



## **Avaliações Físico-Químicas e Bacteriológicas das Águas do Rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza/Ceará**

**Diniz<sup>2</sup>, Glauciane; Magini<sup>1</sup>, Christiano; Sabadia<sup>1</sup>, José Antonio Beltrão; Gomes<sup>3</sup>, Diolande Ferreira; Cavalcante<sup>1</sup>, Itabaraci Nazareno**

**Resumo:** Este trabalho investiga e avalia a qualidade das águas, através de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza, desde as nascentes até a foz, possibilitando assim delimitar setores ambientais neste ambiente lótico e fornecer seu diagnóstico de qualidade. Foram monitorados parâmetros de campo (OD, temperatura, pH, salinidade e CE) e DBO em laboratório. Amostras de nove pontos distribuídos ao longo do rio foram coletadas, determinando-se, em laboratório, os indicadores nitrogenados: nitrogênio amoniacal total, nitrito, nitrato, incluindo-se o fosfato, para diagnosticar a qualidade das águas em relação aos parâmetros considerados, e classificá-las, comparativamente em relação aos valores apresentados na Resolução do CONAMA Nº 357/05. A partir da amostragem (utilizando resultados obtidos em campo e laboratório), análise e integração de um conjunto de nove parâmetros: (temperatura, turbidez, resíduo total, pH, nitrogênio amoniacal, fósforo total, DBO, OD e coliformes termotolerantes), foi possível a determinação do Índice de Qualidade da Água – IQA. De acordo com a Resolução do CONAMA Nº 357/05, as águas são classificadas como: I - Águas Doces: com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰; II - Águas Salobras: com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30 ‰, e III - Águas Salinas: com salinidade igual ou superior a 30 ‰. Os parâmetros de campo, coletados em Mar/2001, Set/2011 e Abr/2012 (pH, temperatura/T, condutividade elétrica/CE, salinidade e oxigênio dissolvido/OD), resultaram em: pH entre 6,7 a 8,9 mg/l; T absoluta entre min. 22 e max. de 310C; (período chuvoso; Mar/11 e Abr/12); a CE absoluta oscilou entre 178µS/L (Mar/11) a 2.947µS/L (Set/11); salinidade absoluta no período de 0,9 ‰ (chuvas; Mar/11 e Abr/12) e de 14,6 (estiagem; Set/12); e o OD apresentou valores absolutos de 1,56mg/l (estiagem; Set/11) a 10,82mg/l (Set/11). Os compostos nitrogenados (Nitrogênio Amoniacal Total/NAT, Nitrato, Nitrito e Fosfato foram coletados no período chuvoso (Mar/2011): Os valores para NAT variaram de 0,02 a 4,86mg/l; o Nitrato variou de 0,4 a 2,1mg/l; e, o Nitrito oscilou entre 0,01 a 0,46mg/l; já os valores para Fosfato foram de 0,12 a 0,75mg/l. Os resultados para coliformes termotolerantes variaram entre < 300 a 16.000NMP/100mL. A partir dos valores do IQA, foram definidos três setores ambientais

1 Universidade Federal do Ceará – Departamento de Geologia

2 Programa de Pós-Graduação em Geologia – Universidade Federal do Ceará

3 Universidade Federal do Ceará – Departamento de Geologia – Laboratório de Geoquímica

Autor para correspondência: José Antonio Beltrão Sabadia

Departamento de Geologia - Universidade Federal do Ceará - Av. Humberto Monte, s/n, Campus do Pici, bloco 912 - Fortaleza - CE. E-mail: [sabadia@ufc.br](mailto:sabadia@ufc.br)

Recebido em 02 de Maio de 2014 / Aceito em 03 de Novembro de 2014

distintos no rio Maranguapinho: Setor I: abrangendo os pontos 1, 2, 3 e 4, onde as águas foram classificadas como de boa qualidade, configurando uma menor influencia antrópica. Setor II: pontos 5 e 6, classificadas como águas aceitáveis, refletindo o lançamento de esgotos domésticos, esgotos industriais e efluentes provenientes da Estação de Tratamento de Esgotos (município de Maracanaú). E o Setor III: pontos 7, 8 e 9, apresentando águas, cuja qualidade é classificada com ruim, devido, muito possivelmente, a elevada densidade urbana, e ao conseqüente despejo de maiores volumes de esgotos domésticos e dejetos de todos os tipos.

**Palavras-Chave:** Bacia Hidrográfica, Poluição, Parâmetros Físico-Químicos/Bacteriológicos, IQA.

**Abstract:** *This paper investigates and evaluates water quality through physical, chemical and bacteriological parameters of the Maranguapinho river waters, Fortaleza Metropolitan Region, from the source to the mouth, making it possible to delimit environmental sectors in the lotic environment and provide quality diagnosis. Field parameters (dissolved oxygen-DO, temperature, electrical conductivity-EC, pH, and salinity). The BOD was monitored in the laboratory. Samples from nine sites distributed along the river were collected and analyzed in the laboratory, the nitrogen indicators: total ammonia nitrogen, nitrite, nitrate, including the phosphate for diagnose of the quality of water in relation to the parameters considered, and rank them compared to the values presented in CONAMA Resolution N0 357/05. From the sample (using results from field and laboratory), analysis and integration of a set of nine parameters: (temperature, turbidity, total residue, pH, ammonia nitrogen, total phosphorus, BOD, DO and termotolerants coliforms), it was possible the determination of the Water Quality Index - AQI. According to CONAMA Resolution N0 357/05, the waters are classified as: I - Freshwater: with salinity less than or equal to 0.5‰; II - brackish water: above 0.5 and less than 30‰ salinity, and III - Saline Waters: with a salinity of 30 ‰ or higher. Field parameters collected in Mar/2001, Sep/2011 and Apr/2012 (pH, temperature, T, conductivity/EC, salinity and dissolved oxygen-OD), these parameters resulted in pH from 6.7 to 8.9mg/l; Absolute T between min. 22 and max. of 310C; (rainy season; Mar/11 and Apr/12); the absolute EC ranged from 178µS/L (Mar/11) to 2.947µS/L (Sep/11); absolute salinity from 0.9‰ in the period (rainfall; Mar/11 and Apr/12) and 14.6‰ (dry; Sep/12); and the OD showed absolute de 1,56mg/l (dry; Sep/11) values 10,82mg/l (Sep/11). Nitrogenous compounds (Total Ammonia Nitrogen-NAT, nitrate, nitrite and phosphate were collected during the rainy season (Mar/2011): The values for NAT ranged from 0.02 to 4,86mg/l; Nitrate ranged from 0.4 to 2,1mg/l, and the nitrite ranged from 0.01 to 0,46mg/l, whereas the values for phosphate were 0.12 to 0.75 mg/l values for termotolerants coliform ranged from < 300-16,000MPN/100mL. With AQI values, three different environmental sectors in Rio Maranguapinho were defined: sector I, covering the points 1, 2, 3 and 4, where the waters were classified as good quality by setting a lower anthropogenic influences; sector II, points 5 and 6, classified as acceptable waters, reflecting the release of domestic sewage, industrial wastewater and effluent from the Sewage Treatment Plant (Maracanaú) and sector III, section for the points 7, 8 and 9 with water, whose quality is classified as bad, because, quite possibly high density urban and consequent discharge of greater amounts of wastewater and waste of all kinds.*

**Keywords:** hydrologic basin, pollution, physical-chemical and bacteriological parameters,

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Brandão (1998), o acelerado crescimento populacional verificado nas últimas décadas, associado ao desenvolvimento industrial, da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), tem trazido inúmeros problemas relacionados ao uso e ocupação do solo, que se reflete em um quadro de degradação ambiental.

Nascido na serra de Maranguape com o nome de Pirapora e Gavião, o rio Maranguapinho (também conhecido como rio Siqueira – em Fortaleza; por conta do bairro que percorre), atravessa os municípios de Maranguape, Maracanaú, Fortaleza, até desaguar como um afluente do Rio Ceará.

São identificados como marcas de degradação: o desvio de águas do curso natural para piscinas naturais, tornando o rio quase seco no período de estiagem; agricultura nas suas margens, inclusive com cultura de banana, levando a processos erosivos nas áreas de maior declividade; lançamento de esgotos e efluentes sem tratamento desde a sede de Maranguape; cultivos com uso de defensivos agrícolas; uso da água do rio para irrigação; práticas tradicionais de queimadas suprimindo a mata ciliar e a extração em larga escala de areia (áridos para a construção civil) e argila, inclusive com a produção e queima de tijolos artesanais em suas margens usando lenha da vegetação próxima.

Observou-se ainda, que é bastante recorrente o lançamento de efluentes industriais clandestinos, problemas no controle ambiental das lagoas de estabilização, cujo efluente desemboca no rio Maranguapinho, elevando a turbidez (UNT/(unidades Nefelométricas de Turbidez)) e a cor natural da água (em uH/unidade de

Hansen/mg Pt/L; miligramas de Platina/L) e, agregando odor a água, além de modificar sua composição físico-química e microbiológica. Há a presença de milhares de famílias em áreas de ocupação às suas margens em situação de risco de enchentes e solapamento das margens. Destaca-se também a deposição de lixo no seu leito causando vários pontos de assoreamento e o lançamento de esgotos domésticos dos bairros residenciais urbanisticamente mais adensados na porção oeste do espaço interurbano de Fortaleza e o comprometimento das áreas de mangue sob o impacto de aterro e da ocupação de suas margens.

No município de Maracanaú existe uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do Sistema Integrado do Distrito Industrial (SIDI), abrangendo uma área de 82 hectares. Esta ETE é formada por cinco lagoas de estabilização em série, sendo uma anaeróbica, uma facultativa e três de maturação, para, por fim, desaguar no rio Maranguapinho. Inclusive já houve reportagem em jornais de moradores nas proximidades da ETE-SIDI reclamando do odor excessivo das águas ali desaguardo diretamente no rio Maranguapinho. As vazões aduzidas ao rio chegam muitas vezes a perenizá-lo. A Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho faz parte da Bacia Hidrográfica Metropolitana compreende 223,8km<sup>2</sup>, perpassando os municípios de Maranguape, Maracanaú, Fortaleza e Caucaia. A Bacia do rio Maranguapinho é exorreica com regime de escoamento intermitente sazonal, percorrendo uma extensão de 34km (MORAIS & LIMA, 2006).

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1. Geologia

O rio Maranguapinho corre sobre as seguintes unidades litológicas: no alto curso ocorrem rochas do Neoproterozóico da Unidade Canindé, pertencente ao Grupo Ceará e na parte do baixo curso sobre a Formação Barreiras (Figura 1), além dos sedimentos aluvionares e estuarinos.

O Neoproterozóico é representado por um conjunto paraderivado onde predominam gnáisses-graníticos e migmatitos diversos, com lentes anfibolíticas, mármores, metavulcânicas, xistos diversos e quartzitos (ARTHAUD, 2007).

A Formação Barreiras distribui-se em faixas de largura variável, acompanhando a linha de costa, chegando a 30km no continente e aflora no litoral constituindo falésias em muitos locais (BRANDÃO, 1995, *in* VIANA, 2005). Destaca-se aqui, em alguns casos, a dificuldade em campo da distinção entre a Formação Barreiras e a capa de alteração sobrejacente às litologias Pré-Cambrianas, salvo os casos quando em alguns locais encontram-se preservadas estruturas de rochas cristalinas (embasamento), como foliação ou fragmentos de veios de quartzo nas coberturas residuais. Outra dificuldade levantada é a distinção entre a Formação Barreiras e as Paleodunas, visto que em certos lugares apresentam características similares.

Os depósitos Flúvio-Aluvionares são caracterizados pelos depósitos de areia, cascalho, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais, lacustres e dos manguezais (todos de idade holocênica).

