

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ  
VANILDA DE MAGALHÃES MARTINS VASCONCELOS**

**CARACTERIZAÇÃO DOS PARAMÊTROS DE QUALIDADE  
DA ÁGUA DO MANANCIAL UTINGA, BELÉM-PA.**

**TAUBATÉ - SP  
2010**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**VANILDA DE MAGALHÃES MARTINS VASCONCELOS**

**CARACTERIZAÇÃO DOS PARAMÊTROS DE QUALIDADE  
DA ÁGUA DO MANANCIAL UTINGA, BELÉM-PA.**

Dissertação para obtenção do Certificado de Título de Mestre  
em Ciências Ambientais do Programa de Pós-graduação em  
Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté-SP.  
Área de Concentração: Ciências Ambientais  
Orientador: Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza

**TAUBATÉ – SP**  
**2010**

**Ficha catalográfica elaborada pelo  
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

V331c Vasconcelos, Vanilda de Magalhães Martins  
Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do Manancial  
Utinga, Belém-PA / Vanilda de Magalhães Martins Vasconcelos. - 2010.  
43 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-  
graduação em Ciências Ambientais, 2010.  
Orientação: Prof. Dr. Claudinei Fonseca Sousa, Centro de Ciências  
Agrárias (UFSCar).

1. Degradação ambiental. 2. Manancial urbano. 3. Recursos  
hídricos. 4. Tratamento de água. I. Título.

VANILDA DE MAGALHÃES MARTINS VASCONCELOS

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO MANANCIAL UTINGA,  
BELÉM-PA.

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté.  
Área de Concentração: Ciências Ambientais

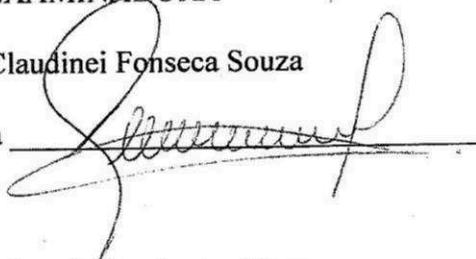
Data: 19/11/2010

Resultado: Aprovada

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza

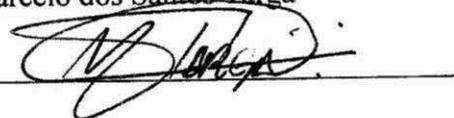
Assinatura



Universidade de Taubaté – Programa de  
Pós Graduação em Ciências Ambientais

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa

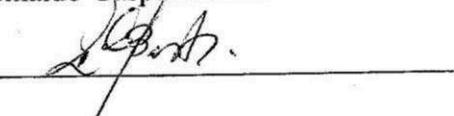
Assinatura



Universidade de Taubaté – Programa de  
Pós Graduação em Ciências Ambientais

Prof. Dr. Reinaldo Gaspar Bastos

Assinatura



Universidade Federal de São Carlos  
DTAISER/CCA

À minha família amada, meu esposo  
Mauro Eduardo, meus filhos Matheus e  
Abner Eduardo.

Aos meus pais queridos, Vespaziano e  
Dalila Martins.

## **Agradecimentos**

A Deus, autor da minha vida, pela maravilhosa oportunidade de vencer mais um desafio;

Ao professor e orientador Dr. Claudinei Fonseca Souza, pela colaboração de me tornar uma profissional com qualificação;

A todos os professores do programa de pós-graduação da Unitaú e ao Dr. Reinaldo Gaspar Bastos da UFSCAR pelas contribuições no trabalho e, especialmente aos professores Dr. Marcelo dos Santos Targa, Dr. Nelson Wellausen Dias, Dr. Cyro de Barros Rezende Filho.

Ao meu esposo Mauro Eduardo Vasconcelos, por ter sido companheiro nessa conquista, por cuidar dos nossos filhos na minha ausência e principalmente por me encorajar nas horas difíceis;

Aos meus pais Vespaziano e Dalila pelo grande apoio durante todos os anos de minha vida;

A minha sogra Guiomar Vasconcelos, meu sogro Rui, meu cunhado e a tia Nazá pelo carinho dispensado aos meus filhos;

Aos meus filhos Matheus e Abner Eduardo, fontes de conforto e carinho;

Aos meus irmãos, em especial a minha irmã Vanda pelo apoio financeiro;

À minha prima Cristina Passareli pela ajuda ortográfica da dissertação;

Aos meus amigos em especial a Josiane, pela compreensão e solidariedade;

Ao engenheiro da COSANPA-Belém Haeung Won Han, pelas informações e pelos dados fornecidos do monitoramento do Manancial do Utinga;

À química industrial Tatiana Almeida de Oliveira, pela colaboração explicativa aplicados aos métodos de análise da qualidade da água;

Ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET – 2º Distrito de Meteorologia/SEOMA, pelos dados com valores da precipitação na região metropolitana de Belém do Pará;

Ao Batalhão de Polícia Ambiental de Belém, pela colaboração de segurança na visita feita no Manancial do Utinga;

À Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA/Pa) pelas informações relevantes para os resultados deste trabalho;

Agradeço a todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste presente trabalho.

Melhor é o fim das coisas do que o princípio delas, melhor é o paciente do que o arrogante.

**(Eclesiastes 7: 8)**

## RESUMO

Este estudo centrou-se na caracterização de alguns parâmetros físico-químicos e biológicos da qualidade da água do Manancial do Utinga, que compreende as águas do rio Guamá, Lago Água Preta e Lago Bolonha, localizado no Complexo Hídrico Estadual do Utinga. A área de estudo compreendeu os Lagos Água Preta e Bolonha têm nascentes naturais, porém 90% da água desses lagos é captada do rio Guamá e levado para o Lago Água Preta através de uma adutora de 3 km e por conseguinte para o Lago Bolonha, onde é captada novamente para a estação de tratamento do Bolonha. A metodologia do trabalho consistiu na realização de coletas de campo, em pontos distribuídos ao longo desse percurso, para determinação de variáveis físicoquímicas e bacteriológicas. Como resultados, os dados mostraram uma relação direta entre o crescimento populacional e a presença de esgotos não tratados nos corpos d'água, e como consequência, observaram-se alterações importantes nas variáveis físicas: cor e turbidez; e nas variáveis biológicas: coliformes totais e variáveis química: N-amoniacal e nitratos, quando comparadas com a condição referencial. Os resultados mostraram que a população residente no entorno do manancial do Utinga, nas proximidades do Lago Bolonha apresenta deficiência de atendimento em relação ao saneamento básico (coleta de lixo e tratamento de esgoto sanitário).

**PALAVRAS-CHAVE:** manancial urbano; tratamento de água; recursos hídricos; degradação ambiental.

## ABSTRACT

This study was centered in the variation of some physical-chemical and biological parameters of the quality of the water of the Spring of Utinga, that understands the waters of the river Guamá, Lake Black Water and Lago Bolonha, located in the Compound State Hídrico of Utinga. The study area understood the Lakes Black Water and Bologna they have nascent natural, however 90% of the water of those lakes are captured of the river Guamá and mischievous to the Lake Black Water through a water main of 3 km and consequently to the Lago Bolonha, where it is captured again for the station of treatment of Bologna. The methodology of the work consisted of the accomplishment of field collections, in points distributed to the long of that course, for determination of variables physical-chemical and bacteriological. As results, the data showed a direct relationship between the population growth and the presence of sewers non agreements in the bodies of water, and as consequence, important alterations were observed in the physical variables: color and turbidez; and in the biological variables: total coliforms and you varied chemical: N-ammonia and nitrates, when compared with the condition reference. The results showed that the resident population in I spill him/it of the spring of Utinga, in Lago Bologna's proximities it presents attendance deficiency in relation to the basic sanitation (it collects of garbage and treatment of sanitary sewer).

**KEYWORDS:** Urban watershed, water treatment, water resources, environmental degradation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de contaminação em áreas urbana .....	8
Figura 2 - Vista aérea do aterro Sanitário do Áura .....	9
Figura 3 - Variação temporal das áreas antropizadas ao longo da linha do tempo.....	10
Figura 4 - Região metropolitana de Belém .....	19
Figura 5 - Lago Água Preta e Lago Bolonha .....	20
Figura 6 – Ponto de coleta 1, rio Guamá .....	20
Figura 7 – Ponto de coleta 2, na porção esquerda do Lago Água Preta .....	21
Figura 8 – Ponto de coleta 3, no centro do Lago Bolonha .....	21
Figura 9 – Perfil precipitação na região metropolitana de Belém .....	23
Figura 10 – Perfil do pH .....	24
Figura 11 – Perfil Cor e Turbidez .....	26
Figura 12 – Perfil Oxigênio Dissolvido .....	29
Figura 13 - Perfil coliforme Total .....	31
Figura 14 - Perfil Dureza Total .....	33
Figura 15 – Perfil Nitrato .....	35
Figura 16 – Eutrofização do lago Bolonha .....	36
Figura 17 – Lixo lançado pela população e esgotos que correm dentro da APA do Utinga .....	36
Figura 18 – Perfil N- Amoniacal .....	37
Figura 19 – Perfil Cloreto .....	38
Figura 20 – Perfil Alcalinidade .....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das águas doces, segundo normas do CONAMA quanto ao seu uso.....	11
Tabela 2 – Categoria dos maiores poluentes por principais fontes.....	14
Tabela 3 – Padrões de alguns parâmetros de qualidade da água para classe 2.....	15
Tabela 4 – Parâmetros determinados, princípios do método e referência .....	22
Tabela 5 – Valores médios, máximos e mínimo e desvio padrão do pH da água bruta superficial da ETA Bolonha.....	24
Tabela 6 - Valores médios, máximo e mínimo e desvio padrão da turbidez da água bruta superficial da ETA Bolonha .....	25
Tabela 7 - Valores médios, máximo e mínimo e desvio padrão da cor da água bruta superficial da ETA Bolonha.....	27
Tabela 8 - Valores médios, máximo e mínimo e desvio padrão da matéria orgânica da água bruta superficial do rio Guamá, lago Água Preta e lago Bolonha.....	28
Tabela 9 - Valores médios, máximo e mínimo e desvio padrão do coliforme total da água bruta superficial do rio Guamá, lago Água Preta e lago Bolonha.....	30
Tabela 10 - Valores médios, máximo e mínimo e desvio padrão da dureza da água bruta superficial do rio Guamá, lago Água Preta e lago Bolonha.....	32
Tabela 11 - Valores médios, máximo e mínimo e desvio padrão do nitrato da água bruta superficial do rio Guamá, lago Água Preta e lago Bolonha.....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVO.....</b>	<b>4</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
3.1 GESTÃO DAS ÁGUAS .....	5
3.2 MANANCIAIS URBANOS.....	7
3.3 LEGISLAÇÃO: PROTEÇÃO DOS MANANCIAIS URBANOS.....	10
3.4 QUALIDADE DA ÁGUA.....	12
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	19
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS DAS AMOSTRAS.....	20
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
5.2 pH.....	23
5.3 TURBIDEZ (UNT).....	25
5.4 COR ( $\text{mgL}^{-1}$ Pt Co.....	25
5.5 OXIGÊNIO DISSOLVIDO ( $\text{mgL}^{-1}$ ).....	27
5.6 COLIFORME TOTAL (NMP / 100 ml).....	29
5.7 DUREZA TOTAL ( $\text{mgL}^{-1}$ ).....	32
5.8 NITRATO ( $\text{mgL}^{-1}$ ).....	33
5.9 N-AMONICAL ( $\text{mgL}^{-1}$ ).....	37
5.10 CLORETO ( $\text{mgL}^{-1}$ ).....	37
5.11 ALCALINIDADE METIL-ORANGE ( $\text{mgL}^{-1}$ ).....	38
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>41</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes, pois ela constitui a matéria predominante nos organismos vivos, vem sendo fortemente alterada com as mudanças demográficas, a velocidade e a extensão da globalização e com o desenvolvimento sócio-econômico impulsionado pelo avanço tecnológico. Esses fatores têm sido observados como preponderantes para o aumento da demanda sobre os recursos hídricos, refletindo na sua escassez e deterioração dos mananciais.

É conhecido que dos 3% de água doce disponível no planeta, apenas 0,01% localiza-se nos rios e nos lençóis freáticos, sendo este percentual utilizado para o consumo do homem e de outros seres vivos. Dessa forma, a água passou a ser uma preocupação crescente não apenas no que se refere à quantidade disponível, mas, principalmente, em relação à sua qualidade acarretando prejuízos e restrições nos seus usos múltiplos.

