



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**



**Curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental**

**LIDIANNE PEREIRA GOMES LUCAS BARRETO**

**LEVANTAMENTO DOS PARAMÊTROS FÍSICOS E QUÍMICOS DAS ÁGUAS DOS  
LAGOS BOLONHA E ÁGUA PRETA, BELÉM – PARÁ.**

Belém – Pará  
2010

**LIDIANNE PEREIRA GOMES LUCAS BARRETO**

**LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DAS ÁGUAS DOS  
LAGOS BOLONHA E ÁGUA PRETA, BELÉM - PARÁ**

Monografia apresentada à Faculdade de Geologia da  
Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento  
às exigências para a obtenção do grau de Especialista em  
Gestão Hídrica e Ambiental.

Orientador: Prof. Msc. Tiago Pereira Brito

Co-Orientadora: Msc. Tatianne Pereira Gomes de Melo

Belém - Pará

2010

**LIDIANNE PEREIRA GOMES LUCAS BARRETO**

**LEVANTAMENTO DOS PARAMÊTROS FÍSICOS E QUÍMICOS DAS ÁGUAS DOS  
LAGOS BOLONHA E ÁGUA PRETA, BELÉM - PARÁ**

Monografia apresentada à Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Especialista em Gestão Hídrica e Ambiental.

Data da aprovação: 30/03/2010

Conceito: BOM

Banca examinadora:

---

Prof. Tiago Pereira Brito – Orientador  
Mestre em Oceanografia Biológica  
Universidade Federal do Pará

---

Milton Antônio da Silva Matta  
Doutor em Recursos Hídricos  
Universidade Federal do Pará

---

Silvana do Socorro Veloso Sodré  
Mestre em Ciência Ambiental  
Universidade Federal do Pará

Á Deus, e aos homens da minha vida,  
Wagner e Lucas Jr.

## AGRADECIMENTOS

Á Deus, *“Pois é ele quem efetua tanto o nosso querer como o nosso realizar”*.  
(Fp 2,13)

Ao meu esposo Wagner, pela dedicação concedida a mim todos os dias.

Ao Profº. MSc. Tiago Brito, por ter aceitado participar deste trabalho como orientador.

A Co-orientadora MSc Tatianne Melo, por todos os momentos que passamos juntas.

Ao Profº Drº Milton Matta e a MSc. Silvana do Socorro Veloso Sodré, por terem participado como membros da banca.

A Lais Torres, por sua educa o e aten o em atender minhas solicita es na secret ria do curso de Gestão Hídrica e Ambiental.

  Universidade Federal do Pará, que através do Instituto de Geociências proporcionou a realiza o desta especializa o.

“Para ser sustentável, qualquer empreendimento humano deve ser ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito”.

*Autor desconhecido*

## RESUMO

A Região Metropolitana de Belém abrange os municípios de Belém, Marituba, Santa Isabel do Pará, Ananindeua, Santa Bárbara do Pará e Benevides. O abastecimento público de água de 75% da população metropolitana é realizado através dos lagos Bolonha e Água Preta. Devido à importância dos lagos para a região, a presente monografia realizou um levantamento bibliográfico das diversas pesquisas existentes nos lagos, considerando os parâmetros físicos (temperatura, turbidez, cor, transparência), químicos (oxigênio dissolvido, pH, cloreto, N-amoniaco, fosfato e clorofila), análise de sólidos em suspensão e caracterização trófica, realizados nos últimos anos em dois períodos distintos; um durante o período chuvoso e outro no período menos chuvoso ou seco. Através do levantamento obteve-se a conclusão que o índice pluviométrico da região, a movimentação que a água do rio Guamá ocasiona no lago Água Preta e as ações antrópicas exercem grandes influências nos parâmetros analisados. Alguns nutrientes como o nitrato, N-amoniaco, fosfato e cloreto apresentaram variações nos seus valores provavelmente devido à carga poluente provenientes dos esgotos domésticos lançados próximos aos mananciais. Os parâmetros turbidez, N-amoniaco e nitrato estão em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05 destinados para corpos d'água classe II (das quais pertencem os mananciais do Utinga), o mesmo não ocorreu com os parâmetros oxigênio dissolvido e potencial hidrogeniônico. A presente resolução não apresenta valores para os parâmetros temperatura, cor aparente, fosfato, transparência, cloreto e sólidos em suspensão. A partir dos dados obtidos foi possível observar uma pequena mudança nas condições ambientais dos mananciais do Utinga. O levantamento bibliográfico proporciona uma análise das mudanças que vêm ocorrendo e as eventuais medidas preventivas que deverão ser colocadas em prática, como forma de proteger as condições naturais dos lagos Bolonha e Água Preta.

Palavras-Chave: Lagos Bolonha e Água Preta, Levantamento bibliográfico.

## ABSTRACT

The Metropolitan Area includes the municipalities Belém, Marituba, Santa Isabel, Ananindeua, Santa Bárbara, and Benevides. The public water supply 75% of the metropolitan population is realized through the lakes Bolonha and Água Preta. Due to the importance of lakes in the region, this monograph realized a literature review of existing research in lakes considering the physical parameters (temperature, turbidity, color, transparency), chemical (dissolved oxygen, pH, chloride, ammonia-N, phosphate and chlorophyll), analysis of suspended solids and calculate and trophic, characterization realized in two distinct periods: one during the rainy season and another during less rainy or dry. Because of the points where the collections were made, the methods and equipment that the researchers used in the work presented similarly, it was possible to develop a database with the results. Through the literature review we obtained the conclusion that the rainfall in the region, the movement waters the river Guamá causes the lake Água Preta, the human actions exert great influences on the parameters. Some nutrients such as nitrate, ammonia-N, phosphate and chloride showed variations in their values over the years, probably due to the pollution load from domestic sewage released near the source. The parameters turbidity, ammonia-N and nitrate are in accordance with Resolution CONAMA 357/05 destined for class II water bodies (of which belong to the wellsprings of Utinga), this did not occur with the parameters dissolved oxygen and hydrogen potential. This resolution does not provide values for the parameters temperature, apparent color, phosphate, transparency, chloride and suspended solids. From the data obtained it was possible to observe a small change in environmental conditions of the wellsprings of Utinga. The literature review provides an analysis of the changes that are occurring and possible preventive measures to be put into practice as a way to protect the natural lakes Bolonha and Água Preta.

**Key-Words:** Lakes Bolonha and Água Preta, literature review.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista Panorâmica do Parque Ambiental de Belém.....	16
Figura 2: Localização dos lagos Bolonha e Água Preta.....	19
Figura 3: Mapa hidrográfico da Região Metropolitana de Belém.....	20
Figura 4: Imagens dos sistemas de adução e captação do rio Guamá.....	33
Figura 5: Imagens do lado direito do lago Água Preta.....	33
Figura 6: Imagens do lado esquerdo do lago Água Preta.....	34
Figura 7: Imagens do canal que une os lagos Água Preta e Bolonha.....	34
Figura 8: Imagens do canal que une os lagos Água Preta e Bolonha.....	35
Figura 9: Imagens do braço direito do lago Bolonha.....	35
Figura 10: Imagens da identificação de macrófitas.....	36
Figura 11: Imagens do braço esquerdo do lago Bolonha.....	36
Figura 12: Imagens próximo da estrada de acesso ao lago Água Preta.....	37
Figura 13: Imagens da entrada da ETA do lago Bolonha.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do Grau de Trofia de acordo com o Índice de Estado Trófico proposto por CARLSON, 1977.....	26
Tabela 2: Classificação dos ambientes aquáticos utilizando Concentração de Clorofila a.....	26
Tabela 3: Temperaturas registradas nos lagos Bolonha e Água Preta.....	40
Tabela 4: Turbidez das águas dos lagos Bolonha e Água Preta.....	42
Tabela 5: Cor aparente das águas dos lagos Bolonha e Água Preta.....	44
Tabela 6: Transparência dos lagos Bolonha e Água Preta.....	46
Tabela 7: Oxigênio Dissolvido dos lagos Bolonha e Água Preta.....	48
Tabela 8: pH dos lagos Bolonha e Água Preta.....	50
Tabela 9: N-amoniaco dos lagos Bolonha e Água Preta.....	53
Tabela 10: Nitrato dos lagos Bolonha e Água Preta.....	55
Tabela 11: Fosfato dos lagos Bolonha e Água Preta.....	57
Tabela 12: Cloreto dos lagos Bolonha e Água Preta.....	58
Tabela 13: Concentração de Sedimentos em Suspensão do lago Água Preta ....	59
Tabela 14: Caracterização trófica dos lagos Bolonha e Água Preta.....	60
Tabela 15: IET dos lagos Bolonha e Água Preta.....	60

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVO.....</b>	<b>15</b>
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECIFICOS.....	15
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	16
3.1.1 Geomorfologia.....	20
3.1.2 Hidrografia.....	20
3.1.3 Vegetação.....	22
3.1.4 Clima.....	22
3.2 AÇÕES ANTRÓPICAS.....	23
3.3 EUTROFIZAÇÃO.....	24
3.4 GRAU DE TROFIA E ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO.....	25
3.5 QUALIDADE DA ÁGUA.....	27
3.5.1 PARAMÊTROS FÍSICOS.....	27
3.5.1.1 Temperatura.....	27
3.5.1.2 Turbidez.....	28
3.5.1.3 Cor.....	28
3.5.1.4 Transparência.....	28
3.5.1.5 Sólidos em Suspensão.....	29
3.5.2PARAMÊTROS QUÍMICOS.....	29
3.5.2.1 Oxigênio Dissolvido.....	29
3.5.2.2 Potencial Hidrogênionico.....	30
3.5.2.3 Cloreto.....	30
3.5.2.4 Nitrogênio.....	30
3.5.2.5 Fósforo.....	31
3.5.2.6 Clorofila.....	31
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>39</b>
5.1TEMPERATURA.....	39

5.2 TURBIDEZ.....	41
5.3 COR APARENTE.....	43
5.4 TRANSPARÊNCIA.....	45
5.5 OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	46
5.6 POTENCIAL HIDROGÊNIONICO.....	49
5.7 N-AMONIACAL.....	52
5.8 NITRATO.....	54
5.9 FOSFATO.....	56
5.10 CLORETO.....	57
5.11 SÓLIDOS SUSPENSOS.....	59
5.12 GRAU DE TROFIA E ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO.....	60
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>61</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIORÁFICAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de Belém (RMB) abrange os municípios de Belém, Marituba, Santa Isabel do Pará, Ananindeua, Santa Bárbara do Pará e Benevides compreendendo uma população com 2.078.405 habitantes (IBGE, 2008). A cidade de Belém possui aproximadamente 1,3 milhões de habitantes morando às margens da baía do Guajará e do rio Guamá, ambas pertencente ao estuário do rio Pará. Nos últimos tempos o crescimento desordenado dessa população vem ocasionando alterações em suas bacias, igarapés, canais, etc. (BARPP, 2004).

O abastecimento público de água da RMB é realizado através da captação de águas superficiais e em alguns casos por aproveitamento de águas subterrâneas. Os mananciais do Utinga compostos pelos lagos Bolonha e Água Preta são responsáveis pelo abastecimento de 75% da população metropolitana e apresenta uma área total de 8.989.500 m<sup>2</sup> (COSANPA, 1983).

Os mananciais e a região de captação de água proveniente do rio Guamá, estão situados em um ambiente vulnerável em decorrência da ocupação urbana localizada próximo à região dos lagos (RIBEIRO, 1992). Essas ocupações estão degradando as condições do Utinga, devido principalmente à presença de terrenos facilmente alagáveis e vulneráveis á poluição, a lixiviação e a erosão das margens dos lagos. Causando visíveis problemas de eutrofização, em consequência do acúmulo de nutrientes provenientes dos esgotos domésticos (MENEZES *et al.*, 2002)

Despejos domésticos e industriais produzem descargas diretas de resíduos que se não tratados podem alterar o potencial hidrogeniônico (pH), o oxigênio dissolvido e a temperatura das águas naturais. Além de dá inicio a um conjunto de outros processos como acumulo de substâncias tóxicas e de metais pesados. Essas substâncias adicionadas à água dos rios e lagos, tornam a recuperação dos ecossistemas eutrofizados extremamente complexos e de alto custo financeiro (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Para corpos d'água eutrofizados se faz necessário a identificação do seu estado trófico, que envolve a determinação de parâmetros químicos para elaboração de um Índice de Estado Trófico – IET. A cada uma das características do lago em relação a esses indicadores é conferido um valor numérico que permite por meio de uma fórmula empírica o cálculo desse índice (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

A proteção dos mananciais é a melhor maneira de ser assegurada a qualidade da água destinada ao consumo humano. Para impedir sua contaminação deve-se evitar acesso de despejos que contenham organismos e substâncias contaminantes (GASTALDINI, 2003).

