

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO : ECOLOGIA E ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO

INDICADORES AMBIENTAIS DO COMPLEXO HÍDRICO
PAPICU/MACEIÓ, FORTALEZA - CEARÁ

Paulo Roberto Ferreira Gomes da Silva

FORTALEZA – CE

2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO : ECOLOGIA E ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO

INDICADORES AMBIENTAIS DO COMPLEXO HÍDRICO
PAPICU/MACEIÓ, FORTALEZA - CEARÁ

Paulo Roberto Ferreira Gomes da Silva

Loreci Gislaine de Oliveira Lehueur
Professora Orientadora

**Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em
Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal
do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre
em Desenvolvimento e Meio Ambiente.**

Fortaleza – Ceará
2003

S582i

Silva, Paulo Roberto Ferreira Gomes da
Indicadores ambientais do complexo hídrico
Papicu/Maceió, Fortaleza-Ceará/ Paulo Roberto
Ferreira Gomes da Silva. - Fortaleza : 2003.
76f.: il.

Dissertação (Mestrado) em Desenvolvimento e
Meio Ambiente
Orientador: Loreci Gislaíne de Oliveira Lehugeur

1.Complexo hídrico 2. Lagoa 3. Indicadores
ambientais I. Universidade Federal do Ceará

C.D.D. 363.7

Indicadores Ambientais do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, Fortaleza – Ceará

Esta dissertação foi submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central desta Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja em conformidade com as normas da ética científica.

Paulo Roberto Ferreira Gomes da Silva

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: ___/___/2003

Profa. Loreci Gislaíne de Oliveira Lehueur, Dra.
Orientadora

Prof. Carlos Augusto Ramos e Silva, PhD.

Profa. Maria Oziléa Bezerra Menezes, PhD.

**Aos meus pais, Nildon Ferreira da Silva e Maria Zélia F. Gomes da Silva, pela
educação e valores que alicerçam e fortalecem minha vida,**

minha gratidão.

A minha esposa **Maria do Socorro**,
as minhas filhas **Cecília** e **Camila**
pelo amor, estímulo e confiança.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, razão de nosso existir por permitir a realização deste trabalho.

Aos meus pais e familiares, pelo apoio e incentivo ao longo do desenvolvimento desta pesquisa.

A minha esposa Maria do Socorro e as minhas filhas Cecília e Camila pela compreensão e incentivo em todo transcorrer desse trabalho.

A Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa – FUNCAP, que custeou esta pesquisa científica através da concessão de bolsa de estudo.

A professora e orientadora Dra. Loreci Gislaine de Oliveira Lehueur, pela orientação e incentivo no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores do Curso de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará que contribuíram com informações técnicas e científicas.

A todos órgãos e instituições que contribuíram cedendo material e informações valiosas para realização desta pesquisa:

A Universidade Federal do Ceará (UFC), em especial ao Instituto de Ciências do Mar, na pessoa do Prof. Carlos Artur Sobreira Rocha pela oportunidade a mim concedida para realização deste curso, bem como a disponibilização de equipamentos da Instituição.

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), na pessoa da Dra. Vera Nogueira, pela realização das análises físico-químicas de água.

A Fundação Instituto de Planejamento do Ceará (IPLANCE), na pessoa do geógrafo João Sílvio Dantas de Moraes, pelas informações cartográficas cedidas.

A profa. Dra. Regine Helena Silva dos Fernandes Vieira e a bióloga Fátima Cristiane Teles de Carvalho, pelo apoio nas análises bacteriológicas das amostras de água.

Ao prof. Dr. Luis Parente Maia, pela solidariedade e incentivo no decorrer dessa jornada.

Ao geólogo José Gonzaga da Silva, pela solidariedade e pelo apoio nas atividades de campo.

A Maria Cidrônea da Conceição Silva, Francisco Mano Ferreira, Francisco Feitosa Ferreira, Pedro Saraiva de Moraes, técnicos do LABOMAR e Ramon Feitosa Rodrigues, Bruno Jucá de Queiroz, Marcos Henrique Martins Pinho, Guilherme Marques e Souza, estagiários, pela ajuda no desenvolvimento dos trabalhos de campo e laboratório.

As minhas cunhadas Maria das Dores, Ângela, meus cunhados Ernandi, Humberto e Osterninho, meu sogro José Mendes e minha sogra Mirian Mendes pela ajuda incondicional e incentivo constante no decorrer dessa jornada.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE SIGLAS	xv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	3
4 JUSTIFICATIVA	5
5 METODOLOGIA	8
5.1 Obtenção da base cartográfica e elaboração de mapas	8
5.2 Etapa de campo	8
5.2.1 Coleta de sedimento e água	10
5.3 Etapa de laboratório	11
5.3.1 Sedimentos	11
5.3.2 Água	12
5.3.2.1 Procedimentos analíticos	12
6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
8 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	20
8.1 Geomorfologia	20
8.2 Condições climáticas e hidrológicas	22
8.3 Cobertura vegetal e fauna aquática	25
9 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA ÁREA	31
9.1 Formação Barreiras	31
9.2 Dunas	32
9.3 Características granulométricas e texturais dos sedimentos...	34
9.4 Concentração de carbono e matéria orgânica nos sedimentos	37

	Página	
10	QUALIDADE DA ÁGUA	39
10.1	Parâmetros Físicos e Químicos	39
10.1.1	Turbidez, cor e odor.....	40
10.1.2	Demanda bioquímica de oxigênio	44
10.1.3	Demanda química de oxigênio	46
10.1.4	Oxigênio dissolvido	47
10.1.5	Oxigênio consumido	49
10.1.6	Condutividade e cloretos	50
10.1.7	Potencial hidrogeniônico, alcalinidade total e dureza	52
10.1.8	Nitrito, nitrato e amônia total	54
10.2	Sólidos em suspensão na água	57
10.3	Aspectos bacteriológicos da água	59
10.4	O processo de eutrofização da Lagoa do Papicu.....	65
11	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	70
12	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 Localização da área de estudo	4
FIGURA 2 Principais impactos ambientais que atingem o Complexo Hídrico Papicu/Maceió. Despejo de efluentes residenciais, deposição de resíduos sólidos domésticos, rejeitos de construção civil e canalização do leito do riacho	6
FIGURA 3 Localização dos pontos de coleta de sedimentos e água no Complexo Hídrico Papicu/Maceió	9
FIGURA 4 Variação das médias mensais de precipitação e temperatura no período de 1966 a 2002, na cidade de Fortaleza, Ceará	22
FIGURA 5 Variação da precipitação em relação a evaporação e temperatura do ar em Fortaleza no ano de 2002	23
FIGURA 6 Umidade relativa do ar em Fortaleza no período de 1966 a 2002	24
FIGURA 7 Aspecto da duna localizada à margem direita da lagoa do Papicu. Em primeiro plano observa-se a vegetação arbustiva e ao fundo sua ocupação imobiliária	26
FIGURA 8 Aspecto das espécies vegetais introduzidas nas margens do Riacho Papicu.....	27
FIGURA 9 Aspecto das espécies vegetais existentes na planície flúvio-marinha do Riacho Maceió.....	28
FIGURA 10 Distribuição textural dos sedimentos ao longo do Complexo Hídrico Papicu/Maceió.....	36
FIGURA 11 Valores médios de carbono e matéria orgânica nos sedimentos ao longo do Complexo Hídrico Papicu/Maceió.....	38