Os problemas relativos à qualidade da água envolvem um espectro bastante amplo dentro das áreas de estudo hidroambiental e na determinação das potenciais fontes de contaminação resultantes de: disposições inadequadas dos resíduos líquidos e sólidos, de natureza doméstica e industrial; alterações provocadas por empreendimentos para geração de energia (barragens), resfriamento de águas de termoelétricas, além das práticas agrícolas e de criação de animais em pequenas áreas nas bacias urbanas. Todas essas ações antropogênicas acarretam impactos que se inter-relacionam com os processos naturais que ocorrem na bacia.

A situação se agrava, em decorrência do efeito acumulativo gerado pelo crescimento populacional, desordenado e a falta de planejamento nas cidades têm se tornado uma constante ameaça à saúde da população. Os esgotos são despejados de forma natural nas valas e nos rios, a água contaminada é a causa principal de várias enfermidades. Como exemplo, o processo de urbanização na Amazônia, nas últimas três décadas, exerceu grande impacto na Região Metropolitana de Belém, principalmente nas áreas de várzeas (baixadas) das microbacias hidrográficas que irrigam a cidade.

A influência do homem nesse contexto de contaminação de lençóis freáticos, desmatamento, alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente; tem levado a uma expressiva queda da qualidade da água e diminuição da biodiversidade aquática.

A Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que trata do controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade no Brasil, que visa ao controle da vazão de água bruta e a eficiência das unidades componentes da Estação de Tratamento de Água (ETA).

A configuração de um quadro de degradação ambiental em unidades de conservação localizada nas grandes cidades segue uma tendência mundial nos países em desenvolvimento, onde a alta taxa de urbanização associada à ausência de políticas públicas voltadas para as melhorias sociais, ambientais, infra-estruturais, reflete negativamente nos recursos naturais.

O Plano Diretor de Abastecimento de Água para a região metropolitana de Belém foi estruturado para atender a uma demanda de água para os próximos 25 anos (2000 a 2025) (RODRIGUES, 2004).

O lago Água Preta (10.550.000 m<sup>3</sup>) e o lago Bolonha (2.100.000 m<sup>3</sup>) são dois grandes e únicos reservatórios de água disponíveis na cidade de Belém. Formados pela barragem de algumas nascentes e igarapés dessa região, reforçados por uma adutora que lhes fornece água do rio Guamá, captada à montante da aglomeração belenense e encaminhada para as ETAS Bolonha, São Braz e 5º Setor (RIBEIRO, 2004).

Atualmente, o atendimento com abastecimento de água na região metropolitana de Belém é para, aproximadamente, 90% da população, ou seja, aproximadamente 1.800.000 habitantes, que recebem água tratada distribuída pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), que gerencia e operacionaliza o sistema de abastecimento de água da maior parte do município de Belém e nos municípios de Ananindeua e Marituba pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém (IBGE, 2002).

A estação de captação da água bruta do rio Guamá foi duplicada e inaugurada em março de 2010, permitindo captar até 9 mil litros de água bruta por segundo. São oito bombas capazes de enviar água para o Lago Água Preta através de adutoras com 3 km de extensão, daí a água segue para o Lago do Bolonha onde é novamente captada para estação de tratamento, com ajuda de mais quatro bombas que são responsáveis em levar a água para a estação de tratamento do Bolonha. Um complexo com uma área de 50 000 m<sup>2</sup> e uma capacidade de tratamento que passará de 3,2 m<sup>3</sup>/s para 6,4 m<sup>3</sup>/s, com unidades de mistura rápida, floculação, sedimentação, filtração, desinfecção, correção do pH e fluoretação.

O rio Guamá é fundamental para o abastecimento de água na cidade de Belém, porém as marés empurram a água turva e barrenta do rio Pará e também recebem sedimentos suspensos de regiões geológicas diferentes. A importância do rio Guamá para a cidade de Belém deve-se ao fato de que ele, juntamente com os lagos Água Preta e Bolonha, fazem parte do Complexo Hídrico do Utinga, manancial que abastece a cidade.

Nesse sentido, a proposta de trabalho aborda a medida dos parâmetros de qualidade da água bruta extraída pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) no Manancial do Utinga, devido a reclamação da população Belenense quanto a qualidade da água que está chegando nas torneiras de suas casas. E para isso a pesquisa buscou responder o seguinte questionamento: os níveis de pH, cor aparente, turbidez, n- amoniacal, nitrato e coliforme total encontrados nas águas do manancial do Utinga interfere na qualidade da água distribuída pela Cosanpa na cidade de Belém do Pará?

## **2. OBJETIVO**

Analisar a variação de parâmetros físico-químicos e biológicos presentes nas águas do Manancial do Utinga no período de janeiro de 2007 a setembro de 2009.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Gestão das Águas

De acordo com Shiklomanov (1990), a água, elemento essencial para garantia da vida nos ecossistemas é um dos constituintes básicos do sistema que compõem o Planeta Terra, cobrindo 77% da sua superfície. Esse volume encontra-se distribuído nos diferentes reservatórios de água da terra, onde 97,5% referem-se aos oceanos e mares e somente 2,5% são de água doce. A maior parcela dessa água doce, 68,9%, formam as calotas polares, as geleiras e neves eternas que cobrem os cumes das montanhas mais altas da terra. Dos percentuais restantes, 29,9% constituem as águas subterrâneas doces, estando aí incluída a umidade dos solos, cerca de 0,9% representam as águas do pântano e apenas 0,3% compõem as águas dos rios e lagos, parcela mais facilmente aproveitada para atender as demandas e necessidades sociais e econômicas da humanidade nos diferentes usos.

Essas águas encontram-se em permanente movimento, constituindo, assim, o chamado ciclo hidrológico, onde a água em estado líquido ou sólido é transformada em vapor pela energia solar que atinge a superfície da terra depositando-se nos oceanos, mares, continentes e ilhas. Sob, então, à atmosfera, onde esfria progressivamente dando origem às nuvens. Essas massas de água voltam a cair na terra, sob a ação da gravidade, na forma de chuva, neblina e neve.

Segundo Rebouças (1999) pondera que todo esse processo é caracterizado por um fluxo permanente de energia e de matéria, ligando-se ao ciclo das águas, das rochas e da vida. Para ele a compreensão sistêmica dos processos cíclicos de energia e matéria na natureza, em geral, e das águas da terra, em particular, constitui um dos grandes desafios das ciências hidrológicas e ambientais neste século.

Torna -se necessário transcender o pensamento mecanicista ao sistêmico que sustenta não poder a totalidade de um sistema ser apreendida pelo estudo de suas partes, mas dentro do contexto do todo maior agindo e interagindo de forma integrada.

Heller *et. al.* (1996) reforçam que esses princípios fundamentam-se na doutrina holística, amplamente aplicada às ciências ambientais, impondo uma sistemática demanda por estudos multidisciplinares ou interdisciplinares que encontram barreiras na definição das questões metodológicas para tratar de realidades complexas.

A gestão das águas no Brasil passou por um período de grandes avanços desde o final da década de 80 até a promulgação da Lei das Águas – nº 9984, de 17.07.2000. Esta lei é fundamentada em alguns princípios básicos, tais como:

- adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento;
- garantia do uso múltiplo dos recursos hídricos;
- reconhecimento da água como um recurso finito, vulnerável e um bem de valor econômico, instituindo, assim, a cobrança pelo seu uso e previsão de uma gestão descentralizada e participativa, com o deslocamento do poder de decisão para os níveis hierárquicos locais e regionais do governo, e a participação dos usuários, da sociedade civil organizada, das ONG's e outros agentes através dos comitês de bacia.

Com esta lei, foram ainda definidos cinco instrumentos para o gerenciamento das águas no país, com o objetivo de promover a gestão e o controle dos recursos hídricos, todos eles dependentes de bases sólidas de dados.

No primeiro grupo, encontram-se o plano de recursos hídricos e o enquadramento dos corpos d'água que respondem pela gestão quantitativa e qualitativa da água. São instrumentos que fortalecem a relação entre a gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente, a partir da formulação de metas de qualidade a serem alcançadas, tomando como base a Resolução CONAMA 20.

No segundo grupo, estão à outorga e a cobrança, elementos relevantes de controle dos usos desses recursos hídricos. O quinto instrumento é o sistema nacional de informações, destinado a coletar, organizar, criticar e difundir a base de dados relativos aos recursos hídricos.

De acordo com Magrini & Santos (2001) com a promulgação da lei das águas, foram introduzidas mudanças radicais na concepção da gestão ambiental e nos instrumentos tradicionalmente aplicados por esta lei, principalmente no rompimento do conceito de gestão vigente, calcado na divisão político-administrativa e na utilização de instrumentos de comando-controle.

Para Magalhães Junior (2000), toda essa rápida mudança verificada no setor gerou um novo ordenamento institucional, iniciado com a aprovação da Lei 9.433, de 8.01.1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e culminou com a criação da Agência Nacional das Águas –ANA, Lei 9.984, de 17.07.2000. Essa agência, diretamente vinculada ao

Ministério de Meio Ambiente, possui autonomia administrativa e financeira e é responsável pela implementação dos instrumentos de ação para controle e regulação do uso dos recursos e do lançamento de poluentes que afetam o meio ambiente.

### **3.2. Mananciais Urbanos**

Os mananciais urbanos são fontes disponíveis de água nas quais a população pode ser abastecida em suas necessidades.

Porém, no planeta Terra, o total de água globalmente retirado de rios, aquíferos e outras fontes aumentou nove vezes, enquanto que o uso por pessoa dobrou e a população cresceu três vezes. Em 1950, as reservas mundiais representavam 16,8 mil m<sup>3</sup>/pessoa, atualmente esta reserva reduziu-se para 7,3 mil m<sup>3</sup>/pessoa e espera-se que venha a reduzir-se para 4,8 mil m<sup>3</sup>/pessoa nos próximos 25 anos (TUCCI, 2003).

Na medida em que o desenvolvimento urbano aumenta, envolve duas atividades conflitantes: o crescimento da demanda de água com qualidade e a degradação de mananciais por contaminação de resíduos urbanos e industriais (TUCCI, 2006).

A tendência do desenvolvimento urbano é o de contaminar a rede de escoamento superficial com despejos de esgotos cloacais e pluviais, inviabilizando o manancial e exigindo novos projetos de captação de áreas mais distantes, não contaminadas, ou o uso de tratamento de água e esgoto mais intensivo, o que envolve custos maiores (TUCCI, 2006).

Os principais mananciais de suprimento de água de uma população são: águas superficiais e águas subterrâneas.

Estima-se que o Brasil tenha aproximadamente 11,6% da água doce superficial disponível no mundo e os reservatórios artificiais do país desempenham importantes papéis ecológicos, econômicos e sociais. (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 1992).

Segundo Tucci (2006), as águas superficiais são encontradas na rede de rios da bacia hidrográfica onde a população se desenvolve. A disponibilidade hídrica de uma bacia depende da capacidade de regularização natural do rio ao longo do ano. Poderá existir uma parcela do ano em que o rio não atenderá à demanda, sendo necessário regularizar a vazão através de um reservatório.

A contaminação das águas superficiais, caracterizada pelos rios urbanos ou que atravessam cidades, ocorre devido a despejos de poluentes dos esgotos cloacais domésticos e

industriais, despejos de esgotos pluviais agregados com lixo urbano, escoamento superficial que drena áreas agrícolas tratadas com pesticidas e outros compostos e drenagem de água subterrânea contaminada que chega ao rio (Figura 1).



Figura 1. Ciclo de contaminação de água em áreas urbanas  
Fonte. TUCCI & BERTONI, 2003

O sistema hidrográfico de Belém é constituído por dois grandes corpos hídricos: a baía do Guajará e o rio Guamá, cujas áreas marginais dos principais canais da bacia hidrográfica do rio Guamá, localizadas no distrito de Belém, têm sido alvo de invasões por grandes contingentes populacionais (Braz, et al., 1997).

O manancial do Utinga é o principal e único reservatório de água superficial que abastece o município de Belém e segundo vários estudos sobre risco de contaminação este corpo hídrico encontra-se sob forte ameaça de contaminação, sobretudo por estar localizado a aproximadamente 1400 metros do aterro sanitário do Aurá, e por estar cercado de invasões urbanas (NAEA, 2004).

Bordalo (1998), ao estudar as microbacias formadoras do manancial do Utinga observou que este manancial vem sofrendo forte pressão urbana desde o início da década de noventa, identificando várias situações potencialmente poluidoras, como assentamentos urbanos, cemitérios, desmatamentos, extrativismo mineral, lixão abandonado, além de focos de poluição hídrica nas cabeceiras dos lagos (grande concentração de vegetação aquática, coloração e odor na água).