Nos terrenos cristalinos os cursos

d'água são controlados pelas estruturas, conhecidos como rios e riachos fendas (encaixados segundo o controle do traçado das estruturas). Já sobre as coberturas sedimentares os rios e riachos formam depósitos mais possantes, provenientes do retrabalhamento da Formação Barreiras, o que resulta em acumulações predominantemente constituídas por areias finas, siltes e argilas. Nas lagoas e depressões do baixo curso do rio, onde são depositados, principalmente, sedimentos pelíticos com grande quantidade de matéria orgânica (mais ainda nas áreas de mangues).

### 2.2. Geomorfologia

O rio Maranguapinho drena 223,8km<sup>2</sup> com comprimento de talvegue de 37,5km, tendo seu baixo curso localizado na porção oeste de Fortaleza composto de bairros que apresentam um nível de infraestrutura precário em comparação à porção leste da cidade, bem contratantes como a padrões considerados aceitáveis de moradia e habitação (BRANDÃO, 1995 e COGERH, 2001). Entra em confluência com o rio Ceará próximo a sua foz, sendo denominado Complexo Ceará/Maranguapinho, sob a forma de Planície Flúvio-Marinha. O rio Maranguapinho, embora conflua com o rio Ceará, passa a ter pouca influência sobre a drenagem do mesmo.

Na sua bacia hidrográfica são identificadas as seguintes unidades de paisagem: Maciços Residuais e Depressão Sertaneja (no seu alto curso e parte do médio) nos municípios de Maranguape e Maracanaú, Tabuleiros Pré-Litorâneos (na maior parte de seu médio e parte do seu baixo curso) nos municípios de Maracanaú, Fortaleza e Caucaia e a Planície Flúvio-Marinha (baixo curso) nos municípios de Fortaleza e Caucaia (BRANDÃO, 1995).

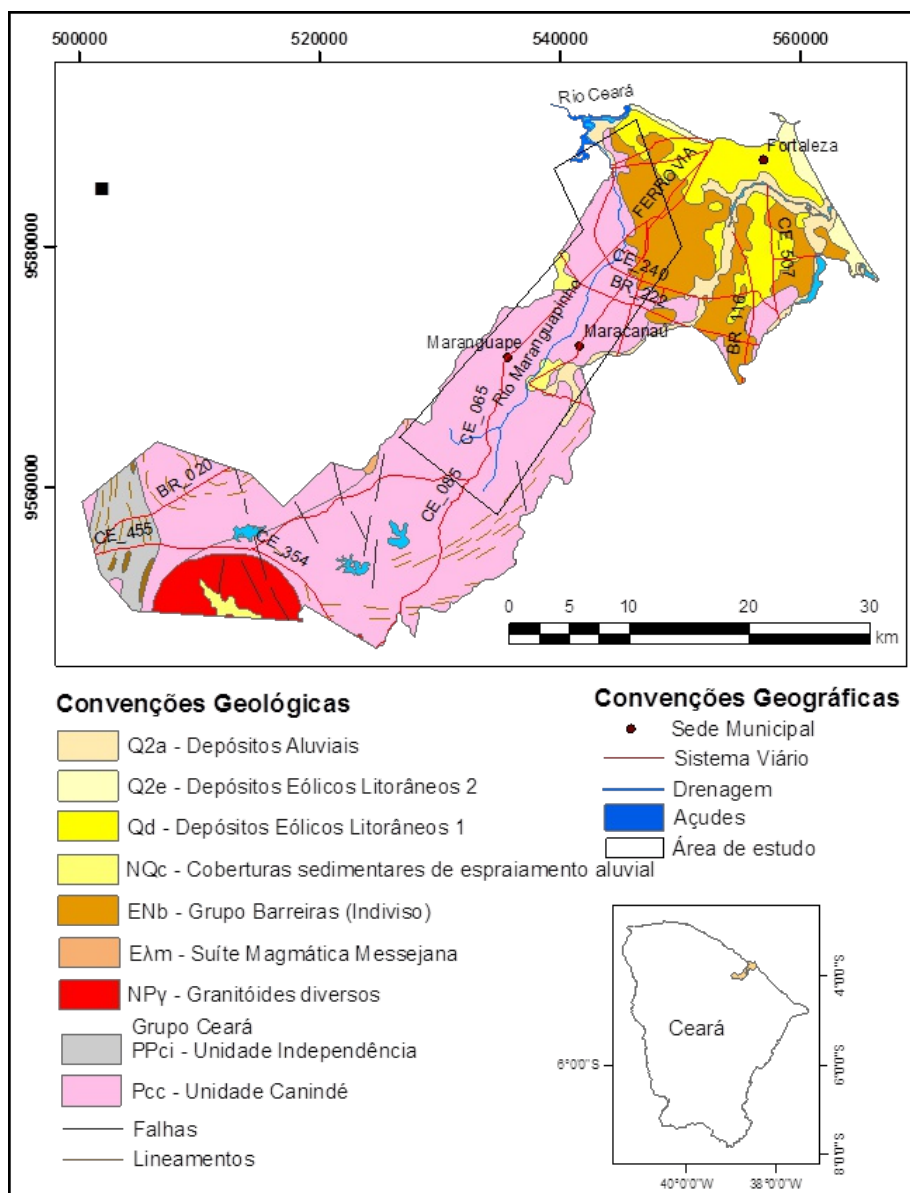


Figura 1: Localização da área de estudo, mapa geológico envolvendo os municípios de Maranguape, Maracanaú, Fortaleza e Caucaia. O polígono mostra o percurso do rio Maranguapinho. Modificado de CAVALCANTE *et al.*, 2003.

Todos transacionados pela Planície Fluvial que bordejia o corpo hídrico, assim como o próprio canal principal que constitui o Ecossistema Aquático com seus processos interdependentes e correlacionados/retro-alimentação (BRANDÃO, 1995 e COGERH, 1999).

Foram selecionados nove pontos, bem distribuídos ao longo do Rio Maranguapinho (Tabela 1), desde a nascente até a foz, representando o alto, médio e baixo Maranguapinho.

O perfil topográfico mostra a posição dos pontos amostrados ao longo do rio em relação à distância versus altitude (Figura 2). Juntamente com as observações de campo e fotografias aéreas delimitamos três diferentes ambientes do rio, assim denominados: porção das nascentes, porção da planície e porção da foz.

Tabela1: Localização, distância entre os pontos, altitude e coordenadas dos pontos amostrados.

Pontos	Localização	Distância entre os pontos (km)	Altitude (m)	Coordenadas UTM-SAD 69	
				Longitude	Latitude
1	Próximo às nascentes	0	382	531937	9566924
2	Casarão Gavião	1,5	196	531781	9565408
3	Próximo da Av. Germano Gaspar	1,3	88	531217	9564239
4	Riacho Lameirão	7,9	64	536957	9567126
5	CE-451, debaixo da ponte	7,7	39	541015	9572645
6	Av. Osório de Paiva com Rua H, Canindezinho	6,7	30	543306	9578180
7	Av. Osório de Paiva com Rua Oscar Araripe	3,5	15	545366	9580491
8	Av. Porto Velho	4	14	545009	9584244
9	Rua Ilha Dourada	4,4	7	543835	9587982

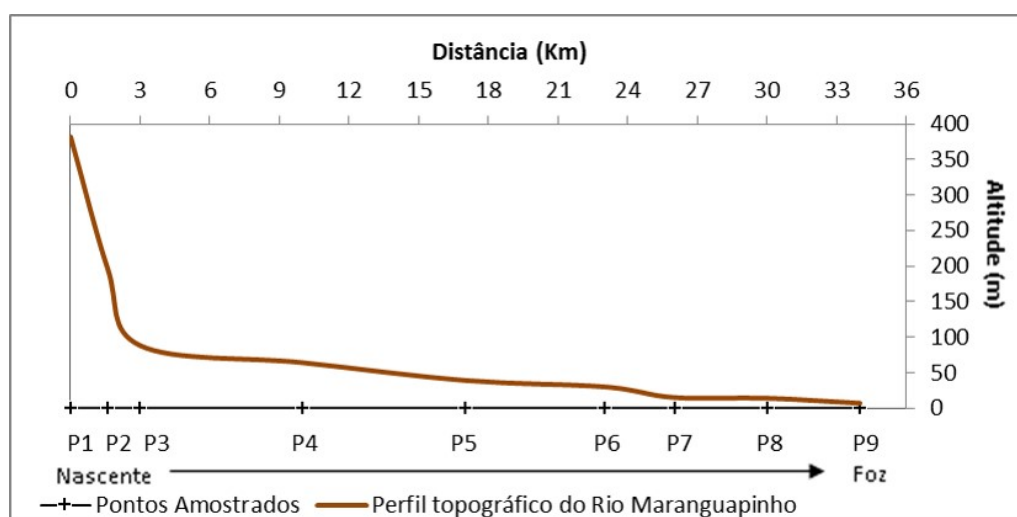


Figura 2: Perfil topográfico dos pontos amostrados no rio Maranguapinho (distância entre os pontos amostrados e altitudes).

### 2.3 Clima

A circulação atmosférica no Estado do Ceará é regida basicamente, por três sistemas sinóticos geradores de precipitação: as frentes frias, com sua formação original no pólo sul, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que oscila dentro da faixa de trópicos e o Centro de Vorticidade Ciclônica, com tempo de atuação variável dentro do período de chuvas. Além desses, outros sistemas de menor escala atuam na região, como as linhas de instabilidade formadas ao longo da costa e as brisas

marítima e terrestre que incidem com frequência na zona litorânea (IPLANCE, 2001).

Os índices pluviométricos médios anuais da RMF situam-se, considerando-se os valores as médias dos Municípios de Maranguape, Maracanaú, Fortaleza e Caucaia; dados da FUNCEME, 2010, em 1.340mm/ano. Nos meses de fevereiro a março se concentram um maior volume de chuvas. Sendo nesse período, onde ocorrem as inundações, transformando o rio Maranguapinho em ameaça para

a população, tendo como principais causas o assoreamento das margens do rio e o acúmulo de lixo lançados pelas famílias que ocupam a área.

A temperatura média anual na RMF é de ordem de 26 a 28°C com máximas situando-se, no intervalo entre 31 e 34°C. Ocorre a presença de ventos alísios que sopram do quadrante leste, que, segundo a FUNCEME, 2010. Estes ventos apresentam maior representa-

tividade nas áreas litorâneas, mostrando flutuações na direção anordeste e sudeste com as maiores velocidades ocorrendo no segundo semestre do ano.

A seguir observam-se as médias mensais de precipitação pluviométrica, durante os períodos de 1988 a 2011 e 1974 a 2011 e, temperaturas médias mensais por regressão linear múltipla dos municípios de Maranguape, Maracanaú e Fortaleza (Figuras 3, 4, 5 e 6).