Devido a importância dos lagos Bolonha e Água Preta para a Região Metropolitana de Belém diversas pesquisas foram realizadas apresentando os parâmetros físicos (temperatura, turbidez, cor, transparência), químicos (oxigênio dissolvido, pH, cloreto, N-amoniaco, fosfato e clorofila), sólidos em suspensão e caracterização trófica dos mananciais do Utinga. Com o intuito de realizar um levantamento destes parâmetros a presente monografia selecionou oito trabalhos realizados nos lagos em 1993 e 2000 a 2008, em dois períodos distintos: um com maior ocorrência de chuvas na região (período chuvoso) e outro com regime pluviométrico menor (período seco).

Os padrões de qualidade da água dos lagos Bolonha e Água Preta foram analisados em conformidade com a Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências” (CONAMA, 2005).

A seleção dos trabalhos científicos através do levantamento dos parâmetros físicos, químicos, sedimentos em suspensão e caracterização trófica proposto por essa monografia, apresentam as condições ambientais dos mananciais do Utinga e as informações aqui apresentadas contribuirão para uma visão geral sobre as possíveis mudanças na qualidade da água dos lagos Bolonha e Água Preta ao longo dos anos.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 GERAL**

Realizar um diagnóstico da qualidade da água dos lagos Bolonha e Água Preta através de um levantamento bibliográfico de estudos realizados nos lagos.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

1. Selecionar as pesquisas realizadas nos lagos Bolonha e Água Preta através de pontos de coletas similares a fim de que os dados pesquisados possam ser comparados;
2. Produzir um banco de dados com o levantamento bibliográfico;
3. Selecionar as discussões relevantes dos trabalhos analisados;
4. Realizar visitas técnicas para visualizar as condições ambientais dos lagos e observar os pontos de amostragem dos trabalhos levantados, obtendo informações e imagens do local de estudo;
5. Propor medidas para controle de fontes poluidoras nos lagos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estado do Pará está localizado em uma área territorial de 1.247.689,515 km<sup>2</sup>, possuindo uma população de aproximadamente sete milhões e meio de habitantes dividida em 143 municípios. A Região Metropolitana de Belém (RMB) compreende os municípios de Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Isabel do Pará e Santa Bárbara do Pará (IBGE, 2009). A capital do estado, Belém, ocupa uma área de aproximadamente 11.065 km<sup>2</sup>, apresentando em seu entorno inúmeros rios, igarapés, furos e canais (CASTRO, 2004)

Com uma população estimada em mais de 1.437.600 habitantes (IBGE, 2009), a cidade de Belém apresenta visíveis formas de degradação ao meio ambiente. A cidade cresce de forma confusa e caótica e problemas ambientais decorrentes da expansão da metrópole contribui para o surgimento de um quadro sócio-ambiental permissivo e favorecedor de agravos à saúde da população, que ocorrem em grande número, gravidade e proporção (BAHIA, 2003).

É neste contexto que está inserido a Área de Proteção Ambiental dos Mananciais de Abastecimento de Água de Belém (APA) implantada através do Decreto Estadual N° 1.551, em três de maio de 1993, possuindo uma área de 10.000 hectares. Dentro da APA foi criado o Parque Ambiental de Belém (Figura 1), dos quais fazem parte os Lagos Bolonha e Água Preta, reservatórios de água doce responsável pelo abastecimento da RMB (IMBIRIBA e COSTA, 2003).

O acompanhamento da qualidade das águas nos mananciais é, portanto, necessário e de extrema importância, constituindo uma significativa fonte de informação para a população e para os órgãos responsáveis pelo saneamento local, servindo, inclusive, de base para futuras intervenções nessa área (VALE *et al.*, 2008).



Figura 1: Vista Panorâmica do Parque Ambiental de Belém.  
Fonte: Google Earth, 2010.

O sistema hidrográfico de Belém é constituído por dois grandes corpos hídricos, a baía do Guajará e o rio Guamá. Este rio e seus afluentes sofrem influência das marés oceânicas, recebendo constantes sedimentos da baía de Guajará com suas águas barrentas e, temporariamente, salobras no ápice do período de estiagem das chuvas. A importância do rio Guamá para a cidade de Belém deve-se ao fato de que ele, abastece a RMB juntamente com os lagos Bolonha e Água Preta (BRAZ e MELLO, 2005).

O sistema de abastecimento tem início com a captação de água do rio Guamá, onde existe uma estação elevatória composta de três adutoras. Essa água é transportada para o lago Água Preta e posteriormente para o lago Bolonha através de um canal superficial de 1,0 Km de distância, onde então é captada e transportada para as Estações de Tratamento de Água do Bolonha, de São Brás e do 5º Setor (BRAZ e MELLO, 2005; SODRÉ, 2007).

O lago Água Preta é a principal fonte de abastecimento da cidade de Belém possuindo uma área de 7.199.500 m<sup>2</sup>. Segundo SODRÉ (2007) a carta batimétrica do lago Água Preta, registram profundidades de 7,35 e 8,25m, com volumes de 5.281.811 m<sup>3</sup> e 7.596.119 m<sup>3</sup> respectivamente.

Comparando com a batimetria realizada pela COSANPA no ano de 1983 as cotas de 7,35 m e 8,25 m obtiveram volumes de 6.6222,850 m<sup>3</sup> e 9.080.750 m<sup>3</sup> respectivamente, ocorrendo uma diminuição de 18% do volume de água armazenado no lago. Esta diminuição segundo SODRÉ (2007) pode ser consequência do assoreamento de materiais no fundo, erosão de áreas próximas do lago e ao aporte de sólidos oriundos do rio Guamá.

O lago Bolonha, é o menor dos dois lagos de abastecimento do Utinga, de onde é obtida água para tratamento e distribuição para a RMB, possui um volume de 2.100.000 m<sup>3</sup>, profundidade máxima em torno de 7,64 m e área total de 1.790.000 m<sup>2</sup> (COSANPA, 1983). Uma característica peculiar dos lagos é o fato de não se comportarem exclusivamente como ambientes lântico<sup>1</sup>, por consequência das águas aduzidas a esse ambiente e pela constante movimentação das águas (SODRÉ, 2007).

---

<sup>1</sup> Ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado.

Os lagos Bolonha e Água Preta e a região de captação do rio Guamá estão localizados próximos a conjuntos residenciais, postos de combustíveis, clubes recreativos, escolas, parque de exposição agropecuário, hospitais, avenidas de grande fluxo (Av. Almirante Barroso e João Paulo II) e aterro Sanitário (Figura 2).

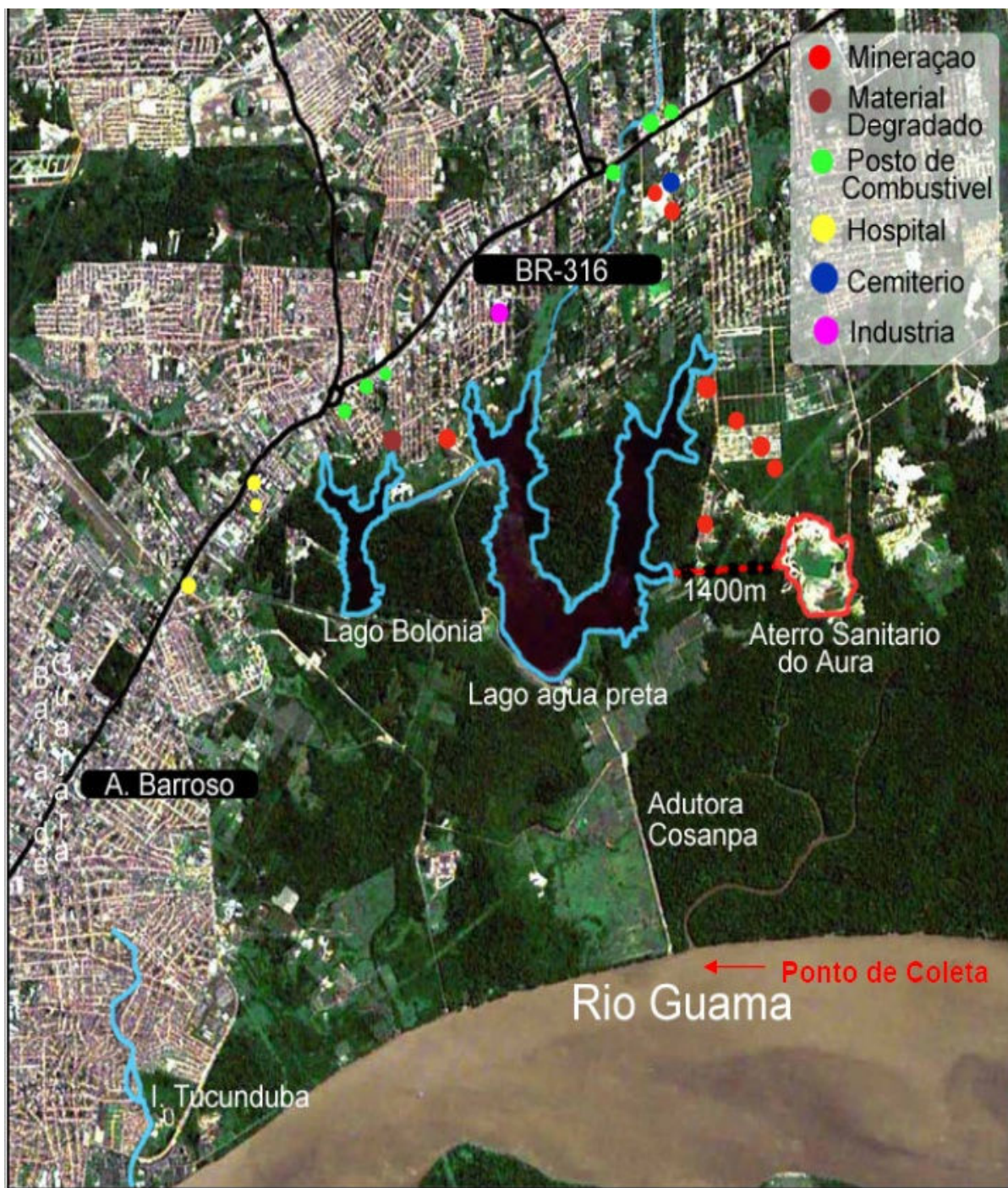


Figura 2: Localização dos lagos Bolonha e Água Preta e adjacências.  
Fonte: Modificado de BRAZ e MELLO, 2005.

O Aterro Sanitário do Aurá, mais conhecido como “Lixão do Aurá” está localizado no município de Ananindeua – PA, e apenas 1400m de distância do lago Água Preta (BAHIA, 2003). O Aterro foi construído em 1991 e seu projeto inicial incluía uma usina de reciclagem e de incineração, mas por problemas financeiros o projeto não foi viabilizado, tornando o aterro, um lixão a céu aberto, o qual recebe em torno de 1000 toneladas/dia de resíduos (COSANPA, 1983).

### 3.1.1 Geomorfologia

A área de Belém pertence a uma bacia sedimentar, com zonas de terra firme, com as cotas maiores de 14 m, e as zonas de várzea, inferiores a 4 m. Nas zonas com cotas mais elevadas predominam os terrenos sedimentares do Quaternário (níveis de concreções ou carapaças ferruginosas de areia e argila) e nas zonas de baixadas ocorrem sedimentos do Quaternário Holoceno (composto por argilas inconsolidadas). Algumas baixadas, com cotas próximas a 4 m, na Região Metropolitana de Belém, são terrenos inundáveis (RAMOS, 2004).

Próximo as margens do lago Água Preta encontra-se uma faixa de nível mais elevado inundável somente durante as marés de equinócio. Em cada preamar, as águas que cobrem a várzea alta não permanecem muito tempo sobre o solo, retornando imediatamente ao leito do rio durante a maré vazante (IMBIRIBA e COSTA, 2003).

### 3.1.2 Hidrografia

O sistema Ambiental nos Mananciais do Utinga é formado pelas Micro-bacias dos Igarapés Murutucum e Águas Pretas, que deságuam na bacia Hidrográfica formada pelos rios Guamá e Capim. A Baía do Guajará é formada na confluência dos rios Acará e Guamá (IMBIRIBA e COSTA, 2003). O rio Guamá, na sua foz e proximidades, mede entre 1.360 e 2.000 m de largura, enquanto a Baía do Guajará tem de 3 a 4 km (RAMOS, 2004).

A margem esquerda da Baía do Guajará é composta de numerosas ilhas e canais, dentre elas às ilhas das Onças, Jararaca, Mirim, Paquetá Açú e Jutubá. Ao longo da margem direita da Baía encontra-se a cidade de Belém e mais ao norte, separados pelos furos do Maguari e das Marinhas, as ilhas do Outeiro e do Mosqueiro (Figura 3) (IMBIRIBA e COSTA, 2003).