FIGURA 12	Variação dos valores de turbidez e cor nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, durante o período de elevada pluviometria, maio de 2002	43
FIGURA 13	Variação dos valores de turbidez e cor nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, durante o período de baixa pluviometria, outubro de 2002.....	43
FIGURA 14	Distribuição dos valores da demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.....	45
FIGURA 15	Distribuição dos valores da demanda química de oxigênio (DQO) nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.....	47
FIGURA 16	Distribuição das concentrações de oxigênio dissolvido nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió	49
FIGURA 17	Relação entre a condutividade e a concentração de cloretos no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, período de elevada pluviometria, maio de 2002	51
FIGURA 18	Relação entre a condutividade e a concentração de cloretos no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, período de baixa pluviometria, outubro de 2002	51
FIGURA 19	Variação do pH (potencial hidrogeniônico) nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, nos períodos de elevada e baixa pluviometria.....	53
FIGURA 20	Variação da alcalinidade total e dureza nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, durante o período de elevada pluviometria, maio de 2002	54
FIGURA 21	Variação da alcalinidade total e dureza nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, durante o período de baixa pluviometria, outubro de 2002	54

	Página
FIGURA 22 Variação das concentrações de nitrito, nitrato e amônia total nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió durante o período de elevada pluviometria	56
FIGURA 23 Variação das concentrações de nitrito, nitrato e amônia total nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió durante o período de baixa pluviometria	57
FIGURA 24 Distribuição da concentração de sólidos em suspensão nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió nos períodos de elevada e baixa Pluviometria.....	59
FIGURA 25 Número mais provável (NMP) de coliformes totais/100mL em amostras de água coletadas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de elevada pluviometria.....	60
FIGURA 26 Número mais provável (NMP) de coliformes totais/100mL em amostras de água coletadas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de baixa pluviometria	61
FIGURA 27 Número mais provável (NMP) de coliformes fecais/100mL em amostras de água coletadas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de elevada pluviometria	61
FIGURA 28 Número mais provável (NMP) de coliformes fecais/100mL em amostras de água coletadas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de baixa pluviometria.....	62
FIGURA 29 Aspecto da vegetação de aguapés encobrindo o espelho d'água da lagoa do Papicu no ano de 2002	67
FIGURA 30 Vista panorâmica da lagoa do Papicu, apresentando o espelho d'água encoberto pela vegetação de aguapés no ano de 2002	68

	Página
FIGURA 31 Vista panorâmica da lagoa do Papicu, apresentando o espelho d'água praticamente descoberto no ano de 1991.	68
FIGURA 32 Galeria pluvial ligada a lagoa do Papicu utilizada no escoamento de efluentes domésticos.....	69

LISTA DE QUADROS

	Página
QUADRO 1 Parâmetros analisados e métodos utilizados nas análises de amostras de água	15
QUADRO 2 Principais espécies vegetais e áreas de distribuição no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.....	29
QUADRO 3 Principais espécies da fauna aquática do Complexo Hídrico Papicu/Maceió.....	30
QUADRO 4 Características texturais dos sedimentos do Complexo Hídrico Papicu/Maceió	35

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 Parâmetros climáticos do Complexo Hídrico Papicu/Maceió no ano de 2002	25
TABELA 2 Composição textural dos sedimentos superficiais do Complexo Hídrico Papicu/Maceió	37
TABELA 3 Valores das concentrações de carbono e matéria orgânica nas amostras de sedimentos colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió	38
TABELA 4 Valores dos parâmetros físico-químicos das amostras de água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de elevada pluviometria, maio de 2002	42
TABELA 5 Valores dos parâmetros físico-químicos das amostras de água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de baixa pluviometria, outubro de 2002	42
TABELA 6 Valores da demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅) nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió	45
TABELA 7 Valores da demanda química de oxigênio (DQO) nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.....	46
TABELA 8 Valores da concentração de oxigênio dissolvido nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.....	48
TABELA 9 Variação da concentração de sólidos em suspensão (mg/L), nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, nos períodos de elevada pluviometria (maio/2002) e baixa pluviometria (agosto/2002)	58

	Página
TABELA 10 Valores do NMP de coliformes totais/100mL das amostras de água coletadas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de abril a outubro de 2002 ...	63
TABELA 11 Valores do NMP de coliformes fecais/100mL das amostras de água coletadas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de abril a outubro de 2002.....	64

LISTA DE SIGLAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CRQ – Conselho Regional de Química
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
GPS – Global Positioning System
IPLANCE – Fundação Instituto de Planejamento do Ceará
LABOMAR – Instituto de Ciências do Mar
OMS – Organização Mundial de Saúde
RMF – Região Metropolitana de Fortaleza
SDU – Secretaria de Desenvolvimento Urbano
SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SINFOR – Projeto Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial
UFC – Universidade Federal do Ceará
UTM – Universal Transversa Mercator

RESUMO

A presente dissertação identifica e analisa as condições ambientais do Complexo Hídrico Papicu/Maceió com o propósito de verificar sua situação atual, e propor medidas alternativas para minimizar os impactos ambientais negativos detectados nessa área. A identificação desses impactos no sistema hídrico em estudo, teve seu início com levantamentos cartográficos e observações de campo sendo, posteriormente, levantadas as condições ambientais por meio da determinação da qualidade da água e sedimento, analisando-se os parâmetros físicos e químicos em amostras coletadas nas estações chuvosa e de estiagem. A análise dos sedimentos em relação ao tamanho de grão, realizado pelo método do peneiramento, apresenta uma classificação textural que varia de areia média a fina. Os parâmetros físico-químicos da água referentes a turbidez, cor e odor indicam que esses índices variaram de acordo com os períodos chuvoso e de estiagem. Os valores de turbidez abrangeram de 3,5 uT a 39,0 uT no período de elevada pluviosidade e 2,0 uT a 6,5 uT no período de estiagem. As observações da cor indicaram índices superiores a 25,0 uH. O odor apresentou características de sulfídrico a vegetal. Os resultados da demanda bioquímica de oxigênio mostram que os valores para o período chuvoso variaram de 14,0 a 53,0 mg/L e para o de estiagem de 4,8 a 37,2 mg/L, estando acima do limite de 5,0 mg/L estabelecido pela Resolução 20/86 do CONAMA. Esses dados indicam que esse complexo hídrico está recebendo efluentes de origem doméstica. Os valores do oxigênio dissolvido variam de 2,6 a 4,0 mg/L, sendo que nas amostras analisadas da Lagoa do Papicu verifica-se a ausência desse elemento. De acordo com a Resolução acima referida, os valores de oxigênio dissolvido, em qualquer amostra deve ser superior a 2,0 mg/L, dessa forma somente o corpo hídrico, Lagoa do Papicu, está fora dos padrões estabelecidos pela resolução. A análise dos parâmetros físico-químicos da água envolvendo potencial hidrogeniônico, alcalinidade e dureza revelam que os valores encontrados estão compatíveis com as características ambientais da área de estudo. Os valores de nitrito, nitrato e amônia não estão, de modo geral, dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução 20/86 do CONAMA. Medidas mitigadoras e corretivas são propostas para eliminar os impactos negativos configurados e preservar a qualidade ambiental do complexo hídrico Papicu/Maceió.