É possível verificar na Figura 2, a localização do aterro, lixões e contingentes urbanos próximos ao sistema de abastecimento de água do Utinga.

Segundo Novotny et al. (1993) a urbanização provoca alterações na composição atmosférica, nos aspectos quantitativos e qualitativos dos corpos receptores e outros corpos d' água e no solo da bacia. Os autores ressaltam, ainda, que os sistemas ecológicos nativos são substituídos por uma ecologia urbana. Emissões de resíduos aumentam drasticamente e as fontes dessas contaminações são diversas, tais como: indústrias, sistemas de coleta e tratamento de efluentes domésticos, coleta e disposição de resíduos sólidos (aterros, lixões), deposição de detritos e restos de materiais diversos.



Figura 2. Vista aérea do aterro sanitário do Áura  
Fonte. PARANAGUÁ, 2007

Para Goulart (2003), o crescimento das cidades nas últimas décadas tem sido responsável pelo aumento da pressão das atividades do homem sobre os recursos naturais. Rodrigues (2000) exemplifica essa pressão das atividades antrópicas no processo de urbanização da Amazônia, que nas últimas três décadas exerceu grande impacto na Região Metropolitana de Belém, principalmente nas baixadas, ou seja, nas áreas de várzeas das microbacias hidrográficas que irrigam a cidade.

Entretanto, a deterioração da qualidade da água por falta de tratamento dos efluentes tem criado potenciais riscos ao abastecimento da população em vários cenários, e o mais crítico tem sido a ocupação das áreas de contribuição de reservatórios, abastecimento urbano que podem produzir riscos à saúde da população (TUCCI, 2008).

Segundo Cardoso et al., (2009) ficou constatado a presença intensa de habitantes às proximidades dos reservatórios através de imagem visuais do Complexo Estadual Hídrico do

Utinga, ao norte, assim como nas florestas, na região mais ao sul. A Figura 3, mostra o mapa de uso da ocupação da APA no ano de 1984, respectivo, nove anos antes da criação da APA.

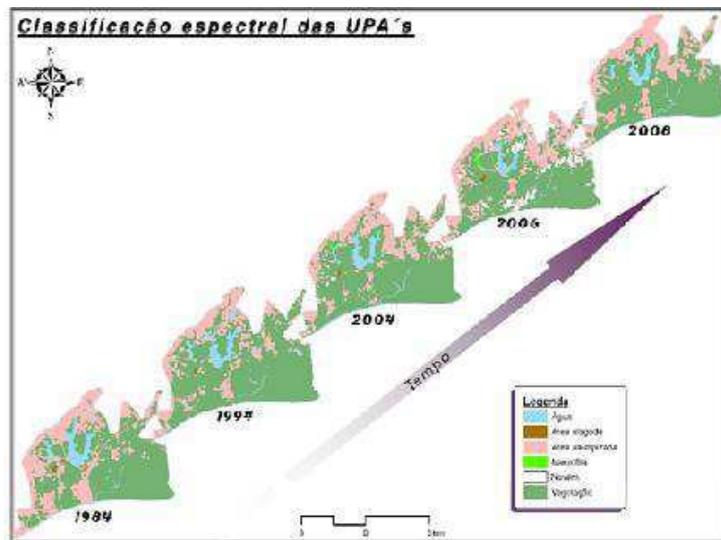


Figura 3. Variação temporal das áreas antropizadas ao longo da linha do tempo  
Fonte. CARDOSO et al. (2009)

Na análise da imagem do ano de 2008 os autores observam na porção norte da unidade os reflexos da expansão urbana desordenada das cidades limítrofes ao Complexo do Utinga.

Tucci (2003) descreve a contaminação de mananciais por toxinas e explica que devido o reservatório se encontrar próximo da cidade existe grande pressão de ocupação urbana da bacia hidrográfica a montante do reservatório. E também devido aos municípios possuírem pouca capacidade de fiscalização se desenvolve nestas áreas de proteção loteamentos irregulares ou clandestinos.

### 3.3. Legislação: Proteção dos Mananciais Urbanos

A lei nº 4.771, de 1965 (Código Florestal), apresenta dois tipos de APP (Área de Preservação Permanente), as criadas pela própria lei e as por previstas, mas que demandam ato declaratório específico do Poder Público para sua criação. No seu art. 2º, fica estabelecido que: área de preservação permanente é área protegida, nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Segundo Tucci (2006), as cidades que utilizam intensamente a água como fonte de vida e desenvolvimento devem ter um plano básico de controle e preservação de seus mananciais de suprimento dentro de um cenário atual, a médio e longo prazo.

A resolução nº 375 de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), classifica as águas doces, salobras e salinas do País. A classificação se baseia, fundamentalmente, no uso da água (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classificação das águas doces, segundo normas do CONAMA, quanto ao uso:

CLASSE	USO
Especial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento para consumo humano, com desinfecção;</li> <li>• Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquática;</li> <li>• Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e de proteção ambiental.</li> </ul>
Classe 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento doméstico após tratamento simplificado;</li> <li>• Proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>• Recreação de contato primário ( natação, esqui aquático e mergulho);</li> <li>• Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas ou de frutas que se desenvolvem rente ao solo ou que sejam consumidas cruas sem remoção de películas;</li> <li>• Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.</li> </ul>
Classe 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</li> <li>• Proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>• Recreação de contato primário ( natação, esqui aquático e mergulho);</li> <li>• Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;</li> <li>• Aqüicultura e atividade de pesca.</li> </ul>
Classe 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento doméstico após tratamento convencional ou avançado;</li> <li>• Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</li> <li>• Pesca amadora;</li> <li>• Recreação de contato secundário;</li> <li>• Dessedentação de animais.</li> </ul>
Classe 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Navegação;</li> <li>• Harmonia paisagística.</li> </ul>

Fonte. TUCCI (2006)

A Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que trata do controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade no Brasil, dita o necessário controle da vazão de água bruta e da eficiência das unidades componentes da Estação de Tratamento de Água (ETA).

### 3.4 Qualidade da Água

Os conceitos de qualidade da água e poluição estão comumente interligados, porém, a qualidade da água reflete sua composição quando afetada por causas naturais e por atividades antropogênicas. A poluição, entretanto, decorre de uma mudança na qualidade física, química, radiológica ou biológica do ar, água ou solo, causada pelo homem ou por outras atividades antropogênicas que podem ser prejudiciais ao uso presente, futuro e potencial do recurso.

Branco (1991) salienta a dificuldade de se definir com precisão o que se entende por características naturais ou o que são alterações significativas. O crescimento da demanda mundial por água de boa qualidade, a uma taxa superior à da renovabilidade do ciclo hidrológico, é de consenso mundial e esse crescimento tende a se tornar uma das maiores pressões antrópicas sobre os recursos naturais do planeta, neste século. Essa demanda aumentou mais de seis vezes entre 1900 e 1995 e mais que o dobro das taxas de crescimento da população e continua a crescer rapidamente com a elevação de consumo dos setores agrícola, industrial e residencial (WHO, 1997).

Tucci (2000) considera que as condições atuais de disponibilidade x demanda mostram que na média e, na maior parte do território brasileiro, não existe déficit de recursos hídricos, no entanto, observam-se situações desfavoráveis em períodos de estiagem no semi-árido brasileiro e em cidades de médio e grande porte. Ressalta, ainda, que as grandes concentrações brasileiras apresentam condições críticas de sustentabilidade, devido ao excesso de cargas de poluição doméstica e industrial e à ocorrência de enchentes urbanas, que contaminam os mananciais. As cidades de São Paulo e Recife exemplificam bem o quadro acima relatado, onde a primeira importa a maior parte da água da bacia do Piracicaba, devido à contaminação dos seus mananciais, e a segunda enfrenta constantes racionamentos.

A diversidade e o número de fontes existentes e o potencial de contaminação química dos corpos d'água são bem grandes. Segundo Holt (2000) que se por um lado a industrialização e urbanização, juntamente com a intensificação das atividades agrícolas, têm resultado no aumento da demanda da água, por outro lado aumentam a contribuição de contaminantes nos corpos d'água. As maiores e mais significativas rotas de contaminação são ocasionadas por emissões diretas e indiretas dos esgotos tratados e não-tratados, escoamento e deposição atmosférica e pelo processo de lixiviação do solo.

Novotny *et al.* (1993) reforçam que a urbanização provoca alterações na composição atmosférica, nos aspectos quantitativos e qualitativos dos corpos receptores e outros corpos d'

água e no solo da bacia. Os autores enfatizam, ainda, que os sistemas ecológicos nativos são substituídos por uma ecologia urbana. Emissões de resíduos aumentam drasticamente e as fontes dessas contaminações são diversas, tais como: indústrias, sistemas de coleta e tratamento de efluentes domésticos, coleta e disposição de resíduos sólidos (aterros, lixões), deposição de detritos e restos de materiais diversos.

O destino das emissões dos contaminantes nos corpos d'água depende não somente da quantidade de substância emitida, mas das características e dos processos de transporte, dispersão e transformação (biodegradação, hidrólise, fotólise) que ocorrem dentro de um corpo receptor.

O termo "qualidade de água" não se refere, necessariamente, a um estado de pureza da água, mas às características químicas, físicas e biológicas e que, conforme essas características são estipuladas diferentes finalidades para a água. Essa informação é necessária para que se conheça a situação dos corpos hídricos com relação aos impactos antrópicos na bacia hidrográfica e é essencial para que se planeje sua ocupação e seja exercido o necessário controle dos impactos (BRAGA, et al., 2006).

O número de estações de monitoramento em operação é pouco expressivo na grande parte dos Estados, assim como as variáveis que são avaliadas em cada uma dessas estações. Geralmente são estações que estão em operação há pouco tempo, com séries pequenas de observação. Em muitos casos a periodicidade é irregular, o que torna difícil avaliar a situação da qualidade da água (BRAGA, et al., 2006).

Os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados em termos de suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água.

As variedades de poluentes lançados nos corpos d'água podem ser agrupadas em duas grandes classes: pontual e difusa, conforme observado na Tabela 2. Os resíduos domésticos e industriais constituem o grupo das fontes pontuais por se restringirem a um simples ponto de lançamento, o que facilita o sistema de coleta através de rede ou canais. Em geral, a fonte de poluição pontual pode ser reduzida ou eliminada através de tratamento apropriado para posterior lançamento em um corpo receptor. Já as fontes difusas caracterizam-se por apresentarem múltiplos pontos de descarga resultantes do escoamento em áreas urbanas e ou agrícolas e ocorrem durante os períodos de chuva, atingindo concentrações bastante elevadas

dos poluentes. A redução dessas fontes geralmente requer mudanças nas práticas de uso da terra e na melhoria de programas de educação ambiental.

**Tabela 2.** Categoria dos Maiores Poluentes por Principais Fontes

Categoria dos poluentes	Fontes pontuais		Fontes difusas	
	Esgoto doméstico	Esgoto industrial	Escoamento industrial	Escoamento urbano
Matéria orgânica	X	X	X	x
Nutrientes	X	X	X	x
Patogênicos	X	X	X	x
Sólidos suspensos	X	X	X	x
Sais		X	X	x
Metais tóxicos		X		x
Matérias orgânicos tóxicos	X	X		

Fonte: DAVIS & CORNWELL (1998), adaptado.

O material orgânico define-se como qualquer composto que pode ser oxidado no corpo receptor com consumo do oxigênio molecular. Este material é geralmente composto por matéria orgânica biodegradável, mas inclui certos compostos inorgânicos.

O nitrogênio e o fósforo, presentes nos rios e lagos, constituem dois nutrientes básicos que dão suporte à cadeia alimentar. Os problemas advindos do aumento dessas concentrações refletem na proliferação de algas, no efeito tóxico da amônia nos peixes e nos deficits de oxigênio consumido nesse processo.

A severidade da poluição é governada pela intensidade dos poluentes e pela capacidade de assimilação dos corpos d'água, que dependem das condições físicas, químicas e biológicas.

A ação antropogênica sobre o meio aquático tem se despontado como uma das maiores responsáveis por essas alterações, considerando que os rios vêm sendo, ao longo dos anos, utilizados como depositários de rejeitos. Os esgotos domésticos contribuem com elevadas cargas orgânicas, as indústrias com uma série de compostos sintéticos e metais pesados e as atividades agrícolas respondem pela presença de pesticidas e excesso de fertilizantes na água.

Os poluentes de maior representatividade incluem material orgânico, que aumenta a demanda de oxigênio nos corpos d'água; nutrientes, que provocam o excessivo crescimento de algas nos lagos, reservatórios, rios e mares; os organismos patogênicos; material em suspensão; metais pesados; material orgânico tóxico.