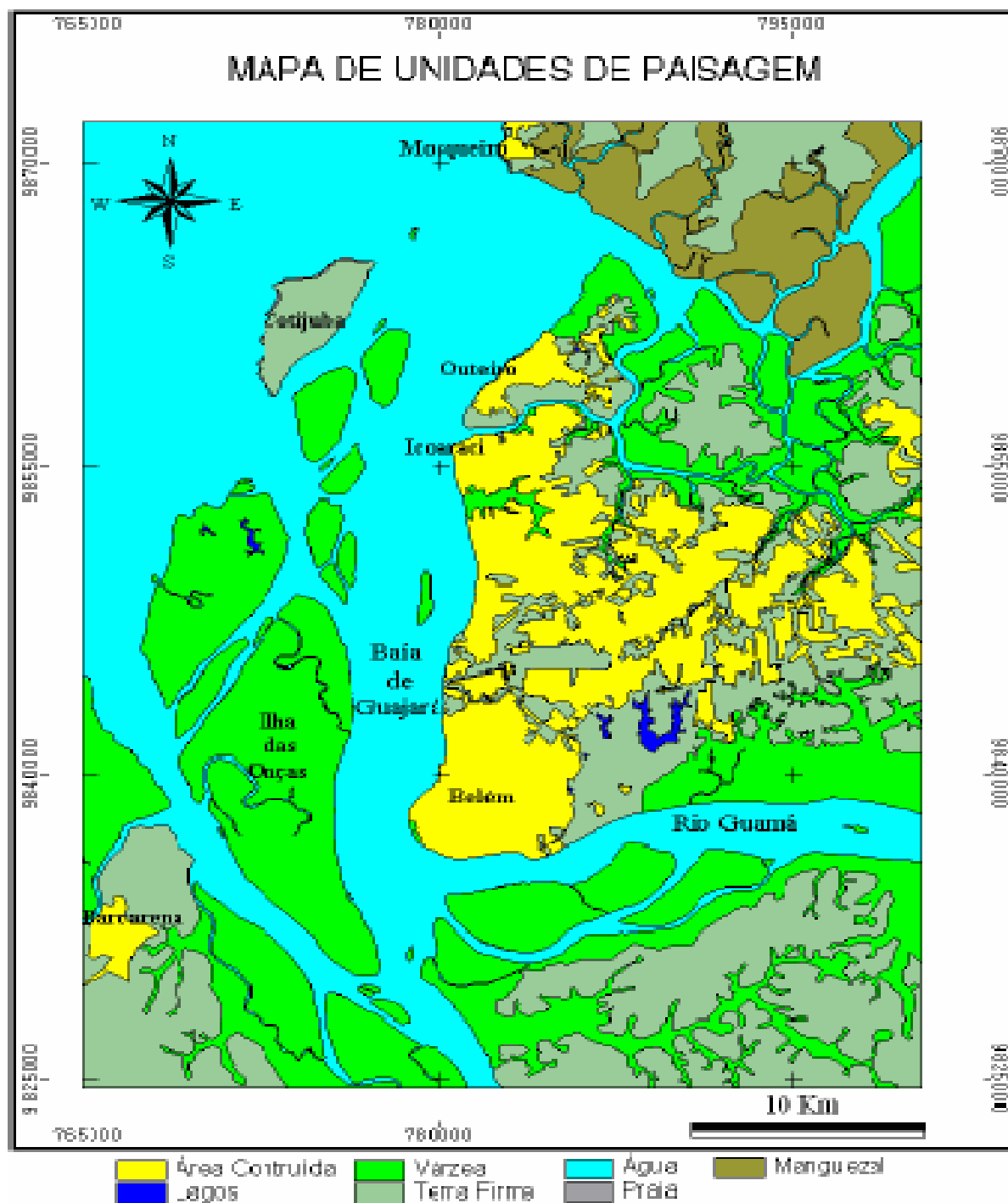


Figura 3: Mapa hidrográfico da Região Metropolitana de Belém.  
Fonte: FILHO, 2007.

### 3.1.3 Vegetação

A vegetação nas áreas de terraço tem como composição florística a Floresta Ombrófila Aberta de Terra Firme, ocorrendo principalmente nas matas ao redor dos Lagos Bolonha e Água Preta. A vegetação predominante nas várzeas ocorre com palmáceas em profusão, como o açaí (*Euterpe olearacea*) e os buritis (*Mauritia flexuosa*). A vegetação de igapó é de baixo porte, atingindo a faixa de 4m a 10m de altura, com predominância de espécies herbáceas a arbustivas. Cerca de 76% das árvores do igapó possuem raízes sapopemas ou raízes escoreas, para conseguir melhor estabilidade (IMBIRIBA e COSTA, 2003).

### 3.1.4 Clima

Pela classificação de Köppen, Belém enquadra-se na categoria climática “equatorial úmido” do tipo Af, cuja característica principal são as altas temperaturas (acima de 18°) (IMBIRIBA e COSTA, 2003).

O clima da microregião de Belém se distingue das demais regiões do Estado do Pará, uma vez que essas regiões estão mais distantes da Baía do Guajará. A temperatura da capital paraense apresenta temperaturas em torno de 23 a 32° C e umidade relativa do ar de 85% (RAMOS, 2004).

Um fator importante na determinação das condições climáticas locais é a direção e velocidade dos ventos. A velocidade média fica entre 2,6 e 2,9 m/s e a calmaria é de 45% nos 12 meses (IMBIRIBA e COSTA, 2003).

A precipitação pluviométrica anual está entre 2.500 e 3.000 mm e apresentam as seguintes características: um período chuvoso (dezembro a maio) e um período seco ou menos chuvoso (junho a novembro). O mês de maior precipitação é o mês de março com 422,5 mm e o de menor precipitação é novembro com 90,4 mm. As maiores percentagens de ocorrência de chuvas se dão à tarde e/ou início da noite (IMBIRIBA e COSTA, 2003; RAMOS, 2004).

### 3.2 AÇÕES ANTRÓPICAS

O sistema antrópico é constituído pelo homem e suas atividades, o sistema ambiental é composto dos meios físicos e biológicos. Nesta relação, o homem direciona suas ações individuais e coletivas utilizando os recursos naturais como fonte de matéria e energia, ou como receptor de seus produtos e resíduos. Como consequência desta relação às alterações introduzidas pelo homem têm se dado de forma rápida e variada, provocando modificações muitas vezes irreversíveis ao ambiental natural (BOLLMANN e ANDREOLI, 2005).

A água é um recurso natural indispensável e insubstituível. Dentre todas as modalidades de uso, a produção de água tratada para o abastecimento público é o que demanda mais atenção. A água está associada à saúde e ao conforto das populações. A pressão habitacional e o crescimento populacional às margens dos mananciais tem provocado desastres ecológicos e crises na disponibilidade de água em diversas partes do mundo (PEGORINI *et al.*, 2005).

O crescimento urbano desordenado sobre os rios e lagos utilizados para o abastecimento público tem apresentado graves reflexos na qualidade das águas, tornando a disponibilidade hídrica um limitante para o próprio desenvolvimento das cidades (BOLLMANN e ANDREOLI, 2005).

Os reservatórios lacustres destinados para o abastecimento estão localizados em áreas que vêm sendo pressionadas pela expansão urbana irregular e falta de infra-estrutura básica afetando a qualidade da água com acúmulo de poluentes e desenvolvimento de organismos produtores de toxinas (PEGORINI *et al.*, 2005).

Esta problemática vem ocorrendo em Belém, capital do estado do Pará. O ecossistema do Utinga, no qual se encontram as principais nascentes das bacias hidrográficas dos lagos Bolonha e Água Preta, tem sofrido sérios impactos pelo crescimento urbano desordenado em seu entorno. O avanço populacional nesta região tem provocado uma diminuição da capacidade do corpo d'água dos lagos devido à devastação das áreas periféricas (GERALDO e CARNEIRO, 2000).

### 3.3 EUTROFIZAÇÃO

A eutrofização de lagos e reservatórios são ocasionados pelo enriquecimento de nutrientes, devido o aporte de matéria orgânica, seja por uma descarga fluvial, lixiviação do solo, decomposição de plantas e microalgas, bem como de organismos presentes no ambiente. Dentre os nutrientes principais estão o nitrogênio e o fósforo, ambos originados pela presença de detergentes utilizados nas atividades domésticas (XAVIER *et al.*, 2005).

De acordo com MENDES e ALMEIDA (2008) o processo de eutrofização pode ocorrer naturalmente ou ser induzido pela ação do homem. Quando ocorre de forma natural o processo é considerado lento, uma vez que o aporte de nutrientes se dá pelas chuvas e águas superficiais, quando esse processo é induzido pelo homem ele acontece de forma mais rápida, contribuindo para o envelhecimento dos lagos.

Todo lago é afetado por um processo de sedimentação que ocasiona a diminuição de sua capacidade e profundidade (assoreamento) até a extinção do lago. A vegetação enraizada que se desenvolve nas margens contribui para a redução da área inundada promovendo uma deposição de matéria sob a forma de um lodo fino e fértil contribuindo para fixação de novas plantas (GERALDO e CARNEIRO, 2000).

No processo de eutrofização pode ocorrer o desenvolvimento excessivo de macrófitas causando problemas como redução da transparência na coluna d'água, queda acentuada do oxigênio dissolvido na água, acúmulo de matéria orgânica e assoreamento (XAVIER *et al.*, 2005).

ESTEVES (1998) relata que lagos localizado próximos a rodovias podem receber aporte adicional de fosfato e nitrogênio, devido ao tráfego de veículos, principalmente nos períodos de chuva. Isto se deve ao escoamento das águas de chuva, que carregam materiais orgânicos e inorgânicos dissolvidos ou solúveis, resíduos de combustível, óleos e graxas automotivos (BOLLMANN e ANDREOLI, 2005).

As principais conseqüências da eutrofização são: floração de algas e bactérias, diminuição do oxigênio dissolvido, perda de biodiversidade, restrição aos usos da água, efeitos sobre a saúde humana e aumento nos custos para tratamento da água (XAVIER *et al.*, 2005).

### 3.4 GRAU DE TROFIA E ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

Os ambientes aquáticos podem ser classificados de acordo com seu grau de trofia. Este grau é dividido em série de classes denominadas de estado trófico, que podem ser classificados do tipo menos produtivo para o mais produtivo como oligotrófico, mesotrófico e eutrófico, além das subdivisões como ultraoligotrófico, mesotrófico e hipereutrófico (XAVIER *et al.*, 2005). Segundo o autor, em cada um dos compartimentos do ecossistema ocorrem alterações que levam a uma deterioração da qualidade da água e conseqüentemente os parâmetros físicos, químicos e biológicos são alterados.

A caracterização do estado de trofia de lagos e a utilização de índices de qualidade da água permitem simplificar uma série de parâmetros em valores inteiros, tornando-se uma ferramenta utilizada para o gerenciamento da qualidade da água tanto para a comunidade científica, quanto para as autoridades relacionadas à saúde pública e ao saneamento (NAVAL *et al.*, 2004).

Alguns índices são utilizados para a determinação do estado trófico, sendo que o mais comum é o desenvolvido por CARLSON (1977). A finalidade do Índice de Estado Trófico – IET, é avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seus efeitos relacionados ao crescimento excessivo das algas, ou o potencial para o crescimento de macrófitas aquáticas (CETESB, 2009).

As equações 01, 02, 03 são utilizadas para obtenção do Índice de Estado Trófico propostas por CARLSON (1977). O índice pode ser calculado a partir de cada um dos parâmetros, como Transparência (Tra), Clorofila a (Cla) e Fósforo Total (PT) (XAVIER *et al.*, 2005; NAVAL *et al.*, 2004; ESTEVES, 1998).

$$IET(Tra) = 10 \times \left(6 - \frac{\ln Tra}{\ln 2}\right) \quad \text{Eq. 01}$$

$$IET(Cla) = 10 \times \left\{6 - \left[2,04 - 0,68 \times \left(\frac{\ln Cla}{\ln 2}\right)\right]\right\} \quad \text{Eq. 02}$$

$$IET(PT) = 10 \times \left(6 - \frac{\frac{65}{PT}}{\ln 2}\right) \quad \text{Eq. 03}$$

O IET proposto por CARLSON (1977) apresentam as vantagens quanto à simplicidade e objetividade dos resultados e a desvantagem de ter sido desenvolvido com base em dados de reservatórios de regiões de clima temperado (NAVAL *et al.*, 2004). A partir das equações para determinação do IET obtém-se a classificação trófica dos lagos (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação do Grau de Trofia de acordo com o Índice de Estado Trófico proposto por CARLSON, 1977.

<b>IET</b>	<b>Classificação</b>
< 20	Ultraoligotrófica
20 – 40	Oligotrófica
40 – 50	Mesotrófica
50 – 60	Eutrófica
> 60	Hipereutrófica

A classificação dos ambientes aquáticos pode ser realizada utilizando o critério da concentração de clorofila *a*, associada à questão de produtividade (Tabela 2), pois fornecem informações úteis sobre a qualidade da água, principalmente em processos de eutrofização. A determinação de clorofila nas águas permite avaliar também a capacidade de reoxigenação do corpo d'água e a densidade de sua população de algas (ESTEVES (1988).

Tabela 2: Classificação dos ambientes aquáticos utilizando Concentração de Clorofila *a* (ESTEVES, 1998).

<b>Concentração de Clorofila <i>a</i> (µg/L)</b>	<b>Classificação</b>
≤ 2	Oligotrófica
2 a 6	Mesotrófico
6 a 18	Eutrófico
> 18	Hipereutrófica

A clorofila é um tipo de pigmento que é encontrada em parte nos cloroplastos encontrado nas células vegetais. Existem vários tipos de clorofila, porém as mais conhecidas são as clorofilas *a*, *b* e *c*. A clorofila *a* é a mais comum e o principal pigmento da maioria dos vegetais e algas (GERALDO e CARNEIRO, 2000).