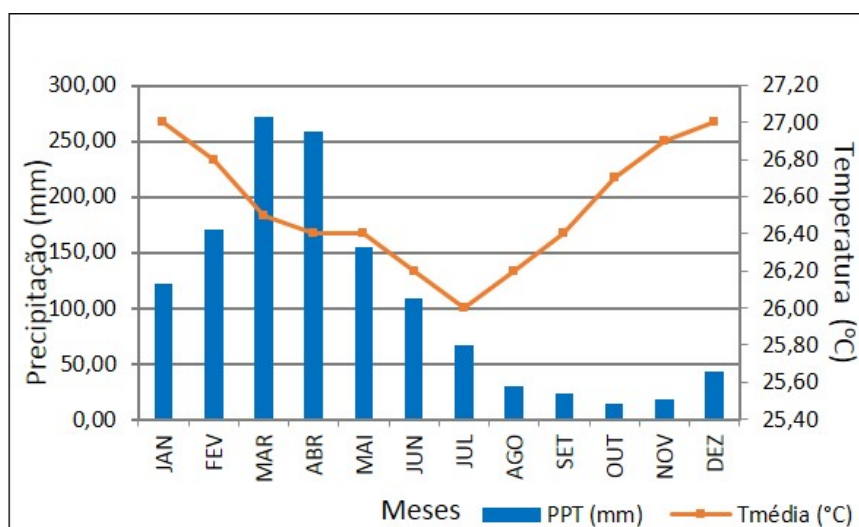


Figura 3: Médias mensais de precipitação pluviométrica (1974 a 2011) e temperaturas médias mensais: regressão linear múltipla Maranguape/CE. Fonte: FUNCEME, 2011.

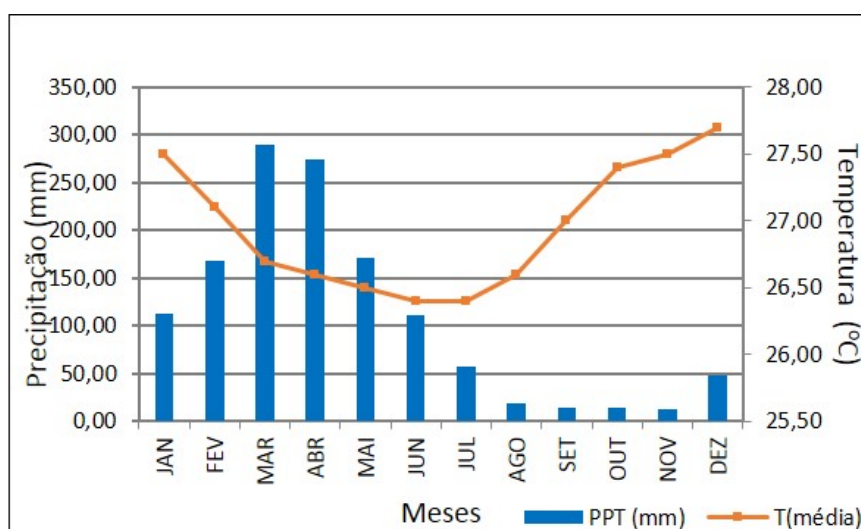


Figura 4: Médias mensais de precipitação pluviométrica (1974 a 2011) e temperaturas médias mensais: regressão linear múltipla Maracanaú-CE. Fonte: FUNCEME, 2011.

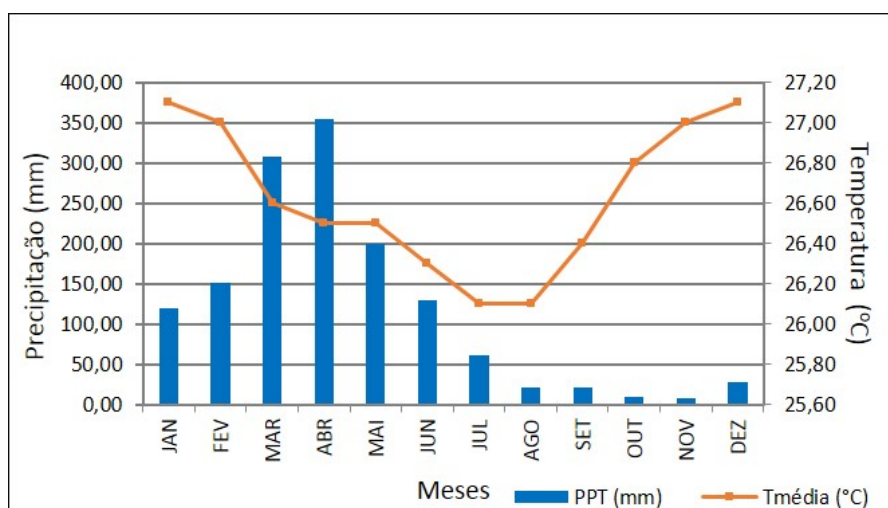


Figura 5: Médias mensais de precipitação pluviométrica (1988 a 2011) e temperaturas médias mensais: regressão linear múltipla em Fortaleza-CE. Fonte: FUNCEME, 2011.

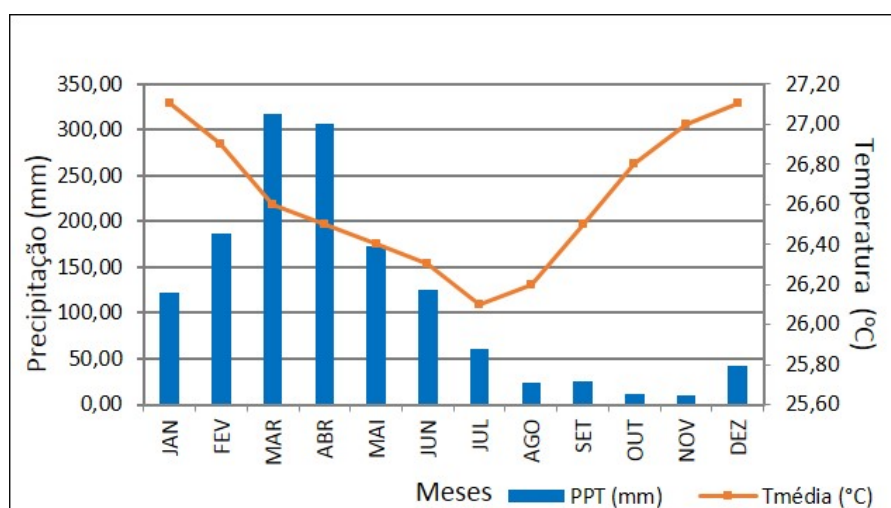


Figura 6; Médias mensais de precipitação pluviométrica (período de 1974 a 2011) e temperaturas médias mensais: regressão linear múltipla em Caucaia-CE. Fonte: FUNCEME, 2011.

### 3. RESULTADOS

Os pontos amostrados e os resultados são apresentados em três segmentos do rio divididos em alto curso (porção das nascentes), médio curso (porção das planícies) e baixo curso (porção da foz), cursos do rio Maranguapinho.

#### 3.1 Compartimentação fluvial

##### 3.1.1 Alto Curso rio Maranguapinho - Porção das Nascentes

Na porção das nascentes (alto curso) do rio observou-se declividade

bem acentuada, que ocasiona velocidades mais altas do fluxo hídrico do rio principal e de seus afluentes, estas características do rio acentuam-se na estação chuvosa, época em que ocorrem também deslizamentos na serra, os quais provocam assoreamento do leito natural e, conseqüentemente, transbordamentos e alagamentos de grandes proporções. Além da presença de vegetação densa e de grande porte, muitos blocos rochosos e raros sedimentos (Figuras 7 e 8).





Figura 7: Estação/Ponto 1. Alto curso do rio Maranguapinho. Coordenadas (SAD 69): 531.937E/9.566.924N. Março/2011.



Figura 8: Estação/Ponto 3. Alto curso do rio Maranguapinho. Coordenadas (SAD 69): 531.217E/9.564.239N. Março/2011.

### 3.1.2. Médio Curso do rio Maranguapinho - Porção da Planície

À medida que se desce o rio, percebe-se a diminuição da quantidade de blocos e até matacões rochosos, o aumento da quantidade de sedimentos, o rio alarga-se mais, o vale tende a ter forma de “U”, as águas são inodoras, porém apresentam-se, na dependência das intensidades das chuvas, meio turvas.

Na porção de planície ou curso médio do rio observou-se o escoamento de suas águas sobre superfícies planas e com pouca declividade, a presença

de terraço fluvial, maior deposição de sedimentos, raros blocos rochosos, águas tranquilas, o rio mais alargado, com vale em forma de U e as águas já apresentam odor e cor (Figura 9).

Na imagem aérea da Figura 10, percebe-se a vegetação densa na nascente (pontos 1, 2 e 3) e, já o início do desmatamento devido à ocupação antrópica ao longo do curso do rio Maranguapinho (ponto 4).

A água do rio neste setor apresenta-se inodora. O fluxo da água é temporário, ou seja, apresenta fluxo apenas na estação chuvosa

no período de estiagem os pontos mais altos da nascente tendem a secar,

comum aos cursos de rios em rochas cristalinas.



Figura 9: Estação/Ponto 4. Curso médio do rio Maranguapinho. Coordenadas (SAD 69): 536.957E/9.567.126N. Março/2011.



Figura 10: Alto curso (estações/pontos 1, 2 e 3), nascente do Rio Maranguapinho, com a presença de vegetação densa, e início do médio curso do rio Maranguapinho (estação/ponto 4). Já se percebe o início do desmatamento e a ocupação antrópica. Imagem de 2009 obtida no *Google Earth*.

No médio curso do rio maranguapinho pode-se observar, em imagem de satélite, a maior urbanização e a Estação de Tratamento

de Efluentes/ETE (em Maracanaú), que deságua diretamente no rio (Figura 11 entre os pontos 5 e 6). No centro/direito da imagem.

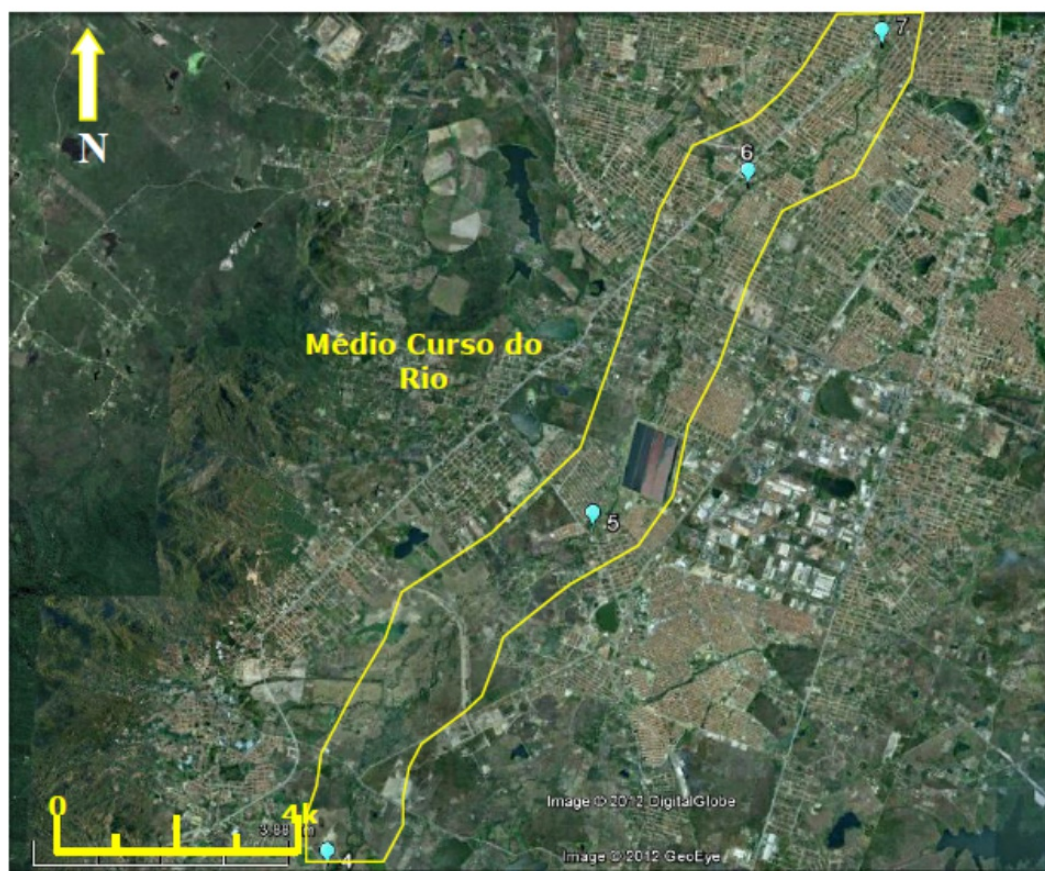


Figura 11: O médio curso do Rio Maranguapinho, que engloba os pontos amostrados 4, 5, 6 e 7, à medida que se aproxima do baixo curso observa-se o aumento da ocupação urbana, conseqüentemente o desmatamento nas margens do rio. ETE de Maracanaú entre os pontos 5 e 6. Imagem de 2009 disponível no *Google Earth*.