Segundo Braga et al. (2002), a cor é uma característica derivada da existência de substâncias em solução, na maioria de natureza orgânica. Já a turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo-lhe uma aparência turva. O sabor e o odor são associados à presença de poluentes industriais ou outras substâncias indesejáveis, como material orgânico em decomposição e algas.

As características químicas que ocorrem em função da presença de substâncias dissolvidas, geralmente mensuráveis somente por meios analíticos. Inclui-se, nos indicadores químicos, a alcalinidade que ocorre devido à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, quase sempre de metais alcalinos ou alcalinos terrosos; a dureza, que é caracterizada pela presença de sais de metais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio); ferro e manganês expresso em mg/L; iodo e flúor, os cloretos, que podem indicar mistura recente ou remota com águas residuárias, cuja unidade é mg/L; o nitrogênio, por seguir um ciclo que o conduz à mineralização total sob forma de nitritos, permite avaliar o grau e a distância de uma poluição pela quantidade e forma de apresentação dos derivados nitrogenados (mg/L).

A matéria orgânica, responsável pelo consumo, pelos microorganismos decompositores de oxigênio dissolvidos na água onde são utilizados métodos para a quantificação da matéria orgânica ou do seu potencial poluidor com a medição do consumo de oxigênio, através da demanda - Bioquímica de oxigênio – DBO, da demanda química de oxigênio – DQO e da medição do carbono orgânico, através do carbono orgânico total – COT, todos medidos com mg/L; compostos tóxicos que podem alcançar a água a partir de efluentes industriais, incluindo-se o cobre, zinco, arsênio, selênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata, cianetos, cromo hexavalente, bário (mg/L): agrotóxicos, fenóis, detergentes e radioatividades.

A presença dos coliformes está relacionada ao potencial de contaminação da água por patogênicos. Essas bactérias não são normalmente patogênicas, mas são organismos de presença obrigatória, em grande número, nos intestinos humanos, e, portanto, na matéria fecal, sendo assim, utilizadas como organismos indicadores de contaminação fecal.

Segundo Branco *et al.* (1991), as alterações da qualidade da água representam uma das maiores evidências do impacto das atividades humanas sobre a biosfera.

**Tabela 3.** Padrões de alguns parâmetros de qualidade da água para Classe 2

PARÂMETROS		Unidade	CONAMA 357/2005 Valores máximos
Odor			-
Gosto			-
pH			6,0 a 9,0
Cor verdadeira (MG Pt-Co/L)		UH	75,0
Turbidez		UT	100,0
Cloretos (Cl)		mg/L	250,0
Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )		mg/L	-
DBO (5 dias a 20°C)		mg/L	5,0
Oxigênio Dissolvido (O <sub>2</sub> )		mg/L	mínimo 5,0
Alcalinidade a Fenolftaleita (como CaCO <sub>3</sub> )		mg/L	-
Alcalinidade a Metil Orange (como CaCO <sub>3</sub> )		mg/L	-
Matéria Orgânica (O <sub>2</sub> consumido)		mg/L	-
Ferro Dissolvido (Fe)		mg/L	0,3
Fluoreto Total (F)		mg/L	1,4
Manganês Total (Mn)		mg/L	0,1
Nitrog. Amoniacal (N)	pH < 7,5		3,7
	7,5 < pH < 8,0		2,0
	8,0 < pH < 8,5	mg/L	1,0
	pH > 8,5		0,5
Nitrato (N)		mg/L	10,0
Nitrito (N)		mg/L	1,0
Dióxido de Carbono Total (CO <sub>2</sub> )		mg/L	-
Dióxido de Carbono Livre (CO <sub>2</sub> )		mg/L	-
Alumínio Dissolvido (Al)		mg/L	0,1
Cloro Residual Total (Comb. + livre)		mg/L	0,01
Sulfato Total (SO <sub>4</sub> )		mg/L	250
Resíduo Total		mg/L	-
Resíduo fixo		mg/L	-
Resíduo Volátil		mg/L	-
Sólidos Dissolvidos Totais		mg/L	500
Matéria em Suspensão		mg/L	-
Cianobactérias		Cel/ml	50.000
Coliforme Total		Nº/100ml	-
Coliforme Termotolerantes (80%-6/ano)		Nº/100ml	1000

Os efeitos prováveis decorrentes de um sistema de abastecimento de água são geralmente positivos, por constituir um serviço que assegura melhoria e bem-estar da população (Cairncross, 1989; VanDerslice & Briscoe, 1995). O benefício oferecido pelo tratamento de água, por exemplo, é indiscutível, pois transforma, após a remoção de contaminantes, água inadequada para o consumo humano em um produto que esteja em acordo com o padrão de potabilidade (SOARES et al., 2002).

Segundo Marten (2002), alguns processos ambientais contribuem para a degradação de mananciais, comprometendo a qualidade da água para fins de abastecimento doméstico decorrente de poluição causada por diferentes fontes, tais como efluentes domésticos, efluentes industriais e escoamento superficial urbano e agrícola.

Entretanto, Figueiredo et al., (2007) afirma que como consequência dos processos ambientais muitos reservatórios e lagos no mundo já perderam sua capacidade de abastecimento de populações, de manutenção da vida aquática e de recreação.

A eutrofização em reservatórios de água para abastecimento é uma consequência da contaminação por toxinas decorrente da ocupação urbana em áreas de proteção ambiental e da falta de tratamento dos esgotos. A carga chega diretamente ao reservatório, aumentando a probabilidade do enriquecimento da água por nutrientes. Com o reservatório eutrófico existe a tendência de produção de algas que consomem os nutrientes. Estas algas produzem toxinas que ficam na água. Estas toxinas, quando absorvidas pelo homem, atuam de forma cumulativa sobre o fígado, gerando doenças que podem levar à morte, principalmente no caso de diálise. As toxinas não são retiradas por tratamentos tradicionais e se acumulam no fundo dos lagos, dos quais alguns peixes também se alimentam (TUCCI, 2003).

Nascimento (2005) exemplifica, através do desencadeamento do processo de eutrofização, que está sendo observado no Parque Ambiental do Utinga, pelos fiscais do CIPOMA, que está aumentando o valor quantitativo de macrófitas aquáticas. Estas plantas estão acima da coluna d'água e de folhas flutuantes, impossibilitando a penetração da luz.

A eutrofização das águas significa seu enriquecimento por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, levando ao crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, com consequente desequilíbrio do ecossistema aquático e progressiva degeneração da qualidade da água dos corpos lênticos (FIGUEIRÊDO et al., 2007).

A maioria dos reservatórios e lagos brasileiro apresentam crescente eutrofização por receber frequentemente descargas de despejos domésticos e rejeitos industriais, especialmente aqueles situados próximos aos grandes centros urbanos. Este fenômeno reduz as possibilidades dos usos múltiplos nos reservatórios e causa um considerável aumento no custo do tratamento de água para fins de abastecimento público (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 1992).

As regiões metropolitanas deixaram de crescer no seu núcleo, mas se expandem na periferia, justamente onde se encontram os mananciais, agravando este problema. A rede de pluviais, além de transportar o esgoto que não é coletado e tratado, também exporta carga orgânica, tóxica e metais, ou seja, a contaminação do escoamento pluvial (TUCCI, 2000).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da Área de Estudo

A cidade de Belém situa-se na foz do Amazonas entre as coordenadas 1° 27' 21'' S e 48° 30' 15'' W, em média com altitude de 4 m do nível do mar e possui uma área de 2.161.191 Km<sup>2</sup> e 2,1 milhões de habitantes com clima tropical em média 26°C ao ano e total pluviométrico, varia de 2.225 a 3.300 mm/ano (SECTAM, 2005).

A cidade de Belém limita-se ao norte com a baía de Marajó, a leste com os municípios de Marituba e Ananindeua, a oeste e ao sul com o rio Guamá (PARÁ, 1995). Na parte sul da cidade de Belém encontra-se o rio Guamá, que desemboca na baía do Guajará. Na baía também desemboca o rio Acará (RAMOS, 2004).

A cobertura vegetal da cidade é formada por florestas secundárias de terra firme e matas de várzea nas áreas mais baixas. O relevo é baixo com uma altitude que varia de 4 metros a 57 metros (COHAB, 1997).

O Parque Ambiental do Utinga tem área de 1.340 ha, localizado dentro da APA na região metropolitana de Belém no estado do Pará, o maior da Amazônia e um dos três maiores do Brasil, localizada entre as coordenadas geográficas 1° 22' S e 48° 20' W (PARÁ, 2005). O Lago Bolonha, possui uma área de 1,8 Km<sup>2</sup> formado com o igarapé do Utinga e o lago Água Preta, com uma área de aproximadamente 7,2 Km<sup>2</sup> que nasce no município de Ananindeua, percorre grande extensão de área habitada desse município, atinge o município de Belém, forma o lago Água Preta e desemboca no rio Guamá. Ambos são abastecidos com água bruta do rio Guamá (PARÁ, 1995; TEIXEIRA, 2003).

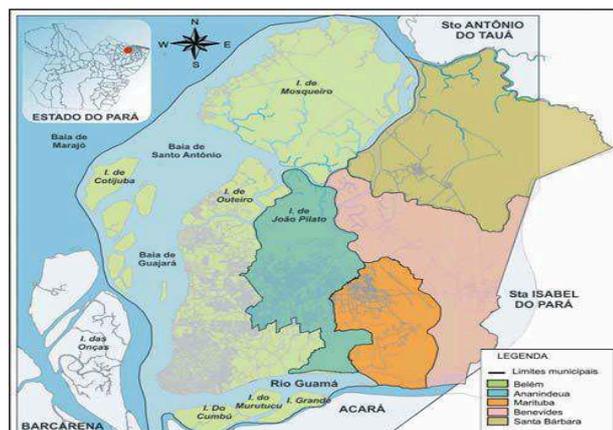


Figura 4. Região Metropolitana de Belém

Fonte: Companhia de Habitação do Pará, 2003.

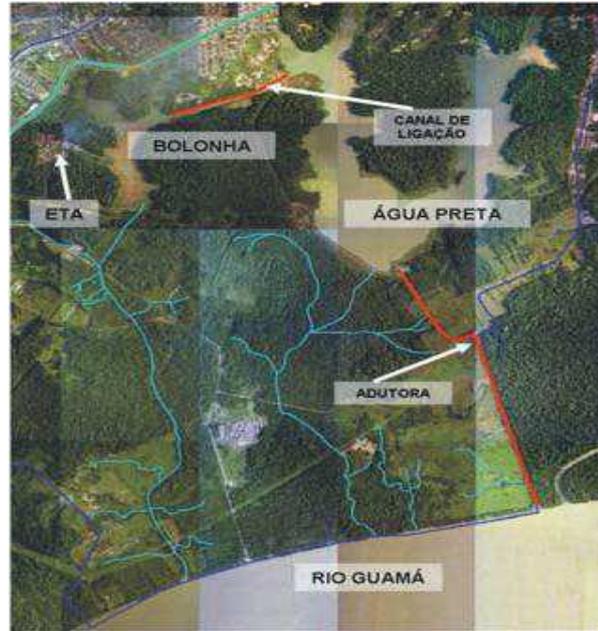


Figura 5. Lagos Bolonha e Água Preta

Fonte: Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém, 1998

#### 4.2 Caracterização dos Dados das Amostras

A avaliação foi realizada por meio da análise e interpretação do monitoramento realizado pela companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) – Unidade Executiva de Controle de Qualidade (UECQ). No período de Janeiro de 2007 a Setembro de 2009. As coletas foram realizadas em três pontos, o primeiro ponto fica as margens do rio Guamá na estação de captação, o segundo e o terceiro pontos das amostras são retirados do meio dos Lagos Água Preta e Bolonha.

Ponto de coleta 1- está situado na estação de captação, as margens do rio Guamá, localizada pelas coordenadas 1°27'15'' S e 4°24'08'' W (Figura 6).



Figura 6. Ponto de coleta 1, rio Guamá

Ponto de coleta 2 – está situado no lago Água Preta, a amostra foi retirada na parte central, à esquerda do lago, localizada pelas coordenadas  $1^{\circ}25'07.06''\text{S}$  e  $48^{\circ}24'32.83''\text{O}$  (Figura 7).