## 3.5 QUALIDADE DA ÁGUA

Com o aumento da degradação ambiental e os usos múltiplos dos reservatórios os assuntos relativos à qualidade da água desses sistemas tornaram-se matéria de grande preocupação. Para o abastecimento de água potável têm-se as mais exigentes restrições de qualidade de água (TUNDISI e TUNDISI, 2008). Os principais indicadores da qualidade da água são representados por suas características físicas, químicas e biológicas. Para caracterizar uma água é preciso a determinação de seus parâmetros físicos e químicos (GALTALDINI e MENDONÇA, 2008).

### 3.5.1 PARAMÊTROS FISICOS

#### 3.5.1.1 Temperatura

Corpos d'água apresentam variação de temperatura de acordo com as condições climáticas, sendo a radiação solar o maior aporte de energia para o aquecimento da água. Variações ocorrem sazonalmente e no período de 24 horas (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003). Fatores como a altitude, latitude, e profundidade também exercem modificações na temperatura superficial (ESTEVEES, 1998). Para as medidas de temperatura, podem ser utilizados termômetros simples de mercúrio ou digitais.

Um aumento da temperatura causado pela maior incidência da radiação solar sobre o corpo d'água contribui para acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica, conseqüentemente demandando um maior consumo de oxigênio dissolvido na água. O aumento da temperatura também pode acelerar o metabolismo de macrófitas e algas, que tendem se proliferar em ambientes aquáticos onde a disponibilidade de nutrientes não seja limitada (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003).

### 3.5.1.2 Turbidez

A turbidez resulta do espalhamento e absorção da luz incidente por partículas presente na coluna d'água (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003). Valores altos de turbidez reduzem a penetração da radiação solar na coluna d'água, conseqüentemente limitam a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode suprimir a produtividade de peixes influenciando as comunidades biológicas aquáticas e, afetando adversamente o uso doméstico e industrial da água (CETESB, 2009).

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas (SARAIVA 2005). Para as medidas de turbidez geralmente utiliza-se o Método Nefelométrico e Turbidímetro HACH (SODRÉ, 2007; GERALDO e CARNEIRO, 2000).

### 3.5.1.3 Cor

A cor da água define a profundidade de penetração de luz (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003). Este parâmetro está associado ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessar a água, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico (CETESB, 2009).

Em ambientes aquáticos há dois tipos de cores, a *cor real* que é medida em amostras após filtragem e centrifugação e a *cor aparente* que é causada por partículas coloridas e reflexão e refração de luz sobre material particulado (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003). Para a determinação da Cor pode-se utilizar o Método Colorimétrico (GERALDO e CARNEIRO, 2000; SODRÉ, 2007).

### 3.5.1.4 Transparência

A transparência é o limite de visibilidade na água (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003). Sua avaliação é feita através de um disco branco de 20 a 30 cm de diâmetro, denominado disco de Secchi. A medida é obtida mergulhando-se o disco branco no lado da sombra do barco, através de uma corda marcada.

A profundidade máxima de visibilidade do disco obtida em metros é denominada Transparência de Disco de Secchi (ESTEVES, 1998).

#### 3.5.1.5 Sólidos em Suspensão

“Os sedimentos são partículas granulometricamente diferentes (areia, silte e argila), metais pesados e matéria orgânica, provenientes ou não de erosão e poluição” (CABRAL, 2005).

O tipo e a concentração de matéria em suspensão controlam a turbidez e a transparência da água (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003). Os valores para o material em suspensão podem ser obtidos através da filtração da água com a utilização de filtros especiais e evaporação (CARVALHO 2000) e Método Gravimétrico (SODRÉ, 2007).

#### 3.5.2 PARAMÊTROS QUIMICOS

##### 3.5.2.1 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio é essencial para todas as formas de vida aquática, incluindo os organismos responsáveis pela autodepuração das águas naturais (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003).

O oxigênio dissolvido é considerado um gás moderadamente solúvel e diretamente dependente da temperatura e pressão. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Há perdas de oxigênio através da decomposição de matéria orgânica, para a atmosfera, pela respiração de organismo aquático e oxidação de íons metálicos, como o ferro e o manganês (ESTEVES, 1998). Sua dissolução na água é muito rápida e depende da interface água-ar (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

O oxigênio dissolvido (OD) pode ser considerado um dos parâmetros mais importantes para controle de poluição num curso d'água (SARAIVA, 2005). A determinação de OD na água pode ser feita através do método "Winkler" modificado pela ázida sódica (GERALDO e CARNEIRO, 2000; MELO *et al.*, 2006, SODRÉ, 2007).

### 3.5.2.2 Potencial Hidrogeniônico - pH

O pH é uma medida do balanço ácido de uma solução variando entre 0 (muito ácido) e 14 (muito alcalino). Este parâmetro influencia nos processos biológicos e químicos nos corpos d'água e nos processos associados com abastecimento e tratamento de águas residuais (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003).

Pode-se dizer que o pH é a relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons ( $H^+$ ,  $OH^-$ )” (NASCIMENTO, 2009). As águas ácidas ( $pH < 7,0$ ) são corrosivas ao passo que as alcalinas ( $pH > 7,0$ ) são incrustantes, por isso o pH da água final deve ser controlado, para que os carbonatos presentes sejam equilibrados e não ocorra nenhum dos dois efeitos (CETESB, 2009).

O pH é de fundamental importância na caracterização dos ambientes aquáticos, devido à influência de outros fatores sua interpretação torna-se mais difícil (ESTEVES, 1998). Seus valores podem ser determinados “in loco” utilizando um pH-metro portátil digital e em laboratório (GERALDO e CARNEIRO, 2000 e SODRÉ, 2007).

### 3.5.2.3 Cloreto

O cloreto é o ânion  $Cl^-$  decorrente da poluição dos esgotos domésticos e industriais. Para águas destinadas ao abastecimento público o cloreto provoca um sabor salgado á água (RIBEIRO, 1992). Para a determinação de cloreto pode-se utilizar o método de Mohr baseado em titular o nitrato de prata com solução-padrão de cloreto de sódio e solução de cromato de potássio (CETESB, 2009).

### 3.5.2.4 Nitrogênio

O Nitrogênio pode ser encontrado nas águas da chuva, no material orgânico e inorgânico de origem alóctone e na fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob varias formas: nitrato, nitrito, amônia, íon amônio, óxido nitroso, nitrogênio molecular, nitrogênio orgânico dissolvido, nitrogênio orgânico particulado (ESTEVES, 1998).

O nitrogênio amoniacal é resultante da decomposição do nitrogênio orgânico pela ação de microrganismos (NASCIMENTO, 2009). É uma forma nitrogenada reduzida que indica uma poluição não recente, apresentam-se maiores concentrações em períodos de menores precipitações pluviométricas, por não ter suas concentrações diluídas com as águas da chuva do período de maior precipitação. Para a determinação de N-amoniacal pode-se utilizar o Método de Nessler (SODRÉ, 2007).

#### 3.5.2.5 Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para organismos vivos e nas águas naturais ocorrem principalmente nas formas de ortofosfatos, polifosfatos e fosfatos organicamente ligados. Os fosfatos são originados principalmente do intemperismo de rochas contendo fósforo e decomposição de matéria orgânica (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003).

Esgotos contendo detergentes, efluentes industriais contribuem para o aumento da concentração de fósforo em corpos d'água. Altas concentrações de fosfato são indicativas de presença de poluição e são responsáveis por condições eutróficas (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003). Para a determinação do Teor de Fosfato pode se utilizar o Molibdato de Amônio e Ácido Ascórbico (SODRÉ, 2007).

#### 3.5.2.6 Clorofila

A clorofila é o principal pigmento fotossintetizante dos organismos fotoautótrofo, estando presentes em cianobactérias, algas, vegetais inferiores e superiores. A estimativa da concentração de clorofila em um ambiente aquático tem sido feita pela extração desse pigmento dos organismos do fitoplâncton (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

A concentração de clorofila permite uma abordagem preliminar sobre a ocorrência de microalgas do plâncton, podendo ser utilizado para se avaliar o nível trófico de um corpo d'água (ESTEVES, 1998; GASTALDINI e MENDONÇA, 2003). Para a determinação da clorofila utiliza-se o Método espectrofotométrico - tricromático (CETESB, 2009).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento bibliográfico foi realizado nas bibliotecas da Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Estadual do Pará (UEPA), Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), Instituto Evandro Chagas e Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), para obtenção dos estudos referentes à qualidade da água desenvolvidos nos lagos Bolonha e Água Preta.

De todos os trabalhos pesquisados realizou-se uma triagem dos quais foram selecionados apenas oito referências que apresentaram em suas pesquisas: pontos de coletas, métodos e equipamentos (utilizados para obtenção dos parâmetros físicos e químicos) semelhantes. Estas condições foram impostas a fim de que os dados obtidos nas pesquisas pudessem ser comparados com mais precisão.

Os trabalhos científicos presente nesta monografia foram realizados em 1993<sup>2</sup>, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007 e 2008, nos lagos Bolonha e Água Preta, e publicados posteriormente com os seguintes títulos:

1. Determinação de clorofila e avaliação da produtividade nos lagos Água Preta e Bolonha (GERALDO e CARNEIRO, 2000).
2. Avaliação da qualidade das águas superficiais do lagos Bolonha e Água Preta no período de Estiagem (SOUZA e LIMA, 2002).
3. Perfis de oxigênio dissolvido nos lagos Bolonha e Água Preta, Utinga. Belém-Pa (MENEZES *et al.*, 2002).
4. Relatório da qualidade da água bruta do manancial Utinga (AGUIAR, 2004).
5. Considerações ecológicas sobre o zooplâncton do lago Bolonha, Belém, Pará, Brasil (MELO *et al.*, 2006).
6. Estudo sedimentológico de um reservatório lacustre: caso do lago Água Preta na região metropolitana de Belém-PA (GOMES e PAIVA, 2007).
7. Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta, mananciais de Belém- Pará (SODRÉ, 2007).
8. Avaliação da qualidade da água superficial do manancial do Utinga que pertence ao sistema de abastecimento da cidade de Belém-Pa (VALE *et al.*, 2008).

---

<sup>2</sup> A pesquisa realizada em 1993 consta na referência de MELO *et al.*, 2006.

Durante o mês de setembro de 2009 foi realizada uma visita técnica nos lagos Bolonha e Água Preta para obtenção de imagens dos locais onde realizaram-se as coletas de água e sedimentos utilizadas para a determinação dos parâmetros físicos e químicos dos lagos. As imagens obtidas estão relacionadas com o espaço geográfico de onde foram coletadas as amostras, tendo como referência as descrições ambientais dos pontos de amostragens presentes nos trabalhos selecionados por este levantamento bibliográfico. Algumas imagens não puderam ser feitas no local (Figura 4, 7 e 8) em detrimento da falta de equipamentos adequados, sendo utilizadas imagens presente nos trabalhos de SODRÉ (2007) e GOMES e PAIVA (2007).

Obteve-se também uma identificação visual acerca das espécies de vegetação flutuante (macrófitas) presente nos lagos. No lago Bolonha onde a proliferação de macrófitas é maior, observou-se a predominância de três espécies: *Uchhornia crassipes* (aguapé), *Pistia stratioides* (alface-d'água) e *Salvinia sp.* (orelha de rato) em quase toda a superfície hídrica do lago. No lago Água Preta a presença de macrófitas se dá nas margens e próximo a entrada do canal de ligação.

No lago Água Preta os pontos de amostragens se deram próximo ao sistema de adução e captação do rio Guamá. Na captação a água é límpida, com presença de vegetação sobrenadante e floresta de terra firme. Na adutora do Rio Guamá, a água é barrenta (Figura 4).



Figura 4: Imagens dos sistemas de adução e captação do rio Guamá.  
Fonte: SODRÉ, 2007; GOOGLE EARTH, 2010.

Nos pontos localizados do lado direito do lago a água apresenta coloração marron esverdeada e presença de vegetação flutuante (Figura 5).



Figura 5: Imagens do lado direito do lago Água Preta.  
Fonte: PESQUISA DE CAMPO, 2010; GOOGLE EARTH, 2010.

No braço esquerdo do lago a água é límpida, presença de floresta de terra firme com vegetação sobrenadante nas margens (Figura 6).



Figura 6: Imagens do lado esquerdo do lago Água Preta.  
Fonte: PESQUISA DE CAMPO, 2010; GOOGLE EARTH, 2010.

Próximo do canal que une o lago Água Preta ao Bolonha encontra-se floresta de terra firme e vegetação flutuante na entrada do canal (Figura 7).



Figura 7: Imagens do canal que une os lagos Água Preta e Bolonha.  
Fonte: GOMES e PAIVA, 2007; GOOGLE EARTH, 2010.

No lago Bolonha os pontos de coletas estavam situados a montante do canal que une o lago Água Preta ao Bolonha. Apresentando água límpida e esverdeada e presença de vegetação externa ao longo do canal (Figura 8).



