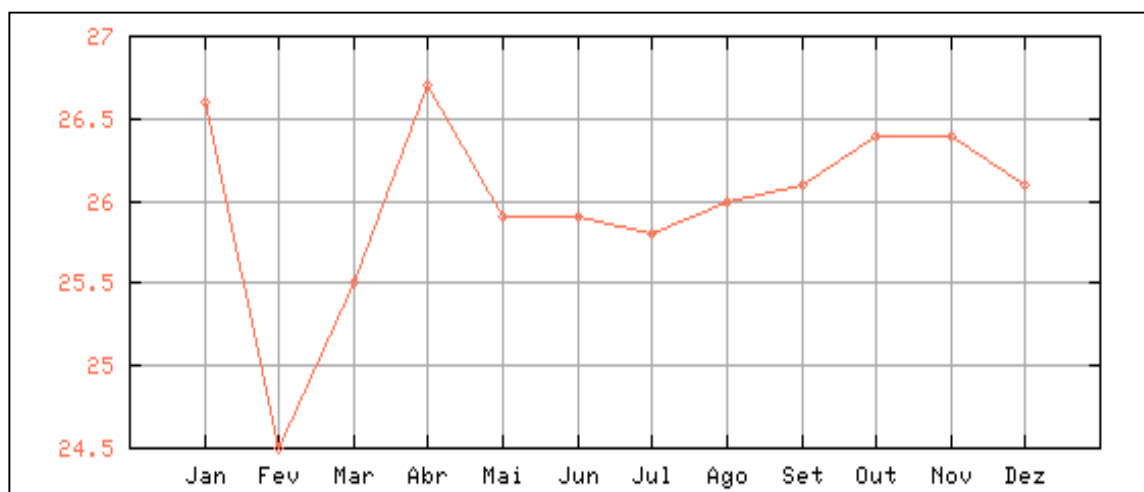


Figura 2: Temperatura média mensal (°C) referente ao período de 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2005).



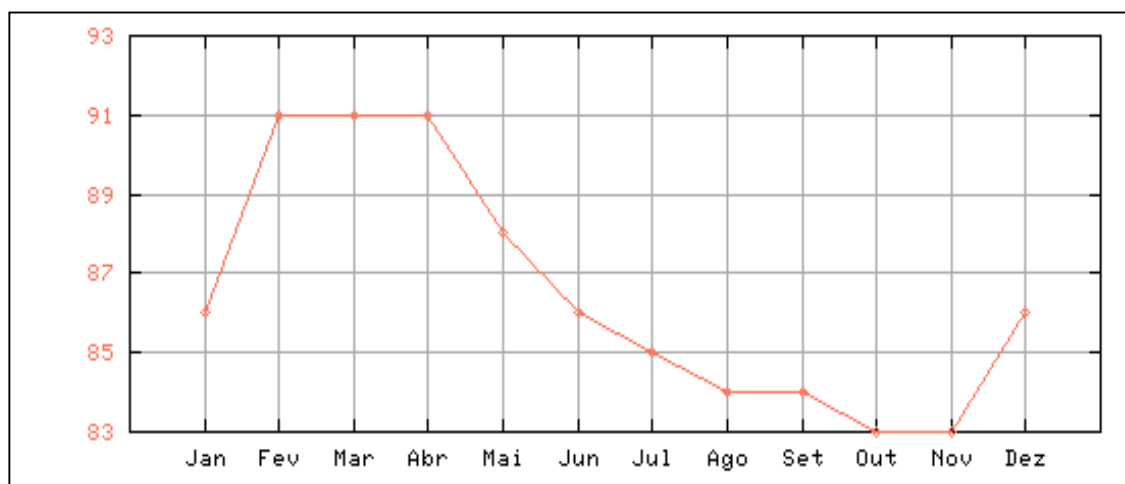


Figura 3: Umidade relativa do ar (%) em Belém. Média Mensal do período de 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2005).

Os altos índices pluviométricos são distribuídos em duas estações. Sendo o período menos chuvoso, compreendido entre julho e novembro, com precipitação média mensal de 120mm, e o período mais chuvoso, entre dezembro e maio, com precipitação média mensal de 300mm (Figura 4). A evaporação mais intensa ocorre nos meses de julho a novembro (Figura 5).

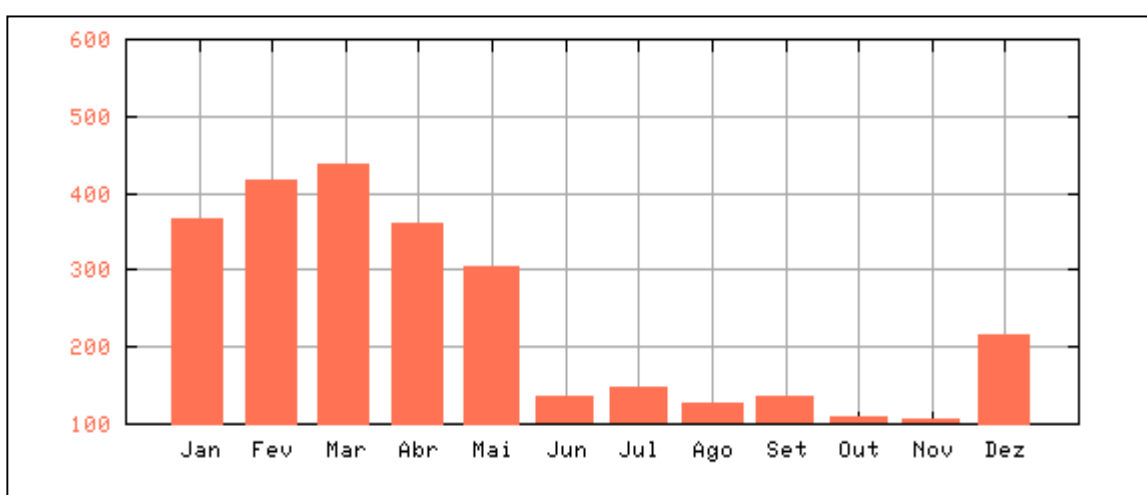


Figura 4: Precipitação média mensal (mm), referente ao período de 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2005).

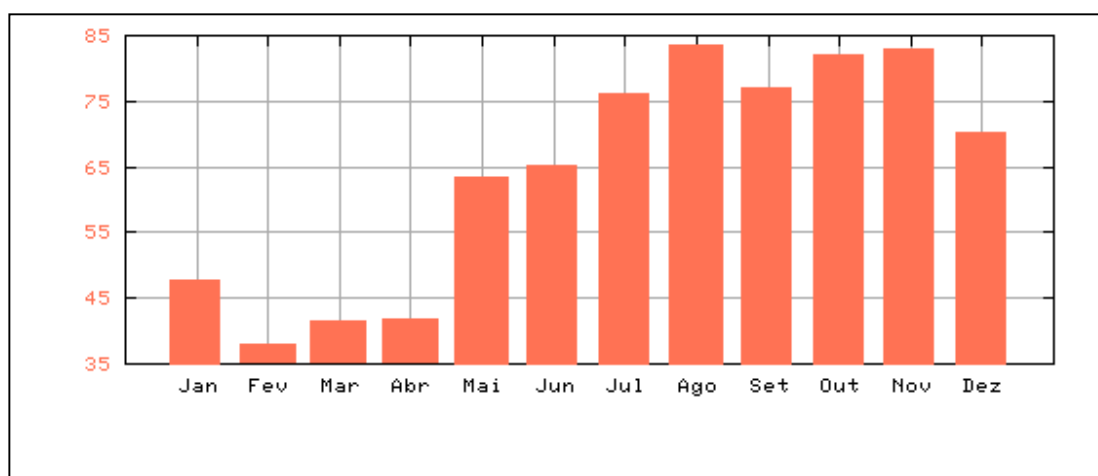


Figura 5: Evaporação mensal (mm), referente ao período de 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2005).

O Comportamento climático da região, sem uniformidade, ocasiona período de excesso e deficiência de água. Estudos climáticos desenvolvidos por Moraes (1999) em Belém, apontaram por meio de um balanço hídrico, excedente hídrico no período compreendido entre os meses de dezembro e julho. Por outro lado, no período de setembro a novembro, o estudo revelou uma deficiência de água, como demonstra o gráfico (Figura 6):

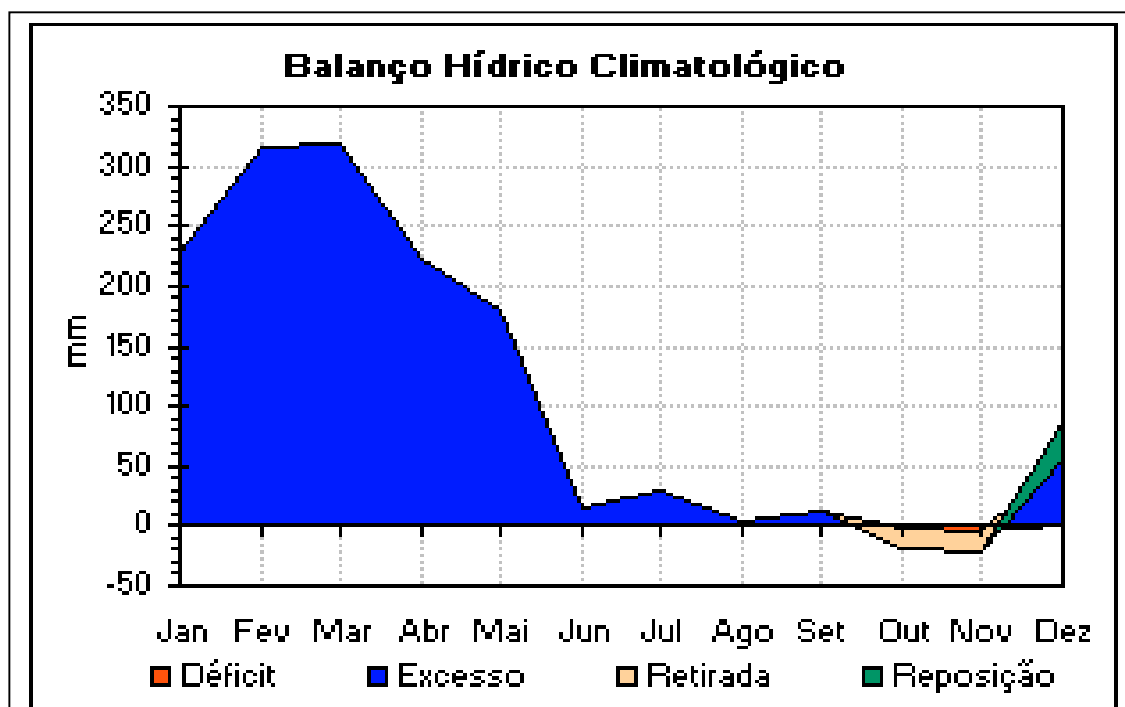


Figura 6: Balanço Hídrico de Belém, referente ao período de 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2005).

## 2.2 – VEGETAÇÃO

A vegetação existente na bacia do Igarapé Val-de-Cães apresenta um significativo grau de alteração antrópica, devido à construção de diversos conjuntos habitacionais, à instalação de equipamentos urbanos, além de obras de infraestrutura que suprimiram a vegetação original. Porém, nas áreas institucionais, pertencentes à Aeronáutica e a Marinha, temos um dos últimos bosques remanescentes, constituído por mata secundária.

### 2.3 – MORFOLOGIA DA ÁREA

Para Ferreira (1995), a morfogênese de Belém e suas características apóiam-se na história geológica da Bacia Sedimentar da Foz do Rio Amazonas, principalmente no que se refere aos processos que ocorreram nos Períodos Terciário e Quaternário.

A Região Metropolitana de Belém está inserida na Plataforma do Pará, uma das feições estruturais mais importantes da Bacia Sedimentar da Foz do Rio Amazonas que é limitada a noroeste pelo Escudo das Guianas e a sudoeste, pelo Escudo Central Brasileiro.

De acordo com Pinheiro (1987) e Ferreira (1995), Belém divide-se em duas grandes unidades morfológicas: os terraços de idade pleistocênica, também chamados de terras-firmes, livres das inundações periódicas e com topografia que varia de 4 a 20 metros de altitude; e as planícies de inundações holocênicas, correspondentes às chamadas várzeas ou baixadas, com topografia igual ou inferior a 4 metros de altitude.

As baixadas ou várzeas abrangiam de 40% do município de Belém, hoje tais áreas foram reduzidas em função da ocupação de cerca de 550 mil habitantes quase 38% da população total, de acordo com os dados da CODEM (1997).

A rigor, as baixadas são várzeas que surgem como alternativas de moradia da população de baixa renda.

O igarapé Val-de-Cães possui uma planície de inundação que é inundada diariamente pelas águas da baía do Guajará, que penetram pelo igarapé sob influência das marés e é também inundada sazonalmente durante os períodos de maiores índices pluviométricos da região. A situação de inundação crítica acontece

quando coincide uma maré alta ou de sizígia com a ocorrência de chuvas fortes e o igarapé com grande vazão.

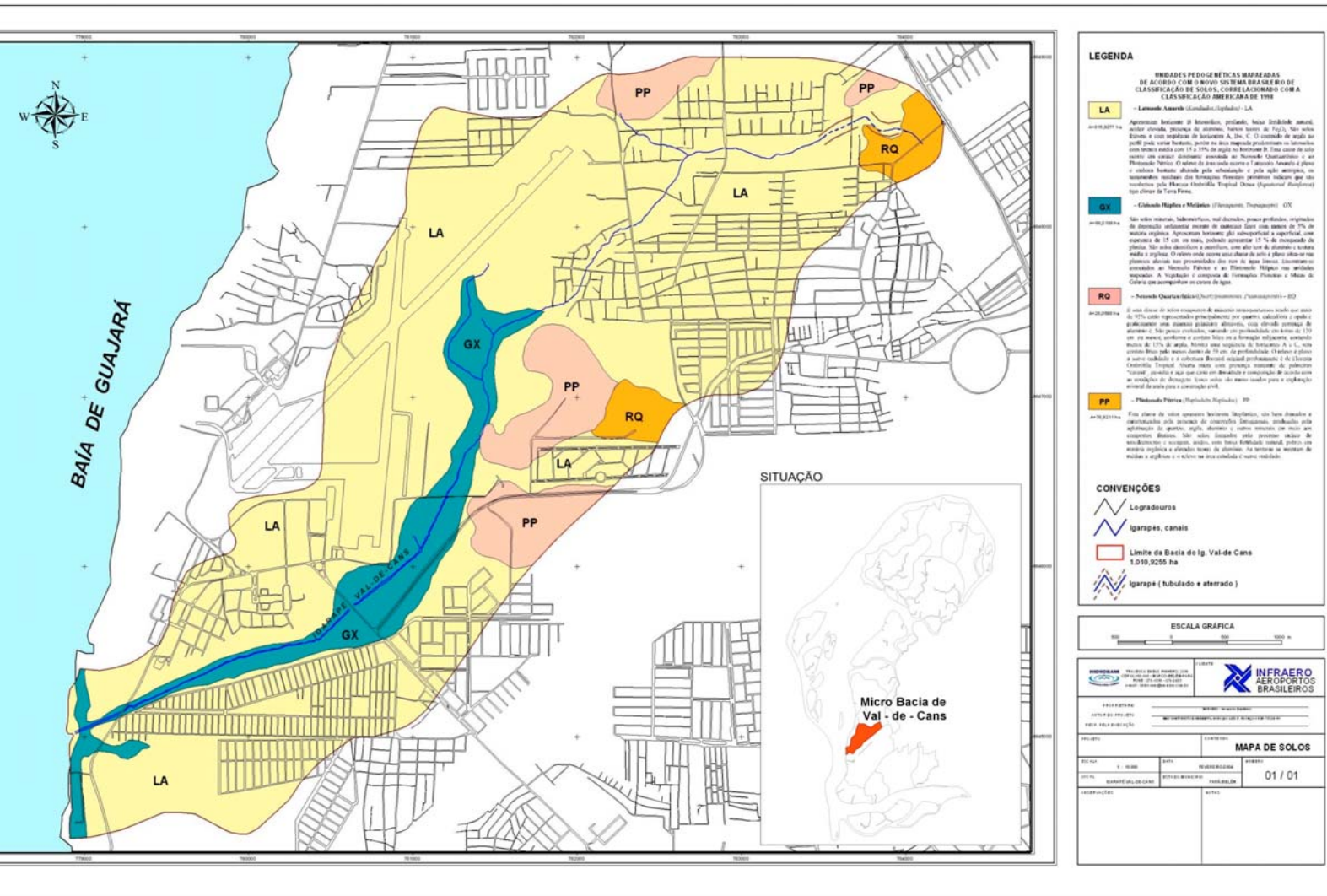
## 2.4 – SOLOS

As unidades pedogenéticas encontradas na bacia do Igarapé Val-de-Cães são as seguintes:

- Latossolo Amarelo, maior unidade com mais de 80% presente na área da bacia, cerca de 690 ha, caracterizam-se por apresentarem baixa fertilidade natural, acidez elevada;
- Gleissolo Háptico e Melânico, são os solos situados junto à calha do Igarapé Val-de-Cães, sofrendo, portanto, sua influência, perfazem um total de 88 hectares, aproximadamente 9% da bacia. Constitui-se de solos minerais, com deficiência para drenagem, pouco profundos, que tem sua origem na deposição sedimentar recente. É caracterizado pelo baixo gradiente de argila, concorrendo para retenção de poluentes e, conseqüentemente favorecendo a degradação ambiental.
- Neossolo Quartzarênico, são solos compostos de arenoquartzosos, pouco evoluídos, sendo sua ocorrência motivo de exploração para a retirada de areia para a construção civil, possuem uma superfície compreendida de 28 hectares, cerca de 3% da bacia; e
- Plintossolo Pétrico, são solos bem drenados, com a presença de concreções ferruginosas (lateritas), ácidos, com baixa fertilidade natural e com pouca

presença de matéria orgânica, tem a representatividade de 78,9 hectares, aproximadamente 8% da bacia, conforme a figura 7.

Figura 7: Tipos de solos da microbacia de Val-de-Cães (INFRAERO, 2003).



**LEGENDA**

**UNIDADES PEDOGÊNICAS Mapeadas DE ACORDO COM O NOVO SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS, CORRELACIONADO COM A CLASSIFICAÇÃO AMERICANA DE 1990**

**LA** - Latossolo Amarelo (Latosolus, Typic) - LA  
 Agrissolo latossolo de horizonte, profundo, baixa fertilidade natural, melhor drenagem de alagamentos, terras secas de Pôrto, São João Batista e com regularidade de horizonte A, B<sub>1</sub>, C. O conteúdo de argila na perfil não varia bastante, porém se varia rapidamente em horizonte em terra seca com 17 a 19% de argila no horizonte B. Essa classe de solo ocorre em áreas de várzea, sucedendo ao Planossolo Quartzitoso e ao Planossolo Típico. O regime de água varia entre o Latossolo Amarelo e plano e condições bastante úmidas pelo subsolamento e pela ação antrópica, os solos são muito férteis devido ao fato de serem solos jovens (menos de 1000 anos) que são encontrados pela Planície Aluvial Tropicall (Terra Vermelha Brasileira) tipo clima de Terra Fria.

**GX** - Cintado Húmico e Molhado (Anisomerm, Typic) - GX  
 São solos médios, heteromorfos, mal drenados, pouco profundos, originados de deposição sedimentar recente de materiais finos com menos de 7% de matéria orgânica. Apresentam horizonte glúo subseqüente a superficial, com espessura de 17 cm de mais, podendo apresentar 15% de matéria da planície. São solos ácidos ou neutros, com alto teor de alúmina e baixa matéria orgânica. O regime varia entre o alagado e o não alagado em planície aluvial, com profundidade de solo de água límpida (comumente encontrado no horizonte A) e no Planossolo Húmico em condições úmidas. A vegetação é composta de Formação Planície e Mata de Canela que acontecem no curso de água.

**RQ** - Resíduo Quaternário (Quartzitoso, Typic) - RQ  
 É uma classe de solos encontrados em áreas de deposição recente de materiais finos com menos de 17% de matéria orgânica, com horizonte glúo e perfil de argila em terra seca, uniforme e pouco fértil ou a formação silteosa, com conteúdo médio de 17% de argila. Mostra uma espessura de horizonte A<sub>1</sub> e, em alguns casos, de até 20 cm de profundidade. O regime é plano e ocorre em condições de alagamento sazonal, predominando a formação Quartzitoso Típico. Mostra uma presença moderada de pedregulhos "cascalho", geralmente não com mais de 25 cm de diâmetro e compostos de quartzo com condições de alagamento pouco fértil de solos jovens (menos de 1000 anos) encontrados em áreas de várzea e planície.

**PP** - Planossolo Pardo (Planossolus, Typic) - PP  
 Esta classe de solos encontra-se bastante fértil, são solos ácidos e caracterizados pela presença de horizonte latossolítico, com profundidade de argila de 17 cm, regular, média e baixa matéria orgânica em condições úmidas. São solos, úmidos pelo processo de alagamento sazonal, com baixa fertilidade natural, porém com matéria orgânica e alúmina baixas de alagamento, na terra seca os solos de média e alta fertilidade e o regime de água varia entre o alagado e o não alagado.

**CONVENÇÕES**

- Logradouros
- Igarapés, canais
- Limite da Bacia do Ig. Val-de-Cães (0.910.3255 ha)
- Igarapé (húbilado e aterrado)

**ESCALA GRAFICA**

0 500 1000 2000 m

**INFRAERO AEROPORTOS BRASILEIROS**

**MAPA DE SOLOS**

DATA: 01 / 01

## 2.5 – ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

De acordo com os dados do IBGE e da Prefeitura Municipal de Belém, a população por bairros segundo área de influencia direta e indireta do Igarapé Val-de-Cães em 1996 e 2000 era a seguinte:

**Tabela 1: População absoluta da bacia de Val-de-Cães por bairro**

Bairros	Distrito	População 1996	% da pop. na Microbacia	População da Microbacia	População 2000	População da Microbacia
Bengui	Daben	27.319	80	21.855,2	28.120	22.496
Pratinha	Daben	17.369	20	3.473,8	17.974	3.594,8
São Clemente	Daben	5.497	10	549,7	5.833	583,3
Val-de-Caes	Daent	5.385	90	4.846,5	5.481	4.932,9
Maracangalha	Dasac	26.981	50	13.490,5	27.757	13.878,5
Mangueirão	Daben	10.507	15	1.576	12.750	1.912,5
Parque Verde	Daben	3.812	10	381,2	4.586	458,6
Miramar	Dasac	33	60	19,8	36	21,6
TOTAL	-	98.899	-	46.192,7	104.537	47.878,20

Fonte: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém, 2000.

Nota: Para 1996 o cálculo por Distrito Administrativo foi efetuado pela Prefeitura Municipal de Belém considerando a proporcionalidade existente por setor censitário por bairro, visto que, no ano da Contagem Populacional a FIBGE ainda não havia efetuado o enquadramento do setor censitário por bairro.



### **3- METODOLOGIA**

Para o alcance dos objetivos propostos, adotamos os seguintes procedimentos e técnicas de pesquisa:

#### **3.1 - LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO**

Para a delimitação do tema, desenvolvimento do referencial teórico e registro cartográfico foram utilizadas teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso, livros, revistas e mapas existentes nas bibliotecas dos Centro de Geociências da UFPA, Centro de Ciências Filosofia e Ciências Humanas e do NAEA. Além disso, informações junto ao IBGE e CODEM foram obtidas para que fosse possível melhor caracterizar a área de estudo e influência.

Durante esta fase foi possível delimitar o objeto do estudo, área de análise, geologia, geomorfologia e aspectos fisiográficos, bem como um diagnóstico socioeconômico e ambiental.

#### **3.2- TRATAMENTO E PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO E INTERPRETAÇÃO VISUAL**

Para a obtenção da base de georeferenciamento de ortofotos, com a respectiva construção do mosaico aerofotográfico e definição da área de estudo (microbacia), optou-se pela utilização de ortofotos do levantamento realizado pela empresa AEROBASE, sobrevoado em 1998, de escala original 1:8.000, contratado pela Prefeitura Municipal de Belém – PMB, através da Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém, CODEM.

No laboratório, os dados foram processados, e realizou-se o georeferenciamento de cada ortofoto para geração do mosaico aerofotográfico, que envolveu 23 ortofotos. Com base neste, procedeu-se às fases seguintes de vetorização: plotagens, interpretação, definição e mensurações da hidrografia. Para geração desses produtos utilizaram-se programas como Arc View e ENVI.

### **3.3– ANÁLISE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS, DELIMITAÇÃO DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA E DO CURSO DO RIO PRINCIPAL**

Para delimitação da microbacia foram utilizados os produtos cartográficos planialtimétricos analógicos, produzidos para a Região Metropolitana de Belém pela empresa Terrafoto S/A em 1977, contratado pelo governo do Estado, dele extraíndo-se os dados altimétricos (pontos altimétricos, RNs e curvas de níveis), georeferenciando-se e convertendo-se para meio digital. Esses dados têm como referência vertical o RN de Imbituba/SC, que representa o nível médio do mar ideal para o Brasil e horizontal SAD 69 (vértice Chuá/MG), adotados atualmente pela cartografia nacional. Os limites utilizados como divisores d'água da bacia de Val-de-Cães foram adaptados da base cartográfica digital da CODEM (1998).

O levantamento realizado, como já citado, além de fornecer dados que permitissem a elaboração cartográfica, visou também atender aos estudos temáticos, diagnóstico e análise de impactos ambientais. Assim sendo, incluiu a caracterização física, envolvendo hidrografia, ocupação urbana e identificação e locação de pontos de efluentes no curso do igarapé para posterior coleta e análise.

Como procedimento metodológico mais adequado para definir todo o curso hidrográfico e encontrar as suas nascentes no terreno, esse levantamento foi realizado a partir da sua foz, na Baía do Guajará, até a sua montante na sua extensão máxima, procedendo-se ao mesmo tempo a seleção de pontos de amostragem para análise, com os respectivos registros fotográficos.

### **3.4– TRABALHOS DE CAMPO**

#### **3.4.1 – Coleta de amostras de água**

As amostras de água foram coletadas numa primeira campanha no dia 26 de fevereiro de 2004, no período entre das 08:00 às 11:00h, com a maré de 0,9m, enchente, e em 05 pontos distintos (figura 8), escolhidos em função do acesso permitido pelas áreas institucionais da Marinha, da Aeronáutica e da INFRAERO, já que grande parcela do igarapé é ocupado por ocupações clandestinas e de acesso difícil ou não permitido pela população local.