ABSTRACT

The present master's thesis identifies and analyzes the environmental conditions of the Papicu/Maceió draining water system as an attempt to evaluate their present situation and to put forward alternative measure to lower the environmental negative impacts dedected in that region. This case study actually started with a cartographic survey and field observations which later carried on with the determination of water and sediment quality by estimating physical and chemical parameters by means of samples collected during the dry and rainy seasons. Sediments analyzed as to its grain size, through the sifting technique, went into a textural classification as median to fine sand. Physical-chemical parameters of the water in relation to turbidity, color and smell varied according to the dry and rainy seasons. Turbidity values ranged from 3,5 uT to 39,0 uT during the rainy season and 2,0 uT to 6,5 uT during the dry season, the color presented indices upwards of 25,0 uH and the smell showed sulphide and vegetable characteristics. The values of biochemical demand for oxygen varied in the ranges of 14,0 – 53,0 mg.L⁻¹ and 4,8 – 37,2 mg.L⁻¹, respectively during the rainy and dry seasons, therefore well above the 5,0 mg.L⁻¹-limit set up by CONAMA's Act n° 20/86. This is an indication that the studied water system has been receiving domestically-produced effluents. The dissolved oxygen content ranged from 2,6 mg.L⁻¹ to 4,0 mg.L⁻¹, but the Papicu lakelet was shown to be totally devoid of that element. Since that, according to the above-mentioned Act the oxygen content in any samples must be higher than 2,0 mg.L⁻¹, only on the water body Papicu lakelet this parameter was found to be below that standard limit. Other water physical and chemical parameters, such as pH, alcalinity and hardness showed values which are compatible with the environmental features of the study area. Nitrite, nitrate and ammonia contents are not, in general within the standard limits of CONAMA's Act n° 20/86. Amendatory and mitigating guidelines are proposed aiming at ruling out evident negative impacts and at preserving environment's quality of Papicu/Maceió draining water system.

1 – 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, a falta de infra-estrutura de saneamento adequada, tem se constituído como elementos responsáveis por graves alterações nos meios físico e biológico. Essas alterações freqüentemente 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 as qualidades biológica, física e química. Estas qualidades podem ser quantificadas, principalmente as duas últimas. Medidas, indicadores e índices físicos, químicos e biológicos têm sido usados para descrever, retratar e controlar as condições do meio ambiente (Machado, 1997).

Os problemas atuais da qualidade ambiental surgem como decorrência quando da aplicação de soluções tecnológicas sem considerar as leis que regem os geossistemas, sem estudar o conjunto das variáveis físicas, químicas biológicas e humanas dos ecossistemas e, sem levar em conta como as pessoas percebem e valorizam a qualidade ambiental.

As atividades humanas tem causado grandes impactos nos sistemas aquáticos, seja pela remoção da mata ciliar, pela expansão imobiliária ou canalização das águas. Além disso, os despejos de efluentes domésticos e industriais causam profundas modificações nesses ambientes, pela introdução de grandes quantidades de substâncias estranhas ao sistema, produzindo alterações nas características físico-químicas da água e modificando as características biológicas destes ambientes.

O Complexo hídrico Papicu/Maceió, composto pela lagoa do Papicu, pelos riachos Papicu e Maceió e a foz do Riacho Maceió, se insere dentro desta realidade, pois, nos últimos anos, vem sendo alvo das mais variadas formas de agressões ambientais, desde o lançamento de efluentes domésticos, deposição de lixo de diversas naturezas e desmatamento das margens dos riachos, ocasionando um processo marcante de poluição, assoreamento e redução do espelho d'água.

A área de estudo, Complexo Hídrico Papicu/Maceió, localizada na cidade de Fortaleza (região litorânea), apresenta relevante interesse ambiental para sociedade em geral e para os poderes oficiais (Prefeitura e Estado), em particular, que já planejam estudos voltados para desobstrução e canalização de trechos críticos dos citados riachos.

O presente trabalho pretende realizar uma avaliação ambiental, sedimentológica e caracterização físico-química da água do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, por meio do estudo, observação, monitoramento e identificação dos parâmetros ambientais em toda extensão da lagoa do Papicu, dos riachos Papicu e Maceió e áreas de influência, visando diagnosticar o comportamento dos ecossistemas existentes, bem como propor medidas mitigadoras aos impactos adversos.

2 – OBJETIVOS

2.1 . Geral

Identificar os parâmetros ambientais do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, visando verificar seu estado atual, bem como, propor medidas mitigadoras aos impactos adversos.

2.2 . Específicos

- Analisar os aspectos meteorológicos e climáticos da área, identificando a influência desses na dinâmica ambiental;
- Investigar as feições geomorfológicas e geológicas no que diz respeito as condições sedimentológicas ;
- Mensurar as alterações físico e químicas das águas do complexo hídrico Papicu/Maceió;
- Relacionar a interferência antrópica aos efeitos impactantes da poluição, assoreamento e outras implicações ambientais que vêm ocorrendo ao longo do tempo na área de estudo;
- Identificar as condições sócio-ambientais que tenham provocado efeitos negativos no equilíbrio físico e dinâmico dos mananciais;
- Diagnosticar e propor medidas alternativas para minimizar os impactos adversos.

3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O Complexo Hídrico Papicu/Maceió, encontra-se delimitado ao sul e oeste pelas coordenadas UTM de 9.586.000 m a 9.589.024 m Sul e 556.417 m a 556.420 m Oeste, respectivamente e ao norte com o Oceano Atlântico (Figura 1).

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 Pinzon.

4 - JUSTIFICATIVA

O complexo hídrico Papicu/Maceió representa no seu todo um importante segmento dos recursos hídricos superficiais da cidade de Fortaleza, levando-se em conta que, além de integrar seu quadro paisagístico e ambiental, possui um relevante papel na manutenção do equilíbrio ecológico, hídrico e do microclima, apresentando um grande potencial sócio-econômico, no que se refere ao desenvolvimento de atividades de pesca e lazer.

Considerando as condições atuais dos corpos hídricos em questão e, observando a dinâmica ambiental, tomou-se a iniciativa de se desenvolver um trabalho em pesquisa aplicada, mostrando os aspectos ambientais, com enfoque nos parâmetros responsáveis pelas mudanças dos meios físico e biológico, resultantes da interferência antrópica. Nesse sentido, será adotada uma sistemática de trabalho, baseada em informações técnicas e científicas, através da qual serão desenvolvidos estudos de caráter ambiental, geológico e geomorfológico relacionados ao ecossistema em estudo.

Observações preliminares de campo permitiram dividir o sistema nas seguintes feições: Lagoa do Papicu, que apresenta características complexas, tendo em vista a existência de uma variedade de parâmetros naturais representados pelos aspectos geológico, hidrogeológico, fitogeográfico e microclimático; Riachos Papicu e Maceió que se configuram como corpos hídricos diferentes em relação a citada lagoa pelo fato de apresentarem feições físicas diferenciadas, as quais são identificadas na abrangência dos seus cursos.

Do ponto de vista ambiental, a lagoa e os riachos têm sido objeto de questionamento no que diz respeito as degradações que ocorrem ao longo dos seus cursos e margens. Essas agressões são normalmente verificadas através de vários fatores, tais como: ocupação urbana desordenada, lançamentos de efluentes domésticos e industrializados, resíduos sólidos, destacando-se material de construção civil e canalização de alguns trechos em áreas urbanizadas (Figura 2). Todos esses elementos interferem de forma marcante na vazão e no equilíbrio hídrico do sistema como um todo, provocando inundações das áreas adjacentes em épocas invernosas.

A lagoa do Papicu com 18 hectares de área total e urbanizada há aproximadamente cinco anos, sofre com a especulação imobiliária e descaso do poder público. Nos últimos anos, casas de alvenaria e casebres de madeira vem sendo construídos, invadindo as suas margens, além da ação de caçambeiros que despejam entulhos dentro da lagoa, contribuindo para o processo de assoreamento e redução do espelho d'água da lagoa.