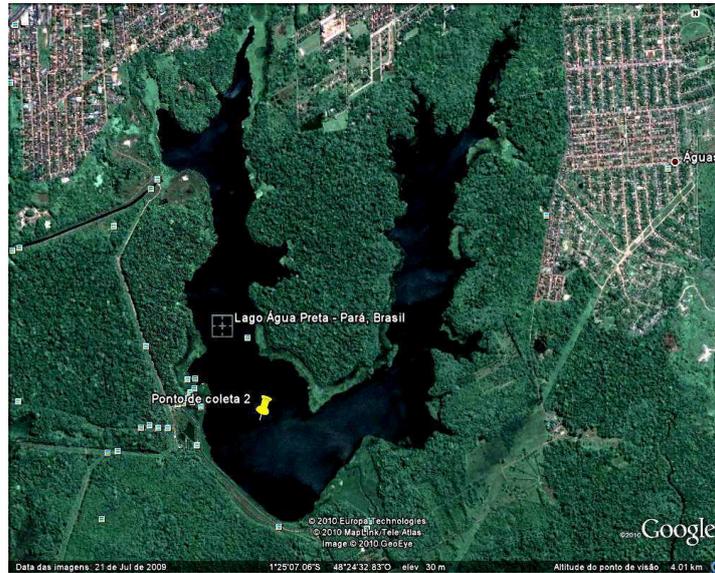


Figura 7. Ponto de coleta 2 na porção inferior esquerda do lado Água Preta

Ponto de coleta 3 - está situado no lago Bolonha, na parte central, localizado pelas coordenadas  $1^{\circ}25'12.78''\text{S}$  e  $48^{\circ}25'58.92''\text{O}$  (Figura 8).



Figura 8. Ponto de coleta 3, no centro do lago Bolonha

No laboratório UECQ foram realizadas as análises dos seguintes parâmetros físico-químicos: pH, cor, turbidez, cloreto, alcalinidade, amônio, material orgânico, coliforme total, dureza total, nitratos e nitritos.

A coleta de água na entrada da ETA Bolonha é realizada de 2 em 2 horas para análises de cor, turbidez, pH, cloro residual e flúor, chamada de análise de rotina. Semanalmente é

realizada o tratamento da alcalinidade, dureza, matéria orgânica e cloretos. E trimestralmente é realizada a contagem de coliforme e a série nitrogenada.

A metodologia analítica empregada para a análise físico-químico dos parâmetros estudados foi a do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1999).

**Tabela 4.** Parâmetros determinados, princípios do método e referência.

VARIÁVEL	METODOLOGIA
pH	Potenciométrico
COR APARENTE	Espectofotométrico
TURBIDEZ	Nefelométrico
CLORETO	Titulometria argentometria
DUREZA	Titulometria com EDTA
ALCALINIDADE	Titulação potenciométrica
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	Titulométrico
N-AMONÍACAL	Espectrofotométrico do fenol
NITRATOS	Fenoldissulfônico
NITRITOS	Colorimétrico da Alfaftilamina.
COLIFORME TOTAL	Substrato cromogênico

As análises da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e temperatura não estão sendo realizadas pela ausência do aparelho para análises.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e biológicos analisados foram discutidos comparados com os valores verificados no período de janeiro de 2007 a setembro de 2009.

Para auxiliar as discussões apresentamos a Figura 9, com os valores da precipitação na região metropolitana de Belém, no período analisado.

### Precipitação na região metropolitana de Belém (RBM)

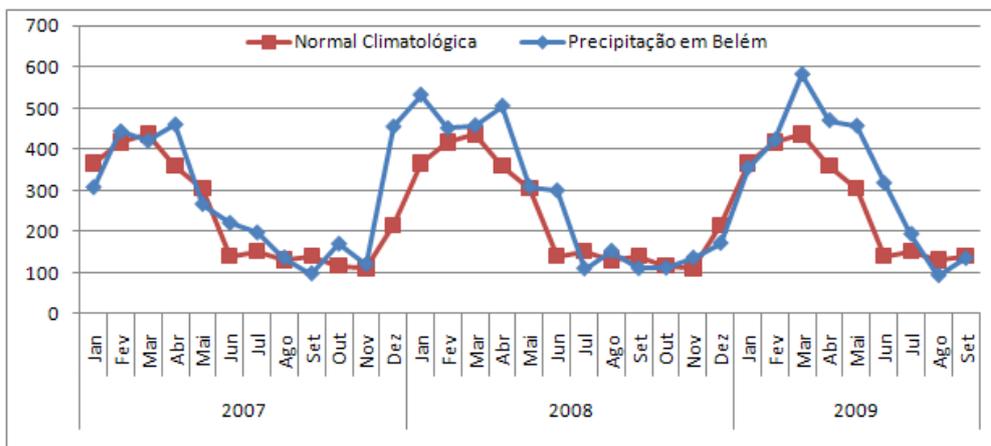


Figura 9. Perfil precipitação ( mm) na Região Metropolitana de Belém

Fonte: INMET

A média mensal da precipitação na região metropolitana de Belém varia entre 111,8 mm a mínima no mês de novembro e 436,2 mm a máxima no mês de março. A média por ano é de 2893,1 mm.

Na Figura 9 observa-se que os valores do volume da precipitação média na cidade de Belém são maiores nos meses de janeiro, fevereiro março e abril. E no período estudado os valores ficaram acima da média nos respectivos meses.

### 5.1 pH

pH, termo usado para expressar a intensidade da condição ácida (H<sup>+</sup>) ou alcalina OH<sup>-</sup> de uma solução, em termos de concentração de íons de hidrogênio H<sup>+</sup> é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons de hidrogênio.

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

De acordo com Esteves (1988), o pH pode ser considerado uma das variáveis ambientais mais importantes e complexas de se interpretar, devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Em geral, nas águas naturais o pH é alterado pelas concentrações de íons  $H^+$  originados da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH e das reações de íons de carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina.

O pH da grande maioria dos corpos d'água varia entre 6 e 8. Ecossistemas que apresentam valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone. Nesses ecossistemas, são encontradas altas concentrações de ácido sulfúrico, nítrico, oxálico, acético, além de ácido carbônico, formado, principalmente, pela atividade metabólica dos microorganismos aquáticos. A resolução CONAMA 20 define para um rio classe II um pH variando de 6 a 9.

No período estudado a variação mínima do pH foi de 6.26 em maio de 2009 e a máximo de 7.9 em janeiro de 2008. Os valores de pH apresentam uma pequena variação, observando a distribuição da média por ano de monitoramento, a menor média foi de 6,42 indica o ano de 2009 e a maior, 6,66 no ano de 2008 (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores médios, máximo e mínimos e Desvio Padrão (DP) de pH na água superficial bruta da ETA Bolonha.

Ano do Monitoramento	Média mensal	DP	Máximo	Mínimo
2007	6,51	0,18	6,9	6,36
2008	6,66	0,27	7,09	6,37
2009	6,42	0,18	6,62	6,26

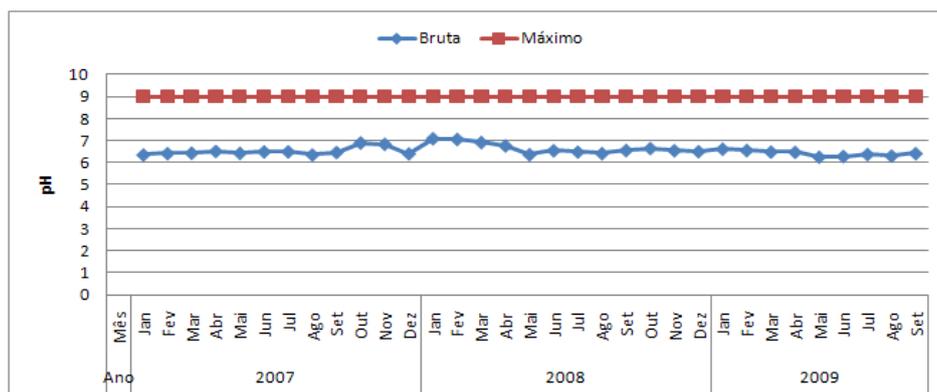


Figura 10. Perfil do pH

As oscilações do pH estão dentro do intervalo permitido pela Conama 357/05, que recomenda para mananciais valores de pH em torno de 6,0 a 9,0. O máximo de 7,09 indica um pH da água levemente ácido.

O pH é importante principalmente nas etapas de coagulação, filtração, desinfecção e controle de corrosão.

Considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, o pH é ao mesmo tempo uma das mais difíceis de interpretar, o que se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo (ESTEVES, 1988). Sendo assim, em termos de águas residuárias pH fora da neutralidade tendem a afetar as taxas de crescimento dos microorganismos e, valores elevados podem estar associados à proliferação de algas em corpos d'água.

## 5.2 Turbidez

De acordo com a Tabela 6 o valor máximo de turbidez registrado foi de 25,51 UNT em janeiro de 2009 e o mínimo de 3,36 UNT em agosto de 2008. A distribuição da média de turbidez durante o período estudado mostrou a menor média - 6,29 - no ano de 2007 e a maior - 9,44 - no ano de 2009.

**Tabela 6.** Valores médios, Máximo e Mínimo e Desvio Padrão (DP) de unidade de turbidez (UNT) na água bruta superficial da ETA Bolonha.

Ano do Monitoramento	Média mensal	DP	Máximo	Mínimo
2007	6,29	1,58	8,92	3,73
2008	8,52	4,82	19,30	3,36
2009	9,44	7,78	25,51	4,37

Na Conama 357/05 dita que o limite máximo permitido para o valor da turbidez de 5 UNT. Em 2008 em 2009 os valores para turbidez variaram muito acima desse limite, através da Figura 10 pode-se perceber melhor essa elevação de valores.

## 5.3 Cor

O valor máximo de cor registrado foi de 111,63 uH em janeiro de 2009 e o mínimo de 32,50 uH em Janeiro de 2007. A distribuição da média da cor durante o período estudado

mostrou a menor média - 53,89 - no ano de 2007 e a maior - 81,71 - no ano de 2009 (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores médios, Máximo e Mínimo e Desvio Padrão (DP) da cor na água bruta superficial da ETA Bolonha.

Ano do Monitoramento	Média mensal	DP	Máximo	Mínimo
2007	53,89	13,58	80,41	32,50
2008	74,12	16,22	96,06	47,82
2009	81,71	18,93	111,63	50,04

O parâmetro cor foi influenciado diretamente pelas elevações da variável turbidez, pode-se verificar tanto nas Tabelas 6 e 7 quanto na Figura 10 essa correspondência nos anos 2008/2009.

Os compostos dissolvidos são responsáveis pela cor verdadeira da água e o material em suspensão pela cor aparente (ESTEVEES, 1988).

Segundo o Conama 357/05 o máximo permitido para cor é de 75 UH, porém os valores máximos observados no período de estudo estão acima do limite permitido, no período das maiores precipitações na região metropolitana de Belém.

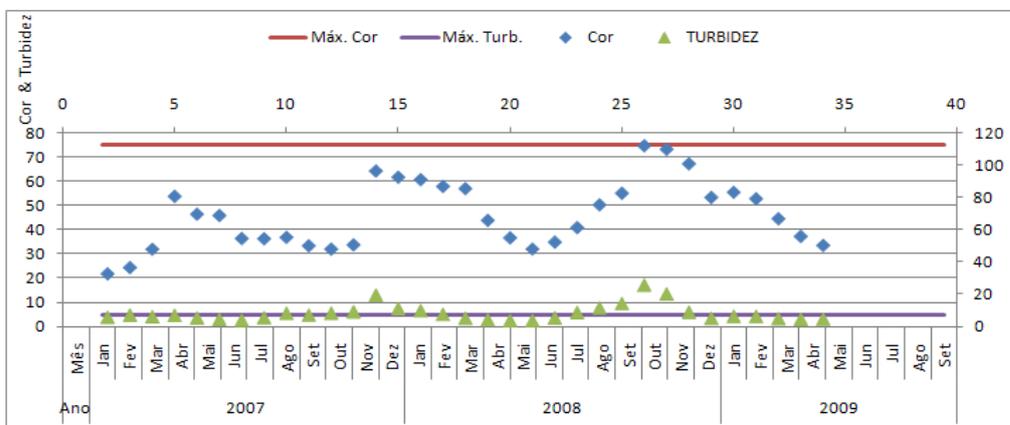


Figura 11. Perfil da Cor e Turbidez

A Figura 11 registra a evolução da cor e turbidez com base na média por ano de amostragem nos pontos de coletas. Como as elevações desses valores estão relacionadas com o período de maior precipitação na cidade de Belém e é devido à maior produção de lixos, esgotos e quantidades de poluição que é lançado no corpo d'água ou levados pelas chuvas,

que as água do manancial do Utinga vêm sofrendo alterações na qualidade de suas águas. A cor combinada com o ferro, a matéria orgânica pode produzir cor de elevada intensidade.

