



## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS MANANCIAIS DO UTINGA E DOS RIOS GUAMÁ E AURÁ, BELÉM, PARÁ

---

Letícia Magalhães da Silva<sup>1</sup>, Gundisalvo Piratoba Morales<sup>2</sup>, Aline Maria Meiguins de Lima<sup>3</sup>

1. Mestre em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará. Belém, Brasil (leticia.magalhaes@live.com)
2. Doutor em Geologia e Geoquímica, Universidade do Estado do Pará
3. Pesquisadora Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Universidade Federal do Pará

**Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014**

---

### RESUMO

A degradação dos recursos hídricos e a possibilidade de escassez trazem à tona a necessidade de um monitoramento eficaz da qualidade das águas. No caso da região Amazônica, uma das mais ricas em relação à disponibilidade de água doce, a manutenção da qualidade da água captada e distribuída precisa ser avaliada e monitorada. O objetivo deste estudo visa avaliar a qualidade da água dos mananciais do Parque Estadual do Utinga (PEUt), dos Rios Guamá e Aurá, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA), com a finalidade de classificá-las de acordo com a normatização vigente. Os procedimentos adotados foram baseados na metodologia da *'Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater'*. Foi utilizado o *Software Surfer 10* para a confecção de mapas de isovalores, através do método de Krigagem. Dentre os resultados encontrados, destacamos os valores de OD, que oscilaram de 0,5 mg/L a 5,4 mg/L, portanto, apenas os pontos 3 e 5 do Lago Água Preta estavam dentro do limite estabelecido pelo órgão ambiental competente; os valores STD variaram significativamente nos diferentes pontos, de 4,2 mg/L a 136,7 mg/L; e os resultados de Fósforo total excederam o limite estabelecido pelo CONAMA n° 357/2005, para ambiente s lênticos e lóticos. O IQA variou entre aceitável e ótimo.

**PALAVRAS-CHAVE:** contaminação, efluentes domésticos e industriais, parâmetros físico-químicos, recursos hídricos, SURFER.

### QUALITY ASSESSMENT OF SURFACE WATER OF UTINGA'S SPRINGS AND THE GUAMÁ AND AURA RIVERS, BELÉM, PARA

#### ABSTRACT

The degradation of water resources and the shortage possibility brings up the necessity of an effective monitoring of water quality. In the case of the Amazon region, one of the richest in relation to the availability of fresh water, the collected and distributed' water quality maintenance and must be evaluated and monitored. This study aims to evaluate the water quality of the Parque Estadual do Utinga' (PEUt) springs, the Guamá and Aurá rivers, using the Water Quality Index (WQI), in order to classify them according to current standards. The procedures adopted were based on the methodology of Standards Methods for the Examination of Water and

Wastewater. Software Surfer 10 was used for mapping the isovalue, through the method of Kriging. Among the result found, include OD values, which ranged from 0.5 mg / L to 5.4 mg / L, so only the points 3 and 5 of Água Preta lake were within the limits established by the competent environmental agency; the STD values varied significantly in different parts of 4.2 mg / L to 136.7 mg / L; and the results of total phosphorus exceeded the limit set by CONAMA No. 357/2005, for lentic and lotic environments. The WQI ranged from acceptable to great.

**KEYWORDS:** Industrial and domestic effluent, hydric resources, contamination, physic-chemical parameters, SURFER.

## INTRODUÇÃO

A água utilizada para sanar as necessidades humanas em seus mais variados aspectos é em sua maior parte, proveniente de corpos hídricos superficiais (VILCHES, 2009). O Brasil possui extensas redes fluviais, por onde fluem cerca de 257.790 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> de águas passíveis de utilização, correspondendo a aproximadamente 18% do potencial hídrico superficial utilizável do planeta (SETTI, 1998), além de possuir amplos aquíferos subterrâneos, com cerca de 112.000 km<sup>3</sup> de volume de água (MOTTA, 1997).

A região Amazônica é uma das regiões do Brasil e do mundo, mais ricas em relação à disponibilidade de água, portanto, a manutenção da qualidade da água distribuída precisa ser avaliada e monitorada, através das “condições e padrões adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor” (Resolução CONAMA nº357/2005).

Segundo documento da Organização das Nações Unidas (ONU), *Agenda 21* (CNUMAD, 1992:333), “a utilização da água deve ter como prioridades a satisfação das necessidades básicas e a preservação dos ecossistemas”. Dessa forma, é de fundamental importância o desenvolvimento de estudos para um diagnóstico atualizado dos recursos hídricos, aplicando metodologias que permitam o estabelecimento de planos de ações e de investimentos para atender às metas de qualidade (SOUZA & FONTANETTI, 2007).

De acordo com Arias et al. (2007) nos últimos anos o nível de compostos xenobióticos nos ecossistemas aquáticos vem crescendo de forma assustadora como resultado da atividade antropogênica sobre o meio ambiente. O planejamento urbano desordenado e inadequado ocasiona no ambiente várias alterações, dentre elas, a veiculação de poluentes que podem alcançar águas subterrâneas e superficiais (MIRANDA et al., 2009).

Essas atividades, como afirmam Leite et al., (2013), “causam a deterioração da qualidade da água, e muitas vezes, os mananciais servem de depósito para dejetos indesejáveis e esgotos”.

Tal fato contribui para a redução da qualidade ambiental e, conseqüentemente, compromete a saúde dos seres vivos que habitam e dependem direta ou indiretamente desses ecossistemas.

Em Belém, os lagos Bolonha e Água Preta formam os mananciais de águas superficiais que abastecem a Região Metropolitana, sendo composta pelos municípios de Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará, totalizando cerca de 2.100.319 habitantes segundo dados do último Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 2010 (IBGE, 2010).