Nos períodos de estiagem, quando o leito maior não está ocupado pelo curso do rio, ele torna-se foco de ocupação pela população de baixa renda, uma vez que não possuem alternativas de habitação, ocasionando assim formação de um processo de urbanização nessas áreas passíveis de inundação.

### 3.1.3. Baixo Curso do rio Maranguapinho - Porção da Foz

Observa-se na Figura 12, a grande influência da ação antrópica, pois se reflete de maneira desordenada sobre o meio natural trazendo conseqüências

danosas a população que ocupa áreas ribeirinhas ao longo do baixo curso do rio. A vegetação e solo são mais influenciados pela dinâmica de ocupação humana, logo, sofre, pelas ocupações irregulares.

Na porção da foz ou baixo curso do rio observou-se o escoamento de suas águas sobre superfícies planas e com pouca declividade, que seriam propícias para a navegação, caso não houvesse tanto lixo e pedaços de móveis, galhos, entulhos, etc. As águas são tranquilas, o rio está mais alargado, maior deposição de sedimentos, ausência de blocos

rochosos, vale em forma de U e a água apresenta-se suja e poluída. (Figura 13).



Figura 12: Estação/Ponto 9. Baixo curso do rio Maranguapinho. Muito lixo, escombros de todos os tipos. Área de inundação quando no período das chuvas fortes. Coordenadas (SAD 69): 543835E/9587982N.

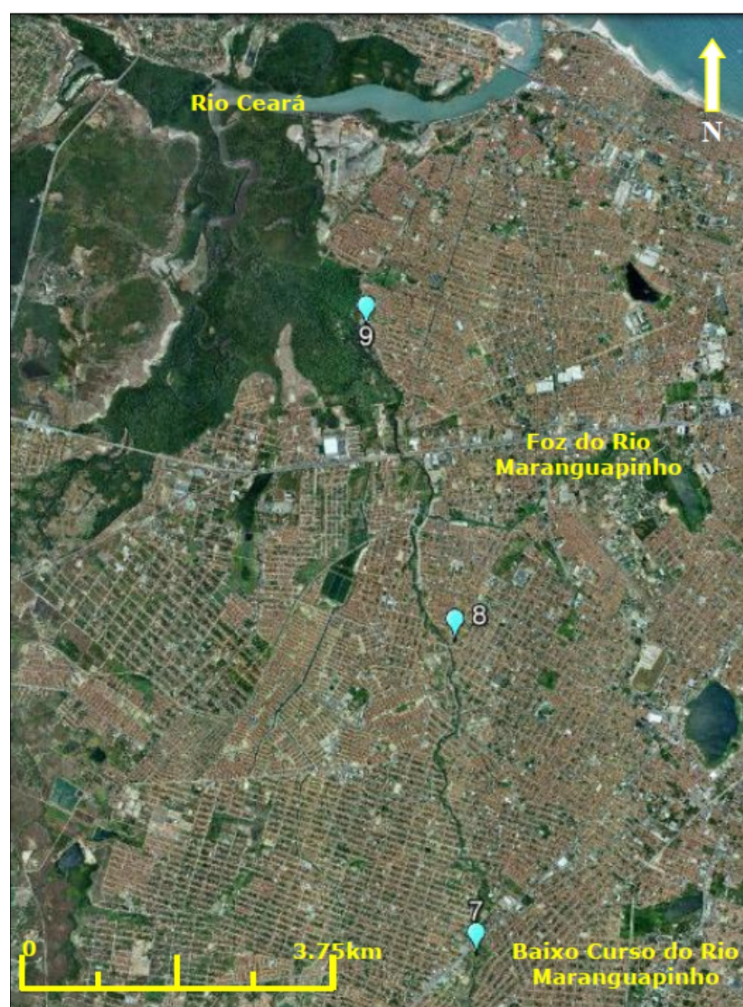


Figura 13: O baixo curso do rio Maranguapinho, que engloba os pontos amostrados 7, 8 e 9 e a foz no Rio Ceará, a densa ocupação antrópica e o desmatamento nas margens do rio. Imagem de 2009, obtida no *Google Earth*.

Observou-se a degradação ambiental nas margens do rio, caracterizada pela deposição de lixo, quando o chorume (lixiviado) produzido, mistura-se com a água, onde o leito do rio apresenta-se estreito e com águas rasas. Com o assoreamento intensificado a partir da remoção da vegetação nativa, os sedimentos das vertentes adjacentes depositados no rio provocam a redução do fluxo d'água e modificam sua morfologia.

### 3.2 Parâmetros indicadores da qualidade da água (medidos em campo)

Os parâmetros físicos estudados foram pH, temperatura da água, condutividade, salinidade e OD. Estes parâmetros foram medidos através da sonda multiparamétrica. Os dados foram coletados em três etapas: período chuvoso (março/2011 e abril/2012) e período de estiagem (setembro/2011).

Foram amostrados nove pontos durante os três períodos, bem distribuídos ao longo do rio, desde a nascente até a foz, representando o alto, médio e baixo Maranguapinho. No ponto 2 o rio estava seco; mês de setembro/2011.

#### 3.2.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH pouco ácido ou alcalino pode ser prejudicial ou benéfico a algumas espécies da fauna e flora aquática. A fauna e a flora se adaptam de acordo com o meio, mas este não pode sofrer variações bruscas, que podem causar danos desastrosos como a morte de algumas espécies de peixes e vegetação. Conforme é possível observar na, as variações de pH foram muito pequenas, não sendo observados valores discrepantes (Figura 14).

Observou-se que os valores de pH obtidos nas águas do rio Maranguapinho variaram de 6,6 a 8,9. Variando de praticamente neutro a básico, no sentido de montante a jusante, sugerindo que pode haver a contribuição nas águas superficiais de resíduos industriais dispersos.

O corpo d'água apresenta-se ligeiramente acima dos padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA Nº 357/05; das Águas Salobras (Seção IV), a qual estabelece limites de pH entre 6,5 a 8,5.

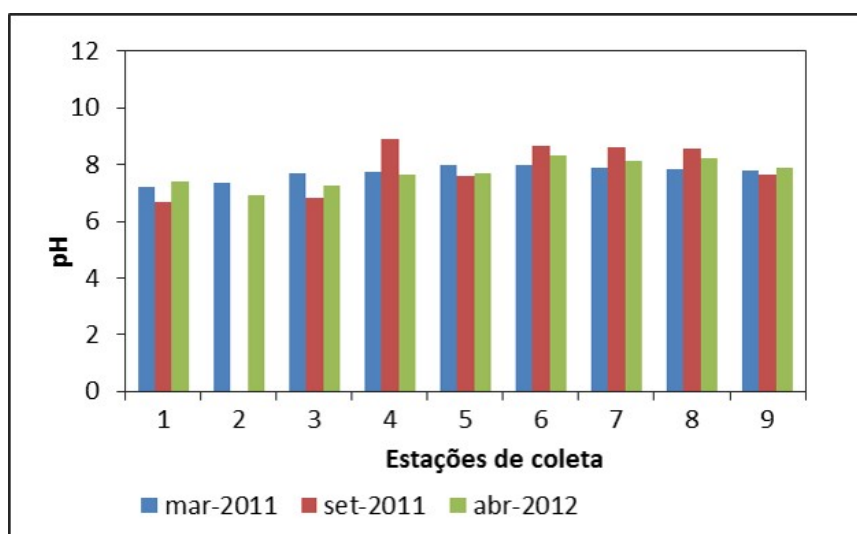


Figura 14: Variação do pH verificado nos pontos amostrados ao longo no rio Maranguapinho. O rio estava no ponto 2 estava seco em Set/2011, período de estiagem (impossibilitando a amostragem).

### 3.2.2. Temperatura

Os dados de temperatura da água, mostrados na Figura 15, apresentaram variações, as quais são consequências tanto do regime climático normal quanto das variações sazonais e diurnas. As medidas de temperatura da água do rio Maranguapinho foram tomadas na superfície, sendo, portanto, influenciadas por fatores como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade.

No período chuvoso (Mar/11 e

Abr/12), os pontos amostrados apresentaram temperatura média de 24,9°C, com mínima de 21°C (Ponto 1) e máxima de 27,7°C (Ponto 8).

A temperatura média obtida nos pontos amostrados no rio Maranguapinho foi de 26,4°C, com mínima de 21°C (Ponto 1) e máxima de 31°C (Ponto 4), justamente no período de estiagem. Essa elevação deve-se ao aumento de radiação no corpo d'água, observada no período seco (Set/11).

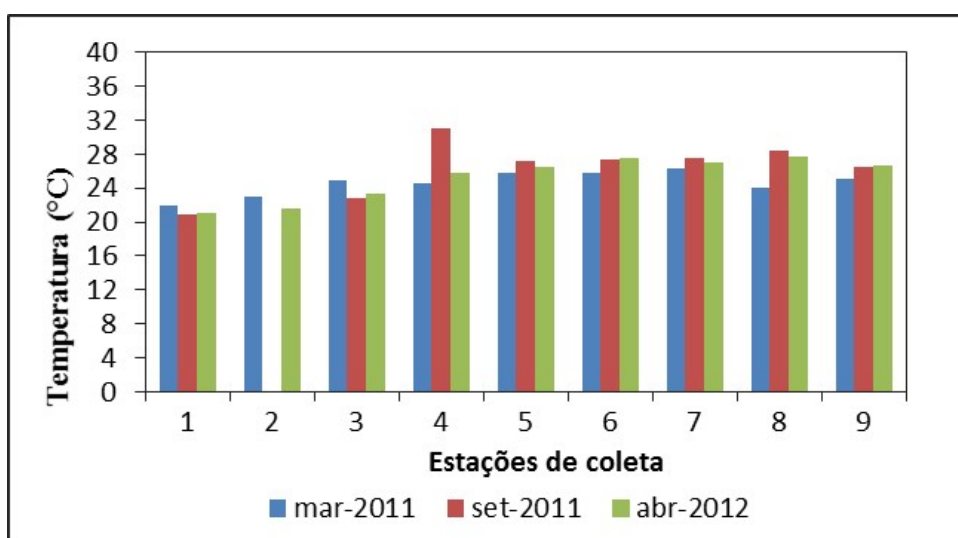


Figura 15: Variação da temperatura nas águas superficiais nas estações localizadas ao longo do rio Maranguapinho. No ponto 2 o rio estava seco, Set/2011, período de estiagem.

A temperatura dos pontos 1, 2, 3 e 4 foram medidas no período da manhã e os pontos 5, 6, 7, 8 e 9 foram medidas no período da tarde. Então, os pontos a montante apresentam, de modo geral, temperaturas menores, devido a influência da cobertura vegetal e maior altitude, e em direção a jusante, a temperatura aumenta um pouco e permanece praticamente constante, devido a variação diurna e diminuição da vegetação. Portanto, as variações de temperatura observadas ao longo do rio são naturais, não sendo denotada a presença de efluentes aquecidos.