No entanto, a cidade de Belém passou por um período longo de estiagem no ano de 2008, com isso a vazão do rio Guamá reduziu o nível de água dos Lagos Água Preta e Bolonha consideravelmente. Por conseguinte, ocorreu o acúmulo de quantidades de lixos e sedimentos no fundo dos lagos, comprometendo também o poder de diluição dos poluentes na água.

E também pela influência do período pós estiagem, o rio Guamá arrastou os sedimentos encontrados no fundo do rio juntamente com os barrancos e sedimentos levados pela força das águas, encontrados ao longo do seu percurso até o manancial. . A presença de partículas insolúveis do solo, matéria orgânica, microorganismos e outros materiais diversos provocaram a dispersão e a absorção da luz, dando à água uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa.

Porém, ainda é possível notar na Figura 11 que os valores relacionados à cor e turbidez estão aumentando a cada novo ano. E daí, existe a preocupação em relação à sustentabilidade do manancial e à permanência no enquadramento Classe 2 de águas para abastecimento. É bem possível que, continuando os valores da cor/turbidez aumentando nessa proporção, daqui a um tempo as águas do manancial do Utinga se tornem inadequadas para o consumo da população belenense.

Santos et al. (2005), verificaram valores de turbidez no Lago Água Preta, entre 4,01 UNT e 88,00 UNT, sendo o maior valor observado em uma coleta realizada próxima ao rio Guamá. Sodré (2007) encontrou valores de turbidez nos lagos Bolonha e Água Preta variando entre 4 UNT e 59 UNT. Estes autores relacionam este máximo valor como consequência da influência direta das águas do rio Guamá.

#### **5.4 Oxigênio Dissolvido**

O oxigênio dissolvido   indispensável   sobrevivência dos organismos aeróbios. A  gua, em condi es normais cont m oxigênio dissolvido cujo teor de satura o, pela lei de Henry, depende da pressão parcial de vapor do gás e da temperatura. Assim,  guas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam presença de sólidos; pois a decomposi o da matéria orgânica pelas bactérias aeróbias é acompanhada pelo consumo do oxigênio

dissolvido da água e; dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores baixos, ou mesmo zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios.

O valor máximo de oxigênio dissolvido registrado foi de 9,0 mg/L O<sub>2</sub> em fevereiro de 2008, na água bruta do Rio Guáma e o mínimo de 1,0 mg/L O<sub>2</sub> em dezembro no rio Guáma em Agosto e dezembro no Lago Água Preta e em Agosto no Lago Bolonha. A distribuição da média do oxigênio dissolvido durante o período estudado mostrou a menor média - 1,49 mg/L - no ano de 2009, no Lago Bolonha e a maior - 4,51 mg/L - no ano de 2008 no Rio Guamá (Tabela 8).

**Tabela 8.** Valores médios, Máximo e Mínimo e Desvio Padrão (DP) de oxigênio dissolvido da água bruta superficial da ETA Bolonha e Rio Guáma.

Ano do monitoramento	Valores	Rio Guáma	L. Água Preta	L. Bolonha
2007	Média	4,47	3,65	2,98
	DP	2,45	1,44	1,30
	Máximo	8,4	6,0	5,4
	Mínimo	1,2	1,2	1,8
	Média	4,9	4,45	4,51
2008	DP	2,92	2,50	2,36
	Máximo	9,0	8,2	9,2
	Mínimo	1,0	1,6	1,2
	Média	2,86	2,34	1,49
	DP	1,36	1,13	0,47
2009	Máximo	4,8	4,0	2,2
	Mínimo	1,0	1,0	1,0

Na Tabela 8 observa-se que no ano de 2008 foram registrados os mais elevados valores para oxigênio dissolvido encontrados nos lagos Água Preta e Bolonha, próximos aos valores permitidos para ETAs, estabelecido no Art.15, V, da Resolução Conama 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento no território nacional.

É verificado também que a maior média de oxigênio dissolvido se encontra nas águas do rio Guamá, porém em fevereiro, março e agosto de 2008, os valores do lago Bolonha superaram os encontrados no lago Água Preta e Rio Guamá, como mostra a Figura 12, no mesmo período. Sabendo que a água do lago Bolonha é a mistura das águas do rio Guamá e

Lago Água Preta, se nesse período a alteração é maior, poderão as águas do lago Bolonha estar sendo influenciadas pela ação direta da população que vive no entorno do manancial, especificamente aqueles situados nas proximidades do respectivo lago. Segundo Di Bernardo (2002), a poluição do meio aquático pode causar alterações nas características físicas (turbidez, cor, número e tamanho de partículas, temperatura, condutividade, viscosidade, tensão superficial etc), químicas (DBO, DQO, pH, toxicidade etc) ou biológicas (espécies de fitoplâncton e do zooplâncton).

A população no entorno do Manancial do Utinga tem crescido e violado o cinturão de isolamento (muro) do manancial. Parte do esgoto dessa população passa por debaixo do muro e contamina o lago Bolonha, que se encontra em estado de eutrofização.

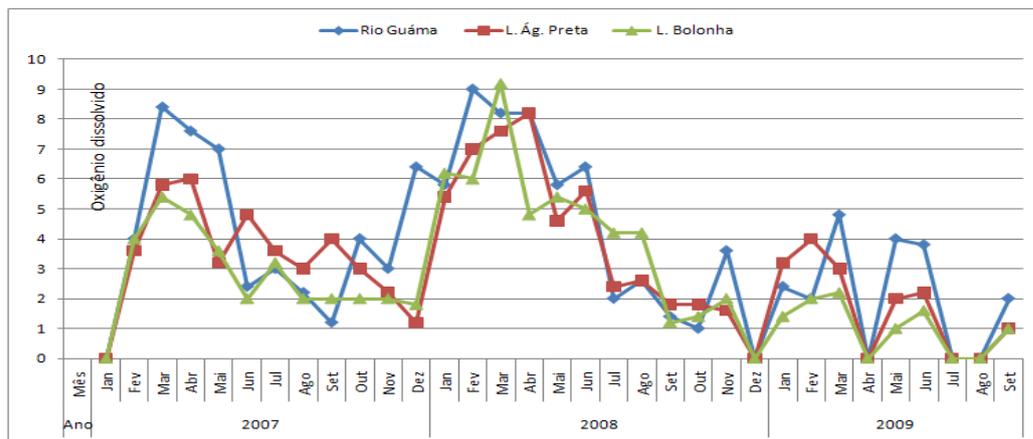


Figura 12. Perfil do oxigênio dissolvido

Observa-se na Figura 12 que a maior incidência de quantidades de oxigênio dissolvido no manancial do Utinga ocorre nos meses de maior precipitação janeiro a março (Figura 9). Esse parâmetro de oxigênio dissolvido acaba sendo o maior indicador da poluição gerada pela atividade antrópica, e resulta do lançamento de águas residuárias sanitárias, que gera constituintes orgânicos e contribui para a diminuição do oxigênio na água.

Na Tabela 8 é verificada que a maior média de oxigênio dissolvido se encontra nas águas do rio Guamá, porém em fevereiro, março e agosto de 2008, os valores do lago Bolonha superaram os encontrados no lago Água Preta e Rio Guamá (Figura 12), no mesmo período. Sabendo que a água do lago Bolonha é a mistura das águas do rio Guamá e Lago Água Preta, se nesse período a alteração é maior, poderão as águas do lago Bolonha estar sendo influenciadas pela ação direta da população que vive no entorno do manancial, especificamente aqueles situados nas proximidades do respectivo lago. Segundo Di Bernardo (2002), a poluição do meio aquático pode causar alterações nas características físicas

(turbidez, cor, número e tamanho de partículas, temperatura, condutividade, viscosidade, tensão superficial etc), químicas (DBO, DQO, pH, toxicidade etc) ou biológicas (espécies de fitoplâncton e do zooplâncton).

### 5.5 Coliforme Total

O valor máximo do coliforme total registrado foi de  $92,7 \times 10^3$  NMP, em julho, na água do rio Guáma, e no lago Água Preta, em abril de 2008. O mínimo foi de  $0,346 \times 10^3$  NMP, em outubro de 2008, no lago Água Preta. A distribuição da média durante o período estudado mostrou a menor média,  $8 \times 10^3$  NMP, no ano 2007, no Lago Bolonha. E a maior,  $35,3 \times 10^3$  NMP, no ano 2008, no Rio Guáma (Tabela 9).

**Tabela 9.** Valores médios, Máximo e Mínimo e Desvio Padrão (DP) do Coliforme Total da água bruta superficial da ETA Bolonha e Rio Guamá.

Ano do monitoramento	Valores ( $10^3$ )	Rio Guáma	L. Água Preta	L. Bolonha
2007	Média	17,90	12,17	8,02
	DP	16,46	18,21	16,71
	Máximo	54,00	35,00	54,00
	Mínimo	2,60	0,40	1,00
2008	Média	35,31	28,50	16,83
	DP	37,25	37,35	16,46
	Máximo	92,70	92,00	54,00
	Mínimo	3,30	0,34	3,10
2009	Média	27,48	8,68	9,61
	DP	21,56	5,25	17,83
	Máximo	54,00	38,00	48,84
	Mínimo	3,41	1,01	5,24

Os valores do DP apresentados na Tabela 9 acima da média são devidos a disparidade dos valores em cada amostra/mês. Verifique o valor mínimo e o máximo de coliforme total

em cada ano, logo o DP tende a convergir para o maior valor, pode-se observa está situação no ano de 2007 no lago Bolonha e Água Preta e em 2008 no rio Guamá e lago Água Preta. Também a falta de regularidade nos monitoramentos do manancial influência para que os valores da DP estejam acima da média. Em 2008 e 2009 foram realizadas monitoramento em apenas 10 e 7 meses respectivamente.

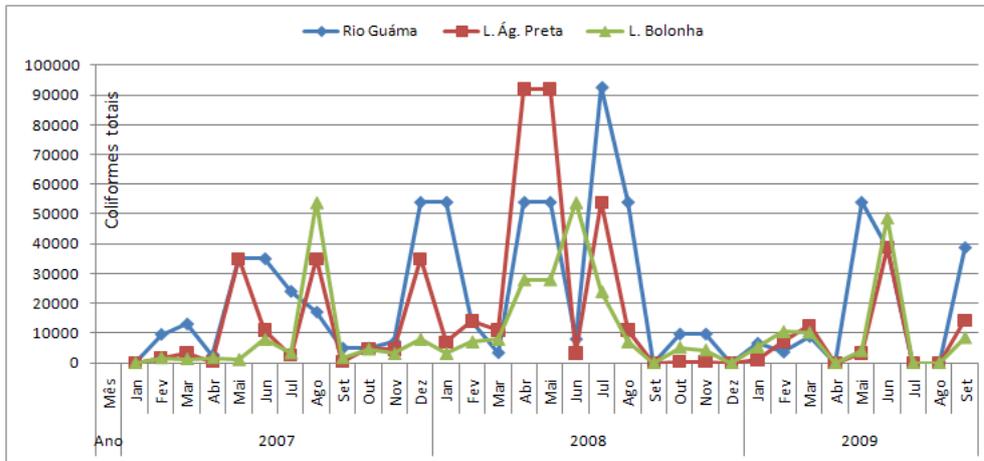


Figura 13. Perfil coliforme total MNP/100 ml

É possível observar que a evolução dos valores de coliforme total está semelhante à evolução dos valores de oxigênio dissolvido, pois águas de superfície, relativamente límpidas, apresentam-se saturadas de oxigênio dissolvido, porém este pode ser rapidamente consumido pela demanda de oxigênio dos esgotos domésticos. A maior média de coliforme está presente nas águas do rio Guamá, como mostra a Tabela 9 e se verifica na Figura 13. As quantidades presentes nas águas do rio Guamá e lago Água Preta em abril, maio, julho e agosto de 2008 são basicamente as mesmas.

Segundo a Resolução Conama 357/05 o valor máximo de coliformes totais é de 5.000 e coliformes termotolerantes para águas de mananciais é de 1000 por N°/100 mL.

Em agosto de 2007, a quantidade de coliforme total verificado no lago Bolonha superou os valores encontrados no lago Água Preta e no rio Guamá. Já nos meses seguinte as alterações para mais correspondem às águas do lago Água Preta e rio Guamá. Ou seja, mais uma vez pode-se verificar a influência de outros focos de contaminação na água do lago Bolonha.

