

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO SISTEMA HÍDRICO PAPICU/MACEIÓ, FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL

Diagnosis of the water quality in the Papicu/Maceió hydrological system at Fortaleza, Ceará State, Brazil

Paulo Roberto Ferreira Gomes da Silva¹, Antônio Jeovah de Andrade Meireles², Juliana Silva Pereira³

RESUMO

O presente estudo realiza um diagnóstico da qualidade da água do sistema hídrico formado pela Lagoa do Papicu, riachos Papicu e Maceió e a foz localizada na Praia do Mucuripe. Trata-se de um importante elemento de manutenção de equilíbrio ecológico, além de representar uma área de lazer e harmonia paisagística. A intensa urbanização tem contribuído para o lançamento de esgotos domésticos, através de galerias pluviais, comprometendo a qualidade da água e o equilíbrio biológico desses mananciais. Ao todo foram estudados sete pontos distribuídos desde a lagoa até a desembocadura do riacho Maceió, sendo analisados os seguintes parâmetros físico-químicos e bacteriológicos na água: temperatura, salinidade, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato, amônia, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), coliformes totais e termotolerantes, além da concentração de *Escherichia coli*. Os resultados obtidos indicam que os valores de pH variaram entre 6,54 e 7,64. Os valores de oxigênio dissolvido na água oscilaram entre 0,85 mg/L e 6,22 mg/L, sendo o ponto de amostragem mais crítico a lagoa do Papicu (0,85 mg/L). De acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA, os pontos 1 a 4 apresentaram valores de oxigênio dissolvido abaixo dos limites aceitáveis (5 mg/L). Os valores de nitrito, nitrato e DBO_5 estão de acordo com o estabelecido pela legislação. As concentrações de coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli* detectadas em todas as amostras analisadas, indicaram valores bem acima do permitido. A partir dos dados obtidos são identificadas as fontes contaminantes e propostas medidas mitigadoras no sentido de minimizar os impactos negativos verificados na área de estudo.

Palavras-chaves: sistema hídrico, fatores ambientais, poluição, qualidade da água.

ABSTRACT

The present study is meant as a diagnosis of the water quality in the hydrological system comprised of Papicu Lagoon/Maceió Creek and its mouth located at Mucuripe Beach. That is supposed to be an important element for the ecological balance in this area, in addition to representing a zone for leisure and landscape harmony. Its intense urbanization has contributed for the increase of domestic effluents flow by means of stormwater, with a consequent impact on water quality and biochemical balance of those bodies. In all, seven stations were surveyed along a transect which stretched from Papicu Lagoon to the Maceió's Creek mouth whose water physico-chemical and bacteriological parameters were submitted to estimation, namely temperature, salinity, pH, conductivity, dissolved oxygen, nitrite, nitrate, ammonium, total phosphorus, biochemical oxygen demand (DBO_5), total and thermotolerant coliforms, and *Escherichia coli* concentration. The results were as follows: the pH values ranged from 6.54 to 7.64; the values of dissolved oxygen varied from 0.85 mg.L⁻¹ to 6.22 mg.L⁻¹, with the most critical value (0.85 mg.L⁻¹) having been registered at Papicu Lagoon. In accordance with the CONAMA Resolution 357/2005, stations 1 and 4 were shown to have oxygen values (5 mg.L⁻¹) below the legal limit for this parameter, the reverse being true of nitrite, nitrate and DBO_5 that were above their respective legal-limit values. The indices of total and thermotolerant coliforms, and *Escherichia coli* indicate high fecal-related pollution. As the main outcome of this research work, the contamination sources were identified and mitigating measures were proposed so as to minimize the negative impacts that were shown to be at work in the study area

Key words: hydrological system, environment parameters, pollution, water quality.