- ✓ Ponto 01: Situado a 20 metros da foz do Igarapé Val-de-Cães, próximo ao terminal de Miramar, com profundidade no local de 5m e largura do canal com 4m;
- ✓ Ponto 02: Situado a 10 metros –jusante- do lançamento da galeria da Av. Julio César, localizado no interior de área institucional da Aeronáutica, apresentando vegetação ao redor, com profundidade de 2m e largura do canal com 2,7m;
- ✓ Ponto 03: Situado a 10 metros -foz- do lançamento da Estação de Tratamento de Efluentes do Aeroporto Internacional de Belém, localizado no interior do

terreno da INFRAERO, com pouca vegetação nos arredores, apresentando uma profundidade de 1,4m e largura do canal com 1,65m;

- ✓ Ponto 04: Situado a 10 metros - foz - do lançamento de Efluentes na Rua São Clemente, com profundidade no local de 0,6m, canal com 0,7m de largura, grande número de habitações no entorno e sem vegetação nas proximidades;
- ✓ Ponto 05: Situado na nascente do Igarapé Val-de-Cães, área com alguns palafitas em seu contorno, canal bastante raso (0,3m) e com largura de 1,43m.

Numa segunda campanha realizada no dia 14 de agosto/2005, no período entre das 08:00 às 11:00h, com maré de 0,8m, enchente, nos cinco pontos citados anteriormente.

Todo material utilizado para coleta passou por um processo de limpeza com solução (HCL a 10%). As amostras foram coletadas com auxílio de uma garrafa de *Van Dorn* e acondicionadas em frascos de polietileno de 1L e mantidas sob refrigeração (isopor térmico com gelo) durante as coletas e frizer até o momento das análises laboratoriais.

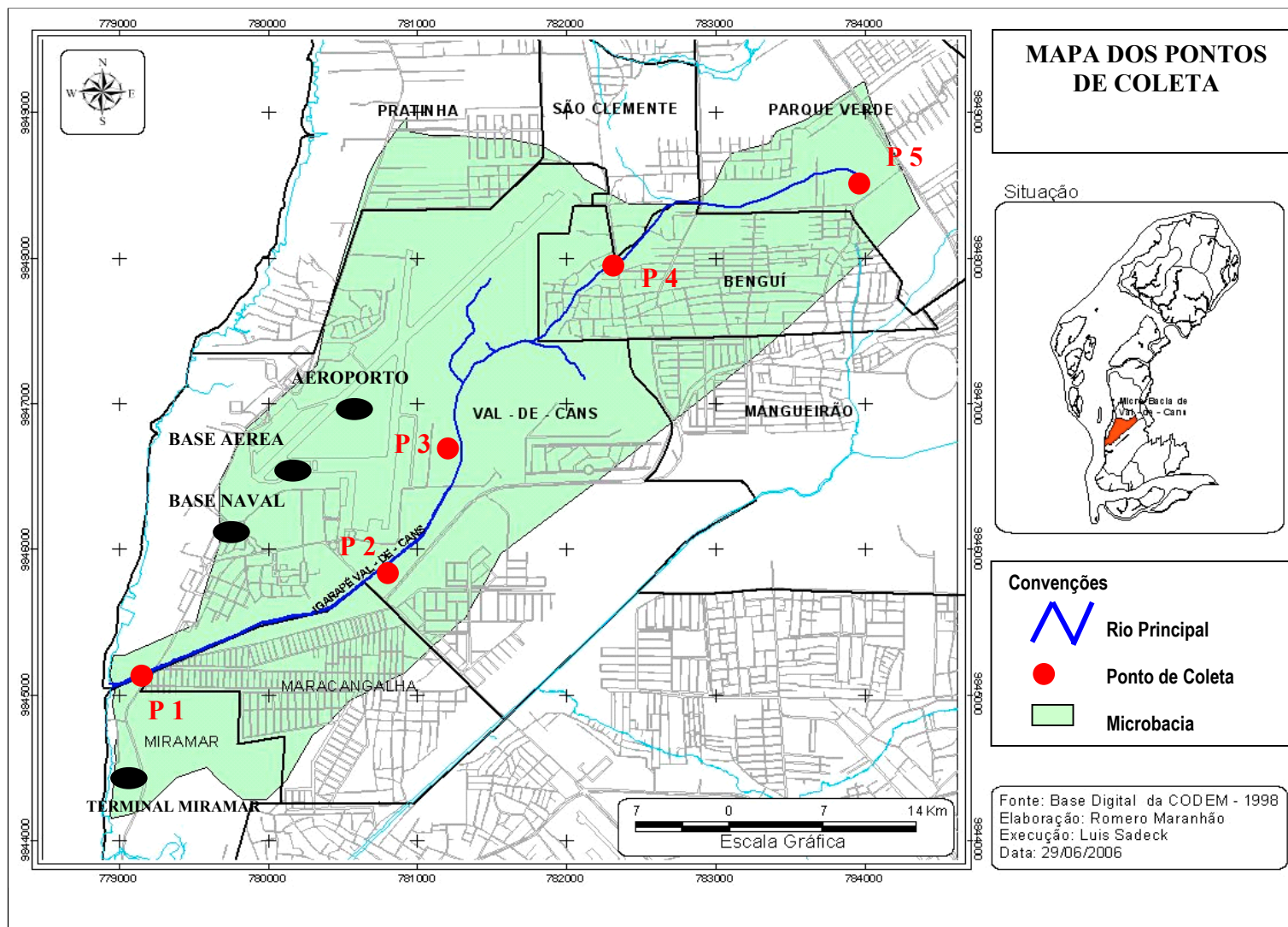


Figura 8: Localização dos Pontos de Coleta de água superficial do Igarapé Val-de-Cães (adaptado de CODEM, 1998).

### **3.4.2 – Coleta de amostra da vegetação**

As folhas e frutos foram coletados no dia 05 de setembro de 2004, durante o período compreendido entre de 09:00 às 12:00h. O material foi acondicionado em sacos plásticos e encaminhados para a Base Naval de Val-de-Cães, onde foram devidamente separados. Logo após seguiram para o Laboratório de Botânica da Universidade da Cidade, localizada no Rio de Janeiro e foram acondicionadas numa estufa, onde permaneceu até a secagem. Em seguida o material voltou para Belém para identificação por intermédio de chave taxonômica, junto aos pesquisadores da UFPA e MPEG.

### **3.4.3 – Fotografia**

As fotografias foram tiradas em algumas etapas do trabalho de campo, por uma máquina digital, logo após foram inseridas no Computador para análise da qualidade e aproveitamento das que melhor pudessem ilustrar os registros efetuados.

## **3.5– ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E BIOLÓGICA DA ÁGUA**

As análises foram realizadas no Laboratório Analítico da cidade de Belém responsável pelas análises de água da INFRAERO, PETROBRAS e Marinha do Brasil, credenciado pelos órgãos competentes do Estado.

Alguns parâmetros como pH, turbidez, temperatura, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido foram determinados no campo, utilizando pHmetro, conditivímetro e oxímetro. Os demais foram analisados em laboratório, inclusive as análises bacteriológicas (coliformes fecais e totais).

As análises foram realizadas no espectrofotômetro – HACH/2000, que utiliza as metodologias recomendadas pelo APHA (1995).

O método utilizado para determinação do pH foi o potenciométrico. O instrumento utilizado neste método é o pHmetro. Este é constituído por eletrodos conjugados (um indicador e outro de referência). O eletrodo de referência possui um potencial constante e o indicador é aquele que adquire o pH da amostra por comparação com o de referência.

As etapas do procedimento são:

- calibrar o aparelho com solução-tampão de pH 7;
- lavar o eletrodo com água destilada;
- calibrar novamente com solução-tampão de pH 4, lavando o eletrodo outra vez com água destilada; e
- após a calibração do aparelho a medida é feita diretamente mergulhando o eletrodo na amostra determinando-se assim o valor do pH correspondente.

Já para a determinação da turbidez foi utilizado o nefelométrico, que é um método indireto baseado na leitura da intensidade da luz dispersa pela amostra em ângulo de 90º com a direção da luz incidente, em relação à intensidade da luz dispersa por uma suspensão-padrão nas mesmas condições.

As etapas do procedimento são:

- calibrar o aparelho com uma das soluções-padrão que o acompanham; e
- após a calibração do aparelho, a amostra agitada é colocada em uma das cubetas e transferida para o orifício de medida do aparelho. É feita a leitura direta da

turbidez na escala adotada. O resultado é expresso em unidades nefelométrica de turbidez (Nephelometric Turbidity Units - NTU ).

Para determinar a condutividade foi empregado o do condutivímetro. Ele é constituído por uma ponte de Wheatstone e uma cela de condutividade. A cela de condutividade é um sistema constituído de dois eletrodos platinizados de 1cm de lado, mantidos dentro de um tubo de vidro em posições paralelas e a distância de 1 cm entre si. A condutividade é medida em Siemens/cm (mho/cm).

As etapas do procedimento são:

- lavar a célula de condutividade com água destilada;
- mergulhar a célula na amostra, fazendo um ligeiro movimento rotativo para expelir bolhas de ar;
- ligar o interruptor e girar o dial até se obter uma deflexão nula no microamperímetro;
- efetuar a leitura na escala; e
- lavar a célula novamente antes de guardá-la.

No caso da temperatura e OD os procedimentos seguidos estão listados abaixo:

- retirado o eletrodo de dentro da capa de proteção, desatarrachando até que o eletrodo se livre;
- ligada a tecla ON/OFF e aguardar os procedimentos de check list do equipamento;



- colocado o eletrodo até que a membrana fique submersa na solução de estudo;

- acionada a tecla O2 para seleção do modo de saturação (%) ou mg/L; e

- apertada a tecla AR e em seguida a tecla RUN/ENTER;

- observado o momento em que o sinal AR pare de piscar;

- anotado os valores encontrados para temperatura da água e para o OD.

O método utilizado para medir a quantidade de ferro é o da 1,10 – fenantrolina. Esse método depende da formação de um íon complexo de cor vermelho-laranja, pela relação entre 1,10- fenantrolina e  $Fe^{2+}$ .

As etapas do procedimento são:

- colocar 50 ml de amostra em um erlenmeyer de 125 ml;

- acrescentar 2 ml de ácido clorídrico concentrado para acidificar a amostra;

- adicionar 1 ml de solução de hidroxilamina para reduzir  $Fe^{3+}$  a  $Fe^{2+}$ , pois o método de 1,10 – fenantrolina é específico para medir o  $Fe^{+2}$  e, portanto o  $Fe^{+3}$  deve ser reduzido a ferro ferroso;

- evaporar a amostra em uma chapa de aquecimento elétrico, até restar em média um terço do volume inicial da amostra;

- transferir para uma proveta de 50 ml o que restou e acrescentar 10 ml da solução tampão de acetato de amônio para neutralizar e 2 ml de orto-fenantrolina.

Cada molécula de ferro associa-se com uma de orto-fenantrolina;

- completar 50ml com água destilada e homogeneizar; e

- após 10 minutos ler a porcentagem de transmitância da solução colorida a 510 nm em um espectrofotômetro.

Para que possa ser lida a amostra no espectrofotômetro tem que ser realizado o procedimento anterior com um “branco”, ou seja, com uma amostra de água destilada.

Utiliza-se uma curva específica de calibração para a determinação da concentração de Ferro em mg/L.

O método empregado para determinação de óleos e graxas, e demais metais foi o proposto pela Standard Methods for the Examination of Water Wasterwater 20th Edition.

Para determinação de coliformes, é utilizado um aparelho denominado Colilert, que usa a tecnologia do substrato definido (Defined Substrate Technology – DST) para analisar simultaneamente Coliformes Totais e E. coli. Dois nutrientes indicadores (reagentes), ONPG e MUG são as principais fontes de carbono no Colilert e são metabolizados pelas enzimas  $\beta$ -D-Galactosidase e  $\beta$ -D-Glucoronidase identificando as bactérias coliformes e E.coli, respectivamente. Tais nutrientes são acrescentados e devidamente misturados à amostra, sendo colocados em uma cartela que, após ser selada, é incubada por 24 horas para água doce e 18 horas para água salgada a uma temperatura de 35 °C. Neste período os coliformes se desenvolvem no Colilert, usando a Galactosidase para metabolizar o ONGP; com isto a amostra incolor passa a amarela. E a E.coli usa a Glucoronidase para metabolizar o MUG e gerar a fluorescência quando a amostra é exposta a luz UV de 365 nm. Assim, é contada o número de quadrículas positivas (amarelo para

coliformes e fluorescente para E. Coli ) da cartela e, com o auxílio de uma tabela estatística, determinado o número mais provável (MPN) .

### **3.6– CONFECÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS**

Foram gerados os seguintes mapas:

- mapa base da microbacia do igarapé Val-de-Cães;
- mapa dos pontos de coleta de água;
- uso e ocupação do solo; e
- dos tipos de solo.

### **3.7– CRUZAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE AMBIENTAL COM BASE NO REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO**

Os dados coletados “*in situ*”, as análises de laboratório e o levantamento bibliográfico foram cruzados para possibilitar uma análise da área de estudo e uma discussão sobre o impacto ambiental e a qualidade das águas superficiais da microbacia, tendo em vista as diferentes formas de ocupação.

É importante ressaltar que estudos em microbacias, numa perspectiva geográfica são escassos na área urbana de Belém, tendo em vista a pequena produção bibliográfica. Alguns trabalhos são desenvolvidos, na área de química, quanto a análise de água nas microbacias urbanas e outros na geologia, ampliando a análise para as águas subterrâneas de uma determinada microbacia.

#### **4 – CRESCIMENTO POPULACIONAL, OCUPAÇÃO URBANA E IMPACTOS AMBIENTAIS**

O ser humano é capaz de transformar a natureza, desta forma pode ser apontado como sendo o principal elemento modificador das relações ecossistêmicas no meio natural. Dessa forma, Wilhelm (1985), sobre o papel do elemento humano nesta relação, diz que:

“...o homem é o principal agente, senão o único, desequilibrador dos ecossistemas naturais; é capaz de alterar a estrutura em espécies das comunidades e produzir enormes mudanças nos meios físico e químico do ambiente, pela adição de substâncias poluentes dos mais diversos tipos. Tais mudanças podem provocar roturas do equilíbrio dos ecossistemas que levam a prejuízos muitas vezes incontroláveis e irreversíveis, que afetam até mesmo as possibilidades de sobrevivência da espécie humana.”

O caso da poluição do igarapé Val-de-Cães que outrora era utilizado para pesca e hoje não possui peixes, em virtude do acelerado processo de urbanização sem planejamento, reflete bem este questionamento, uma vez que a adição e o depósito de elementos químicos e lixo das mais variadas fontes são uma realidade constante nesta área, alterando o comportamento desses ecossistemas, ocasionando o impacto ambiental que para Rohde (2004) caracteriza-se como sendo:

“Mudança sensível, positiva ou negativa, nas condições de saúde e bem estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema do que depende a sobrevivência humana. Essas mudanças podem resultar de ações acidentais ou planejadas, provocando alterações direta ou indiretamente”.

Na área em estudo, nas últimas décadas, o crescimento populacional atingiu a média de 2,5%, de acordo com os dados do IBGE e Prefeitura Municipal de Belém. A pressão sobre os recursos hídricos tem sido uma constante pela falta de

planejamento e necessidade de moradia. Os bairros que compõem a microbacia apresentam aproximadamente 18.000 moradias em área que seriam de mata ciliar, portanto as margens do igarapé, estabelecendo assim uma relação direta.

A relação direta refere-se às moradias que estão as margens do igarapé, sem cobertura vegetal ou no seu interior, como são as palafitas, o que gera uma contribuição de esgoto e lixo significativa para a poluição do corpo hídrico.

Assim, o que de fato ocorreu e ocorre na área em estudo, em relação a sua ocupação desenfreada e conseqüente urbanização precocemente observada (antes de um planejamento), têm raízes em um processo migratório campo - cidade, que levou a população da zona rural, devido as dificuldades financeiras, a procurar melhores condições de vida, desmatando e dando início às invasões de áreas rurais próximas da cidade, gerando, mais tarde os bairros periféricos existentes.

Em virtude disso, a saída de uma população expropriada da zona rural para os centros urbanos contribui para a concentração dessa massa populacional em uns poucos pontos privilegiados do espaço, pontos estes que lhe fornecessem o necessário para viver – a alimentação – tendo como alvo principal as margens dos igarapés, que ao longo do tempo, em conseqüência do processo de desmatamento e urbanização, tornaram-se praticamente igarapés urbanos com diversas moradias situadas às suas margens e sem condições de subsistência.

Estas mudanças, de acordo com Tundisi (2003), relaciona os efeitos da urbanização sobre o meio aquático e terrestre, dentre elas:

- aumento da descarga de resíduos e efluentes domésticos;
- diminuição da recarga subterrânea em função da retirada da mata ciliar;

- aumento da área impermeabilizada; e
- aumento do escoamento superficial direto.

Partindo dessa premissa a urbanização e seu crescimento industrial passaram a ser fatos irreversíveis em médio prazo, impondo padrões de consumo e variadas formas de apropriação dos recursos, estes sendo os responsáveis pelas transformações da natureza, dentre elas a dos corpos hídricos.

Corroborando com tal assertiva, o aumento na poluição dos rios passou a ser fato em todas as capitais brasileiras, não diferente em Belém, que ao longo da história tem tornado seu corpos hídricos em valas fétidas a céu aberto.

Para Tundisi (2003), as alterações na quantidade e qualidade da água estão intimamente relacionadas com o desenvolvimento baseado nos usos múltiplos das águas, estabelecendo ao longo do tempo uma relação inversa, na qual quanto maior o grau de desenvolvimento, menor será o potencial da quantidade e qualidade da água (figura 9).

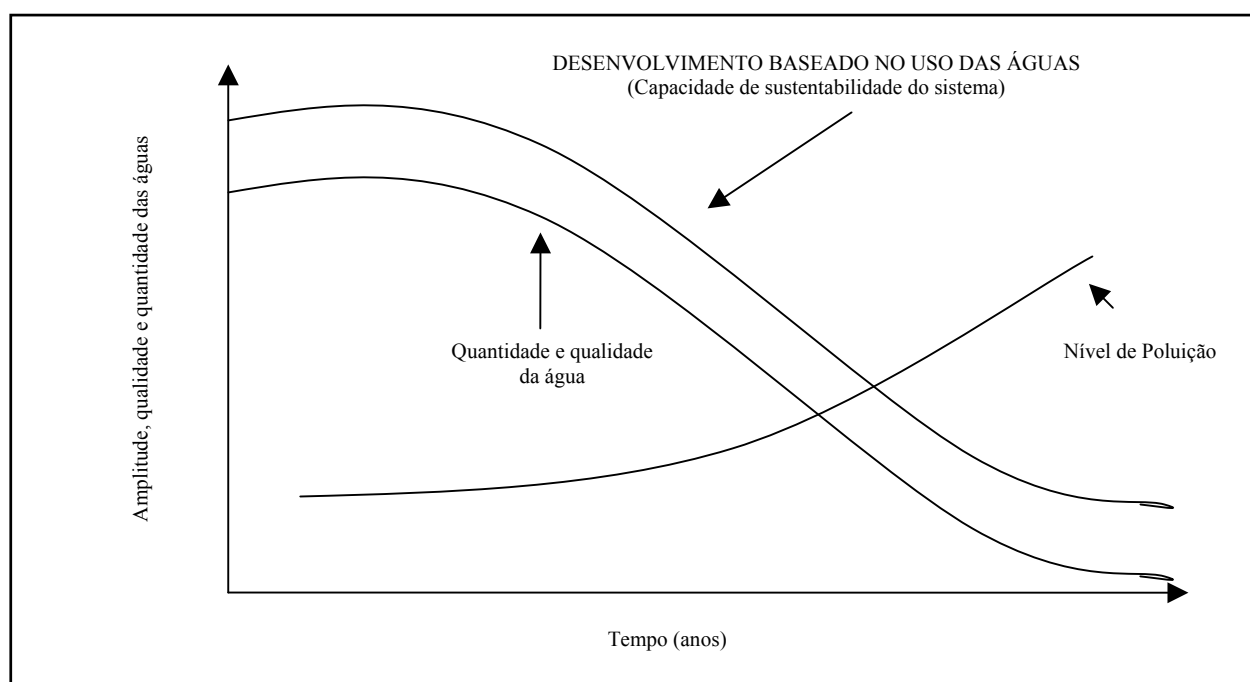


Figura 9: Alterações na quantidade e qualidade das águas declinam, com o uso intensivo do uso e ocupação do solo em função do desenvolvimento econômico baseado no uso das águas e conseqüente aumento do nível de poluição.

Fonte: Adaptado de Tundisi, 2003.

O consumo de água nas atividades humanas varia muito entre diversas regiões e até mesmo países. As várias formas de usos da água são estabelecidas pelas sociedades desde os primórdios, para consumo próprio, pesca, navegação e dessedentação de animais.

Com o passar dos anos, outros usos foram surgindo, seja por necessidades econômica ou social, destacando-se o uso intensivo na mineração, para recreação e turismo, religião, geração de energia – hidroelétrica, agricultura e usos industriais diversificados.

É importante ressaltar que o ser humano utiliza água para manutenção das suas funções vitais, dentre elas banho, preparo de alimentos, consumo e lavagem de roupas.

Nos centros urbanos os maiores consumidores de águas são as indústrias e os centros comerciais, seguidos com considerável distância do uso doméstico, de acordo com os estudos elaborados por Tundisi (2003), no qual aproximadamente 60% do uso da água é destinado à indústria/comércio.

Corroborando com tal assertiva, nas cidades de São Paulo e do Rio de Janeiro o consumo é tal crescente que em determinadas épocas do ano há racionamento, não distante é a realidade de algumas capitais nordestinas, dentre elas Fortaleza e Recife.

No caso específico de Belém o uso industrial, ainda, não é tão intenso, porém quando analisado por microbacia, e em especial a de Val-de-Cães, o consumo por instituições militares, doméstico e aeroportuário é bem significativo, principalmente quando considerado o fluxo de pessoas que transitam no Aeroporto.

Todavia o uso doméstico é alarmante na microbacia em estudo, pois quando determinada área é apropriada para uso humano, muitos sistemas que retêm água do ciclo hidrológico são removidos.

Ao longo de toda a história da humanidade, o desenvolvimento econômico e a diversificação da sociedade resultaram em usos múltiplos e variados dos recursos hídricos. Não só o aumento populacional e a economia ampliam os usos múltiplos; o desenvolvimento cultural faz com que outras necessidades sejam incorporadas, resultando em impactos diversificados e de maior amplitude (TUNDISI, 2003).



Sendo impacto ambiental definido como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II – as atividades sociais e econômicas;

III – a biota;

IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e

V – a qualidade dos recursos ambientais (ROHDE, 2004).

A retirada da vegetação para construção de moradias, estradas e canais são impactos evidentes na microbacia Val-de-Cães, principalmente pelas Rodovias e ruas existentes, além das instalações aeroportuárias e militares.

O lançamento de efluentes domésticos altera a qualidade das águas e afeta a biota, o bem-estar da população, a saúde e as condições sanitárias do meio ambiente.

De acordo com o relato dos moradores mais antigos, na medida que o número de imóveis e residências foram aumentando o odor da água do igarapé também ficou pior, mais forte. Relatam, também, que os peixes sumiram e as crianças quando tomam banho nas águas do igarapé saem com o corpo cheio de lama.

Allan (1996) cita que as principais alterações antropogênicas causadoras de impactos ambientais em rios são os barramentos de fluxo, as canalizações, a captação e/ou desvio de água, a transformação da terra nas bacias hidrográficas e a introdução de espécies exóticas.

Todas as alterações causam efeitos físicos, químicos e biológicos nos ambientes fluviais, modificando a hidrologia e o balanço de sedimentos, gerando poluição, perturbando os ciclos de nutrientes e removendo habitats (PETTS, 1994).

No âmbito específico dos impactos sobre a qualidade da água, Meybeck et al. (1989) apontam que as principais preocupações são a poluição microbológica, a poluição orgânica, a salinização, a poluição por metais, a poluição por compostos tóxicos, a poluição por nitrato, a eutrofização de rios e lagos e o aumento dos sólidos suspensos totais.

## **5. IMPACTOS DA OCUPAÇÃO URBANA NA MORFOLOGIA E NA DRENAGEM DA MICROBACIA DE VAL-DE-CÃES**

Diversos estudos sobre os impactos das atividades antrópicas, bem como sobre o regime hidrológico de bacias hidrográficas, têm sido desenvolvidos em todo o mundo. Entre esses trabalhos podem ser citados Beek e Puffelen (1987), Smith et al (1991), Danelon & Nordemann (1911), Hantzsche & Finnemore (1992), Ford & Tellam (1994), Melo (1995), Tucci & Clarke (1997) e Castro et al (2000).

No âmbito da região amazônica, especialmente no que se refere à Baía de Guajará existem inúmeros estudos com diversos enfoques, dentre eles salinização, hidrodinâmica, hidroquímica, batimetria e outros de caráter ambiental, enfocando a influência antrópica nesse corpo hídrico. Entre esses trabalhos incluem-se Sioli (1960), Pinheiro (1987), Gaspar (2001), Berredo (2003), Ribeiro (2003), e outros desenvolvidos ou em desenvolvimento por instituições e Institutos de pesquisas, como o INPA, SUDAM, IESAM, UEPA, EMBRAPA, UFRA, MPEG e UFPA.

De acordo com as análises realizadas nas ortofotos identificou-se as seguintes modalidades de uso do solo na microbacia da Val-de-Cães:

- Uso residencial – representa a maior área, ocupando 430,5144 ha, correspondentes a 42,58%, sendo que 20,87% estão espacialmente localizados no bairro do Bengui, em áreas de nascentes e nos primeiros três mil metros do curso principal. Assim sendo, ressalta-se o aspecto da ocupação sem planejamento e concentrada, evidenciando-se a falta de saneamento básico, principalmente das unidades localizadas às margens do igarapé, tais quais os palafitas;

- Indústrias – ocupa 47,5260 ha, correspondentes a 4,7% da microbacia;
- Área institucional - áreas militares, terminais de passageiros e cargas, pistas, hangares, escritórios, etc. Ocupa aproximadamente 130 ha, correspondentes a 12,9% da microbacia;
- Áreas com cobertura vegetal diversas perfazem um total de 374,8515 ha (37,08%);
- Identificam-se ainda, 27,7738 ha (2,74%) de desmatamentos por obras que se iniciavam na data da cobertura do sobrevôo.

**Tabela 2: Uso do Solo na microbacia hidrográfica**

<i>CLASSE</i>	<i>ÁREA (ha)</i>	<i>%</i>
Áreas Urbanizadas	581,2091	57,5
Capoeira	213,0947	21,0
Gramíneas (macega)	116,7176	11,5
Mata Secundária	44,0019	4,3
Capoeira + gramíneas, áreas alagadas	24,2807	2,4
Solos expostos com vegetação rala	23,7226	2,3
Solo exposto	7,8989	0,7
<b><i>TOTAL</i></b>	<b><i>1.010,9279</i></b>	<b><i>100</i></b>

Fonte: Levantamento de campo e trabalho de laboratório

## **5.1 – IMPACTO DA OCUPAÇÃO URBANA NA MORFOLOGIA DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO**

As intervenções antrópicas neste compartimento estão relacionadas às implantações de aterros e às construções de canalizações e/ou valas, pois a área

encontra-se associada a períodos de inundação e situa-se dentro do nível de água máximo. O processo de ocupação altera o nível do terreno, elevando acima do nível natural das inundações e modifica o fluxo hídrico através da construção das canalizações e/ou valas para a drenagem das águas acumuladas.