Portanto, este estudo visa avaliar a qualidade da água dos mananciais do Parque Estadual do Utinga (PEUt), dos Rios Guamá e Aurá, utilizando o Índice de

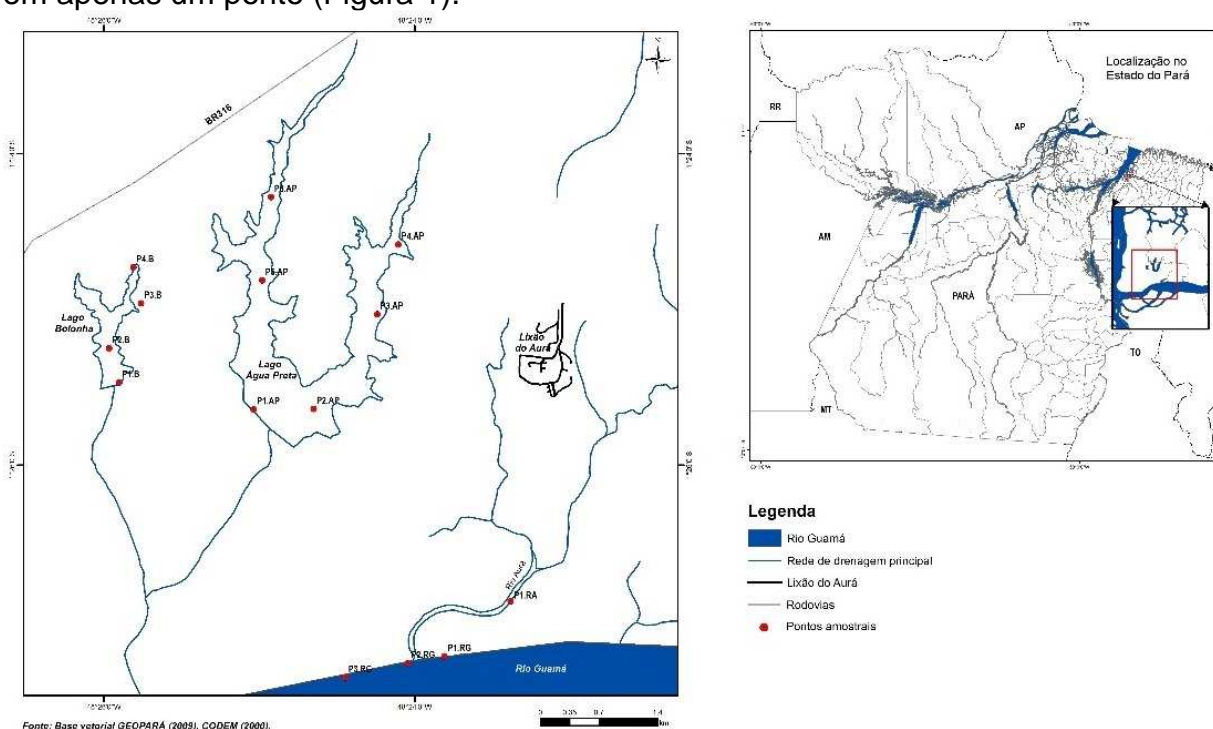
Qualidade da Água (IQA), com a finalidade de classificá-las de acordo com a normatização vigente. Segundo Alves et al. (2012), este índice dá “relevância a poluição por esgoto doméstico, que é a principal fonte de poluição nas bacias hidrográficas”.

Assim, a problemática que envolve o PEUt acontece pelo crescimento desordenado dos centros urbanos, que de maneira geral, têm gerado graves impactos aos ecossistemas aquáticos, principalmente no que diz respeito à destinação de efluentes domésticos e industriais, desmatamentos, assoreamento, introdução de descargas de agrotóxicos, gerando preocupação em relação à escassez, deterioração e uso ineficiente da água doce.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização dos pontos de amostragem

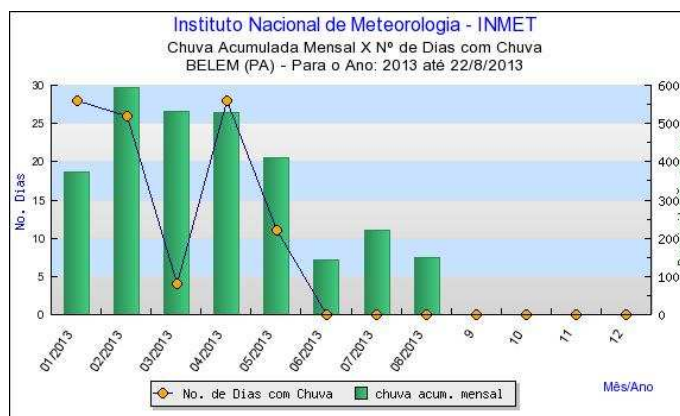
As coletas foram realizadas em 14 pontos distribuídos entre as áreas pesquisadas. No Lago Bolonha foi realizada a coleta em 4 pontos. No Lago Água Preta, devido a sua extensão, as coletas foram realizadas em 6 pontos. Já no Rio Guamá, as coletas foram realizadas em 3 pontos perto da adução de água pela concessionária local responsável pela captação da mesma para tratamento e distribuição. Portanto, o primeiro ponto localiza-se à montante, o segundo em frente e o terceiro a jusante da captação. Enquanto que no Rio Aurá, foi realizada a coleta em apenas um ponto (Figura 1).



**FIGURA 1:** Mapa de localização dos pontos de amostragem na área de estudo

### Coleta das amostras

Foi realizada uma campanha no mês de Abril de 2013, um dos períodos mais chuvosos na região (figura 2) segundo informações do INMET (2013). As amostras de água foram coletadas em dois níveis, a 20% e 80% da profundidade, com exceção do ponto P4 do Bolonha, sendo a coleta realizada na margem.



**FIGURA 2:** Chuva acumulada mensal e número de dias com chuva em Belém, Pa, de Janeiro a 22 de Agosto de 2013  
Fonte: INMET, 2013

Em campo, foi observada a presença de materiais flutuantes (garrafas de polietileno, sacolas plásticas, entre outros), espumas e odor em alguns pontos de coleta nos lagos Água Preta e Bolonha, e em todos os pontos dos rios Guamá e Aurá. Durante os três dias de coleta, as condições climáticas eram boas com céu parcialmente nublado, sem chuva no horário da coleta, porém é importante ressaltar que houve chuva 24 horas antes do primeiro dia de coleta.