### 3.2.3. Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de sais dissolvidos.

A condutividade da água aumenta à medida que mais sais dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

A condutividade elétrica (CE) absoluta oscilou entre 178µS/L (Mar/11)

a 2.947 $\mu$ S/L (Set/11). Bem baixas nos pontos 1, 2 e 3 e, apresentando elevação

nos demais pontos (4 a 9), em direção a foz do rio (Figura 16).

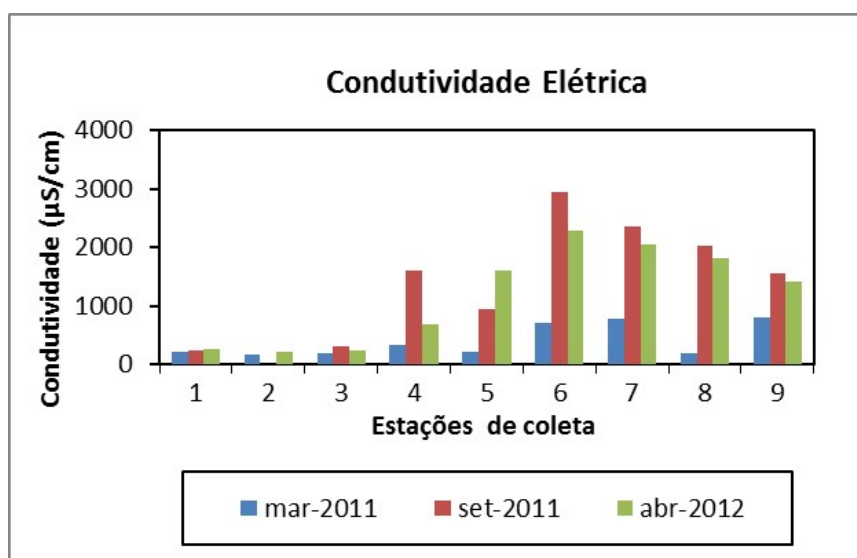


Figura 16: Variação da condutividade elétrica (CE) nas estações localizadas ao longo do rio Maranguapinho. No ponto 2 o rio estava seco, Set/2011, período de estiagem.

#### 3.2.4. Salinidade

As águas do rio Maranguapinho apresentaram o teor de salinidade médio de 4,9‰, sendo a menor concentração de 0,9‰ nos pontos 2 e 3 (período chuvoso; Mar/11) e a maior concentração foi de 14,6‰ no ponto 6 (período de estiagem). Para o período chuvoso do mês de março/2011, onde a coleta foi feita em um dia de chuva, obtivemos uma média de 2,1‰, mínima de 0,9‰ e máxima de 4,0‰. Porém, no período chuvoso do mês de abril/2012, observou-se que a salinidade média foi de 5,7‰, mínima de 1,1‰, e máxima de 11,1‰. Já no período seco, observou-se um leve aumento, onde a salinidade média foi de 7,2‰, mínima de 1,2‰, no ponto 1 e máxima de 14,6‰ no ponto 6 (Figura 17).

Houve um aumento progressivo a partir do ponto 4, em direção à foz do rio Maranguapinho. Os valores mais elevados de salinidade foram registrados nos pontos 6 e 7, atingindo concentrações de 14,6‰ e 11,4‰, respectivamente, podendo ser influência

de lançamento de dejetos no rio, provenientes de fazendas e da Estação de Tratamento de Esgotos e da indústria têxtil, em Maracanaú, que consequentemente influenciou nos pontos 6, 7, 8 e 9.

#### 3.2.5. Oxigênio Dissolvido (OD)

As estações selecionadas ao longo do rio Maranguapinho mostraram que no período chuvoso do mês de março/2011 os valores de OD tenderam a ser constante ao longo do rio, ou seja, pequena variação, média de 3,34mg/L, mínima de 2,75mg/L (no ponto 7) e máxima de 3,96mg/L (no ponto 3), podendo está relacionado ao aumento do volume de água no rio, pois no dia da coleta estava chovendo, ou seja, a chuva diluí as águas.

No período de estiagem de setembro de 2011, as águas apresentaram concentrações médias de OD de 6,34mg/L, a menor concentração foi de 1,56mg/L (no ponto 9) e a maior concentração foi de 10,82mg/L (no ponto 1). Observou-se que no período seco

obteve-se as maiores concentrações de OD e que elas decresceram em direção à foz do rio, indicando um aumento da poluição. Por outro lado, cabe lembrar que o oxigênio tem baixa solubilidade em águas sob temperatura mais elevada (SAWYER *et al.*, 2013). Assim, a temperatura média local, em torno de 27° C, favorece a baixa concentração de OD, além do alto índice de poluição. O aumento de O<sub>2</sub>, em relação aos períodos chuvosos, pode ser devido aos fortes ventos que ocorrem nessa época

do ano, promovendo a aeração das águas (Figura 17).

No período chuvoso de março de 2011 e abril de 2012 verifica-se que todas as amostras apresentaram concentrações de OD abaixo do padrão da Resolução do CONAMA N<sup>o</sup> 357/05, Seção IV, das Águas Salobras, inferior a 5mg/L.

Os pontos de amostragem 1, 3, 4, 5 e 6 apresentaram valores de OD entre 5,8 a 10,82mg/l (ou seja, dentro dos padrões da resolução citada acima).

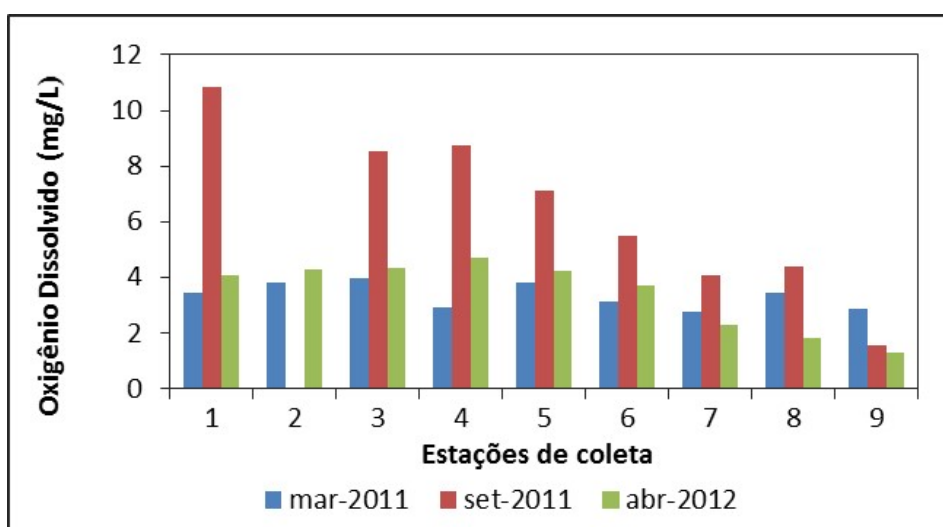


Figura 17: Variação do oxigênio dissolvido nas águas superficiais nas estações localizadas ao longo do rio Maranguapinho. No ponto 2 o rio estava seco, Set/2011, período de estiagem.

### 3.2.6. Nitrogênio Amoniacal Total (NH<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)

A amônia é a forma relativamente instável de nitrogênio. Em condições de aerobiose é convertida a nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e posteriormente a nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), pelas bactérias nitrificantes.

Os valores de nitrogênio amoniacal total encontrados nos pontos 1, 2 e 3 foram menores que 0,02mg/L e nos pontos 4 e 5 foi menor que 0,4 mg/L, ou seja, atendendo às normas da Resolução do CONAMA N<sup>o</sup> 375/05, valor máximo 0,4mg/L, das Águas Salobras (Seção IV).

Nos pontos de 6, 7 e 9 foram observados valores de nitrogênio

amoniacal total bem acima de 0,7mg/L, as águas encontram-se excedendo o valor máximo padrão de 0,4mg/L, estabelecido nas normas da Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 375/05, das Águas Salobras; Seção IV. O ponto 8 apresentou valor pouco menor que 0,7mg/L, ou seja também acima do padrão da citada resolução. Os dados sugerem que no baixo curso pode ocorrer uma inserção de fontes nitrogenadas, provavelmente decorrentes da descarga doméstica de esgoto (maior urbanização; Figura 18).

MAIA (2009) analisou os teores de nitrogênio amoniacal total (NH<sub>3</sub><sup>+</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), em pontos a montante e a jusante da



ETE e verificou concentrações entre 2 e 3mg/L, enquanto que na área mais urbanizada, os valores de amônia variou entre 6 e 7mg/L, devido a intensa ocupação das margens e baixo

percentual de atendimento a rede de esgotamento sanitário. Evidenciando as práticas como os descartes de efluentes domésticos, instalações de pocilgas e uso de água para banho de animais.

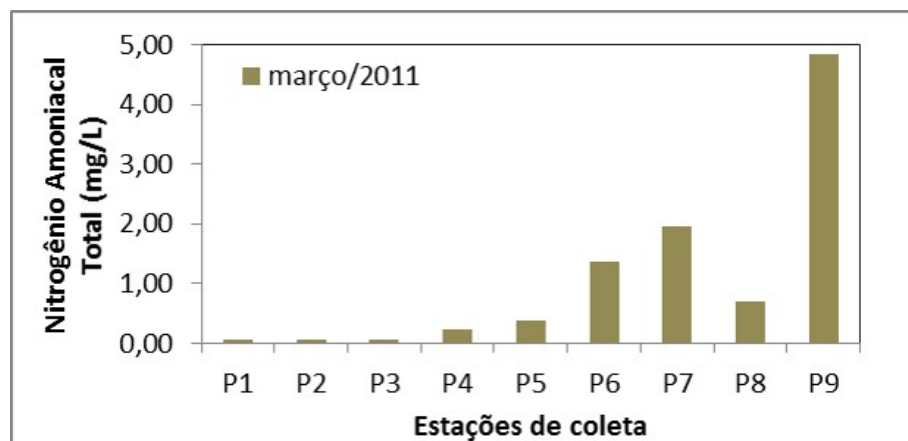


Figura 18: Resultados das concentrações de amônia avaliadas nos pontos de coleta ao longo do rio Maranguapinho, durante o período chuvoso de Mar/2011. Redução brusca no ponto 8.

### 3.2.7. Nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )

É o composto que representa a forma mais oxidada dos compostos de nitrogênio. Em muitas áreas pode ser considerado o micronutriente responsável pelo controle de produção primária nas camadas superficiais eufóticas (FERNANDES, 2007).

Os valores de nitrato encontrados nos pontos 1, 2, 3 foram menores que 0,4mg/L, atendendo o padrão da

Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 375/05, valor máximo 0,4 mg/L, das Águas Salobras (Seção IV).

Já nos pontos de 4 a 9 foram observados valores de nitrato acima de 0,7 mg/L; todos os seis pontos (4, 5, 6, 7, 8 e 9), não atendendo à norma da citada resolução do CONAMA N<sup>o</sup> 375/05, das Águas Salobras (Seção IV), bem superiores ao padrão máximo de 0,4mg/L referido na resolução (Figura 19).