Na área de estudo (figura 10) foram observadas várias intervenções antrópicas sobre as formas de relevo. Estas intervenções alteraram a morfologia original, destruíram algumas de suas características básicas e geraram novos processos morfodinâmicos.

O primeiro nível de intervenção está na esfera da cobertura vegetal e uso da terra, através da retirada da cobertura vegetal. O segundo nível de intervenção ocorre através da criação de nova morfologia, ligada ao meio urbano. Nesta fase são elaborados grandes cortes e/ou aterros no terreno para a instalação do sistema viário e posterior instalação das construções. Durante a instalação das construções, os materiais superficiais são modificados através de uma nova distribuição, de uma nova estruturação dos depósitos e de uma modificação na resistência dos agregados.

De acordo com Peloggia (1998), a ação humana sobre a natureza tem conseqüências em três níveis: na modificação do relevo, na alteração da dinâmica geomorfológica e na criação de depósitos correlativos comparáveis aos quaternários (os depósitos tecnogênicos) devido a um conjunto de ações denominadas tecnogênese.

As modificações no relevo proporcionam o surgimento de formas de relevo tecnogênicas decorrentes de processos criados ou induzidos pela atividade humana.

A modificação do relevo promove a criação, indução, intensificação ou modificação do comportamento nos processos geomorfológicos (PELOGGIA, 1998). De acordo com a tipologia e o estágio de alteração, pode-se descrever algumas atividades antrópicas que geram novos padrões de comportamento morfodinâmico:

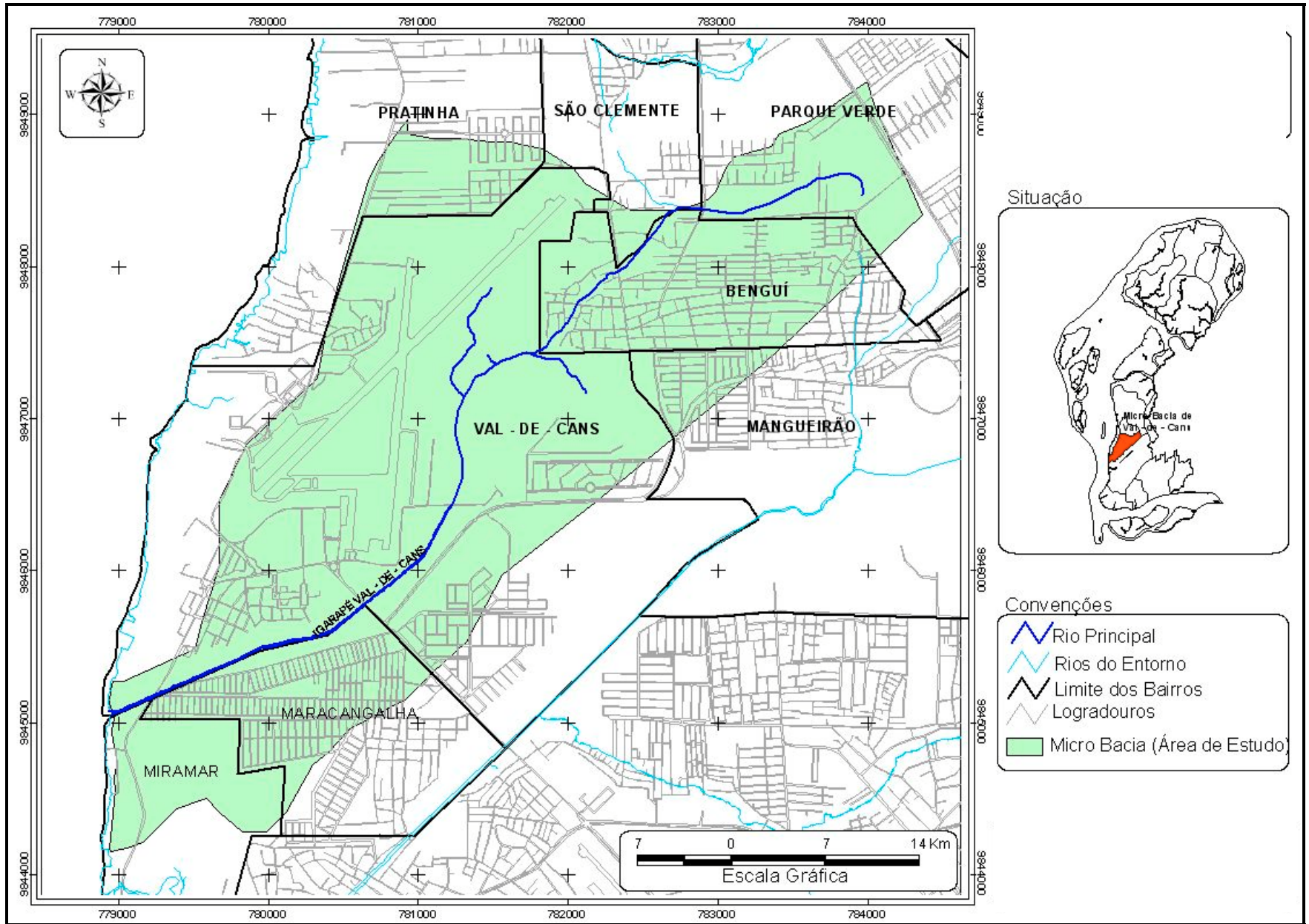


Figura 10: Localização da Microbacia Val-de-Cães, no município de Belém (adaptado de CODEM, 1998).

A) A eliminação da cobertura vegetal (figura 11) e as modificações através de cortes e/ou aterros elaborados para a execução dos arruamentos e moradias acabam por modificar a geometria das vertentes, aumentando a declividade e expondo o material anteriormente protegido da ação direta dos agentes climáticos.

B) Os calçamentos e asfaltamentos, mesmo respeitando a topografia, acabam cortando e direcionando os fluxos hídricos, gerando padrões de drenagem não existentes. As ruas transformam-se em leitos pluviais durante os eventos chuvosos, canalizando e direcionando os fluxos para setores que anteriormente possuíam um sistema de drenagem diferente.



Figura 11: Vista aérea da vegetação remanescente na microbacia do igarapé Val-de-Cães e as moradias do conjunto residencial CDP, mostrando o avanço da população sob a mata ciliar.

Fotografia: Base Naval de Val-de-Cães – abril/2005.



C) A impermeabilização modifica o fluxo da água, tanto na superfície como em profundidade. As superfícies impermeabilizadas não permitem a infiltração da água no solo, assim como a circulação de ar e água.

D) As canalizações de águas pluviais existentes nas áreas ocupadas acabam por mudar a direção do fluxo natural das águas das chuvas ou das águas residuárias. Ao mesmo tempo, as canalizações diminuem o escoamento superficial difuso.

E) Os aterros assumiram o lugar da vegetação original e os materiais de cobertura superficial de formação natural, criando áreas de descontinuidades entre materiais heterogêneos, além de elevarem altimetricamente a superfície original, alterando sua declividade.

## **5.2 - ANÁLISE DOS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NOS PROCESSOS HIDROLÓGICOS**

As enchentes, ocasionadas pelas cheias dos rios, em áreas urbanas são conseqüências predominantemente de dois processos que podem ocorrer isoladamente ou de forma integrada, segundo Tucci (1995). O primeiro refere-se às enchentes em áreas ribeirinhas; e o segundo processo é devido à urbanização. Além de outras enchentes e/ou alagamentos em função de pontos localizados, tais como estrangulamento da seção do rio devido a aterros, pontes, estradas (figura 12), assoreamento e lixo (figura 13); diminuição da velocidade das águas quando próximas ao rio principal, a um lago ou a um reservatório e também devido a erros de execução e projeto de drenagem.



Figura 12: Rodovia Arthur Bernardes construída acima do canal de retificação do Igarapé Val-de-Cães, rompendo com a dinâmica do curso d'água, estrangulando seu fluxo, a exemplo de um funil.

Fotografia: Trabalho de Campo – agosto/2005.



Figura 13: Lixo depositado ao longo da mata ciliar remanescente as margens do Igarapé Val-de-Cães e que com as constantes chuvas chega ao corpo hídrico. Fotografia: Trabalho de Campo – agosto/2005.

As enchentes em áreas ribeirinhas ocorrem pelo processo natural em que o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos. Os impactos sobre a população são causados, principalmente, pela ocupação inadequada do espaço urbano.

Essa ocupação (figura 14) decorre geralmente das seguintes ações: ineficiência ou inexistência de uma legislação que restrinja a ocupação em áreas de risco à inundação; invasão de áreas ribeirinhas, que pertencem ao poder público, pela

população de baixa renda e a ocupação de áreas de risco médio que, quando ocupadas, sofrem prejuízos significativos.



Figura 14: Palafitas sob o Igarapé Val-de-Cães, mostrando a falta de planejamento e infra-estrutura das instalações, a ocupação em área irregular de acordo com o Código Florestal e a evidência de que a população de baixa renda procura as baixadas.

Fotografia: Trabalho de Campo – agosto/2005.

As enchentes devidas à urbanização têm como causa a intensificação do desenvolvimento urbano e, conseqüentemente, da impermeabilização do solo

decorrente da construção de edificações, do calçamento das ruas, calçadas, estacionamentos, entre outros.

Dessa forma, a parcela da água que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização, passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade de escoamento. Os efeitos principais da urbanização são o aumento da vazão máxima, a antecipação do pico de cheia e o aumento do volume do escoamento. As alterações processadas pela urbanização provocam alterações, fazendo com que as águas das chuvas permaneçam por mais tempo na superfície, ocasionando enchentes e alagamentos.

Outros impactos decorrentes da urbanização, além do impacto sobre o escoamento, são aqueles devidos ao aumento da produção de sedimentos e à degradação da qualidade da água pelos esgotos pluviais e/ou cloacais e à contaminação dos aquíferos.

Durante o desenvolvimento urbano existe um aumento dos sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, entre outras causas. Esse aumento na produção de sedimentos pode proporcionar, nas áreas urbanas, o assoreamento da drenagem, com a redução da capacidade de escoamento e o transporte de substância poluente agregada ao sedimentos. Os aquíferos urbanos são contaminados, principalmente, pelos aterros sanitários e pela infiltração de águas pluviais contaminadas pelo transporte de lixo, sedimentos e lavagem de ruas.

## **6. IMPACTOS DA OCUPAÇÃO URBANA NA COBERTURA VEGETAL E NO USO DA TERRA NA MICROBACIA DE VAL-DE-CÃES**

A evolução da ocupação relacionada ao aumento populacional e as diversas modalidades de intervenção na bacia hidrográfica proporcionaram uma transformação das suas características ao longo dos anos.

A urbanização, por meio da ocupação e uso do solo, vem causando a degradação da microbacia hidrográfica, no sentido da exploração indiscriminada dos recursos naturais. A preocupação centrada no desenvolvimento econômico, as altas taxas de crescimento populacional e o caráter rígido e não integrado dos procedimentos de planejamento contribuíram para que essa degradação fosse ainda mais intensa.

A água consiste em um dos recursos naturais que sofreu maiores impactos decorrentes da evolução das cidades e sua deterioração vem acontecendo de forma cada vez mais rápida. Até recentemente utilizados de maneira abundante, os recursos hídricos não têm mais garantia de disponibilidade em muitas regiões e vêm se tornando cada vez mais escassos, à medida da expansão da população.

Segundo Leff (1990, citado por MOTA, 1999), as aglomerações urbanas, associadas aos seus impactos negativos, constituem o resultado de um número de processos históricos e econômicos e já ultrapassaram as capacidades física e social de absorção das grandes cidades. Este processo tem exteriorizado custos sociais e ecológicos na forma de saturação dos níveis de poluição, esgotamento dos recursos naturais e degradação das bases sociais.

Atualmente, a ocupação do solo, principalmente nas cidades brasileiras, é conseqüência do crescimento explosivo da população urbana e se caracteriza por não obedecer critérios de planejamento, muito menos em relação aos recursos naturais existentes e ao bem-estar e qualidade de vida da coletividade. Como conseqüência, a ocupação do solo tem se processado de maneira desordenada, configurando usos inadequados, responsáveis, por sua vez, pela alteração do meio físico nas áreas urbanas, trazendo enormes prejuízos à população e ao poder público, tais como erosão, assoreamentos, inundações e poluição dos recursos hídricos (MINEROPAR apud SANTOS, 2000).

Outro fato de extrema relevância no contexto da evolução urbana é que as oportunidades de crescimento circulam no meio daqueles que já vivem melhor, ou seja, reforçam a concentração de renda e a sua conseqüente má distribuição. O resultado imediato, em termos de organização territorial, é a ocupação das áreas periféricas pela população de baixa renda, geralmente frágeis em termos ambientais, sem infra-estrutura ou soluções para ocupação mais adequada.

A evolução dos sistemas de engenharia difundidos pelo território também contribuiu para a intensificação da urbanização (SANTOS, 1996), na medida em que foram reduzidos certos obstáculos à ocupação urbana. Essa evolução, porém, não se difundiu da mesma forma quando se tratava de sistemas especialmente voltados para a amenizar os impactos causados pela concentração das cidades.

Para Mota (1999), o aumento da população e o crescimento das cidades deveriam ser acompanhados da ampliação da infra-estrutura urbana, de forma a configurar um patamar adequado de qualidade de vida dos habitantes. Esse

processo deveria ocorrer de forma ordenada para que suas influências sobre o ambiente não fossem danosas ao próprio meio e seus habitantes.

Em resumo, as conseqüências do processo inadequado de crescimento, principalmente nas grandes cidades, são: falta de condições sanitárias mínimas, ausência de serviços básicos indispensáveis à vida, destruição de recursos de valor ecológico, poluição do meio ambiente, uso insustentável dos recursos naturais e condições precárias de habitação, dentre outras. Com a contaminação dos mananciais, a título de exemplo, os impactos atingem a cidade como um todo; e não somente seus habitantes mais carentes.

É possível encontrar as seguintes formações vegetais na área de estudo, de acordo com as figuras 15 e 16:

- Mata Secundária: A formação está localizada nos terrenos mais altos - cota 07 metros, sendo que na sua grande maioria está dentro da área do aeroporto. Esta formação ocorre em 44 hectares da área da bacia do Igarapé Val-de-Cães. É bem caracterizada pela formação mais elevada do dossel das árvores. Neste ambiente merecem relevância as espécies de *Breus (Protium sp)*, Bacabas (*Oenocarpus distichus sp*), Abius (*Pouteria sp*), Quarubas (*Vochsia sp*), Cajú-açú (*Anacardium giganteum sp*), e etc.
- Capoeira Alta + Gramíneas: Localizam-se ao longo do canal, onde se faz sentir as maiores modificações da vegetação. As principais espécies encontradas e indicadores característicos desta fisionomia são as seguintes:



Embaúba (*Crecropia sp.*), Lacre (*Vismia caiennensis sp.*), Tatapiririca (*Tapirira guianensis sp.*) e Tachi (*Tachigalia sp.*).

- Gramíneas: Formação composta por capim, ervas daninhas e pequenos arbustos, as principais espécies presentes são: Pé de galinha (*Cnodon sp.*), Malva (*Malva sp.*).

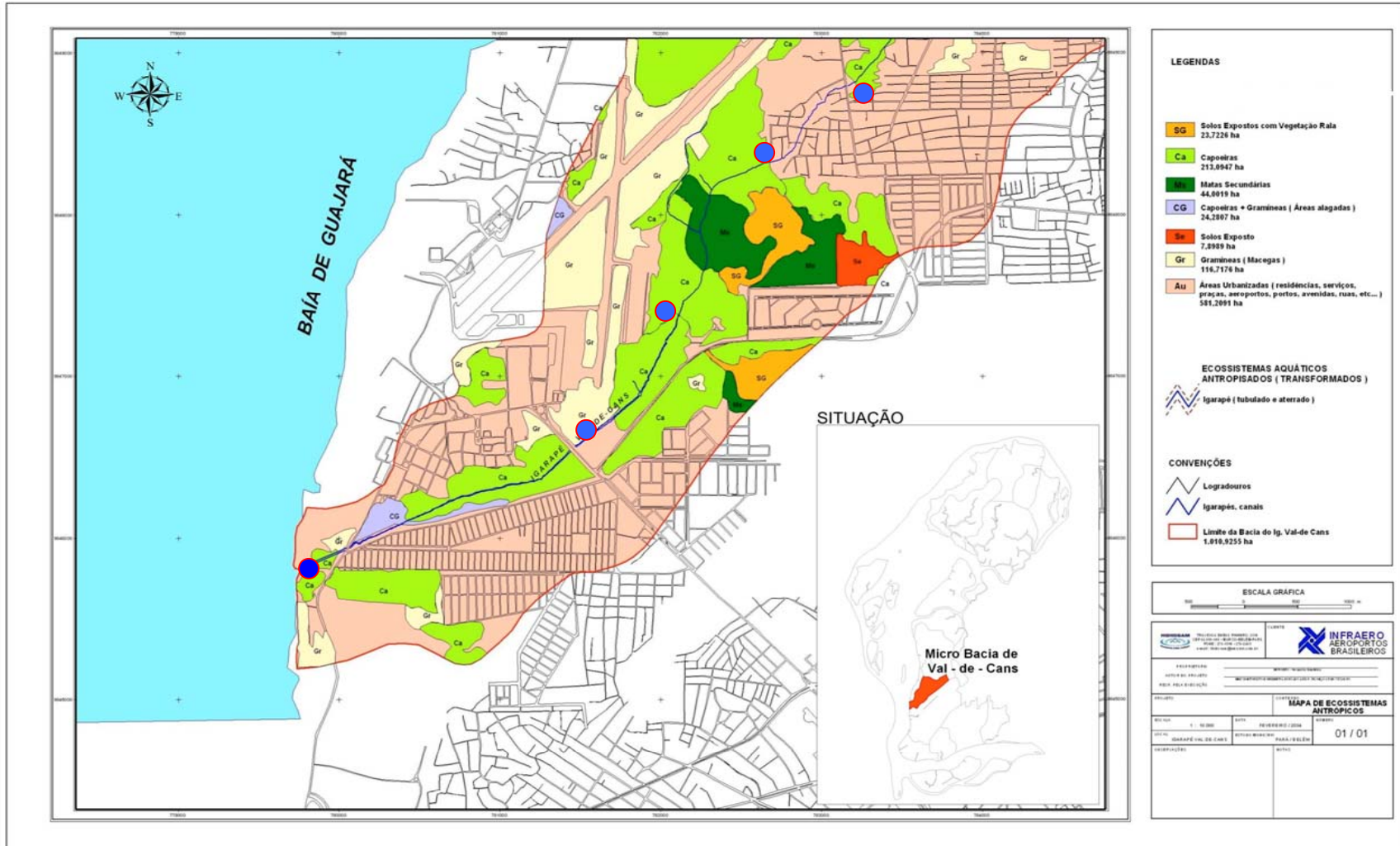


Figura 15: Mapa de Uso e Ocupação do Solo (INFRAERO, 2003).

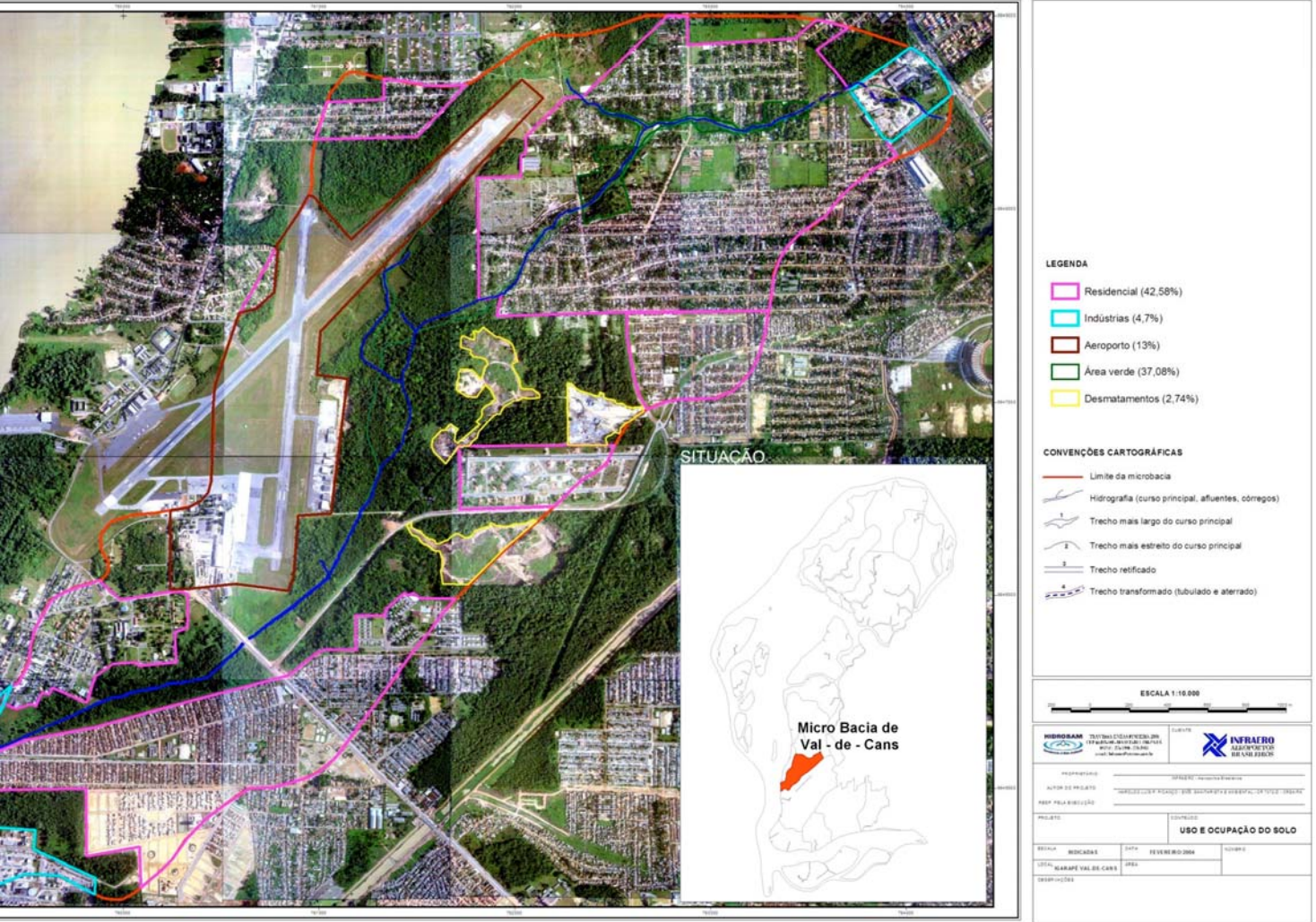


Figura 16:  
 Ortofoto da  
 microbacia do  
 igarapé Val-de-  
 Cães  
 delimitando o  
 uso e a  
 ocupação do  
 solo  
 (INFRAERO,  
 2003).

## **7. CONTAMINAÇÃO E POLUIÇÃO DAS ÁGUAS: INDICADORES DE QUALIDADE**

### **7.1 - CONTAMINAÇÃO E POLUIÇÃO DAS ÁGUAS**

A geologia, a vegetação e o clima têm importância nas águas superficiais e subterrâneas, porque depois da precipitação (chuvas) esses agentes contribuem para o estado da pureza das águas.

A água é transportada sobre a litologia, incluindo (incorporando) e dissolvendo íons como cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, nitratos e outros.

Os compostos orgânicos são provenientes da decomposição de matéria orgânica de origem animal e vegetal, podendo incluir resíduos de áreas agrícolas e despejos de efluentes de origem doméstica e/ou industrial.

A influência do clima se dá através da distribuição da chuva e temperatura que ocorrem na região; também influencia a vegetação e, conseqüentemente, a qualidade da água.

A qualidade das águas superficiais depende do clima, da litologia, da vegetação, do sistema aquático e da influência do homem. Pela ação antrópica, o meio aquático vem sendo depositário de efluentes orgânicos industriais e de fertilizantes por uso excessivo na agricultura (MOTA, 1999; TUCCI, 2003).

Toda essa atividade humana provoca um impacto sobre os ecossistemas. A recuperação das matas ripárias pode e deve ser um compromisso do poder público e de entidades, no resgate desses ecossistemas que vise à melhoria da qualidade da água superficial (LIMA & ZAKIA, 2006).

A preocupação com a contaminação dessas águas tem levado a muitos estudos do movimento das mesmas na zona não saturada, pois, a partir da infiltração de contaminantes por fossas sépticas, aterros sanitários, lixões, vazamentos de rede de esgoto, de produtos tóxicos derivados de petróleo ou mesmo por contaminação por agrotóxicos, nitratos, salinização do aquífero por lixiviação de solos salinos irrigados, pode-se inviabilizar a utilização dessas águas para o consumo humano.

O solo é a primeira barreira que, dependendo da espessura e da constituição física e química, pode salvar, principalmente, os aquíferos livres, já que os confinados, por sua própria estrutura litológica, têm maior proteção natural.

Pode-se conceituar contaminação como transmissão, pela água, de elementos, compostos ou microrganismos que possam prejudicar o homem ou animais que a bebem.

Poluição, por sua vez caracteriza-se mais por seus efeitos ecológicos com transformação do meio ambiente de maneira que o torna impróprio ao desenvolvimento das populações aquáticas.

Segundo SPERLING (1996), poluição é a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos.

Assim, percebe-se que a diferença básica entre contaminação e poluição está na sua relação com o meio ambiente, isto é, enquanto a primeira estaria atrelada aos seres vivos, a segunda às alterações da qualidade da água.

Esse estudo mostra as formas como a poluição pode atingir os corpos d'água, mencionando poluição pontual e difusa. A pontual atinge o corpo d'água de forma

concentrada no espaço, enquanto a forma difusa distribui-se em toda a extensão da drenagem.

## **7.2 – QUALIDADE DA ÁGUA**

O conceito de qualidade da água é muito amplo, porque, devido às suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transporte, a água agrupa impurezas advindas de fenômenos naturais e da atuação do homem, as quais definem a sua qualidade.

Por conseguinte, é em função, principalmente, do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, seja nas suas condições naturais, com o uso de matas e florestas, tendo grande influência a cobertura e a composição do solo, ou nas condições modificadas pelas interferências do homem, que contribui para a introdução de compostos na água, pontualmente ou de maneira dispersa.

O impacto depende do contato com as partículas, substâncias e impurezas no solo, durante o seu escoamento ou infiltração. Devido ao fato de existirem diversos usos previstos, a qualidade desejável da água é em função da definição destes usos, tais como: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura, preservação da flora e da fauna, recreação e lazer, harmonia paisagística, geração de energia elétrica, navegação, diluição de despejos, entre outros.