Após as coletas, as amostras de água foram encaminhadas para laboratório, a fim de se analisar os parâmetros físico-químicos. Foram utilizadas as seguintes metodologias (Quadro 1).

**QUADRO 1:** Identificação das metodologias utilizadas para determinar parâmetros físico-químicos.

Metodologia Utilizada para cada Parâmetro Analisado	
PARÂMETROS	METODOLOGIA
Transparência	Disco de Secchi
Condutividade elétrica	Condutivímetro
STD	Condutivímetro
Ph	pHmetro portátil
Turbidez	Turbidímetro
Fósforo total	Ácido ascórbico
Sólidos Totais	Método Gravimétrico
Temperatura da água	Termômetro
DBO	Oxigênio Consumido
Oxigênio Dissolvido	Método de Winkler
Coliformes Termotolerantes*	Sistema colilert
Nitrogênio Total*	Método de Kendall

\*Parâmetros terceirizados.

Fonte: Autores.

Com os resultados obtidos foi calculado o valor do Índice de Qualidade da Água (IQA) – estabelecido pela *National Sanitation Foudantion* (NSF) e adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), que é ligada à **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 3164 2014

Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo – e classificado o nível de qualidade de acordo com a faixa de variação do índice.

O *Software Surfer 10* foi utilizado para a interpolação de dados na construção de mapas de isovalores em cada área de estudo, através do método da *Krigagem*, considerado o mais recomendado na minimização do erro. Para isso, os dados foram tabulados no programa Microsoft *Excel*.

## ÁREA DE ESTUDO

### Caracterização da área

A Região Metropolitana de Belém (RMB) abrange os municípios de Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará, além dos distritos de Icoaraci e Mosqueiro (IBGE, 2010; BAHIA et al., 2011). Apresentam em grande parte sedimentos areno-argilosos da unidade Pós-barreiras (FARIAS et al., 1992).

Os Rios Guamá, Aurá e o Parque Estadual do Utinga (PEUt) são as áreas de estudo deste trabalho (Figura 1). Localizado dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) na Região Metropolitana de Belém, o PEUt é formado pelos Lagos Bolonha e Água Preta que são os mananciais responsáveis pelo armazenamento de água que abastece a região (IDESP, 1991). Entretanto, os lagos não são capazes de abastecer toda a população, tornando-se necessário a adução das águas brutas do rio Guamá, afluente do Rio Pará (RIBEIRO, 1992; MORALES et al., 2002).

O Rio Aurá, por sua vez é afluente do Rio Guamá e exerce forte influência sobre os mananciais do PEUt, devido ser a terceira maior em extensão da RMB, segundo SIQUEIRA & APRILE (2013). Além disso, desemboca próximo à captação de água do rio Guamá feita pela concessionária local.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor do IQA é calculado pelo produto ponderado das seguintes variáveis: Temperatura da amostra, pH, Sólidos Totais, Fósforo, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Coliformes Termotolerantes e Nitrogênio Total (CETESB, 2003). Outros parâmetros também foram analisados: Transparência, Profundidade, Condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Sódio (Na), Cálcio (Ca) e Potássio (K), com o objetivo de investigar possíveis alterações relacionadas diretamente com a influência antrópica.

Durante a coleta foi realizada a medição de profundidade e transparência dos pontos estudados (Tabela 1). A profundidade oscilou de 1,50 m, no Ponto 2 do Lago Água Preta, à 8,50 m, nos Pontos 1 e 2 do Rio Guamá. Com relação aos valores da coluna de transparência da água, os resultados mostram variação de 0,32 m, no Ponto 4 do Rio Aurá, à 1,11 m no Ponto 4 do Lago Água Preta.

A turbidez, verificada através do Turbidímetro, oscilou de 4,21 UNT, no Ponto 6 do Lago Água Preta, à 27,4 UNT, no Ponto 1 do Rio Guamá. O limite de turbidez estabelecido pela legislação vigente para corpos d'água de Classe 2 é de até 100 UNT, para água doce (CONAMA n° 357/2005), portanto, nenhuma das amostras analisadas tiveram resultado excedido (Tabela 6).

**TABELA 1:** Valores obtidos “*in situ*” de transparência da coluna d’água (m) e profundidade (m) nos Diferentes Pontos.

<b>Valores de Transparência e Profundidade dos Pontos das Áreas Estudadas</b>			
Área de estudo	Amostra	Transparência (m)	Profundidade (m)
Lago Bolonha	P1.B	1,02	4
	P2.B	1,1	6
	P3.B	0,8	4
	P4.B- MARGEM	margem	margem
Lago Água Preta	P1.AP	0,46	4,5
	P2.AP	0,48	1,5
	P3.AP	0,56	3,5
	P4.AP	1,11	3
	P5.AP	0,55	3,8
	P6.AP	0,65	3,5
Rio Guamá	P1.RG	0,37	8,5
	P2.RG	0,39	8,5
	P3.RG	0,37	6
Rio Aurá	P1.RA	0,32	2,5

Fonte: Dados da Pesquisa.

A transparência da água e a turbidez podem sofrer alterações, segundo ALBANEZ & MATOS (2007), devido à presença de materiais em suspensão como “partículas de solo e resíduos orgânicos, que geralmente entram no corpo hídrico em razão da ocorrência de processos erosivos no solo; material orgânico e inorgânico presente devido o lançamento de esgotos domésticos ou industriais na água e a presença de algas e pequenos animais”.

Os resultados analisados de pH, oscilaram entre 5,9, no Ponto 2 do Rio Guamá, a 7,56 no Ponto 1 do Lago Água Preta. De acordo com o CONAMA nº 357/2005, o pH da água doce de Classe 2 deve estar na faixa entre 6,0 a 9,0, portanto, os valores encontrados estão dentro dos padrões de qualidade legal das águas (Tabela 6).

Já a temperatura da água, verificada diretamente nos corpos d’água, com o uso de um termômetro digital, variou entre 28° C a 31,3° C levando em consideração profundidades diferentes, com exceção do Ponto 4 do Lago Bolonha, haja vista que a coleta foi realizada na margem.

