

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM QUÍMICA



Programa de Pós-Graduação
em Química



MONITORAMENTO AMBIENTAL ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA
– IQA ASSOCIADO COM O ÍNDICE DE TOXIDEZ – IT DAS ÁGUAS DAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DO CURIMATAÚ E MAXARANGUAPE NO ESTADO DO RIO
GRANDE DO NORTE

Daniela Karla de Souza Xavier

Dissertação de Mestrado

Natal - RN

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Daniela Karla de Souza Xavier

MONITORAMENTO AMBIENTAL ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA
– IQA ASSOCIADO COM O ÍNDICE DE TOXIDEZ – IT DAS ÁGUAS DAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DO CURIMATAÚ E MAXARANGUAPE NO ESTADO DO RIO
GRANDE DO NORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Djalma Ribeiro da Silva

Natal - RN

2010

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Setorial de Química

Xavier, Daniela Karla de Souza.

Monitoramento ambiental através do índice de qualidade de água –IQA associado com o índice de toxidez – IT das águas das bacias hidrográficas do Curimataú e Maxaranguape no estado do Rio Grande do Norte / Daniela Karla de Souza Xavier. Natal, RN, 2010.
102 f.

Orientador: Djalma Ribeiro da Silva.

Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Química.

1. Água – Físico-Químico - Dissertação. 2. Físico-Químico – Água - Dissertação. 3. Índice de Qualidade de Água – IQA - Dissertação. 4. Índice de Toxidez – IT – Dissertação. 5. Bacia Hidrográfica – Dissertação. I. Silva, Djalma Ribeiro da. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UFRN/BSE- Química

CDU 628.16.08

DANIELA KARLA DE SOUZA XAVIER

**MONITORAMENTO AMBIENTAL ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE
ÁGUA – IQA ASSOCIADO COM O ÍNDICE DE TOXIDEZ – IT DAS ÁGUAS DAS
BACIAS HIDROGRÁFICAS DO CURIMATAÚ E MAXARANGUAPE NO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Química.

Aprovada em: 09 de julho de 2010.

Comissão Examinadora:



Dra. Andréa Francisca Fernandes Barbosa – UNP



Dr. Carlos Alberto Martínez-Huitle – UFRN



Dr. Djalma Ribeiro da Silva – UFRN (orientador)

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido através de um monitoramento com a finalidade de avaliar a qualidade das águas das Bacias Hidrográfica do Curimataú e Maxaranguape localizadas no Estado do Rio Grande do Norte, aplicando o Índice de Qualidade da Água – IQA associado com o Índice de Toxidez – IT. As coletas de amostras foram monitoradas em três etapas, iniciando no período de novembro de 2008, junho de 2009 e março de 2010, onde foram realizadas em quatro estações amostrais na a Bacia do Curimataú e em duas estações amostrais na Bacia do Maxaranguape distribuída ao longo de seu percurso. Para todos os parâmetros em estudo, seus resultados foram confrontados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para os tipo de água doce-classe2, água salobra-classe 1 e água salina-classe 1, onde os resultados encontrado para os parâmetro em estudo confirmam o início de um impacto provocado pelas diferentes atividades, sobretudo quando se trata dos parâmetros que estão relacionados com a presença de matéria orgânica, como por exemplo, DBO e Coliformes Termotolerantes. Desta forma, o IQA para a maioria dos pontos de coleta foi classificado como de qualidade Média. Para os metais, apesar de se ter encontrado valores que excederam o limite estabelecido pela Resolução, à maior parte se encontravam abaixo do Limite de detecção do equipamento ICP-OES. Para os valores de IQA associado com o IT, em alguns pontos ocorreram à confirmação dos resultados encontrados para o IQA, e para outros, este não confirma os resultados do IQA, devido se ter encontrados metais traço acima do limite permitido pela legislação.

PALAVRAS - CHAVE: Água. Índice de Qualidade de Água – IQA. Índice de Toxidez – IT. Bacia Hidrográfica.

ABSTRACT

This work was developed with the aim of, through a monitoring carried out, evaluate the water quality of Curimatau's and Maxaranguape's Hydrographic Basins located in the state of Rio Grande do Norte, applying the Índice de Qualidade da Água – IQA associated with the Índice de Toxidez – IT . The collection of samples was monitored in three steps, in the period of November'08, June'09 and March'10, and carried out in four sampling stations at the Curimatau's Basins and two at the Maxaranguape's . For all the parameters under study, their results were compared with the limits established by the CONAMA's Resolution N° 357/2005 for the types of freshwater – class 2, brakish water- class 1 and saline water – class 1, where the results for the parameters under study confirm the beginning of the impact caused by different activities, especially when it comes to the parameters that were related with the presence of organic matter, like the DBO and Coliformes Termotolerantes. So, the IQA for the most of collection points was classified as the medium quality. For the metals, although they have found values that exceeded the limit stablished in the Resolution, the most of them were below the limit of detection of the equipment ICP-OES. For the value of the IQA associated with the IT, in same points occur the confirmation of the results found to the IQA, and to others, this don't confirm the results of IQA, due to have found trace metals above the limit allowed by the law.

KEY WORDS: Water. Water Quality Index – WQI. Toxicity Index– TI. Hydrographic Basins.

DEDICATÓRIA

Dedico esta Vitória a minha amada mãe,
pelo seu total esforço e amor para que eu
pudesse conquistar todos os meus sonhos

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me proporcionado fé e força para a conclusão de mais uma etapa em minha vida.

Aos meus queridos irmãos Thiago e Lucas pelas conversas, compreensão, amor e apoio.

A todos os meus tios, tias, primos, primas e avó.

Em especial, à minha Tia Eliene e a minha prima Larissa por estarem sempre presentes para me apoiarem nos momentos em que mais precisei.

Aos meus primos Djailton, Kacius e Kerson pela forte presença em minha vida.

À Joab pela sua grande paciência durante a minha vida acadêmica.

À minha “amiga mãe” Adriana, pelas decisões que tomei em minha vida, pelo seu apoio incondicional, conselhos, dedicação e pelo seu amor. Você sabe que é e sempre será especial em minha vida!

À minha amiga Wiliana, pelas vitórias que conquistamos juntas.

À querida Emily, pelos esclarecimentos nas horas em que me faltou conhecimento.

As minhas amigas do coração Shirley e Verushka pela sua enorme preocupação e total atenção nas minhas horas de angústia. Vocês sabem que sem a ajuda de pequenos detalhes, eu não teria conseguido concretizar mais um sonho. O meu carinho e agradecimento é pequeno perto do que vocês fizeram por mim!

Aos meus amigos lindos e maravilhosos, Alison, Ana Paula, Ellen, Erileide, Joicy, Kátia, Larissa, Juliana, Laura, Patrícia, Rayanna e Renato pelos dias em que almoçamos

juntos, pelas nossas aventuras, comemorações, gargalhadas e choros, pelos conselhos, carinho e compreensão. Amo vocês mais do que possam imaginar!

Ao Professor Djalma pelo incentivo e orientação.

Aos amigos e companheiros de laboratório Aécia, Allison, Amanda, André, Andréa, Arthur, Beliza, Daniel, Danilo, Dayanne, Fernanda, Fernando, Izabel, Janaine, Jardel, Kaio, Kytéria, Laurenice, Márcio, Miquéias, Nireide, Philipp, Rafael, Rakel, Raoni, Rina, Tarcila, Thiego e Vicente.

Ao grande Severino por sempre estar pronto a nos ajudar.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química e a CAPES pelo apoio financeiro.

Ao IDEMA pelo apoio prestado ao longo do monitoramento realizado para o desenvolvimento deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1	Mapa esquemático e pontos de coletas da Bacia Hidrográfica do Curimataú.....	37
Figura 4.2	Mapa esquemático e pontos de coleta da Bacia Hidrográfica Maxaranguape.....	38
Figura 4.3	CUR01/jusante de Nova Cruz-RN.....	39
Figura 4.4	CUR02/jusante de Pedro Velho-RN.....	39
Figura 4.5	CUR03/Estuário de Barra de Cunhaú-RN.....	39
Figura 4.6	PIQ01/Estação de Tratamento de Água da CAERN em Pedro Velho-RN.....	39
Figura 4.7	MAX 1/Dom Marculino em Maxaranguape.....	40
Figura 4.8	MAX 2/Maxaranguape.....	40
Figura 5.1	Gráfico Referente à Concentração de Salinidade em (%) Para o Curimataú e Maxaranguape.....	52
Figura 5.2	Gráfico Referente à Variação de Temperatura Para o Curimataú e Maxaranguape.....	53
Figura 5.3	Gráfico Referente à Concentração de Sólidos Totais em mg/L Para o Curimataú e Maxaranguape.....	54
Figura 5.4	Gráfico Referente à Concentração de Turbidez em NTU para o Curimataú e Maxaranguape.....	56
Figura 5.5	Valores do Potencial Hidrogeniônico (pH) Para o Curimataú e Maxaranguape.....	57
Figura 5.6	Concentração da Demanda Bioquímica (DBO) de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido (OD) em mg/L Para o Curimataú e Maxaranguape.....	58
Figura 5.7	Concentração de Coliformes Termotolerantes em NMP/100 mL Para o Curimataú e Maxaranguape.....	60
Figura 5.8	Concentração de Nitrogênio Total em mg/L Para o Curimataú e Maxaranguape.....	61
Figura 5.9	Concentração de Fósforo Total em mg/L Para. o Curimataú e Maxaranguape.....	62

Figura 5.10	Classificação do Índice de Qualidade de Água Para o Curimataú e Maxaranguape.....	64
Figura 5.11	Índice de Qualidade da Água Combinado com o Índice de Qualidade da Água para o Curimataú e Maxaranguape.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Estações de coletas e suas coordenadas.....	38
Tabela 4.2	Cronograma de coleta das Bacias Hidrográficas do Curimataú e Maxaranguape.....	41
Tabela 4.3	Metodologia de Coleta e Limite de Detecção do Método.....	42
Tabela 4.4	Classificação da Qualidade da Água.....	48
Tabela 4.5	Classificação da Qualidade da Água.....	49
Tabela 4.6	Valor Limite Estabelecido pelo CONAMA N° 357/2005.....	50
Tabela 5.1	Tipo de água de acordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005....	51
Tabela 5.2	Faixa de pH segundo Resolução CONAMA N° 357/2005.....	56
Tabela 5.3	Valor Limite Para Concentração de Fósforo segundo Resolução CONAMA N° 35/2005.....	61
Tabela 5.4	Metais traço e Limite estabelecido pela resolução CONAMA.....	64
Tabela 5.5	Concentrações dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem CUR 1.	65
Tabela 5.6	Concentrações dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem CUR 2.	65
Tabela 5.7	Concentrações dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem CUR 3.	66
Tabela 5.8	Concentrações dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem PIQ 1..	66
Tabela 5.9	Concentrações dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem MAX 1.....	67
Tabela 5.10	Concentrações dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem MAX 2.....	67
Tabela 5.11	Índice de Toxidez para as Três Coletas dos Pontos de Amostragem das Bacias do Curimataú e Maxaranguape.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS

IQA – Índice de Qualidade da Água

IT – Índice de Toxidez

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

ICP-OES – Espectroscopia de Emissão com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado

mg/L – Miligrama por Litro

UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez

NMP – Número Mais Provável

CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do RN

SERHID – Secretaria de Recursos Hídricos

IDEMA – Instituto de Defesa do Meio Ambiente

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

GPS – Global Position Search

UTM – Universal Transverse Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	OBJETIVOS.....	19
2.1	OBJETIVOS GERAIS.....	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	20
3.1.1	Estuário.....	20
3.1.2	Bacia Hidrográfica.....	20
3.1.2.1	Bacia Hidrográfica do Curimataú.....	21
3.1.2.2	Bacia Hidrográfica do Maxaranguape.....	22
3.2	ÁGUA.....	22
3.3	QUALIDADES DAS ÁGUAS.....	23
3.3.1	Poluição das águas.....	25
3.4	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	26
3.4.1	Principais Parâmetros Físicos, Químicos e Microbiológico para Monitoramento da Qualidade da Água.....	27
3.4.1.1	Turbidez.....	27
3.4.1.2	Sólidos Totais.....	27
3.4.1.3	Temperatura.....	28
3.4.1.4	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	28
3.4.1.5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	29
3.4.1.6	Fósforo Total.....	29
3.4.1.7	Oxigênio Dissolvido (OD).....	30
3.4.1.8	Nitrogênio Total.....	30
3.4.1.9	Coliformes Termotolerantes.....	30
3.4.1.10	Salinidade.....	31
3.5	ÍNDICE DE TOXIDEZ-METAIS TRAÇO.....	31
3.5.1	Metais Traço.....	32
3.5.1.1	Características dos Elementos.....	33
3.5.1.1.1	<u>Níquel (Ni)</u>.....	33

3.5.1.1.2	<u>Cádmio (Cd)</u>	33
3.5.1.1.3	<u>Chumbo (Pb)</u>	33
3.5.1.1.4	<u>Cobre (Cu)</u>	34
3.5.1.1.5	<u>Mercúrio (Hg)</u>	35
3.5.1.1.6	<u>Zinco (Zn)</u>	35
3.5.1.1.7	<u>Cromo (Cr)</u>	36
4	MATERIAS E MÉTODOS	37
4.1	ÁREA DE ESTUDO E ESTAÇÕES DE COLETAS.....	37
4.1.1	Estações de coletas para a Bacia Curimataú	39
4.1.2	Estações de coletas para a Bacia Maxaranguape	40
4.2	METODOLOGIA DE COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS	40
4.3	DETERMINAÇÕES DAS VARIÁVEIS PARA O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA E SUAS METODOLOGIAS DE ANÁLISE.....	42
4.3.1	Turbidez	43
4.3.2	Sólidos Totais	43
4.3.2.1	Sólidos Dissolvidos.....	43
4.3.2.2	Sólidos Suspensos.....	44
4.3.3	Variação de Temperatura	44
4.3.4	Potencial Hidrogeniônico (pH)	44
4.3.5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	44
4.3.6	Oxigênio Dissolvido (OD)	45
4.3.7	Coliformes Termotolerantes	45
4.3.8	Nitrogênio Total	46
4.3.9	Salinidade	46
4.3.10	Metais traços e Fósforo total	46
4.3.10.1	Digestão Ácida por Microondas.....	46
4.3.10.2	Determinação das Concentrações dos Metais traços por ICP-OES.....	47
4.4	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA...	47
4.5	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE TOXIDEX.....	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1	BACIAS HIDROGRÁFICAS DO CURIMATAÚ E MAXARANGUAPE.....	51

5.1.1	Salinidade.....	51
5.1.2	Variação de Temperatura.....	52
5.1.3	Sólidos Totais.....	53
5.1.4	Turbidez.....	55
5.1.5	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	56
5.1.6	Relação entre Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD).....	58
5.1.7	Coliformes Termotolerantes.....	59
5.1.8	Nitrogênio Total.....	60
5.1.9	Fósforo Total.....	61
5.1.10	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	62
5.1.11	Índice de Toxidez (IT).....	64
6	CONCLUSÕES.....	70
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	71
	REFERÊNCIAS.....	72
	ANEXO.....	79

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos de maior importância para todas as formas de vida na terra e indispensável para todos os seres vivos. Ela ocupa um lugar específico entre os recursos naturais. É a substância mais abundante no planeta, embora disponível em diferentes quantidades e em diferentes lugares. Possui papel fundamental no ambiente e na vida humana, e nada a substitui, pois sem ela a vida não pode existir.

Três quartos da superfície do planeta são cobertos pelos oceanos. Na Natureza, ela nunca se encontra completamente pura. Isso ocorre porque ela possui uma enorme capacidade de dissolver outras substâncias, principalmente sais minerais, gases e matéria orgânica. Dependendo da quantidade de sais nela dissolvidos, podem-se ter três tipos de água: as águas doces, que não apresentam sabor salino; as salobras, que mostram suave gosto de sais; e por fim, as salgadas, que possuem elevado índice de sais (MAGOSSO, et al., 2000, p. 27).

No mundo todo, parece que o ser humano esqueceu a importância da água para a sua sobrevivência e não tem tratado corretamente esse precioso recurso natural. Há milhares de anos a natureza vem sofrendo alterações, passo a passo, sendo transformada pelo homem que destrói e contribui na maioria das vezes com a extinção de espécies animais e vegetais existentes no planeta.

Apesar da importância das águas, este é o recurso natural mais afetado pelo processo de urbanização que vem acontecendo ao longo do século XX no Brasil. A expansão da malha urbana das cidades, geralmente ocorre de forma desordenada, provocada pelo crescimento demográfico e pela ausência/deficiência de planejamento e gestão urbana (LUZ, 2009, p.7).

A poluição das águas tem sido um problema para a sociedade, e hoje se pode afirmar que este recurso natural, que durante muitos anos foi considerado inesgotável, vem sofrendo agressões cada vez maiores, encontrando-se em situações de risco iminente. A introdução dos poluentes nos oceanos por longo período de tempo poderá conduzir a uma acumulação de substâncias tóxicas disseminando mortalidade e contaminando os seres marinhos. A maior parte dos poluentes atmosféricos reage com o vapor d'água na atmosfera e volta à superfície sob a forma de chuva, contaminando pela absorção do solo, os lençóis subterrâneos. Os oceanos recebem boa parte dos poluentes dissolvidos nos rios, além do lixo dos centros industriais e urbanos (ALVES; LOT, 2004).

Diversas abordagens são utilizadas para avaliar o impacto da contaminação aquática causada pelo lançamento de resíduos de origem antropogênica nos ecossistemas aquáticos. O impacto dos poluentes provenientes de distintas fontes compromete sócio, ambiental e economicamente as regiões costeiras, devido ao fato de que nestes ambientes há abundância de recursos naturais. Além disso, esses locais favorecem o desenvolvimento de portos, centros urbanos e pólos industriais, que por sua vez utilizam os corpos hídricos para descarga direta de seus resíduos (SERIANI et al., 2006).

As bacias hidrográficas geralmente aparecem como as principais áreas propícias a concentrarem maiores aglomerações humanas, como também propícias a apresentarem como consequência as alterações de suas capacidades naturais, necessárias à sobrevivência, não só do homem, mas de toda forma de vida vegetal e animal (RAMALHO et al., 2008).

De acordo com o IGARN (2007), a bacia hidrográfica do Rio Maxaranguape, é uma das mais importantes do Estado do Rio Grande do Norte, pela sua localização e pelo seu potencial hídrico. Sua área territorial de drenagem é de 1010 km², banhando os municípios de João Câmara, Pureza, Ceará - Mirim e Maxaranguape. Tem o seu nascedouro no município de João Câmara, na localidade de Buraco Seco e outra nascente perene na cidade de Pureza.

A área estuarina do Curimataú, que também é localizada no Rio Grande do norte, vem sofrendo ao longo dos anos processos perturbadores da dinâmica e do equilíbrio do seu ambiente natural, caracterizando-se por possuir, ainda, a maior área de manguezal do estado (75 Km²) e por está localizada num contexto onde existe a interação entre vários ambientes ecológicos, cujos principais são as florestas resquícios de mata atlântica e sua interação com os ambientes estuarinos e costeiros (FERNANDES, 2005).

Conhecer a qualidade da água disponível é fundamental para a gestão dos recursos hídricos. A qualidade da água é um termo que não diz respeito somente à determinação da pureza da mesma, mas também as suas características desejadas para os seus múltiplos usos. Assim, ao longo dos anos foram desenvolvidos vários índices e indicadores ambientais para avaliação da qualidade da água com base em suas características físico-químicas e microbiológicas. Um desses índices é o IQA (Índice de Qualidade das Águas), o qual estabelece níveis e padrões de qualidade que possibilita a classificação das águas em classes, determinada pelo resultado encontrado no seu cálculo (LIMA et al., 2007).