De acordo com Bianchi *et al* (1984), boa parte das águas que alimentam a lagoa do Papicu, são provenientes do aquífero dunas/paleodunas de idade terciária que aflora na base das dunas do Papicu, provavelmente, próximo ao contato com a Formação Barreiras. Um dos aspectos ambientais considerado de caráter negativo, foi a construção de uma via que passa sobre parte da planície aluvial da lagoa, o que afetará o equilíbrio hídrico e até mesmo microclima da área.



Figura 2. Principais impactos ambientais que atingem o Complexo Hídrico Papicu/Maceió. Despejo de efluentes residenciais, deposição de resíduos sólidos domésticos, rejeitos de construção civil e canalização do leito do riacho.

Os problemas ambientais que ocorrem no complexo hídrico Papicu/Maceió, tem sua origem na ocupação urbana sem considerar as limitações do meio físico. Tendo como principais vetores de degradação ambiental a intensa favelização emergente em suas margens, associada as obras de engenharia mal planejadas, refletindo no assoreamento dos leitos e freqüentes estrangulamentos dos cursos de água, bem como na poluição das águas superficiais pelo lançamento direto de resíduos líquidos e sólidos ocasionado pela falta de um sistema de saneamento básico eficiente e coleta regular de lixo.

O riacho Maceió, em particular, tem constituído motivo de várias polêmicas por parte de associações que se preocupam com a preservação do meio ambiente, veiculadas em matérias jornalísticas da imprensa local. A área é de proteção ambiental, mas está tomada pelo lixo, as calçadas destruídas pela erosão e toda a urbanização comprometida. Esse corpo hídrico corta os bairros do Papicu, Varjota e parte do Mucuripe e pelo menos 80% do riacho está canalizado e outros 20% que correm livres estão poluídos.

O trecho onde há a confluência dos riachos Papicu e Maceió caracteriza-se como um ponto crítico em termos de degradação ambiental e no que diz respeito ao aspecto paisagístico, pois além do acúmulo de lixo, existe a presença marcante de resíduos sólidos misturados com material sedimentar acobertado por vegetação invasora no local.

Tendo em vista o exposto, a realização desta pesquisa reverte-se de uma importância ímpar, sobretudo pela abrangência de parâmetros analisados (geológicos/geomorfológicos e ambientais). Essa iniciativa visa proporcionar o surgimento de resultados relevantes, gerando informações essenciais e subsídios significativos para a realização de trabalhos posteriores, bem como, estimulará a criação de normas de controle ambiental inerentes a área de estudo e de outras regiões semelhantes.

5 – METODOLOGIA

A realização desta pesquisa constou das seguintes etapas:

5.1 – Obtenção da base cartográfica e elaboração de mapas

A base cartográfica da área de estudo na escala de 1:10.000, foi obtida junto a Secretaria de Planejamento do Município.

A partir da base cartográfica, foram elaborados os mapas georeferenciados de localização de pontos de coleta de água, sedimento, bem como, o mapa representativo da distribuição textural dos sedimentos ao longo da área de estudo, utilizando-se o programa AutoCAD R.14.

O levantamento e determinação das coordenadas dos pontos de coleta de sedimentos e água, ao longo do complexo hídrico Papicu/Maceió, foram efetuados através de medições de coordenadas UTM (Universal Transversa Mercator), utilizando-se um equipamento GPS (Global Positioning System). Determinou-se catorze pontos para coleta de sedimentos e nove pontos para coleta de água (Figura 3).

5.2 – Etapa de campo

Esta etapa foi realizada no período entre abril e outubro de 2002, contemplando as épocas de elevada precipitação pluviométrica (abril, maio, junho e julho) e baixa precipitação (agosto, setembro, outubro), respectivamente.

Foram obtidos dados referentes a descrição, análise textural, classificação granulométrica e determinação da concentração de carbono e matéria orgânica nas amostras de sedimentos.

Na água, determinou-se os parâmetros : turbidez, cor aparente, odor, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, condutividade, cloretos, potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade total, dureza, nitrito, nitrato, amônia total, sólidos em suspensão e coliformes totais e fecais.

5.2.1 – Coleta de sedimento e água

Os sedimentos arenosos foram coletados nas margens e leito da lagoa do Papicu, cursos dos riachos Papicu e Maceió, utilizando-se equipamento *Core*. Inicialmente foram identificados, posteriormente descritos visualmente e armazenados em sacos de polietileno com capacidade de 3,0 L. As amostras de sedimento destinadas a análise de matéria orgânica foram acondicionadas em caixas térmicas, mantidas a uma baixa temperatura.

As amostras de água foram coletadas diretamente na superfície. O material coletado, destinado as análises físico e químicas e de sólidos em suspensão, foi armazenado em garrafas de polietileno de 2,0 litros. A água destinada a determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) e demanda química de oxigênio (DQO) foi armazenada em frascos de polietileno de volume de 5,0 litros. Por outro lado, a água destinada a determinação de oxigênio dissolvido foi acondicionada em frasco de 500 ml, sendo feita a fixação do oxigênio, introduzindo-se 1 ml de sulfato manganoso, 1 ml de azida e 1 ml de ácido sulfúrico, após este procedimento as amostras foram levadas ao laboratório. Para coleta de água destinada a determinação de coliformes totais e fecais, utilizou-se uma garrafa de vidro de boca esmerilhada, previamente esterilizada, a qual foi cheia com 80% de seu volume. As garrafas, após identificadas, foram acondicionadas em caixas com gelo e transportadas ao laboratório.

A determinação da concentração de sólidos em suspensão e a poluição microbiológica (coliformes totais e fecais) nas águas do complexo hídrico Papicu/Maceió, foi avaliada através de análises de amostras de água que foram coletadas (no período chuvoso e no período seco), em pontos previamente estabelecidos: Pontos 1; 2; 3; 4 e 5

(Lagoa do Papicu); Ponto 6 (Riacho Papicu); Ponto 7 (Riacho Maceió) ; Ponto 8 (confluência dos Riachos Papicu/Maceió) e Ponto 9 (desembocadura do Riacho Maceió).

Os demais parâmetros físico-químicos da água (turbidez, cor aparente, odor, demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, condutividade, cloretos, potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade total, dureza, nitritos, nitratos e amônia total) foram avaliados em cinco pontos bem representativos (P5 a P9), distribuídos ao longo do complexo hídrico Papicu/Maceió.

5.3 - Etapa de laboratório

As análises granulométricas das amostras de sedimentos foram realizadas no Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR); enquanto que, a determinação das concentrações de carbono e matéria orgânica no sedimento, foi desenvolvida no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

As análises físico-químicas da água foram desenvolvidas na Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), laboratório reconhecido pelo Conselho Regional de Química (CRQ).

5.3.1 – Sedimentos

Inicialmente o material coletado foi dividido em duas porções, uma destinada a análise granulométrica e a outra destinada a determinação da concentração de carbono e matéria orgânica.

O trabalho de análise granulométrica envolveu as seguintes etapas: secagem das amostras em estufa a uma temperatura de 60 °C, quarteamento, peneiramento dos sedimentos, utilizando-se a escala granulométrica Wentworth (1922) apud Suguio (1973).

Os parâmetros estatísticos foram calculados de acordo com as fórmulas de Folk e Ward (1957), utilizando-se o programa computacional Pancon-GW. basic- 3.23 (1988).

A determinação da concentração de carbono orgânico foi realizada através da oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico,

empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação foi titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr). A porcentagem de matéria orgânica, por sua vez, foi calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724 (EMBRAPA, 1997). Esse fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa em 58%.