¹ Pesquisador do Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Av. da Abolição 3207, Fortaleza, CE 60165-081. E-mail: paulogom@labomar.ufc.br

² Professor Assistente, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, CE 60455-760. E-mail: meireles@ufc.br

³ Bolsista do Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Av. da Abolição 3207, Fortaleza, CE 60165-081.

INTRODUÇÃO

A questão ambiental é uma das grandes preocupações da humanidade na entrada do terceiro milênio. A interferência drástica do homem no meio ambiente tem provocado de maneira acelerada o desequilíbrio, a redução e até o desaparecimento de ecossistemas.

As sociedades humanas ainda estão estruturadas sobre um modelo que se baseia, em grande medida, na destruição do meio ambiente e no consumo predatório de recursos naturais. A degradação ambiental tem sido de tal ordem, que vem comprometendo a possibilidade das futuras gerações virem a usufruir desses recursos, e ameaçando o próprio presente provocando desastres ecológicos, contribuindo para o agravamento das condições sociais e levando mesmo a possibilidade de escassez de algumas matérias primas (Merico *et al.*, 1997).

A urbanização crescente nas grandes cidades e a falta de infraestrutura de saneamento adequada tem-se constituído como elementos responsáveis por graves alterações nos meios físico e biológico. Essas alterações frequentemente atingem corpos hídricos, tais como lagoas, rios e riachos localizados nos grandes centros urbanos.

Os estudos ambientais têm demonstrado que as condições para os diversos ecossistemas, tanto o terrestre, o aquático, o animal, o vegetal, como o humano variam segundo suas qualidades biológica, física e química, dentre as quais principalmente as duas últimas podem ser quantificadas. Medidas, indicadores e índices físicos, químicos e biológicos têm sido usados para descrever, retratar e controlar as condições do meio ambiente (Machado, 1997).

O presente estudo constitui um diagnóstico da qualidade da água o sistema hídrico Papicu/Maceió, o qual faz parte da Bacia da Vertente Marítima e é formado pela lagoa do Papicu, pelo leito e foz do riacho Maceió localizada na Praia do Mucuripe. Trata-se de um importante elemento de manutenção do equilíbrio ecológico, climático, além de representar uma área de lazer e harmonia paisagística. A intensa urbanização dessa área tem contribuído para o lançamento de esgotos domésticos através de galerias pluviais, comprometendo a qualidade da água e o equilíbrio biológico desses mananciais (Figura 1).

ÁREA DE ESTUDO

O sistema hídrico Papicu/Maceió encontra-se delimitado pelas coordenadas 9.586.000 - 9.589.024S e 556.417 - 556.420E da Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 24 Sul, referenciada ao datum Córrego Alegre e ao norte com o Oceano Atlântico. O referido sistema, parte integrante da Bacia da Vertente Marítima, é formado pela Lagoa do Papicu, riachos Papicu e Maceió e sua foz localizada na Praia do Mucuripe. Esse sistema ocupa uma área de 6 km² drenando os bairros do Papicu, Varjota, Mucuripe e Vicente Pinzón (Figura 2).

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem e parâmetros físico-químicos da água

Ao todo foram estudados sete pontos distribuídos desde a lagoa do Papicu até a desembocadura do riacho Maceió (Tabela I), durante o mês de junho