Desta maneira, este trabalho teve por finalidade realizar um monitoramento da qualidade da água por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológico das bacias hidrográficas do Maxaranguape e do Curimataú aplicando o Índice de Qualidade da Água –

IQA associado com o Índice de Toxidez – IT, realizando assim, um diagnóstico das condições em que se encontram essas águas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho proporciona como objetivo avaliar a qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas do Maxaranguape e Curimataú por meio de monitoramento, comparando os resultados encontrados de análise com o limite máximo permitido para cada tipo de classe de água, estabelecido pela resolução CONAMA N° 357/2005, usando a metodologia de IQA associado com o IT.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Avaliar a qualidade da água através da realização das análises individuais dos parâmetros físico-químicos e microbiológico utilizados para a determinação do IQA - Índice de Qualidade da Água: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais e temperatura das Bacias Hidrográficas do Curimataú e Maxaranguape.

- ✓ Quantificar os metais considerados tóxicos utilizados para a determinação do IT - índice de toxidez: cobre dissolvido, chumbo, cromo, cádmio, zinco, níquel e mercúrio.

- ✓ Fornecer a informação da qualidade da água através do cálculo da determinação do IQA e IT baseado nos resultados encontrados e comparando com os valores permitidos pela resolução CONAMA N° 357/2005.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁREAS DE ESTUDO

3.1.1 Estuário

Estuários são ambientes de transição entre o continente e o oceano, onde rios encontram o mar, resultando na diluição mensurável da água salgada. Em média, as águas estuarinas são biologicamente mais produtivas do que as do rio e do oceano adjacente, devido às características hidrodinâmicas, que aprisionando nutrientes, algas e outras plantas, estimula a produtividade desses corpos de água (MIRANDA et al., 2002).

É reconhecida a importância dos sistemas estuarinos pela sua capacidade de depuração e pelo papel crucial que desempenham ao nível da sustentabilidade ecológica, através dos complexos processos físicos e biogeoquímicos que ocorrem e que proporcionam elevadas produtividades biológicas e abrigo para muitas espécies em idade juvenil. Existe cada vez maior conscientização dos impactos negativos sobre estes ecossistemas aquáticos provocados pela introdução de metais pesados, metalóides, pesticidas, entre outros, como também do potencial toxicológico que esta contaminação representa para os humanos (FERNANDES, 2001).

3.1.2 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (CARDOSO et al., 2006). As características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de

água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial (TONELLO et al., 2006)

A bacia hidrográfica inclui em suas características os aspectos físico-químicos e a limnologia de suas águas. Esses fatores determinam o potencial de uso dos recursos hídricos (TOMAZONI et al., 2003).

3.1.2.1 Bacia Hidrográfica do Curimataú

O rio Curimataú possui dimensão de aproximadamente 75 Km², incluindo parcialmente os municípios de Canguaretama e Baía Formosa, sendo que Canguaretama é a cidade mais importante. O acesso à área é feito pela BR 101 (trecho Natal-João Pessoa), e pela RN-269 que liga o município de Canguaretama ao povo de Barra de Cunhaú, por via rodoviária, cerca de 90 minutos (FERNANDES, 2005).

Na bacia foram cadastrados 25 açudes, totalizando um volume de acumulação de 3.918.400 m³ de água. Isto corresponde, respectivamente, a 1,1 % e 0,1 % dos totais de açudes e volumes acumulados do Estado. A rede hidrográfica é composta principalmente pelos rios Parari, Espinho, Pequiri, Outeiro e Curimataú. Todavia, não existe nenhum açude com capacidade igual ou superior a 10 milhões de m³ (SEMARH, 2009).

O estuário do Rio Curimataú (RN), localizado na porção sul do litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, apresenta uma extensa região de manguezais em contraste com as atividades de carcinicultura e de monocultura canavieira (SILVA et al., 2003 apud GARLIPP 2008).

O planejamento e gerenciamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Curimataú é importante para a continuidade do uso dos recursos hídricos desta bacia pelos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, este deve ser feito em estudos para o manejo e preservação das microbacias que compõem o complexo hidrográfico do Rio Curimataú (CAVALCANTE; ARRUDA, 2008).

3.1.2.2 Bacia Hidrográfica do Maxaranguape

Maxaranguape é um município litorâneo do Estado do Rio grande do Norte localizado a poucos quilômetros ao norte de Natal, capital do Estado, na Costa das Dunas. Merece especial destaque a Praia de Barra de Maxaranguape, lugar de encontro do Rio Maxaranguape com o Mar.

A bacia hidrográfica do Maxaranguape ocupa uma superfície de 1.010,2 km², correspondendo a cerca de 1,9 % do território estadual. Nesta bacia, destaca-se a Fonte de Pureza, fenômeno de ressurgência que dá origem à principal fonte de água do Estado, em vazão - localizada junto à cidade de Pureza. Nesta bacia não se destaca a ocorrência de açudes de maior importância. Na maior parte da bacia há uma predominância do tipo clima tropical chuvoso com verão seco e com estação chuvosa que se adianta para o outono. Apenas no extremo oeste da bacia, ocorre o tipo clima muito quente e semi-árido, com a estação chuvosa se adiantando para o outono (10%). De um modo geral, as chuvas anuais médias de longo período decrescem do litoral para o interior, passando de cerca de 1.400 mm na foz para 550 mm nas cabeceiras (SEMARH, 2009).

3.2 ÁGUA

Os recursos hídricos são de grande importância para a manutenção da vida na Terra, pois são essenciais para a satisfação das necessidades humanas básicas, saúde e bem-estar das populações, produção industrial e de alimentos, geração de energia, manutenção dos ecossistemas globais e regionais, desenvolvimento de atividades econômicas, como a pesca e a navegação e de atividades ligadas ao lazer e a cultura (LUZ, 2009).

A água doce representa apenas 3% do total da água existente na natureza. Os restantes 97% encontram-se nos oceanos e mares salgados. A maior parte da água doce, aproximadamente 2,3 % dos 3 % existentes, está congelada nas calotas polares e geleiras, ou em lençóis subterrâneos muito profundos. A evaporação e a precipitação reciclam um volume considerável de água anualmente, mas apenas uma parte desse total cai sobre os continentes. Na verdade, apenas 0,5 % do volume total de água do planeta encontram-se imediatamente

disponível para o homem. A água, como os demais recursos naturais da biosfera, é escassa e seu uso racional inclui a preservação de sua qualidade. (LIMA et al., 2003)

O mais valioso recurso natural da humanidade é a água, sem ela não há vida. A água é uma necessidade primária, portanto, direito e patrimônio de todos os seres vivos, não apenas da humanidade (MOURA et al., 2008). É o recurso natural mais importante e participa e dinamiza todos os ciclos ecológicos; os sistemas aquáticos têm uma grande diversidade de espécies úteis ao homem e que são também parte ativa e relevante dos ciclos biogeoquímicos e da diversidade biológica do planeta Terra (TUNDISI, 2003).

Desse modo, os ambientes aquáticos que são habitat de muitos organismos da fauna e da flora e comportam uma alta diversidade de espécies que ficaram vulneráveis ao impacto das atividades antropogênicas (lançamentos de efluentes e emissões urbanas, rurais e industriais), seja pelo simples aporte de matéria orgânica, seja pelo aporte de contaminantes orgânicos ou inorgânicos, sintéticos ou naturais (COSTA, 2008).

No decorrer do processo histórico humano, as civilizações procuraram localizar-se próximo aos rios, lagos e mares, e por meio deles poder satisfazer suas necessidades (SAAD et al., 2007).

Com o desenvolvimento das atividades humanas, qualquer curso d'água está sujeito a sofrer alterações que podem comprometer a qualidade de suas águas. Por isso, torna-se importante o monitoramento de sua qualidade, a fim de que possam ser atendidos os requisitos estabelecidos em sua classe e garantir seus usos previstos (TAKI FILHO; SANTOS, 2009).

3.3 QUALIDADES DAS ÁGUAS

A demanda por água de boa qualidade tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas em razão do crescimento desordenado da população. As atividades humanas ocorrem em Bacias Hidrográficas, sejam elas rurais ou urbanas, alterando suas características e contribuindo para a mudança do equilíbrio e da dinâmica dos recursos naturais. A estas alterações está associado um aumento na geração de cargas poluentes que atingem os sistemas hídricos (PINTO et al., 2009).

A humanidade, até algumas décadas atrás, tinha a água como um bem infinito e que a capacidade de autodepuração dos corpos d'água também o era. Mas nas últimas décadas, o rápido desenvolvimento industrial, o aumento do número de habitantes e da produtividade agrícola trouxe como consequência a preocupação com a qualidade e disponibilidade da água para consumo humano, devido à rápida degradação dos corpos d'água (MARQUES et al., 2007).

A resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA - (Diário Oficial da União de 18/03/2005) classifica as águas doces (salinidade inferior a 0,5%), salobras (salinidade entre 0,5% e 30%) e salinas (salinidade superior a 30%) do Território Nacional em treze classes, de acordo com seus usos preponderantes. As águas doces podem ser divididas em cinco classes, as salobras em quatro classes e as salinas em quatro classes. Os cursos de água devem ter o seu uso prioritário definido por legislação e, a partir daí, com base nos critérios de qualidade da água, são estabelecidos limites para todos os parâmetros.

A qualidade das águas depende das condições geológicas e geomorfológicas e de cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de águas doces e das ações do homem. As ações do homem que mais podem influenciar a qualidade da água são: (a) lançamento de cargas nos sistemas hídricos; (b) alteração do uso do solo rural e urbano; (c) modificações no sistema fluvial (TUCCI et al., 2001). Essa qualidade pode ser definida como sendo um conjunto das características físicas, químicas e biológicas de certo corpo d'água, cujos critérios de avaliação da qualidade dependem do propósito do uso (MARQUES et al., 2007).

Cada atividade humana tem seus próprios requisitos de qualidade para consumo de água: o abastecimento urbano, a aquicultura e a pesca exigem alto padrão de qualidade; o abastecimento industrial e a irrigação necessitam de média qualidade de água; e a geração de energia e a navegação podem usar água de baixa qualidade (FRACARO, 2005).

A degradação da água pode ser proveniente do seu próprio uso como também dos diversos usos do solo numa região, notadamente os usos agrícolas, industriais e urbanos. Assim, influências antrópicas sobre a qualidade da água estão fortemente associadas ao crescimento da urbanização, da expansão das atividades agropecuárias e industriais. No mundo atual, a expansão destas atividades causa alterações deletérias crescentes sobre a qualidade das águas (HADDAD, 2007).

3.3.1 Poluição das águas

A origem do termo “poluição” vem do latim *polluere*, que, etimologicamente significa sujeira, degradação. Em termos mais atuais, a poluição é tudo o que ocorre em um meio e altera prejudicialmente suas características originais, afetando a saúde, a segurança e bem-estar da população, cria condições adversas às atividades sociais e econômicas, ocasiona danos relevantes à flora, à fauna e a qualquer recurso natural, aos acervos históricos, culturais e paisagísticos. O termo “poluição” engloba todos os rejeitos químicos tóxicos liberados pelo homem na biosfera, além de substâncias que possam causar desequilíbrio ao meio ambiente, mesmo que não sejam prejudiciais aos organismos (MONTEIRO, 2006).

A água contaminada é aquela que pode transmitir germes nocivos ou doenças infecciosas, ou que possui organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou radioativas em teores prejudiciais à saúde humana (HADDAD, 2007).

As principais cargas de poluição afluentes às águas interiores podem ser pontuais ou difusas. As cargas pontuais se devem a: (a) efluentes da indústria; (b) esgoto cloacal e pluvial. As cargas difusas se devem ao escoamento rural e urbano, distribuído ao longo das bacias hidrográficas. As cargas podem ser de origem orgânica ou inorgânica. As cargas orgânicas têm origem nos restos e dejetos humanos e animais e na matéria orgânica vegetal. As cargas inorgânicas têm origem nas atividades humanas, no uso de pesticidas, nos efluentes industriais e na lavagem pelo escoamento de superfícies contaminadas, como áreas urbanas (TUCCI et al., 2001).

Diversas são as fontes de poluição que contaminam os recursos hídricos. Os efluentes resultantes de atividades agrícolas, industriais e comerciais, bem como os dejetos gerados pelos seres humanos, têm sido lançados historicamente na vala comum dos rios. Apesar de as leis ambientais de controle da poluição das águas terem evoluído ao longo dos tempos, isso não impediu o lançamento constante de enormes volumes de rejeitos industriais, agrícolas e domiciliares nos cursos hídricos, que tiveram sua qualidade de água comprometida e seus usos limitados (FURRIELA, 2001).

3.4 ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade das águas superficiais depende do clima e da litologia da região, da vegetação circundante, do ecossistema aquático e da influência antrópica. A influência do clima se dá através da distribuição da chuva, temperatura e ventos que ocorrem na região. Os seres vivos presentes na água também alteram sua composição. As algas fazem fotossíntese consumindo CO₂ da água e liberando O₂. Toda a cadeia alimentar é sustentada com base no teor de nutriente presente e, conseqüentemente, tais concentrações regulam a produtividade do ecossistema (LIMA, 2004).

Diversos parâmetros são utilizados para caracterizar a qualidade da água, por representar suas características físicas, químicas e microbiológicas. Estes parâmetros indicam a qualidade da água e indicam problemas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para um uso específico (MIZUTORI, 2009).

A partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA - Índice de Qualidade das águas, que incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas. Para o IQA são estabelecidos limites que permitem a classificação da qualidade como ótima, boa, aceitável, ruim ou péssima (CETESB, 2009).

Foram sugeridos 35 parâmetros para a composição do IQA, porem somente os nove seguintes foram considerados de maior relevância para avaliação da qualidade da água: coliformes fecais, pH, DBO, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, sólidos totais, e oxigênio dissolvido (GAMEIRO, 2008).

O IQA é um número resultante de uma equação matemática baseada em valores de vários parâmetros de qualidade tanto física e química como microbiológicos. Este índice fornece uma indicação relativa da qualidade, permitindo uma comparação espaço- temporal de pontos distribuídos num mesmo corpo aquático ou entre distintas coleções hídricas (comparação inter e intra reservatórios) (LIMA, 2004).

3.4.1 Principais parâmetros físicos, químicos e microbiológico para monitoramento da qualidade da água

3.4.1.1 Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (esta redução dá-se por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, entre outros (CETESB, 2008). A turbidez de origem natural não representa riscos, porém a de origem antropogênica pode estar associada a compostos tóxicos e microorganismos patogênicos. Nos corpos d'água, reduz a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese. A unidade mais utilizada é a UNT (ou NTU em inglês) que é Unidade Nefelométrica de Turbidez. O turbidímetro é utilizado neste tipo de medição (COSTA, 2008).

3.4.1.2 Sólidos Totais

Os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado sendo classificados em: sólidos filtráveis (dissolvidos); sólidos não filtráveis (em suspensão), sólidos totais (dissolvidos + suspensos) (CETESB, 2008). Os sólidos na água aumentam sua turbidez, diminuindo sua transparência. O aumento na turbidez reduz as taxas de fotossíntese influenciando na produção primária, e o oxigênio dissolvido na água. Águas com alta concentração de sólidos dissolvidos geralmente apresentam potabilidade inferior e podem conduzir a reação fisiológica adversas no consumidor. Por estas razões, um limite máximo de 500 mgL^{-1} de sólidos dissolvidos é desejável para potabilidade das águas. Altas concentrações de sólidos suspensos poderão ser esteticamente insatisfatórias para fins de consumo (MIZUTORI, 2009).

3.4.1.3 Temperatura

Os processos físicos, químicos e biológicos são influenciados pela temperatura da água. As variações na água podem se dar em função da sazonalidade climática, variação diurna e estratificação vertical do corpo de água. A vida aquática está condicionada a limites inferiores e superiores da temperatura da água (HADDAD, 2007). A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas. A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo (CETESB, 2008).

3.4.1.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é um parâmetro que indica se a água tem caráter ácido ($\text{pH} < 7$) ou alcalino ($\text{pH} > 7$). Ele é decorrente da concentração de íons de hidrogênio na água. As alterações nesse valor podem afetar a vida aquática (flora e fauna). Os valores de pH estão relacionados a fontes naturais, como dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, e a fatores antropogênicos pelos despejos de esgotos domésticos e industriais, devido a oxidação da matéria orgânica e a lavagem ácida de tanques, respectivamente (SPERLING, 2005).

Quando o pH ultrapassa os limites entre 6.0 e 9.0, interfere no ciclo da vida aquática, provocando a morte dos peixes. Existem fatores físicos, químicos e biológicos que isolados ou não, são responsáveis pelas alterações do pH, como o aumento de CO_2 e até a variação dia/noite associada ao processo de fotossíntese (FERREIRA, 2005).

3.4.1.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A capacidade dos microorganismos presentes em uma amostra de água natural em consumir oxigênio é chamada de Demanda Bioquímica de Oxigênio, DBO. A substância mais habitualmente oxidada pelo oxigênio dissolvido em água é a matéria orgânica de origem biológica, como a procedente de plantas mortas e restos de animais (LIMA, 2004). É normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, em uma temperatura de incubação específica. Um período de tempo de cinco dias em uma temperatura de incubação de 20 °C é usado e referido como DBO (SIMÕES, 2006).

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2008).

3.4.1.6 Fósforo Total

Há muito tempo é conhecida a importância do fósforo nos sistemas biológicos. Esta importância deve-se a participação deste elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia (forma uma fração essencial da molécula de ATP) e estruturação da membrana celular (através dos fosfolipídios) (LIMA, 2004).

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos que são representados pelos radicais, que se combina com cátions formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos (CETESB, 2008).

3.4.1.7 Oxigênio Dissolvido (OD)

O Oxigênio Dissolvido é necessário para a respiração de microorganismos aeróbicos, bem como outras formas aeróbicas de vida. A quantidade de oxigênio que pode estar presente na água é regulada por vários fatores, tais como: a solubilidade do gás, a pressão parcial do gás na atmosfera, a temperatura, a salinidade, sólidos em suspensão, etc (BASTOS, 2007).

Elemento essencial para a manutenção da vida aquática, a concentração de oxigênio dissolvido pode atingir até 11mg/L. Os valores acima de 8mg/l são encontrados em águas livres da poluição. As principais causas da queda da quantidade de OD nos rios urbanos estão associadas ao esgoto doméstico e industrial lançados, na maioria dos casos, sem nenhum tratamento prévio. (FERREIRA, 2005).

3.4.1.8 Nitrogênio Total

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Pode-se associar a idade da poluição com relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecer nitrito e nitrato denotam que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2008).

3.4.1.9 Coliformes Termotolerantes

Os intestinos humanos e os de animais de sangue quente alojam uma grande quantidade de bactérias denominadas coliformes fecais, que mesmo inofensivas, estão

presentes nos esgotos domésticos juntamente com uma série de outras bactérias patogênicas, causadoras de hepatite, diarreias e cólera entre outras. Portanto a análise de coliformes fecais está associada aos microorganismos patogênicos. (FERREIRA, 2005).

3.4.1.10 Salinidade

A salinidade é a concentração de sais minerais dissolvidos na água. Sendo de fundamental importância em estudos de regiões estuarinas e costeiras, pois a mesma é função direta da propagação das ondas de maré e do volume de contribuição fluvial, além de atuar diretamente sobre a liberação e/ou remoção de elementos na coluna d'água e nas interfaces. Isso torna ao estuário totalmente instável sobre o ponto de vista químico (COSTA, 2008).

3.5 ÍNDICES DE TOXIDEZ-METAIS TRAÇO

O Índice de Toxidez – IT é um índice binário (valores 0 e 1), ou seja, quando alguma substância tóxica apresenta valores acima do limite permitido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005, o IT assume valor 1 (um), e quando nenhuma substância tóxica ultrapassar o limite permitido o IT assume o valor 0 (zero). A nota final da qualidade de um ponto de amostragem será o produto do IQA pelo IT. Quando o IT = 0 o produto é zero, fazendo com que o IQA assumira valor 0 (zero), classificando a água como da pior qualidade. Quando o IT = 1 o produto confirmará o resultado do IQA. (IGARN, 2009).

Este índice complementa o IQA-NSF. Algumas substâncias tóxicas, como metais pesados e pesticidas, apresentam concentrações frequentemente limitadas espacial e temporalmente a determinadas situações, razão pela qual não podem ser incluídas em índices mais amplos propostos para áreas com diferenças hidrológicas, demográficas ou geológicas. Os sete metais integrantes do IT são os seguintes: cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, mercúrio total, cromo total, níquel total e zinco total (PNMA II, 2002).