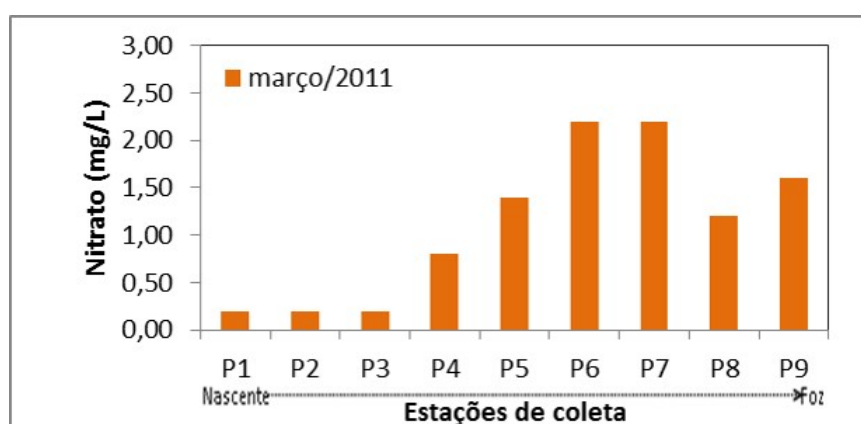


Figura 19: Resultados das concentrações de nitrato avaliados nos pontos de coleta ao longo do rio Maranguapinho, durante o período chuvoso de Mar/2011.

### 3.2.8. Nitrito ( $\text{NO}_2^- - \text{N}$ )

O nitrito é a forma intermediária de oxidação do nitrogênio, tanto na oxidação da amônia para nitrato como na redução do nitrato para nitrito.

Os valores de nitrito encontrados nos pontos 1, 2, 3 foram menores que 0,01mg/L e no ponto 4 foi igual a 0,04 mg/L. Nos pontos de 5, 6, 7 e 9 foram observados valores de nitrito pouco acima de 0,2 mg/L. Já o ponto 8 obteve valor igual a 0,09 mg/L, todos os valores atendendo o padrão da Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 375/05, valor máximo 0,4 mg/L, das Águas Salobras (Seção IV; Figura 20).

As principais fontes de nitrito, assim como da amônia, são os dejetos

dos efluentes residuais industriais e domiciliares, os quais estão próximos nos pontos de coleta, evidenciando-se assim, o elevado teor deste nutriente nos pontos de coleta do médio e baixo Maranguapinho.

Observou-se que no ponto 8 houve uma diminuição deste valor, possivelmente uma diluição, através da entrada de uma água mais limpa (talvez até vazamentos da rede da CAGECE Companhia de Água e Esgoto do Ceará; vazões % elevadas), ou, fluxo de base do rio, visto que a concentração de nitrito e todos os outros nutrientes também tiveram uma diminuição no período de mais intenso fluxo fluvial (março/2011).

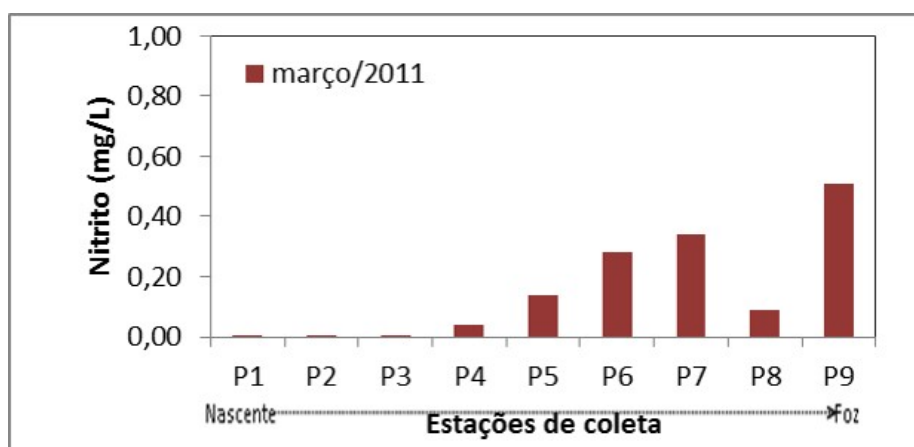


Figura 20: Resultados das concentrações de nitrito avaliados nos pontos de coleta ao longo do rio Maranguapinho, durante o período chuvoso de Mar/2011. Brusca redução no ponto 8.

### 3.2.9. Fosfato ( $\text{P} - \text{PO}_4^{-3}$ )

A eutrofização de águas naturais é resultado do enriquecimento dos nutrientes, sendo o fosfato um dos responsáveis por esse processo. Quando a concentração de nutrientes aumenta, surgem densos florescimentos de fitoplâncton que causam baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água e nos sedimentos. Como várias espécies não toleram baixas concentrações de oxigênio dissolvido, a eutrofização pode precipitar um declínio

na biodiversidade (BOYD, 2001).

Os valores de fosfato determinados nos pontos 1, 2 e 3 foram menores 0,12 mg/L, bem próximos do valor máximo padrão de 0,124mg/l, mas, atendendo ao padrão máximo de 0,124mg/l da Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357/05, das Águas Salobras (Seção IV; Figura 21). Os valores de fosfato dos pontos 4 a 9 estão acima do padrão máximo (variando entre 0,26 e 0,75mg/L, não atendendo o valor padrão de 0,124mg/l da citada resolução. Este fato

sugere uma inserção de fontes nitrogenadas, provavelmente decorrentes da descarga doméstica de esgoto (maior urbanização).

MAIA (2009) analisou os teores de fosfato e verificou que no domínio fluvial os teores de fosfato variam entre

0,09 e 0,25mg/L, sendo que no trecho mais urbanizado, os teores foram os mais elevados (0,2 a 0,25mg/L), no domínio estuarino foi de 0,05mg/L. O que demonstrou uma boa capacidade de depuração do sistema estuarino.

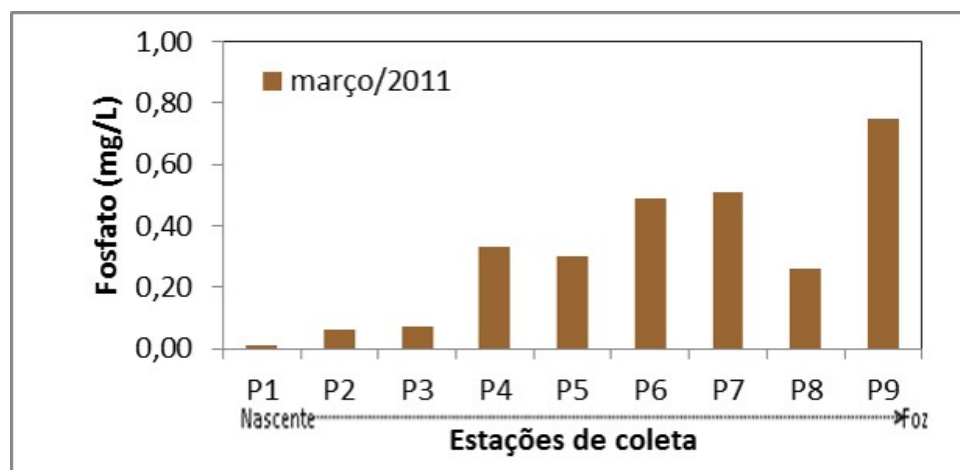


Figura 21: Resultados de fosfatos avaliados nos pontos de coleta ao longo do rio Maranguapinho, durante o período chuvoso de Mar/2011. Redução brusca no ponto 8.

### 3.2.10. Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ à 20°C)

As medidas de DBO são utilizadas para medir o conteúdo da matéria orgânica na água através da medição do consumo de oxigênio, referindo-se exclusivamente à matéria orgânica metabolizada pela atividade dos microorganismos. Essas reações são influenciadas pela temperatura e quantidade de nutrientes na água. Em águas naturais em baixos níveis de nutrientes, a DBO pode não ultrapassar 5mg/L de  $O_2$ . Ao contrário, em águas com níveis altos de nutrientes, como os esgotos domésticos, a DBO pode variar de 100 a 300mg/L (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

Os valores de DBO são utilizados pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental/SP), para classificar águas limpas ou poluídas: águas com teores de DBO inferiores a 4mg/L são consideradas mais limpas e

águas com teores de DBO superiores a 10mg/L são definidas como mais poluídas (maneira extremamente simplificada).

O gráfico da Figura 22, mostra que no período de abril de 2012 que os valores de DBO aumentaram a partir do ponto 5, em direção à foz do rio Maranguapinho. Os pontos 1, 2, 3 e 4 apresentaram valores maiores que 5mg/L e menores que 10mg/L; os pontos 5, 6, 7, 8 são maiores que 10mg/L e o valor mais elevado de DBO foi registrado no ponto 9, atingindo 60mg/L (valor bem elevado; alto consumo de  $O_2$ ). Indicando que as águas a partir do ponto 5 em direção a foz encontram-se mais poluídas, de acordo com a CETESB (2011). Isto se dá após o lançamento da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do Sistema Integrado do Distrito Industrial de Maracanaú (SIDI). A Resolução CONAMA 373/05, Seção IV (Tabela VII – Classe 1), das Águas Salobras; não relata valores máximo permitidos para DBO.

Considerando-se os valores analisados para as Águas Doces (classes 1 e 2), todos os valores encontram-se acima do VMP da Resolução CONAMA 373/05 seção II, das águas Doces; somente como citação; pois todas as águas são Salinas).

FARIAS (2005) analisou as concentrações de DBO em alguns trechos do Rio Maranguapinho, e princi-

palmente nas lagoas e riachos tributários e verificou que em sistemas aquáticos que não estavam poluídos os valores de DBO foram até 2mg/L, enquanto que aqueles sujeitos a cargas de efluentes apresentaram valores superiores a 10mg/L, e em esgoto não tratado, a DBO ultrapassa 600mg/L, e no esgoto tratado os valores da DBO, ficaram entre 20 e 100mg/L.

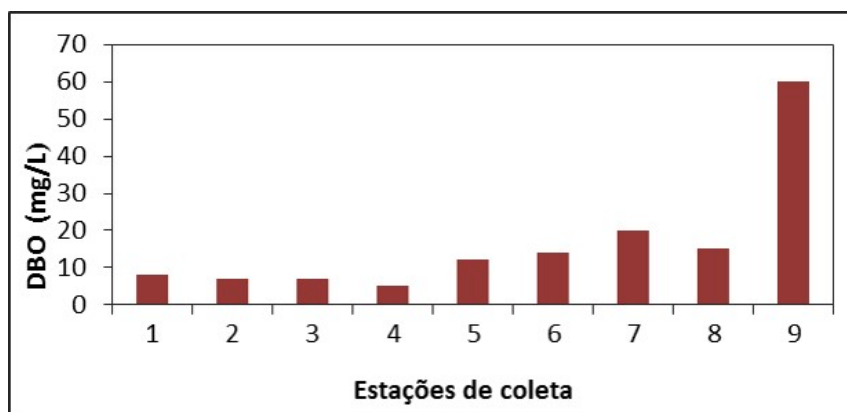


Figura 22: Resultados da demanda bioquímica de oxigênio avaliada nos pontos de coleta ao longo do rio Maranguapinho, durante o período chuvoso de Abr/2012.

### 3.2.11. Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)

Os Coliformes Termotolerantes foram analisados quantitativamente pelo método do Número Mais Provável (NMP), utilizando-se a técnica de tubos múltiplos, de acordo com a metodologia da APHA (2005). Com esta técnica pode ser utilizado o caldo lauril triptose na etapa presuntiva (incubação a 35°C durante 24 a 48 horas) e, o meio EC como etapa de diferenciação para coliformes termotolerantes (incubação a 44,5°C durante 24 horas) sendo necessárias, portanto, até 72 horas para a obtenção dos resultados, de acordo com a norma técnica da CETESB (2007).

Ainda de acordo CETESB (2007) os coliformes são grupos de bactérias constituídos por bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos oxidase-

negativos, capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície (surfactantes), com propriedades similares de inibição de crescimento, e que possuem a enzima  $\beta$ -galactosidase. Fermentam a lactose com produção de aldeído, ácido e gás a 35°C em 24-48 horas. São capazes de se desenvolver e fermentar a lactose com produção de ácido e gás à temperatura de 44°C a 45°C.