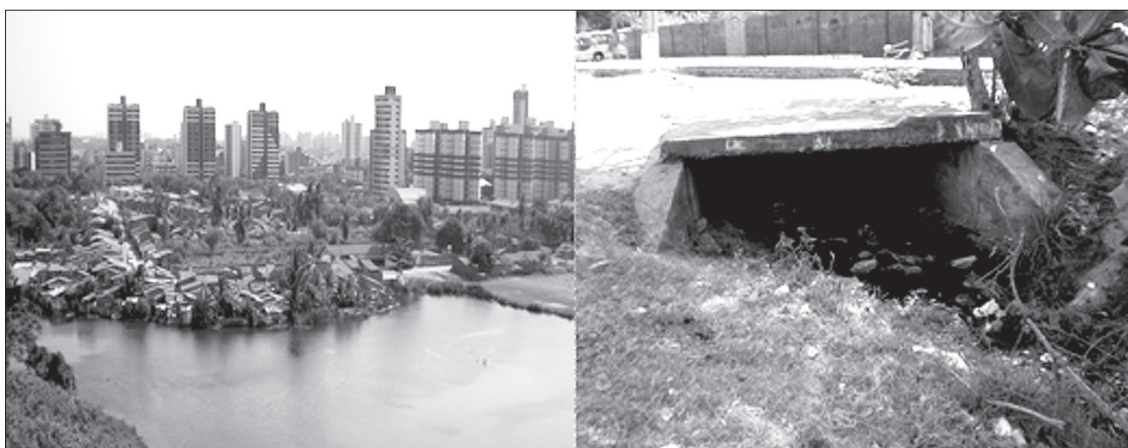


Figura 1 - Aspecto da ocupação irregular na nascente da Lagoa do Papicu e o lançamento de esgotos domésticos através de galeria pluvial.

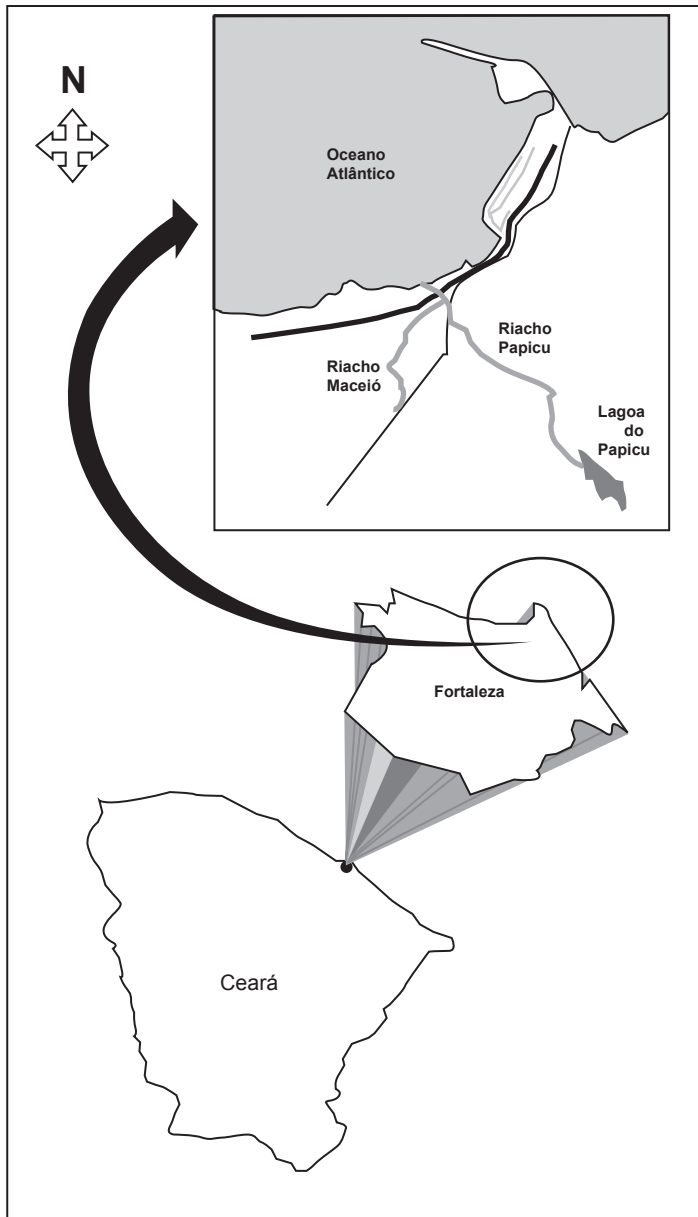


Figura 2 - Localização da área de estudo.

de 2006, sendo analisados os seguintes parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água: temperatura, salinidade, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade, oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato, amônia, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), coliformes totais e termotolerantes, além da determinação da concentração de *Escherichia coli*.