3.5.1 Metais Traço

Os metais apesar de alguns serem essenciais, para plantas, animais, entre outros seres vivos, ocorrem de forma natural no ambiente, mas estes vêm sendo encarados como um dos grandes problemas da sociedade moderna, devido ao elevado uso de substâncias que contém esses elementos, impulsionado principalmente pelos setores industriais e agrícolas (ARAÚJO; PINTO FILHO, 2010).

Em geral, metais tóxicos estão presentes em quantidades diminutas no meio aquático por ação de fenômenos naturais, mas podem ser despejados em quantidades significativas por atividades industriais, agrícolas e de mineração (LIMA, 2004).

Os metais diferenciam-se dos compostos orgânicos tóxicos por não serem degradáveis, de maneira que podem acumular-se nos componentes dos ambientes onde manifesta a sua toxicidade. A toxicidade de uma dada concentração de metal presente em um curso de água natural depende do pH e da quantidade de carbono dissolvido e em suspensão. A ocorrência dos metais nos corpos de água é devido a despejos decorrentes principalmente de processos industriais na forma de substâncias químicas orgânicas e/ou inorgânicas ou ainda de origem natural, oriunda da própria rocha matriz (VIANA, 2006).

A ação química desses elementos tem despertado grande interesse ambiental. Isto se deve, em parte, ao fato de não possuírem caráter de biodegradabilidade, o que determina que permaneçam em ciclos biogeoquímicos globais nos quais as águas naturais são seus principais meios de condução, podendo-se acumular na biota aquática em níveis significativamente elevados (SILVA, 2002).

Alguns elementos como Co, Fe, Mn, Mo, Ni, Se e V são essenciais em funções fisiológicas e bioquímicas. O Cu, Cr e Zn também podem ser considerados essenciais, porém, em altas concentrações passam a ser tóxicos. Outros elementos como Hg, Ag, As, Cd e Pb não têm funções biológicas conhecidas e são comprovadamente tóxicos para o homem (DANTAS, 2009).

3.5.1.1 Características dos Elementos

3.5.1.1.1 Níquel (Ni)

O níquel puro é um metal duro, branco prateado que pode combinar-se com outros metais, tais como ferro, cobre, cromo e zinco para formar ligações (LIMA,2004). Aproximadamente 65% do níquel consumido são empregados na fabricação de aço inoxidável austênico e, outros 12%, em superligas de níquel. O restante, 23%, é repartido na produção de outras ligas metálicas, baterias recarregáveis, reações de catálise, cunhagens de moedas, revestimentos metálicos e fundição. O níquel sofre mudanças no seu estado de oxidação indicando que o núcleo de níquel é a parte ativa da enzima. Também está presente na enzima metil-CoM-redutase e em bactérias metanogênicas. Possui papel biológico parecido com o ferro por serem muito próximos (VIANA, 2006).

3.5.1.1.2 Cádmio (Cd)

O cádmio pode ser encontrado nas águas naturais não poluídas, em sedimentos de fundo de leito e em partículas suspensas em concentrações inferiores a 1 µg/L. A solubilidade do cádmio na água é determinada pela acidez. O metal é usado em pigmentos, em plásticos, anticorrosivos, placas elétricas, ou aço, sendo os seus compostos utilizados em baterias elétricas, componentes eletrônicos e fertilizantes (HADDAD, 2007).

No ambiente aquático, o cádmio é oxifílico e sulfofílico. Muitos tipos de matéria orgânica, como açúcares, aminoácidos, polissacarídeos, ácidos hidroxílicos de natureza aromática e alifática, complexam o referido metal (SILVA, 2002).

A exposição humana ao cádmio ocorre pela ingestão de água e alimentos contaminados (é um elemento bioacumulativo). Os efeitos agudos da contaminação por cádmio em humanos são muito sérios e abrangem irritação local nas vias aéreas, tosse persistente, dispnéia, dores torácicas, náuseas e vômito quando o Cd é inalado. O cádmio não

apresenta até o presente, alguma função biológica conhecida que o torne necessário ou essencial para os seres vivos (DANTAS, 2009).

3.5.1.1.3 Chumbo (Pb)

É considerado, um metal tóxico, pesado, macio, maleável e pobre condutor de eletricidade. Apresenta coloração branco-azulada quando recentemente cortado, porém adquire coloração acinzentada quando exposto ao ar. O mineral de chumbo mais comum é o sulfeto denominado de galena (com 86,6% deste metal) (VIANA, 2006).

O Pb é vastamente utilizado na produção de baterias, soldas, ligas metálicas, protetor de cabos, pigmentos, inibidor de ferrugem, munição, vidraria e estabilizante plástico (GARLIPP, 2006).

Os efeitos do chumbo à saúde humana ocorrem pelos fatos dos alimentos conterem chumbo por contaminação dos pesticidas. O chumbo decorre do fato quando ingerido em quantidades acima do limite considerado “normal”, pode ser muito prejudiciais à saúde e até mesmo letal, pelo fato de ser acumulativo (SILVA, 2002).

3.5.1.1.4 Cobre (Cu)

De aparência metálica e cor marrom avermelhada, o cobre é um dos poucos metais que ocorrem na natureza em estado puro. A exceção da prata é o metal que melhor conduz eletricidade. Destaca-se também por sua elevada condutividade térmica, o que faz com que, devido a sua resistência à deformação e à ruptura, ele seja matéria-prima preferencial para a fabricação de cabos, fios e lâminas (VIANA, 2006).

Em ambientes aquáticos o cobre ocorre tanto na forma solúvel como na particulada e coloidal, sendo estas duas últimas as mais frequentes. A fração solúvel pode conter tanto o íon livre, como o cobre complexado a ligantes orgânicos e inorgânicos. Sua especiação em águas naturais é determinada pelas características físicas, químicas e biológicas do ambiente (OLIVEIRA, 2006).

3.5.1.1.5 Mercúrio (Hg)

O mercúrio é usado na produção eletrolítica do cloro, em equipamentos elétricos, amalgamas e como matéria-prima para compostos de mercúrio. Está presente na forma inorgânica na água superficial e subterrânea. As concentrações geralmente estão abaixo de 0,5 µg/L, embora depósitos de minérios possam elevar a concentração do metal na água subterrânea. A principal via de exposição humana ao mercúrio é por ingestão de alimentos. O metal é altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3 a 30 gramas são letais. Apresenta efeito cumulativo e provoca lesões cerebrais. A intoxicação aguda é caracterizada por náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, danos nos ossos e morte. Esta intoxicação pode ser fatal em 10 dias. O pescado é um dos maiores contribuintes para a transferência de mercúrio para o homem, sendo que este se mostra mais tóxico na forma de compostos organometálicos. O padrão de potabilidade fixado pela Portaria 518 do Ministério da Saúde é de 0,001 mg/L (CETESB, 2008).

3.5.1.1.6 Zinco (Zn)

O zinco é oriundo de processos naturais e antropogênicos, dentre os quais se destacam a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, siderurgias, cimento, concreto, cal e gesso, indústrias têxteis, termoeletricas e produção de vapor, além dos efluentes domésticos. Alguns compostos orgânicos de zinco são aplicados como pesticidas. O metal é usado principalmente como revestimento protetor ou galvanizador para o ferro e o aço, e como componente de diferentes ligas, especialmente de latão (VIANA, 2006).

O zinco só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito elevadas, o que é extremamente raro, e, neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano. Nos animais, a deficiência em zinco pode conduzir ao atraso no crescimento. O valor máximo permitido de zinco na água potável é de 5 mg/L. A água com elevada concentração de zinco tem aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida (CETESB, 2008).

3.5.1.1.7 Cromo (Cr)

Por estar presente na crosta terrestre, a principal fonte natural de cobre são as poeiras. Outras fontes naturais são os vulcões, incêndios florestais e névoas aquáticas. Como os outros metais, são também distribuídos através do meio ambiente pela precipitação e fluxo das águas que transportam as partículas. Dependendo deste fluxo, as partículas se depositam e formam os sedimentos (MEDEIROS, 2009).

O cromo é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes, preservativos para madeira, entre outros usos. A maioria das águas superficiais contem entre 1 e 10 µg/L de cromo. Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente. A Portaria 518 estabelece um valor máximo permitido de 0,05 mg/L de cromo na água potável (CETESB, 2008).

4 MATERIAS E MÉTODOS

Este capítulo refere-se à metodologia adotada compreendendo a demarcação dos pontos de coleta da amostra de água, a data da realização da coleta, a descrição dos parâmetros analisados e os procedimentos analíticos adotados.

4.1 ÁREAS DE ESTUDO E ESTAÇÕES DE COLETAS

A área de estudo escolhida para este trabalho está localizada nas Bacias Hidrográficas do Curimataú, apresentado na Figura 4.1 e Maxaranguape, apresentado na Figura 4.2, onde foi selecionado, para a realização das coletas de água, um total de seis estações de amostragem ao longo das duas bacias. Este esquema de amostragem foi anteriormente posicionado com um receptor GPS sendo que, todos os dados utilizados foram convertidos para o sistema de coordenadas UTM, conforme apresentado na Tabela 4.1.

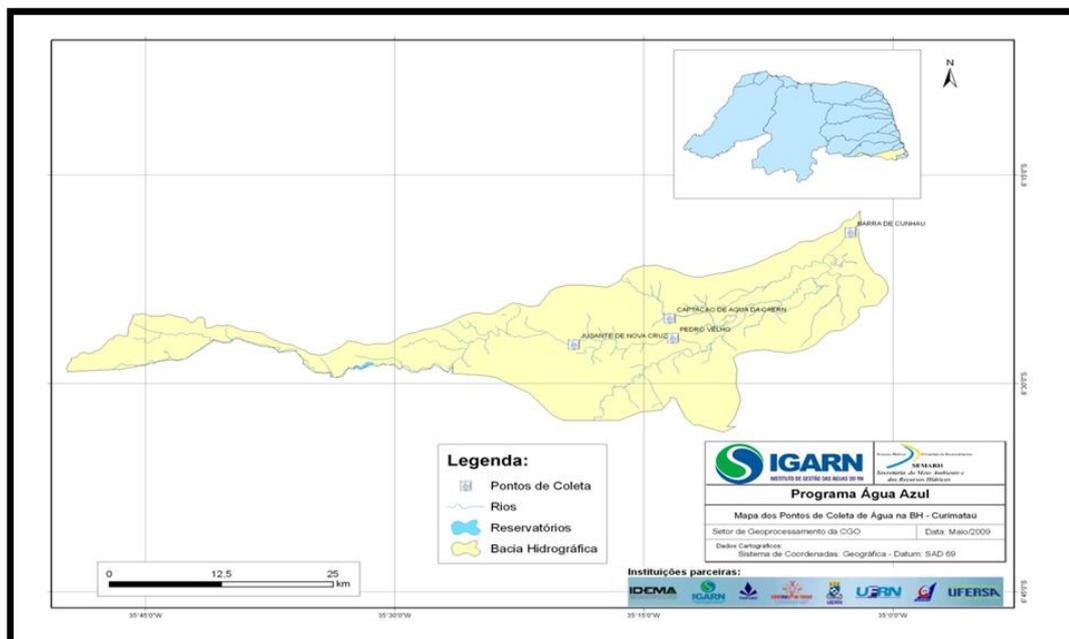


Figura 4.1- Mapa esquemático e pontos de coletas da Bacia Hidrográfica do Curimataú
Fonte: Programa Água Azul, 2009 adaptado.

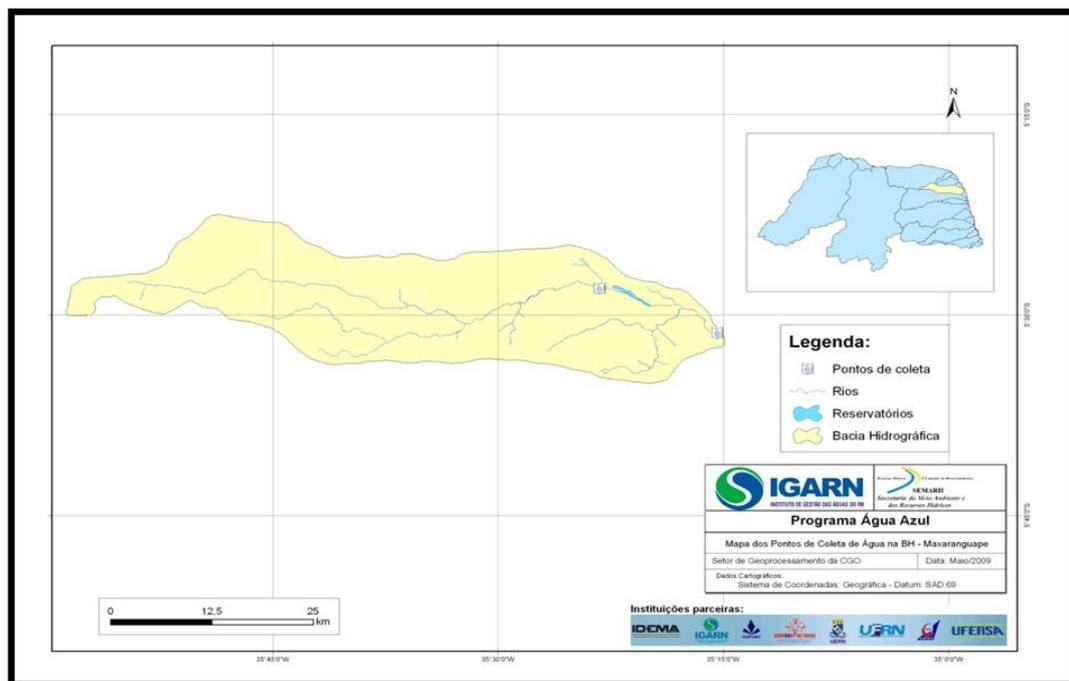


Figura 4.2 – Mapa esquemático e pontos de coleta da Bacia Hidrográfica Maxaranguape
 Fonte: Programa Água Azul, 2009 adaptado

Tabela 4.1. Estações de coletas e suas coordenadas

Nome	Município	Bacia Hidrográfica	Coordenadas (UTM)		Pontos
			Leste	Norte	
CUR 1- Jusante de Nova Cruz	Nova Cruz	Curimataú	242.993	9.285.924	Rio
CUR 2- Pedro Velho	Pedro Velho	Curimataú	255.818	9.286.736	Rio
CUR 3- Barra de Cunhaú	Baía Formosa	Curimataú	273.628	9.300.978	Estuário
PIQ 1- Captação de água da CAERN	Nísia Floresta	Curimataú	254.089	9.289.662	Rio
MAX 1- Dom Marculin o	Maxaranguape	Maxaranguape	235.458	9.395.184	Rio
MAX 2- Maxaran guape	Maxaranguape	Maxaranguape	250.099	9.389.174	Estuário

4.1.1 Estações de coletas para a Bacia Curimataú

Na bacia foram selecionadas quatro estações de monitoramento como mostra as Figuras de 4.3 a 4.6.



Figura 4.3 - CUR01/jusante de Nova Cruz-RN
Fonte: LOPES



Figura 4.4 - CUR02/jusante de Pedro Velho-RN
Fonte: LOPES



Figura 4.5 - CUR03/Estuário de Barra de Cunhaú-RN
Fonte: LOPES



Figura 4.6 - PIQ01/Estação de Tratamento de Água da CAERN em Pedro Velho-RN
Fonte: LOPES

4.1.2 Estações de coletas para a Bacia Maxaranguape

Nesta bacia foram selecionadas duas estações de monitoramento conforme mostra as Figuras 4.7 e 4.8.



Figura 4.7 - MAX 1/Dom Marcolino em Maxaranguape
Fonte: LOPES



Figura 4.8 - MAX 2/Maxaranguape
Fonte: LOPES

4.2 METODOLOGIAS DE COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

O monitoramento das bacias foi realizado em três etapas, no período de novembro de 2008, junho de 2009 e março de 2010, de acordo com o cronograma apresentado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Cronograma de coleta das Bacias Hidrográficas do Curimataú e Maxaranguape

COLETA	PONTOS	DATA DA COLETA	HORA DA COLETA	TABUA DA MARÉ
Primeira Coleta	CUR 1	07/11/2008	15:55:00	Alta
	CUR 2	07/11/2008	16:41:00	Alta
	CUR 3	07/11/2008	18:25:00	Alta
	PIQ 1	07/11/2008	17:12:00	Alta
	MAX 1	05/11/2008	11:06:00	Alta
	MAX 2	05/11/2008	07:46:00	Baixa
Segunda Coleta	CUR 1	07/07/2009	16:08:00	Baixa
	CUR 2	07/07/2009	16:54:00	Alta
	CUR 3	07/07/2009	18:13:00	Alta
	PIQ 1	07/07/2009	17:19:00	Alta
	MAX 1	30/06/2009	11:28:00	Alta
	MAX 2	30/06/2009	08:41:00	Baixa
Terceira Coleta	CUR 1	25/02/2010	14:27:00	Alta
	CUR 2	25/02/2010	15:10:00	Alta
	CUR 3	25/02/2010	16:35:00	Alta
	PIQ 1	25/02/2010	15:45:00	Alta
	MAX 1	23/02/2010	10:32:00	Baixa
	MAX 2	23/02/2010	07:45:00	Baixa

Para garantir e preservar as características das amostras desde a coleta até o momento de sua análise foi utilizado procedimentos de conservação que levam em consideração o agente conservante, o tipo de recipiente e o volume adequado para a determinação de cada parâmetro.

Os recipientes de coleta, com uma semana de antecedência, foram lavados adequadamente e separados para que no dia da coleta já estivesse tudo pronto. Foi preparado também o multiparâmetro modelo HANNA HI 9828 calibrando os eletrodos um dia antes de cada coleta para análise *in situ*, ou seja, medição da Condutividade, salinidade, Oxigênio Dissolvido, pH e Temperatura.

Em cada Bacia foram escolhidos dias diferentes para a realização da coleta. Para cumprir adequadamente, foram coletadas amostras de águas superficiais nos pontos pré-estabelecidos em recipientes de polietileno com capacidade de 500 mL, realizando nesse momento, com o uso do multiparâmetro as medições da Condutividade, salinidade, Oxigênio Dissolvido, pH e Temperatura. Todos os pontos foram coletados da mesma forma, com exceção do MAX 1, pois este ponto é localizado sob uma ponte, portanto a coleta foi efetuada

com o auxílio de um balde e uma corda, sendo as leituras *in situ* efetuadas dentro deste balde e somente em seguida a água foi transferida para os recipientes para posteriores análises. Após a realização de cada coleta, as amostras foram refrigeradas e encaminhadas ao laboratório da UFRN, onde foram acondicionadas em geladeiras até a realização de cada análise. Na Tabela 4.3 apresentam-se as metodologias adotadas para cada parâmetro, o limite de detecção e o método adotado.

Tabela 4.3 - Metodologia de Coleta e Limite de Detecção do Método

PARÂMETROS DETERMINADOS	MÉTODO UTILIZADOO	LIMITES DE DETECÇÃO DO MÉTODO
Temperatura	Eletrométrico	-
Turbidez	Turbidimetria	-
Oxigênio Dissolvido	Eletrométrico	-
Ph	Eletrométrico	-
Salinidade	Eletrométrico	-
Sólidos Totais	Gravimetria	-
DBO	DBO ₅	1,0 mg/L
Nitrogênio Total	Titulometria	0,28 mg/L
Fósforo Total	ICP-OES	0,0003 mg/L
Cobre Dissolvido	ICP-OES	0,0008 mg/L
Cromo Total	ICP-OES	0,0007 mg/L
Mercúrio Total	ICP-OES	0,0002 mg/L
Níquel Total	ICP-OES	0,0004 mg/L
Cádmio Total	ICP-OES	0,0004 mg/L
Chumbo Total	ICP-OES	0,0004 mg/L
Zinco Total	ICP-OES	0,0009 mg/L

4.3 DETERMINAÇÕES DAS VARIÁVEIS PARA O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA E SUAS METODOLOGIAS DE ANÁLISE

O monitoramento da qualidade da água foi determinado através da realização do cálculo de Índice de qualidade (IQA) associado com o Índice de Toxidez (IT).

Para obtenção do resultado da qualidade da água das duas bacias em estudo, foram avaliados os parâmetros que serão apresentados a seguir juntamente com o procedimento de análise realizado. Todas as metodologias de análise foram adotadas conforme manual de análises de águas APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005 e normas da USEPA.