Figura 8: Imagens do canal que une os lagos Água Preta e Bolonha.  
Fonte: SODRÉ, 2007; GOOGLE EARTH, 2010.

No braço direito do lago Bolonha tem-se a dificuldade de acesso devido à grande quantidade de vegetação flutuante (Figura 9).

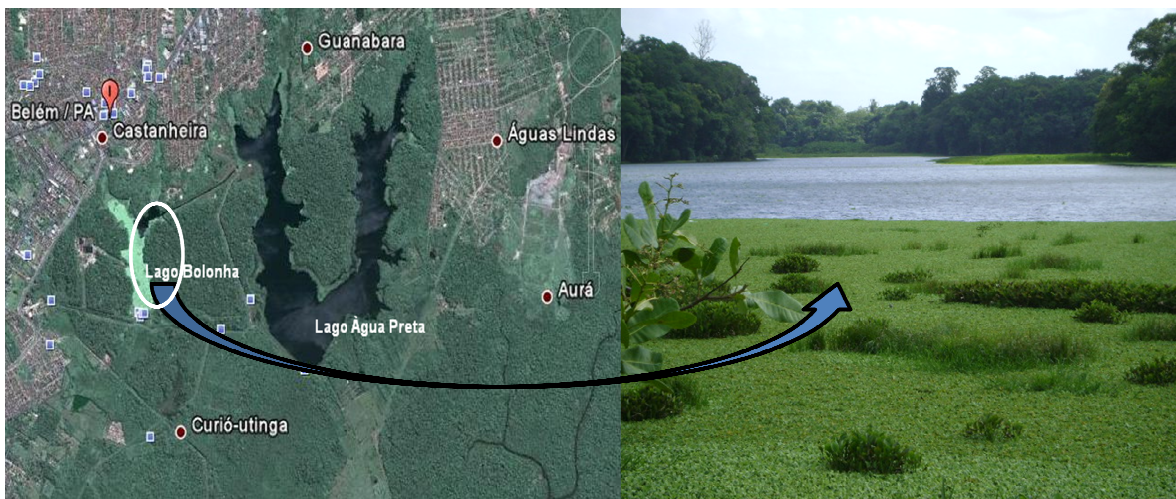


Figura 9: Imagens do braço direito do lago Bolonha.  
Fonte: PESQUISA DE CAMPO, 2010; GOOGLE EARTH, 2010.

Na superfície hídrica do lago Bolonha foram identificadas visualmente as espécies de macrófitas, *Uchhornia crassipes* (aguapé), *Pistia stratioides* (alface-d'-água) e *Salvinia sp.* (orelha de rato) (Figura 10).



Figura 10: Imagens de macrófitas identificadas visualmente.  
Fonte: PESQUISA DE CAMPO, 2010.

No braço esquerdo do lago Bolonha a coloração da água é bege, com grandes quantidades de macrófitas e nas margens encontram-se vegetação de pequeno e grande porte (Figura 11).



Figura 11: Imagens do braço esquerdo do lago Bolonha.  
Fonte: PESQUISA DE CAMPO, 2010; GOOGLE EARTH, 2010.

Próximo da estrada de terra que dá acesso ao lago Água Preta, a água é de coloração marrom, com intensa vegetação sobrenadante e floresta de terra firme. Existe também uma cisterna desativada (Figura 12).

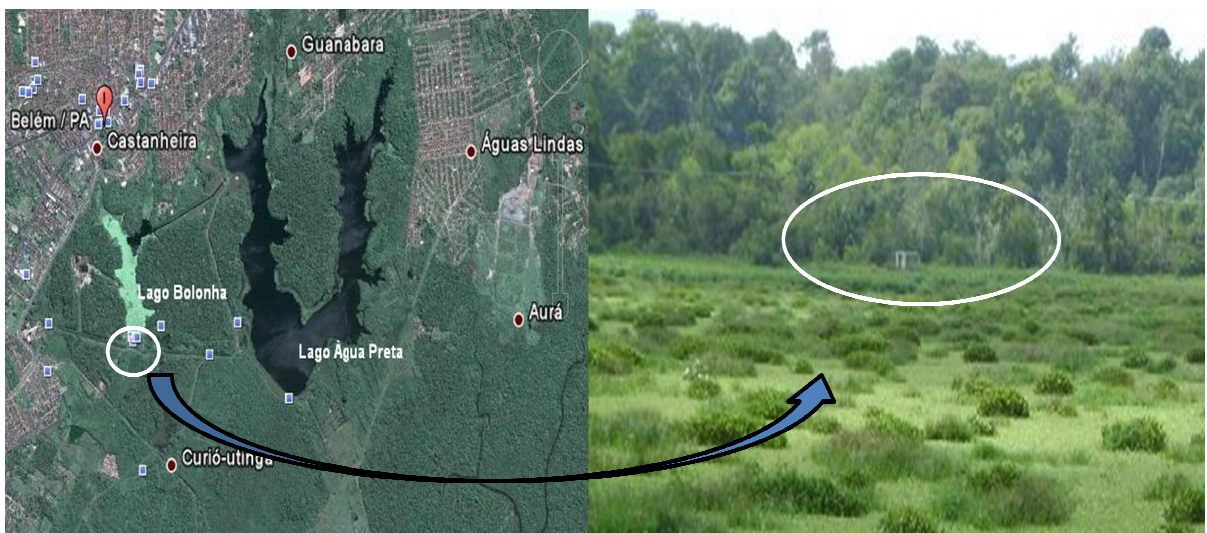


Figura 12: Imagens próximas da estrada de acesso ao lago Água Preta e de uma cisterna desativada.  
Fonte: PESQUISA DE CAMPO, 2010; GOOGLE EARTH, 2010.

Próximo da Estação de Tratamento de Água do Bolonha (ETA) a água é límpida e aproximadamente a 5,00 m da entrada para a ETA foi colocado um tirante para impedir a proliferação de vegetação flutuante. Externamente a esta área existe grande quantidade de macrófitas (Figura 13).



Figura 13: Imagens da entrada da ETA do lago Bolonha.  
Fonte: PESQUISA DE CAMPO, 2010; GOOGLE EARTH, 2010.

Os materiais e métodos utilizados nas pesquisas selecionadas foram: para amostras de água, garrafa Von Dorn e para o armazenamento da água coletada, garrafas Pet; para a determinação da temperatura, termômetros digitais; transparência, disco de Secchi; cor, colorímetro da marca HACH; potencial hidrogeniônico (pH), pH-metro portátil; oxigênio dissolvido, método de Winkler (APHA, 1995); turbidez, método Nefelométrico e turbidímetro; nitrato, método da redução de íon pela passagem na coluna de cádmio e espectrofotometria; fosfato, método do Molibdato de Amônio e Ácido ascórbico - APHA (1998) e espectrofotometria; N- amoniacal, método de Nessler e espectrofotometria; Clorofila *a*, *b*, *c*, espectrofotometria, e método tricromático (APHA, 1995).

Os parâmetros físicos e químicos dos mananciais foram verificados em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, publicada no Diário Oficial da União nº 53 de 18 de março de 2005.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 TEMPERATURA

No lago Bolonha três estudos realizaram medições da temperatura da água, os estudos de SOUZA e LIMA (2002) e MELO *et al.*, (2006) foram realizados durante o período seco e VALE *et al.*, (2008) durante o período chuvoso. Tais estudos não mostraram variações significativas da temperatura. A temperatura mínima de 29,5°C ocorreu em setembro de 1993 e a máxima de 35,8°C em novembro de 2002 (Tabela 3).

De acordo com MELO *et al.*, (2006), a estabilidade térmica pode ser ocasionada pelas baixas profundidades do lago, podendo a profundidade variar de acordo com as estações do ano e aumentando durante o período chuvoso. Para ESTEVES (1998) a maioria dos lagos da região amazônica apresenta amplitude de variação diária de temperatura maior do que amplitude sazonal.

No lago Água Preta três estudos analisaram a temperatura da água, SOUZA e LIMA (2002) registraram para o período seco, VALE *et al.*, (2008) durante o período chuvoso e SODRÉ (2007) durante o ano todo. O lago Água Preta não apresentou uma variação significativa da temperatura durante o período analisado. A temperatura mínima registrada foi de 30,15°C em fevereiro de 2006 e máxima de 32,04°C em outubro de 2006 (Tabela 3).

SODRÉ (2007) registrou temperaturas médias do ar abaixo de 2,5°C da temperatura da água no lago Água Preta, durante o período de janeiro de 2006 a janeiro de 2007. Segundo o autor, isto pode ser explicado pela capacidade da água de reter calor devido a sua alta capacidade calorífica contribuindo para que as flutuações térmicas da massa líquida sejam mais acentuadas que as do ar.

A Resolução CONAMA 357/05 não estipula valores para a Temperatura de corpos d'água.

Tabela 3: Temperaturas registradas nos lagos Bolonha e Água Preta.

<b>Lago</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>
Bolonha	33,40	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	35,80	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	35,40	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	30,00	Set.	1993	MELO <i>et al.</i> , 2006
Bolonha	29,50	Set.	1993	MELO <i>et al.</i> , 2006
Bolonha	31,00	Set.	1993	MELO <i>et al.</i> , 2006
Bolonha	29,80	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	29,79	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	29,79	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	29,80	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	29,79	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	32,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Água Preta	31,70	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Água Preta	30,15	Fev.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	30,92	Mar.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	31,02	Abr.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	30,32	Mai.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	30,99	Jun.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	31,50	Jul.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	30,89	Ago.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	31,47	Set.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	32,04	Out.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	31,16	Nov.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	31,40	Dez.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	31,40	Jan.	2007	SODRÉ, 2007
Água Preta	31,27	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	31,26	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	31,25	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	31,24	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	31,24	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008

Onde: T – Temperatura.

## 5.2 TURBIDEZ

A turbidez da água do lago Bolonha foi analisada em quatro estudos, dois deles foram desenvolvidos no período chuvoso (GERALDO e CARNEIRO, 2000 e VALE *et al.*, 2008), um durante o período seco (SOUZA e LIMA, 2002) e o outro durante o ano inteiro (AGUIAR, 2004). O valor mínimo de turbidez registrado no lago Bolonha foi de 2,83 UNT (Unidade Nefelométria de Turbidez) durante agosto de 2004 e o máximo de 16,00 UNT durante abril de 2008 (Tabela 4).

No trabalho de AGUIAR (2004) valores de turbidez menores que 4,00 UNT foram registrados no lago Bolonha durante os meses de junho a setembro de 2004, fato este atribuído ao período de menor índice pluviométrico da região.

A turbidez da água do lago Água Preta foi registrada por cinco estudos, SOUZA e LIMA (2002) registraram a turbidez durante o período seco, GERALDO e CARNEIRO (2000) e VALE *et al.*, (2008) durante o período chuvoso e AGUIAR (2004) e SODRÉ (2007) estudaram a variação anual da turbidez. O valor mínimo registrado foi de 4,00 UNT durante o mês de novembro de 2002, o valor máximo foi de 79,30 UNT em dezembro de 2003 (Tabela 4).

A água barrenta do rio Guamá exerce influência nos valores de turbidez do lago Água Preta, uma vez que, essa água é recalçada constantemente para o lago ocasionando uma maior movimentação na água do lago, dificultando a sedimentação dos sólidos em suspensão.

Os valores de Turbidez do lago Água Preta registrados no trabalho de AGUIAR (2004) apresentaram certa discrepância, observou-se que a turbidez em dezembro de 2003 foi de 79,30 UNT e 7,22 UNT, isto ocorreu provavelmente devido à localização dos pontos em que foram realizadas as coletas.

Nos estudos de SODRÉ (2007) os maiores valores da turbidez encontrados no lago Água Preta foram detectados no fundo, uma vez que, o lago funciona como um pré-tratamento de água, ou seja, um processo de decantação do material em suspensão.

Todos os valores de turbidez obtidos da água dos lagos Bolonha e Água Preta estão dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 que recomenda valores abaixo de 100 UNT.

Tabela 4: Turbidez das águas dos lagos Bolonha e Água Preta.

<b>Lago</b>	<b>Turbidez (UNT)</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>
Bolonha	6,20	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2000
Bolonha	7,60	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2000
Bolonha	8,30	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2000
Bolonha	5,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	7,10	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	3,10	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	5,32	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	5,74	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	5,22	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	4,64	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	5,79	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	10,40	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	7,19	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	12,86	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	13,87	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	3,86	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	3,51	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	2,83	Ago.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	3,60	Set.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	14,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	16,00	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	15,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	15,00	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	14,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	18,00	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2000
Água Preta	16,50	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2000
Água Preta	17,50	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2000
Água Preta	18,40	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Água Preta	4,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Água Preta	6,12	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	46,20	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	75,30	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	79,30	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	5,30	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	9,08	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	5,03	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	7,22	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	17,90	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	15,00	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	4,97	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	30,50	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	33,80	Mai.	2004	AGUIAR, 2004

Tabela 4: Turbidez das águas dos lagos Bolonha e Água Preta (continuação).