O estudo da qualidade da água é importante na caracterização dos poluentes de uma determinada atividade e suas conseqüências e na determinação de meios

para que se contemple um uso específico ou usos múltiplos da água (SPERLING, 1996).

## **7.2.1 – INDICADORES DE QUALIDADE FÍSICA**

### **a) Turbidez**

A turbidez (UNT- Unidade Nefelométrica de Turbidez) é a medida da dificuldade de um feixe de luz para atravessar uma certa quantidade de água. A turbidez é causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, colóides, matéria orgânica, etc.); ela é medida através do turbidímetro, comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento maior será a turbidez.

O Ministério da Saúde indica valor máximo igual a 5 UNT, para águas de mina e poços e, para águas tratadas, 1 UNT.

### **b) Cor**

A cor (mg Pt/l) é um parâmetro estético, a cor natural provém principalmente de processos de degradação do ambiente. Colóides de ferro e manganês também contribuem para o aumento da cor, assim como alguns constituintes de águas industriais. A cor de uma água é consequência de substâncias dissolvidas.

Quando pura e em grandes volumes, a água é azulada. Quando rica em ferro, é arroxeadada. Quando rica em manganês, é negra e quando rica em ácidos húmicos, é amarelada.

A medida da cor de uma água é feita pela comparação com soluções conhecidas de platina-cobalto ou com discos de vidro corados calibrados com a solução de platina-cobalto. Uma unidade de cor corresponde àquela produzida por 1mg/L de platina, na forma de íon cloro platinado.

Segundo a Portaria nº 1.469/2000, a Cor VMP é igual a 15 para água de mina ou poços. Da mesma forma, a cor é influenciada por matérias sólidas em suspensão (turbidez), que devem ser eliminadas antes da medida. Para águas relativamente límpidas a determinação pode ser feita sem a preocupação com a turbidez. Neste caso a cor obtida é referida como sendo aparente. Em geral, as águas subterrâneas apresentam valores de cor inferiores a 5mg/L de platina.

### **c) Temperatura**

Medida da intensidade de calor; é um parâmetro importante, pois, influi em algumas propriedades da água, dentre elas, a densidade e oxigênio dissolvido, com reflexos sobre a vida aquática.

### **d) Odor**

Resulta de causas naturais, como proliferação das algas; decomposição de vegetação; bactérias; e fungos. Mas, também, por compostos orgânicos, tais como gás sulfídrico, sulfatos e cloretos, além de compostos artificiais, dentre eles os esgotos domésticos e industriais.



## 7.2.2 – INDICADORES DE QUALIDADE QUIMÍCA

### a) pH

O potencial hidrogeniônico, representa o equilíbrio entre íons H<sup>+</sup> e íons H<sup>-</sup>. O pH varia de 7 a 14 e indica se a água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7). Convém mencionar que tal indicador depende da água e suas características naturais, mas pode ser alterado, principalmente pela introdução de resíduos. É importante ressaltar que a vida aquática depende do pH, na faixa recomendável de 6 a 9.

### b) Alcalinidade

Causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio, mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos. Em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água.

### c) Dureza

Resulta da presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade. Em teores elevados, causa sabor desagradável e efeitos laxativos.

De acordo com Mota (2000), em termos de dureza (CaCO<sub>3</sub>) as águas se classificam em:

### Quadro 1: Classificação da água quanto a dureza

Concentração	Classificação
< 50 mg/l CaCO <sub>3</sub>	Água mole
Entre 50 e 150 mg/l CaCO <sub>3</sub>	Água com dureza moderada
Entre 150 e 300 mg/l CaCO <sub>3</sub>	Água dura
> 300 mg/l CaCO <sub>3</sub>	Água muito dura

Fonte: Mota (2000)

#### d) Ferro e Manganês

Podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou despejos industriais. Além disso, causam quando em grandes concentrações coloração avermelhada à água, no caso do ferro, ou marrom, no caso do manganês. É comum quando presente na água conferir sabor metálico.

Mota (2000), ainda, aponta que as águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores e coloração à água, bem como obstruem as canalizações.

#### e) Fósforo

Pode ser encontrado na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. É essencial para o crescimento de algas, porém em excesso, causa a eutrofização. Suas principais fontes são a dissolução de compostos do solo,

decomposição de matéria orgânica, esgoto domésticos e industriais, fertilizantes, detergentes e excretas de animais.

#### **f) Nitrogênio**

Pode estar presente na água sob várias formas, dentre elas a molecular, amônia, nitrito e nitrato. É um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas em excesso pode ocasionar um crescimento exagerado e provocar o processo conhecido como eutrofização.

Convém ressaltar, que a amônia é tóxica aos peixes. E o aumento de nitrogênio na água pode estar relacionado ao lançamento de efluentes domésticos e industriais, excretas de animais e fertilizantes.

#### **g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

É a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, por ação de bactérias aeróbias. De acordo com Mota (2000), representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer as bactérias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratório.

### **7.2.3 – INDICADORES DE QUALIDADE BIOLÓGICA**

Dentre os mais importantes, convém destacar os Coliformes e as algas, que tem sido bastante utilizada por ser um indicador visual.

**a) Coliformes**

São indicadores da presença de microorganismos patogênicos na água. Já os coliformes fecais, indicam que o corpo hídrico recebeu efluentes domésticos e fezes.

**b) Algas**

Apesar de desempenharem um importante papel no meio aquático, sendo responsáveis pela produção de oxigênio dissolvido, quando em grande quantidade, proveniente do excesso de nutrientes, causam o processo de eutrofização.

A qualidade pode ser representada por meio de parâmetros, que caracterizam as condições físicas, químicas e biológicas da água. O Anexo 1 apresenta os principais parâmetros, conforme definição de SPERLING (1996).

## **8. QUALIDADE E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA MICROBACIA DE VAL-DE-CÃES**

A poluição gerada pelo escoamento superficial é chamada de poluição difusa, segundo Porto (1995), pois provém de atividades que depositam poluentes, de forma esparsa, sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica. As principais fontes de cargas difusas são: deposição atmosférica, desgaste da pavimentação, veículos, restos de vegetação, lixo e poeira, restos e dejetos de animais, derramamentos e erosão. Os principais poluentes que são carregados são sedimentos, matéria orgânica, bactérias, metais como o cobre, zinco, manganês, ferro e chumbo, hidrocarbonetos provenientes do petróleo, tóxicos como os pesticidas e os poluentes do ar, que se depositam sobre as superfícies. As ligações clandestinas de esgoto, efluentes de fossas sépticas, vazamentos de combustíveis, restos de óleo, tintas e outros produtos tóxicos despejados em sarjetas ou bueiros contribuem para o aumento das cargas poluidoras transportadas pelas redes de drenagem urbana até os corpos d'água.

Para avaliar a poluição por cargas poluidoras geradas pelo escoamento superficial urbano na área de estudo, foi medida a concentração de poluentes lançados pela drenagem urbana sobre o corpo receptor.

### **8.1 - A POLUIÇÃO E A QUALIDADE DAS ÁGUAS DO IGARAPÉ VAL-DE-CÃES**

Comumente, a poluição das águas, tem sido encarada sob dois aspectos, um sanitário e outro ecológico. A abordagem sob o ponto de vista sanitário, a poluição

das águas é conceituada como a modificação de suas qualidades química, física e biológica, que possam afetar as comunidades que dela se servem. Quanto à abordagem ecológica a poluição é definida como alterações na qualidade das águas que causa ruptura nos ecossistemas aquáticos naturais.

Na primeira conceituação temos que o homem é a medida de referência, ou seja, a conspurcação só é vista como algo indesejável se afeta o homem ou suas atividades. Já o segundo conceito não aceita o destaque antropocentrismo, tendo por indesejáveis as alterações nos fatores ecológicos. Esta dualidade de conceitos no que refere as águas se deve a diferentes observações, mais é extremamente necessário harmonizar estas duas vertentes.

## **8.2 - USOS DAS ÁGUAS**

De acordo com as saídas de campo e dados coletados junto aos moradores mais próximos ao corpo hídrico, os usuários diretos do Igarapé são os adolescentes e as crianças que utilizam aquelas águas para recreação, isto é, utilizam para banho e em alguns casos sustento, “pesca”.

Segundo o relato dos moradores durante o período em que ocorre a enchente com as águas oriundas da Baía de Guajará, principalmente, nas grandes marés ou com as águas de março, na jusante do Igarapé, os peixes aparecem e são pescados pela população local.

A população apontou as espécies listadas na tabela 3, como aquelas que aparecem com maior frequência.

**Tabela 3: Espécies que são encontradas com mais freqüência nas águas do Igarapé Val-de-Cães.**

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM
<i>Hoplias malabaricuss</i>	Traíra
<i>Hoplosternum thoracatum</i>	Tamoatá
<i>Synbranchus marmoratus</i>	Mussum
<i>Cichlosoma spectabile</i>	Acará
<i>Electrophorus electricus</i>	Poraqué

Fonte: Trabalho de campo

Nos períodos em que há falta de água por problemas de abastecimento, algumas famílias utilizam a água do Igarapé para banho e lavagem de roupas, sendo interessante este dado porque tal atitude é avaliada de acordo com o padrão visual da água, isto é, a cor.

Não há registro de utilização da água para consumo, mas ficou claro que numa necessidade eventual a água seria bem empregada, para consumo humano.

### 8.3 - FONTES POLUIDORAS

A pesquisa por fontes poluidoras significativas no Igarapé demandou alguns dias de caminhada e observação, além ser perceptível o crescente número de tubulações em PVC de efluentes domésticos, tornou-se difícil quantificar, pois a cada dia surgia um novo ponto de descarga (figura 17).

Em função do baixo poder aquisitivo da população aliado a ausência de saneamento notou-se que o número descargas de efluentes domésticos é significativo e crescente. Não sendo possível identificar separadamente as origens dos efluentes, principalmente distinguir se realmente são domésticos, industriais, comerciais ou pertencentes as instituições do entorno.

Os resultados colhidos no trecho que fica nos bairros de Val-de-Cães e Bengui estão expressos abaixo e indicam que o corpo hídrico recebe alta descarga de poluente diariamente. Tal trecho foi escolhido por apresentar o maior teor de coliformes na microbacia.

Tipo de Entrada de fluxo	Quantidade	Percentual (%)
Efluentes em tubulações de PVC	17	40,48
Efluentes domésticos canalizados a céu aberto	22	52,38
Efluentes superficiais (próximo ao asfalto)	03	7,14
TOTAL	42	100

Fonte: Trabalho de Campo

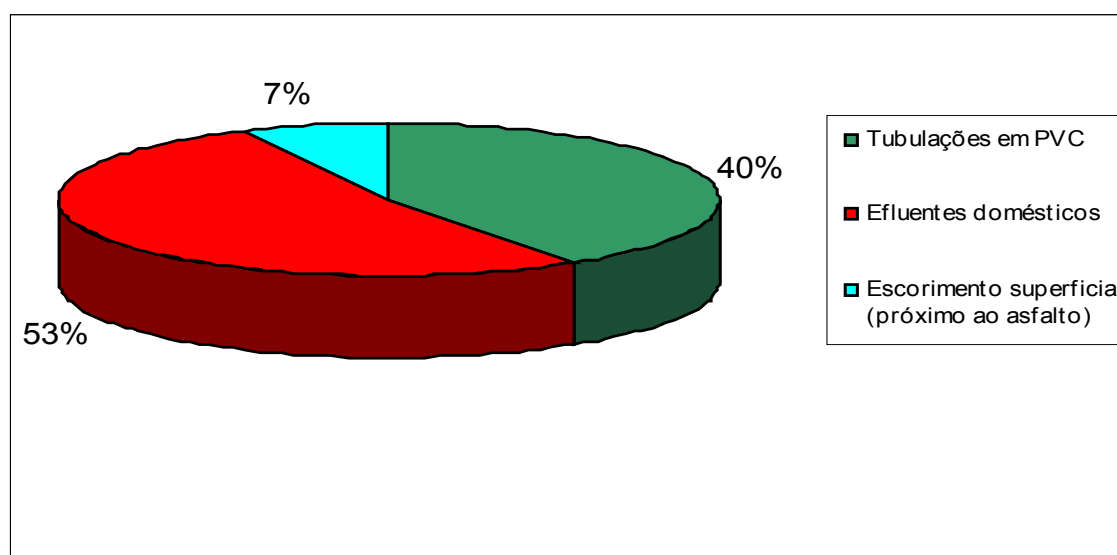


Figura 17: Representação gráfica do percentual de distribuição dos tipos mais comuns de entrada de poluentes no Igarapé Val-de-Cães.

Assim, as atividades potencialmente poluidoras do corpo hídrico em estudo são:

1) Os efluentes domésticos: compreende às águas utilizadas para higiene pessoal, lavagem de alimentos e utensílios, além da água usada em vasos sanitários. Estes esgotos são constituídos, primeiramente, por matéria orgânica biodegradável,



microorganismos (bactérias, vírus), nutrientes (nitrogênio e fósforos), óleos e graxas, detergentes e metais.

2) Depósito de lixo: os depósitos de lixo localizados na microbacia e nas margens do corpo hídrico são clandestinos e compostos de resíduos sólidos provenientes de atividades domésticas e industriais. Disposto de forma inadequada e sem coleta regular, o lixo entra em estado de decomposição (figura 18), liberando um líquido altamente poluente, denominado de chorume.



Figura 18: Depósito de lixo clandestino, situado nas proximidades das margens do corpo hídrico, no Bairro de Val-de-Cães.

Fotografia: Trabalho de Campo – agosto/2005.

3) Resíduos industriais: as águas residuárias industriais originam-se de pontos distintos:

a) águas sanitárias – efluentes de banheiros e cozinhas, apresentam as mesmas características das águas de esgotos domésticos. De acordo com Cunha & Pereira (2003), durante um mês, o Aeroporto Internacional de Belém recebe em média um volume de 43.259,50 litros de águas residuárias que são tratadas na ETE-INFRAERO e logo após lançadas no Igarapé Val-de-Cães.

b) águas de refrigeração – água utilizada por sistemas de resfriamento industriais, principalmente nas instalações aeroportuárias existentes na microbacia.

c) águas de processos – água que tem contato direto com a matéria-prima do produto processado. Na microbacia foi possível encontrar pequenos pontos comerciais que vendem carne de porco, boi, peixe e aves, esta última na maioria das vezes são abatidas dentro desses comércios e suas águas lançadas em córregos que desembocam no corpo hídrico.

#### **8.4 - ESTIMATIVA DE CARGA ORGÂNICA**

Para avaliação do impacto da poluição é necessária a quantificação de carga orgânica, expressa em mg/l de DBO. Como não foi possível realizar o trabalho *in situ* e nem em laboratório, bem como não há registros de vazão para a área de estudo, buscou-se na literatura o amparo para estimar a carga orgânica.

Neste estudo a estimativa foi efetuada com base na população residente nas áreas de abrangência da microbacia e na carga per capita teórica de DBO. Segundo

Mota (1999;2000) e Sperling (1996), a carga per capita de DBO, produzida com relação a cada habitante é de 54g/hab.dia.

Além disso, foi possível estimar a vazão de esgoto, a partir do valor estabelecido por Pereira e Maciel (1999) de 256 l/hab.dia de água consumida per capita, o qual servirá de base para o cálculo desta análise.

Mas alguns autores estimam que desse valor de água consumida, o valor usualmente que adentra na rede coletora na forma de esgoto tem sido na ordem de 80% (SPELING, 1996). Este será o percentual que será utilizado para estimar a vazão de esgoto produzido ao dia, por intermédio das equações abaixo:

$$\text{Carga de DBO (Kg/d)} = \frac{\text{população (hab.) X carga per capita de DBO (g/hab.dia)}}{1000 \text{ (g/Kg)}}$$

$$\text{Qmédia (m}^3\text{/d)} = \frac{\text{população (hab.) X cota per capita (l/hab.dia) X C}}{1000}$$

C = Coeficiente de retorno = 80%

Os dados apresentados na tabela 4 exprimem os valores obtidos de estimativa de vazão de esgoto para a microbacia, assim como a carga orgânica gerada.

Tabela 4: Estimativa de Vazão esgoto e carga orgânica gerada na microbacia em estudo.

Bairros	População (habitantes)	Carga de DBO Estimada (ton/dia)	Vazão de Esgoto Estimada (m <sup>3</sup> /dia)
Bengui	22.496	1,21	4769,15
Pratinha	3.594,80	0,19	762,10
São Clemente	583,3	0,03	123,66
Val-de-Caes	4.932,90	0,27	1045,77
Maracangalha	13.878,50	0,75	2942,24
Miramar	21,6	0,00	4,58
Parque Verde	458,6	0,02	97,22
Mangueirão	1.912,50	0,10	405,45
<b>TOTAL MICROBACIA</b>	<b>47.878,20</b>	<b>2,57</b>	<b>10150,17</b>

Os bairros mais densamente ocupados, Bengui, Maracangalha e Val-de-Cães tendem a apresentar sérios problemas ambientais, causados pela falta de saneamento básico em consonância com as estimativas apresentadas, na tabela 4.

Desta forma os bairros do Bengui, da Maracangalha e de Val-de-Cães são os que apresentam os maiores valores estimados para vazão de esgoto, conseqüentemente, uma carga maior de DBO, enquanto o bairro de MIRAMAR, possui o menor valor estimado de DBO e esgoto, por apresentar o pequeno número de habitantes, dentro da microbacia.

Numa comparação com outras microbacias da Cidade de Belém, o valor da microbacia em estudo encontra-se numa posição central, conforme os dados constantes da tabela 5.

Tabela 5: Estimativa de Carga orgânica e vazão de esgoto gerada em algumas microbacias da Cidade de Belém.

<b>Microbacia</b>	<b>População (habitantes)</b>	<b>Carga de DBO Estimada (ton/dia)</b>	<b>Vazão de Esgoto Estimada (m<sup>3</sup>/dia)</b>
<b>Estrada Nova</b>	189.500	10,23	40.174
<b>Tucunduba</b>	198.350	10,71	42.050
<b>Val-de-Cães</b>	45.507	2,57	10.150
<b>Murutucu</b>	11.508	0,62	2.440
<b>Aura</b>	11.700	0,63	2.480
<b>TOTAL</b>	456.565	24,76	97.294

Fonte: modificada de Lisboa et al (2003).

Utilizando-se o censo demográfico de 2000(PMB, 2000), cuja a população de Belém era estimada em 1.280.614 habitantes e os dados constantes das tabelas 4 e 5, conclui-se que a microbacia hidrográfica de Val-de-Cães contribui com aproximadamente 3,56% da estimativa de Carga orgânica e vazão de esgoto gerada no Município de Belém por dia.

Comparando-se com a Bacia do Tucunduba que produz uma vazão de esgoto estimada em 15,55% do total do Município, percebe-se que a microbacia de Val-de-Cães contribui com 1/5 do que a mencionada bacia gera por dia.

## **8.5 - VARIÁVEIS QUALITATIVAS DA ÁGUA REFERENTE AOS PONTOS DE AMOSTRAGEM**

A seguir são apresentados os resultados das análises de água superficial nos pontos de coleta no Igarapé Val-de-Cães. Optou-se por apresentar esses resultados através de três abordagens:

(1) uma abordagem espaço-temporal, gerando-se gráficos com os dados colhidos nas duas campanhas realizadas em relação as variáveis físico-químicas, variáveis químicas e variáveis biológicas;

(2) uma abordagem espacial, gerando-se gráficos que expressam valores médios de algumas variáveis combinadas; e

(3) uma abordagem comparativa, com dados obtidos em outra microbacia da cidade de Belém.

Tabela 6: Resultados das análises físico-químicas e biológicas das amostras coletadas no igarapé Val-de-Cães, durante os período chuvoso (fevereiro de 2004) e período seco (agosto de 2005).

PARÂMETROS	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	P chuvoso	P Seco	P chuvoso	P Seco	P chuvoso	P Seco	P chuvoso	P Seco	P chuvoso	P Seco
Temp. Ar. C <sup>o</sup>	29	31	29	32	30	32	30	32	30	33
Temp. Água 01 C <sup>o</sup>	28	29	29	29,5	29	29,5	29	29	29,5	30
Turbidez (NTU)	7	8	6,2	6,9	9	9,6	5,8	7	7	8,2
Cor (Pt/Co)	72	72	57	57	173	173	32	32	58	58
PH	7,4	7,2	6	5,9	6	5,7	6,2	6	6,5	6,1
Alcalinidade (mg/l)	188	195	30	39	80	88	32	37	62	71
Ferro (mg/l)	1,68	1,75	0,06	0,12	3,19	3,45	0,45	0,51	0,97	1,4
Fósforo (mg/l)	0,97	0,88	0,24	0,27	0,18	0,15	0,26	0,21	0,32	0,26
Dureza (mg/l)	48	49	34	37	100	99	36	38	32	35
CO <sub>2</sub> Livre (mg/l)	7	8	60	79	130	147	41	56	42	52
Nitrato (mg/l)	1,8	1,9	1,8	2,1	1,5	1,8	1,4	1,7	2	2,6
Nitrito (mg/l)	0,003	0,005	0,003	0,004	0,001	0,002	0,029	0,03	0,054	0,06
Amônia (mg/l)	5,78	6,28	0	0	0,53	0,62	1,04	1,21	1,13	1,19
Sílica (mg/l)	1,121	1,119	0,741	0,78	0,306	0,45	0,604	0,651	0,812	0,888
Sólidos Susp. (mg/l)	7,33	9,45	<1,0	2,12	5,5	8,2	<1,0	3,15	6	8
TDS (mg/l)	220	235	64,7	73,1	85,3	89,2	82,2	88,7	76,1	85,9
O D (mg/l)	0	0	2,9	1,9	1,1	0,8	1,5	1,1	2,2	1,8
DBO (mg/l)	118,4	144,1	34,5	41,3	24,8	28,7	46,4	49,2	48	52,9
Óleos e Graxas (mg/l)	13,17	21,17	7,96	7,96	7,76	7,76	3,42	4,26	3,59	7,22
Manganês (mg/l)	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Cromo Hexa (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Condutividade	438	452	129,1	133,5	170,5	180,4	164,3	180,1	152,4	159,1
Coli Totais (nmp)	110.000	130.000	7.500	8.400	750	790	1.100	1.200	110.000	120.000
Coli Fecais (nmp)	1.500,00	1.800,00	20	25	0	0	0	0	0	0

### 8.5.1 - VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

#### - Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água (MOTA, 2000), a partir dos sólidos em suspensão, neste estudo pode estar relacionada à argila que provêm dos depósitos sedimentares regionais, pertencentes à porção oriental da planície amazônica.

Mota (2000), afirma que entre outros aspectos influenciam na turbidez das águas a presença de colóides de ferro e de alumínio, microorganismos e plânctons.

Os resultados deste estudo no igarapé Val-de-Cães apresentam um padrão de variação nas duas coletas, oscilando de 0,6 a 1,2 NTU a mais no período seco. Além disso, revelam valores elevados no ponto de coleta nº 03 e menores valores nos pontos nº 02 e 04 (Figura 19) durante as duas coletas.

O ponto de coleta nº 03 fica logo após a Estação de Tratamento de Efluentes do Aeroporto Internacional de Belém e recebe descargas de águas tratadas, de acordo com o estudo realizado por Lisboa et al (2003), desta forma gerando um turbilhamento na área em questão.

No período chuvoso os valores são menores, talvez pela dispersão da matéria em suspensão.



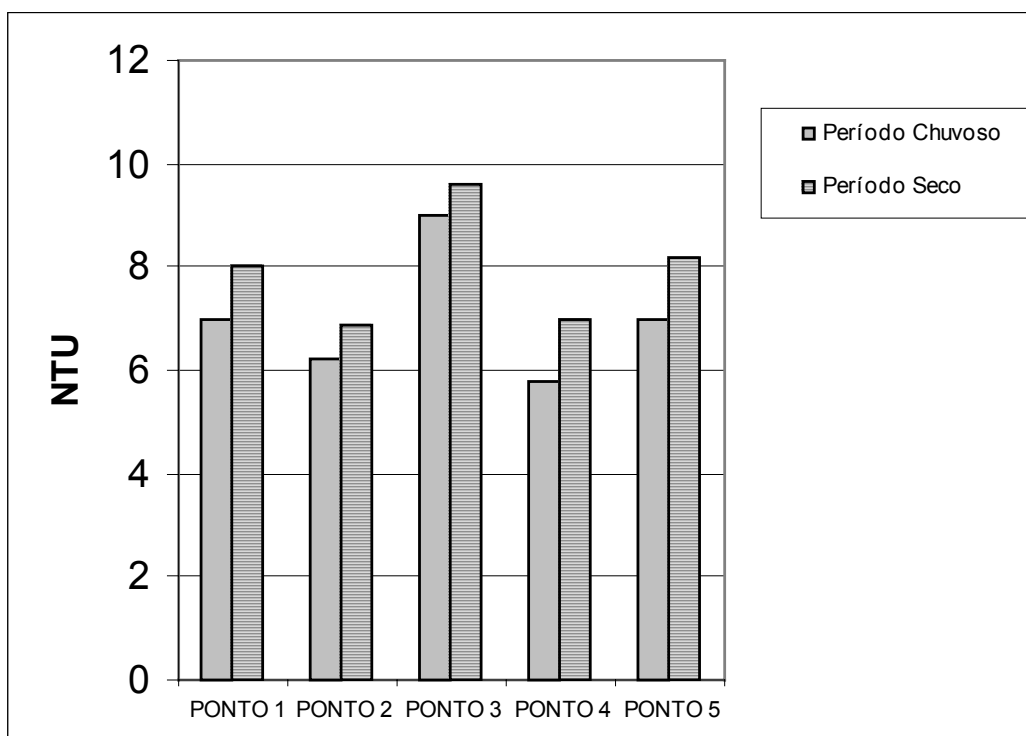


Figura 19: Variação espacial da turbidez nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

Em relação aos dados obtidos no estudo elaborado por Ribeiro (2004), estes valores estão bem abaixo dos encontrados nos Igarapé do Paracuri e do Combu, pois na época chuvosa registrou os valores médios de 37,0 NTU e 41,0 NTU, respectivamente. Enquanto que no período seco, os valores para os Igarapé do Paracuri, 44,4 NTU e 50,0 NTU no Combu. Tal análise indica que o Igarapé Val-de-Cães possui menor teor de sólidos em suspensão quando comparado às demais bacias.

### **- Condutividade**

A variação de condutividade elétrica nas duas coletas não foi significativa, apresentando em ambos os períodos valores acima de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para o ponto nº 01 de coleta, conforme figura 20.

O ponto de coleta nº 01 apresentou os maiores valores para condutividade, similarmemente em ambas as amostras, provavelmente por estar próximo a Baía de Guajará que apresenta um teor de salinidade em suas águas e substâncias antrópica dissolvidas (efluentes industriais, comerciais e domésticos). Além disso, tal variação em relação aos demais pontos de coleta poderia estar relacionada com a influência da maré, que na região sofre mudança a cada 6 horas.