4.3.1 Turbidez

A medição da turbidez foi realizada utilizando o método nefelométrico, comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão de referência, de 40 UNT. Este método está normatizado no Standard Methods (APHA, 2005) 2130 B – Nephelometric Method. O modelo do turbidímetro utilizado foi um Hach, 2100P, USA.

4.3.2 Sólidos Totais

Na determinação da concentração de Sólidos Totais na água, é preciso inicialmente analisar a concentração dos Sólidos Dissolvidos e dos Sólidos Suspensos, para então através do somatório destes, encontrar o resultado para os Sólidos Totais.

4.3.2.1 Sólidos Dissolvidos

Para a realização da medição de sólidos dissolvidos, primeiramente mediu-se a condutividade no momento da coleta e através de cálculos relacionaram-se os dois parâmetros.

Inicialmente os sólidos dissolvidos foram determinados pelo método gravimétrico, por meio de evaporação da umidade e pesagem da massa restante e em seguida, já com o resultado da medição da condutividade, se estabeleceu uma relação entre os dois parâmetros.

4.3.2.2 Sólidos Suspensos

As medições de sólidos suspensos foram realizadas pelo método gravimétrico. As membranas de acetato de celulose com porosidade de 0,45 µm foram submetidas ao processo de secagem antes de iniciar o processo de análise deste parâmetro. A amostra foi filtrada através de duas membranas de acetato de celulose superpostas. A variação de peso do filtro inferior, em igualdade de condições, traduz, essencialmente, fenômenos de adsorção ou dessorção que ambos sofreram e permite corrigir a massa do sedimento retido. Este método pode ser verificado através do Standard Methods (APHA, 2005) 2540 D – Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C.

4.3.3 Variação de Temperatura

A medição da temperatura foi realizada através de um termômetro digital, onde a variação de temperatura foi medida através da diferença da temperatura entre o ar e a água.

4.3.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Para a determinação de pH foi realizada *in situ* através da utilização do eletrodo de medição de pH contido no medidor multiparâmetro modelo HANNA HI 9828 que já estava devidamente calibrado de acordo com o procedimento de calibração do manual do equipamento.

4.3.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é a quantidade de oxigênio consumido como resultado da oxidação da matéria orgânica presente na amostra, onde este parâmetro foi realizado através da determinação das

concentrações de oxigênio dissolvido antes e após um período de cinco dias em que a amostra ficou mantida em ambiente com ausência de luz a uma temperatura de 20°C, em frascos apropriados e cheios até o seu transbordamento.

4.3.6 Oxigênio Dissolvido (OD)

A determinação de OD foi realizada *in situ* através da utilização do eletrodo de medição de oxigênio contido no medidor multiparâmetro modelo HANNA HI 9828 que já estava devidamente calibrado de acordo com o procedimento de calibração do manual do equipamento.

4.3.7 Coliformes Termotolerantes

Na determinação de Coliformes Termotolerantes utilizaram-se duas metodologias: Membrana Filtrante e o Teste de Colitag.

Colitag é um método de presença/ausência para uso de testes de Coliformes Termotolerantes. Este teste utiliza clivagem enzimática de uma substância cromogênica para detectar coliformes Termotolerantes em amostras de 100 mL de água potável. O Colitag também pode ser utilizado em formato de número mais provável quando a soma de todas as alíquotas é igual a 100 mL.

A técnica de Membrana Filtrante para determinação de coliformes Termotolerantes é um método rápido e preciso, onde esta técnica baseia-se na filtração de um volume conhecido da amostra através de uma membrana filtrante estéril com porosidade adequada (0,45 mm porosidade e 47 mm de diâmetro). A filtração foi realizada da seguinte forma: 1) um funil de filtração com tampa, 2) suporte de membrana e 3) frasco receptor. As bactérias a serem detectadas, apresentando dimensões maiores, ficarão retidas na superfície da membrana, a qual é então transferida para uma placa de Petri, contendo o meio de cultura seletivo e diferencial. Por capilaridades, o meio difunde-se para a membrana, que em contato com as bactérias, desenvolvem-se colônias com características típicas, que poderão ser observadas e contadas. A partir da contagem dessas colônias, calculou-se a densidade de coliformes

presentes na amostra. Para a determinação de coliformes totais após a filtração da amostra, a membrana filtrante é transferida para a superfície do meio M-Endo Agar LES ou Agar M-Endo, sendo efetuada a incubação a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, durante 24 ± 2 horas. Após este período, efetua-se a contagem das colônias típicas de coliformes (com coloração rosa a vermelha escura e brilho verde metálico superficial).

4.3.8 Nitrogênio Total

Na determinação do parâmetro de Nitrogênio Total foi utilizado o método de Kjeldahl associado com a titulometria. Este método consistiu em três etapas básicas: 1) digestão da amostra em ácido sulfúrico com um catalisador, que resultou na conversão de nitrogênio amoniacal, 2) destilou-se o nitrogênio amoniacal em uma solução de captura e 3) se quantificou a amônia por titulação usando uma solução padrão de hidróxido de sódio (NaOH).

4.3.9 Salinidade

A salinidade foi determinada *in situ*, utilizando-se um eletrodo de medição de salinidade contido no medidor multiparâmetro modelo HANNA HI 9828 que já estava devidamente calibrado de acordo com o procedimento de calibração do manual do equipamento.

4.3.10 Metais traços e Fósforo total

4.3.10.1 Digestão Ácida por Microondas

Na determinação de metais e fósforo Total, as amostras foram inicialmente conduzidas para o processo de digestão, onde esta consiste em colocar a amostra e o ácido num copo de

teflon hermeticamente fechado e submetê-los a um forno de microondas. Para a realização deste procedimento, transferiu-se 20 mL da amostra para o copo de teflon, em seguida adicionou-se a esse mesmo copo 1 mL de ácido nítrico (HNO_3) concentrado e de alta pureza. Logo depois, esses copos foram fechados e posicionados no digestor para se iniciar a digestão ácida com duração de seis minutos utilizando uma potência de 300 W e depois se fez a digestão novamente de seis minutos utilizando uma potência de 0 W para resfriar a amostra. Depois de finalizada a digestão, as amostras foram filtradas em papel de filtro quantitativo e transferidas cada uma para o frasco de polietileno para efeito de leitura através da técnica de Espectroscopia de Emissão com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado no ICP-OES.

4.3.10.2 Determinação das Concentrações dos Metais traços por ICP-OES

O equipamento usado para analisar as amostra de metais traço foi um Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma Indutivo Acoplado, da marca Thermo Analítica, modelo iCAP 6300.

Neste trabalho foram analisados os seguintes metais: cádmio total (Cd), chumbo (Pb) total, cobre dissolvido (Cu), mercúrio total (Hg), cromo total (Cr), níquel total (Ni) e zinco total (Zn). O equipamento foi calibrado com soluções-padrão multi-elementar sendo preparadas a partir de uma solução de 1000 mg/L a concentrações específicas para cada elemento.

4.4 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA

A determinação do Índice de Qualidade de Água – IQA deste trabalho foi determinada através da metodologia adaptada e desenvolvida pela CETESB através do modelo original da "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos – NSF.

Na determinação do IQA, foram utilizados nove parâmetros, que estão apresentados na Tabela 4.4, juntamente com os seus pesos relevantes para o cálculo.

Tabela 4.4 - Parâmetro para o Cálculo do IQA

PARÂMETRO	PESO
Oxigênio Dissolvido – (% OD)	0,17
Coliformes Termotolerantes (NPM)	0,15
Potencial Hidrogeniônico	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitrogênio Total (mg/L)	0,10
Fósforo Total (MG/L)	0,10
Temperatura da Amostra (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos Totais (mg/L)	0,08

O IQA é calculado pelo produtório ponderado da qualidade de água correspondentes a cada parâmetro. A seguinte fórmula é utilizada para a realização do cálculo de IQA, conforme a Equação 4.1.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (4.1)$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi : qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100;

wi : peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, conforme a Equação 4.2.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (4.2)$$

Em que:

n : número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A partir do cálculo efetuado, determinou-se a qualidade das águas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, conforme Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Classificação da Qualidade da Água

NÍVEL DE QUALIDADE DAS ÁGUAS BRUTAS PELO IQA	PONDERAÇÃO
Ótima	79 - 100
Boa	51 – 79
Regular	36 – 51
Ruim	19 – 36
Muito Ruim	0 – 19

4.5 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE TOXIDEX

O Índice de Toxidez foi calculado utilizando as análises dos sete metais que complementam a metodologia: cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, mercúrio total, cromo total, níquel total e zinco total. Quando alguma substância tóxica apresenta valores acima do limite permitido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005, o IT assume valor 0 (zero), e quando nenhuma substância tóxica ultrapassar o limite permitido o IT assume o valor 1 (um). Depois de se determinar, o IT foi utilizado combinado com o IQA. Então, quando o $IT = 0$ o produto é zero, fazendo com que o IQA assumira valor 0 (zero), classificando a água como da pior qualidade. Quando o $IT = 1$ o produto confirmará o resultado do IQA. O Índice de Qualidade de Água combinado - IQAc adotado será aquele resultante do produto do IT pelo IQA.

Na Tabela 4.6 segue o limite estabelecido pelo CONAMA para água doce classe 2 e para água salobra e salina classe 1.

Tabela 4.6 - Valor Limite Estabelecido pelo CONAMA N° 357/2005

PARÂMETROS DETERMINADOS (mg/L)	ÁGUA DOCE CLASSE 2 (mg/L)	ÁGUA SALOBRA CLASSE 1 (mg/L)	ÁGUA SALINA CLASSE 1 (mg/L)
Cobre dissolvido	≤ 0,009	≤ 0,005	≤ 0,005
Chumbo Total	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01
Cromo Total	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
Cádmio Total	≤ 0,001	≤ 0,005	≤ 0,005
Zinco Total	≤ 0,18	≤ 0,09	≤ 0,09
Níquel Total	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
Mercurio Total	≤ 0,0002	≤ 0,0002	≤ 0,0002

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados observados durante o monitoramento desenvolvido serão apresentados e discutidos neste capítulo, de modo a caracterizar a qualidade das águas superficiais das Bacias Hidrográficas do Curimataú e Maxaranguape. Para a caracterização da qualidade destas águas durante o monitoramento, os resultados obtidos foram confrontados com os padrões estabelecidos segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA N.º 357/2005.

5.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS DO CURIMATAÚ E MAXARANGUAPE

5.1.1 Salinidade

A resolução CONAMA N.º 357/2005 refere-se à salinidade para caracterizar o tipo de água de acordo com a quantidade de sais nela dissolvidos. A Tabela 5.1 apresenta os valores limites instituída para as classes de águas deste trabalho de acordo com a salinidade citada nesta legislação.

Tabela 5.1 – Tipo de água de acordo com a Resolução CONAMA N.º 357/2005

SALINIDADE (%)	TIPO DE ÁGUA
$\leq 0,5$	Água Doce
$0,05 \text{ e } < 30$	Água Salobra
>30	Água Salina

Os valores de salinidade encontrados nas coletas realizadas mostraram a influência da maré alta e baixa. A predominância de salinidade elevada ocorre principalmente em maré alta nos pontos em que se encontram mais próximos do oceano, sofrendo sua influência.

A Figura 5.1 referente à salinidade realizada nas três coletas, apresentaram uma pequena variação entre os pontos CUR 1 e CUR 2, na primeira e terceira coleta, estes se encontram com suas águas salobras e na segunda coleta se encontram com suas águas doces.

No ponto CUR 3, ocorre uma variação diferenciada de salinidade da primeira e segunda para a terceira coleta, onde na primeira e segunda a água foi classificada como salobra e na terceira como salina por está localizada nas proximidades do oceano e sofrer uma maior influência da maré.

Observa-se um salinidade mais baixa em todas as coletas para os pontos do MAX 1, MAX 2 e PIQ 1 classificando o tipo de água destes como doce.

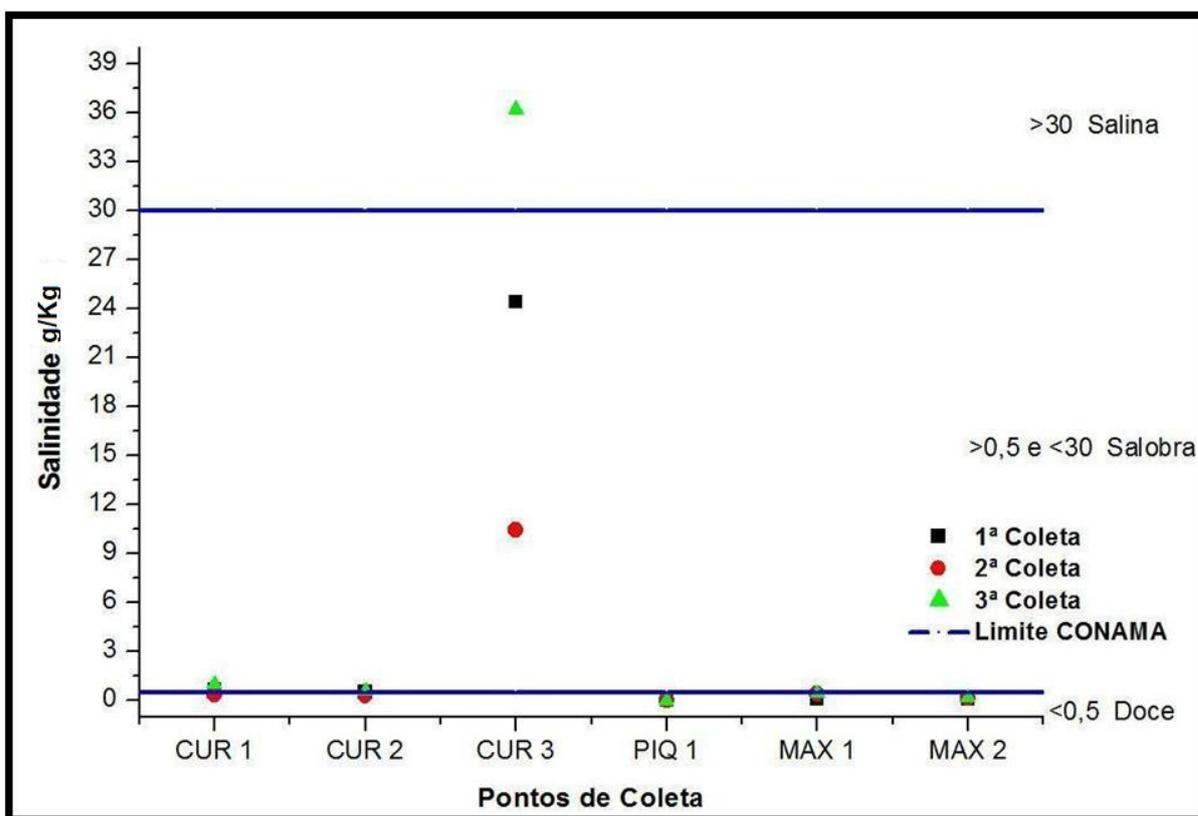


Figura 5.1 – Gráfico Referente à Concentração de Salinidade em (%) Para o Curimataú e Maxaranguape

5.1.2 Variação de Temperatura

A resolução CONAMA N.º 357/2005 não estabelece um valor limite quanto relacionado à Variação de temperatura para esse tipo de água.

Os valores para a variação da temperatura conforme mostrados na Figura 5.2, são considerados adequados quando se trata da região nordeste, pois a temperatura da água e a temperatura do ar são muito próximas, fazendo com que o resultado da variação não seja tão elevado. Observando-se essa variação de temperatura, percebe-se que de uma coleta para outra, todos os pontos sofreram pequenas variações, porém isto não interferiu diretamente nos parâmetros de salinidade, pH, entre outros, pois a temperatura da água e do ambiente mantiveram-se estáveis, em relação às características climáticas da região.

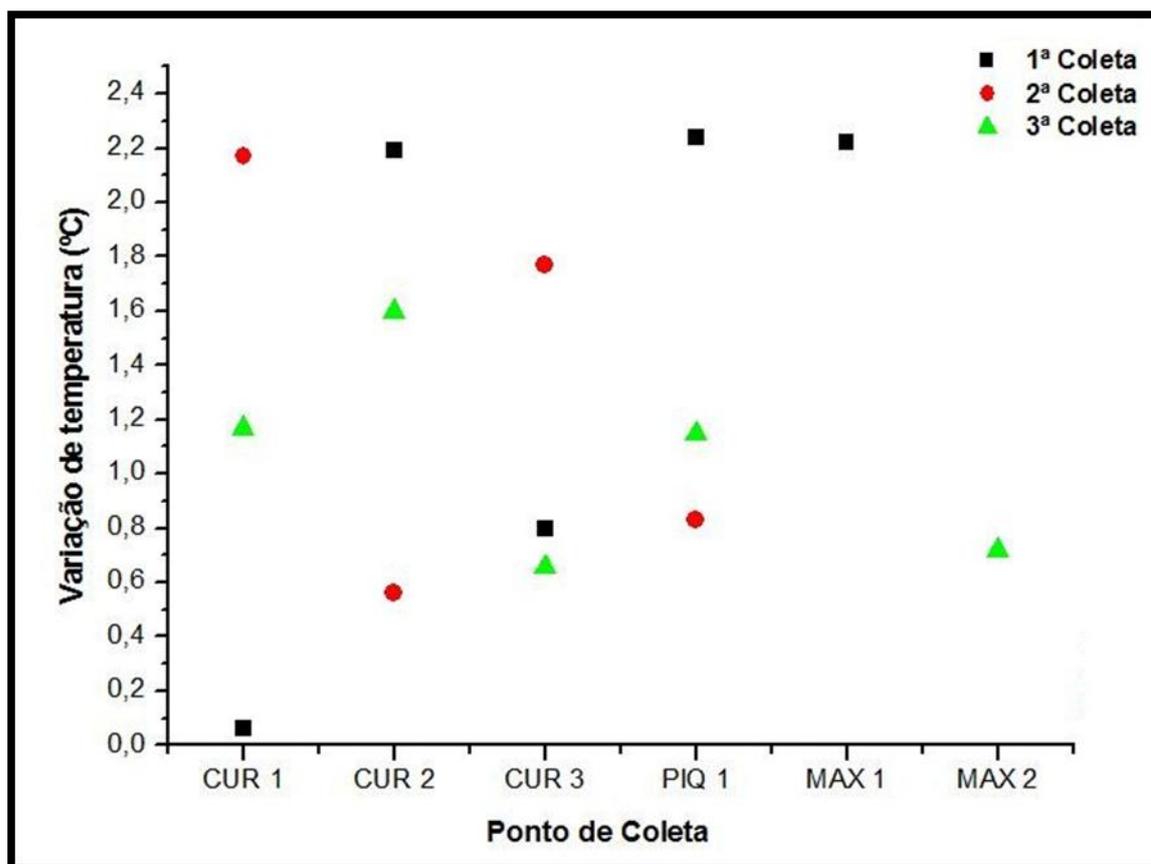


Figura 5.2 – Gráfico Referente à Variação de Temperatura Para o Curimataú e Maxaranguape

5.1.3 Sólidos Totais

A resolução CONAMA N.º 357/2005 também não estabelece um valor limite para esses tipos de águas.

Observa-se que quando a salinidade está elevada a quantidade de sólidos também se encontra elevada, devido a maiores concentrações de sais dissolvidos na água.

Daniela Karla de Souza Xavier

De acordo com o gráfico apresentado na Figura 5.3 que se refere à concentração de Sólidos Totais, percebe-se que a primeira e a terceira coleta do ponto CUR 3 sofreu uma variação brusca quando comparado com a segunda coleta e quando comparado com os pontos do CUR 1, CUR 2, PIQ 1, MAX 1 e MAX 2. Esses valores podem ser atribuídos a elevada salinidade nesse ponto, conforme mostrado na Figura 5.1, fator esse, que ocorre devido a uma grande influência da maré.

Como os outros pontos são mais afastado do estuário, com exceção do MAX 2, a salinidade não sofreu tanta variação, e por isso, os resultado de Sólidos Totais não são tão elevados, principalmente para o ponto do PIQ 1, que é um ponto de captação de água da CAERN, onde percebe-se que os valores para sólidos nas três coletas praticamente não sofreram variações, devido a baixa concentração de sólidos na solução.