5.3.2 – Água

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

5.3.2.1 – Procedimentos analíticos

A determinação da turbidez da água foi realizada utilizando-se o método nefelométrico, através de um turbidímetro. Após o procedimento de calibração do aparelho, foi selecionada a escala de acordo com a estimativa de turbidez da amostra, introduziu-se a amostra no porta-cuba, agitando de duas a três vezes suavemente no sentido vertical, colocando-se em seguida o cone de vedação. Em seguida obteve-se o valor da turbidez da amostra.

A obtenção da cor aparente da amostra foi através do método de comparação visual, que consiste em colocar a amostra em um tubo de Nessler de 50 mL, enchendo até o traço de aferição. Logo após, é feita a comparação visual com os padrões de Co – Pt. Para amostras que excedam 70 uH, foi feita diluição com água desionizada, numa proporção conhecida, de modo que, o valor se situe dentro da faixa dos padrões.

A determinação da Demanda bioquímica de oxigênio – DBO₅ foi realizada através do método de Winkler, baseado na diferença entre o valor do OD inicial e do OD final 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 Demanda química de oxigênio – DQO foi obtida através do método de refluxão fechada com dicromato de potássio, que consiste no princípio segundo o qual, a maior parte de matéria orgânica é oxidada quando aquecida em presença de misturas de ácidos sulfúrico e crômico. O método adotado foi o do refluxo fechado a 150 °C por duas horas, utilizando-se um bloco digestor.

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.

O oxigênio consumido foi determinado com o método de permanganato de potássio. Inicialmente a amostra foi agitada, colocando-se 100 mL da amostra em um erlenmeyer de 250 mL, juntando 10 mL de ácido sulfúrico 1:3 e adicionando-se 10 mL de permanganato de potássio N/80. Após esse procedimento, aqueceu-se em banho-maria até a fervura. Adicionou-se 10 mL de oxalato de amônia N/80 e foi feita a titulação com solução de permanganato de potássio N/80 até a coloração levemente rósea.

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

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

A determinação da alcalinidade total foi realizada através do método titrimétrico. Inicialmente obteve-se 50 mL de amostra, adicionou-se três gotas de fenolftaleína, agitando-a. Se a amostra ficar incolor, adiciona-se três gotas do indicador misto e titula-se com ácido sulfúrico 0,02N até atingir uma coloração alaranjada. Por outro lado, se a amostra ficar rósea, titular com ácido sulfúrico 0,02N até ficar incolor.

O parâmetro dureza foi determinado através do método titrimétrico/EDTA, que consistiu na obtenção de 50 mL da amostra, adicionando-se 1 mL da solução buffer. Após

este procedimento, agitou-se a amostra, adicionando-se uma medida do indicador Negro ou Eriocromo T e misturou-as. Finalmente, foi feita a titulação com EDTA 0,01M até a viragem para a coloração azul.

A determinação 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 análise 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 minutos. Adicionar 0,5 mL de Brucina, agitá-la e após 10 minutos, 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 sólidos em suspensão foi realizada através do método gravimétrico, através da pesagem do material retido no filtro de fibra de vidro AP20, 47 mm de diâmetro, marca MILLIPORE. As pesagens foram efetuadas em uma balança de precisão.

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 fecais (CF) das amostras estudadas foi feito consultando-se a Tabela de Hoskins (1933).

Quadro 1 – Parâmetros analisados e métodos utilizados nas análises de amostras de água.

Parâmetro analisado	Método empregado
Turbidez	Nefelométrico
Cor aparente	Comparação Visual
Odor	Threshold Odor Test
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅	Método de Winkler
Demanda Química de Oxigênio - DQO	Refluxão Fechada com dicromato de Potássio
Oxigênio Dissolvido	Método de Winkler
Oxigênio Consumido	Permanganato de Potássio
Condutividade	Resistência elétrica
Cloretos	Agentométrico
Potencial Hidrogeniônico - pH	Potenciométrico-Eletrométrico
Alcalinidade total	Titrimétrico
Dureza	Titrimétrico/EDTA
Nitrito	Espectrofotométrico/Alfa-naftilamina
Nitrato	Espectrofotométrico UV
Amônia total	Nesslerização direta
Sólidos em suspensão	Método Gravimétrico
Coliformes Totais e Fecais	Tubos Múltiplos

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

6 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os estudos sobre as estruturas lacustres e riachos de Fortaleza se limitam a trabalhos relacionados a diagnósticos hidro-ambientais e sócio-ambientais .

Branco (1991) realiza estudo em que aborda as informações referentes as condições dos corpos aquosos encontrados na região costeira do município de Fortaleza, enfocando as constantes modificações ambientais resultante de fatores antrópicos e propondo medidas educacionais e corretivas para recuperação desses mananciais.

O estudo realizado pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SDU) (1993), baseado no Programa de Infra-Estrutura Básica de Saneamento de Fortaleza – SANEAR, detectou as principais fontes de poluição das lagoas, riachos de Fortaleza, destacando como fontes poluidoras, o lançamento de esgotos domiciliares, industriais e hospitalares sem tratamento, além da deposição de lixo nas margens e leito desses mananciais.

Claudino Sales (1993) em seu estudo Lagoa do Papicu: Natureza e ambiente na cidade de Fortaleza, adota como área piloto o sistema lacustre interdunar Lagoa do Papicu, abordando a problemática ecológico-sócio-ambiental e suas vinculações com a globalidade, a partir da análise da lagoa.

Valente (1994) apresenta um estudo envolvendo a análise e identificação dos problemas degradacionais na Lagoa de Porangabussu , Fortaleza-CE, por analogia, constata as mais variadas formas de agressões a esses ambientes: degradação resultante de aterramentos, edificações, depósitos de lixos e esgotos. O autor propõe uma ação integrada da comunidade, empresários e administração pública no sentido de resgatar e salvar a lagoa.

Lanna (1995) em seu estudo sobre gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos, apresenta uma discussão sobre gerenciamento de bacia hidrográfica, abordando aspectos relacionados ao processo participativo de gestão ambiental, nos planos conceituais, econômicos e sociais, além de expor propostas de

institucionalização do gerenciamento de bacia hidrográfica e recomendações para teste metodológico.

Vasconcelos *et al* (1995), realizam um estudo que consiste numa análise ambiental e sócio-econômica dos sistemas lacustres litorâneos de Fortaleza, sendo relacionadas as principais agressões a esses ecossistemas e repercussões sócio-econômicas.

Juvencio (1997) desenvolve estudo relacionado a caracterização física e química das águas e determinação de metais-traço nas águas e sedimentos do estuário do Rio Ceará, em que procura caracterizar a qualidade da água estuarina deste corpo hídrico. O autor sugere o monitoramento dos sistemas de lagoas de tratamento de águas residuárias dos conjuntos habitacionais situadas nesta bacia hidrográfica, a ampliação do sistema de esgotamento sanitário nas áreas marginais ao rio Maranguapinho, além de propor interligar o rio Ceará ao sistema de transposição de água entre bacias, como forma de manter um equilíbrio físico e químico das águas do rio Ceará, através da regularização da vazão do mesmo.

Leal (1997) realiza um Diagnóstico do estado ambiental da microbacia do Areia Branca, Campinas – SP, apresentando uma proposta metodológica de sistematização visando contribuir no debate sobre metodologias e indicadores que possam diagnosticar e propor alternativas para alterar o atual produto das relações sociedade/natureza.

Silva *et al* (1997) relatam os principais problemas ambientais do complexo hídrico Papicu/Maceió, constatando as mais variadas formas de agressão a esse ecossistema. Propõem o desenvolvimento de estudos mais aprofundados, visando a mitigação dos problemas ambientais, tornando o ambiente mais saudável.