Nos demais pontos os índices apresentados estavam acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , caracterizando que esses locais estão sofrendo impacto, principalmente o ponto nº 05 que fica próximo a nascente e que não deveria apresentar índice tão elevado de condutividade, por possuir águas que jorram da fonte.

À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Quando os valores de condutividade se elevam, normalmente estão associados à adição de íons de diferentes origens, os quais podem ser tanto de fonte orgânica, como resíduos domésticos e industriais, quanto da drenagem de nutrientes do solo (MOTA, 1999;2000).

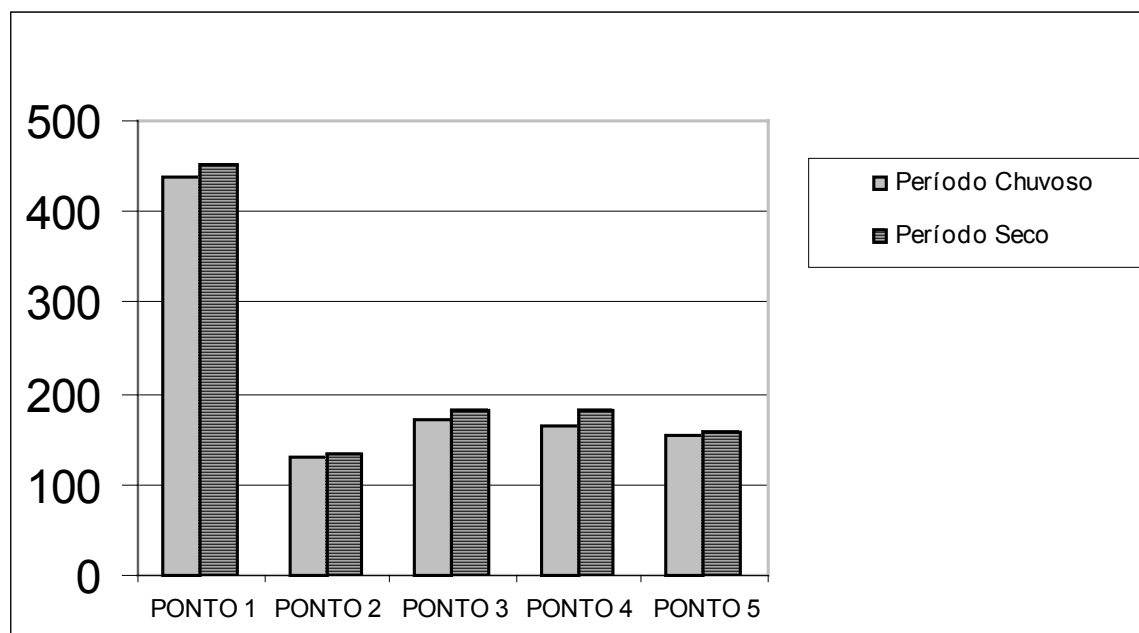


Figura 20: Variação espacial da condutividade nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

No estudo realizado por Ramos (2004), a condutividade elétrica nas águas interiores de Belém, devido à poluição, pode alcançar valores superiores a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , não sendo o caso do igarapé Val-de-Cães até o presente momento.

Além disso, Cordeiro (1987) determinou 13.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em Icoaraci, a montante e mais próximo de Belém, 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , enquanto que na Baía de Guajará encontrou 26  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sempre medidas na preamar. É importante ressaltar que o valor elevado verificado em Icoaraci se deve a cunha salina, oriunda de águas oceânicas.

Gaspar (2001) estudando o Igarapé Mata Fome obteve um valor médio de 260  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e no período seco uma taxa de 307  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

## - pH

O pH no Igarapé Val-de-Cães foi uma das variáveis qualitativas mais conservativas. Houve pouca variação em torno dos valores numéricos nas duas coletas realizadas. Mas o ponto nº 01 apresenta valores acima de 7,0, indicando um pH básico e que possivelmente sofre influência da salinidade, enquanto nos demais pontos os valores estão dentro do limite da acidez (Figura 21).

Além disso, os valores de pH mais elevados refletem o recebimento de descargas de efluentes domésticos das moradias instaladas em suas margens, pois nesses efluentes, a formação de amônia a partir da decomposição da matéria orgânica dos esgotos, tende a ocasionar o aumento do pH.

Outras substâncias de caráter básico, presentes nos efluentes domésticos, a exemplo dos detergentes, também devem contribuir para o aumento do pH.

De acordo com Ramos (2004) o pH das águas do Rio Guamá e Baía do Guajará está normalmente entre 6 e 7. Mas, ressalta que valores de 4,5 podem ser encontrados em drenagens pequenas e não poluídas, sob influência de matéria orgânica, enquanto no Igarapé Tucunduba, muito poluído, o pH determinado foi de 7,5.

Gaspar (2001), em água de maré vazante, do período seco, no Igarapé Mata Fome encontrou um máximo de 8,7, relacionado com poluição. Em outro estudo, Ribeiro (2002) verificou pH entre 5,0 e 5,5 nos Igarapés Paracuri e Combu.

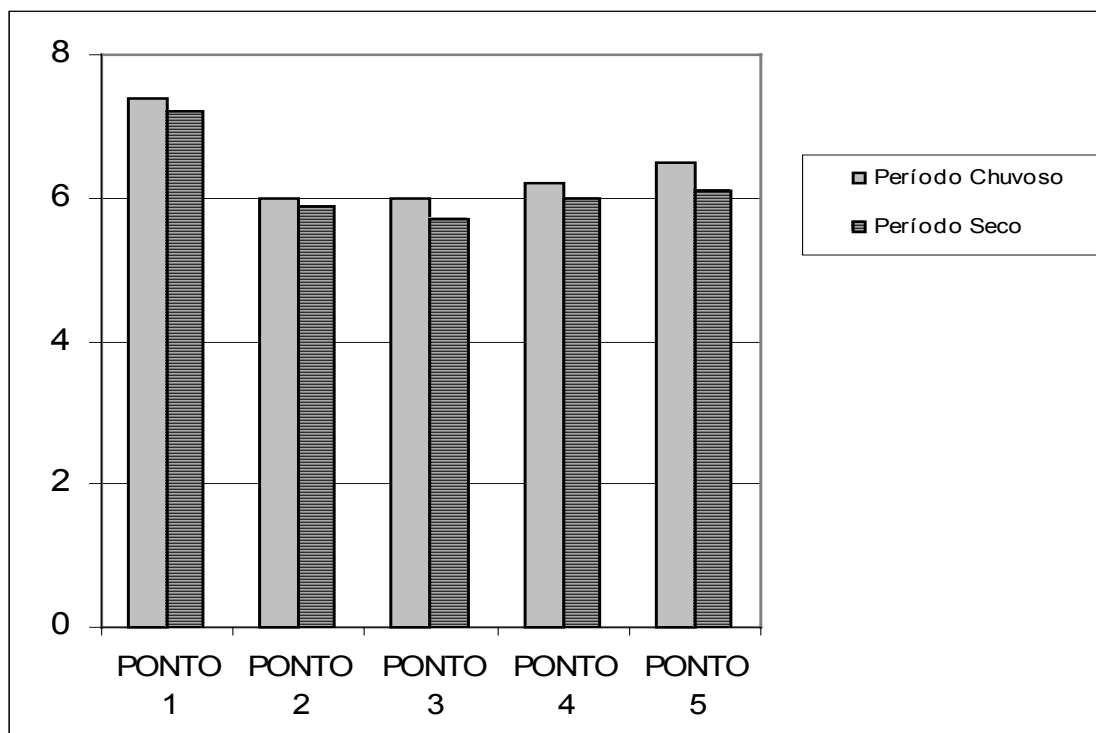


Figura 21: Variação espacial de pH nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

Cabe destacar que em rios do Estado de Rondônia, Pessenda et al. (1986) obtiveram pH médio de 6,42, em bacias que foram submetidas a desmatamento intenso e urbanização.

#### - Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido mostrou uma variação significativa entre os pontos nº 01 e 02, variando de 0 a 2,9 mg/l, mas ficou evidente que há uma tendência dos valores diminuírem da nascente para a jusante (figura 22), pelos menos entre os pontos nº

05, 04 e 03. Nas proximidades do ponto nº 02 está a ETE do Aeroporto e possivelmente o igarapé Val-de-Cães está recebendo água tratada previamente.

Os baixos valores de oxigênio dissolvido nas águas do igarapé Val-de-Cães são atribuídos ao consumo elevado dessa substância no processo de decomposição de matéria orgânica.

De qualquer maneira estes valores estão abaixo do valor mínimo estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, que é de 6mg/l, para as águas destinadas à recreação de contato primário.

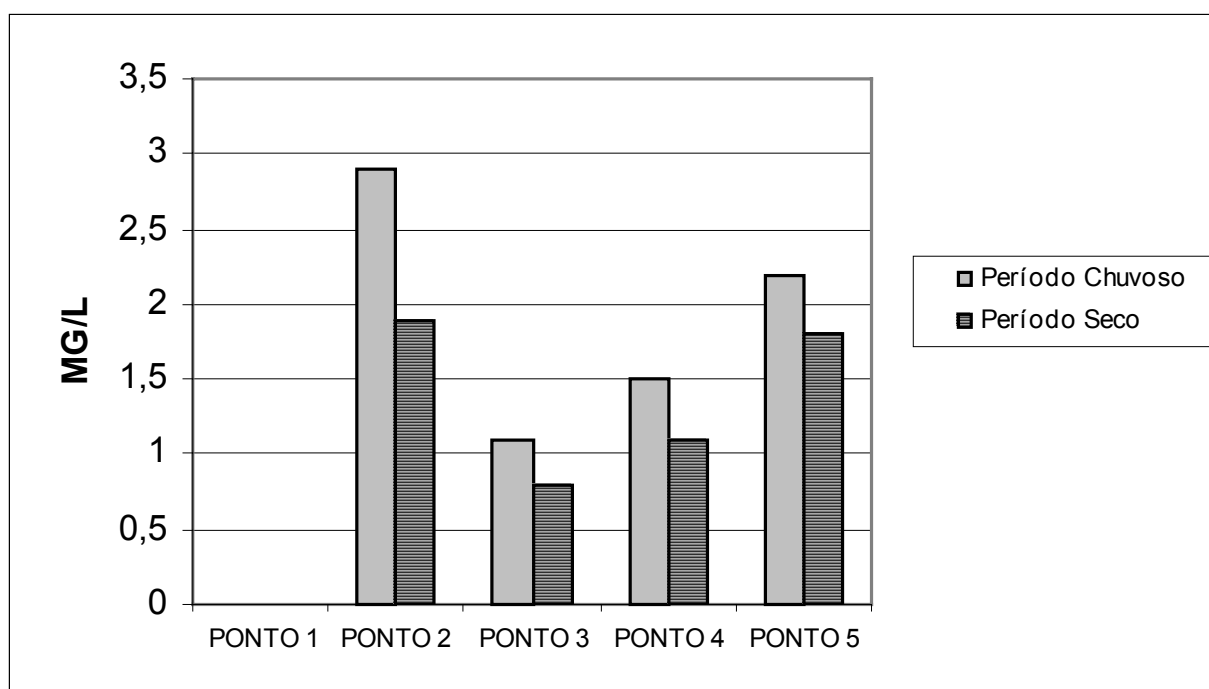


Figura 22: Variação espacial na concentração de OD nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

As maiores concentrações de OD no período chuvoso podem ser explicadas pela maior turbulência a que o igarapé é submetido no período de chuvas intensas, absorvendo oxigênio da atmosfera.

De acordo com Ramos (2004), os valores de OD para as águas da Baía de Guajará e Rio Guamá está normalmente entre 6,5 e 8 mg/l e só nas drenagens poluídas, como o Igarapé Tucunduba, Mazzeo (1995) determinou na vazante a média de 0,7 mg/l e na enchente 3,5 mg/l. Resultados similares foram detectados por Gaspar (2001) nas águas do Igarapé Mata Fome, poluído com esgotos domésticos, sobretudo.

#### **- Temperatura da água**

A temperatura da água não mostrou variação significativa, mas nos pontos de coleta do igarapé Val-de-Cães esteve bem próxima da temperatura ambiente, de acordo com a média mensal apresentada pelo INMET (figura 2), oscilando entre 28 e 30°C (figura 23).

Em outros estudos realizados na cidade de Belém Mazzeo (1995), Gaspar (2001), Ribeiro (2002) e Ramos (2004) identificaram que as temperaturas para as águas superficiais estão normalmente entre 27 e 30°C.

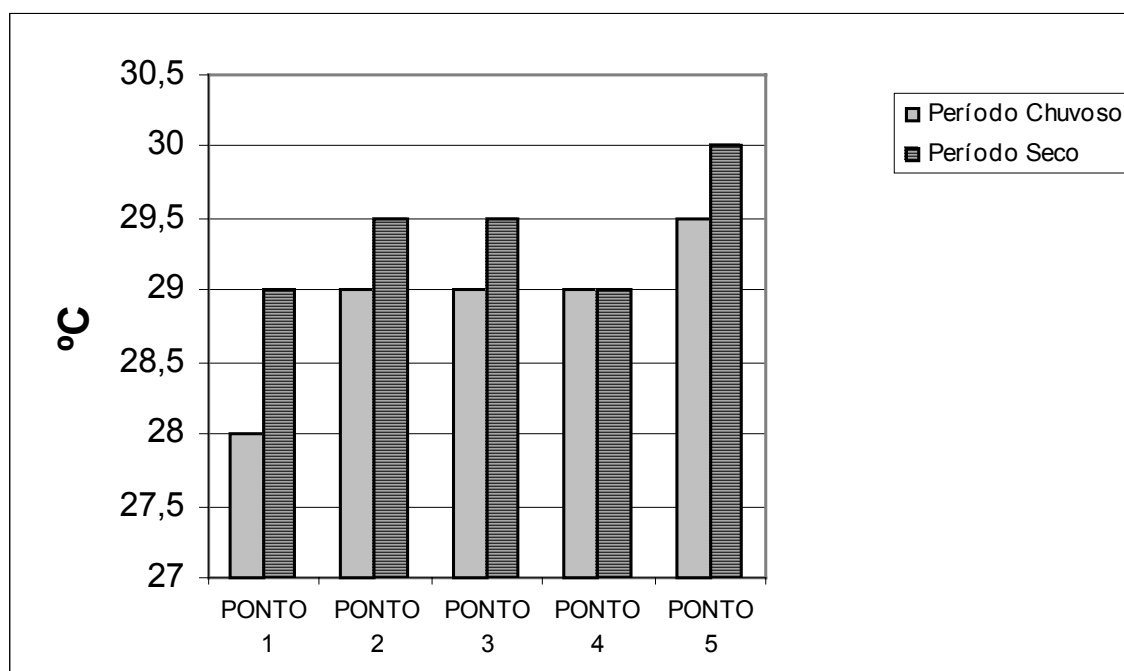


Figura 23: Variação espacial da temperatura da água nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

A pouca variação térmica dos corpos aquáticos está relacionada com a radiação solar, visto que 99% dessa radiação é absorvida nos primeiros dez metros de profundidade. Assim sendo, na camada superior não se observam grandes variações de temperatura (BRANCO, 1986).

O estudo realizado por Pinheiro (1987), na Baía de Guajará, revelou que a temperatura da água e suas oscilações não são influenciadas pela elevação ou baixa da maré, mas sim, pelas variações horárias, verificando que no período da manhã a temperatura situava-se na faixa de 26,5° C e 28°C.



## **8.5.2 - VARIÁVEIS QUÍMICAS**

### **- Componentes nitrogenados**

#### **A) Amônia**

A concentração de amônia (figura 24) predominantemente mais baixa no período chuvoso é provavelmente ocasionada pela diluição das águas nessa época do ano.

O ponto nº 01, à jusante do igarapé, apresenta os maiores índices 5,78 mg/l e 6,28 mg/l, na época chuvosa e seca respectivamente, enquanto o segundo índice mais elevado está localizado nas proximidades da nascente. Tais compostos sugerem uma contribuição advinda de efluentes domésticos e industriais.

Gaspar (2001) em seu estudo no Igarapé Mata Fome, também, identificou um considerável aumento dessa substância, originada pelo lançamento de resíduos domésticos, determinando valores de 5,7 mg/l a 12,5 mg/l.

Estudo realizado por Meybeck (1982) analisando o transporte de nutrientes em diversos rios, aponta valores de amônia oscilando entre 0,009 mg/l a 0,05 mg/l para rios tropicais não poluídos, tomando como exemplo na região amazônica, os rios Solimões, Negro e Amazonas.

Para Lima & Zakia (2006) a amônia ocorre em corpos hídricos a partir da quebra de compostos do nitrogênio orgânico e inorgânico no solo e na água, por meio da excreção de animais, da redução de nitrogênio gasoso na água por microorganismos e a partir de trocas gasosas com a atmosfera.

As águas não poluídas contêm baixas quantidades de amônia e de seus compostos, normalmente abaixo de 0,1 mg/l. Altas concentrações de amônia indicam poluição orgânica, como de esgotos domésticos (LIMA & ZAKIA, 2006).

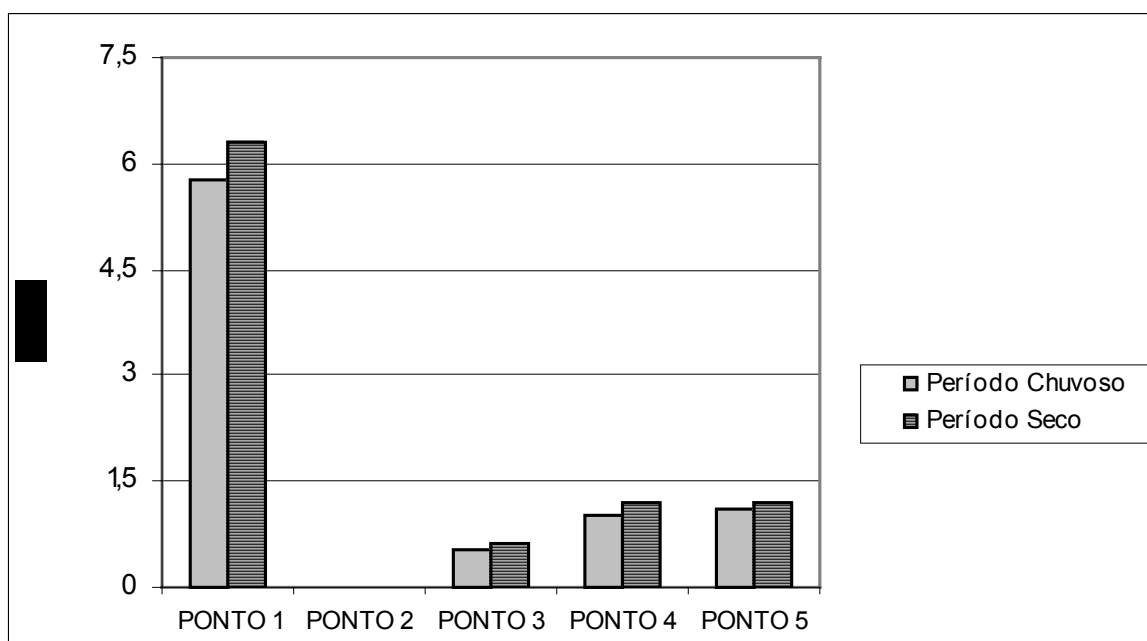


Figura 24: Variação espacial de amônia nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

## B) Nitrito

As concentrações de nitrito em águas superficiais normalmente são muito baixas, em torno de 0,001 mg/l, raramente acima de 1 mg/l. Altas concentrações de nitrito geralmente indicam a presença de efluentes industriais e estão, em geral, associadas à baixa atividade microbológica na água (LIMA & ZAKIA, 2006; MOTA, 1999;2000).

Neste estudo os valores de nitrito (figura 25) oscilaram de 0,001 mg/l a 0,06 mg/l, no igarapé Val-de-Cães, sendo o período seco o que apresentou os maiores

índices. Os valores baixos de nitrito nos pontos 01, 02 e 03 apontam, em ambos os períodos, para uma possível redução para amônia ou uma oxidação para nitrato, no intervalo de tempo entre a coleta e a análise das amostras.

Os valores de maior significância encontrados no ponto 05, podem estar relacionados ao baixo teor de oxigênio no local da coleta, pois Esteves (apud GASPAR, 2001) ressalta que o nitrito é encontrado em baixas concentrações, notadamente, em ambientes oxigenados.

A baixa concentração de nitrito em águas superficiais foi registrada por Meybeck (1982) em seus estudos desenvolvidos em vários rios do mundo, inclusive amazônicos.

Em seu estudo Ribeiro (2004), registrou valores médios de nitrito, no período chuvoso de 0,006 mg/l e de 0,01 mg/l no período seco para o Igarapé de Paracuri, enquanto para o Combu determinou valores abaixo de 0,001 mg/l no período chuvoso e de 0,001 mg/l no período seco.

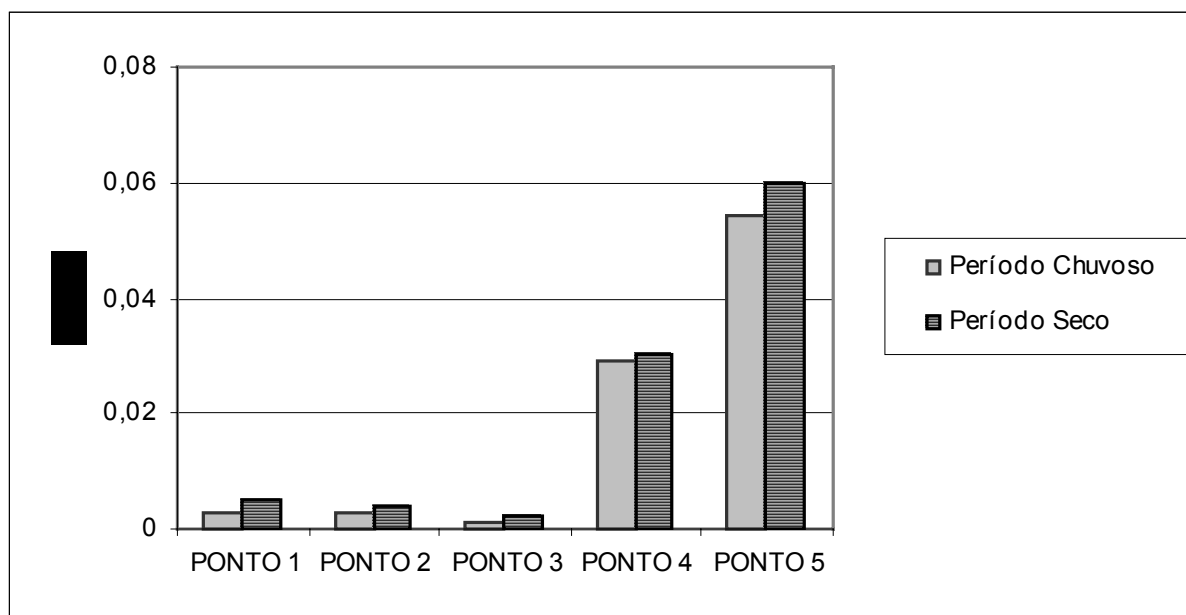


Figura 25: Variação espacial de nitrito nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

### C) Nitrato

O nitrato é uma forma de nitrogênio comum encontrada em águas naturais. Ele pode ser bioquimicamente reduzido a nitrito por processos de desnitrificação (MOTA, 1999; 2000).

Neste estudo, no Igarapé Val-de-Cães, o nitrato (figura 26) se mantém constante em todos os pontos e nas duas coletas realizadas, oscilando entre 1,4 mg/l a 2,6 mg/l.

Os valores obtidos para a água do Igarapé de Val-de-Cães situam-se acima da faixa de concentração dessa substância para os rios amazônicos, de acordo com os estudos desenvolvidos por Meybeck (1982). Para esse autor os valores oscilam entre 0,07 mg/l a 1,05 mg/l para os rios Solimões, Negro e Amazonas.

Gaspar (2001) estudando o Igarapé Mata Fome detectou valores médios de 1,7 a 3,9 mg/l, enquanto Ribeiro (2004) encontrou valores médios entre 0,14 a 0,18 mg/l no Igarapé Paracuri e de 0,06 a 0,1 no Igarapé do Combu.

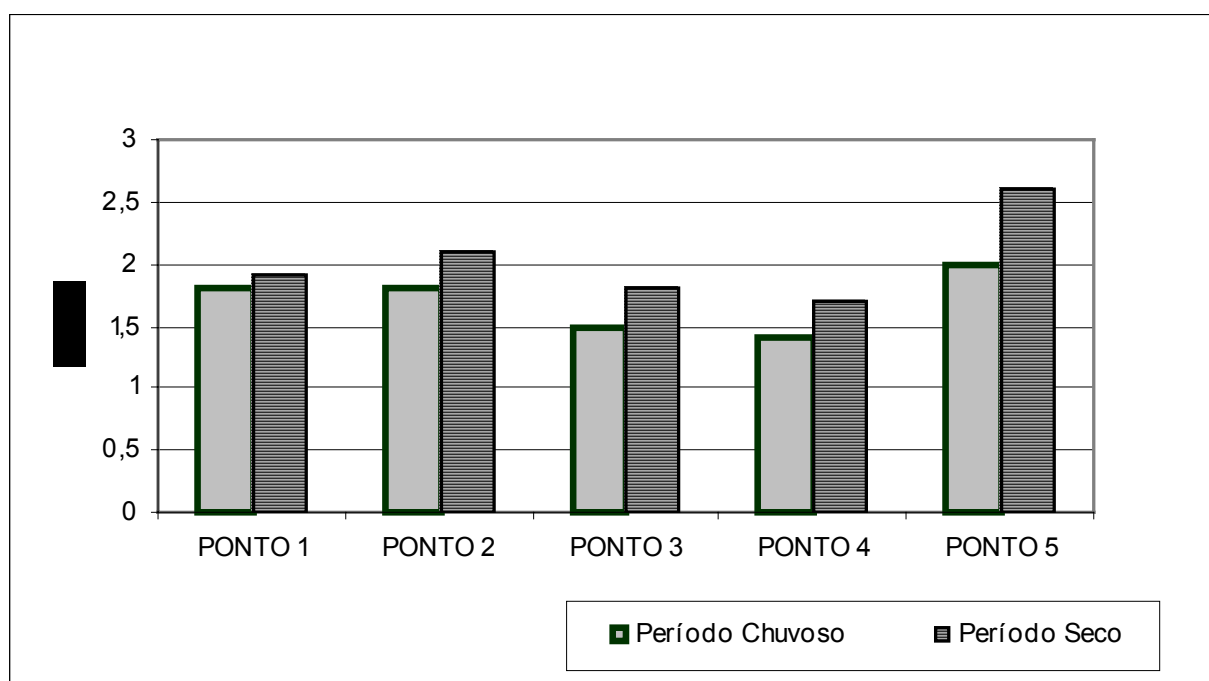


Figura 26: Variação espacial de nitrato nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

#### D) Fósforo

Os valores de fósforo indicam concentrações mais elevadas no ponto de amostra nº 01 do igarapé Val-de-Cães (figura 27), mostrando que há uma maior contaminação antropogênica neste ponto. A curva apresentada segue a mesma tendência da amônia.