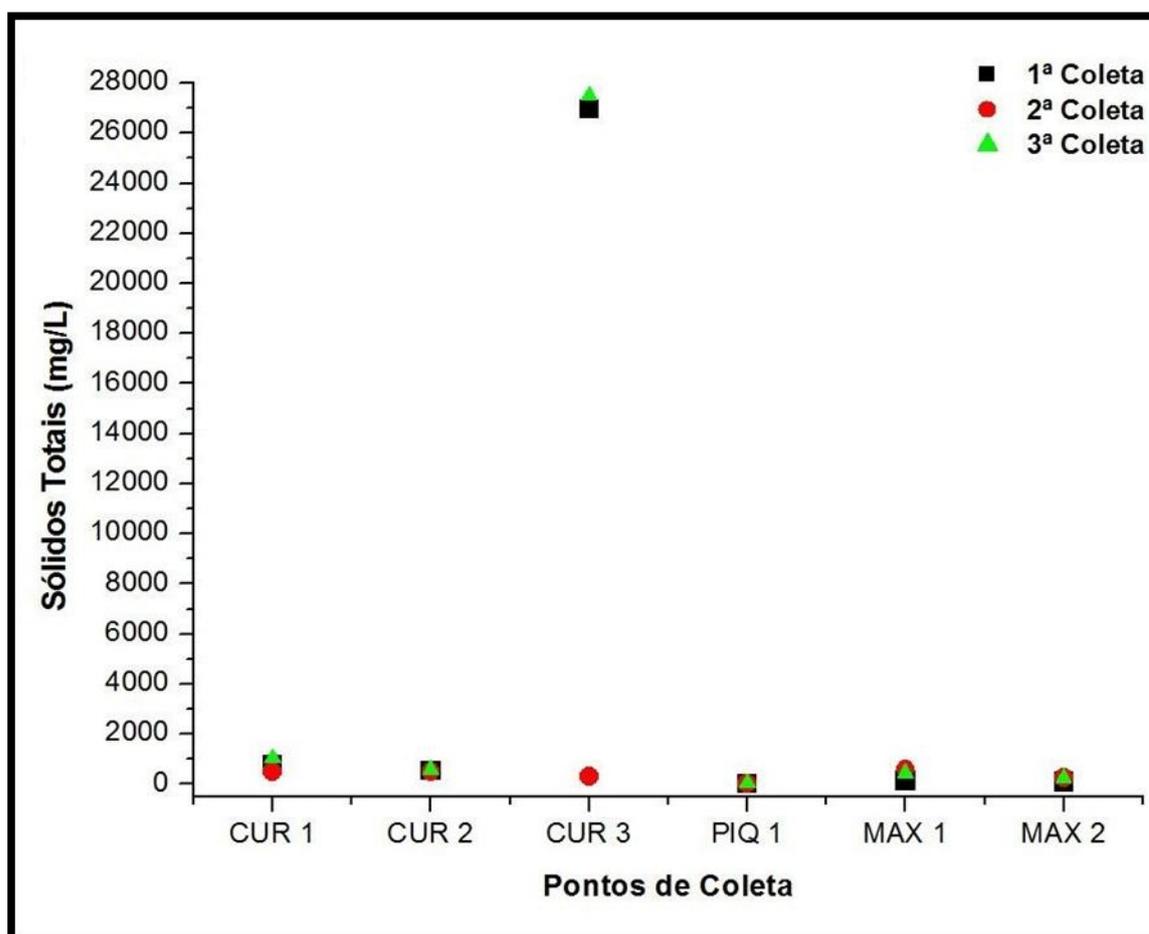


Figura 5.3 - Gráfico Referente à Concentração de Sólidos Totais em mg/L Para o Curimataú e Maxaranguape

5.1.4 Turbidez

Nos resultados de Turbidez, conforme a Figura 5.4, a resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece um valor limite que é de até 100 NTU para o tipo de água doce-classe 2.

Conforme mostra a Figura 5.4, os pontos de amostragem CUR 1 e CUR 2 para a primeira e terceira coleta encontram-se classificadas como água salobra-classe 1 e para a segunda coleta, apresentam-se classificadas como água doce-classe 2, porém como a água está classificada como doce-classe 2 para a segunda coleta, os resultados mostram que estes não estão de acordo com a resolução, ultrapassando o limite de 100 NTU estabelecido pela resolução CONAMA. Isto aconteceu devido no momento desta coleta, o rio se encontrava com baixa quantidade de água, então a coleta não foi tão representativa, pois junto com a amostragem veio partículas de areia fina.

Na realização das três coletas realizadas, o ponto de amostragem CUR 3 não se encontra classificado como água doce-classe 2, portanto, este não possui um limite exigido pela legislação e apesar disso, não ultrapassou a linha de limite de 100 NTU.

Em todas as coletas realizadas, apesar de suas variações, o ponto PIQ 1, MAX 1 e MAX 2 são os únicos que se encontraram sempre classificados como água doce, e no entanto estes, não ultrapassaram o limite estabelecido para este tipo de água, estando então, em conformidade com a legislação.

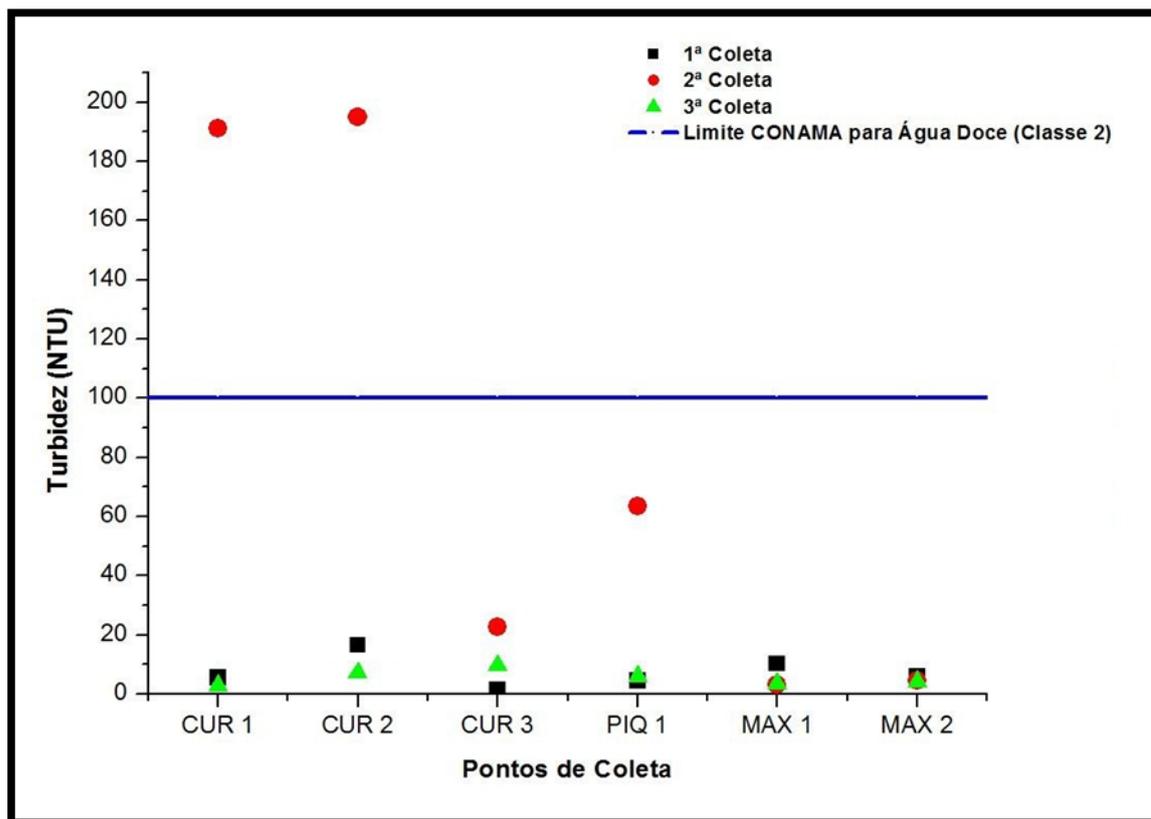


Figura 5.4 – Gráfico Referente à Concentração de Turbidez em NTU para o Curimataú e Maxaranguape

5.1.5 Potencial Hidrognênico (pH)

Nos resultados de pH a resolução CONAMA N° 357/2005 estabelece um valor limite para cada tipo de água. A Tabela 5.2 apresenta a faixa de pH de acordo com a resolução anteriormente citada, para o tipo de água doce-classe 2, água salobra-classe 1 e água salina-classe 1.

Tabela 5.2 – Faixa de pH segundo Resolução CONAMA N° 357/2005

FAIXA DE pH	TIPO DE ÁGUA
6,0 - 9,0	Água Doce – classe 2
6,5 - 8,5	Água Salobra – classe 1
6,5 - 8,5	Água Salina – classe 1

O ponto de amostragem CUR 1 e CUR 2 na primeira coleta, o pH ultrapassou o limite estabelecido pelo CONAMA 357/2005, muito elevado para o tipo de água salobra-classe 1, no entanto, valores altos de pH podem ser encontrados em locais onde a evaporação supera a precipitação. Na segunda e terceira coleta, estes pontos se enquadram dentro do limite estabelecido para essa classe de água, conforme a Figura 5.5.

O ponto de amostragem CUR 3 participa do intervalo estabelecido nas três coletas realizadas.

Já para o ponto de amostragem PIQ 1, MAX 1 e MAX 2, todos os valores observados encontram-se dentro do limite estabelecido pela resolução. Isto mostra que neste período de monitoramento, não existiu uma contaminação de poluentes que pudesse ser acentuada, a ponto de exceder ou diminuir o valor de pH do ambiente.

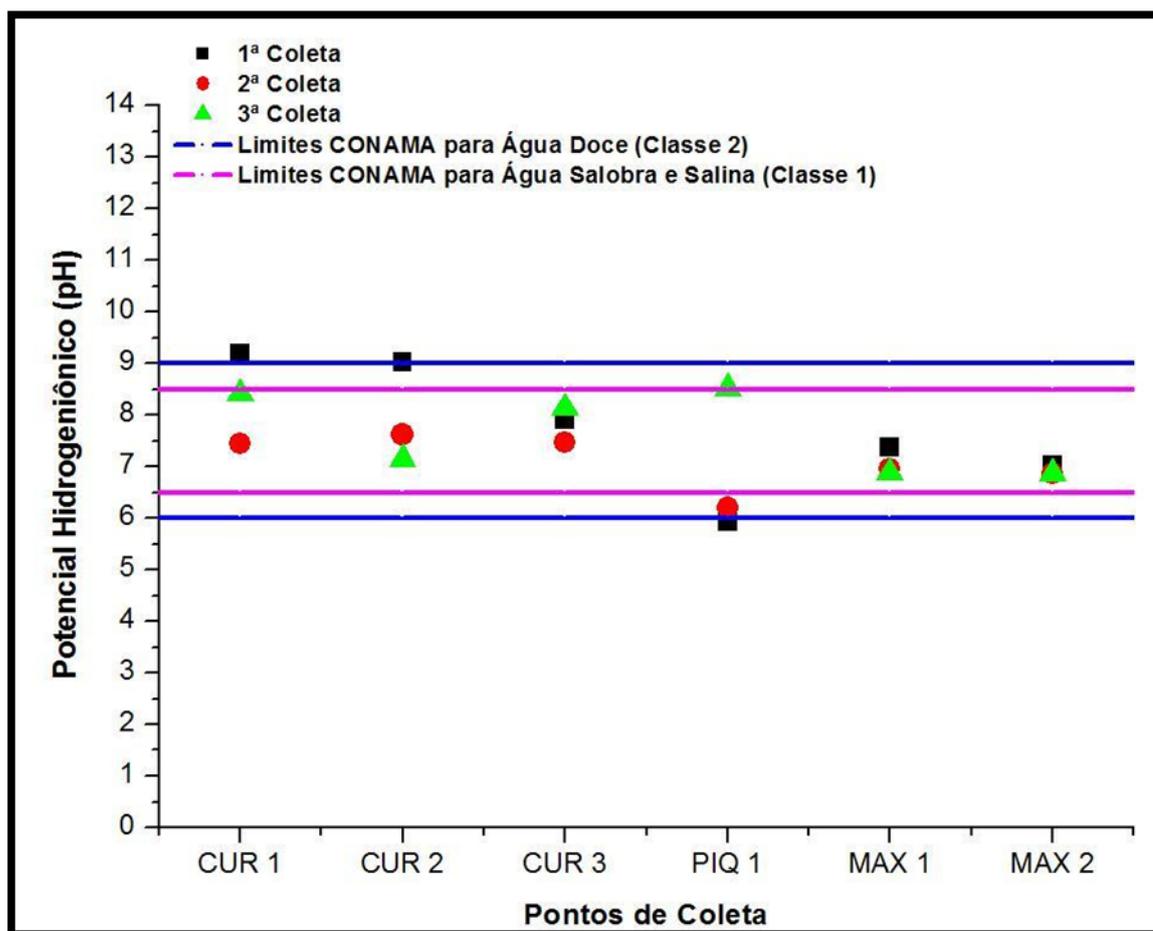


Figura 5.5 – Valores do Potencial Hidrogeniônico (pH) Para o Curimataú e Maxaranguape

5.1.6 Relação entre Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD)

Nos resultados de DBO, a resolução CONAMA N° 357/2005 estabelece um valor limite apenas para água doce-classe 2 de até 5 mg/L. Já para o parâmetro de OD a resolução estabelece um valor limite para o tipo de água doce-classe 2 e água salobra-classe 1 de até 5,0 mg/L, e para água salina de até 6,0 mg/L, conforme a Figura 5.6.

Por apresentarem comportamentos inversos, as concentrações referentes à DBO e OD foram comparadas, onde se observou que os resultados comprovam o lançamento de efluentes sem tratamento nestas duas bacias, pois à medida que isto acontece, a concentração de DBO aumenta e conseqüentemente a concentração de OD diminui, devido à presença da quantidade de matéria orgânica que induz à diminuição do oxigênio na água. Este processo acontece na primeira coleta para os pontos de amostragem CUR 1, CUR 2, PIQ 1, MAX 1 e MAX 2. Já quando não ocorre o lançamento de matéria orgânica nas bacias, a concentração de DBO não ultrapassa o limite estabelecido pela resolução e a concentração de OD se encontra alta, mostrando assim, que as bacias se encontram livres de poluição, como é o caso mostrado na segunda e terceira coleta para os pontos de amostragem.

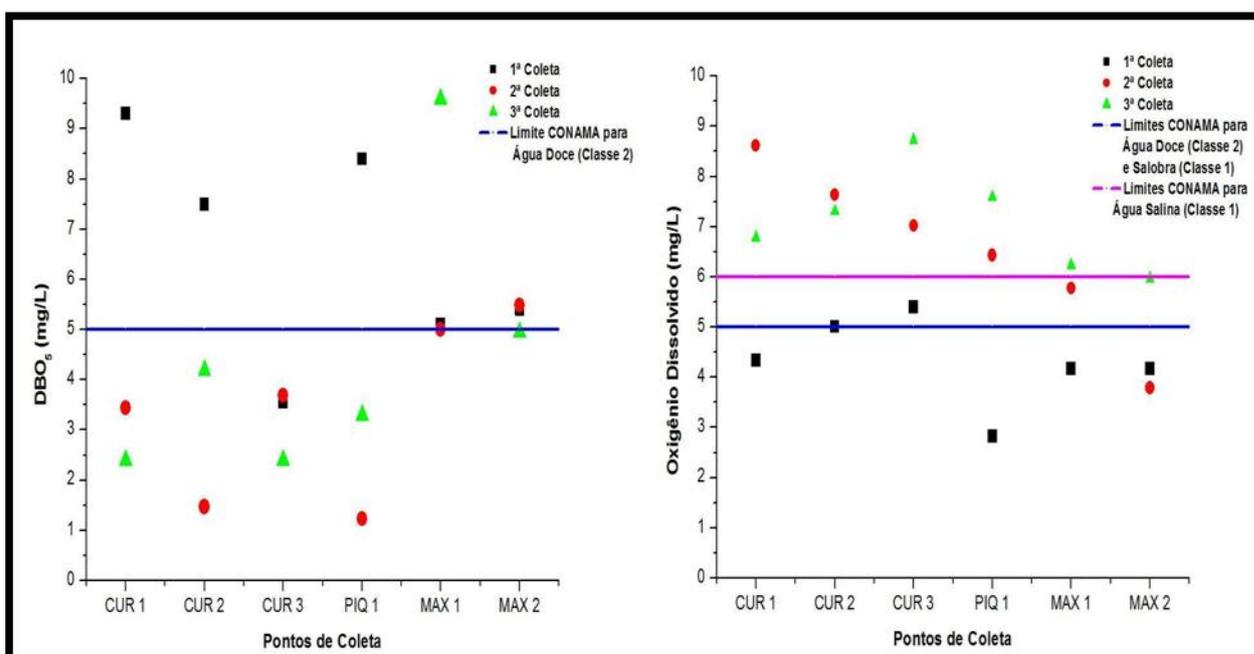


Figura 5.6 - Concentração da Demanda Bioquímica (DBO) de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido (OD) em mg/L Para o Curimataú e Maxaranguape

5.1.7 Coliformes Termotolerantes

Para o parâmetro de Coliformes Termotolerantes a resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece um valor limite para o tipo de água doce-classe 2 de 1000/100ml.

Na primeira coleta, a metodologia utilizada foi o teste de Colitag e na a segunda e terceira, foi utilizada a metodologia de Membrana Filtrante. Então, por este motivo, percebe-se uma grande diferença nos resultados, pois a metodologia de Membrana Filtrante é mais precisa nos resultados obtidos quando comparado com o teste de Colitag.

É de grande importância a determinação deste parâmetro, pois este indica a contaminação de coliformes, por meio de lançamento de esgotos domésticos sem tratamento no meio aquático.

Analisando os resultados da Figura 5.7, percebe-se que para os resultados dos pontos de amostragem CUR 1 e CUR 2 na primeira coleta foi insignificante quando comparado com o da segunda, que se encontra bastante elevado,ultrapassando o limite estabelecido pela legislação adotada. Apesar do método de análise ter mudado, ainda existe o fator da maré que estava enchendo, o que poderia ter causado uma maior concentração nesse local de coleta. Já na terceira coleta, percebe-se que esses pontos sofrem uma queda exorbitante quando compara com a segunda, e isto é explicado pelo fato de que nessa coleta a maré estava alta.

Para os pontos do CUR 3 e PIQ 1 observa-se na primeira coleta o mesmo que aconteceu com os outros pontos já citados, um resultado insignificante quando comparado com o da segunda coleta, onde também ultrapassou o limite estabelecido. Na terceira coleta, apenas o ponto do CUR 3 ultrapassa o valor limite, pois este ponto é um estuário onde se encontra comunidades ribeirinhas e o PIQ 1 encontra-se abaixo do limite instituído.

Já na Bacia Hidrográfica do Maxaranguape, os resultados obtidos não ultrapassam o limite estabelecido para os pontos de amostragem, apesar do ponto MAX 1 se encontrar sob uma ponte e próximo de uma comunidade e o ponto MAX 2 ser localizado no estuário, onde se tem contato com as comunidades ribeirinhas.