Com relação aos valores da condutividade elétrica (tabela 2), os resultados mostram variação entre 20 µS/cm, no Ponto 1 do Rio Guamá, até 306 µS/cm, verificado no Ponto 4 do Lago Bolonha, onde a coleta foi realizada na margem do corpo d’água. De acordo com FEITOSA & MANOEL FILHO (2000), a condutividade elétrica tende a aumentar por diversos fatores, como, elevação de temperatura e maior concentração de íons dissolvidos. A partir da análise estatística (coeficiente de Pearson), foi possível verificar correlação entre os parâmetros supracitados, a temperatura apresentou boa correlação negativa com a condutividade elétrica (-0,6286), portanto, quanto maior a temperatura menor a condutividade elétrica dos corpos d’água e vice-versa. Em relação aos íons, ESTEVES (1998), afirma que, aqueles que mais influenciam nas variações da condutividade são os macronutrientes, por exemplo, Sódio (Na), Cálcio (Ca) e Potássio (K). No Ponto 1 do

Rio Guamá, onde foi identificado o menor valor de condutividade, também foi verificado os menores valores de Na e K, 0,6 e 0,4 ppm, respectivamente, e não foi encontrado a presença de cálcio. Já no Ponto 4 do Lago Bolonha, onde o valor da condutividade foi elevado, foram obtidos os maiores valores do Na, Ca e K, 15.5, 6.9 e 3.7, respectivamente.

**TABELA 2:** Valores da condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), obtidos “*in situ*”, nas amostras coletadas levando em consideração profundidades diferentes.

<b>Concentração de Condutividade Elétrica (<math>\mu\text{S}/\text{Cm}</math>) nas amostras de água coletadas</b>				
Área de estudo	Amostras	Nível de profundidade de coleta da amostra		
		Superfície da coluna d'água	20% da coluna d'água	80% da coluna d'água
Lago Bolonha	P1.B	-	57,2	62,6
	P2.B	-	57,2	84,5
	P3.B	-	58,9	56,1
	P4.B-			
	MARGEM 306	-	-	-
Lago Água Preta	P1.AP	-	39	50,8
	P2.AP	-	40,4	29,7
	P3.AP	-	49	51,06
	P4.AP	-	49,9	55,6
	P5.AP	-	39,6	55,1
	P6.AP	-	42,2	50,5
Rio Guamá	P1.RG	-	20	22,3
	P2.RG	-	25,9	24,4
	P3.RG	-	24,1	24,7
Rio Aurá	P1.RA	-	153,3	169,4
CONAMA n°357/2005	Classe 2 (água doce)		Não referenciado	

Fonte: Dados da Pesquisa.

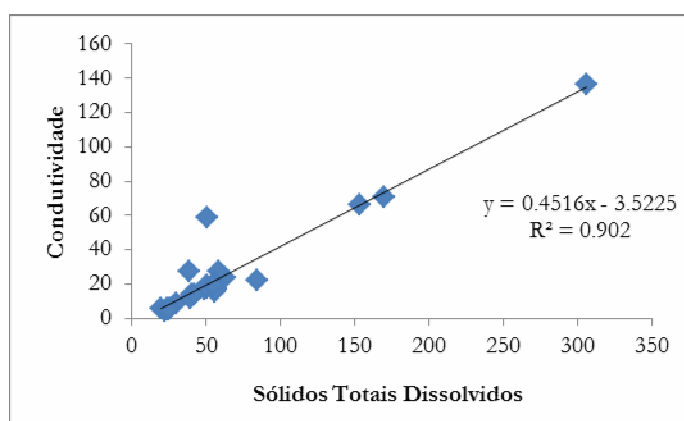
Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos, verificados “*in situ*”, variaram significativamente nos diferentes pontos, por exemplo, no Ponto 1 do Rio Guamá, o valor encontrado foi 4,2 mg/L, enquanto que, no Ponto 4 do Lago Bolonha, foi 136,7 mg/L (tabela 3). Essa variação está diretamente ligada à condutividade elétrica, pois, após análise estatística verificou-se excelente correlação positiva (gráfico 01) entre os dois parâmetros (0,949758).

Outra correlação verificada foi entre a temperatura e os STD, no qual apresentou boa correlação negativa (-0,70411), ou seja, quanto maior a temperatura do corpo d'água menor a quantidade dos sólidos totais dissolvidos. Contudo, os resultados estão de acordo com a legislação vigente, haja vista que a mesma determina um valor máximo para STD que é 500 mg/L (CONAMA n° 357/2005), portanto, nenhuma das amostras teve resultados excedidos.

**TABELA 3:** Valores obtidos “*in situ*” de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) nas amostras coletadas levando em consideração profundidades diferentes.

Concentração de STD (Mg/L) nas amostras de água coletadas		Nível de profundidade de coleta da amostra		
Área de estudo	Amostras	Superfície da coluna d'água	20% da coluna d'água	80% da coluna d'água
LAGO BOLONHA	P1.B	-	16,87	23,6
	P2.B	-	16,89	22
	P3.B	-	27,6	15,74
	P4.B-MARGEM	136,7	-	-
LAGO ÁGUA PRETA	P1.AP	-	27,1	17,49
	P2.AP	-	14,01	8,64
	P3.AP	-	16,79	19,32
	P4.AP	-	18,46	20,3
	P5.AP	-	11,85	18,92
	P6.AP	-	13,88	58,5
RIO GUAMÁ	P1.RG	-	5,78	4,2
	P2.RG	-	5,36	5,55
	P3.RG	-	4,95	5,02
RIO AURÁ	P1.RA	-	66,3	70,6
CONAMA nº357/2005	Classe 2 (água doce)	500 mg/L		

Fonte: Dados da Pesquisa.