Lago	Turbidez (UNT)	Mês	Ano	Autor
Água Preta	5,25	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	9,55	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	9,90	Ago.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	11,10	Set.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	12,30	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	14,80	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	5,16	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	7,16	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,43	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	15,20	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	7,81	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,15	Ago.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	25,40	Set.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	14,20	Fev.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	9,50	Mar.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	8,50	Abr.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	11,40	Mai.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	17,20	Jun.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	18,50	Jul.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	19,10	Ago.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	21,90	Set.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	15,90	Out.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	17,30	Nov.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	16,30	Dez.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	10,20	Jan.	2007	SODRÉ, 2007
Água Preta	24,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	25,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	24,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	24,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	23,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008

Onde: UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez.

### 5.3 COR APARENTE

A cor aparente da água do Lago Bolonha foi analisada em três estudos, dois ocorreram durante o período chuvoso (GERALDO e CARNEIRO, 2000 e VALE *et al.*, 2008) e um no período seco (SOUZA e LIMA, 2002). O valor mínimo registrado foi de 18,00 UC (Unidade de Cor) no mês de novembro de 2002 e máximo de 95,00 UC no mês de abril de 2008 (Tabela 5).

No lago Bolonha os valores para cor aparente apresentaram duas características; nos trabalhos de GERALDO e CARNEIRO (2000); e SOUZA e LIMA (2002) os valores variaram entre 18,00 a 41,00 UC, isto ocorreu devido à capacidade de diluição em relação à formação de compostos coloridos, originados pela decomposição da biomassa vegetal. E no relatório desenvolvido por VALE *et al.*, (2008) os valores se deram acima de 85,00 UC.

A cor aparente da água do Lago Água Preta foi analisada em três estudos, SOUZA e LIMA (2002) desenvolvido no período seco, VALE *et al.*, (2008) no período chuvoso e SODRÉ (2007) o ano inteiro. O valor mínimo para cor aparente foi de 13,00 UC registrada no mês de novembro de 2002 e o máximo de 224,00 UC registrado no mês de setembro de 2006 (Tabela 5).

O valor médio da cor aparente no lago Água Preta foi maior que no lago Bolonha em virtude da grande presença de sólidos em suspensão nas águas do rio Guamá, uma vez que essas águas exercem maior influência no lago Água Preta (GERALDO e CARNEIRO, 2000).

A coloração escura dos lagos Bolonha e Água Preta são provenientes do desprendimento de substâncias húmicas, uma vez que os lagos passaram por um processo de represamento de rios e igarapés na década de 30, restando no fundo dos lagos muito material vegetal (SODRÉ, 2007).

A Resolução CONAMA 357/05 não estipula valores para a Cor aparente de corpos d'água.

Tabela 5: Cor aparente das águas dos lagos Bolonha e Água Preta.

<b>Lago</b>	<b>Cor (UC)</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>
Bolonha	34,30	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2000
Bolonha	37,00	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2000
Bolonha	40,50	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2000
Bolonha	22,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	36,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	18,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	91,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	95,00	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	92,00	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	85,00	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	85,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	47,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Água Preta	13,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002

Tabela 5: Cor aparente das águas dos lagos Bolonha e Água Preta (continuação).

Lago	Cor (UC)	Mês	Ano	Autor
Água Preta	194,00	Fev.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	153,00	Mar.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	109,00	Abr.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	186,00	Mai.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	223,00	Jun.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	218,00	Jul.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	205,00	Ago.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	224,00	Set.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	186,00	Out.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	187,00	Nov.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	137,00	Dez.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	123,00	Jan.	2007	SODRÉ, 2007
Água Preta	141,00	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	144,00	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	139,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	143,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	134,50	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008

Onde: UC - Unidade de Cor.

#### 5.4 TRANSPARÊNCIA

A transparência do lago Bolonha foi analisada por MELO *et al.*, (2006) no mês de setembro de 1993. Os valores apresentados foram menores que 1,00 m, uma vez que, o lago Bolonha apresenta baixa transparência devido à grande quantidade de material em suspensão, dificultando a penetração de luz e reduzindo a zona fotossintética (Tabela 6).

A transparência do lago Água Preta foi apresentada por SODRÉ (2007), as coletas foram realizadas tanto no período menos chuvoso ou seco (junho a novembro) quanto no período chuvoso (dezembro a maio). A transparência da água superior a 1,00 m se deu no período de maior precipitação (com exceção do mês de setembro), isto se deve a diluição que as águas do rio Guamá, de elevada cor aparente e turbidez sofrem com as águas das chuvas (Tabela 6).

A Resolução CONAMA 357/05 não estipula valores para a Transparência de corpos d'água.

Tabela 6: Transparência dos lagos Bolonha e Água Preta.

Lago	Transparência (m)	Mês	Ano	Autor
Bolonha	0,80	Set.	1993	MELO <i>et al.</i> , 2006
Bolonha	0,60	Set.	1993	MELO <i>et al.</i> , 2006
Bolonha	0,90	Set.	1993	MELO <i>et al.</i> , 2006
Água Preta	1,05	Fev.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	1,00	Mar.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	1,11	Abr.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,81	Mai.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,77	Jun.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,74	Jul.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,64	Ago.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	1,78	Set.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,65	Out.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,89	Nov.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	1,03	Dez.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	1,05	Jan.	2007	SODRÉ, 2007

## 5.5 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O oxigênio dissolvido (OD) do lago Bolonha foi analisada em quatro estudos, três no período seco (MENEZES *et al.*, 2002 ; SOUZA e LIMA 2002; MELO *et al.*, 2006) e dois no período chuvoso (MENEZES *et al.*, 2002 e VALE *et al.*, 2008). O valor mínimo de OD foi  $< 0,05$  no mês de maio de 2000 e o valor máximo de 8,53 no mês de abril de 2008 (Tabela 7).

A diferença entre os resultados mínimos e máximos é atribuída a dois fatores, o primeiro se deve as chuvas que ocorrem na região, dos quais transportam para os lagos uma quantidade significativa de matéria orgânica provocando quedas nos valores de oxigênio dissolvido (MENEZES *et al.*, 2002) e o segundo devido a localização dos pontos em que foram realizadas as coletas.

Alguns pontos em que foram realizadas as coletas se encontravam próximo à margem dos lagos com grande presença de vegetação, ocasionando aumento de matéria orgânica e diminuição da fotossíntese em regiões mais profundas pela menor incidência de raios solares.

Outros pontos estavam localizados em áreas que não sofrem grandes influências antrópicas; e também houve aqueles que além de receberem influências antrópicas e apresentarem presença de vegetação ainda sofrem turbulência no local de amostragem, devido à proximidade com o canal que une os dois lagos.

O Oxigênio Dissolvido no lago Água Preta foi apresentado em três estudos, dois no período chuvoso (MENEZES *et al.*, 2002 e VALE *et al.*, 2008) e um durante o ano todo (SODRE, 2007) (Figura 7).

No trabalho desenvolvido por MENEZES *et al.*, (2002) alguns valores de OD dos lagos Bolonha e Água Preta apresentaram-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 375/05 ( $\geq 5$  mg/ L), este fator é atribuído ao período da estiagem na região no qual a contribuição do rio Guamá é maior ocorrendo grande presença de sólidos em suspensão e nos meses de maior volume de pluviosidade a contribuição do rio Guamá é reduzida, uma vez que a recarga dos lagos através do aumento das chuvas é suficiente para manter o nível de água.

SODRÉ (2007) registrou um valor de oxigênio dissolvido superior a 5,0 mg/L<sup>-1</sup> apenas no mês de março de 2006 em virtude de ser o mês com maior índice pluviométrico da região. Nos demais meses do ano o valor de OD foi inferior ao estabelecido pela Resolução CONAMA 375/05.

Verificou-se que as maiores concentrações de OD no lago Água Preta se deu á jusante do local de entrada da água aduzida do rio Guamá, isto pode estar relacionada provavelmente a aeração que a água sofre antes da entrada no lago Água Preta, além da troca entre a atmosfera e a água e o processo fotossintético (SODRÉ, 2007).

A presença de matéria orgânica proveniente das atividades antrópicas que existem próximos às margens dos lagos também interfere nos valores de oxigênio dissolvido, uma vez que a lixiviação de substâncias húmicas, próprias da constituição do solo adjacente é maior e sua decomposição propicia o consumo de oxigênio da massa d'água (MENEZES *et al.*, (2002).

Tabela 7: Oxigênio Dissolvido dos lagos Bolonha e Água Preta.

<b>Lago</b>	<b>OD (mg/L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>
Bolonha	5,00	Mai.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	1,10	Mai.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	0,05	Mai.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	4,90	Mai.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	3,80	Mai.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	< 0,05	Mai.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	6,20	Out.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	5,70	Out.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	3,00	Out.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	0,50	Out.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	2,50	Out.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	3,00	Out.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	5,70	Jan.	2001	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	2,50	Jan.	2001	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	0,70	Jan.	2001	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	4,10	Jan.	2001	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	3,00	Jan.	2001	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	0,70	Jan.	2001	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Bolonha	5,40	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	3,70	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	3,70	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	6,60	Set.	1993	MELO <i>et AL.</i> , 2006
Bolonha	2,13	Set.	1993	MELO <i>et AL.</i> , 2006
Bolonha	6,40	Set.	1993	MELO <i>et AL.</i> , 2006
Bolonha	7,46	Abr.	2008	VALE <i>et AL.</i> , 2008
Bolonha	7,94	Abr.	2008	VALE <i>et AL.</i> , 2008
Bolonha	8,04	Abr.	2008	VALE <i>et AL.</i> , 2008
Bolonha	8,53	Abr.	2008	VALE <i>et AL.</i> , 2008
Bolonha	8,34	Abr.	2008	VALE <i>et AL.</i> , 2008
Água Preta	7,80	Mai.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Água Preta	1,10	Mai.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Água Preta	< 0,05	Mai.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Água Preta	6,70	Out.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Água Preta	6,00	Out.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Água Preta	5,80	Out.	2000	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Água Preta	5,80	Jan.	2001	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Água Preta	3,50	Jan.	2001	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002
Água Preta	2,20	Jan.	2001	MENEZES <i>et AL.</i> ,2002

Onde: OD - Oxigênio Dissolvido.

Tabela 7: Oxigênio Dissolvido dos lagos Bolonha e Água Preta (continuação).

Lago	OD (mg/L)	Mês	Ano	Autor
Água Preta	5,80	Mai.	2000	MENEZES <i>et al.</i> , 2002
Água Preta	1,00	Mai.	2000	MENEZES <i>et al.</i> , 2002
Água Preta	0,30	Mai.	2000	MENEZES <i>et al.</i> , 2002
Água Preta	6,80	Out.	2000	MENEZES <i>et al.</i> , 2002
Água Preta	6,20	Out.	2000	MENEZES <i>et al.</i> , 2002
Água Preta	5,30	Out.	2000	MENEZES <i>et al.</i> , 2002
Água Preta	6,00	Jan.	2001	MENEZES <i>et al.</i> , 2002
Água Preta	4,50	Jan.	2001	MENEZES <i>et al.</i> , 2002
Água Preta	3,20	Jan.	2001	MENEZES <i>et al.</i> , 2002
Água Preta	3,77	Fev.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	5,16	Mar.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	3,67	Abr.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	4,63	Mai.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	4,25	Jun.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	4,85	Jul.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	4,80	Ago.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	4,88	Set.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	4,80	Out.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	4,39	Nov.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	3,94	Dez.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	4,66	Jan.	2007	SODRÉ, 2007
Água Preta	8,48	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	8,19	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	7,97	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	7,95	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	8,08	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008

Onde: OD – Oxigênio Dissolvido

## 5.6 POTENCIAL HIDROGÊNIONICO

O potencial hidrogênionico (pH) do lago Bolonha foi apresentado em cinco trabalhos, dois no período chuvoso (GERALDO e CARNEIRO, 2002, VALE *et al.*, 2008), dois no período seco (SOUZA e LIMA, 2002 e MELO *et al.*, 2006 e) e um o ano todo (AGUIAR, 2004). O pH mínimo foi de 5,70 no mês de setembro de 2004 e o máximo foi de 7,33 em setembro de 1993 (Tabela 8).

De acordo com RIBEIRO (1992) os índices de pH entre 5,5 e 6,2 revelam características predominantes de águas amazônicas, nos quais apresentam valores levemente ácidos devido à solubilização de substâncias húmicas e fúlvicas. Os valores apresentados por SOUZA e LIMA (2002) se enquadram nas características de águas amazônicas, mas não obedece aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 375/05 que estipula para o pH, valores entre 6 e 9.

O pH do lago Água Preta foi apresentado em cinco trabalhos, dois no período chuvoso (GERALDO e CARNEIRO, 2002, e VALE *et al.*, 2008) um no período seco (SOUZA e LIMA, 2002) e dois o ano inteiro (AGUIAR, 2004 e SODRÉ, 2007). O pH mínimo foi de 5,50 no mês de janeiro de 2000 e o máximo foi de 6.93 em junho de 2003 (Tabela 8).

De acordo com GERALDO e CARNEIRO (2002) valores baixos de pH encontrados no lago água Preta podem ser justificado pela grande presença de águas oriundas do rio Guamá.