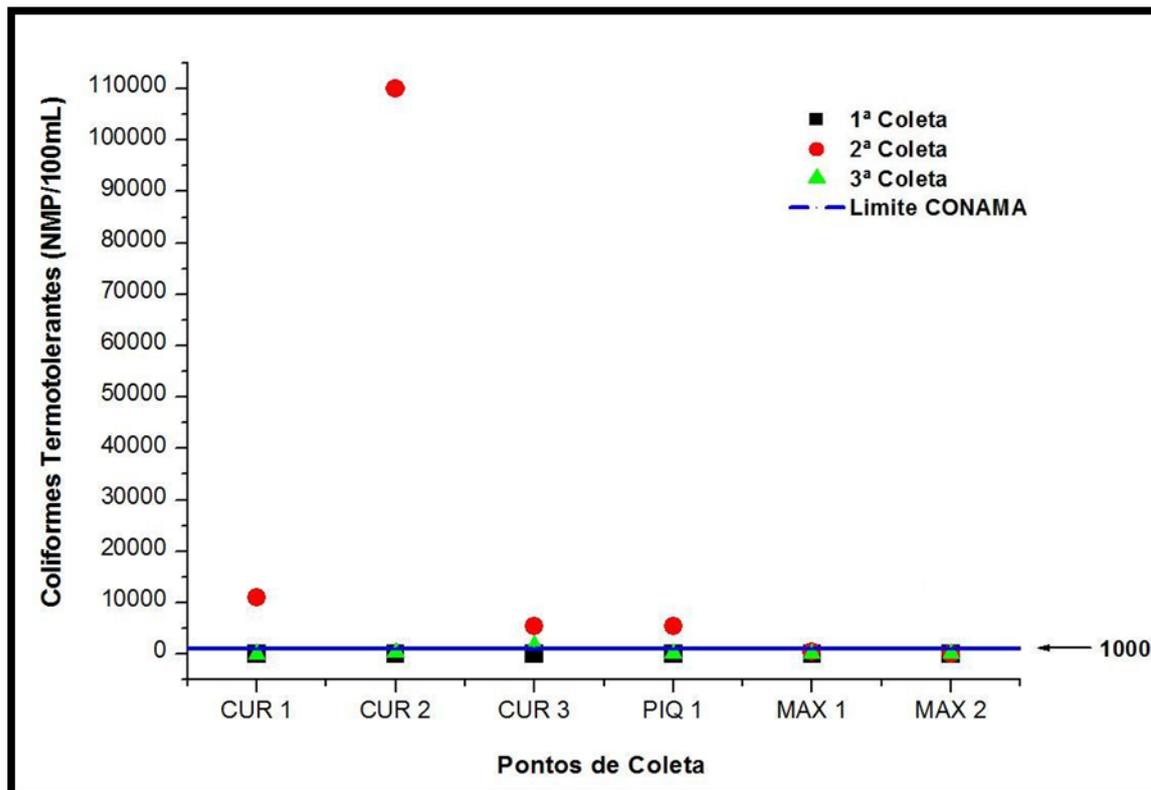


Figura 5.7 - Concentração de Coliformes Termotolerantes em NMP/100 mL Para o Curimataú e Maxaranguape

5.1.8 Nitrogênio Total

A resolução CONAMA N.º 357/2005 não estabelece um valor limite para os tipos de águas deste trabalho.

Analisando os resultados da Figura 5.8, todos os pontos de amostragem e em todas as coletas realizadas observou-se que de uma coleta para outra, estes sofrem uma variação na concentração, porém não tão diferenciada quando comparada com o ponto do PIQ 1 que na terceira coleta se encontra elevado em relação aos resultados das outras coletas e em relação aos outros pontos. Isto ocorreu porque foi observado que neste ponto encontrou-se uma vegetação flutuante, pois sua principal função é estimular o desenvolvimento vegetativo das plantas.

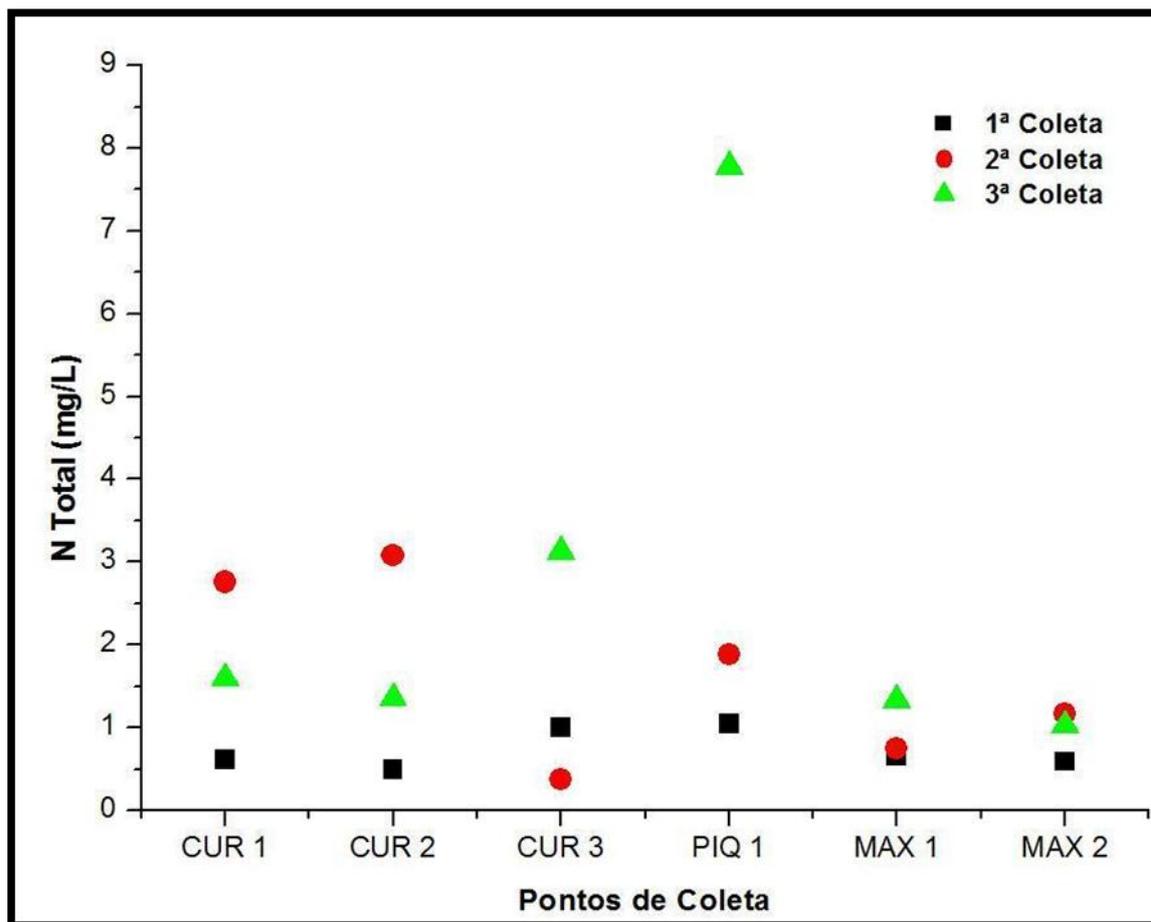


Figura 5.8 - Concentração de Nitrogênio Total em mg/L Para o Curimataú e Maxaranguape

5.1.9 Fósforo Total

De acordo com a resolução CONAMA N.º 357/2005, os valores limites instituído para as classes de águas deste trabalho, segue abaixo, na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Valor Limite Para Concentração de Fósforo segundo Resolução CONAMA N° 35/2005

LIMITE CONAMA	TIPO DE ÁGUA
$\leq 0,1$ p/ ambiente Lótico	Água Doce – classe 2
$\leq 0,124$	Água Salobra – classe 1
$\leq 0,062$	Água Salina – classe 1

Assim como o Nitrogênio, o Fósforo também é considerado como um nutriente que quando em excesso no meio aquático causa o processo de eutrofização, contribuindo assim para o crescimento excessivo de algas.

Observando os resultados da Figura 5.9 para o ponto de amostragem CUR 1 nas três coletas, percebe-se que apenas na terceira coleta, o resultado ultrapassa o limite instituído. O ponto de amostragem CUR 2 observa-se que na primeira e terceira coleta os resultados encontram-se acima do limite estabelecido e na segunda coletas o valor não ultrapassa esse limite. Desta forma, estes dois pontos citados podem ser considerados como ambientes que podem começar a desenvolver o estado trófico nesses corpos d'água. Já o ponto do CUR 3, PIQ 1, MAX 1 e MAX 2 em nenhuma coleta ultrapassa o limite estabelecido para o tipo de água, estando assim, este em conformidade com a legislação, mostrando assim, que este ambiente ainda não está sofrendo um processo de eutrofização.

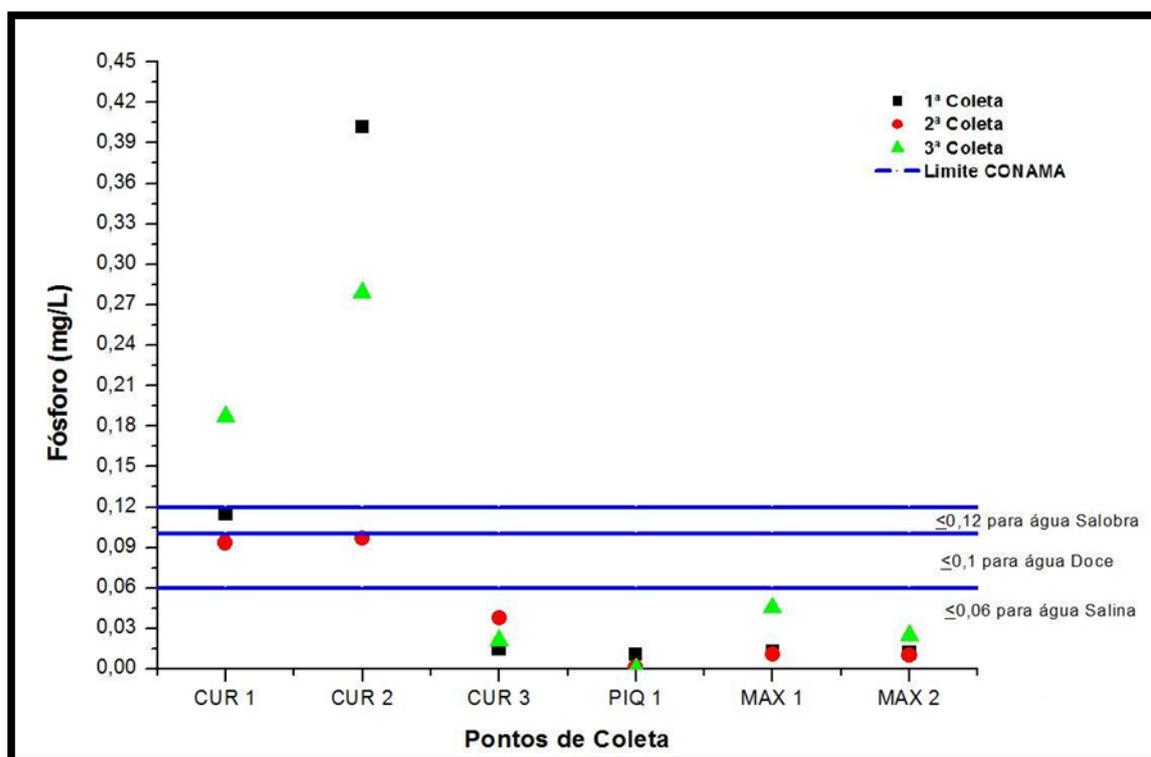


Figura 5.9 - Concentração de Fósforo Total em mg/L Para o Curimataú e Maxaranguape

5.1.10 Índice de Qualidade da Água (IQA)

A Figura 5.10 apresenta os resultados encontrados para o Índice de Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas.

Observando os resultados da Figura 5.10 encontrados para o ponto de amostragem CUR 1, percebe-se que este sofre variações de classificações nas três coletas realizadas. Na Daniela Karla de Souza Xavier

primeira coleta, a água se classificou como qualidade Boa, na segunda como Regular e na terceira volta novamente a se classificar como Boa. Esta alteração de qualidade da água de Boa para Regular ocorre devido ao resultado de Coliformes, Turbidez e Oxigênio Dissolvido que aumentou, variando bruscamente na segunda coleta. Já na terceira coleta, os resultados sofreram uma queda quando comparado com a segunda, fazendo assim, com que a qualidade da água retornar-se a se classificar como Boa.

O ponto de amostragem CUR 2 na primeira coleta, a água se classifica como Regular, na segunda como Ruim e na terceira coleta a água se classifica como Boa. Essa mudança de classificação acontece devido aos valores elevados de coliformes e turbidez.

Para o ponto de amostragem CUR 3 observa-se que a classificação da água para todas as coletas foi de Boa.

Já no Ponto de amostragem PIQ 1 na primeira e a terceira coleta, a água se classifica como Boa e na segunda se classifica como Regular, pois ocorre uma variação elevada de valores para Coliformes e Turbidez, quando comparado com a primeira e terceira coleta.

Para a bacia do Maxaranguape, percebe-se que em todas as coletas realizadas, apesar de sofrer uma pequena variação nos resultados, os dois pontos se encontram classificados como água de Boa qualidade, o ponto de amostragem MAX 1 apresentou uma concentração de DBO acima do limite estabelecido pela legislação na primeira e segunda coleta, a concentração de OD e Sólidos Totais também ocorreu uma elevação na segunda e terceira coletas, já na primeira a concentração de OD apresentam-se abaixo do limite, e ainda, o resultado de Coliformes, se encontra elevado na segunda coleta. O ponto de amostragem MAX 2, apresentou uma concentrações de DBO acima do limite estabelecido pela resolução, na primeira e segunda coleta, as concentrações de OD se encontraram também elevadas nas três coletas e as concentrações de Sólidos Totais se encontraram elevadas apenas na segunda e terceira coleta.

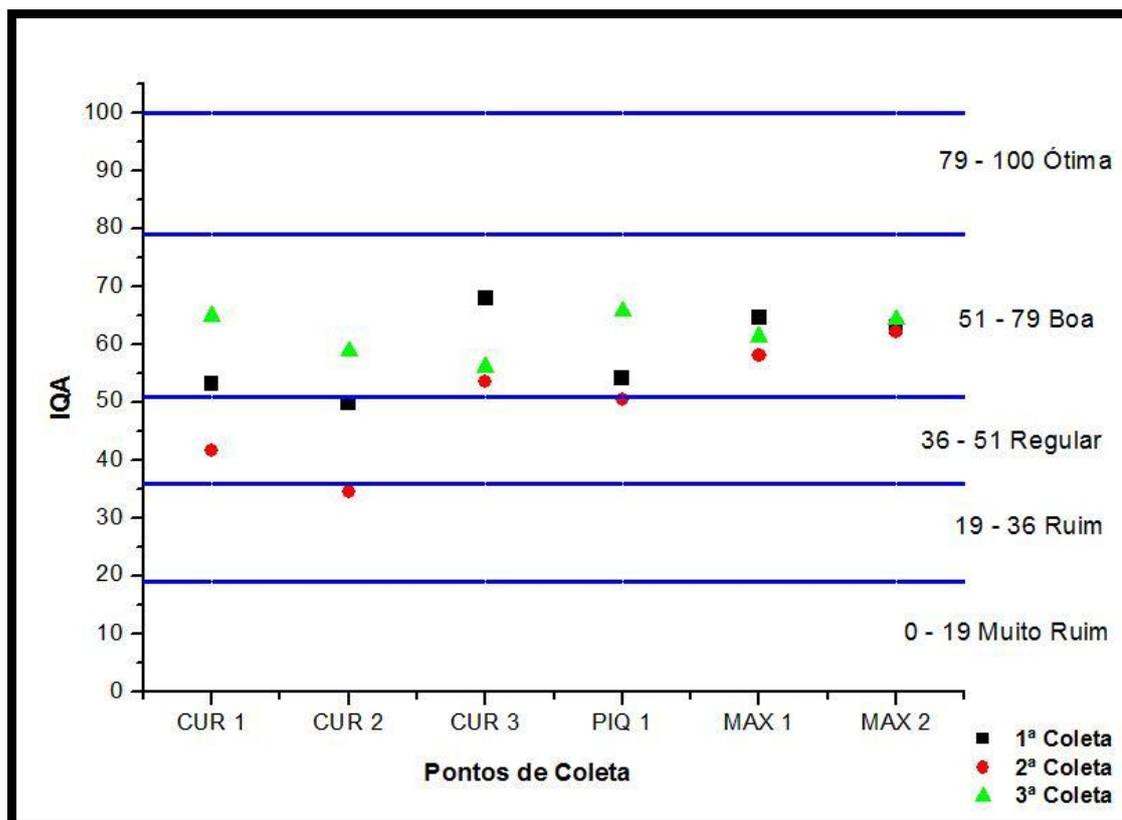


Figura 5.10 – Classificação do Índice de Qualidade de Água Para o Curimataú e Maxaranguape

5.1.11 Índice de Toxicidez (IT)

O Índice de Toxicidez pela resolução CONAMA N° 357/2005 estabelece um valor limite para cada tipo de metais traços. A Tabela 5.4, mostra este limite para cada elemento como também as classes de água.

Tabela 5.4 – Metais traço e Limite estabelecido pela resolução CONAMA

Tipos de Águas	Cobre Dissolvido	Chumbo Total	Níquel Total	Cromo Total	Cádmio Total	Zinco Total	Mercúrio Total
Água Doce	≤ 0,009	≤ 0,01	≤ 0,025	≤ 0,05	≤ 0,001	≤ 0,18	≤ 0,0002
Água Salobra	≤ 0,005	≤ 0,01	≤ 0,025	≤ 0,05	≤ 0,005	≤ 0,09	≤ 0,0002
Água Salina	≤ 0,005	≤ 0,01	≤ 0,025	≤ 0,05	≤ 0,005	≤ 0,09	≤ 0,0002

Abaixo segue os resultados para cada elemento, cada coleta e cada ponto. Os resultados que estão de cor azul, representam as concentrações que ultrapassaram o limite de

Daniela Karla de Souza Xavier

detecção do equipamento e os resultados que estão de cor vermelha representam as concentrações dos elementos que ultrapassaram tanto o limite de detecção do equipamento, quanto o limite estabelecido pela resolução CONAMA N° 357/2005, onde vale salientar que o limite de detecção do equipamento é sempre menor do que o limite estabelecido pela resolução.

De acordo com os resultados encontrados e apresentados na Tabela 5.5 e na Tabela 5.6 para os sete metais que constitui o Índice de Toxidez, percebe-se que para os pontos de amostragem CUR 1 e CUR 2, os elementos Níquel, Cromo, Cádmio e Mercúrio para todas as coletas, não ultrapassaram o limite de detecção do equipamento, estando assim, em concordância com a legislação. Para o elemento Chumbo, o resultado apenas da terceira coletas ultrapassou o limite de detecção do equipamento, porém não ultrapassou o limite estabelecido pela resolução, estando assim, esse metal dentro das conformidades. Para o Zinco, em todas as coletas, este excedeu o limite de detecção do equipamento, porém assim como o Chumbo, este também não ultrapassou o limite da resolução. Já para o elemento Cobre, quando se trata apenas do ponto de amostragem CUR 2, este ultrapassou o limite de detecção do equipamento e também da resolução CONAMA, encontrando-se fora das conformidades estabelecidas.

Tabela 5.5 – Concentrações em mg/L dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem CUR 1.

CUR 1	Cobre Dissolvido	Chumbo Total	Níquel Total	Cromo Total	Cádmio Total	Zinco Total	Mercúrio Total
1° Coleta	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,017	≤ 0,0002
2° Coleta	<0,00051	<0,00066	<0,00070	<0,00088	<0,00064	0,154	≤ 0,0002
3° Coleta	0,00361	0,00455	<0,00068	<0,00108	<0,00191	0,04088	≤ 0,0002

Tabela 5.6 – Concentrações em mg/L dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem CUR 2

CUR 2	Cobre Dissolvido	Chumbo Total	Níquel Total	Cromo Total	Cádmio Total	Zinco Total	Mercúrio Total
1° Coleta	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,031	≤ 0,0002
2° Coleta	<0,00051	<0,00066	<0,00070	<0,00088	<0,00064	0,1348	≤ 0,0002
3° Coleta	0,00541	0,00586	<0,00068	<0,00108	<0,00191	0,05324	≤ 0,0002

Como apresentado na Tabela 5.7, para o ponto de amostragem CUR 3, observa-se que em todas as coletas, os elementos Chumbo, Cromo, Cádmio e Mercúrio se encontram abaixo

do limite tanto de detecção do equipamento, quanto do limite estabelecido pela resolução, ou seja se encontram dentro das conformidades exigidas. Já para o elemento Cobre, apenas na primeira coleta, este se encontra maior que o limite de detecção do equipamento e maior que o estabelecido pela legislação. Para o elemento Níquel, na primeira e terceira coleta, este excedeu apenas o limite de detecção do equipamento e na segunda coleta, este permanece abaixo do limite de detecção, estando assim, dentro do estabelecido. Para o Zinco, tanto na segunda quanto na terceira coleta, excedeu o limite estabelecido pela resolução, estando dentro das conformidades, apenas na primeira coleta.