**FIGURA 3:** Correlação entre Sólidos Totais Dissolvidos e Condutividade elétrica.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Já os valores de Oxigênio Dissolvido (OD), oscilaram de 0,5 mg/L, no Ponto 4 do Rio Aurá, a 5,4 mg/L no Ponto 5 do lago Água Preta (tabela 6). Levando em consideração o CONAMA nº357/2005, apenas os pontos 3 e 5 do Lago Água Preta estavam dentro do limite estabelecido pelo órgão ambiental competente, os demais pontos excederam a legislação, haja vista que a mesma determina, para qualquer amostra em águas doces de Classe 2, o limite não inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>. A diminuição dos teores de OD nos corpos d'água pode estar relacionada com o crescimento populacional no entorno do Manancial do Utinga, lançamento de esgotos domésticos e industriais, além do “próprio resíduo sólido oriundo de lixões em contato direto com a água superficial poderá também causar a redução do OD” (CHAPMAN, 1992). Portanto, o decréscimo de OD é um indicador de poluição orgânica de um corpo d'água.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio, por sua vez, apresentou dados que variaram de 0,9 mg/L, nos Pontos 2 e 4 do Lago Bolonha, à 5,6 mg/L no Ponto 1 do



Rio Aurá (Tabela 6). Apenas este último ponto excedeu a legislação que determina o limite de até 5 mg/L O<sub>2</sub>. O aumento de DBO no corpo hídrico é provocado por despejos de origem predominantemente orgânica, que pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, já que o mesmo será consumido pela matéria orgânica mediante aos processos bioquímicos aeróbicos.

Os resultados de Sólidos Totais, realizados em duplicata nas duas profundidades, oscilaram entre 75,8439 mg/L, no Ponto 2 do Lago Água Preta, e 87,9348 mg/L no Ponto 3 do mesmo lago (tabela 6). Segundo a AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (2005), denomina-se sólido total para “a matéria que permanece em suspensão mesmo após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura”, portanto, é o que resta na cápsula após a evaporação.

Em relação ao Fósforo Total, vale ressaltar que é um dos principais nutrientes para os processos biológicos, portanto, o excesso do fósforo nos corpos d’água, resultante das descargas de esgotos sanitários e efluentes industriais (VILCHES, 2009), conduz ao crescimento acelerado da eutrofização das águas brutas. Assim, percebemos que a variação dos resultados de fósforo total no Manancial do Utinga (ambiente lêntico) ficou entre 0,004218 mg/L P, no Ponto 3 do Lago Bolonha à 80% da coluna d’água, e 1,348879 mg/L P no Ponto 5 do Água Preta, a uma profundidade de 20% da coluna d’água. Desta forma, de acordo com o CONAMA nº 357/2005, que determina o valor máximo de fósforo em ambientes lênticos para águas doces de Classe 2, até 0,030 mg/L P, percebemos que todos os pontos excederam o limite determinado pela legislação, com exceção do Ponto 3 do Bolonha à 80% da coluna d’água. Já os Rios Guamá e Aurá, oscilaram seus valores entre 0,777072 mg/L P, no Ponto 1 do Rio Aurá, e 1,153074 mg/L P no Ponto 3 do Rio Guamá, desta forma, concluímos que todos os pontos também excederam o limite estabelecido pela legislação supracitada, que determina para ambientes lóticos o máximo de até 0,1 mg/L P, para águas doces de Classe 2 (tabela 4).

**TABELA 4:** Valores de Fósforo Total nas amostras coletadas levando em consideração profundidades diferentes.

		Concentração de Fósforo (Mg/L) nas amostras de água coletada				
Área de estudo	Amostras	Nível de profundidade de coleta da amostra			CONAMA nº 357/2005 (Classe 2 – águas doces)	
		Superfície da coluna d’água	20% da coluna d’água	80% da coluna d’água	Ambientes lênticos	Ambientes lóticos
LAGO BOLONHA	P1.B	-	1,19151	0,966089		-
	P2.B	-	1,153074	0,953208		-
	P3.B	-	1,232596	0,004218		-
	P4.B-MARGEM	0,229137	-	-		-
LAGO ÁGUA PRETA	P1.AP	-	1,19151	1,083191	até 0,030 mg/L P	-
	P2.AP	-	1,276618	1,153074		-
	P3.AP	-	0,904944	1,153074		-
	P4.AP	-	1,299829	1,276618		-
	P5.AP	-	1,348879	1,171977		-
	P6.AP	-	1,254221	0,68741		-
RIO GUAMÁ	P1.RG	-	1,134771	1,134771	-	
	P2.RG	-	1,117041	1,117041	-	
	P3.RG	-	1,153074	1,134771	-	até 0,1 mg/L
RIO AURÁ	P1.RA	-	0,785611	0,777072	-	

Fonte: Dados da Pesquisa.

Contudo, os resultados de Nitrogênio Total para os lagos não excederam o limite estabelecido pela referida legislação que é de 3,7 mg/L N, para corpos hídricos com pH menor ou igual a 7,5, com exceção do Ponto 4 do Bolonha, onde se verificou o valor 9,566 mg/L. Entretanto, o mesmo não foi observado nos pontos dos rios Guamá e Aurá, onde se verificou que todos excederam o CONAMA, variando de 5,664 mg/L no Ponto 2 do rio Guamá a 9,076 mg/L no Ponto 1 do rio Aurá.

Por ser um macronutriente importante nos processos biológicos, o nitrogênio, juntamente com o fósforo e outros nutrientes, ao serem descarregados em grandes quantidades nos corpos d'água causam o crescimento exacerbado de algas e macrófitas, prejudicando o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática. FIGUEIREDO et al. (2007), atribuem a causa pela proliferação de macrófitas em lagos brasileiros a despejos de descargas domésticas e/ou industriais.

Os resultados das análises de Coliformes Termotolerantes variaram de 3,6 NMP no Ponto 1 do Bolonha a 36 NMP no Ponto 1 da Água Preta. Foi constatada a ausência de coliformes termotolerantes nos seguintes pontos: P3 – B, P2 – AP, P3 – AP, P4 – AP e P6 – AP. Portanto, as concentrações se apresentaram em conformidade com os limites estabelecidos no CONAMA 357/2005 para águas doces de classe II, que determina o limite de até 1.000 NMP/100 mL.