As bactérias deste grupo foram por muito tempo denominadas de “coliformes fecais”, pois, acreditava-se que sua origem era exclusivamente fecal. Dentre essas bactérias, o gênero predominante é *Escherichia*, mas algumas espécies de *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* também são termotolerantes. A *Escherichia coli* está presente em densidades elevada nas fezes de

humanos e animais, e raramente encontrada na ausência de poluição fecal, enquanto que as outras espécies de coliformes termotolerantes podem ter origem ambiental (WHO, 2004).

Por esse motivo, o termo mais correto, aceito atualmente para esse subgrupo dos coliformes, e “coliformes termotolerantes”, e a *E. coli* é considerada o indicador ideal de contaminação fecal, mas são igualmente aceitáveis para esse fim os coliformes termotolerantes (LECLERC *et al.*, 2000; UNITED KINGDOM, 2002; WHO, 2004, *in* CETESB, 2007).

Os valores obtidos nas amostras coletadas em março de 2012 apresentaram valores para os pontos 1, 2, 3, 6, 7 e 8 < 300NMP/100ml e os pontos 5 e 9, resultaram em valões elevados: 16.000 e 12.000NMP/100ml, respectivamente. A Resolução CONAMA Nº 357/05, para Águas Salobras indica em seu Artigo 21 que: “coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA Nº 274/00”; que leva em considerações um conjunto de amostras; Condições de qualidade, inciso I, i: “Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral”; que não é o nosso caso; pois dispomos de uma única amostragem e análise. Mesmo assim, levando-se em conta os resultados obtidos: as águas dos pontos 1, 2, 3, 6, 7 e 8 < 300NMP/100ml, atenderiam a última resolução citada (CONAMA Nº 274/00), sendo consideradas como “Águas Muito Boas”. Já os pontos 5 e 9, respectivamente, com 16.000 e 12.000NMP/100ml, considerando-se a mesma resolução, as foram consideradas

como Águas Impróprias (valor obtido na última amostragem for superior a 2.500 coliformes termotolerantes para cada 100 mililitros).

### 3.2.12. Índice de Qualidade da Água - IQA

O uso de indicadores de qualidade ambiental é uma importante estratégia em programas de monitoramento e gestão ambiental por permitir que um número elevado de informações técnicas seja convertido em um conceito de qualidade de fácil compreensão. Tipicamente, um número, um símbolo, uma cor ou até mesmo uma descrição verbal são utilizados para descrever um nível de qualidade (POSSELT, 2010).

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation* - NSF. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo); de forma adaptada, mais simplificado, em termos da diminuição do uso de parâmetros. Nas décadas seguintes, outros estados brasileiros adotaram o IQA, que, hoje representa um dos principais índices de qualidade da água utilizado no país.

O IQA é composto por nove parâmetros (temperatura, turbidez, resíduo total, pH, nitrogênio amoniacal, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio/DBO, oxigênio dissolvido/OD e coliformes termotolerantes), com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água, Tabelas 2 e 3. Foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada

parâmetro, bem como seu peso<sup>1</sup> relativo correspondente (CETESB, 2004).

Tabela 2: Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo pesos adotados no modelo de IQA da CETESB (2008).

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	UNIDADE	PESO (w)
Oxigênio dissolvido	% Saturação	0,17
Coliformes termotolerantes	NMP 100 mL <sup>-1</sup>	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	-	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	0,10
Temperatura da água	°C	0,10
Nitrogênio total	mgN/L	0,10
Fósforo total	mgP/L	0,10
Turbidez	UNT	0,08
Resíduo total	mg/L	0,08

Tabela 3: Faixas de Classificação do IQA (distintas para cada estado da União).

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	80-100	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Aceitável
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima

O IQA constitui-se da integração de variáveis físicas (temperatura, turbidez e resíduo total), químicas (pH, nitrogênio amoniacal, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio e oxigênio dissolvido) e microbiológica (coliformes termotolerantes), que refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos causada pelo lançamento de esgoto doméstico (CETESB, 2008).

As impurezas presentes na água e que alteram o seu grau de pureza, podem ser rematados de maneira simplificada e ampla pelas suas características físicas,

químicas e biológicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água.

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos a partir da análise dos nove parâmetros para calcular o IQA.

As águas do rio Maranguapinho estão sensivelmente prejudicadas pelas atividades antrópicas, pela descarga de efluentes domésticos, comercial, industrial e agropecuário. Os valores obtidos explicam respectivamente que as variáveis: nitrogênio total, fósforo total,

<sup>1</sup>O cálculo dos respectivos pesos encontra-se amplamente divulgado, disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf>.

DBO, OD e coliformes termotolerantes foram as principais responsáveis pela diminuição da qualidade da água do rio.

NASCIMENTO (2009) verificou em 2003 e 2004, que os valores para coliformes totais nos trechos mais

urbanizados do rio Maranguapinho excederam os limites de 1.000/100mL. Este estudo possibilitou avaliar o grau de antropismo no qual a bacia do Rio Maranguapinho está acometida.

Tabela 4: Resultados dos parâmetros referentes ao índice de qualidade da água dos pontos amostrados ao longo do Rio Maranguapinho, no período de março de 2012.

Amostra	T	Turb	ST	pH	NT	PT	DBO <sub>5</sub>	OD	Coli
1	21,02	15	3	7,39	0,3	0,1	8	5,2	<300
2	21,63		5	6,92	0,2	0,1	7	5,6	<300
3	23,35	10	16	7,25	0,4	0,1	7	5,5	<300
4	25,87	10	9	7,63	1,1	0,7	5	5,1	740
5	26,49	9	18	7,71	2,1	0,3	12	4,2	16.000
6	27,52	13	33	8,33	6,6	1,8	14	3,7	<300
7	27,08	57	18	8,12	7,5	1,7	20	2,3	<300
8	27,65	33	31	8,22	7,0	1,1	15	1,8	<300
9	26,59	40	5	7,89	12,3	2,1	60	1,5	12.000

Legenda: Temperatura - T (oC); Turbidez - Turb (UNT); Sólidos Totais - ST (g/L); pH (a 25 oC); Nitrogênio Total - NT (mgNT/L); Fósforo Total - PT (mgPT/L); Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO<sub>5</sub> a 200C (mg/L); Oxigênio Dissolvido - OD (mg/L e O<sub>2</sub>) e Coliformes Termotolerantes - Coli (NMP/100 mL). Na amostragem do ponto 2 o rio se encontrava seco.

De acordo com a metodologia citada anteriormente calculou-se o IQA das amostras (Anexo) coletadas ao longo do Rio Maranguapinho e classificaram-se as águas de acordo com as normas da CETESB (Tabela 5).

A partir da Tabela 5, verificou-se que as amostras dos pontos 1, 2, 3 e 4

tiveram IQA variando de 57 a 71, sendo considerado “boas”, enquanto as amostras dos pontos 5, 6 e 8, variaram de 41 a 49, sendo consideradas “aceitáveis” e as amostras dos pontos 7 e 9, foram consideradas “ruins”, com o IQA igual a 34 e 22, respectivamente.

Tabela 5: Classificação dos resultados obtidos, a partir dos nove parâmetros analisados pelo IQA, dos pontos amostrados no rio Maranguapinho, em abril de 2012.

Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IQA	68	69	71	57	49	48	34	41	22
Avaliação	Boa	Boa	Boa	Boa	Aceitável I	Aceitável	<b>RUIM</b>	Aceitável	<b>RUIM</b>

A avaliação da qualidade das águas do rio em estudo, segundo os valores do IQA, foram divididos em três

setores na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho (a seguir):

O Setor I abrange os pontos de 1, 2, 3 e 4, neste setor as águas foram consideradas de boa qualidade, logo, baixa influência antrópica.

O Setor II abrange os pontos 5 e 6, e foram consideradas águas aceitáveis e observa-se que há influência de esgotos domésticos, esgotos industriais e lançamento de efluentes provenientes da Estação de Tratamento de Esgotos.

O Setor III abrange os pontos 7, 8 e 9, apresentando águas, cuja qualidade são consideradas ruins. Isso devido a elevada densidade urbana, e lançamentos de dejetos e esgotos domésticos.

#### 4. CONCLUSÕES

As águas do rio Maranguapinho, de acordo com os padrões da Resolução do CONAMA, N<sup>o</sup> 357/05 foram classificadas como Águas Salobras, pois todos os valores de salinidade são maiores que 0,5‰ e menores que 30‰ (Capítulo I, das Definições).

Foram amostrados nove (9) pontos durante três períodos: março e setembro/2011 e abril/2012, ao longo do rio, desde a nascente até a foz, representando o alto, médio e baixo curso do rio Maranguapinho. Em setembro de 2012 o rio estava seco (regime intermitente em determinados trechos).

Os valores de pH obtidos nas águas do rio Maranguapinho de variaram de 6,6 a 8,9. O corpo d'água apresenta-se ligeiramente acima dos padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA N<sup>o</sup> 357/05; das Águas Salobras (Seção IV), a qual estabelece limites de pH entre 6,5 a 8,5.

A temperatura média obtida nos pontos amostrados no rio Maranguapinho foi de 26,4°C, com mínima de 21°C (Ponto 1) e máxima de 31°C (Ponto 4), justamente no período de estiagem (Set/11). Essa elevação deve-se ao

aumento de radiação no corpo d'água, observada neste período.

A condutividade elétrica (CE) absoluta oscilou entre 178µS/L (Mar/11) a 2.947µS/L (Set/11). Bem baixas nos pontos 1, 2 e 3 e, apresentando elevação nos demais pontos (4 a 9), em direção à foz do rio.

As águas do Rio Maranguapinho apresentaram o teor de salinidade médio de 4,9‰, sendo a menor concentração de 0,9‰ nos pontos 2 e 3 (período chuvoso; março/2011) e a maior concentração foi de 14,6‰ no ponto 6 (período de estiagem; setembro/2011). Todas as águas são consideradas águas salobras.

No período chuvoso de março de 2011 e abril de 2012 verifica-se que todas as amostras apresentaram concentrações de OD abaixo do padrão da Resolução do CONAMA N<sup>o</sup> 357/05, Seção IV, das Águas Salobras, inferior a 5mg/L.

Os pontos de amostragem 1, 3, 4, 5 e 6 apresentaram valores de OD entre 5,8 a 10,82mg/l (ou seja, dentro dos padrões da resolução citada acima).

Os valores de nitrogênio amoniacal total encontrados nos pontos 1, 2 e 3 foram menores que 0,02mg/L e nos pontos 4 e 5 foi menor que 0,4 mg/L, ou seja, atendendo às normas da Resolução do CONAMA N<sup>o</sup> 375/05, valor máximo 0,4mg/L, das Águas Salobras (Seção IV).

Nos pontos de 6, 7 e 9 foram observados valores de nitrogênio amoniacal total bem acima de 0,7mg/L, as águas encontram-se excedendo o valor máximo padrão de 0,4mg/L, estabelecido nas normas da Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 375/05, das Águas Salobras; Seção IV. O ponto 8 apresentou valor pouco menor que 0,7mg/L, ou seja também acima do padrão da citada resolução. Os dados sugerem que no baixo curso pode ocorrer uma inserção de fontes nitrogenadas, provavelmente



decorrentes da descarga doméstica de esgoto (maior urbanização).

Os valores de nitrato encontrados nos pontos 1, 2, 3 foram menores que 0,4mg/L, atendendo o padrão da Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 375/05, valor máximo 0,4 mg/L, das Águas Salobras (Seção IV).

Já nos pontos de 4 a 9 foram observados valores de nitrato acima de 0,7 mg/L; todos os seis pontos (4, 5, 6, 7, 8 e 9), não atendendo à norma da citada resolução do CONAMA N<sup>o</sup> 375/05, das Águas Salobras (Seção IV), bem superiores ao padrão máximo de 0,4mg/L referido na resolução.