Tabela 5.7 – Concentrações em mg/L dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem CUR 3

CUR 3	Cobre Dissolvido	Chumbo Total	Níquel Total	Cromo Total	Cádmio Total	Zinco Total	Mercúrio Total
1° Coleta	0,007	< 0,001	0,007	< 0,001	< 0,001	0,013	≤ 0,0002
2° Coleta	<0,00051	<0,00066	<0,00070	<0,00088	<0,00064	0,1754	≤ 0,0002
3° Coleta	<0,00736	<0,00079	0,00759	<0,00108	<0,00191	0,0074	≤ 0,0002

De acordo com os valores apresentado para os resultados dos sete metais para o ponto de amostragem do PIQ 1 na Tabela 5.8, apenas o Cobre na primeira e terceira coleta, o Chumbo na terceira coleta e o Zinco em todas as coletas, apresentam resultados acima do limite de detecção do equipamento, porém nenhum desses resultado encontram-se acima do limite permitido pela resolução, estando desta forma, todos os elementos dentro das conformidades exigidas.

Tabela 5.8 – Concentrações em mg/L dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem PIQ 1

PIQ 1	Cobre Dissolvido	Chumbo Total	Níquel Total	Cromo Total	Cádmio Total	Zinco Total	Mercúrio Total
1° Coleta	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,027	≤ 0,0002
2° Coleta	<0,00051	<0,00066	<0,00070	<0,00088	<0,00064	0,1457	≤ 0,0002
3° Coleta	0,00413	0,00408	<0,00070	<0,00108	<0,00191	0,05184	≤ 0,0002

Para o ponto de amostragem MAX 1, de acordo com os resultados encontrados e apresentados na Tabela 5.9, observa-se que apenas os elementos Chumbo e Zinco encontram-se ultrapassando o limite estabelecido pela resolução para a primeira coleta. Já na segunda coleta todos os metais se encontram dentro do limite estabelecido. Ocorre também o mesmo

na terceira coleta, a diferença é que os resultados para Cobre e Zinco ultrapassam apenas o limite de detecção do equipamento.

Tabela 5.9 – Concentrações em mg/L dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem MAX 1

MAX 1	Cobre Dissolvido	Chumbo Total	Níquel Total	Cromo Total	Cádmio Total	Zinco Total	Mercúrio Total
1° Coleta	< 0,001	10,3	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,024	≤ 0,0002
2° Coleta	<0,00045	<0,00073	<0,00069	<0,00044	<0,00056	0,0484	≤ 0,0002
3° Coleta	0,0078	0,00725	0,00476	<0,00108	<0,00191	0,1279	≤ 0,0002

Para o ponto de amostragem MAX 2 como mostrado na Tabela 5.10, observa-se que na primeira coleta, os elementos Chumbo e Zinco, se encontram ultrapassando o limite instituído pela legislação, assim como para a terceira coleta, que o elemento de Cobre também passa do limite estabelecido. Já na segunda coleta nenhum elemento excede o limite, estando assim, todos dentro da conformidade exigida.

Tabela 5.10 – Concentrações em mg/L dos Elementos Traço do Ponto de Amostragem MAX 2

MAX 2	Cobre Dissolvido	Chumbo Total	Níquel Total	Cromo Total	Cádmio Total	Zinco Total	Mercúrio Total
1° Coleta	< 0,001	6,13	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,029	≤ 0,0002
2° Coleta	<0,00045	<0,00073	<0,00069	<0,00044	<0,00056	0,04054	≤ 0,0002
3° Coleta	0,01109	0,00525	<0,00068	<0,00108	<0,00191	0,1312	≤ 0,0002

Seguindo a regra já citada para a determinação dos resultados do Índice de Toxidez, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 5.11, percebe-se que para o ponto de amostragem CUR 2 na terceira coleta foi igual a 0 (zero), devido o Cobre Dissolvido ter excedido o limite estabelecido pela resolução.

Para o ponto de amostragem CUR 3, em todas as coletas observa-se que o seu resultado do IT também foi igual a 0 (zero) e isto aconteceu devido na primeira coleta, o resultado de Cobre ter excedido o limite estabelecido pela resolução, assim como o de Zinco na segunda e terceira coleta.

Já para os pontos de amostragem CUR 1 e PIQ 1, percebe-se que em todas as coletas, os valores de IT foram iguais a 1 (um), pois nestes pontos nenhum elemento ultrapassou o limite estabelecido pela resolução.

Observando os valores para o ponto de amostragem MAX 1 percebe-se que apenas na primeira coleta, o resultado de IT foi igual a 0 (zero), ou seja, se encontra fora da conformidade, devido as concentrações dos elementos Chumbo e Zinco se encontrarem maior que o valor limite instituído pela resolução CONAMA N ° 357/2005. Já para a segunda e terceira coleta, todos os elementos se encontram dentro da conformidade exigida pela legislação, dando assim, o resultado IT igual a 1 (um).

Para o ponto de amostragem MAX 2, observa-se que na primeira e terceira coleta, os resultados de IT são iguais a 0 (zero), ou seja, isso significa que os elementos Chumbo e Zinco na primeira coleta estão acima do limite estabelecido e na terceira coleta, o Cobre se encontra também excedendo o limite exigido. Apenas na segunda coleta, todos os metais se encontram dentro dos limites, sendo assim, o resultado para o IT igual a 1 (um).

Tabela 5.11 - Índice de Toxidez para as Três Coletas dos Pontos de Amostragem das Bacias do Curimataú e Maxaranguape

Pontos de Coleta	Primeira Coleta	Segunda Coleta	Terceira Coleta
CUR 1	1	1	1
CUR 2	1	1	0
CUR 3	0	0	0
PIQ 1	1	1	1
MAX 1	0	1	1
MAX 2	0	1	0

Na Figura 5.11, se utilizou a combinação dos resultados do IQA com o IT para se observar a confirmação da classificação da qualidade da água, pois quando se multiplica o resultado do IQA pelo resultado do IT, pode-se confirmar como realmente ela se encontra.

Desta forma, observa-se que em todas as coleta o ponto do CUR 1 e PIQ 1, o IQAc confirmou o resultado do IQA, permanecendo assim, a água com a mesma qualidade encontrada. Porém para o ponto do CUR 2, apenas na terceira coleta o IQAc não confirma o resultado de IQA, fazendo com que a água mudem sua qualidade de Boa para Muito Ruim, pois o seu resultado de IT é igual a zero. Já no ponto do CUR 3, em nenhuma coleta o IQAc confirmou o resultado de IQA, fazendo com que os resultados da qualidade da água passasse de Boa para Muito Ruim. Observa-se que na primeira coleta para o ponto do MAX 1 o IQAc não confirma o resultado do IQA, fazendo com que a água mude sua qualidade de Boa para

Muito Ruim, pois o seu resultado de IT é igual a zero. Porém para as outras duas coletas, o IQAc confirma o resultado de IQA, permanecendo assim, a água com a mesma qualidade encontrada para o IQA. No ponto do MAX 2, observa-se que para a primeira e terceira coleta, o resultado do IQAc não confirma o resultado da qualidade encontrada para o IQA, fazendo com que a água reduza a sua classificação de Boa para Muito Ruim. Apenas na segunda coleta o resultado de IQAc confirma o cálculo para IQA.

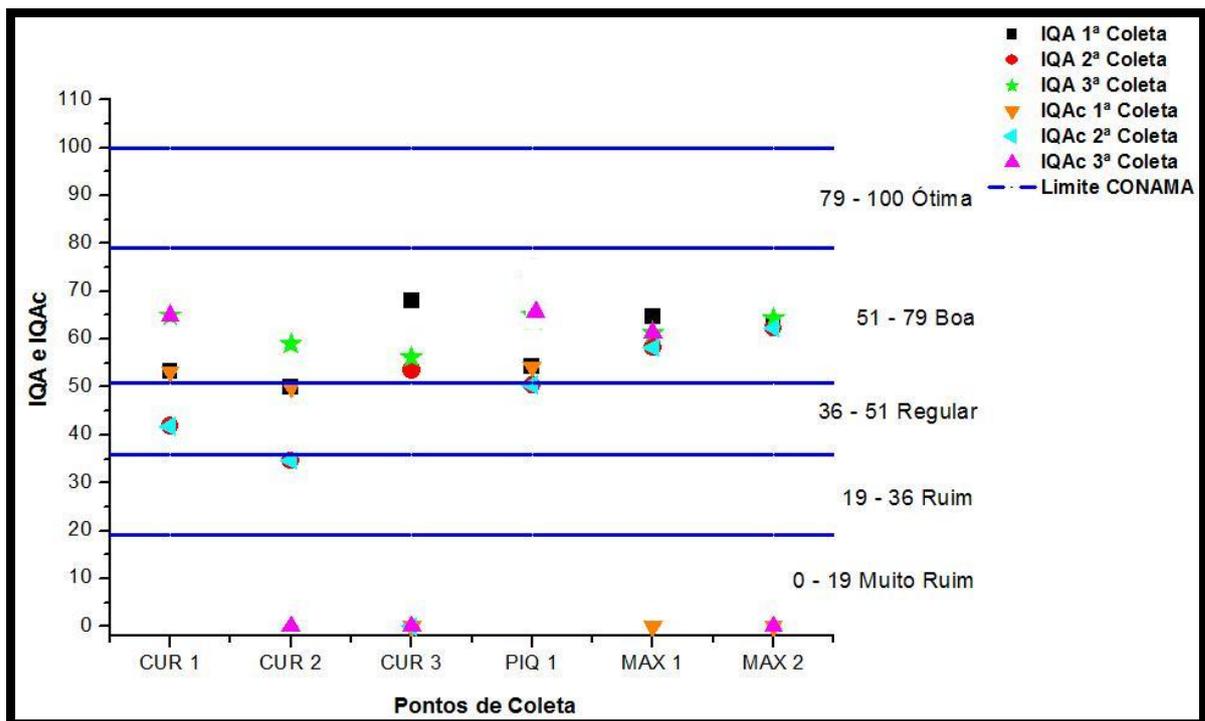


Figura 5.11 - Índice de Qualidade da Água Combinado com o Índice de Qualidade da Água para o Curimataú e Maxaranguape

6 CONCLUSÕES

Durante as três etapas de coletas realizadas no período de 2008 a 2010, com o objetivo de se conhecer a atual situação da Bacia Hidrográfica do Curimataú e Maxaranguape quando se trata da qualidade da água, pode-se concluir que:

- O homem é o maior causador pelas alterações da composição da água, usando rios como descargas de poluentes, contaminando assim, o meio aquático. Além disso, observa-se que é proeminente a necessidade de uma organização para a realização de um monitoramento prolongado da qualidade dessas águas que informem os subsídios para que se tenha ciência dos níveis de contaminação de cada Bacia Hidrográfica.
- Os pontos de amostragem CUR 1, CUR 2 e PIQ 1 localizado na Bacia do Curimataú, precisam de uma atenção maior, ou seja, de um órgão responsável para se iniciar um monitoramento, pois as águas destes, já foram classificadas como Ruim, apresentando assim alguns resultados de análises maiores que o limite estabelecido pela resolução CONAMA N° 357/2005, como por exemplo para DBO, OD, Turbidez e Coliformes Termotolerantes.
- Foram encontrados concentrações de metais elevados, ultrapassando o limite permitido pela resolução CONAMA N° 357/2005, confirmando assim, a contaminação desses corpos d'água, como mostra os resultados encontrados para os pontos de amostragem do CUR 2, CUR 3, MAX 1 e MAX 2.
- A Bacia do Curimataú vem sofrendo mais perturbações ambientais em relação à bacia do Maxaranguape, devido o Curimataú apresentar níveis de classificação da Qualidade de Água como Ruim, o que não é apresentado em nenhuma coleta para os pontos da Bacia do Maxaranguape, pois todos os pontos apresentaram dados de qualidade de água média.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para Futuros trabalhos que:

- Se realize um monitoramento da água a fim de se investigar as possíveis fontes poluidoras de fato, destas bacias estudadas, aumentando o número de pontos de coletas, principalmente para a Bacia do Maxaranguape, para que se tenha um resultado mais preciso do que esta acontecendo nessas águas.
- Se realize um monitoramento dos sedimentos de fundo, se fazendo análise de metais traço para que se possa ter um histórico da quantidade de metais já presentes neste.
- Se avalie a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas, ou o potencial para o crescimento de macrofilas aquáticas, através do Índice de Estado Trófico (IT), Para que se possa ter um histórico do nível do processo evolutivo de eutrofização.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. R.; LOT, E. F. **Química da Biosfera e Hidrosfera**. Fortaleza, CE: Ed. Demócrito Rocha, 2004. p.111.

APHA - (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington; Estados Unidos: Editora APHA – American Public Health Association, 2005, p.1193.

ARAÚJO, J. B. S.; PINTO FILHO, J. L. O. P. Identificação de fontes poluidoras de metais pesados nos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN, na área urbana de Mossoró-RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n. 2, p. 80 - 94, 2010. Disponível em:
<<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/277/277>>. Acesso em: 13 ago 2009.

BASTOS, I. C. O. **Avaliação do Índice de Qualidade da Água no Ribeirão Capim, médio Rio Doce – Governador Valadares, MG**. 2009. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007. Disponível em:
<http://www.tede.ufop.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=262>. Acesso em 12 nov 2009.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore** v.30, n 2, p.241-248, 2006. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n2/a11v30n2.pdf>>. Acesso em: 20 mar 2009.

CAVALCANTE, M. B.; ARRUDA, L. V. O planejamento dos recursos hídricos na caatinga: um olhar sobre as condições ambientais da microbacia do Rio Calabouço - PB/RN. **Caminhos de Geografia**, v. 9, n. 28, p. 221 - 231, 2008. Disponível em:
<<http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/include/getdoc.php>>. Acesso em: 19 set 2009.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **IQA: Índice de qualidade das águas**. Disponível em:
<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp>. Acesso em: 15 abr 2008.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – (BRASIL). **Resolução N°357, de 17 de março de 2005**. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> . Acesso em: 17 de Abr. 2008.

COSTA, E. C. T. A. **Diagnóstico ambiental das águas do estuário Jundiá-Potengi pela determinação dos índices de qualidade da água e Toxidez.** 2008. 135f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008. Disponível em: <http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado/tde_arquivos/35/TDE2010204T003212Z2373/Publico/EmilyCTACpdf.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2008.

DANTAS, A. S. **Análise de sedimento de fundo: Uma amostragem representativa do estuário Potengi/RN.** 2009. 114f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <<http://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/AeciaSD.pdf>>. Acesso em: 10 abr 2009.

FERNANDES, R.C. **Diagnostico geoambiental com uso do geoprocessamento visando a determinação de potencialidades de uso do solo para a área estuarina do Rio Curimatau – Canguaretama (RN).** 2005. 119f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Programa de Pós Graduação em Geociência, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005. Disponível em: <<ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/RodrigoCF.pdf>>. Acesso em: 20 jun 2009.

FERNANDES, L. D. F.; **Transporte de poluentes em estuários.** 2001. 54f. Monografia (Licenciatura em Engenharia do Ambiente) - Trabalho Final de Curso da Licenciatura em Engenharia do Ambiente – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2001. Disponível em: <http://www.mohid.com/PublicData/products/Thesis/TFC_LuisFernandes.pdf>. Acesso em: 17 jul 2009.

FERREIRA, S. L. S. **Diagnóstico socioambiental da Bacia do Ribeirão dos Padilhas: O processo de ocupação do loteamento bairro novo, Sítio Cercado – Curitiba – PR.** 2005. 112f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/2865/1/FERREIRA%20S%20L%20S%20D%20ISSERTA%20C3%87%20C3%83O%20132%20p%20%20GEOG.pdf>>. Acesso em 12 jan 2009.

FRACARO, N. V. **Diagnóstico sócio-ambiental do trecho superior da Bacia do Rio Vitorino sudoeste do Paraná.** 2005. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Mestrado em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp125614.pdf>>. Acesso em: 27 ago 2009.

FURRIELA, R. B. Educação para o consumo sustentável. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE MEIO AMBIENTE, 2001, São Paulo. **Resumo...** São Paulo: Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/download/cibec/pce/2001/47-55.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2009.

GAMEIRO, M. S. **Problemas geoambientais provocados pela expansão urbana no município de Bragança Paulista, SP.** 2008. 120f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Programa de Pós-Graduação em Análise Geoambiental, Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008. Disponível em: <http://tede.ung.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=76>. Acesso em: 27 junh 2009.

GARLIPP, A. B. **Variação Espacial e Sazonal de Elementos Maiores e Traços no Estuário do Rio Curimataú (RN), Através de Dados Geoquímicos e de Sensoriamento Remoto.** 2006. 110f. Tese (Doutorado em Geodinâmica) – Programa de Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006. Disponível em: <http://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/AdrianaBG_capa_ate_secao5.pdf>. Acesso em 10 abr 2009.

GARLIPP, A. B.; SILVA, C. A. R.; AMARO, V. E. Concentração de elementos maiores e traços no material particulado em suspensão do estuário de Curimataú, Nordeste do Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, v. 22, n. 3, p. 189-200, 2008. Disponível em: <<http://www.sbgq.org.br/arquivos/art10186.pdf>>. Acesso em: 12 jun 2009.

HADDAD, E. A. **Influência antrópica na qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio São Miguel, Carste do Alto São Francisco, Minas Gerais.** 2007. 156f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/MPBB7LBML5/1/disserta_o_e_duardo_haddad.pdf>. Acesso em: 11 out 2009.

IGARN - INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. IGARN realiza inspeção no rio Maxaranguape. Disponível em: <<http://www.igarn.rn.gov.br>>. Acesso em: 20 fev 2008.

LIMA, A. J. B.; COSTA G. R. L. X.; SOARES, L. P. C. Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) nos reservatórios com capacidade de acumulação de água acima de 5 milhões de metros cúbicos, monitorados pelo IGARN na Bacia Hidrográfica Apodí-Mossoró/RN nos anos de 2005 e 2006. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 7., 2007, Natal/RN. **Anais...** Rio Grande do Norte: Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte, 2007. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiiceb/pdf/1387.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2009. Acesso em: 20 jun 2009.

LIMA, A. M. **Limnologia e qualidade ambiental de um corpo lântico receptor de efluentes tratados da indústria de petróleo.** 2004. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Daniela Karla de Souza Xavier

Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004. Disponível em:
<<ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/AnitaML.pdf>>. Acesso em: 17 ago 2009.

LIMA, A. M.; FERNANDES, M. R.; MELO, H. N. S.; J. L.; MELO, J. L. S. O índice de qualidade de um corpo lêntico receptor de efluentes tratados da indústria de petróleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS, 2., 2003, Rio de Janeiro. **Resumo...** Rio de Janeiro: IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Bicombustíveis, 2003.

LOPES, F. W. A. **Avaliação da qualidade das águas e condições de balneabilidade na bacia do Ribeirão de Carrancas-MG.** 2007. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007. Disponível em:
<<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp060402.pdf>>. Acesso em 19 abr 2009.

LUZ, C. N. **Uso e ocupação do solo e os impactos na qualidade dos recursos hídricos superficiais da Bacia do Rio Ipitanga.** 2009. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. Disponível em:
<http://www.meau.ufba.br/site/system/files/2009_Charlene_Luz.pdf>. Acesso em: 10 fev 2009.

MAGOSSI L, R.; BONACELLA, P. H. **Poluição das Águas.** 6. ed. São Paulo: Moderna, 2000. 71p.

MARQUES, M. N.; COTRIM, M. B.; PIRES, M. A. F. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo. **Química Nova**, v.30, n. 5, p. 1171-1178, 2007. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000500023>. Acesso em: 16 dez 2009.

MEDEIROS, R. L. S. **Avaliação das condições química e física dos sedimentos do estuário Jundiá-Potengi.** 2009. 93f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande Do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesdesimplificado//tde_arquivos/35/TDE-2010-02-04T051624Z-2379/Publico/RinaLSMpdf.pdf>. Acesso em 20 dez 2009.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KEJERFEV, B. **Princípios de Oceanografia Físicas de Estuários.** 4 ed. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 2002, p. 413.