De acordo com Lima & Zakia (2006) o aumento nas concentrações de fósforo em decorrência de atividades humanas são as principais causas de eutrofização dos corpos d'água.

Chapman (apud Lima & Zakia, 2006) relata que o fósforo em águas superficiais naturais apresenta variação em suas concentrações na ordem de 0,005 a 0,020 mg/l.

Sendo um elemento ligado às camadas superficiais do solo, junto à matéria orgânica, ele pode chegar aos cursos d'água por meio de escoamento superficial. Isto é, a redução da permeabilidade do solo e a conseqüente erosão levam ao aumento da concentração de fósforo no corpo hídrico (LIMA & ZAKIA, 2006; TUNDISI, 2003; GASPAR, 2001; RODRIGUES, 1997; SPERLING, 1996; MOTA, 1999; PROCHNOW, 1981).

Neste estudo, no Igarapé Val-de-Cães, os valores de fósforo variaram entre 0,15 a 0,97 mg/l. Em drenagem pouco poluída por fósforo, ou não poluída, Ramos (2004) relata que as concentrações se apresentam entre 0,08 a 0,30 mg/l, assim como nos Igarapés Paracuri e Una.

Mazzeo (1991) estudando os canais Reduto, Bernardo Sayão, Tamandaré e Armas (das Docas), que sofreram poluição mais intensa de detergentes e produtos químicos em geral, por drenarem zona residencial e comercial com maior poder aquisitivo, as concentrações de composto de fosfato alcançaram 5,5 mg/l.

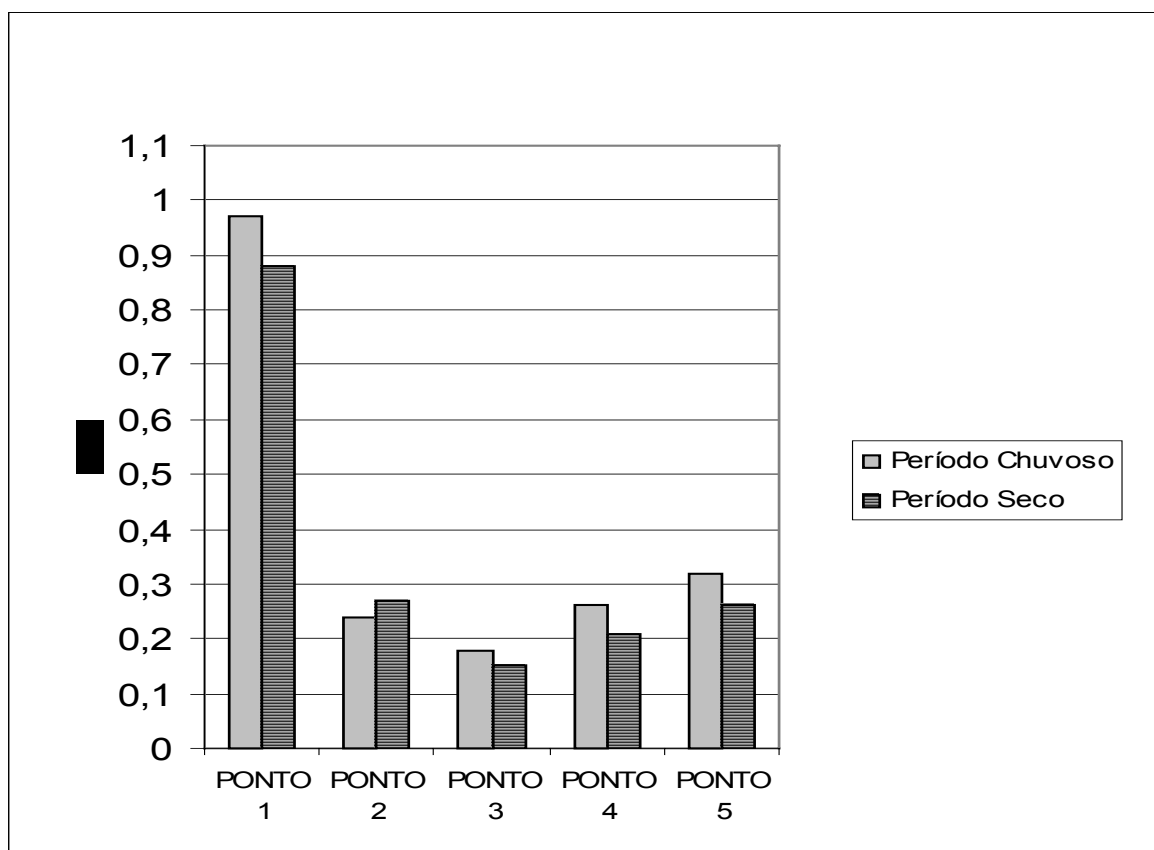


Figura 27: Variação espacial de fósforo nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

### E) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Para Prochnow (1981) as análises de DBO têm sido amplamente utilizadas, em diversos países, como um meio de se avaliar as conseqüências do desenvolvimento urbano-industrial, sobre os cursos d'águas, bem como para uma primeira avaliação do tipo de poluição que prevalece na microbacia.

Porém, é importante ressaltar que o DBO nem sempre caracteriza adequadamente a poluição de certos tipos de indústria, mas é um excelente indicador do comprometimento das condições das águas.

Quando a DBO é alta o oxigênio rarefaz-se, e daí resultam condições anaeróbicas que retardam a decomposição de matéria orgânica, produzindo odores desagradáveis, além de eliminar peixes e destruir inúmeros microorganismos, cujas ausências por serem menos visíveis do que a dos peixes, são pouco sentidas, apesar de não menos importantes para o equilíbrio dos sistemas aquáticos (PROCHNOW, 1981; MOTA, 1999).

Nas coletas realizadas os valores para DBO são mais elevados no ponto de amostra nº 01, do igarapé Val-de-Cães, mostrando que há uma maior poluição orgânica neste ponto, provavelmente decorrente da maior incidência de lançamentos de esgotos na área ou pelo contato direto com as águas da Baía do Guajará (figura 28).

A curva apresentada segue a mesma tendência da amônia e do fósforo, demonstrando ser uma constante a quantidade de poluentes no ponto nº 01, talvez pela proximidade com a Baía de Guajará.

É interessante chamar atenção que tais valores não estão relacionados somente aos esgotos urbanos, podem também estar relacionado com a influência da maré, pois está nas proximidades do ponto de encontro entre o Igarapé Val-de-Cães e a Baía de Guajará.



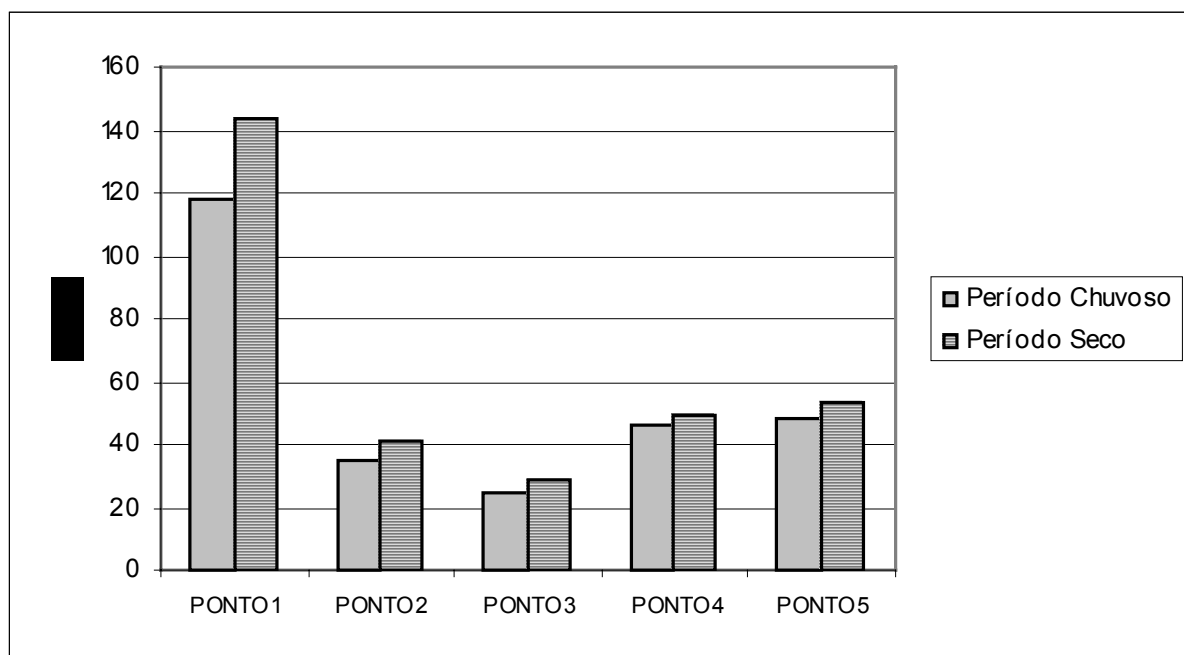


Figura 28: Variação espacial de DBO nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

## F) Metais (Fe, Cr)

### - Ferro

De maneira geral os metais dissolvidos e particulados na água não apresentaram valores elevados, exceto pelo ferro, que não é tóxico e ocorre naturalmente em concentrações elevadas nas águas e solos em geral.

Com relação ao ferro no igarapé Val-de-Cães, o ponto nº 03 (figura 29) apresentou valores mais acentuados, talvez porque esteja recebendo uma fonte poluidora maior, já que na área não há um índice populacional elevado, porém pode conter pontos de lançamento subterrâneos, além disso, o ponto fica nas proximidades de um condomínio residencial.

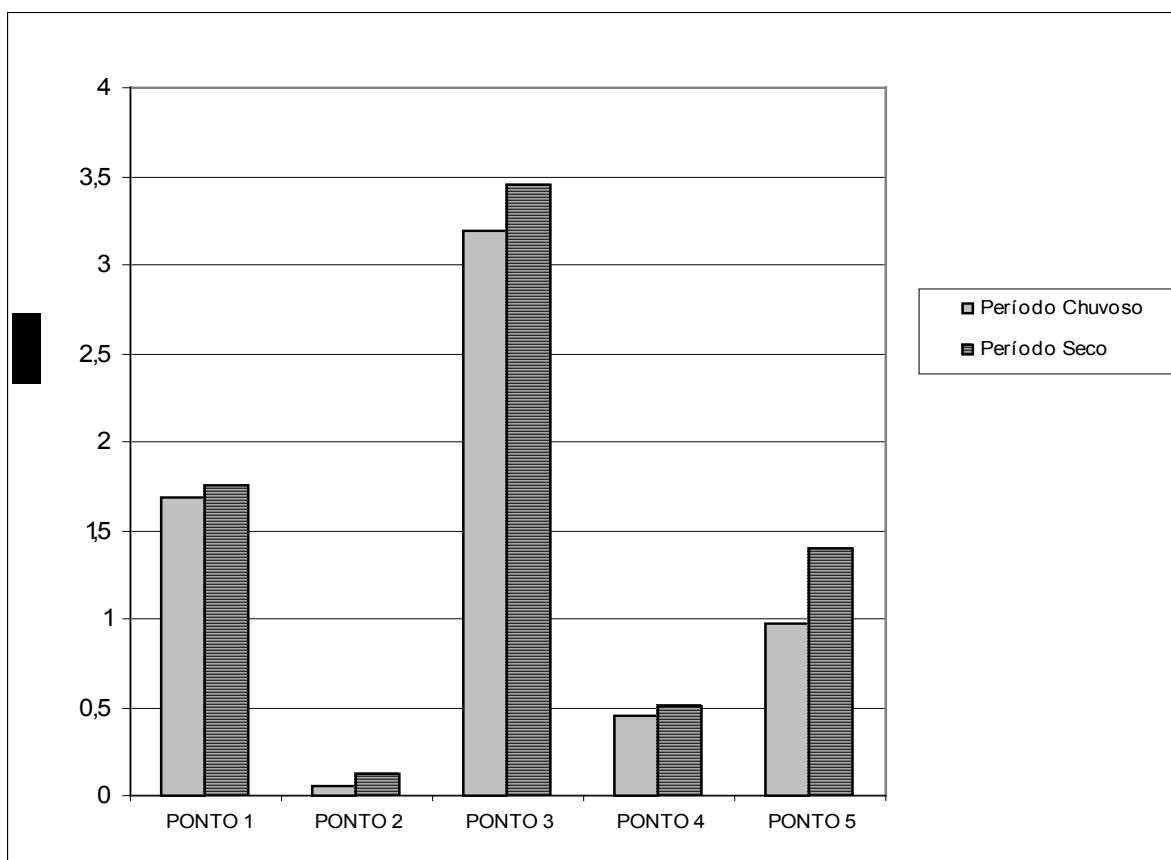


Figura 29: Variação espacial de ferro nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

### - Cromo

É um metal muito resistente e pouco abundante, é utilizado para curtir couro e em laboratórios de vidrarias (BORDEST,1992; SPERLING, 1996; MOTA, 2000; TUNDISI, 2003; ROHDE, 2004).

Neste estudo, no igarapé Val-de-Cães, os teores de cromo apesar de baixo são constantes em todos os pontos de coleta (figura 30).

Além disso, apesar do teor de cromo ser baixo e constante em todos os pontos, sem demonstração de variação, é possível entender a presença do cromo como uma fonte natural de contaminação (NUNES,2000).

Apesar de não ter sido constatada a presença de curtumes na microbacia, tampouco de laboratórios de vidraria, há uma possibilidade de estar relacionado com as águas utilizadas em processos de refrigeração, por exemplo grandes sistemas de refrigeração e resfriamento. Tal hipótese pode estar relacionada aos sistemas de refrigeração do aeroporto e aos sistemas de frigoríficas existentes nas empresas do entorno.

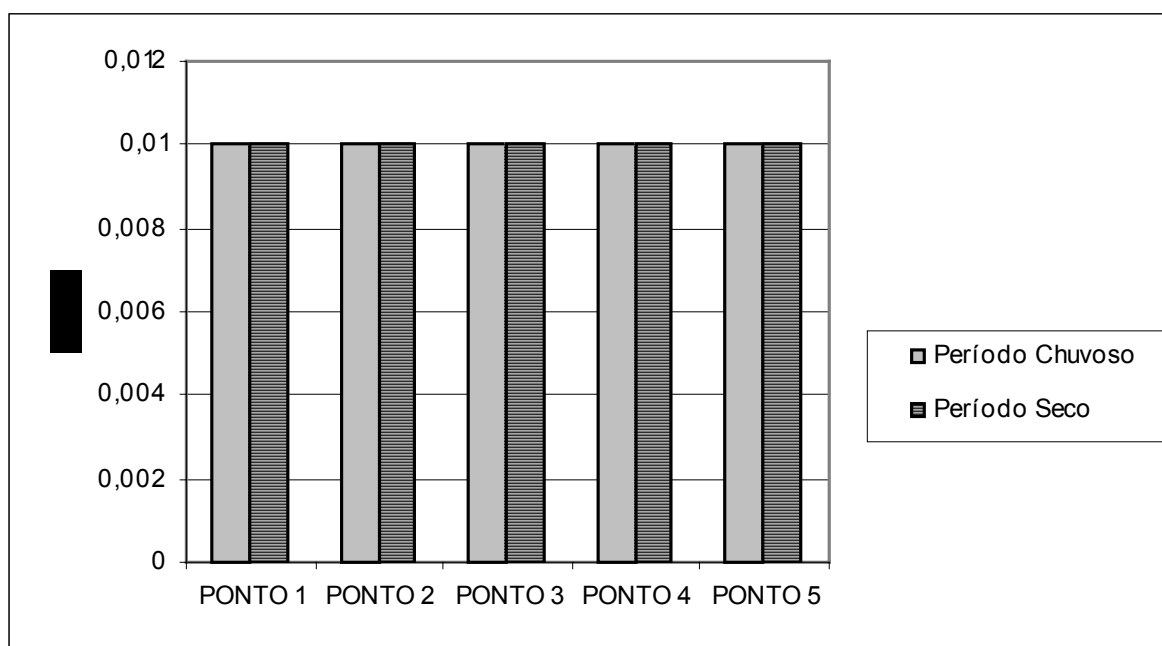


Figura 30: Variação espacial de cromo nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

## **- Óleos e graxas**

Considera-se óleos ou graxas hidrocarbonetos, ácidos graxos, sabões, gorduras, óleos e ceras, assim como alguns compostos de enxofre, certos corantes orgânicos e clorofila (BAUMGARTEN & POZZA, 2001).

Para Baumgarten & Pozza (2001) na ausência de produtos industriais especialmente modificados, os óleos e graxas constituem-se de materiais graxos de origem animal e vegetal, e de hidrocarbonetos originados do petróleo.

Corroborando com tal assertiva, verifica-se, conforme disposto na figura 31, a presença de óleos e graxas em todos os pontos de coleta no igarapé Val-de-Cães, indicando que a presença de hidrocarbonetos derivados do petróleo podem estar relacionados às águas provenientes da Baía de Guajará, da lavagem de embarcações e automotivos, de resíduos das aeronaves e tubulações subterrâneas que porventura estejam conectadas a esgotos clandestinos.

No ponto de coleta nº 01, do igarapé Val-de-Cães, os valores se mantêm maiores que os demais pontos, talvez pela proximidade com a Baía de Guajará que é bastante utilizada por embarcações de diversos portes e tamanhos.

No período chuvoso os valores aparecem menores que no período seco, tal correlação seja em função da dispersão que as águas da chuva causam no corpo hídrico, já que os derivados do petróleo apresentam uma fase insolúvel quando em contato com a água e podem ser transportados.

Outra vertente seria o escoamento superficial provocado pelas águas da chuva na superfície impermeabilizada, pois ao longo da microbacia há diversas

atividades que empregam derivados de petróleo, tais como o Aeroporto, a Base Naval de Val-de-Cães e os postos de gasolina.

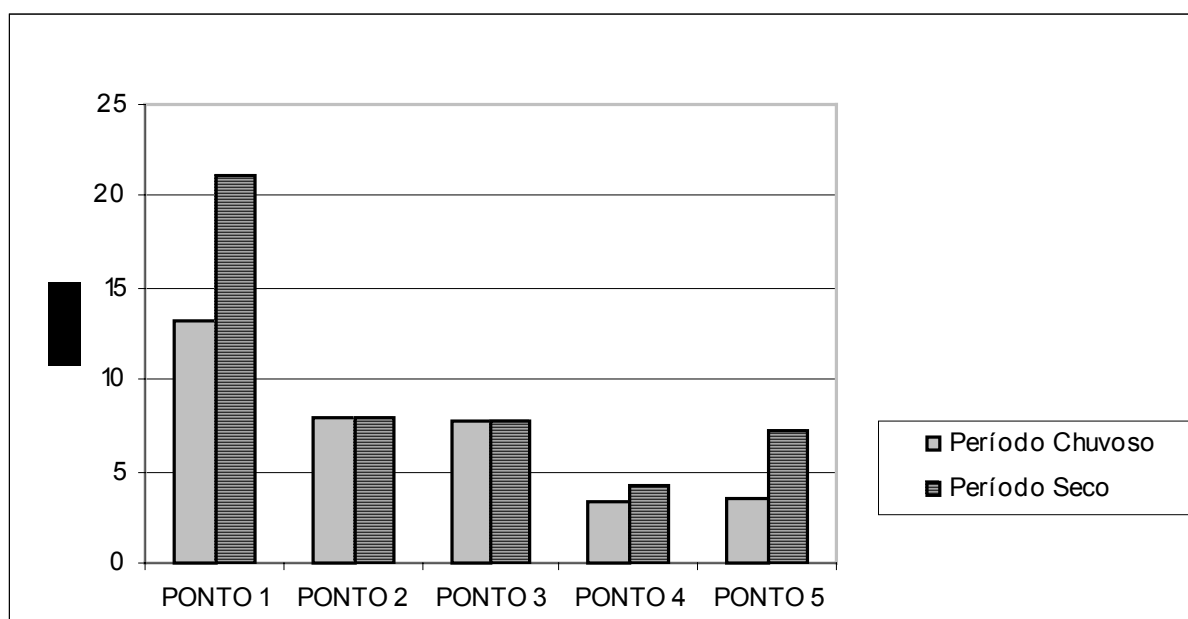


Figura 31: Variação espacial de óleos e graxas nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

À luz dos índices observados na figura 31 é possível concluir que quando descartados juntos com águas residuárias ou efluentes tratados, os óleos e graxas podem formar filmes sobre a superfície das águas e se depositarem nas margens, causando assim diversos problemas ambientais (SPERLING, 1996), bem como indicar que sua parcela nas águas superficiais é bem significativa.

### 8.5.3 - VARIÁVEIS BIOLÓGICAS

Em relação aos coliformes totais verificou-se uma maior concentração nos pontos nº 01 e 05, respectivamente, jusante e nascente do igarapé Val-de-Cães (figura 32).

No ponto nº 01, os valores podem estar relacionados também a influência da maré e da Baía de Guajará, enquanto que no ponto nº 05, em função das palafitas, pois há uma tendência para recebimento de descargas diretas de resíduos orgânicos e de animais, principalmente excretas.

As concentrações apresentadas neste estudo estão acima do trabalho realizado por Ribeiro (2004) no Igarapé do Paracuri que em média oscilaram entre 20.000 e 22.000 NMP/100 ml, nos períodos chuvoso e seco, enquanto no Combu os valores estiveram entre 6.400 e 7.000 NMP/100 ml, respectivamente.

Quando equiparados aos valores médios obtidos por Gaspar (2001) no Igarapé Mata Fome, de 149.000 NMP/100 ml a 259.000 NMP/100 ml, períodos chuvoso e seco, respectivamente, os valores deste estudo estão abaixo.

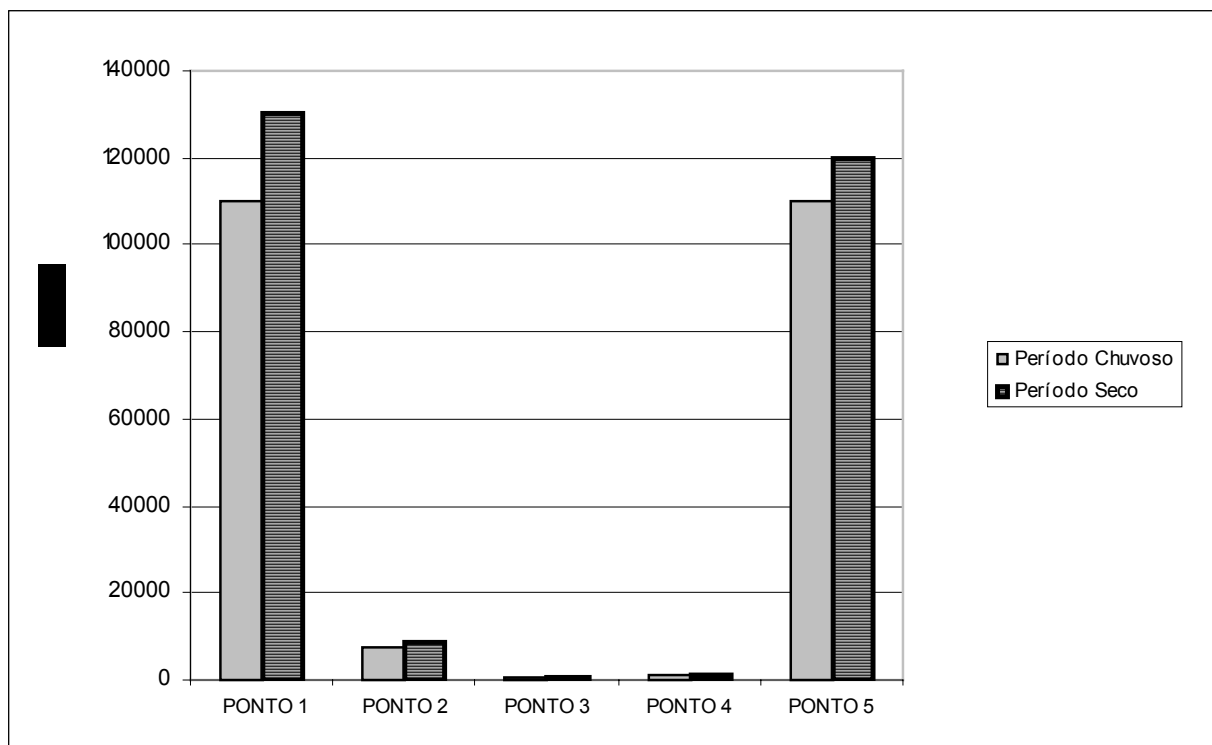


Figura 32: Variação espacial de Coliformes totais nos períodos chuvoso e seco no Igarapé Val-de-Cães.

#### 8.5.4 - ANÁLISE COMBINADA DE VALORES MÉDIOS

##### A) DBO e OD

É importante destacar que essa análise não pretende ser conclusiva e restringiu-se aos parâmetros de DBO e OD (figura 33), considerados importantes para a definição da qualidade da água, de forma a validar a hipótese proposta de que o escoamento superficial urbano é contribuinte significativo para a poluição do corpo hídrico.

A justificativa de escolha dos parâmetros DBO e OD para a determinação das alterações na qualidade das águas fundamenta-se na propriedade de retratarem a

condição geral do corpo d'água, principalmente numa bacia cujo uso primordial é voltado à recreação.

A DBO é um parâmetro de relevante importância na caracterização do grau de poluição da água e constitui-se no índice mais comumente utilizado para a medição da carga de matéria orgânica nos corpos hídricos. Sua presença caracteriza um dos principais problemas de poluição dos rios, ou seja, o consumo de oxigênio presente na água pelos microorganismos nos seus processos metabólicos.

Em suma, a DBO constitui a indicação do potencial do consumo do oxigênio, diretamente relacionada ao nível de OD (SPERLING, 1996).