Procedimentos analíticos na água

A determinação dos valores de temperatura e salinidade foi realizada utilizando-se uma sonda multiparamétrica do tipo YSI 556 MPS, através da medição direta in loco.

Tabela I - Pontos de coleta de água no sistema hídrico Papicu/Maceió e suas respectivas coordenadas.

Ponto de coleta	Coordenadas UTM
1 (Lagoa do Papicu)	0558879 9586715
2 (Riacho Papicu)	0558336 9587476
3 (Riacho Maceió)	0557248 9587646
4 (Confluência dos Riachos Papicu/Maceió)	0557489 9588265
5 (Foz do Riacho Maceió)	0557269 9588523
6 (50m a E da Foz do Riacho Maceió)	0557343 9588531
7 (50m a W da Foz do Riacho Maceió)	0557205 9588534

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado através do método potenciométrico-eletrométrico, utilizando-se um pHmetro, marca MICRONAL, modelo B374.

A determinação da condutividade foi realizada através do método de resistência elétrica utilizando-se um condutivímetro tipo Digimed DM-31.

A determinação do oxigênio dissolvido (OD) foi realizada utilizando-se o método de Winkler com modificação da azida. Inicialmente a amostra de água foi obtida em campo, em frascos padrões de DBO com capacidade para 500 mL, observando-se o cuidado de evitar a formação de bolhas de ar no interior do recipiente. O oxigênio dissolvido foi fixado em campo, introduzindo 1 mL de sulfato manganoso, 1 mL de azida e 1 mL de ácido sulfúrico. Imediatamente após a coleta as amostras foram levadas ao laboratório.

A análise de nitrito foi realizada utilizando-se o método espectrofotométrico/alfanaftilamina. Inicialmente tomou-se 50 mL da amostra, adicionou-se 1 mL da solução de EDTA, 1 mL da solução de ácido sulfanílico e misturou-se bem as soluções. Após cinco minutos, adicionou-se 1 mL de cloridrato de alfa-naftilamina e 1 mL de tampão de acetato de sódio. Dez minutos depois, efetuou-se a leitura espectrofotométrica em 520 nm com célula de 1 cm.

A determinação de nitrato foi realizada através do método espectrofotométrico UV, que consiste em tomar 10 mL de amostra, adicionar 2 mL de cloreto de sódio, mais 10 mL de mistura ácida (ácido sulfúrico e água). Após este procedimento, agitar bem e deixar em repouso por 10 min. Adi-

cionar 0,5 mL de Brucina, agitá-la e após 10 min., fazer a leitura em 410 nm.

A amônia total foi analisada pelo método da nesslerização direta. Inicialmente tomou-se 100 mL da amostra, adicionou-se 1 mL de sulfato de zinco a 10%, quatro gotas de NaOH 6N, agita-se e deixa 5 minutos de repouso. Após este procedimento, retira-se 5 mL do sobrenadante, adiciona-se duas gotas do sal de Rochelle, completa-se o volume para 50 mL com água destilada, adicionando-se 1 mL do reativo de Nessler. Depois de dez minutos de repouso, efetua-se a leitura espectrofotométrica a 420 nm usando uma célula de 1 cm de espessura. A determinação de fósforo total foi realizada através do método espectrofotométrico.

A determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO₅ foi realizada através do método de Winkler, baseado na diferença entre os valores inicial e final de OD da amostra incubada durante cinco dias a 20°C. A amostra incubada em frasco padrão de volume aferido é diluída adequadamente com água aerada e enriquecida com soluções de sulfato de magnésio, cloreto de cálcio, cloreto férrico e tampão fosfato. Para o cálculo do resultado final, foram considerados o volume do frasco, diluição da amostra e o consumo de oxigênio da água de diluição.