MIZUTORI, I. S. **Caracterização da qualidade das águas fluviais em meios peri-urbanos: o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto-RJ.** 2009. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em:
<http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2009/IvanSantosMizutori_2009.pdf>. Acesso em: 14 set 2009.

MONTEIRO, A. E. **Índice De Qualidade De Aterros Industriais – IQRI**. 2006. 214f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.getres.ufrj.br/pdf/MONTEIRO_AE_06_t_M_int.pdf>. Acesso em: 12 nov 2009.

MOURA, W. B. D.; MEDEIROS, J. F.; SANTOS, S. C. L.; MOURA, A. G. D. S. Estudo hídrico e socioeconômico do assentamento Bela Vista, São Pedro-RN, com vista no desenvolvimento sustentável. **INTESA (Mossoró – RN – Brasil)**, v. 2, n. 1, p.27-55, 2008. Disponível em: < www.enf.ufmg.br/site_novo/modules/mastop.../files_4c0e40eb1c43f.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2009.

OLIVEIRA, M. S.R. **Estudo da especiação de metais traço em sedimentos de um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita-PB**. 2006. 68f. Dissertação (Mestrado em Química) – programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006. Disponível em: <http://www.quimica.ufpb.br/posgrad/dissertacoes/Dissertacao_Maria_Socorro_Ribeiro.pdf>. Acesso em 10 jul 2009.

PINTO, D. B. F.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; COELHO, G. Qualidade da água do ribeirão lavrinha na região Alto Rio Grande – MG, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1145-1152, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v33n4/a28v33n4.pdf>>. Acesso em: 23 jul 2009.

PNMA II - Programa Nacional do Meio Ambiente II. **Índice e indicadores de qualidade da água**: revisão da literatura. 2002. 114 f. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf>>. Acesso em: 14 mar 2009.

RAMALHO, M. F. J. L; BORGES, J. P; FARIAS, L. R. C. B. Uso do spring na análise do processo de ocupação em Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Norte/RN. **Espaço & Geografia**, v.11, n. 2, p.1516-9375, 2008. Disponível em: < http://vsites.unb.br/ih/novo_portal/portal_gea/lsie/revista/arquivos/vol11%20numero02/1%20-%20EeG%20-%202008_v11n2_p_1a22b.pdf> . Acesso em: 19 abr 2009.

SAAD, A. R.; SEMENSATTO, D. L. J.; AYRES, F. M.; OLIVEIRA, P. E. Índice de qualidade da água – IQA do reservatório do tanque grande, município de Guarulhos, estado de São Paulo, Brasil. **Revista UnG – Geociências**, v. 6 , n.1, p. 118-133, 2007. Disponível em: <http://www.jasper.rc.unesp.br/revistageociencias/28_3/Art%207_Piasentin.pdf>. Acesso em: 08 set 2009.

SEMARH - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Bacia do Curimataú, Bacia do Maxaranguape**. Disponível em: <<http://www.semarh.rn.gov.br>>. Acesso em: 20 fev 2008.

SERIANI, R.; SILVEIRA, F. L.; ROMANO, P.; PINNA, F.V.; ABESSA D. M. S. Toxicidade de água e sedimentos e comunidade bentônica do estuário do rio Itanhaém, SP, Brasil: bases para a educação ambiental. **O Mundo da Saúde São Paulo**, v.30, n. 4, p. 628-633, 2006. Disponível em: <http://www.saocamilosp.br/pdf/mundo_saude/41/14_toxicidade_de_agua.pdf>. Acesso em: 18 març 2009.

SILVA, M. R. C. **Estudos de sedimentos da Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu, com ênfase na determinação de metais**. 2002. 113f. Dissertação (Mestrado em Química) – Pós-graduação em Ciências (Química Analítica), Universidade São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, São Carlos, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-02092002-165919/pt-br.php>>. Acesso em: 17 nov. 2009.

SIMÕES, F. S. **Impacto da Piscicultura sobre Bacias Hidrográficas de Pequeno Porte**. 2006. 56f. Dissertação (Mestrado em Química dos Recursos Naturais) - Programa de Mestrado em Química dos Recursos Naturais, Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/pos/quimica/arquivos/fabiano_simoes.pdf>. Acesso em: 09 jan 2009.

SPERLING, M. V., **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005. 243 p.

TAKI FILHO, P. K.; SANTOS, H. R. Importância do monitoramento da qualidade da água de corpos hídricos. In: SEMANA DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 7, 2009, Paraná. **Resumo...** Paraná: Campus Irati, 2009. Disponível em: <http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf>. Acesso em: 15 out 2009.

TOMAZONI, J. C.; BITTENCOURT, A. V. L.; FILHO, E. F. R.; MANTOVANI, L. E. A qualidade da água das Bacias dos Rios Anta Gordos Brinco e Jirau-Sudoeste do Estado do Paraná, Sanare. **Revista Técnica da Sanepar**, v.20, n.20, p. 28-34, 2003.

TONELLO, C. K.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrografica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p. 849-857, 2006.

TUCCI, C. E. M.; IVANILDO HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: Ed. UNESCO, 2001, p.156. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/gestao-da-agua_brasil.pdf>. Acesso em 14 mar 20009.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência Cultural**, v.55, n. 4, 2004. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000967252003000400018>. Acesso em: 18 ago. 2009.

VIANA, V. M. F. C. **Estudo hidrogeoquímico das veredas do rio do formoso no município de Buritizeiro, Minas Gerais.** 2006. 79f. Dissertação (mestrado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/MPBB6ZQFWQ/1/disserta__o_veridiana.pdf>. Acesso em: 11 dez 2009.

ZIMMERMANN C. M.; GUIMARÃES O. M.; GUIZAMORA P. G. P. Avaliação da qualidade do corpo hídrico do Rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA). **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1727-173, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422008000700025&script=sci_arttext>. Acesso em: 10 out 2009.

ANEXO 1**A.1 CÁLCULO DOS ÍNDICES DE QUALIDADE (qi) PARA DETERMINAÇÃO DO IQA**

Estão descritos a seguir, as expressões matemáticas para determinação de cada parâmetro que constitui o Índice de Qualidade da Água – IQA e as curvas médias de variação de qualidade em função de sua concentração.

A.1.1 Oxigênio Dissolvido (OD)**Tabela A.1** - Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade q1, OD.

% OD_{Sat.}	EXPRESSÃO
0 – 50	$q_1 = [0,34 \cdot (\% \text{OD}_{\text{Sat.}}) + 0,008095 \cdot (\% \text{OD}_{\text{Sat.}})^2 + 1,35252 \cdot 10^{-5} \cdot (\% \text{OD}_{\text{Sat.}})^3] + 3$
51 – 85	$q_1 = [-1,166 \cdot (\% \text{OD}_{\text{Sat.}}) + 0,058 \cdot (\% \text{OD}_{\text{Sat.}})^2 - 3,803435 \cdot 10^{-4} \cdot (\% \text{OD}_{\text{Sat.}})^3] + 3$
86 – 100	$q_1 = [3,7745 \cdot (\% \text{OD}_{\text{Sat.}})^{0,704889}] + 3$
101 – 140	$q_1 = [2,90 \cdot (\% \text{OD}_{\text{Sat.}}) - 0,025 \cdot (\% \text{OD}_{\text{Sat.}})^2 + 5,60919 \cdot 10^{-5} \cdot (\% \text{OD}_{\text{Sat.}})^3] + 3$
> 140	$q_1 = 50$

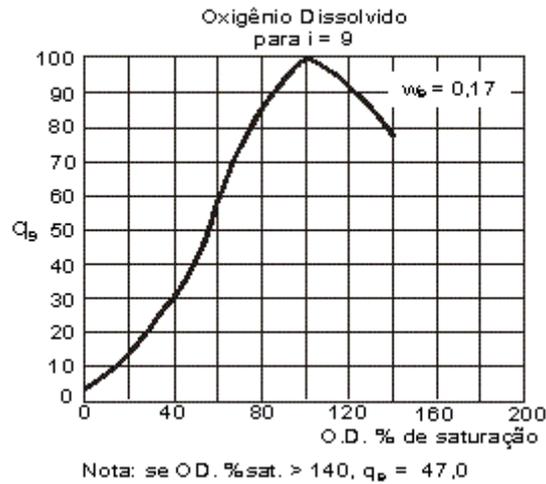


Figura A.1 - Curva de variação da qualidade para o parâmetro OD.

A.1.2 Coliformes Termotolerantes (CTt)

Tabela A.2 - Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade q_2 , CTt.

CTe/ 100 mL	EXPRESSÃO
0	$q_2=100$
1 – 10	$q_2=100- 33,5.\log\text{CTe}$
11 - 10^5	$q_2=100- 37,2 \log\text{CTe} + 3,60743.(\log\text{CTe})^2$
$> 10^5$	$q_2=3$

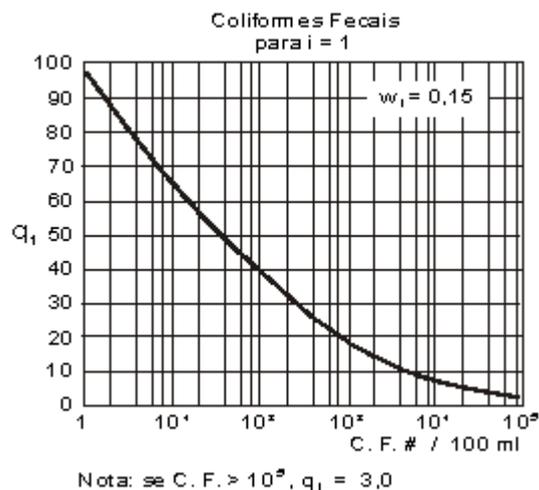


Figura A.2 - Curva de variação da qualidade para o parâmetro CTe.

A.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH).

Tabela A.3 - Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade q_3 , pH.

pH	Expressão
$\leq 2,0$	$q_3=2,0$
2,1–4,0	$q_3=13,6- 10,64.pH+ 2,4364.(pH)^2$
4,1–6,2	$q_3=155,5- 77,36.pH+ 10,2481.(pH)^2$
6,3–7,0	$q_3=-657,2+ 197,38.pH- 12,9167.(pH)^2$
7,1–8,0	$q_3=-427,8+ 142,05.pH- 9,695.(pH)^2$
8,1–8,5	$q_3=216- 16,0.pH$
8,6–9,0	$q_3=1415823.e^{-(1,1507.pH)}$
9,1–10,0	$q_3=288,0- 27,0.pH$
10,1–12,0	$q_3=633,0- 106,5.pH+ 4,5.(pH)^2$
$>12,0$	$q_2=3,0$

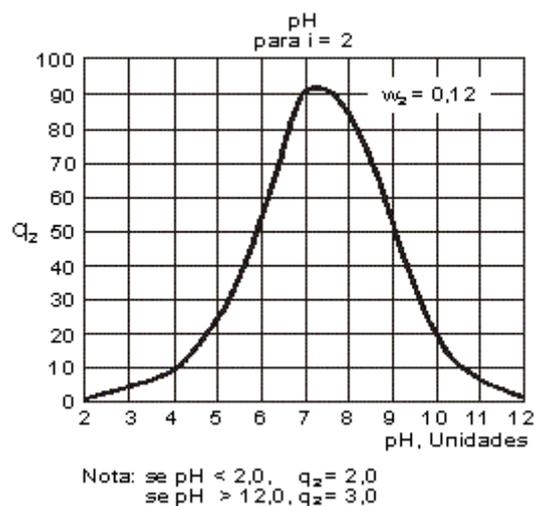


Figura A.3 - Curva de variação da qualidade para o parâmetro pH.

A.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Tabela A.4 - Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade q_4 , DBO.

DBO ₅	EXPRESSÃO
0,0–5,0	$q_4=99,96.e^{-(0,1232728.DBO)}$
5,1–15,0	$q_4=104,67- 31,5463.\ln DBO_5$
15,1–30,0	$q_4=4.394,91.(DBO_5)e^{-1,99809}$

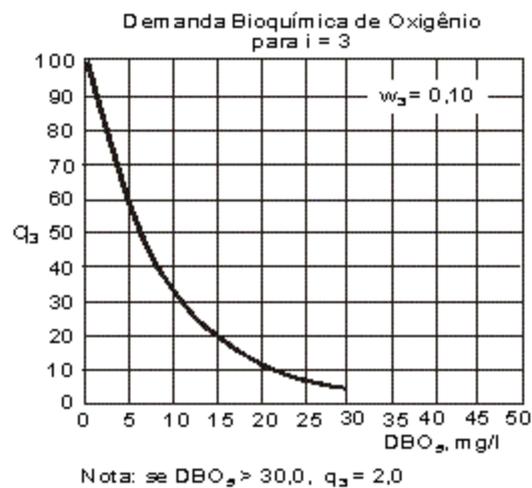


Figura A.4 - Curva de variação da qualidade para o parâmetro DBO

A.1.5 Nitrogênio Total (NT)

Tabela A.5 – Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade q_5 , NT

NT (mg/L)	EXPRESSÃO
0,0–10,0	$Q_5=100,0- 8,169.NT+ 0,3059(NT)^2$
10,1–60,0	$q_5=101,9- 23,1023.\ln NT$
60,1–100,0	$q_5=159,3148.e^{-(0,0512842.NT)}$
>100,0	$q_5=1,0$

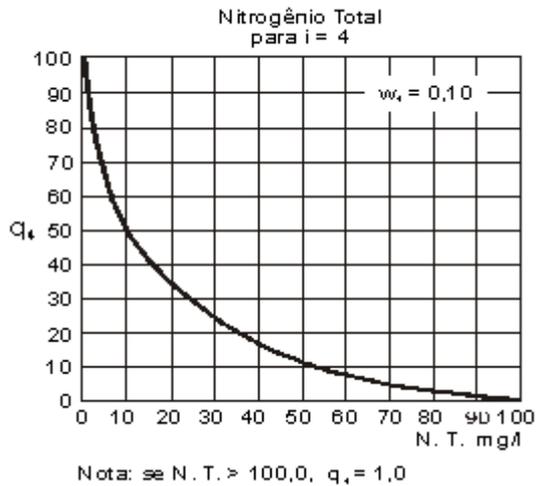


Figura A.5 - Curva de variação da qualidade para o parâmetro NT.

A.1.6 Fósforo Total (PT)

Tabela A.6 - Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade q_6 , PT

PT (MG/L)	EXPRESSÃO
0,0–1,0	$q_6 = 99,9 \cdot e^{-(0,91629 \cdot PT)}$
1,1–5,0	$q_6 = 57,6 - 20,178 \cdot PT + 2,1326 \cdot (PT)^2$
5,1–10,0	$q_6 = 19,08 \cdot e^{-(0,13544 \cdot PT)}$
>10,0	$q_6 = 5,0$

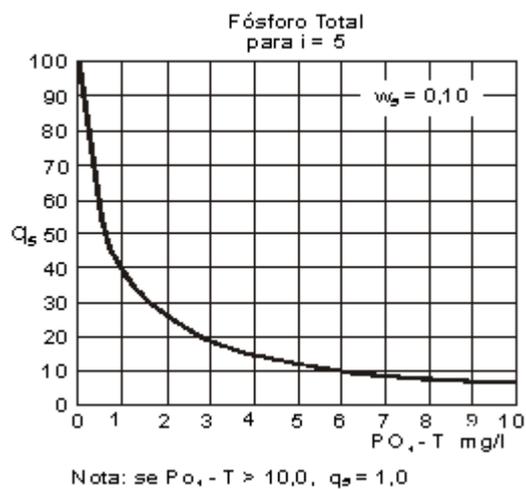


Figura A.6 - Curva de variação da qualidade para o parâmetro PT.

A.1.7 Temperatura (T)

Tabela A.7 - Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade q_7 , T.

$\Delta T = T_A - T_E$	EXPRESSÃO
$\leq -5,0$	$q_9 = 30,0$
$-4,9 - 0,0$	$q_9 = 92,5 + 1,3 \cdot \Delta T - 1,32 \cdot (\Delta T)^2$
$0,1 - 3,0$	$q_9 = 92,5 - 2,1 \cdot \Delta T - 1,8 \cdot (\Delta T)^2$
$3,1 - 5,0$	$q_9 = 233,17 \cdot (\Delta T)^{-1,09576}$
$5,1 - 15,0$	$q_9 = 75,27 - 8,398 \cdot \Delta T + 0,265455 \cdot (\Delta T)^2$
$> 15,0$	$q_9 = 9,0$

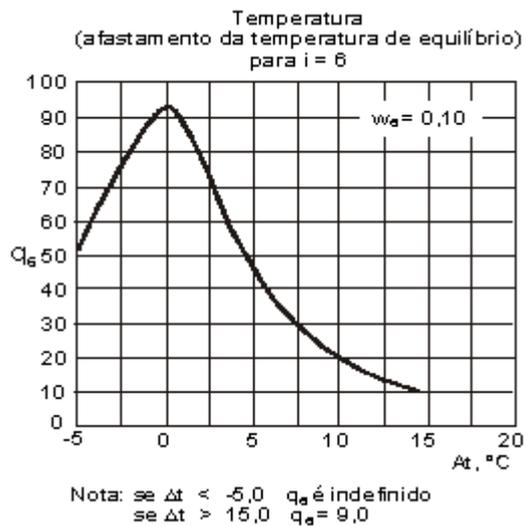


Figura A.7 - Curva de variação da qualidade para o parâmetro T.

A.1.8 Turbidez

Tabela A.8 - Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade q₈, Turbidez.

TUR (UT)	EXPRESSÃO
0,0–25,0	$q_7 = 100,17 - 2,67 \cdot \text{Tur} + 0,03775 \cdot (\text{Tur})^2$
25,1–100,0	$q_7 = 84,96 \cdot e^{-(0,016206 \cdot \text{Tur})}$
>100,0	$q_7 = 5,0$

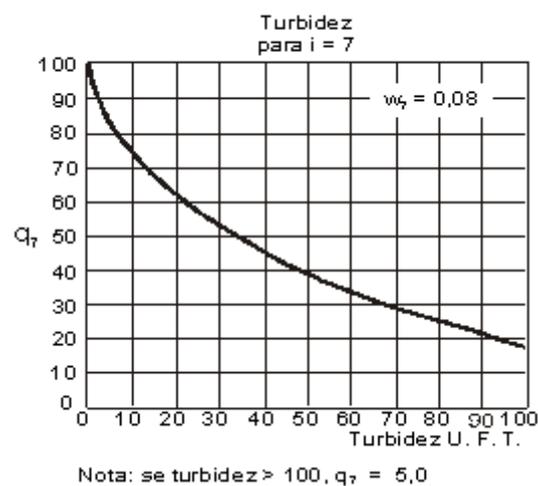


Figura A.8 - Curva de variação da qualidade para o parâmetro Turbidez.

A.1.9 Sólidos Totais (ST)

Tabela A.9 - Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade q_8 , ST.

ST (MG/L)	EXPRESSÃO
0–150	$q_8 = 79,75 + 0,166 \cdot ST - 0,001088 \cdot (ST)^2$
151–500	$q_8 = 101,67 - 0,13917 \cdot ST$
>500	$q_8 = 32,0$

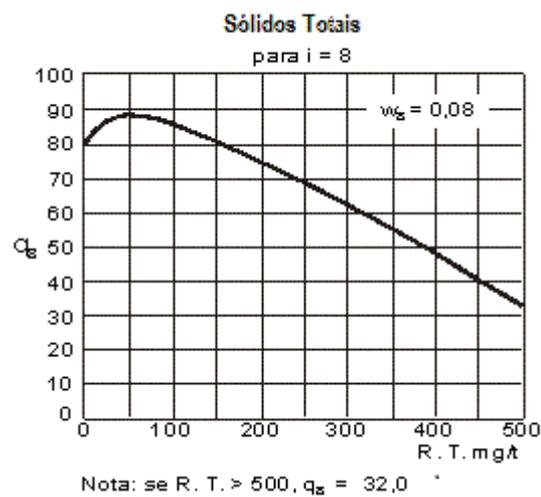


Figura A.9 - Curva de variação da qualidade para o parâmetro ST.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)