Soares (1997), desenvolve estudo envolvendo a Análise Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú-CE, analisando os diversos componentes do sistema geoambiental, as condições sócio-econômicas, executando a compartimentação e caracterização geoambiental das unidades geossistêmicas. A autora sugere opções de adequação, uso e manejo para cada unidade geossistêmica, aplicadas através de um plano de ação integrada que possa contribuir para a preservação da qualidade ambiental desse sistema hídrico.

Almeida *et al* (1998), desenvolvendo trabalho sobre os sistemas lacustres litorâneos do município de Fortaleza, listam os corpos lacustres identificando suas fontes de poluição e monitoram esses ambientes durante um período de dez meses, constatando a necessidade de se dar uma maior importância ao problema da contaminação.

Chisca Junior (1999) realiza um estudo de gerenciamento da qualidade da água de lagos urbanos. Baseado na relação entre os aspectos da qualidade da água em ambientes lênticos e os efeitos da urbanização de sua bacia hidrográfica, o autor propõe a adoção de um monitoramento sistemático e o uso de ações tanto corretivas quanto preventivas, de caráter estrutural e não estrutural de forma a permitir que a meta da qualidade da água seja atingida.

Araújo (2000) em seu estudo Reuso com lagoas de estabilização, potencialidade no Ceará, apresenta o cenário das lagoas de estabilização da Região Metropolitana de Fortaleza, destaca o processo de evolução de implantação desses sistemas de lagoas no estado do Ceará, comparando os diferentes processos biológicos de tratamento de resíduos líquidos, constata que o reúso planejado dos efluentes desses mananciais, pode melhorar a qualidade de vida de inúmeras famílias das áreas próximas às estações de tratamento de esgotos.

Viana (2000) realiza um estudo de Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó no município de Fortaleza-CE, onde constata que os recursos naturais se encontram bastante degradados em virtude da poluição das águas, desmatamentos, aterros, ocupações desordenadas e lançamento de efluentes domésticos. A autora procurou conhecer a problemática sócio-ambiental e sugerir propostas de manejo adequado desse sistema hídrico.

Ribeiro (2001), desenvolve um estudo envolvendo a análise e planejamento ambiental do sistema hidrográfico Papicu/Maceió, no município de Fortaleza, estado do Ceará, identificando e analisando as transformações ambientais na área. A autora constata um estágio evolutivo de degradação ambiental em função principalmente do desordenado processo de urbanização e propõe estratégias de planejamento ambiental e a implantação de um sistema de proteção e reservas ambientais ao entorno dos recursos hídricos.

7 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica e metodológica de qualquer ciência se converte em um elemento imprescindível para o desenvolvimento das investigações (Mateo Rodriguez, 2000).

Os geossistemas são sistemas naturais mas, o homem atua neles e estabelece uma infindável variedade de fatores de ordem sócio-econômica que, na verdade, constitui o verdadeiro motivo ou pelo menos o principal, que leva o geossistema a apresentar formas diferentes de evolução.

Coimbra (2000), afirma que a interdisciplinaridade, doravante, é uma vocação necessária para a ciência. A verdadeira ciência não pára em si; não se contenta com os objetos particulares de um saber, por mais valioso e indispensável que seja ele, porquanto tal objeto não é isolado de um contexto. Assim a verdadeira ciência internaliza outras formas de conhecimento e procura processá-las, reduzindo a dispersão da análise mediante a construção da síntese.

As demandas sociais são pautadas por problemas complexos e de natureza intrinsecamente interdisciplinar. Sua solução necessita, portanto, de uma visão sistêmica, que permita observar o fenômeno em seus vários ângulos e, conseqüentemente, utilizar os recursos existentes (humanos, materiais, ambientais, etc.) em prol da efetividade dos resultados para sociedade (Nobre, 2000).

Em virtude da complexidade e da relevante importância do ecossistema em estudo, pretendo dar a esta pesquisa um caráter interdisciplinar, utilizando-se uma visão sistêmica, em que se possa integrar os diversos aspectos ambientais e sociais. A abordagem sistêmica contribui para definir os limites de um sistema, identificar os elementos ou variáveis mais importantes e os tipos de interações entre eles. O complexo hídrico em estudo pode ser comparado a um organismo vivo, em que há um fluxo de matéria e energia e a interferência de uma variedade de fatores externos, muitas vezes maléficos, no que diz respeito a manutenção do equilíbrio ecológico deste ecossistema.

8 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

8.1 - Geomorfologia

As feições geomorfológicas da área em estudo podem ser agrupadas em dois domínios principais : os Glacis Pré-litorâneos e a Planície Litorânea. Segundo Ribeiro (2001) essa compartimentação geomorfológica está associada diretamente à litologia e aos fatores eustáticos e morfodinâmicos, podendo essas feições se configurar como área de recarga e área de descarga.

De acordo com Brandão et al. (1995), os Glacis Pré-litorâneos são formados por sedimentos miopleistocênicos pertencentes a Formação Barreiras que distribuem-se como uma faixa de largura variável, formam relevos tabulares, dissecados por vales alongados e de fundo chato, com cotas altimétricas baixas e suave inclinação em direção ao mar.

A Planície Litorânea está compreendida pelos campos de dunas, planícies fluviais, flúvio-marinhas e praias. As dunas são formadas por cordões contínuos e paralelos a linha de costa, sendo, algumas vezes, interrompidos pela interferência de planícies aluviais e flúvio-marinhas.

De acordo com Silva (2000), as planícies flúvio-marinhas são formadas pela ação conjunta de processos continentais e marinhos. Representam um ambiente constituído pela deposição de sedimentos argilosos, ricos em matéria orgânica, onde se desenvolve a vegetação de mangue. Essas planícies encontram-se representadas por setores da região costeira, onde se processa a mistura de água doce dos rios e riachos com água salgada que penetra nos continentes através das marés. Exemplo nesse sentido é observado na planície flúvio-marinha do riacho Maceió, que se caracteriza como uma área de forte instabilidade e vulnerabilidade ambiental.

As planícies fluviais, por sua vez, são áreas que abrigam melhores condições de solo e disponibilidade hídrica. Na área em estudo, a planície fluvial é representada pelos

riachos Papicu e Maceió. Segundo Ribeiro (2001) e de acordo com observações recentes, as condições geológicas desses mananciais encontram-se drasticamente alteradas. Praticamente não existe cobertura vegetal ao longo das margens dos riachos e isso permite que durante o inverno o fluxo seja mais intenso na calha dos riachos aumentando o ritmo e volume do escoamento. A cobertura vegetal exerce papel importante num sistema hidrológico, através das folhas, raízes e caules que interceptam a água das chuvas de diversas formas, impedindo o impacto da água sobre o solo, o que pode causar erosão e enchentes.

Do ponto da geomorfologia regional, a Lagoa do Papicu insere-se na unidade morfológica referente ao domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozóicos, caracterizada pela ocorrência de formas litorâneas do tipo dunas e planícies flúvio-marinhas, e feições do tipo tabuleiros pré-litorâneos, modelados nos sedimentos do grupo Barreiras (SOUZA, 1988).

Segundo Sales (1993), a análise conjunta de vários levantamentos realizados, indicam que a lagoa do Papicu tem uma origem atual, certamente posterior ao rebaixamento das dunas antigas e, possivelmente, embora sem indícios seguros, anterior as dunas de neo-formação. É provável que toda área do complexo hídrico representasse um único e extenso banhado, que os processos litorâneos foram posteriormente moldando em feições de lagoas isoladas, segmentos fluviais e dunas atuais, com as quais, o complexo não apresenta vinculação genética, mas evolutiva. A origem primária do surgimento do sistema lacustre deve-se de fato à deflação realizada pelos ventos de SE sobre o depósito de dunas antigas.