A colimetria das águas foi realizada empregando-se a técnica dos tubos múltiplos de acordo com Mehlman *et.al.* (1984). O cálculo do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais (CT) e termotolerantes das amostras estudadas foi feito consultando-se a Tabela de Hoskins (1933).

Os parâmetros analisados e os métodos utilizados nas análises das amostras de água encontram-se listados no Quadro 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As águas que compõem o sistema hídrico Papicu/Maceió, de acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA, são classificadas como doces e podem ser enquadradas nas classes 1, 3 e 4 por serem destinadas a recreação de contato primário, proteção das comunidades aquáticas, aquicultura e produção de pescado e, também, por constituírem um visual de harmonia paisagística com base em sua forma natural de drenagem.

A temperatura da água na área do sistema hídrico Papicu/Maceió apresentou uma variação entre 26,35 e 28,81°C, com média geral de 27,67°C (Tabela II).

Os valores obtidos para salinidade apresentaram uma variação bastante representativa, sendo que nos cinco primeiros pontos localizados entre a lagoa do Papicu e o riacho Maceió, os valores de salinidade oscilaram entre 0,022 e 0,026‰. Nos pontos seis e sete, localizados respectivamente a 50 metros a leste e a 50 metros a oeste da foz do riacho Maceió, os valores obtidos foram 32,2‰ e 35,56‰ respectivamente (Tabela 2).

O pH é um parâmetro muito importante a ser considerado no estudo de comunidades aquáticas, já que constitui-se num indicador químico do metabolismo e de processos fisiológicos dos organismos aquáticos, e resulta da precipitação do carbonato determinada por intemperismo, evaporação e temperatura elevada. A condutividade mede a concentração de íons na água do mar, tendo uma variação diretamente proporcional com o pH. Tem sido constatado que os pontos letais de acidez e alcalinidade são de pH 4 e pH 11, respectivamente. As águas com valores que compreendem a faixa de 6,5 - 9,0, são as mais adequadas para reprodução de peixes (Boyd, 1990). Os valores de pH da água obtidos nos sete pontos de amostragem estão compreendidos nessa faixa, portanto, favorecendo o processo de reprodução das espécies.

Quadro 1 - Parâmetros analisados e métodos utilizados nas análises de amostras de água na área do sistema hídrico Papicu/Maceió.

Parâmetro analisado	Método empregado
Temperatura	Sonda multiparamétrica/medição direta
Salinidade	Sonda multiparamétrica/medição direta
Potencial Hidrogeniônico - pH	Potenciométrico-Eletrométrico
Condutividade	Resistência elétrica
Oxigênio Dissolvido	Método de Winkler
Nitrito	Espectrofotométrico/Alfa-naftilamina
Nitrato	Espectrofotométrico UV
Amônia total	Nesslerização direta
Fósforo total	Espectrofotométrico
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅	Método de Winkler
Coliformes Totais e Termotolerantes	Tubos Múltiplos

Fonte: Standard Methods for examination of water and wastewater (1992).

Tabela II - Dados referentes aos parâmetros físico-químicos da água na área do sistema hídrico Papicu/Maceió.

Ponto de coleta	Temperatura (°C)	Salinidade (‰)	pH	Condutividade (mS/cm)	Oxigênio dissolvido (mg/L)
1	26,35	0,026	6,69	0,563	0,85
2	27,54	0,026	6,63	0,581	2,94
3	27,84	0,022	6,65	0,496	4,12
4	27,31	0,026	6,54	0,569	3,9
5	27,59	0,026	6,67	0,579	5,01
6	28,81	33,2	7,64	52,39	6,22
7	28,28	35,56	6,95	57,59	5,83
Média	27,67	9,69	6,82	16,10	4,12

Os valores de oxigênio dissolvido demonstram que na Lagoa do Papicu verificou-se o menor valor deste elemento (0,85 mgO₂/L). Nos demais pontos de coleta os valores obtidos variaram entre 2,94 mgO₂/L e 6,22 mgO₂/L. A Resolução 357/2005 do CONAMA estabelece que o valor de oxigênio dissolvido (OD), em qualquer amostra, seja superior a 5,0 mgO₂/L, estando os pontos de coleta 1 a 4, portanto, com valores de oxigênio dissolvido abaixo dos limites aceitáveis (Tabela II).