Após as análises físico-químicas, foram calculadas as médias dos parâmetros por ponto, a fim de obter o valor do Índice de Qualidade da Água – IQA, que adota faixas de qualidade. Os valores variam de 0 a 100 (imprópria a ótima).

Calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondente aos parâmetros analisados (CETESB, 2008), o IQA apresenta a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} = q_1^{0,17} \cdot q_2^{0,10} \cdot q_3^{0,15} \cdot q_4^{0,12} \cdot q_5^{0,10} \cdot q_6^{0,10} \cdot q_7^{0,10} \cdot q_8^{0,08} \cdot q_9^{0,08}$$

Onde:

q: é a qualidade obtida, e

w: é o peso correspondente à variável.

Desta forma, é gerado um índice com valores variando de 0 a 100 conforme especificado no Quadro 2, que correspondem aos níveis de qualidade da água.

**QUADRO 2:** Identificação das faixas de variação dos Índices de Qualidade segundo a CETESB

Referência	Nível de Qualidade	Faixa de variação do IQA
CETESB	Ótima	79 < IQA ≤ 100
	Boa	51 < IQA ≤ 79
	Aceitável	36 < IQA ≤ 51
	Imprópria para tratamento convencional	19 < IQA ≤ 36
	Imprópria	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB (1988)

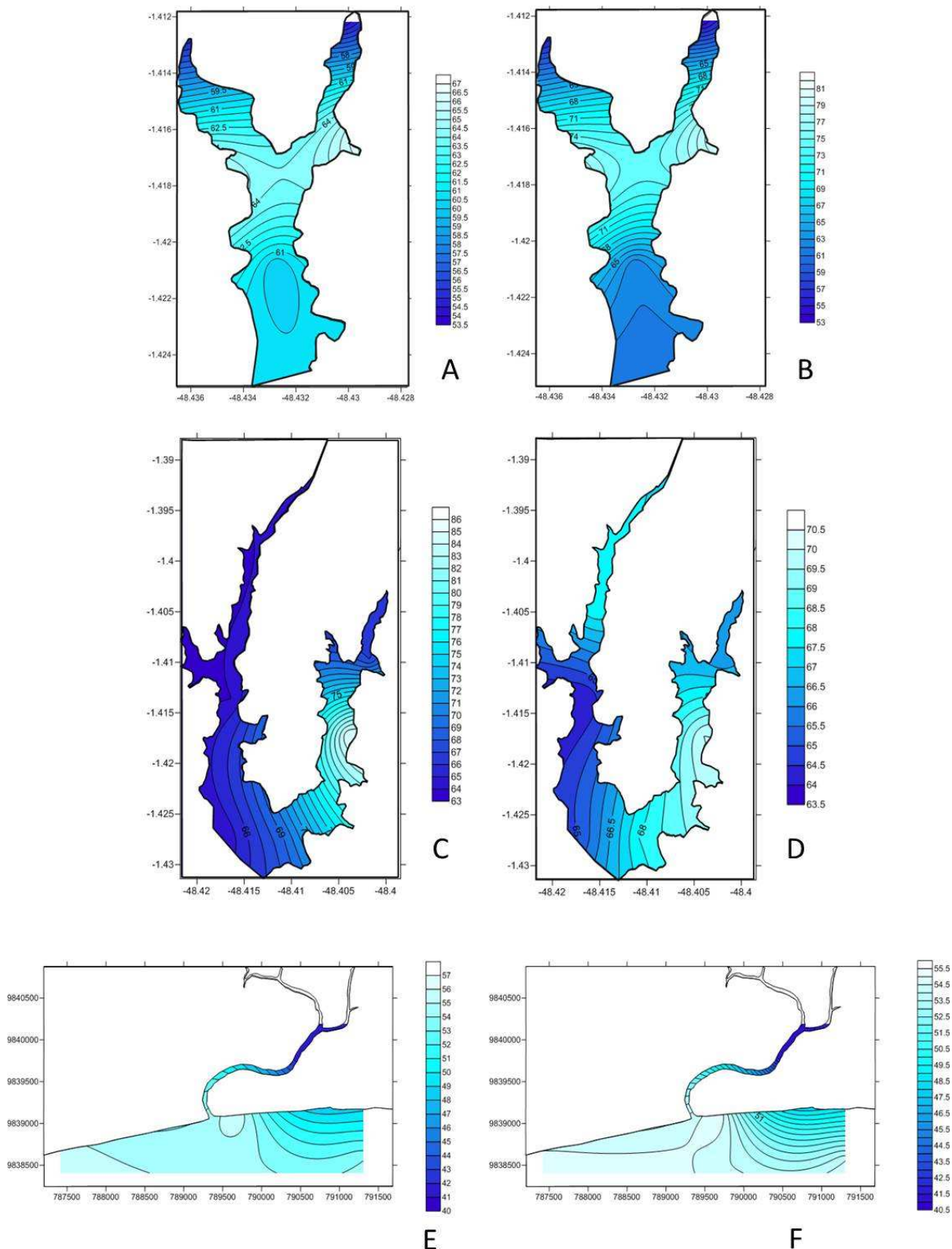
Após a determinação do IQA, classificamos os níveis de acordo com a faixa de variação encontrada nos pontos analisados. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 5.

**TABELA 5:** Classificação de qualidade da água, das áreas estudadas, considerando as profundidades, segundo a CETESB (1988).

	CETESB			
	IQA (20%)		IQA (80%)	
P1.B	61	Boa	62	Boa
P2.B	60	Boa	62	Boa
P3.B	67	Boa	82	Ótima
P4.B	54	Boa		
P1.AP	64	Boa	65	Boa
P2.AP	69	Boa	68	Boa
P3.AP	85	Ótima	70	Boa
P4.AP	67	Boa	66	Boa
P5.AP	64	Boa	64	Boa
P6.AP	64	Boa	68	Boa
P1.RG	56	Boa	55	Boa
P2.RG	54	Boa	54	Boa
P3.RG	54	Boa	54	Boa
P1.RA	41	Aceitável	41	Aceitável

Fonte: Dados da Pesquisa.