Tabela 8: pH dos lagos Bolonha e Água Preta.

<b>Lago</b>	<b>pH</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>
Bolonha	6,10	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2002
Bolonha	6,20	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2002
Bolonha	6,10	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2002
Bolonha	5,94	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	5,85	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	5,87	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	6,30	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	6,40	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	6,50	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	6,40	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	6,50	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	6,30	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	6,70	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	6,30	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	6,00	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	6,10	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	5,90	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	6,10	Ago.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	5,70	Set.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	7,33	Set.	1993	MELO <i>et al.</i> , 2006
Bolonha	6,16	Set.	1993	MELO <i>et al.</i> , 2006
Bolonha	6,05	Set.	1993	MELO <i>et al.</i> , 2006

Tabela 8: pH dos lagos Bolonha e Água Preta (continuação).

<b>Lago</b>	<b>pH</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>
Bolonha	6,00	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	6,11	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	6,05	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	5,50	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2002
Água Preta	6,00	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2002
Água Preta	6,20	Jan.	2000	GERALDO e CARNEIRO, 2002
Água Preta	6,07	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Água Preta	5,75	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Água Preta	6,60	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,60	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	5,80	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,10	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	5,90	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	5,90	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	5,70	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,10	Ago.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,10	Set.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,50	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,60	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	5,80	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,40	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,50	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,10	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	5,70	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,10	Ago.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,30	Set.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	6,60	Fev.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	6,68	Mar.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	6,71	Abr.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	6,89	Mai.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	6,93	Jun.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	6,82	Jul.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	6,12	Ago.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	6,20	Set.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	6,28	Out.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	6,18	Nov.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	5,98	Dez.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	6,18	Jan.	2007	SODRÉ, 2007
Água Preta	6,27	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	6,25	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	6,24	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	6,26	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	6,30	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008

## 5.7 N- AMONIACAL

O N-amoniaco do lago Bolonha foi apresentado por dois autores, sendo que AGUIAR (2004) realizou suas pesquisas em ambos os períodos (chuvoso e seco) e VALE *et al.*, (2008) apenas no período chuvoso. O N-amoniaco mínimo foi de 0,03 mg / L<sup>-1</sup> no mês de dezembro de 2003 e o máximo foi de 0,83 mg / L<sup>-1</sup> em abril de 2008 (Tabela 9).

No trabalho de AGUIAR (2004) os valores de N-amoniaco no lago Bolonha no período de setembro a dezembro de 2003 apresentaram variações. No mês de abril de 2008 os teores apresentados por VALE *et al.*, (2008) se mostraram próximos, mas comparado com os estudos realizados no mesmo período em 2004, houve um grande acréscimo nos valores, isto pode ser atribuído ao fato das coletas apresentadas por VALE *et al.*, (2008) terem sido realizadas em um único ponto variando apenas a profundidade.

O N-amoniaco do lago Água Preta foi apresentado em três trabalhos, dois durante o ano todo (AGUIAR, 2004 e SODRÉ, 2007) e um no período chuvoso (VALE *et al.*, 2008). O N-amoniaco mínimo foi de 0,02 no mês de junho de 2004 e o máximo foi de 0,65 em abril de 2008 (Tabela 9).

A maior concentração de N-amoniaco do lago Água Preta se deu nos pontos a montante da entrada do rio Guamá, uma vez que os pontos se encontravam numa área de menor turbulência das águas, menor aeração e ambiente mais propício as reações de redução de nitrato a N- Amoniaco (SODRÉ, 2007).

Os valores de N- amoniaco dos lagos Bolonha e Água Preta apresentaram valores abaixo do estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 que é de 3,7 mg / L<sup>-1</sup>. Isto pode ser atribuído ao volume de chuvas da região, uma vez que em períodos de maior precipitação os valores de N-amoniaco registram menores concentrações (SODRÉ, 2007).

Tabela 9: N-amoniaco dos lagos Bolonha e Água Preta.

Lago	N- amoniaco (mg.L <sup>-1</sup> )	Mês	Ano	Autor
Bolonha	0,08	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,06	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,08	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,06	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,06	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,80	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,10	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,03	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,08	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,35	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,04	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,06	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,17	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,83	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,76	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,76	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,73	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,80	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,10	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,08	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,10	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,08	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,12	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,10	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,12	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,12	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,70	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,08	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,20	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,15	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,18	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,18	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,15	Ago.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,12	Set.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,12	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,10	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,24	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,17	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,18	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,18	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,12	Ago.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,06	Set.	2004	AGUIAR, 2004

Tabela 9: N-amoniaco dos lagos Bolonha e Água Preta (continuação).

Lago	N- amoniacal (mg.L <sup>-1</sup> )	Mês	Ano	Autor
Água Preta	0,55	Fev.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,09	Mar.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,20	Abr.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,17	Mai.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,16	Jun.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,16	Jul.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,36	Ago.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,40	Set.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,39	Out.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,47	Nov.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,35	Dez.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,33	Jan.	2007	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,61	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,61	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,61	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,63	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,65	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008

## 5.8 NITRATO

O Nitrato do lago Bolonha foi analisado por dois estudos, sendo que AGUIAR (2004) realizou suas pesquisas tanto no período chuvoso quanto no período seco e VALE *et al.*, (2008) apenas no período chuvoso. O Nitrato mínimo foi de 0,02 mg.L<sup>-1</sup> e o máximo foi de 0,16 mg.L<sup>-1</sup> em abril de 2008 (Tabela 10).

Os teores de Nitrato do lago Bolonha em abril de 2004 era de 0,02 mg. L<sup>-1</sup>, quatro anos mais tarde para o mesmo período esse valor aumentou oito vezes, este fato pode estar atribuído a carga poluidora originada dos esgotos domésticos próximos as nascentes dos lagos (Tabela 10).

O Nitrato do lago Água Preta foi apresentado em três trabalhos, dois durante o ano todo (AGUIAR, 2004 e SODRÉ, 2007) e um no período chuvoso (VALE *et al.*, 2008). O Nitrato mínimo foi 0,0 no mês de setembro de 2004 e máximo foi de 0,63 em novembro de 2006 (Tabela 10). Os valores de Nitrato dos lagos Bolonha e Água Preta estão de acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA que é de 10 mg / L<sup>-1</sup>.

Tabela10: Nitrato dos lagos Bolonha e Água Preta.

Lago	Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> )	Mês	Ano	Autor
Bolonha	0,02	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,02	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,04	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,02	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,02	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,02	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,02	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,02	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,02	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,02	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,03	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,02	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,03	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	0,16	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,16	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,13	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,11	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,12	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,06	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,04	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,08	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,04	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,08	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,04	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,08	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,05	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,04	Ago.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,08	Set.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,04	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Mai.	2004	AGUIAR, 2004

Tabela 10: Nitrato dos lagos Bolonha e Água Preta (continuação).

Lago	Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> )	Mês	Ano	Autor
Água Preta	0,02	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,02	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,04	Ago.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,00	Set.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	0,39	Mar.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,11	Mai.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,13	Jun.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,07	Jul.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,38	Ago.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,33	Set.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,37	Out.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,64	Nov.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,41	Dez.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,39	Jan.	2007	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,11	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,10	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,10	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,08	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,09	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008

## 5.9 FOSFATO

O fosfato do lago Bolonha foi estudado por VALE *et al.*, (2008) no período seco, com mínimo de 0,03 mg.L<sup>-1</sup> e máximo de 0,18 mg.L<sup>-1</sup> ambos no mês de abril de 2008 (Tabela 11). Os teores de fosfato no lago Bolonha apresentaram valores diferenciados em função das profundidades em que foram coletadas as amostras VALE *et al.*, (2008).

O fosfato do lago Água Preta foi apresentado em dois estudos, um durante o ano todo (SODRÉ, 2007) e o outro apenas no período chuvoso (VALE *et al.*, 2008). O fosfato mínimo foi de 0,01 mg.L<sup>-1</sup> no mês de março de 2006 e máximo de 0,09 mg.L<sup>-1</sup> no mês de outubro de 2006 (Tabela 11).

As maiores concentrações de fosfato do lago Água Preta podem estar relacionadas às profundidades nos pontos de amostragem e a ação dos ventos que pode estar favorecendo a ressuspensão dos sedimentos para a coluna d'água (SODRÉ, 2007).

A Resolução CONAMA 357/05 não estipula valores para teores de Fosfato em corpos d'água.

Tabela 11: Fosfato dos lagos Bolonha e Água Preta.

Lago	Fosfato (mg.L <sup>-1</sup> )	Mês	Ano	Autor
Bolonha	0,10	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,03	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,08	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,18	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Bolonha	0,05	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,03	Fev.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,01	Mar.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,02	Abr.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,06	Mai.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,03	Jun.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,02	Jul.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,02	Ago.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,03	Set.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,09	Out.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,06	Nov.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,04	Dez.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,02	Jan.	2007	SODRÉ, 2007
Água Preta	0,04	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,04	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,04	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,02	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008
Água Preta	0,04	Abr.	2008	VALE <i>et al.</i> , 2008

## 5.10 CLORETO

Os teores de Cloreto dos lagos Bolonha e Água Preta foram analisados por dois autores, um no período seco (SOUZA e LIMA, 2002) e o outro em ambos os períodos (AGUIAR, 2004). O Cloreto mínimo e máximo do lago Bolonha foram respectivamente, 8,0 mg. L<sup>-1</sup> no mês de fevereiro de 2004 e máximo de 46,0 mg.L<sup>-1</sup> em novembro de 2003; para o lago Água Preta o mínimo foi de 8,0 mg. L<sup>-1</sup> nos meses de maio, junho e agosto de 2004 e máximo de 44,0 mg.L<sup>-1</sup> em novembro de 2004 (Tabela 12).

A Resolução CONAMA 357/05 não estipula valores para teores de Cloreto em corpos d'água.

Tabela 1: Cloreto dos lagos Bolonha e Água Preta.

<b>Lago</b>	<b>Cloreto (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>
Bolonha	40,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	40,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	40,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Bolonha	15,00	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	20,00	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	46,00	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	39,00	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	26,00	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	15,00	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	12,00	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	12,00	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Bolonha	9,00	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	8,00	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	13,00	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	9,00	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Bolonha	12,00	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	40,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Água Preta	25,00	Nov.	2002	SOUZA e LIMA, 2002
Água Preta	14,00	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	27,00	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	28,00	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	21,00	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	12,00	Set.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	21,00	Out.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	44,00	Nov.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	28,00	Dez.	2003	AGUIAR, 2004
Água Preta	22,00	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	12,00	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	12,00	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	9,00	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	8,00	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	9,00	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	11,00	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	8,00	Ago.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	12,00	Set.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	25,00	Jan.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	15,00	Fev.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	12,00	Mar.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	12,00	Abr.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	9,00	Mai.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	8,00	Jun.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	10,00	Jul.	2004	AGUIAR, 2004
Água Preta	9,00	Ago.	2004	AGUIAR, 2004

## 5.11 SÓLIDOS SUSPENSOS

A concentração de sólidos suspensos foi realizada apenas no lago Água Preta e foi apresentado em dois trabalhos, um durante o ano todo (SODRÉ, 2007) e o outro no período seco (GOMES e PAIVA, 2007). A concentração mínima de sólidos em suspensão foi de 7,00 mg.L<sup>-1</sup> no mês de fevereiro de 2006 e máximo de 97,62 mg.L<sup>-1</sup> no mês de setembro de 2006 (Tabela 13).

Nos pontos de amostragens localizados próximos a jusante do rio Guamá as concentrações de sólidos suspensos foram menores (SODRÉ, 2007; GOMES e PAIVA, 2007). De acordo com GOMES e PAIVA (2007) as maiores concentrações se deram próximos a captação que une os lagos Bolonha e Água Preta, o mesmo não ocorreram com as concentrações apresentadas por SODRÉ (2007) isto pode ser explicado pelo método que ambos utilizaram. GOMES e PAIVA (2007) determinaram a concentração de sedimentos em suspensão pelo método da filtração e SODRÉ (2007) pelo método Gravimétrico. A Resolução CONAMA 357/05 não estipula valores sólidos em suspensão em corpos d'água.

Tabela 13: Concentração de Sedimentos em Suspensão do lago Água Preta.

Lago	Sólidos Totais Suspensos (mg.L <sup>-1</sup> )	Mês	Ano	Autor
Água Preta	7,00	Fev.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	9,00	Mar.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	17,00	Abr.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	12,00	Mai.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	26,00	Jun.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	22,00	Jul.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	25,00	Ago.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	24,00	Set.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	24,00	Out.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	24,00	Nov.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	18,00	Dez.	2006	SODRÉ, 2007
Água Preta	14,00	Jan.	2007	SODRÉ, 2007
Água Preta	97,62	Set.	2006	GOMES e PAIVA, 2007
Água Preta	85,29	Set.	2006	GOMES e PAIVA, 2007
Água Preta	68,23	Set.	2006	GOMES e PAIVA, 2007
Água Preta	22,04	Set.	2006	GOMES e PAIVA, 2007
Água Preta	12,24	Set.	2006	GOMES e PAIVA, 2007
Água Preta	12,30	Set.	2006	GOMES e PAIVA, 2007
Água Preta	33,14	Set.	2006	GOMES e PAIVA, 2007
Água Preta	15,15	Set.	2006	GOMES e PAIVA, 2007

## 5.12 GRAU DE TROFIA E INDICE DE ESTADO TRÓFICO

GERALDO e CARNEIRO (2000) classificaram o grau de trofia dos lagos Bolonha e Água Preta utilizando o critério da concentração de clorofila *a,b,c*, associada à questão de produtividade. Os lagos Bolonha (BO 01 a BO 03) e Água Preta (AP 01 a 03) foram classificados em eutrófico e hipertrófico (Tabela 14).