Os valores de nitrito (NO₂⁻) no sistema hídrico Papicu/Maceió, durante o período estudado, variaram entre 0,004 mg/L (lagoa do Papicu) e 0,33 mg/L (foz do Riacho Maceió). A média geral verificada foi de 0,150 mg/L (Tabela III).

As concentrações de nitrato (NO₃⁻) apresentaram pequena variação. O valor mínimo foi de 0,7 mg/L verificado no ponto de coleta 7, localizado a 50 metros a oeste da foz do riacho Maceió; enquanto que o máximo foi de 4,9 mg/L, obtido no ponto de coleta 5, na foz do riacho Maceió. A média geral de nitrato foi de 2,48 mg/L (Tabela III).

A concentração média de amônia total foi de 2,24 mg/L. No ponto de coleta 5, localizado na foz

Tabela III - Dados referentes aos valores de nitrito, nitrato, amônia total, fósforo total e DBO₅ da água na área do sistema hídrico Papicu/Maceió.

Ponto de coleta	Nitrito (mg N/L)	Nitrato (mg N/L)	Amônia Total (mg N/L)	Fósforo Total (mg P/L)	DBO ₅ (mg/L O ₂)
1	0,004	1	0,69	0,17	9,0
2	0,2	2,4	0,91	0,24	<1,0
3	0,14	2,9	2,58	0,36	12,0
4	0,32	3,6	3,14	0,43	15,0
5	0,33	4,9	7,65	0,45	11,0
6	0,051	1,9	0,73	0,23	5,0
7	0,006	0,7	0,03	0,10	5,2
Média	0,150	2,48	2,24	0,28	8,3

do riacho Maceió, obteve-se o valor máximo (7,65 mg/L), valor bastante elevado em relação aos obtidos nos demais pontos de coleta. O valor mínimo obtido foi de 0,03 mg/L, verificado no ponto de coleta 7 (Tabela III).

Levando-se em conta os teores máximos estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA, para as classes de água 1, 3 e 4, nitrato (10 mg/L) e nitrito (1,0 mg/L), nota-se que os sete pontos analisados apresen-

taram valores que estão de acordo com o estabelecido pela legislação.

A Resolução 357/2005 do CONAMA estabelece como limite aceitável para essas águas, valores de DBO₅ até 3,0 mg/L O₂. Nota-se que todos os valores de DBO₅ obtidos nas águas do complexo hídrico Papicu/Maceió, exceto no ponto 2 (< 1,0 mg/L O₂) estão bem acima dos limites estabelecidos na legislação.

As concentrações de coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli* detectadas em todas as amostras analisadas, indicaram valores bem acima do permitido (Tabela IV). Para as classes de água em que se enquadra a área em estudo, a Resolução 357/2005 do CONAMA exige que o número de coliformes termotolerantes não exceda um limite de 1.000 coliformes por 100 mililitros em 80 % ou mais, de pelo menos seis amostras mensais colhidas durante o período de um ano, com frequência bimestral. De acordo com os dados obtidos, todas as amostras apresentaram valores que excederam esse limite.

Tabela IV - Dados referentes as concentrações de coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli* na água do sistema hídrico Papicu/Maceió.