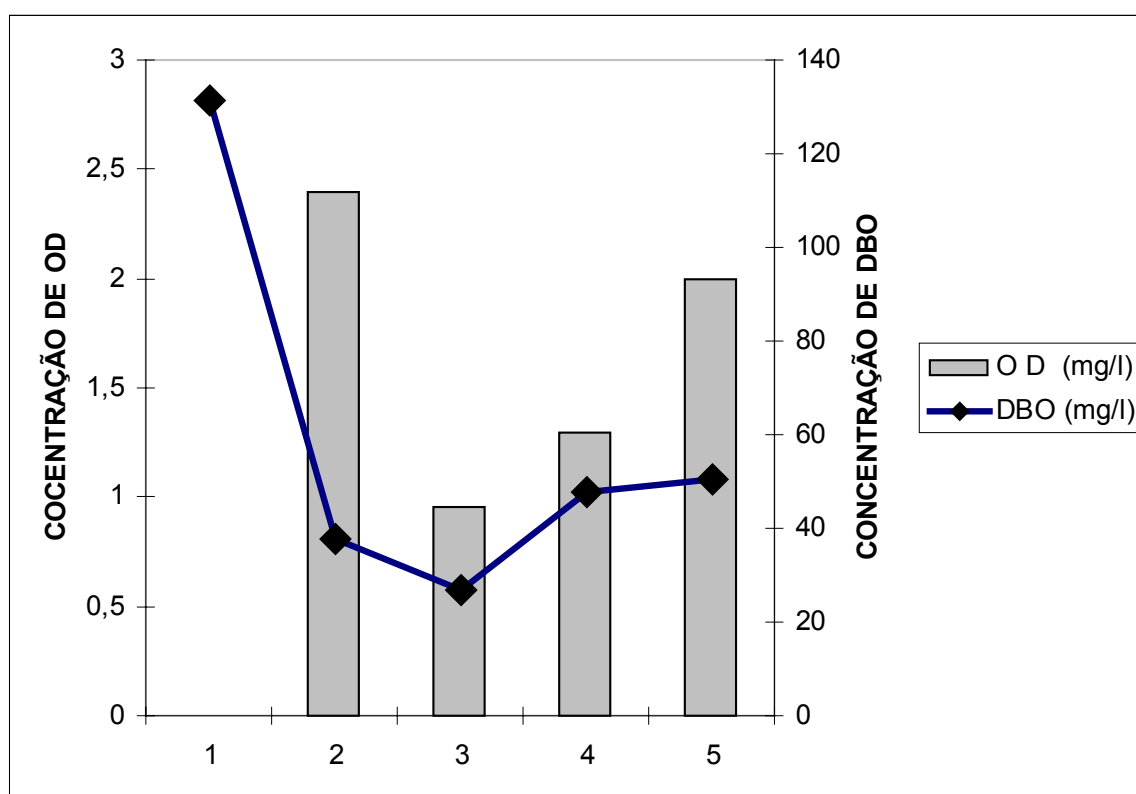


Figura 33: Variação espacial das concentrações médias de OD e DBO no Igarapé Val-de-Cães.



## **B) Nitrito, Nitrato, Amônia e OD**

A relação existente entre os nitrogenados e OD está basicamente atrelada à pequena quantidade de oxigênio, quanto menor a quantidade deste disponível, maior serão os teores de nitrito, nitrato e amônia.

Os valores de nitrato (figura 34) estão altos, possivelmente pela pequena disponibilidade de oxigênio, além disso, de acordo com a dinâmica dos ciclos biogeoquímicos é normal tal reação.

Os teores médios de amônia são elevados no ponto nº 01 em virtude do baixo valor de OD, enquanto que no ponto de coleta nº 02, há uma inversão nessa relação, o valor de amônia é baixo, e o de OD acima. Nos demais pontos há uma relação, na qual os valores de OD se matem acima dos índices de amônia.

Com relação ao nitrato é interessante frisar que sua concentração elevada está relacionada ao processo de nitrificação, pois os teores de amônia estão abaixo do nitrato, indicando um processo de transformação.

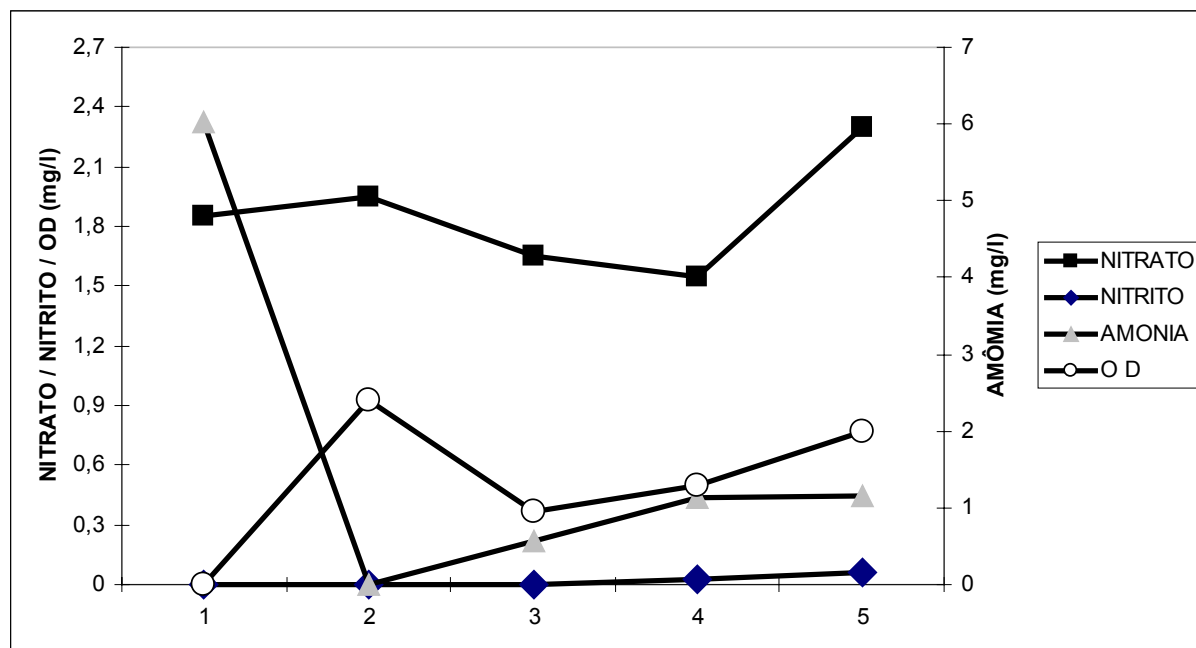


Figura 34: Variação espacial das concentrações médias de nitrato, nitrito, amônia e OD no Igarapé Val-de-Cães.

Os baixos valores de nitrito estão relacionados, talvez, a acelerada desnitrificação para a formação dos nitratos, e conseqüente redução dos seus índices.

Percebe-se que não só os nitritos, como também a amônia, a partir do ponto nº 02 apresenta baixos valores e como tal corroboram para demonstrar a troca de materiais entre os componentes vivos e não-vivos. Isto é, no ciclo há a presença de plantas e animais que contribuem para a realização de vários processos químicos em combinação com o solo.

### **C) Óleos e graxas X OD**

A fração insolúvel dos hidrocarbonetos derivados do petróleo, por permanecerem na superfície da coluna d'água, limita a penetração de luz e, por conseguinte, tem um efeito direto sobre a disponibilidade de oxigênio no meio aquático (VAL, 1996).

Tal relação é apresentada na figura 35, na qual os índices de OD e Óleos e graxas são apresentados. É importante frisar que a relação é direta em todos os pontos, quando o OD está com valores maiores o valor correspondente de Óleos e graxas estão abaixo, exceto no ponto nº 03 onde os valores de encontram.

Esta relação existente entre o OD e óleos e graxas prejudica as relações existentes no ecossistema aquático. Os peixes, em geral são os mais afetados, seja pela fração insolúvel, seja pela fração hidrossolúvel, esta particularmente tóxica, pois contém uma quantidade significativa de hidrocarbonetos, tanto alifáticos como aromáticos, que se acumulam nos tecidos dos animais (VAL, 1996 ).

Acredita-se que este seja o motivo para a ausência de peixes ao longo do Igarapé, pois a ausência de oxigênio, combinada com a camada de óleos e graxas esteja impedindo as trocas gasosas necessárias para a sobrevivência desses animais.

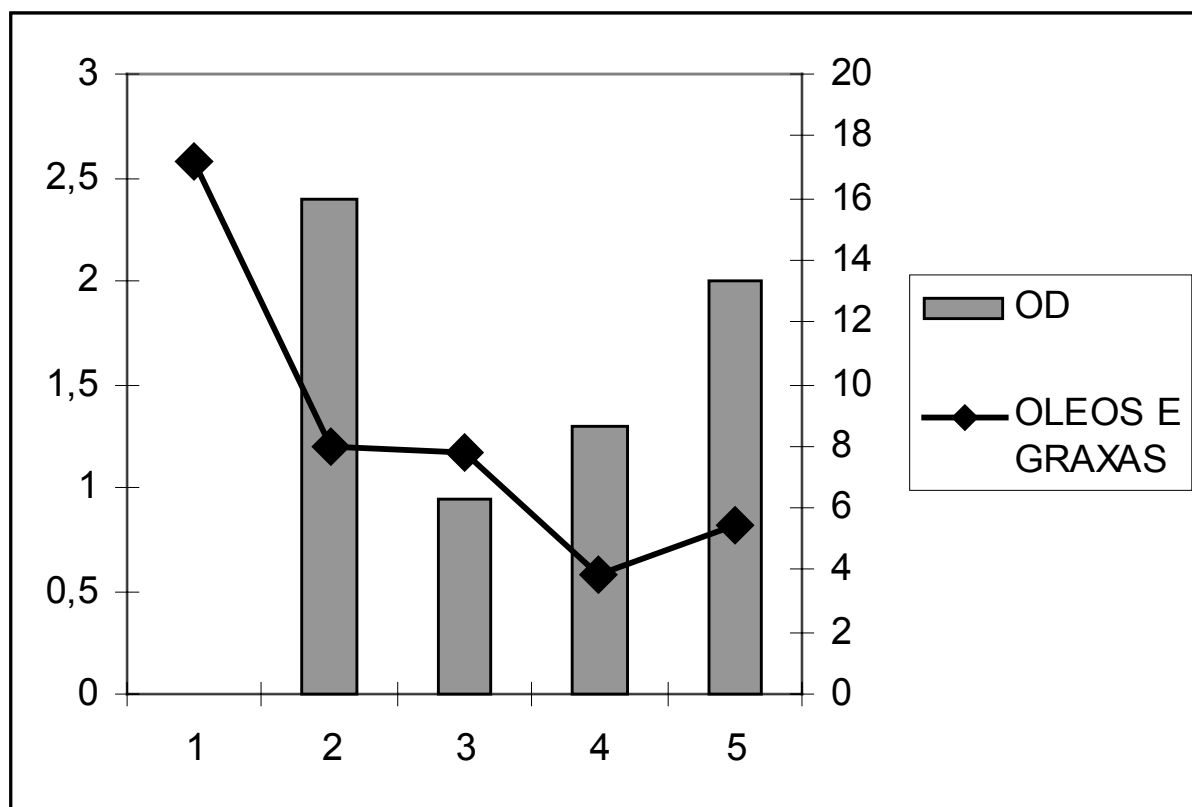


Figura 35: Variação espacial das concentrações médias de OD e Óleos e graxas no Igarapé Val-de-Cães.

## 8.6 – ENQUADRAMENTO DO CORPO HÍDRICO

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, as águas do Igarapé Val-de-Cães estão classificadas como água doce de classe 2 que pode ser destinada:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Para que seja considerada água de boa qualidade e dentro dos padrões estabelecidos para a classe 2, o corpo hídrico observará as seguintes condições e padrões:

#### **I – Condições:**

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

h) coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral;

i) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

j) turbidez: até 100 UNT;

k) DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O<sub>2</sub>;

l) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>;

m) fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos (ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado); e

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

## II – Padrões de Qualidade:

PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
Cromo total	0,05 mg/L
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fósforo total (ambiente lântico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005

Assim, conforme as condições e padrões mencionados acima e os valores obtidos nas coletas realizadas, constantes das tabelas 6 e 7, as águas do Igarapé Val-de-Cães não atendem a classificação, pois apresentam as seguintes características que contrariam a legislação em vigor:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas provenientes de efluentes domésticos;
- b) manchas de óleos e graxas que escoam pelo asfalto e são lançadas juntamente com os efluentes domésticos;
- c) substâncias que propagam odor desagradável;
- d) fontes antrópicas que despejam substâncias com corantes;
- e) presença de resíduos sólidos, principalmente lixo doméstico;

- f) cor verdadeira, no ponto nº 03 com valor de 173 mg Pt/L, bem acima do limite estabelecido;
- g) DBO acima de 28 mg/l em todos os pontos de coleta;
- h) OD em todos os pontos de coleta abaixo de 5mg/l;
- i) fósforo acima do permitido em todos os pontos de coleta; e
- j) ferro acima do permitido em quase todos os pontos de coleta, exceto no ponto nº 02, que não ultrapassa o valor máximo permitido.

### 8.6.1 - RECREAÇÃO

Para ser considerada água com uso adequado para balneabilidade, recreação de contato primário, deve atender os requisitos de avaliação própria ou imprópria, de acordo com a Resolução do CONAMA nº 274/2000:

Art. 2º As águas doces, salobras e salinas destinadas a balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria.

§ 1º As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

- a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;
- b) Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;
- c) Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

...



§ 4º As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências:

- a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;
- c) incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias ;
- d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável à recreação;
- e) pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- g) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

De acordo com os critérios mencionados, as águas do Igarapé Val-de-Cães são consideradas impróprias para recreação de contato primário por não atenderem os requisitos para águas próprias para balneabilidade, listados acima.

Além disso, apesar da quantidade de coliformes fecais não ter sido identificada em todos os pontos, há a presença de óleos e graxas, de lançamentos de efluentes domésticos *in situ* e odor não agradável que são capazes de oferecer riscos à saúde humana.

Apesar de não ter sido possível realizar levantamento junto aos órgãos de saúde pública, no contato com a população foi possível ter conhecimento de que na área de estudo, há um considerável avanço de doenças contraídas por via hídrica, seja pela consumo de água proveniente de poços, seja pelo contato via pele.

A qualidade da água da área de estudo apresenta aspectos físicos, químicos e biológicos que divergem dos padrões de aceitabilidade estabelecidos pelos órgãos de saúde pública e meio ambiente, tendo em vista as fontes de poluição da água existentes junto ao Igarapé Val-de-Cães, que são os esgotos sanitários e os resíduos sólidos. Reflexo da ausência de planejamento adequado pelas formas de ocupação da microbacia, já que apresenta inúmeras residências em seu entorno.

Desta forma, água pode ser classificada como de baixa qualidade, não recomendável para consumo ou higienização, devido ao seu grau de degradação considerado médio.

É inequívoco que a maior fonte de poluição da água existente junto ao Igarapé Val-de-Cães são os esgotos sanitários e os resíduos sólidos, conforme as fontes poluidoras encontradas durante o trabalho de campo. Os mesmos são os maiores agentes introdutores de compostos orgânicos biodegradáveis dentro desse ecossistema aquático.

As atividades domésticas de preparo de alimentos, higienização das residências, além das atividades fisiológicas normais do homem, são fontes de coloração das águas; nutrientes e agentes patogênicos, conforme os teores de fósforo e coliformes encontrados nas análises da água, bem com o baixo coeficiente de oxigênio dissolvido.

As águas urbanas oriundas do escoamento superficial, águas pluviais, não recebem, diante de outras prioridades, maior atenção de nossa parte, porém as mesmas podem se constituir em um importante agente poluidor. As águas das chuvas "lavam" as ruas, calçadas, levando consigo restos de lixo, material

particulado, resíduos sólidos, óleos e outros derivados de petróleo que provêm de veículos que circulam pelas ruas.

## 9 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 9.1 - CONCLUSÕES

➤ O modelo de urbanização sem planejamento existente na microbacia Val-de-Cães e suas conseqüências diretas e indiretas são responsáveis pela maior parte dos impactos ambientais sobre a qualidade das águas superficiais. As palafitas erguidas no interior do corpo hídrico transformam as águas em córregos receptores de efluentes domésticos. Os resíduos sólidos lançados as margens do igarapé acabam sendo transportados para as águas e conseqüentemente contaminando as águas.

➤ As fontes poluidoras domésticas e industriais representam considerável risco à qualidade das águas e ao equilíbrio biótico do Igarapé, indicando a ausência ou ineficiência dos processos de tratamento sanitário. Os impactos só não são maiores porque ainda existem vestígios de vegetação na microbacia em estudo, isto é, a mata ciliar em áreas institucionais pertencentes às Forças Armadas.

➤ A qualidade da água a jusante do Igarapé está severamente comprometida devido às descargas de efluentes, à impermeabilização do solo e retificação de seu curso, no trecho entre a Rodovia Arthur Bernardes e a Baía do Guajará.

➤ A situação descrita no ponto mencionado anteriormente mostrou que a água apresenta grande carga de poluente perigoso, óleos e graxas com 21 mg/l e elevada contaminação por coliformes totais (130.000 n/m), cujas origens podem estar associadas ao contato com a Baía de Guajará, aos escoamentos provenientes da Rodovia, ao terminal petroquímico de MIRAMAR e aos assentamentos habitacionais.

➤ O despejo de pequenos efluentes canalizados ou em tubulações de PVC e a veiculação de esgotos e efluentes industriais ao Igarapé representa a transformação de recursos hídricos em fontes poluidoras. Talvez tal afirmativa não seja importante para os planejadores e gestores públicos porque a água não está relacionada com o abastecimento público.

➤ O aumento da taxa populacional de 2,5% entre os anos de 1996 e 2000, bem como o crescimento industrial apontam para um processo de rápida perda da qualidade das águas do Igarapé se medidas de contenção da poluição e da supressão da vegetação ciliar não forem tomadas.

➤ Os aspectos físicos, químicos, biológicos e geográficos utilizados na análise da qualidade da água por este estudo, embora trabalhosa, dispendiosa e demorada, mostrou-se eficiente para compreender os impactos ambientais, bem como para vislumbrar medidas de restauração e mitigação dos impactos.

➤ As concentrações de variáveis indicadoras de qualidade da água não mostraram, de maneira geral, grande influência das chuvas, mas sim padrões espaciais que aumentam ou diminuem concentrações em decorrência do tipo de material considerado, nitrito, nitrato, óleo e graxas, cromo, ferro, e do uso do solo. Desta forma a perda de qualidade das águas do Igarapé está fortemente atrelada aos usos que a população da microbacia faz.

➤ Os processos de decomposição da matéria orgânica estão em relativo equilíbrio nos pontos de coleta e análise, em função da interferência da maré e das chuvas constantes que possibilitam o escoamento das águas. Mas os elevados teores de DBO e baixos de OD induzem a um processo de decomposição de matéria

orgânica em ascendência, principalmente na jusante do Igarapé, quem podem desencadear enfermidades para a população local.

➤ Os baixos valores de OD na água do Igarapé Val-de-Cães são atribuídos ao consumo elevado dessa substância no processo de decomposição da matéria orgânica proveniente de esgotos e lixo doméstico nele lançados.

➤ O diagnóstico realizado evidenciou um histórico e crônico problema da Cidade de Belém não só relacionado ao uso do solo, mas também a qualidade da água utilizada para recreação por crianças e adolescentes.

➤ De acordo com os indicadores de qualidade considerados, a água do Igarapé Val-de-Cães, encontra-se IMPRÓPRIA quanto a balneabilidade (recreação de contato primário). Tal consideração se deve sobretudo pela alta concentração de coliforme totais associados com a presença de esgotos e lixo doméstico.

➤ O estudo na microbacia se mostrou interessante para compreensão dos processos de uso e ocupação do solo, bem como para delimitar algumas alternativas de mitigação.

➤ A degradação, diante das análises apresentadas pode considerada de média intensidade, porém se medidas mitigadoras não forem estabelecidas tal índice poderá ser elevado, principalmente por causa da ausência de políticas públicas de educação e saneamento básico.

## **9.2 – RECOMENDAÇÕES**

A medida indubitavelmente mais urgente a ser tomada na microbacia é um efetivo investimento em tratamento de esgotos domésticos e saneamento básico.

Apesar de questionável, o processo de implantação de sistemas de tratamento de esgotos deveria ser iniciado nos bairros mais carentes e periféricos, pois a classe de maior poder aquisitivo raramente reside nas áreas de várzea ou inundáveis.

Os órgãos públicos gestores e fomentadores de políticas ambientais, seja a nível estadual, seja a nível municipal deveriam envidar grandes esforços para conter desmatamentos nas margens do Igarapé, bem como na nascente, conforme preconizado no Código Florestal.

A ausência de mata ciliar aponta para a necessidade de recuperação dessas áreas a fim de conter ou minimizar o processo de degradação da qualidade das águas.

Tal esforço deve ser realizado de forma coordenada, com planejamento e execução local, levando em consideração as especificidades de cada trecho e peculiaridades do uso do solo, a fim de permitir a redução do impacto e a inserção de vegetação que possa contribuir com o processo de mitigação.

É de fundamental importância que se amplie e aumente o rigor na fiscalização sobre os efluentes industriais, pois há taxas de óleos e graxas na água e de DBO elevada, mesmo sabendo que algumas empresas possuem Estação de Tratamento de Efluentes.

Os órgãos ambientais deveriam manter parcerias com institutos de pesquisa e universidades para dividir e ampliar sua esfera de ação e eficácia, pois em função do baixo número de fiscais, tal atividade é limitada.

De acordo com a nova Resolução do CONAMA sobre classificação de corpos de água e padrões de emissão de efluentes (Resolução CONAMA nº 357/2005),

todos os empreendimentos potencialmente poluidores devem realizar estudos de impacto ambiental de seus efluentes.

Uma alternativa para equacionar tal dilema seria a criação de um Comitê para Gerenciamento das Microbacias Urbanas com a participação dos atores locais, poder público e privado.

O processo de crescente urbanização, industrialização e exploração econômica da microbacia, num ritmo constante, sugerem o prosseguimento do estudo por uma equipe multidisciplinar e interinstitucional, no sentido de avaliar os impactos futuros sobre a qualidade dos recursos hídricos da região.

Numa correlação com outros Igarapés da cidade é possível presumir que processos de eutrofização possam ocorrer num futuro próximo, bem como danos à saúde da população local.

Este trabalho, como é de praxe nos estudos ambientais, não só gera respostas, como também indagações e dúvidas. Tentando-se equacionar algumas delas, poderiam ser recomendados estudos adicionais ou futuros prioritários:

- a) Avaliação da qualidade das águas subterrâneas da microbacia, a fim de verificar se há correlações com as águas superficiais;
- b) Avaliação da contaminação dos sedimentos por metais pesados e poluentes orgânicos, bem como testes de toxicidade, a fim de verificar possibilidades de contaminação histórica e os impactos da ressuspensão desses sedimentos (dragagem) sobre a qualidade da água e sobre a biota;
- c) Realização de estudos direcionados à análise dos riscos ambientais, a fim de estratificar as prioridades a serem contempladas pelos gestores ambientais;



- d) Realização de estudos direcionados à quantificação e análise quantitativa das águas de escoamento superficial urbano, embora pouco visível, podem ser fontes poluidores em potencial;
- e) Realização de estudos com Bioindicadores para que seja possível avaliar o teor de derivados de hidrocarbonetos nas espécies aquáticas existentes na microbacia;
- f) Realização de estudos em outras microbacias da mesma área de influência, buscando identificar de que forma as relações das microbacias interferem na bacia hidrográfica (Rio Pará) e vice-versa, num enfoque holístico, no qual as partes interagem com o todo e o todo com as partes;
- g) Análise mais precisa e abrangente das cargas de materiais (nutrientes, matéria orgânica e metais) veiculadas ao Igarapé, considerando os efeitos da maré e da estratificação da coluna de água; e
- h) Determinação de um Índice de Qualidade Ambiental (IQA), utilizando as variáveis climáticas, hidrológicas, físicas, químicas, biológicas e de uso e ocupação do solo.

Por fim é oportuno registrar que este estudo apresenta limitações, seja pela falta de recursos, seja pelo curto tempo para realizar as amostras, e como tal mostrou, a necessidade de continuação e monitoramento constante da microbacia para possibilitar uma melhor compreensão do quadro atual, mecanismos e impactos advindos das atividades antropogênicas.

Além disso, por ser um registro pontual, clama por ações coordenadas para conter a poluição nas suas fontes e redução do impacto decorrente do “mau uso da terra”.

Mas com a inexpressiva participação da população, dos setores públicos e políticos, aliada a ausência de dados pretéritos, torna-se quase que inviável sustentar decisões, bem como testar a eficiência de medidas mitigadoras ou de recuperação.

É possível inferir que a divulgação apropriada e/ou a publicação desses primeiros dados existentes neste trabalho poderiam alavancar o interesse das Instituições sediadas na microbacia e de pesquisa, bem como órgãos gestores interessados pelos estudos em áreas costeiras ou estuarinas.

Ainda é possível gerar informações que propiciem revisão ou alteração do Plano Diretor, pois é mister (re) orientar os padrões de uso e ocupação do solo, os limites de determinadas atividades econômicas e impactantes, e a garantia de água para os usos múltiplos na microbacia.

## 10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB´SABER, A. **Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia: questões de escala e método.** 1987 a. Seminar on Technology for Human Settlements in the Humid Tropics, CEPAL/IPEA. 25p.

AB´SABER, A. **Aspectos geomorfológicos da Carajás (geomorphological Characterization of the Carajás region.** Desenvolvimento Econômico e Impacto em Áreas do Trópico Úmido Brasileiro, 1987b. pp.201-231.

AGUIAR, T. C. [2002] **Aspectos do crescimento populacional das metrópoles brasileiras. Viver Cidades.** Seção Teses. Disponível em: <<http://www.vivercidades.org.br/>>. Acesso em: 10 mar. 2004.

ALLAN, J.D. **Stream Ecology: structure and function of running waters.** London: Chapman & Hall, 1996. 388p.

ALVES, A. O. **Diagnóstico dos impactos ambientais provocados pelo processo de urbanização na microbacia do córrego da Colônia Mineira.** Presidente Prudente/SP (Monografia de Bacharelado apresentada junto ao Departamento de Geografia da FCT), 2001. 161p.

ANDREOLI, C. V.; SOUZA, M. **Gestão Ambiental por Bacias Hidrográficas.** In: Ecologia e Desenvolvimento. APED. Rio de Janeiro, 1992. pp.99 - 118.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19 ed. Washington, 1995. 1100p.

ARAGON, L.E. e GODT, M.C. (org.). **Problemática do seu local e global da água da Amazônia.** Belém: NAEA, 2003. 504p.

BAUMGARTEN, M.G.Z. e POZZA, S.A. **Qualidade de águas. Descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental.** Editora da FURG. Rio Grande, 2001. 166p.

BEEK, C.G.M.V e PUFFELEN, J.V. **Changes in the chemical composition of drinking water after well infiltration in a unconsolidated sandy aquifer.** Water Resources Research, 1987. 23, (1), pp. 69-76.

BERREDO, F. **Qualidade da Água da Baía do Guajará.** Livro de Resumos Expandidos. IX Congresso Brasileiro de Geoquímica, 2003. Belém. Sociedade Brasileira de Geoquímica.

BORDALO, C. **Gestão Ambiental em Bacias Hidrográficas: Gestão Ambiental da Microbacia do Igarapé Murutucum-PA.** NUMA/UFGPA. Belém, 1995.