Tabela 14: Caracterização trófica dos lagos Bolonha e Água Preta.

Lago	Clorofila a (µg/L)	Clorofila b (µg/L)	Clorofila c (µg/L)	Caracterização Trófica	Mês	Ano
BO 01	16,5439	6,8759	9,3082	eutrófica	Jan.	2000
BO 02	16,2406	2,4713	4,0382	eutrófica	Jan.	2000
BO 03	19,4023	2,1418	4,3639	hipertrófica	Jan.	2000
AP 01	12,3768	4,6591	5,654	eutrófica	Jan.	2000
AP 02	20,8573	4,0584	6,7204	hipertrófico	Jan.	2000
AP 03	18,3825	4,859	8,0236	hipertrófico	Jan.	2000

VALE *et al.*, (2008) calcularam o IET através da concentração de Fósforo, classificando o lago Bolonha como um lago oligotrófico (corpo de água de baixa produtividade, sem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes) e o lago Água Preta como ultraoligotrófico (corpo de água de produtividade muito baixa e com concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água (Tabela 15).

Tabela 15: IET dos lagos Bolonha e Água Preta.

Lago	IET	Fósforo (µ/L)	C. Trófica	Mês	Ano	Autor
Bolonha	51	30	Oligotrófico	Abril	2008	VALE <i>et al.</i> , (2008)
Água Preta	47	13	Ultraoligotrófico	Abril	2008	VALE <i>et al.</i> , (2008)

Onde: IET – Índice de Estado Trófico.

A cada uma das características do lago em relação a esses indicadores é conferido um valor numérico, que através de uma fórmula empírica determina-se o IET. Entretanto, a correlação entre esses fatores é imperfeita, e o mesmo lago pode ser classificado como oligotrófico, mesotrófico ou eutrófico (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fator determinante de uma revisão literária é a reunião de várias pesquisas realizadas acerca de um estudo em comum. Para este levantamento o estudo semelhante a todas as pesquisas selecionadas foram os mananciais do Utinga, compostos pelos lagos Bolonha e Água Preta, devido a sua importância como reservatórios de abastecimento público de água da Região metropolitana de Belém.

Existem dezenas de trabalhos, artigos, textos, notas de jornais e etc. relacionados à preservação dos lagos. Através deste levantamento obteve-se a conclusão que o índice pluviométrico da região, as águas do rio Guamá e as ações antrópicas apresentam-se como fatores de alterações nos parâmetros físicos e químicos dos mananciais.

As águas do rio Guamá que são recalçadas para o lago Água Preta e posteriormente para o Bolonha, ocasiona uma maior movimentação das águas dos lagos influenciando os valores da turbidez, (em virtude da dificuldade em realizar o processo de sedimentação e reduzindo a passagem de luz através da lâmina d'água); da cor aparente (no qual a presença de sólidos suspensos altera a coloração das águas); e da transparência (que apresentam valores baixos devido à grande quantidade de matéria em suspensão).

As vegetações localizadas nas margens dos reservatórios propiciam um aumento de material orgânico em suspensão e a decomposição dessa biomassa demanda uma maior quantidade de oxigênio dissolvido na água. A presença de vegetação flutuante (macrófitas) aumenta a atenuação da radiação solar, dificultando a penetração da radiação no corpo d'água, limitando a zona fótica e diminuindo a fotossíntese.

A temperatura da água dos lagos se mostrou bastante próxima, isso porque os níveis de radiação solar sobre eles são similares, uma vez que ambos estão situados em uma mesma latitude e a cobertura vegetal é a mesma.

Alguns nutrientes como o nitrato, N-amoniaco, fosfato e cloreto apresentaram um aumento sistemático provavelmente devido a alguns fatores como: o aumento da carga poluente, o período pluviométrico da região e a localização dos pontos onde foram realizadas as coletas.

O grau de trofia dos lagos é outro fator que merece atenção, reservatórios eutrofizados elevam os custos de tratamento da água potável para consumo humano e influência na saúde pública, por isso é apropriado que se faça um estudo mais abrangente, comparando os Índices de Estado Trófico (IET) encontrados e os existentes na literatura, afim de que se tenha conhecimento das diferenças entre os índices.

Os parâmetros químicos e físicos foram analisados tendo como referência a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357/05, destinados para corpos d'água classe II, das quais pertencem os mananciais do Utinga. Os parâmetros turbidez, N-amoniaco e nitrato estiveram em conformidade com a Resolução, o mesmo não ocorreu com o oxigênio dissolvido e potencial hidrogeniônico. A temperatura, cor aparente, fosfato, transparência, cloreto e sólidos em suspensão não são mencionados na presente Resolução.

Diante dos estudos realizados nos mananciais é possível a adoção de medidas preventivas, tais como a redução da entrada de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo; contenção do avanço populacional próximos aos lagos, atualmente o número de residências vizinhas ao parque ambiental do Utinga tem aumentado e em virtude deste fato se faz necessário um tratamento de esgotos adequado com lançamento do efluente final em corpos d'água específicos.

Uma medida simples e emergencial estaria relacionada à educação ambiental, informar a população metropolitana sobre a preservação do parque ambiental e a importância que os lagos Bolonha e Água Preta têm para a Região Metropolitana de Belém.

O mais importante deste levantamento bibliográfico é fazer com que o mesmo se torne uma referência para todos os estudantes, professores e pesquisadores que procuram obter informações acerca das condições ambientais dos lagos Bolonha e Água Preta através de seus parâmetros físicos e químicos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A.C. **Relatório da qualidade da água bruta do manancial Utinga**. Companhia de Saneamento do Pará. 2004. 4p.

BARPP, A. R. B. Água doce na Amazônia ontem e hoje: o caso do Pará. In: UHLY, S; SOUZA, E. L. de; **A questão da água na grande Belém**. Casa de Estudos Germânicos, Fundação Heinrich Boll. Universidade Federal do Pará, 2004. cap 4, p. 73-74.

BAHIA, V. E. **Estudo Hidrogeológico da área localizada entre o depósito de lixo metropolitano de Belém (Auré) e o lago Água Preta**. Dissertação. Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará. 2003.

BRAZ, V. N; MELLO, V. S. A. **Estudo temporal da qualidade da água do rio Guamá. Belém-Pa**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande – MS. 2005.

BOLLMANN, H.A; ANDREOLI, O. R. **Água no sistema urbano**. In: ANDREOLI, C.V; CARNEIRO, C. Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. Curitiba – PR. 2005. p. 85 – 101.

CABRAL, J. B. P. **Estudo do processo de assoreamento de reservatórios**. Caminhos de Geografia – revista on line. p. 62-69, 2005. Disponível em: <[http://www.ig.ufu.br/caminhos\\_de\\_geografia.html](http://www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html)>. Acesso em: 15 dez. 2005.

CARVALHO, N. de O; JÚNIOR, N. P. F; SANTOS, P. M. C. dos; LIMA, J. E. F. W. **Guia de práticas sedimentométricas**. ANEEL. Brasília. 116p, 2000.

CARLSON, R.E. **A trophic state index for lakes**. Limnol. Oceanogr. Vol. 22. 1977. p. 361-369.

CASTRO, E. **Cidade amazônica na confluência das águas**. In: UHLY, S; SOUZA, E. L. de; A questão da água na grande Belém. Casa de Estudos Germânicos, Fundação Heinrich Boll. Universidade Federal do Pará, 2004. p. 23-26.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 23 dez. 2009.

COSANPA. Companhia de Saneamento do Pará. **Diagnóstico do estudo urbanístico de proteção sanitária dos lagos Bolonha e Água Preta**. II Estudo da qualidade de proteção das águas. Belém-Pa. 1983.

CONAMA. Conselho nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Seção 1. p. 58-63. Brasília – DF.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2ed. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 1998, 575p.

FILHO, P. W. M. S. Laboratório de Análises de Imagens do Trópico Úmido – LAIT. Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará. Pará, 2007.

GASTALDINI, M. C. C; MEDONÇA, A. S. F. **Conceitos para a avaliação da qualidade da água**. In: Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre. ABRH, 2003. Cap.15, p.429-436.

GERALDO, A. C. V; CARNEIRO, B. S. **Determinação de Clorofila e avaliação da produtividade nos lagos Água Preta e Bolonha**. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Engenharia Química - Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal do Pará. 2000. 47 p.

GOMES, L. P; PAIVA, A. V. R. **Estudo sedimentológico de um reservatório lacustre: caso do lago água Preta na região metropolitana de Belém-PA**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. 2007. 106 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 03 jan. 2008.

IMBIRIBA, J. M; COSTA, F. R. **Recursos hídricos: o caso dos mananciais dos lagos Bolonha e Água Preta na região metropolitana de Belém, Pará, Brasil**. In: 33ª Assembléia Nacional da ASSEMAE. Santo André - SP. 2003. Anais. 28p. Disponível em: <<http://www.semasa.sp.gov.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2005.

MENEZES, L. B. C; QUEIROZ, S. A. R; CUNHA, E. C. S. **Perfis de oxigênio dissolvido nos lagos Bolonha e Água Preta, Utinga. Belém-Pa**. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória – ES. 2002.

MENDES, L. F. S; ALMEIDA, J. R. S. **Eutrofização induzida pelo homem e suas conseqüências dentro de um ecossistema aquático**. Faculdade de Filosofia. Universidade Estadual do Ceará. Artigo. 2008. 5p.

MELO, N. F. A. C; PAIVA, R. S; SILVA, M. M. T. **Considerações ecológicas sobre o zooplâncton do lago Bolonha, Belém, Pará, Brasil**. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. Ciências Naturais. 2006, vol.1, nº.1, p.115-125.

NAVAL, L. P; SILVA, C. D. F; SOUZA, M. A. A. **Comportamento dos índices do estado trófico de Carlson (IET) e modificado (IETM) no reservatório de UHE Luís Eduardo Magalhães, Tocantins – Brasil**. Artigo. 2004. 6p.

NASCIMENTO, L. V. **Características dos principais parâmetros para a determinação da qualidade da água**. Agência Técnica da Bacia do Rio Doce. CPRM/SUREG/BH. 8p. Disponível em: <<http://www.fcth.br/public/cursos/>>. Acesso em 01 dez. 2009.

PEGORINI, E. S; CARNEIRO, C; ANDREOLI, C. V. **Mananciais de abastecimento público**. In: ANDREOLI, C. V; CARNEIRO, C. Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados. Curitiba- PR. 2005. p. 47-49.

RAMOS, j. **Poluição e Contaminação da Orla de Belém-Pa**. In: UHLY, S; SOUZA, E. L. de; A questão da água na grande Belém. Casa de Estudos Germânicos, Fundação Heinrich Boll. Universidade Federal do Pará, 2004. cap.6. p. 121-148.

RIBEIRO, H. M. C. **Avaliação atual da qualidade das águas superficiais dos lagos Bolonha e Água preta situados na área fisiográfica do Utinga (Belém-PA)**. Dissertação. Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará.1992. 205p.

SARAIVA, A. L. L. **Estudo dos lagos Bolonha e Água Preta (Belém-Pará): levantamento bibliográfico das condições ambientais**. Núcleo de meio Ambiente. Curso de Especialização em Gerenciamento Ambiental. Universidade Federal do Pará. 2005. 51p.

SODRÉ, S. S. V. **Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta, mananciais de Belém- Pará**. Dissertação. Universidade Federal do Pará. Embrapa Amazônia Oriental, Museu Paraense Emilio Goeldi. Instituto de Geociências. Belém-Pa, 2007. 115p.

SOUZA, E. C.; LIMA, M. N. N. **Avaliação da qualidade das águas superficiais do lagos Bolonha e Água Preta no período de Estiagem**. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Engenharia Ambiental. Centro de Ciências Naturais e Tecnologia. Universidade Estadual do Pará. Belém – Pará. 2002. 95 p.

TUNDISI, J. G; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo. Oficina de Textos. 2008. 632p.

VALE, E. R; CUNHA, L. M; MENDONÇA, N. M; CARNEIRO, B.; CAMPELO, A; SÁ, L. L. C. **Avaliação da qualidade da água superficial do manancial do Utinga que pertence ao sistema de abastecimento da cidade de Belém-Pa**. Estudo Piloto. Relatório IEC-SAMA 008/2008. Instituto Evandro Chagas. Belém-Pa. 2008. 32p.

XAVIER, C. F; DIAS, L. N; BRUNKOW, R. F. **Eutrofização**. In: ANDREOLI, C.V; CARNEIRO, C. Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. Curitiba – PR. 2005. p. 273-279.