Mediante a época das chuvas e do fluxo de marés, ocorre a oscilação dos níveis de poluentes na água. Em Belém, no período de maior precipitação, o índice de poluição aumenta nos reservatórios.

Também o volume de poluição tende a ser maior por parte da ação antrópica dos moradores da região metropolitana de Belém. O esgoto produzido na cidade é lançado na baía do Guajará e rio Guamá, que ainda sem tratamento é levado pelo rio Guamá para o manancial do Utinga.

Em 2002, Matta analisou as águas do rio Guamá e verificou, próximo à cidade de Belém, o índice de coliforme total entre 4300 e 9300 NMP e coliforme termotolerante entre 430 e 750 NMP. Considerando o autor que essas substâncias influenciam nos lagos Bolonha e Água Preta, justamente por causa das águas do rio Guamá, abastecê-los através de uma adutora.

A cidade de Belém possui uma ETE, que fica localizado no bairro da Marambaia e que em projeto vai atender a população que reside próximo ao manancial, ou seja, Lago Bolonha. Porém por questões burocráticas a ETE ainda não se encontra em funcionamento, somente a nível experimental.

## 5.6 Dureza Total

O valor máximo da dureza total registrada foi de 40 mg/L  $\text{CaCO}_3$  em novembro de 2007 na água bruta do Rio Guamá e o mínimo de 4,0 mg/L  $\text{CaCO}_3$  em junho de 2009 no Rio Guamá. A distribuição da média da dureza total durante o período estudado mostrou a menor média, 10 mg/L no ano de 2009 no Rio Guamá e a maior, 20,91 no ano de 2007 no Lago Bolonha (Tabela 11 e Figura 14).

**Tabela 10.** Valores médios, Máximo e Mínimo e Desvio Padrão (DP) da Dureza Total da água bruta superficial da ETA Bolonha e Rio Guamá.

A dureza é caracterizada pela presença de sais de metais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio); ferro e manganês, ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade, em teores elevados; causa sabor desagradável e efeitos laxantes. Os valores registrados são menores que 50 mg/L, logo a água é classificada como, água mole.

Ano do monitoramento	Valores	Rio Guáma	L. Água Preta	L. Bolonha
2007	Média	18,18	18	20,91
	DP	9,57	5,66	8,12
	Máximo	40	30	36
	Mínimo	6	10	8
2008	Média	14	13,4	14,2
	DP	3,83	3,04	3,05
	Máximo	20	18	20
	Mínimo	10	10	10
2009	Média	10	10,57	12
	DP	3,46	2,76	2,83
	Máximo	14	16	14
	Mínimo	4	8	8

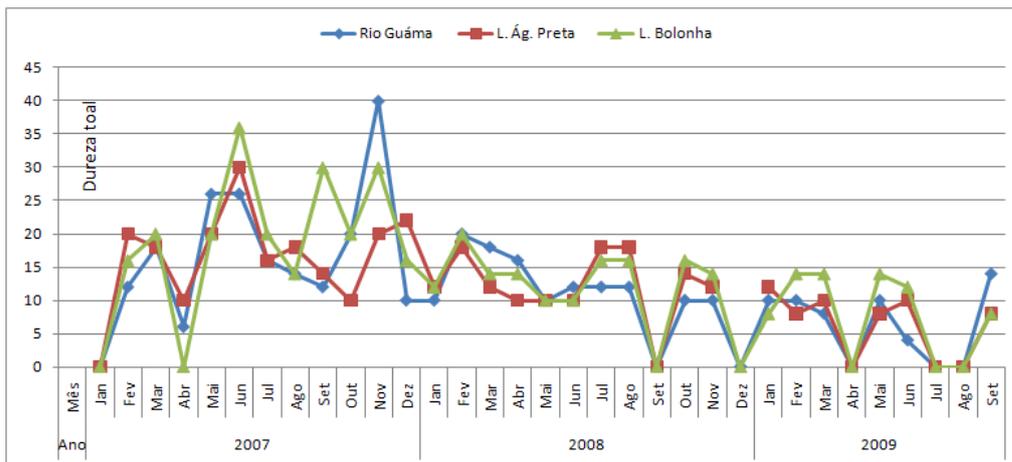


Figura 14. Perfil dureza total (MG/L CaCO<sub>3</sub>)

A precipitação química elimina uma parte da dureza e minerais dissolvidos (Fe e Mn).

## 5.7 Nitratos

O nitrato é a principal forma de nitrogênio configurado encontrado nas águas e é produzido no sistema aquático pelo processo de nitrificação partir da matéria orgânica nitrogenada.

O valor máximo dos nitratos registrada foi de 0,35 mg/l N em outubro e novembro de 2007 na água bruta do Lago Bolonha e o mínimo de 0,05 mg/l N em janeiro no rio Guáma e Lago Água Preta. A distribuição da média dos nitratos no período mostrou a menor média, 0,13 mg/l N no ano de 2009 no Lago Bolonha e a maior, 0,21 mg/l N no ano de 2008 no Rio Guáma (Tabela 11).

**Tabela 11.** Valores médios, Máximo e Mínimo e Desvio Padrão (DP) dos nitratos da água bruta superficial da ETA Bolonha e Rio Guamá.

Ano do monitoramento	Valores	Rio Guáma	L. Água Preta	L. Bolonha
2007	Média	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,19</b>
	DP	0,10	0,06	0,09
	Máximo	0,25	0,28	0,35
	Mínimo	0,06	0,07	0,1
	Média	0,21	0,16	0,22
2008	DP	0,15	0,06	0,09
	Máximo	0,6	0,25	0,4
	Mínimo	0,1	0,06	0,08
	Média	0,19	0,18	0,13
2009	DP	0,16	0,15	0,04
	Máximo	0,5	0,5	0,2
	Mínimo	0,05	0,05	0,1

Segundo a Resolução Conama 357/05 o valor máximo para águas de mananciais é de 10 mg/L, porém os valores encontrados nas águas do manancial do Utinga estão abaixo do valor máximo verificando na Tabela 11.

Segundo trabalhos realizados de 1980 a 1982, por Braz (1985), os teores de nitrato oscilaram de 0,01 mg/l a 0,04 mg/l no lago Bolonha. No lago Água Preta foi encontrado por Aguiar (2004) um valor mais elevado em comparação ao Bolonha, de - 0,08 mg/L no ano de 2003 e de 2004.

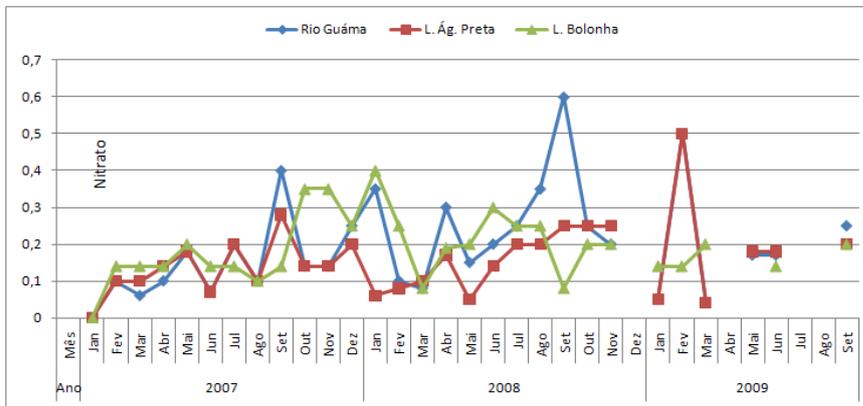


Figura 15. Perfil Nitrato (mg/L N).

Todos os valores verificados na Figura 15 estão abaixo do valor máximo permitido pela Conama 357/05. Em dezembro/08 e abril, julho, agosto, setembro/09 não foi realizado o monitoramento das águas do manancial do Utinga.

Entretanto, Cardoso et al. (2009) identificaram o surgimento de macrófitas no Lago Água Preta no ano de 2006, como mostra a Figura 3. Esteves (2006) atribui a proliferação das macrófitas à ambientes com altas concentrações de nutrientes como Fósforo e Nitrato.

O nitrogênio quando descarregados nas águas naturais, conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos sanitários, provocam enriquecimento do meio, e a proliferação especialmente das algas.

Segundo a resolução Conama 357/05, cianobactérias são microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde.

É possível verificar principalmente no Lago Bolonha (Figura 16) a proliferação das macrófitas cobrindo aproximadamente 85% da área do lago.

A responsabilidade em relação ao manancial do Utinga é dividida entre as instituições: COSANPA, SEMA e IBAMA. No entanto a COSANPA em 2009 realizou uma limpeza para retirada das macrófitas do lago, porém não concluiu devido à insuficiência de verbas e por

haver uma indefinição com relação a quem de fato é a responsabilidade da manutenção dos lagos Bolonha e Água Preta. A equipe responsável fez a contenção do material no próprio lago Bolonha, no entanto, a força da vegetação rompeu e as macrófitas cobriram a região do lago.



Figura 16. Eutrofização do Lago Bolonha.  
Fonte: Google Earth, 2010

Por outro lado com a falta de coleta de lixo os moradores do entorno do Lago continuam jogando lixo por cima do muro de isolamento ou queimando-o.

Tundisi & Matsumura-Tundisi (1992), Nascimento (2005), Figueiredo et al. (2007), atribuem a causa da formação de macrófitas em lagos brasileiros à despejos de descargas domésticas e/ou industriais.



Figura 17. Lixo lançado pela população e esgotos que correm dentro da APA do Utinga  
Foto: feita por Vanilda Vasconcelos em 2010.

A Figura 17 mostra a ausência de coleta de lixo da população que vive no entorno do parque ambiental, onde se encontra os reservatórios de água que abastecem a cidade de Belém. Dentro do parque é possível encontrar boca de esgoto de origem longínquo e esgotos que correm direto para o Lago Bolonha dos moradores das proximidades do parque.

## 5.8 N- Amoniacal

Segundo a resolução do Conama 357/05 o valor limite do nitrogênio amoniacal varia conforme o valor do pH. As água do manancial do Utinga apresentam  $\text{pH} < 7,5$ . Na Figura 18 verifica-se que os valores não ultrapassam o valor limite permitidos. Mota (1995) salienta que nitrogênio orgânico e amônia estão associados a efluentes e águas recém poluídas. Com o passar do tempo, o nitrogênio orgânico é convertido em nitrogênio amoniacal e, posteriormente, se condições aeróbias estão presentes, a oxidação da amônia acontece transformando-se em nitrito e nitrato. Conforme ressalta Sperling (1996), em um corpo d'água, a determinação da parcela predominante de nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição.

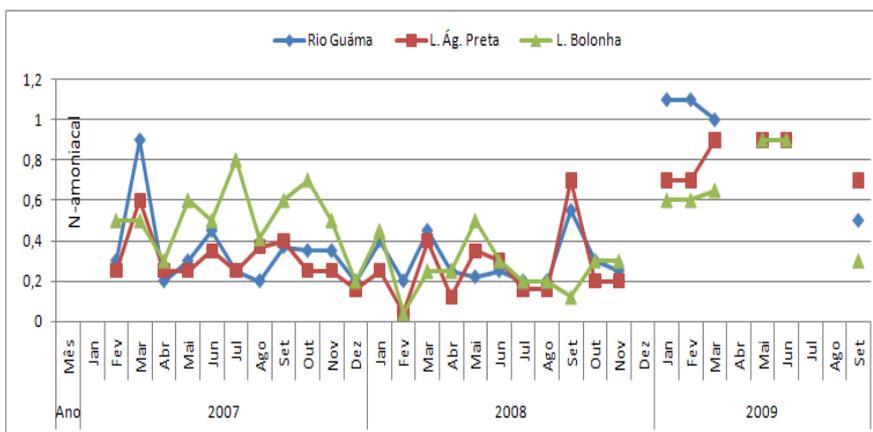


Figura 18. Perfil N-amoniacoal (mg/L)

## 5.9 Cloretos

O teor de cloretos é um indicador de poluição por esgotos domésticos nas águas, porém os valores registrados estão dentro dos limites exigidos pela resolução Conama 357/05512 que é de 250 mg/L . O menor valor foi de 6 mg/L e o maior valor foi de 72 mg/L.

No entanto nos meses de outubro e novembro de 2007 e 2008, os valores fogem a normalidade em relação aos outros meses do ano e se há variação da quantidade de cloreto nas águas do manancial do Utinga subtende-se a provável existência de poluição (Figura 19).