Para a verificação da distribuição do IQA, os resultados foram apresentados usando gráficos produzidos pelo *Software Surfer 10*, através do método de interpolação por krigagem, permitindo uma melhor visualização deste índice ao longo das áreas estudadas (Figura 3).



**FIGURA 4:** Mapa de superfície de isovalores para o IQA com a utilização do interpolador Krigagem pelo *software Surfer 10*. (A) IQA do Lago Bolonha na profundidade de 20% da coluna d'água; (B) IQA do Lago Bolonha na profundidade de 80% da coluna d'água; (C) IQA do Lago Água Preta na profundidade de 20% da coluna d'água; (D) IQA do Lago Água Preta na profundidade de 80% da coluna d'água; (E) IQA dos rios Guamá e Aurá na profundidade de 20% da coluna d'água; (F) IQA dos rios Guamá e Aurá na profundidade de 80% da coluna d'água.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Embora tenha sido realizada apenas uma campanha para o estudo das águas superficiais dos Lagos Bolonha, Água Preta e Rios Guamá e Aurá, e 14 amostras analisadas, os resultados analíticos dos parâmetros, permitem algumas considerações de caráter geral.

A avaliação apresentada para os Índices de Qualidade das Águas nos diversos pontos amostrados variaram de 41 (aceitável) a 85 (ótima). Essa variação pode refletir o fato das coletas ocorrerem no período de maior pluviosidade, contribuindo para a maior diluição dos agentes contaminantes nas águas e conseqüentemente aumento nos valores dos parâmetros analisados.

Outro fator que contribuiu para estes resultados é a intensa presença de macrófitas aquáticas nos pontos amostrados, pois as mesmas possuem papel significativo na adsorção e absorção de substâncias tóxicas, ou seja, desempenham atividades filtradoras modificando a qualidade da água.

DINIZ et al. (2005), estudaram o efeito das macrófitas nas águas do açude de Bodocongó (Campina Grande/PB) e comprovaram uma redução na concentração de nitrogênio, fósforo, de matéria orgânica ( $DBO_5$ ) e de coliformes termotolerantes e estreptococos fecais nos pontos com descargas de esgotos.

**TABELA 6:** Resultados analíticos dos parâmetros utilizados no cálculo do Índice de Qualidade da Água

Parâmetros	T		pH		Turbidez		DBO		O.D.	
Unidades	C°		—		UNT		mg/L		mg/L	
Nível de Profundidade	20%	80%	20%	80%	20%	80%	20%	80%	—	
Lago Bolonha	P1 - B	30,7	29,9	6,74	6,56	7,1	10,74	0,4	0,4	3,2
	P2 - B	29,9	29,2	6,47	6,41	7,46	6,29	0,3	0,4	3,3
	P3 - B	30,2	31,1	6,5	6,45	12,86	13,86	0,4	0,4	4,5
	P4 - B	28		7,04		16,8		0,3		1,6
Lago Água Preta	P1 - AP	30,8	30,3	7,56	6,97	20,1	13,6	0,6	0,5	4,9
	P2 - AP	30,7	30	6,7	6,29	15,26	21,9	0,5	0,5	4,7
	P3 - AP	30,6	29,4	6,32	6,18	12	10,82	0,4	0,5	5,2
	P4 - AP	30,1	29,2	6,29	6,17	5,9	5,05	0,4	0,4	4,2
	P5 - AP	31,3	29,2	6,7	6,2	17,83	11,47	0,6	0,5	5,4
	P6 - AP	30,2	28,1	6,34	6,09	10,84	4,21	0,5	0,5	3,8
Rio Guamá	P1 - RG	30,1	30	5,94	6,08	24,2	27,4	0,5	0,5	3,8
	P2 - RG	30,3	30,2	5,9	6,1	24,5	25,3	0,5	0,6	3,8
	P3 - RG	29,4	30,3	6,13	6,09	23,6	25,4	0,5	0,5	3,5
Rio Aurá	P1 - RA	29	28,4	6,75	6,85	14,42	15,74	0,8	0,7	0,5
CONAMA n° 357/2005 - Classe 2 (Água doce)	Nr		6,0 a 9,0		Até 100 UNT		≤ 5 mg/L		≥ 5 mg/L	

Nr: Não referenciado.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Continuação

Parâmetros		Sólidos Totais		Coliformes Termotolerantes	Nitrogênio
Unidades		mg/L		NMP/100 ml	mg/L
Nível de Profundidade		20%	80%	—	—
Lago Bolonha	P1 - B	87,3608	79,6660	3,6	1,840
	P2 - B	78,7882	80,6099	3,6	2,789
	P3 - B	80,7814	78,8574	Ausente	3,192
	P4 - B	81,843		14	9,566
Lago Água Preta	P1 - AP	81,0508	81,6074	36	0,435
	P2 - AP	75,8439	81,7564	Ausente	0,447
	P3 - AP	84,5564	87,9348	Ausente	0,332
	P4 - AP	81,8792	87,6530	Ausente	0,230
	P5 - AP	79,1351	78,9805	30	0,344
	P6 - AP	81,7845	81,8182	Ausente	0,281
Rio Guamá	P1 - RG	84,1224	82,5463	20,3	5,985
	P2 - RG	78,6226	87,1447	30	5,664
	P3 - RG	76,2194	81,9261	14,4	5,803
Rio Aurá	P1 - RA	81,1546	81,1207	31,2	9,076
CONAMA nº 357/2005 - Classe 2 (Água doce)		Nr		Limite de 1.000 coliformes termotolerantes/100 mL	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5

Nr: Não referenciado.

Fonte: Dados da Pesquisa.

## CONCLUSÕES

Pode-se concluir que os parâmetros de qualidade da água revelaram que a maior parte dos pontos analisados excederam os limites máximos ou mínimos estabelecidos pela legislação vigente, o CONAMA nº 357/2005. Entretanto, o Índice de Qualidade da água dos pontos amostrados foi classificado em aceitável, bom e ótimo para abastecimento humano. Porém, fatores como o elevado índice pluviométrico, intensa presença de macrófitas aquáticas, e/ou o fato de o IQA não demonstrar tanta eficiência quando se trata de Amazônia, devem ser levados em consideração. Alguns parâmetros do índice são restringidos, portanto, o mesmo deve ser adaptado com valores mais flexíveis, haja vista as condições específicas das águas amazônicas.