Ponto de coleta	NMP de Coliformes Totais/100mL	NMP de Coliformes Termotolerantes/100mL	NMP de <i>Escherichia coli</i> /100mL
1	7900	1700	450
2	240000	79000	79000
3	5400000	27000	17000
4	2400000	920000	920000
5	1300000	1300000	1300000
6	220000	140000	140000
7	7900	3300	3300

Os altos valores obtidos para o NMP de coliformes totais e termotolerantes, podem ser explicados devido a utilização destes mananciais como

receptores de esgotos (lançados muitas vezes através de galerias pluviais), a pastagem de animais e o acúmulo e disposição de lixo de diversas naturezas.

CONCLUSÕES

O sistema hídrico Papicu/Maceió apresenta um quadro bastante comprometedor em relação às condições ambientais. Nesse sentido, vários impactos foram identificados no contexto geral da área, como por exemplo: contaminação das águas associados aos processos de erosão e assoreamento, bem como a redução do espelho d'água da lagoa do Papicu.

No que se refere à qualidade da água desses corpos hídricos, de acordo com as análises físico-químicas e bacteriológicas, observa-se que mesmos vêm sofrendo agressões das mais diversas naturezas, desde o despejo de efluentes residenciais, deposição de resíduos sólidos domésticos até a impermeabilização do leito dos riachos.

Em relação aos valores de oxigênio dissolvido na água nota-se uma variação significativa, sendo que na Lagoa do Papicu, principal corpo hídrico desse sistema, verifica-se uma redução significativa desse elemento em função, principalmente, do grande aporte de efluentes domésticos para esse manancial. O lançamento desses efluentes vem provocando um aumento considerável na concentração de nutrientes e, conseqüentemente, uma rápida proliferação da vegetação aquática (aguapés), ocasionando uma alteração do metabolismo de todo o ecossistema.

No que diz respeito às concentrações de nitrato e nitrito nas águas do sistema hídrico Papicu/Maceió, verifica-se que os valores obtidos estão de acordo com os limites estabelecidos na legislação.

De uma maneira geral, o complexo hídrico Papicu/Maceió apresenta sinais de poluição microbiana por coliformes, pois todas as amostras de água analisadas apresentaram valores que excedem o limite máximo estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA. Os valores elevados do NMP de coliformes totais e termotolerantes são explicados devido à utilização desses corpos hídricos como receptores de efluentes domésticos e aos depósitos de

resíduos sólidos de diversas naturezas encontrados nas suas margens.

O controle do lançamento de efluentes deve ser feito de maneira que os mananciais hídricos mantenham-se dentro das condições estabelecidas pelas respectivas classes em que se enquadram, estabelecidas na Resolução 357/2005 do CONAMA. Sugere-se a elaboração de um instrumento de planejamento que permita estabelecer a qualidade do complexo hídrico de forma a atender seus usos específicos. Sugere-se, ainda, a criação de áreas de proteção desses mananciais, limitando o desenvolvimento de atividades nessas áreas, evitando as condições de contaminação da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boyd, C. *Water quality in ponds for aquaculture*. Birmingham Publishing Co., 482 p., Auburn, 1990.

CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.

Hoskins, J. K. The most probable numbers of *Escherichia coli* in water analysis. *J. Am. Water Works Ass.*, v. 25, n.6, p. 867-877, 1933.

Machado, L. M. C. P. *Indicadores ambientais. Qualidade ambiental: indicadores quantitativos e perceptivos*. Martos, 266 p., Sorocaba, 1997.

Mehlman, I.J.; Andrews, W.H. & Wentz, B.A. Coliform bacteria, p. 5, 01-55.07 in *Bacteriological analytical manual, 6th edition*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, 1984.

Merico, L.F.K. *et al.* Avaliação do desenvolvimento econômico através de indicadores ambientais: proposta metodológica para uma experiência piloto em Blumenau - SC. *Rev. Bras. Ecol.*, v.1, p.152 - 155, 1997.

APHA. *Standard methods for examination of water and wastewater, 18th edition*. AWWA -WPCP, 1992.