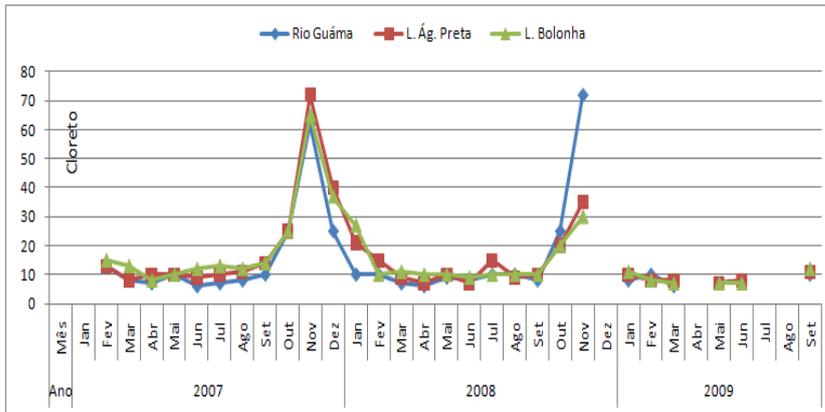


Figura 19. Perfil cloreto (mg/L)

### 5.10 Alcalinidade

Em janeiro/2007, dezembro/2008 e abril, agosto, setembro/2009 não foi realizado o monitoramento. Isso implica na avaliação da qualidade das águas do manancial do Utinga.

A alcalinidade das águas ocorre na presença de bicarbonatos produzidos pela ação do gás carbônico dissolvido na água sobre rochas calcárias. A alcalinidade não tem significado sanitário, a menos que seja devido a hidróxidos ou que contribua na qualidade de sólidos totais (Figura 20).

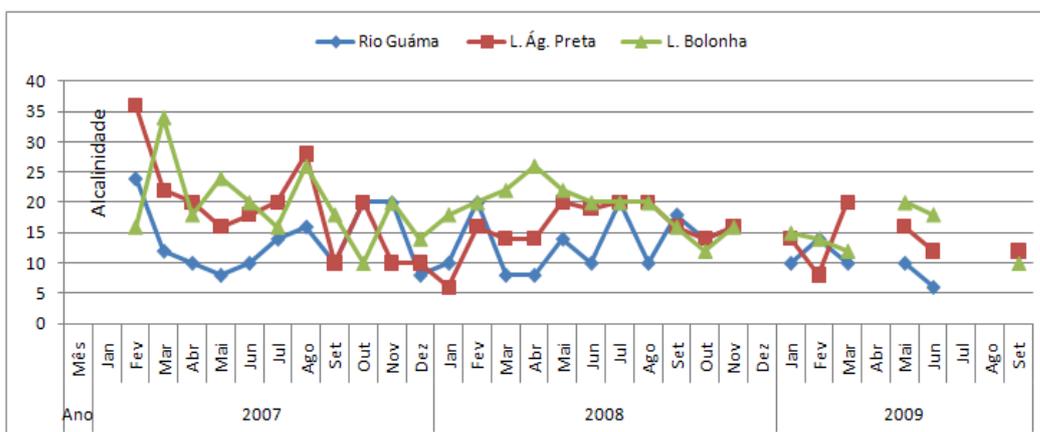


Figura 20. Perfil alcalinidade do metil Orange (mg/L)

Entretanto os bicarbonatos de Ca e Mg também causam dureza temporária, além de liberar o CO<sub>2</sub>, quando submetidos ao calor nas caldeiras, essa substância dissolvido na água é altamente corrosiva. Para fins potáveis a alcalinidade não deve exceder a 250 mg/l.

Vale ressaltar que a ETA Bolonha funcionava até março de 2010 com uma sobrecarga de aproximadamente 1 m<sup>3</sup>/s e esse fato contribuía para a ineficiência do tratamento da água no local. No entanto, na primeira quinzena de março de 2010 foi inaugurada a nova estação com capacidade igual a da primeira, 3,36 m<sup>3</sup>/s, ou seja, houve a duplicação da capacidade de produção de tratamento. A sobrecarga foi repassada para nova estação que no momento opera apenas com 60% de sua capacidade.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à sazonalidade na região da grande Belém, a precipitação ocorre em maior volume nos meses de janeiro a maio. Os valores do pH variaram entre 6,26 e 7,09. Os valores da variável cor aparente foram influenciados diretamente pelas elevações da turbidez, que estão associadas à maior produção de lixos, esgotos e quantidades de poluição que são lançadas no corpo d'água ou levadas pelas chuvas até os lagos. A cidade de Belém passou por um período longo de estiagem no ano de 2008, com isso a vazão do rio Guamá reduziu o nível de água dos Lagos Água Preta e Bolonha consideravelmente. Também o estudo mostrou que a cada ano que passar os valores das variáveis cor e turbidez estão aumentando nos meses de maior precipitação. Esse fato remete à preocupação em relação à sustentabilidade do único reservatório de água superficial de Belém. No entanto, a população residente no seu entorno têm crescido e violado o cinturão de isolamento (muro) da APA. Devido à área do terreno onde está localizado o complexo do Utinga sofrer uma declividade acentuada, boa parte do esgoto passa por debaixo do muro e com facilidade contamina o lago Bolonha. A presença do nitrato e n-amoniacal está abaixo do nível máximo exigido pela resolução 357 CONAMA, porém, o lago Bolonha se encontra com aproximadamente 85% da sua área em estado de eutrofização. Também o nível de oxigênio dissolvido apresentou valores maiores que o mínimo de 5 mg/L. As quantidades de coliformes totais encontrados nas águas do rio Guamá têm contribuído, justamente, pelo fato das águas do rio Guamá abastecerem o reservatório do Utinga com 90% do volume dos lagos, através de uma adutora. Portanto, todas as alterações verificadas vêm imprimindo modificações na qualidade da água do manancial do Utinga, gradativamente.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1998.

AGUIAR, A. C. **Relatório da qualidade da água bruta do manancial Utinga**. Belém: COSANPA, 2004. 4p.

BRANCO, S. M., CLEARY, R. W. **Hidrologia Ambiental**, ed. 3, São Paulo – SP, Edusp.1991.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L., SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental São Paulo**: Trentice Hall. 2002.

BRAGA, B.; PORTO M.; TUCCI, C.E.M. **Águas doces no Brasil. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas**. 3ª Ed. 2006.

BRAZ, V. N. **Estudo da qualidade da água de abastecimento na zona urbana de Belém (PA)**. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica). Universidade Federal do Pará, UFPa, Belém. 1985.

BRAZ, V.N., MENEZES, L.B.C., OLIVEIRA, M. **Situação atual dos lagos do complexo hídrico do Utinga, Belém-Pa, em relação aos parâmetros bioquímicos e bacteriológicos**. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu, 1997 p.377 – 377.

CAIRNCROSS, S. **Water supply and sanitation: An agenda for research**. Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 1989. 92:301-314.

CARDOSO, T. M.; MONTEIRO, F. F.; VENTURIERI, A.; CAMPOS, G. S. **Análises Multitemporal da Área de Proteção Ambiental de Belém**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009. INPE, p 1283-1290.

COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO ESTADO DO PARÁ (COHAB). **Banco de dados**. 1997.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução Conama nº357**. Disponível em [www.mma.conama.gov.br/conama](http://www.mma.conama.gov.br/conama). Acesso em 20 de julho de 2009.

DAVIS, M. L., CORNWELL, D. A. **Introduction to Environmental Engineering**. Ed. 3. Boston, WCB McGraw-Hill, 1998.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaio de tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnoquímica**. Rio de Janeiro, Interciência. 575p.1988.

FIGUEIRÊDO, M.C.B de; Teixeira, A.S.;Araújo, L. de F.P.; Rosa, M. F.,Paulino, W. D.; Mota,S., Araújo. J. C. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. Eng. Sanitaria Ambiental;**. Vol.12 – Nº 4 – out/dez 2007, 399.

FREITAS, Marcelo B.Carlos de M. **A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde.** 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2002.

LAGOS BOLONHA E ÀGUA PRETA. 2007. Disponível em : < HTTP:// WWW. Google.eart> acesso em 2009.

MATTA, M. A .S. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da região de Belém/Ananideua – Pará, Brasil.** 2002. Tese (Doutorado em Geologia) – Centro de Geociências, universidade Federal do Pará, 2002.

MERTEN, Gustavo H., MINELLA, Jean P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** Revista Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent. Porto Alegre, v.3,n.4 out/dez. 2002.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria 518** de 25 de março de 2004.

MOTA, S. **Preservação de Recursos Hídricos.** ABES. 1995.

NASCIMENTO, Francylenna.L. **Proposta de Biomonitoramento no Reservatório Utinga - Sistema lagustre de Abastecimento de Água de Belém (Pará-Brasil).**2005.

NOVOTNY, V., OLEM, H. **Water Quality – Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution,** New York, John Wiley and Sons, Inc. 1993.

PARÁ, Governo (Org.). **Projeto de estudo do meio ambiente em sítios de extração de materiais de construção na região de Belém – Região metropolitana de Belém.** Plano diretor de mineração em áreas urbanas. 712p. 1995.

PARÁ, Secretaria de Estado de Ciências e Meio Ambiente. **Lixo: este problema tem solução.** (série Saneamento Ambiental, 1).2005.42p.

PARÁ, SECRETARIA EXECUTIVA DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE – Secretaria Especial de Produção. **Parque Ambiental de Belém.** Belém. 2005. Folder.

PARANAGUÁ, P.;MELO, P.;SOTTA, D. E.;VERÍSSIMO,A. **Belém Sustentável. Imazom.**2007.

RAMOS, J. P. **Poluição e contaminação da orla de Belém-Pa.** In: Uhly, s. Souza, E. L.. (Org.). **A questão da água na grande Belém.** Belém: UFPS. 123p. 2004.

RIBEIRO, K.T.S. **Água e saúde humana em Belém.** Coleção MEGAM 2. Belém:CEJUP. 2004.280p.

RODRIGUES, R. C.; DIAS, M. S. O.; SÁ, L.F.; GUTIERREZ, L. A. C. L.; PEREIRA, J. A. R. **Caracterização da Água Bruta e Avaliação na Estação de Tratamento de Água do Bolonha (ETA-BOLONHA)- Região Metropolitana de Belém.** 2004

RODRIGUES, E. **Os desafios da metrópole reflexões para o desenvolvimento de Belém.** Belém, 2000, 152p. pelo modelo conceitual de Morton. Revista Brasileira de Recurso Hídricos, V. 6, n.1, p. 21 – 28, 2001.

SANTOS, M.L.S.; PEREIRA, J. A. R.; RIBEIRO, L. S. C.; OLIVEIRA, M. M PEREIRA, J. A. R.; RIBEIRO, L. S. C.; OLIVEIRA, M. M. **Estudos preliminares das condições limnológicas no lago Água Preta (Belém/Pa).** In: Congresso Brasileiro de limnologia, 10.º 2005, Ilhéus. Resumo. Ilhéus (BA). 2005. 1 CD-ROM.

SECRETARIA EXECUTIVA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE – Núcleo de Hidrometeorologia. **Precipitação Pluviométrica (2000/2005).** Disponível em: [http://www.para30graus.pa.gov.br/precipitacoes\\_mensal.htm](http://www.para30graus.pa.gov.br/precipitacoes_mensal.htm).

SOARES, S. R. A; BERNARDES, R. S; NETTO, O. de M. C. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento de Engenharia civil e Ambiental.** Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília, D.F. 2002.

SODRÉ, S. DO S. V. **Hidroquímica do lago Bolonha e Água Preta Mananciais de Belém – Pa.** 2007.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** ed. 2, Belo Horizonte – MG, Editora SEGRAC. 1996.

TEIXEIRA, L. C. G. M. **Análise de ciclo de vida aplicada ao gerenciamento de resíduos: o caso da ETA Bolonha – RMB.** Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém. 2003. 340f.

TUCCI, Carlos E. M. **Gerenciamento da drenagem urbana.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2000.

TUCCI, Carlos E. M; BERTONI, Juan C. (Org.). **Inundações Urbanas na América do Sul.** Porto Alegre. 2003.

TUCCI, Carlos E.M. **Águas doces no Brasil: Água no meio urbano.** 3ª Ed. 2006.

TUNDISI, J.G. & MATSUMARA-TUNDISI, T. **Eutrophication of lakes and reservoirs: a comparative analysis, case studies, perspectives.** I: CORDEIRO-MARINO (ed.) **Algae and Environment: A general Approach Brazilin Phycological Society**, 1-33, 1992.

VANDERSLICE, J. & BRISCOE, J. **Environmental interventions in developing countries: Interactions and their implications.** American Journal of Epidemiology. 1995. 141:135-144.

WHITFIELD, J. **Vital signs.** Nature, 411 (28): 989-990, 2001.