O sistema aquífero corresponde basicamente as formações dunares, uma vez que a Formação Barreiras é de baixa permeabilidade, permitindo a acumulação das águas de infiltração no contato entre os dois depósitos.

A área por onde escoam os cursos dos riachos é constituída por sedimentos arenosos de dunas antigas rebaixadas, favorecendo a percolação superficial do lençol freático que alimenta esses mananciais e assim é mais significativa a facilidade de infiltração dos fluxos hídricos. Por possuir sedimentos inconsolidados com alta capacidade

de absorção, a drenagem se torna perfeita. O rebaixamento da área e a boa capacidade de retenção destes aquíferos contribuem para a perenização dos recursos hídricos da bacia.

8.2 – Condições climáticas e hidrológicas

As condições climáticas verificadas na área onde está localizado o Complexo Hídrico Papicu/Maceió, de acordo com KÖPEN, é do tipo AW', que corresponde ao clima tropical chuvoso, quente e úmido, com chuvas distribuídas no verão e outono.

O regime de chuvas se caracteriza pela má distribuição, ocorrendo eventualmente chuvas excessivas e em determinado período escassez. A Figura 4 mostra a variação das normais pluviométricas em Fortaleza no período de 1966 a 2002, onde se observa uma maior concentração de chuvas no período de janeiro a junho e uma escassez destas no intervalo de julho a dezembro. A Zona de Convergência Intertropical é o principal sistema sinótico responsável pelo estabelecimento da quadra chuvosa. A precipitação média é da ordem de 1.350 mm/ano (DNPM, 1998).

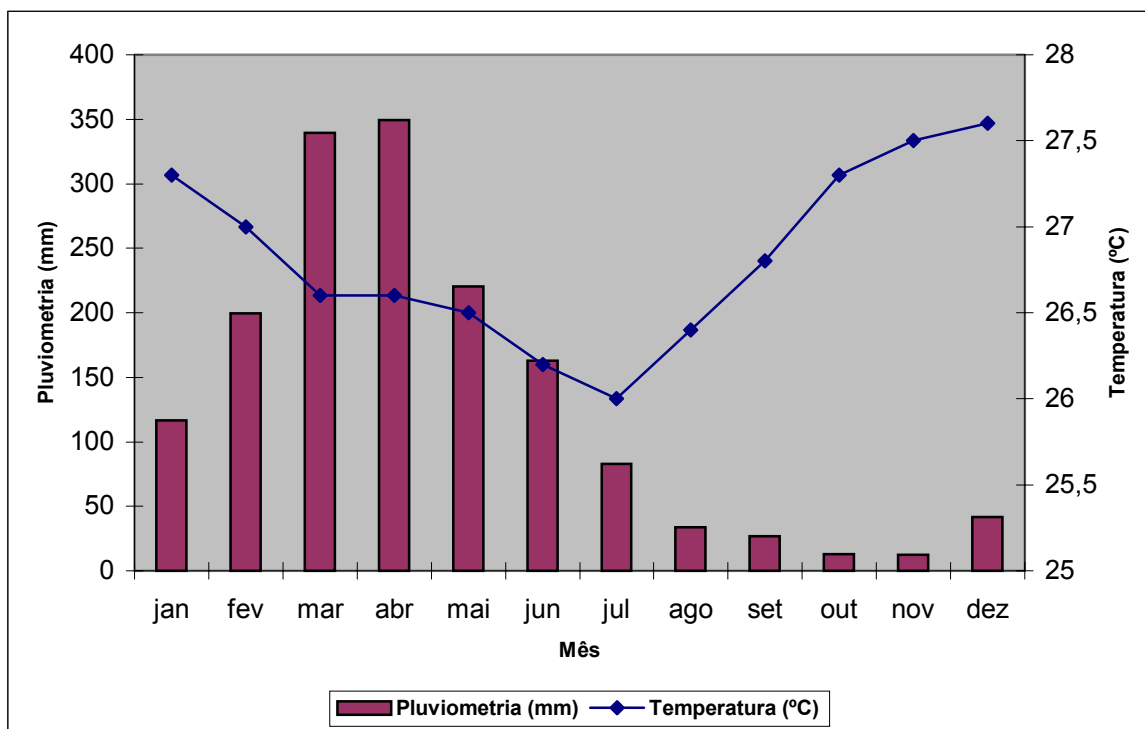


Figura 4. Variação das médias mensais de precipitação e temperatura no período de 1966 a 2002, na cidade de Fortaleza, Ceará.

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici, Dep. de Engenharia Agrícola da UFC.

No que se refere as normais de temperatura mensais verificadas nos últimos 36 anos (1966 a 2002) fica constatado que oscilam entre 26,0 °C e 27,6 °C, apresentando uma média mensal de 26,8 °C (Figura 4). A temperatura em toda região litorânea do Estado oscila entre 25 °C e 27 °C, possuindo o município de Fortaleza uma média anual de 26,5 °C.

A Figura 5 mostra a relação entre a precipitação, a evaporação e a temperatura do ar no ano de 2002, que corresponde ao período de coleta de amostras de sedimentos e água. Os dados apresentados foram obtidos junto a Estação Meteorológica do Campus do Pici, localizada no Departamento de Engenharia Agrícola da UFC.