Os valores de nitrito encontrados nos pontos 1, 2, 3 foram menores que 0,01 mg/L e no ponto 4 foi igual a 0,04 mg/L. Nos pontos de 5, 6, 7 e 9 foram observados valores de nitrito pouco acima de 0,2 mg/L. Já o ponto 8 obteve valor igual a 0,09 mg/L, todos os valores atendendo o padrão da Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 375/05, valor máximo 0,7 mg/L, das Águas Salobras (Seção IV).

No ponto 8 houve uma diminuição repentina de valor (os pontos 4, 5, 6, 7 e 9, vinham com valores crescentes). Diluição, através da entrada de uma água mais limpa (até vazamentos da rede da CAGECE; vazões % elevadas), ou, aumento do fluxo de base do rio, visto que a concentração de nitrito e todos os outros nutrientes também tiveram uma diminuição no período de mais intenso fluxo fluvial (março/2011).

Os valores de fosfato determinados nos pontos 1, 2 e 3 foram menores 0,12 mg/L, bem próximos do valor máximo padrão de 0,124mg/l, mas, atendendo ao padrão máximo de 0,124mg/l da Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357/05, das Águas Salobras (Seção IV). Os valores de fosfato dos pontos 4 a 9 estão acima do padrão máximo

(variando entre 0,26 e 0,75), não atendendo o valor padrão de 0,124mg/l da citada resolução. Este fato sugere uma inserção de fontes nitrogenadas, provavelmente decorrentes da descarga doméstica de esgoto, uma maior urbanização.

Os valores de DBO são utilizados pela CETESB para classificar águas limpas ou poluídas: águas com teores de DBO inferiores a 4mg/L são consideradas mais limpas e águas com teores de DBO superiores a 10mg/L são definidas como mais poluídas (de maneira bem simplificada).

O período de abril de 2012 mostra que os valores de DBO aumentaram a partir do ponto 5, em direção à foz do rio Maranguapinho. Os pontos 1, 2, 3 e 4 apresentaram valores maiores que 5mg/L e menores que 10mg/L; os pontos 5, 6, 7, 8 são maiores que 10mg/L e o valor mais elevado de DBO foi registrado no ponto 9, atingindo 60mg/L (valor bem elevado; alto consumo de O<sub>2</sub>). As águas, de acordo com a CETESB 2011), a partir do ponto 5 em direção a foz encontram-se mais poluídas. Isto se dá após o lançamento da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do Sistema Integrado do Distrito Industrial de Maracanaú (SIDI). A Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 373/05, Seção IV (Tabela VII – Classe 1), das Águas Salobras; não relata valores máximo permitidos para DBO. Se fizermos uso dos valores considerados para as Águas Doces (classes 1 e 2), todos os resultados encontram-se acima do VMP da Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 373/05 seção II, das Águas Doces; somente como citação; pois, todas as águas amostradas resultaram em salinas).

Os valores obtidos nas amostras coletadas em março de 2012 apresentaram valores para os pontos 1, 2, 3, 6, 7 e 8 < 300NMP/100ml e pontos 5

e 9, respectivamente 16.000 e 12.000NMP/100ml. A Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357/05, para Águas Salobras indica em seu Artigo 21 que: “coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 274/00”; que leva em considerações um conjunto de amostras; Condições de qualidade, inciso I i, “Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral”; (que não é o nosso caso; pois dispomos de uma única amostragem e análise). Mesmo assim, levando-se em conta os resultados obtidos: as águas dos pontos 1, 2, 3, 6, 7 e 8 < 300NMP/100ml, atenderiam a última resolução citada (CONAMA N<sup>o</sup> 274/00), sendo consideradas como “Águas Muito Boas”. Já os pontos 5 e 9, respectivamente 16.000 e 12.000NMP/100ml, considerando-se a mesma resolução, as águas são como Águas Impróprias (valor obtido nos pontos 5 e 9 foram bem superiores a 2.500 coliformes termotolerantes para cada 100 mililitros; Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 274/00).

Comparativamente, a água do rio Maranguapinho na área urbana é de pior qualidade em relação à água da área rural. Os parâmetros físico-químicos da água como: temperatura e pH tiveram pequena variação. Nitrogênio Total, Fósforo Total, DBO e turbidez aparecem com índice elevado na zona urbana, sempre crescendo do ponto 5 em direção à foz. Consequentemente, o OD sempre decrescendo em direção à foz. Os coliformes termotolerantes apresentaram altos índices nos pontos 5 e 9.

Os pontos críticos estão a partir do ponto 5, onde há o despejo da Estação

de Tratamento de Esgoto (Distrito Industrial). Entre os pontos 5 e 6, localiza-se grande parte das indústrias (município de Maracanaú). A maior parte do rio está em área urbana (pontos 5, 6, 7, 8 e 9) e recebe contribuição significativa de esgotos brutos e tratados, com destaque para o efluente da série de lagoas de estabilização do Distrito Industrial, além dos esgotos domésticos.

De acordo com a avaliação da qualidade das águas do rio em estudo, segundo os valores do IQA, compartimentou-se em três setores ambientais, as águas do rio Maranguapinho: O Setor I abrange os pontos de 1, 2, 3 e 4, neste setor as águas foram consideradas de boa qualidade, baixa influência antrópica; o Setor II abrange os pontos 5 e 6, e foram consideradas águas aceitáveis, observando a influência de esgotos domésticos, esgotos industriais e lançamento de efluentes provenientes da Estação de Tratamento de Esgotos e, o Setor III abrangendo os pontos 7, 8 e 9, apresentando águas, cuja qualidade são consideradas ruins. Isso devido à elevada densidade urbana e aos lançamentos de esgotos domésticos dejetos e lixo de todos os tipos.

Em seu Artigo 21, Seção IV, “As Águas Salobras de classe 1 observaram os seguintes padrões; I Condições de qualidade das águas (não ocorrência): f) presença de materiais flutuantes, g) substâncias que produzem cor, odor e turbidez e, h) resíduos sólidos objetáveis. Em muitos trechos do rio Maranguapinho isso ocorre com frequência.

As águas bacia do Rio Maranguapinho podem ser em seu alto curso (Classe 1; Seção II, das Águas Salobras); destinados: “à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA N<sup>o</sup> 274/00; à proteção das

comunidades aquáticas; à aquicultura e à atividades de pesca; ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto”.

Em seu curso médio e baixo as águas do rio Maranguapinho podem ser classificadas (Art. 60, Seção II, das Águas Salobras), na Classe 3, águas que podem ser destinadas à navegação (com o cuidado com os resíduos objetáveis e materiais flutuantes); e, à harmonia paisagística”; como recomendação.

## REFERÊNCIAS

- ARTHAUD, M. H. (2007). Evolução Neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central NE do Brasil: da sedimentação à colisão continental Brasileira. Tese de Doutorado, UnB – Brasília, 170 p.
- BOYD, C.E. (2001). Manejo da Qualidade da Água na Aquicultura e no Cultivo do Camarão Marinho. Associação Brasileira de Criadores de Camarão – ABCC, Recife, 156p.
- BRANDÃO, R. L. (1995). Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Texto Explicativo. CPRM. 34 p. Fortaleza, Ceará.
- BRANDÃO, R. de L. (1995). Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da RMF. Projeto SINFOR: Sistema de Informação para Gestão e Administração Territorial da RMF, Fortaleza: CPRM, 105 p. il.
- BRANDÃO, R. L. (1998). Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Sistema de informações para gestão e administração territorial da região metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: CPRM. 88 p. Fortaleza, Ceará.
- BRASIL (2000). Decreto Lei nº 274, de 29 de Novembro de 2000. Estabelece Instrumentos para Avaliar a Balneabilidade, de forma a Assegurar as Condições Necessárias à Recreação de Contato Primário. Diário Oficial da União, Brasília, 08 de janeiro de 2001, Seção 1.
- BRASIL (2005). Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. 1. Título da pesquisa disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/resolucoes/2005\\_Re\\_s\\_CONAMA\\_357.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/resolucoes/2005_Re_s_CONAMA_357.pdf)>. Acesso em: abril, 2007.
- BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E. L. G. (2003). Limnologia fluvial: um estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos: Ed. RiMa, 278p.
- CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, F. E. M. (2003). Mapa Geológico do Estado do Ceará. Escala 1/500.000, MME. CPRM/DNPM.
- CETESB (2004). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo. Relatório De Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2003/CETESB. São Paulo. 264 p.
- CETESB (2008). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatórios de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, São Paulo: Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas->

- superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-%28iqa%29. Acesso em: 12/04/2012.
- CETESB. (2011). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo. [recurso eletrônico] / CETESB. - - São Paulo: CETESB, 2012. C418q. 356 p.: il. color. - (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103)
- COGERH/VBA (1999). Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas. Fortaleza – CE.
- COGERH, 2001. Anuário do Monitoramento Quantitativo dos Principais Açudes do Estado do Ceará. Relatório Técnico. Governo do Estado do Ceará.
- FARIAS, J. O. F. (2005). Análise da Poluição Antrópica na Bacia do Rio Maranguapinho. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Geologia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-Ceará.
- FERNANDES., D., LEHUGEUR, L. G. de O., PEREIRA. L. L., GOMES. D. F., FREIRE, G. S. S. (2007). Caracterização de Amônia, Nitrato, Nitrito, Fosfato (orto) Dissolvido e Clorofila “a” em uma Fazenda de Cultivo de Camarão. *Revista de Geologia*, Vol. 20, nº 1, 99-117. Fortaleza-CE.
- FUNCEME (2010). Fundação Cearense de Meteorologia. Médias mensais de precipitação pluviométrica nos municípios de Maranguape, Maracanaú, Caucaia e Fortaleza. Consultado em março de 2012 na Internet: <http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/download-de-series-historicas>.
- IPLANCE (1997). Secretaria do Planejamento e Coordenação. Atlas do Ceará. Mapa colorido, escala 1:500.000. Fortaleza-Ceará. 65p.
- IPLANCE (1997). Secretaria do Planejamento e Coordenação Anuário Estatístico do Ceará. Fortaleza: IPLANCE, 2001.
- MAIA, J.A.; PINHEIRO, L.S; MORAIS, J.O. (2009). Monitoramento da Qualidade de Água na Bacia do Rio Maranguapinho - Fortaleza - Ceará. Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado em Gestão de Bacias Hidrográficas e a Dinâmica Hidrológica – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE.
- MORAIS, J.O. e LIMA, J.S. (2006). A produção de Esgoto na Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho (Região Metropolitana de Fortaleza, CE, Brasil) e a Relação com a Vazão Natural do Curso Principal. In: Pinheiro, D.R. (org). *Desenvolvimento Sustentável: Desafios e Discussões*. Fortaleza, ABC editora. p.: 113-123.
- NASCIMENTO, A. P.; OLIVEIRA, G.; CAMPOS, R.; SILVA, F. J. A. (2009). Aspectos da Qualidade das Águas do Rio Maranguapinho no Trecho Fortaleza, Maracanaú – CE. I Encontro Internacional de Gestão Empresarial e Meio Ambiente.
- POSSELT, E. L., COSTA, A. B. Software IQADData (2010). Registro no INPI nº 10670-2, Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais PPGSPI, UNISC, 2010. Título da pesquisa disponível em: <http://www.unisc.br/ppgsapi>
- SAWYER, A. H., SHI, F., KIRBY, J. J., MICHAEL, H. A. (2013). Dynamic Response of Surface Water Groundwater Exchange to Currents, Tides and Waves in the Shallow Estuary. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 118, p. 1749 a 1758.