\_\_\_\_\_. **Gestão Ambiental em Bacias Hidrográficas: Um estudo de caso dos mananciais do Utinga-Pa (Microbacias dos Igarapés Murutucum e Água Preta).** Dissertação de Mestrado. FCT/UNESP. Presidente Prudente, 1999.

BORDEST, S.M.L. **Riscos Ambientais na Alta Bacia do Rio Coxipó-MT.** Rio Claro, UNESP – Instituto de Geociências, 1992. Tese de Doutorado.

BOTELHO, R.G.M. e SILVA, A. S. **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental.** In: Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. VITTE, A. C. e GUERRA, A. J.T. (orgs). Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2004. pp. 153-192.

BRANCO, S.M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** São Paulo: CETESB, 3ª ed., 1986. 616p.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 94.076. Institui o Programa Nacional de Microbacia Hidrográfica,** Brasília, 1987.

BRASIL. **Lei nº 9.433. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos,** Brasília, 1997.

BRASIL. **Localização de Bacia Hidrográfica,** 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 274/2000, estabelece as condições de balneabilidade das águas.** Disponível em <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 10 de agosto de 2006.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357/2005, Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Disponível em <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 25 de julho de 2006.

BULLOW, K. V. **A evolução futura da terra: uma época de transição geológica.** Boletim Geográfico. Rio de Janeiro, 31 (228):1-126. maio/jun, 1972. pp. 22-29.

CASTRO,V.L.L., DUARTE,M.A.C. e PACHECO,A. **Desenvolvimento urbano e industrial no curso inferior da bacia do Rio Doce e os efeitos impactantes no sistema aquífero Lacustre-Extremoz – RN: análise preliminar,** 2001. In: JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER, CD-ROM. Fortaleza-CE.

CHAP CHAP, R.; LAFEMINA, W. **Meio ambiente: uma questão histórica.** In: **SECOVI-SP. Indústria imobiliária e a qualidade ambiental: subsídios para o desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Pini, 2000.

CHORLEY, R.J. **The drainage basin as a fundamental geomorphie unit.** In: Water, Earth and Man. CHORLEY, R.J. (ed.). London, Methuen, 1969. pp. 77-99.

CODEM. **Relatório sobre o Município de Belém**. Belém, 1997.

COELHO, M.C.N. **Impactos ambientais em áreas urbanas – Teorias, conceitos e métodos de pesquisa**. In: GUERRA, A.J.T e CUNHA,S.B. Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. Cap. 1 – pp. 19-45.

CORDEIRO, C.A. **Estudo da salinização no estuário do rio Pará – no trecho Belém – Mosqueiro**. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Tese de Mestrado, 1987. 109p.

CUNHA, M.V.P.O & PEREIRA, J.A.R. **Importância do gerenciamento das águas residuárias removidas das Aeronaves no Aeroporto Internacional de Belém**. Anais do Simpósio Amazônia, Cidades e Geopolítica das Águas. Projeto MEGAM - Belém, PA. 2003.

CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. **Degradação Ambiental**. In: Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 1996.

CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 2ª edição, 2001. 392p.

CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 2003. 248p.

DANELON, O.M. e NORDEMANN, L.M.M. **Ocorrência natural e antropogênica de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  na bacia do Rio Quilombo – (Cubatão-SP)**. Revista de Geociências 21 (1):96-101.

DOUGLAS, I. ; LAWSON, N. **Airport Construction: materials and geomorphic change**. Disponível em: [www.elsevier.com/locate/jairtranan](http://www.elsevier.com/locate/jairtranan). Acesso em: 07/05/2005.

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 224p.

FELICIDADE, N., MARTINS,R.C. e LEME,A. **A. Uso e Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil: velhos e novos desafios para a cidadania**. São Carlos: RIMA, 2004. 238p.

FERREIRA, C.F. **Produção do Espaço Urbano e Degradação Ambiental: Um estudo sobre a Várzea do Igarapé do Tucunduba (Belém-PA)**. São Paulo. Departamento de Geograifa/FFLCH/USP. Dissertação de Mestrado, 1995.

FIGUEIRÓ, A. S. **Evolução do conceito de paisagem: uma breve revisão**. GEOSUL, Florianópolis, v.13,n.26, jul/dez.1998. pp.42-52.

FILHO, J. T. **Fundamentos e Metodologia de proteção aos Mananciais através do disciplinamento do uso e ocupação do solo**. São Paulo: USP – Departamento de Engenharia Hidráulica, 1987. Dissertação de Mestrado.

FORD, M. e TELLAM, J. H. **Source, type and extent of inorganic contamination within the Birmingham urban aquifer system**. UK. Journal of Hydrology 156, 1994: 101:135.

FUJIMOTO, N. S. V. M. **Análise ambiental urbana na área metropolitana de Porto Alegre RS: sub-bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio**. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo USP. São Paulo, 2001. 234p.

GASPAR, M. T. P. **Avaliação dos Impactos da Ocupação Urbana sobre as águas da Bacia hidrográfica do Igarapé Mata Fome, Belém, PA**. Centro de Geociências, UFPA. Tese de Mestrado, 2001. 113p.

GOUDIE, A. **The Human Impact on the natural environment**. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, 2000. 511p.

GUERRA, A. J. T. **Dicionário Geológico**. Rio de Janeiro, IBGE, 1975.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 2ª edição, 2001. 416p.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 4ª edição, 2001.

\_\_\_\_\_. **Novo Dicionário Geológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 652p. p. 315-316.

HANTZSCHE, N. N. e FINNEMORE, E. J. **Predicting Ground-Water Nitrate-Nitrogen Impacts**, 1992. Ground Water, 30 (4): pp 490-499.

HARDT, L. P. A. **Subsídios à gestão da qualidade da paisagem urbana: aplicação a Curitiba – PR**. Curitiba: 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

HORN FILHO, N. O. **Setorização da Província Costeira de Santa Catarina em base aos aspectos geológicos, geomorfológicos e geográficos**. Geosul, revista do Departamento de Geociências. Universidade Federal de Santa Catarina: Centro de Filosofia e Ciências Humanas. v.18, n 35, p.71-98, jan./jun. 2003.

INFRAERO. **Relatório de Avaliação de Áreas**. Impresso. Belém, 2003.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia.** Disponível em <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 10 de junho de 2005.

LIMA, L.M. **Estudo do Comportamento subsuperficial dos componentes nitrogenados em bairros densamente povoados de Belém.** Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Geologia), 2001. 60p.

LIMA, W.P. & ZAKIA, M.J.B. **As florestas plantadas e a água – Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento.** São Carlos-SP, Editora: RIMA. 2006. 226p.

LISBOA, F., MELLO, V. e BRAZ, V.N. **Estimativa da carga orgânica das bacias hidrográficas que deságuam no Rio Guamá.** Belém-PA. Anais do Simpósio Amazônia, Cidades e Geopolítica das Águas. Projeto MEGAM - Belém, PA. 2003.

MARANHÃO, R.A. **Impacto Ambiental nos Manguezais e o Plano de Contingência para os derramamentos de óleo e substâncias tóxicas.** Livro de Resumos Expandidos. IX Congresso Brasileiro de Geoquímica, 2003. Belém. Sociedade Brasileira de Geoquímica. pp. 148-152.

MARANHÃO, R.A. **Planejamento ambiental e participação social no gerenciamento de bacias hidrográficas: algumas considerações.** Anais do 10º Simpósio Ambientalista Brasileiro no Cerrado, Goiânia-GO, 2004 – CD-ROM.

MARTINS, R.C. e VALENCIO, N.F.L.S. **Uso e Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil: desafios teóricos e políticos-institucionais.** São Carlos: RIMA, 2003. 307p.

MATA, M.A.S. **Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil.** Belém, Universidade Federal do Pará – Centro de Geociências. 2003. 292p. (Tese de Doutorado).

MAZZEO, T.E. **Avaliação ambiental das vias de drenagem da região metropolitana de Belém-PA quanto à distribuição dos elementos Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, MN, Na, Ni, Pb e Zn.** Centro de Geociências, UFPA. Tese de Mestrado, 1991. 141 p.

MELLO, J.B.F. **A humanização da natureza uma odisséia para a (re)conquista do paraíso.** In: **Geografia e questão ambiental.** Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. Diretoria de Geociências. Departamento de Geografia. Rio de Janeiro, 1993. p. 31-40.

MELO, J.G. **Impactos do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas da Cidade de Natal/RN.** Universidade de São Paulo, 1995. 197p. (Tese de Doutorado).

MENDONÇA, Francisco. **“Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica - Proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental”**. In: UFPR. RA’EGA: O espaço geográfico em análise. Curitiba, PR: Departamento de Geografia / UFPR, v.1, n.1, 1997- (Revista da UFPR; n. 79).

MEYBECK, M., CHAPMAN, D. & HELMER, R. **Global Freshwater Quality, a First Assessment**. Blackwell, Oxford, 1989. 306p.

MONTEIRO, C. A. F. **Os geossistemas como elemento de integração na síntese geográfica e fator de promoção interdisciplinar na compreensão do ambiente**. (Aula inaugural do Curso de Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas Sociedade e Meio Ambiente, em 08/03/95 CFH/UFSC). Revista Ciências Humanas 14. 1996, p. 67-101.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

NASCIMENTO, C.C. **Clima e morfologia urbana em Belém**. Universidade Federal do Pará. Numa, 1995. 160p.

NUNES, A.M.L. **A origem natural da poluição por cromo no aquífero Adamantina, município de Urânia (SP)**. Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado em Geociências, 2000.

OLIVEIRA, A. M., BRANNSTROM, C., NOLASCO, M.C., PELOGGIA, A .U.G., PEIXOTO, M.N.O. e COLTRINARI, L. **Tecnógeno: Registro da Ação Geológica do Homem**. In: SOUZA, C.R.G, SUGUIO, K., OLIVEIRA, A .M.S. e OLIVEIRA, P.E. Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto. São Paulo: Holos, 2005. 382p.

PELOGGIA, A. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo**. São Paulo: Xamã, 1998. 271p.

PENTEADO, A.R. Belém: **estudo de geografia urbana**. Belém: UFPA, 1968 (Coleção Amazônia – Série José Veríssimo, V. I e II).

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

PEREIRA, J.A.R. e MACIEL, E.F.M. **Determinação do consumo per capita de água em edifícios residenciais da região metropolitana de Belém para avaliar a tarifa de esgoto sanitário**. Anais do 20º Congresso de Engenharia Sanitária. Rio de Janeiro, 1999. p. 3141-3148.



PESENDA, L.C.R., FERREIRA, J.R., TANCREDI, A.C.F.N.S., MARTINELLI, L.A., HIRATA, R. e MORTATTI, J. **Caracterização química das águas de alguns rios do Estado de Rondônia**. Acta Limnol. Brasil, 1986. 179-199p.

PETTS, G.E. **Rivers: dynamic components of catchments ecosystems**. In: CALLOW, P. & PETTS, G.E. (eds.). The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1994. 3-22p.

PINHEIRO, R.V.L. **Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará-Belém (PA)**. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências (Tese de Mestrado), 1987. 164p.

PMB – Prefeitura Municipal de Belém. **Relatório de Gestão**, 2000.

PROCHNOW, M.C.R. **A qualidade das águas na Bacia do Rio Piracicaba**. Rio Claro: UNESP – Instituto de Geociências, 1981. Dissertação de Mestrado.

PROST, M.T.R.C. e MENDES, A. **Ecosistemas Costeiros: Impactos e Gestão Ambiental**. Belém. Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. 216p.

RAMOS, J. **Poluição e Contaminação da Orla de Belém-PA**. In: UHLY, S. e SOUZA, E.L. A questão da água na grande Belém. Belém: Casa de Estudos Germânicos, 2004. 247p.

RIBEIRO, H. **Olhares Geográficos: meio ambiente e saúde**. São Paulo: Editora Senac, 2005. 219p.

RIBEIRO, K.T.S. **Água e Saúde em Belém**. Belém. Editora Cejup, 2004. 280p.

RODRIGUES, S.R. **O uso da terra e a qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Supucaí-Guaçú, no município de Campos do Jordão – SP**. São Paulo: USP/FFLCH, 1997. Dissertação de Mestrado.

ROHDE, G. M. **Epistemologia Ambiental: uma abordagem filosófica científica sobre a efetuação humana alopoiética**. Porto Alegre : EDIPUCRS, 1996. 244p.

ROHDE, G. M. **Geoquímica Ambiental e Estudos de Impactos**. São Paulo, editora Signus, 2004. 2ª edição. 157p.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. (Coleção repensando a Geografia)

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. Hucitec. São Paulo, 1996.

SCHIEL,D., MASCARENHAS,S., VALEIRAS,N. e SANTOS,S.A. M. **O estudo de Bacias Hidrográficas: uma estratégia para educação ambiental**. 2ª edição. São Carlos, Editora RIMA, 2003. 188p.

SIOLI, H. **Pesquisas limnológicas na região da Estrada de Ferro de Bragança, Estado do Pará, Brasil**. (boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Norte, 37). 91p.

\_\_\_\_\_. **A redescoberta da Natureza**. In: Estudos Avançados,1992. p. 95-105.

\_\_\_\_\_. **Por uma Geografia Cidadã: por uma epistemologia da existência**. In: Boletim Gaúcho de Geografia, n. 21. Porto Alegre, ago.,1996. p. 7-14.

SMITH, R.L., HOWES, B.L. e DUFF,J.H. **denitrification in nitrate-contaminants groundwater: Occurence in steep vertical geochemical gradients**. Geochimica et Cosmochimica Acta. 5: 1815-1825.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed.. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. v.1: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Espaço Geográfico Uno e Múltiplo**. In: Ambiente e Lugar no Urbano: a grande Porto Alegre. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2000. p. 7-34.

\_\_\_\_\_. **Tempo gomorfológico interfaces geomorfológicas**. In: Geosul: revista do Departamento de Geociências. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Florianópolis: UFSC, v.14, n 27(edição especial, 1998), p. 75-78

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R.: **A Natureza da Geografia Física na Geografia**. Disponível em: <http://www.cibergeo.org/agbnacional/terralivre17>. Acesso em: 10/03/2005.

TER-STEPANIAN, G. **Beginning of the technogene**. In: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, n. 38. Paris, 1988. pp. 133-142.

TUCCI, C.E.M. **Modelos hidrológicos**. Editora da Universidade/UFRGS. ABRH, 1998. 669p.

TUCCI,C.E.M.e CLARKE,R.T. **Impacto das Mudanças da Cobertura Vegetal no Escoamento: Revisão**. Revista brasileira de recursos Hídricos, 1997. 2(1): pp. 135-152.

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: RiMa, 2003.

UHLY,S. e SOUZA,E.L. **A questão da água na grande Belém**. Belém: Casa de Estudos Germânicos, 2004. 247p.

VAL, A.L. **Surviving low oxygen levels: Lessons from fishes of the Amazon**. In: Val,A.L., Almeida Val, V.M.F. & Randall D.J. (Editor). *Physiology and Biochemistry of fishes of the Amazon*. INPA, Manaus, 1996. 59-73p.

VAN DYNE, G.N. **Implementing the ecosystem concept in training in the natural resources sciences**. VAN DYNE, G. N. (ed.). *The ecosystem Concept in Natural Resources Management*. London: Academic Press, 1971. 383p.

WENDLAND,E. e SCHALCH,V. **Pesquisas em meio ambiente:subsídios para a gestão de políticas públicas**. São Carlos: RIMA, 2003. 370p.

WHO – World Health Organization. **Our planet, our health: Report of the WHO commission on health and envroment**. Geneva, 1992.

WILHEIM, J. **O substantivo e o adjetivo**. São Paulo: Perspectiva, 1976. Coleção Debates.

WILHEIM, J. **Espaços e palavras**. São Paulo: Projeto, 1985.

## 11. ANEXOS

## ANEXO 1

**DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

<b>Parâmetros</b>	<b>Descrição</b>
Sólidos	Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos contribuem para a carga de sólidos, sendo classificados de acordo com as suas características físicas (tamanho e estado: sólidos em suspensão, sólidos coloidais, sólidos dissolvidos) ou características químicas (orgânicos ou voláteis e inorgânicos).
<b>Parâmetros Físicos</b>	
Cor	Responsável pela coloração na água, por meio dos sólidos dissolvidos, oriundos da decomposição da matéria orgânica, ferro e manganês, resíduos industriais e domésticos.
Turbidez	Representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo aparência turva à mesma, a partir dos sólidos em suspensão, oriundos de partículas de rocha, argila e silte, algas e outros microorganismos, despejos domésticos e industriais, e erosão. Pode prejudicar a fotossíntese, sendo esteticamente desagradável na água potável.
Sabor e Odor	Sabor é a interação ente o gosto e o odor, oriundos de matéria orgânica em decomposição, microorganismos, gases dissolvidos, despejos domésticos e industriais. Não apresenta, por si, risco à saúde.
Temperatura	Pode ser alterada por águas de torres de resfriamento e despejos industriais. Elevações de

	temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência dos gases.
<b>Parâmetros Químicos</b>	
pH	Representa a concentração de íons hidrogênio H <sup>+</sup> , indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Os sólidos e gases dissolvidos são os principais responsáveis, cuja origem é a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese, despejos domésticos e industriais. Os valores de pH afastados da neutralidade (pH=7) podem afetar a vida aquática e microorganismos.
Alcalinidade	Quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. Representa a capacidade da água de neutralizar os ácidos (capacidades de resistir às mudanças de pH: capacidade tampão). Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos, carbonatos e os hidróxidos, oriundos da dissolução de rochas, reação do CO <sub>2</sub> com água, e despejos industriais. Em elevadas concentrações, confere gosto amargo à água, não tendo significado potável.
Acidez	Capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. É causada principalmente pela presença de gás carbônico livre, oriundos do CO <sub>2</sub> absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição da matéria orgânica, do gás sulfídrico, de despejos industriais (ácidos minerais ou orgânicos), passagem da água por minas abandonadas, vazadouros de mineração e das borras de minério.
Dureza	Concentração de cátions multimetálicos em solução, Ca <sup>2+</sup> e Mg <sup>2+</sup> . A origem é da dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio (ex: rochas calcáreas) e despejos industriais. Não há evidências de que a dureza cause problemas sanitários. Alguns estudos realizados em áreas com maior dureza indicaram menor incidência de doenças cardíacas. Em determinadas concentrações, causa sabor desagradável e pode ter efeitos laxativos.
Ferro e Manganês	Presentes nas formas insolúveis (Fe <sup>3+</sup> e Mn <sup>4+</sup> ) numa grande quantidade de solos. Caso a água, contendo formas reduzidas, seja exportada ao ar atmosférico, eles voltam a se oxidar às suas formas

	insolúveis, o que pode causar cor na água. Os principais responsáveis são os sólidos em suspensão ou dissolvidos, oriundos da dissolução de compostos do solo e despejos industriais. Têm pouco significado sanitário nas concentrações usualmente encontradas nas águas. Em certas concentrações, podem causar sabor e odor e alterar a cor da água.
Cloretos	São advindos da dissolução de sais, através dos sólidos dissolvidos, oriundos da dissolução de minerais, intrusão de águas salinas, despejos domésticos e industriais e águas utilizadas em irrigação. Em determinadas concentrações, imprimem sabor salgado à água.
Fósforo	Oriundo da dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais, fertilizantes. Não apresenta, em si, problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento. É um elemento indispensável para o crescimento de algas, e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização). O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica.
Oxigênio Dissolvido	É de essencial importância para os organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), com geração de maus odores. Sua origem natural é da dissolução do oxigênio atmosférica e produção pelos organismos fotossintéticos. A origem antropogênica é a introdução de aeração artificial. O OD é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. A solubilidade do OD varia com altitude e temperatura. Ao nível do mar, na temperatura de 20°C, a concentração de saturação é igual a 9,2 mg/l.
Nitrogênio	Alterna-se entre várias formas e estados de oxidação, dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio molecular; nitrogênio orgânico, dissolvido e em suspensão; amônia; nitrito (NO <sub>2</sub> -); e, nitrato (NO <sub>3</sub> -). São oriundos de constituinte de proteínas, clorofila e vários compostos biológicos,

	<p>despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes. O nitrogênio na forma de nitrato está associado a doenças como a metahemoglobinemia. O nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização). Nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato, implica no consumo de OD do meio (o que pode afetar a vida aquática). O nitrogênio na forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes. O nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento dos microorganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos. Em um corpo d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição (poluição recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato).</p>
Matéria Orgânica	<p>Característica de primordial importância, quando presente nos corpos d'água e nos esgotos, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo do OD pelos microorganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Os principais componentes orgânicos são os compostos de proteína, os carboidratos, a gordura e os óleos, além da uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas e outros em menor quantidade. A matéria carbonácea divide-se nas seguintes frações: não biodegradável (em suspensão e dissolvida) e biodegradável (em suspensão e dissolvida). Em termos práticos, usualmente, não há necessidade de se caracterizar a matéria orgânica em termos de proteínas, gorduras, carboidratos etc. Ademais, há grande dificuldade na determinação laboratorial dos diversos componentes da matéria orgânica nas águas residuárias, face à multiplicidade de formas e compostos em que a mesma pode se apresentar. Assim, utilizam-se normalmente, métodos indiretos para a quantificação da matéria orgânica ou do seu potencial poluidor. Nesta linha, existem duas principais categorias: medição do consumo de oxigênio (demanda bioquímica de oxigênio - DBO; demanda química de oxigênio - DQO) e medição do carbono orgânico (carbono orgânico total – COT). A DBO é o parâmetro tradicionalmente mais utilizado e retrata, de forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou corpos d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo do OD. A DBO é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água.</p>

Micropoluentes Inorgânicos	Grande parte dos micropoluentes inorgânicos são tóxicos. Entre estes, têm especial destaque, os metais pesados. Entre os que se dissolvem na água incluem-se o arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata. Vários destes metais se concentram na cadeia alimentar, resultando num grande perigo para os organismos situados nos degraus superiores. Todavia, as concentrações dos metais tóxicos nos ambientes aquáticos naturais são bem pequenas. Além dos metais pesados, há outros micropoluentes inorgânicos de importância em termos de saúde pública, como os cianetos, o flúor e outros. A origem antropogênica é de despejos industriais e atividades mineradoras, garimpo e agricultura. Os metais pesados são tóxicos para os habitantes dos ambientes aquáticos e para os consumidores da água.
Micropoluentes Orgânicos	Alguns materiais orgânicos são resistentes à degradação biológica, não integrando os ciclos biogeoquímicos, e acumulando-se em determinado ponto do ciclo (interrompido). Entre estes, destacam-se os defensivos agrícolas, alguns tipos de detergentes e um grande número de produtos químicos. Uma grande parte destes compostos, mesmo com reduzidas concentrações, está associada a problemas de toxicidade. A origem está relacionada a vegetais com madeira, despejos industriais, detergentes, processo de refinamento do petróleo, defensivos agrícolas. Os compostos orgânicos incluídos nesta categoria não são biodegradáveis.
<b>Parâmetros Biológicos</b>	
Microorganismos	Em termos de avaliação da qualidade da água, os microorganismos assumem papel de maior importância dentre os seres vivos, devido à sua grande predominância em determinados ambientes, à sua atuação nos processos de depuração dos despejos ou à sua associação com doenças ligadas à água. Os principais microorganismos de interesse dentro da Engenharia Ambiental são as bactérias (principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, algumas patogênicas), algas (importantes na produção de oxigênio nos corpos d'água e em alguns processos de tratamento de esgoto, podem deteriorar a qualidade quando em excesso), fungos (decomposição da matéria orgânica), protozoários (essenciais no tratamento biológico para a manutenção de equilíbrio entre diversos grupos, alguns patogênicos), vírus (causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto) e helmintos (podem causar doença). Os microorganismos desempenham diversas funções de fundamental importância,



	<p>principalmente as relacionadas com a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos. Um outro aspecto de grande relevância em termos da qualidade biológica da água é relativo à possibilidade da transmissão de doenças. A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças pode ser efetuada de forma indireta, por meio dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo dos coliformes.</p>
--	--

FONTE: ADAPTADO DE SPERLING, 1996.

## Planilhas de Cálculo

Turbidez  
(NTU)

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	7	6,2	9	5,8	7
Período Seco	8	6,9	9,6	7	8,2
Média *	7,5	6,55	9,3	6,4	7,6

## ALCALINIDADE

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	188	30	80	32	62
Período Seco	195	39	88	37	71
MÉDIA *	191,5	34,5	84	34,5	66,5

## PH

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	7,4	6	6	6,2	6,5
Período Seco	7,2	5,9	5,7	6	6,1
MÉDIA *	7,3	5,95	5,85	6,1	6,3

## COR

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	72	57	173	32	58
Período Seco	72	57	173	32	58
Média Cor (Pt/Co) *	72	57	173	32	58

Coli Totais  
(nmp)

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	110.000,00	7.500,00	750	1.100,00	110.000,00
Período Seco	130.000,00	8.400,00	790	1.200,00	120.000,00

## O D (mg/l)

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	0	2,9	1,1	1,5	2,2
Período Seco	0	1,9	0,8	1,1	1,8
Média *	0	2,4	0,95	1,3	2

## DBO (mg/l)

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	118,4	34,5	24,8	46,4	48
Período Seco	144,1	41,3	28,7	49,2	52,9

OLEOS E  
GRAXAS

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	13,17	7,96	7,76	3,42	3,59
Período Seco	21,17	7,96	7,76	4,26	7,22
Média *	17,17	7,96	7,76	3,84	5,405

Condutividade

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	438	129,1	170,5	164,3	152,4
Período Seco	452	133,5	180,4	180,1	159,1

TDS (mg/l)

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	220	64,7	85,3	82,2	76,1
Período Seco	235	73,1	89,2	88,7	85,9

Sílica (mg/l)

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	1,121	0,741	0,306	0,604	0,812
Período Seco	1,119	0,78	0,45	0,651	0,888

## NITRATO

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	1,8	1,8	1,5	1,4	2
Período Seco	1,9	2,1	1,8	1,7	2,6
Média *	1,85	1,95	1,65	1,55	2,3

## NITRITO

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	0,003	0,003	0,001	0,029	0,054
Período Seco	0,005	0,004	0,002	0,03	0,06
Média *	0,004	0,0035	0,0015	0,0295	0,057

Amônia  
(mg/l)

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	5,78	0	0,53	1,04	1,13
Período Seco	6,28	0	0,62	1,21	1,19
Média *	6,03	0	0,575	1,125	1,16

## Ferro

Período	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	1,68	0,06	3,19	0,45	0,97
Período Seco	1,75	0,12	3,45	0,51	1,4
Média *	1,715	0,09	3,32	0,48	1,185

## Fósforo

Período	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Período Chuvoso	0,97	0,24	0,18	0,26	0,32
Período Seco	0,88	0,27	0,15	0,21	0,26
Média *	0,925	0,255	0,165	0,235	0,29

\* Média= (Período Chuvoso + Período Seco) / 2