A utilização do *Software Surfer 10* como ferramenta para a espacialização de informações, é de fundamental importância, uma vez que a problemática visualizada por meio de produtos cartográficos a tomada de decisões é facilitada.

Fatores como ocupação urbana desordenada ao entorno do Parque Estadual do Utinga, despejo de esgoto doméstico e industrial, que foram observados durante a coleta das amostras, principalmente próximo à margem do Lago Bolonha, comprometem a qualidade das águas superficiais que são utilizadas para abastecimento público. Uma hipótese que deve ser discutida é a proximidade dos Mananciais e dos Rios Guamá e Aurá com o Depósito de resíduos sólidos do Aurá, haja vista que o mesmo “apresenta características de um lixão a céu aberto, pois os resíduos são depositados diretamente sobre o solo, sem aplicação de técnicas de controle e proteção ambiental” (MONTEIRO et al., 2001).

Portanto, se faz necessário um constante monitoramento das águas dos Lagos e dos Rios estudados para inibir o despejo indiscriminado de resíduos, sejam eles sólidos ou líquidos, e diminuir a contaminação dos recursos hídricos por elementos tóxicos.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

ALBANEZ, J. R e MATOS, A. T. Aquicultura. In: MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. Belo Horizonte – MG: CRQ – MG, 2007.

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. de L. S.; MONTEIRO, S. de M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T.F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do rio Arari (Ilha de Marajó, Norte do Brasil). **Acta Amazônica**, vol. 42 (1): 115 – 124; 2012.

ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C. de.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & saúde coletiva**, 12(1): 61 – 72; 2007.

BAHIA, V. E.; FENZL, N.; LEAL, L. R. B.; MORALES, G. P.; LUÍZ, J. G. Caracterização Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas na área de abrangência



do reservatório de abastecimento público do Utinga Belém (PA). **Águas Subterrâneas**, v.25, n. 1, p. 43-56, 2011.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE). **Censo Demográfico**, 2010.

BRASIL, Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. **Chuva acumulada mensal versus número de dias com chuva**. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/sim/gera\\_graficos.php](http://www.inmet.gov.br/sim/gera_graficos.php); acesso em 23 de Agosto de 2013.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. [CONAMA]. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília (DF); **Diário Oficial da União. Gráfica e Editora Itamarati**, 2005.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). Agência Nacional de águas. Panorama do enquadramento dos corpos d'água. Brasília: **Cadernos de Recursos Hídricos**, 44 p., 2005.

CETESB. Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. **Série Relatórios**, 537p., 2008.

CETESB (Companhia de Tecnologia Ambiental do estado de São Paulo). Guia de coleta e preservação de amostras de água. São Paulo, CETESB, 1988.

CHAPMAN, D. Selection of water quality variables. In: Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. 2 ed. London: **E & FN Spon**, 1992, 605 p.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CNUMAD). **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento**: Agenda 21. Brasília: 1992. Senado Federal.

DINIZ, C. R; CEBALLOS, S. O. de; BARBOSA, J. E. de L.; KONING, A. Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para a melhoria da qualidade de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Suplemento, p. 226 – 230, 2005.

ESTEVEES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 2. Ed. Rio de Janeiro: **Interciência**, FINEP, 1998.

FIGUEIREDO, M. C. B. de; TEIXEIRA, A. S.; ARAÚJO, L. DE F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S. et al. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 12, n. 4, p. 399-409, out./dez. 2007. doi: 10.1590/S1413-41522007000400006.

FARIAS, E. dos S.; NASCIMENTO, F. S. DO; FERREIRA, M. A. A. Mapeamento da área Belém – Outeiro. **Relatório Final**. Belém, UFPA, 1992.

FEITOSA, FERNANDO A. C.; MANOEL FILHO, JOAO. Hidrologia: Conceitos e aplicações. 2. ed. Fortaleza: **CPRM: REFO, LABHID-UFPE**, 2000.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL DO PARÁ - IDESP. Estudo Ambiental do Utinga. Vida Útil do Sistema de Abastecimento de Água de Belém, 1991, 118p. (Relatório de Pesquisa).

LEITE, M. S. B; BARROS, F. M.; SILVA, D. P. da.; JESUS, F. W. A. de.; CARVALHO, S. R. de. Coleta de água: Amostragem em ambientes lóticos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 9, n. 16; p. 2136 – 2153; 2013.

MIRANDA, R. G; PEREIRA, S. de F.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia – Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. **Revista Ambiente & Água**. Taubaté, v.4, n.2, p.75-92, 2009.

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F. de.; BRITO, J. C. X de. ALMEIDA, T. P. F. de; MANSUR, G. L. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: **IBAM**, 2001.

MORALES, G. P. Avaliação ambiental dos resíduos hídricos, solo e sedimentos na área da abrangência do depósito sólidos do Aurá – Belém. 2002. 240p Tese (**Doutorado em Geoquímica e Petrologia**) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 2002.

MOTTA, S. Introdução à Engenharia Ambiental. 1a edição. Editora: **ABES**, Rio de Janeiro, 280p, 1997.

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** (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 1992.

SETTI, A. A. Diagnóstico sobre a situação dos mananciais dos 20 municípios selecionados dos Estados do Acre, Pará, Ceará, Pernambuco, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Goiás e Proposta de Estruturação do Programa de Preservação e Conservação de Mananciais. **Relatório Técnico: PNMA**, Contrato nº96/9596, 383 p., 1998.

SOUZA, T. S., FONTANETTI, C. S. Ensaio do Cometa para Avaliação da Qualidade das Águas do Rio Paraíba do Sul, numa área sob influência de uma Refinaria de Petróleo. 4ª PDPETRO. Campinas, 2007.

VILCHES, M. **Análise genotóxica do rio Cadeia/RS através do ensaio cometa e teste de micronúcleo e anormalidades nucleares utilizando peixes como**

**bioindicadores.** Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental). Novo Hamburgo – RS, 2009.