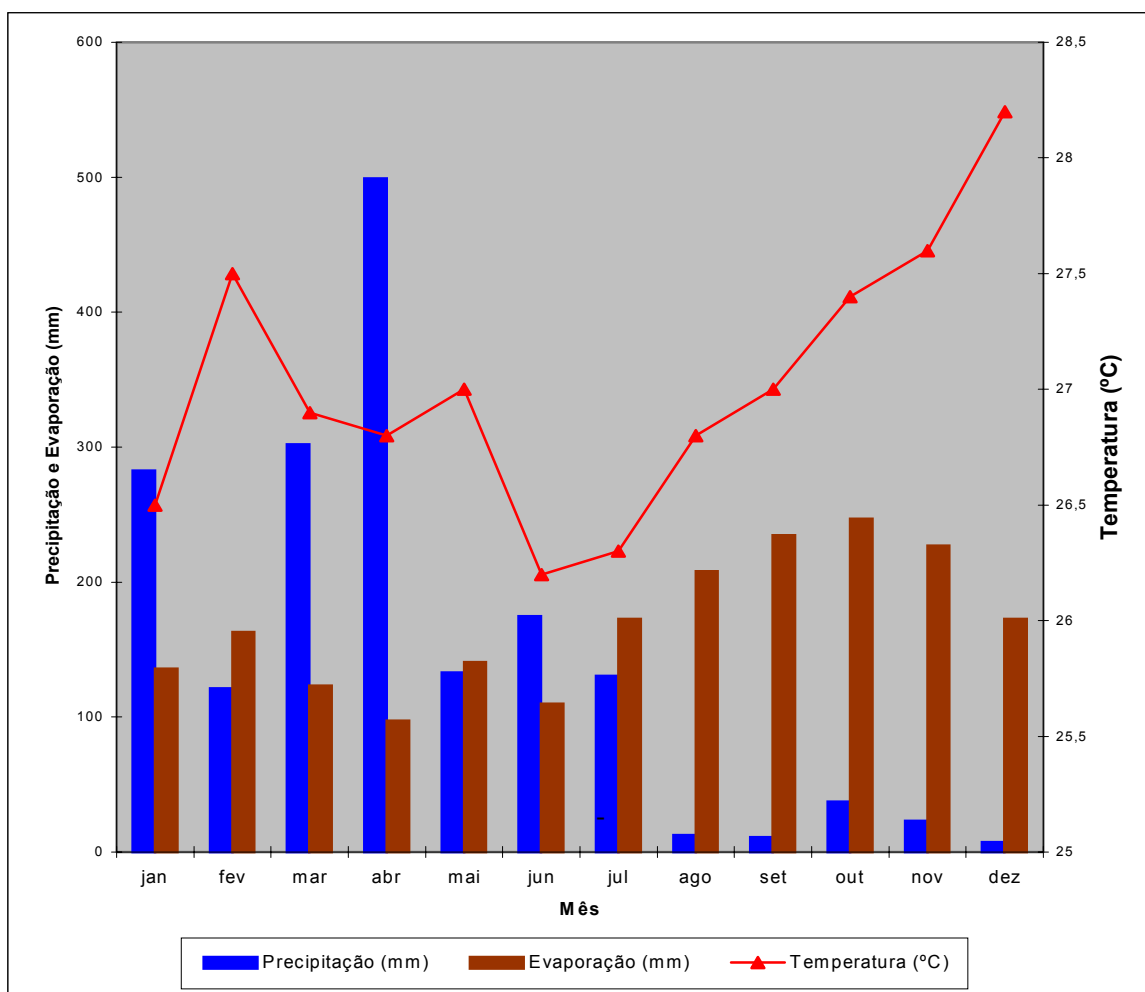


Figura 5 - Variação da precipitação em relação a evaporação e temperatura do ar em Fortaleza no ano de 2002.

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici, Dep. de Engenharia Agrícola da UFC.

No período mais chuvoso (janeiro a julho), as médias mensais de insolação foram mais baixas, influenciando nas médias de temperatura e evaporação que apresentam valores menores. A umidade relativa do ar, por sua vez, nesse mesmo período, apresentou os valores mais elevados (Figura 6).

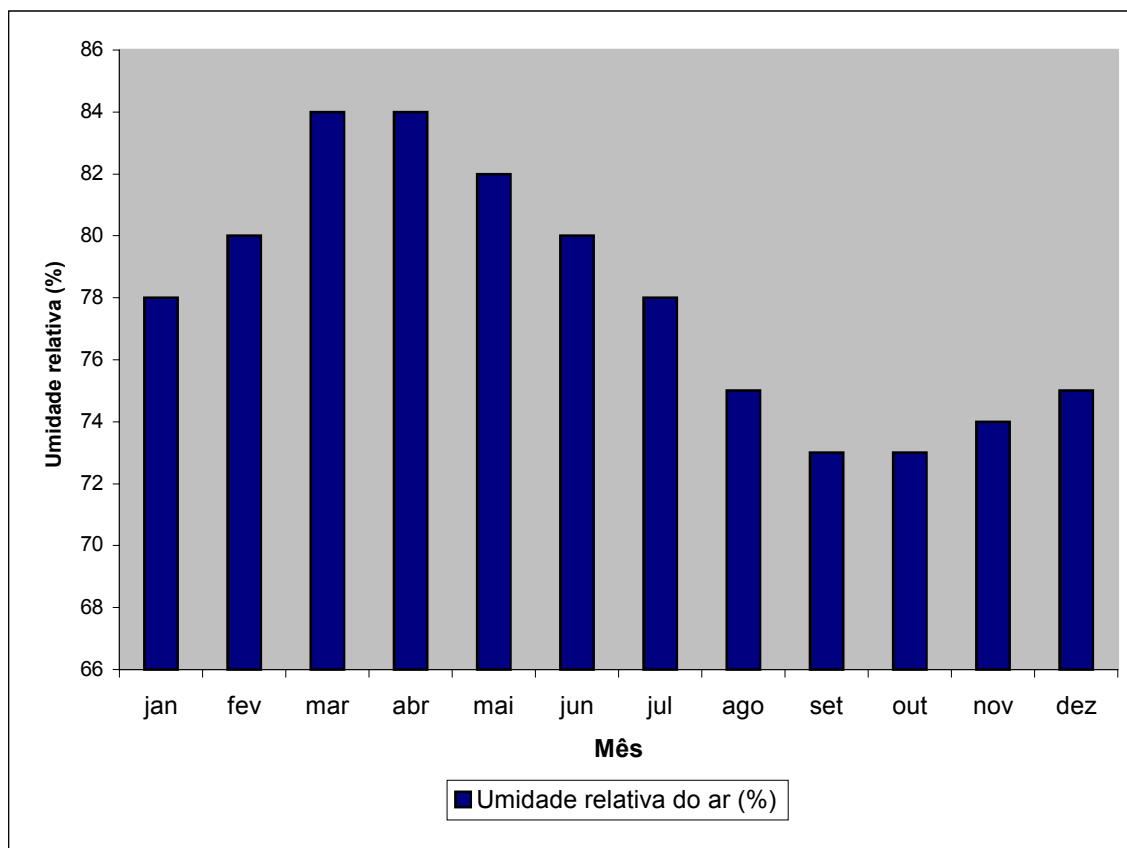


Figura 6 . Umidade relativa do ar em Fortaleza no período de 1966 a 2002.

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici, Dep. de Engenharia Agrícola da UFC.

Em linhas gerais, a área em estudo é caracterizada pela ocorrência de elevadas temperaturas, baixas amplitudes térmicas, baixos índices de nebulosidade, forte insolação, elevadas taxas de evaporação e marcante irregularidade das chuvas no tempo e no espaço, principal característica do seu regime pluviométrico (IPLANCE, 1997). Os principais parâmetros climáticos da área em estudo (temperatura, precipitação, evaporação, insolação, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade do vento, direção do vento), levantados durante a execução da pesquisa, estão representados na tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros climáticos do Complexo Hídrico Papicu/Maceió no ano 2002

MÊS	ANO											
	2002											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Temperatura (°C)	26,5	27,5	26,9	26,8	27,0	26,2	26,3	26,8	27,0	27,4	27,6	28,2
Precipitação (mm)	282,6	121,4	302,2	498,9	133,1	174,6	130,6	12,5	11,0	37,5	23,1	7,4
Evaporação (mm)	136,0	163,1	123,1	97,5	140,6	109,9	172,8	207,8	234,7	247,0	227,2	172,8
Insolação (hora/mês)	197,6	211,4	238,0	197,3	253,4	244,6	314,6	330,6	327,8	310,6	300,1	294,6
Umidade Relativa (%)	80	76	80	84	81	82	79	73	70	73	73	75
Pressão Atmosférica (mb)	1009,8	1009,7	1009,7	1009,0	1010,3	1012,2	1012,9	1012,5	1012,0	1010,4	1010,4	1010,3
Velocidade do vento (m/s)	2,7	3,7	3,0	2,4	3,1	3,4	3,4	3,8	4,2	4,3	3,7	3,6
Direção do vento	E	E	E	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	E

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici, Dep. de Engenharia Agrícola da UFC.

8.3 – Cobertura vegetal e fauna aquática

A cobertura vegetal de uma região reflete o comportamento dos elementos naturais, associado a interferência antrópica, que contribui para alterações significativas na composição da flora existente.

A flora e a fauna constituem recursos naturais renováveis e bióticos profundamente interligados em seus ecossistemas que, na prática, não devem ser manejados como entidades distintas (Soares, 1997).

No Complexo Hídrico Papicu/Maceió, foram identificadas as seguintes formações vegetais: Vegetação dunar (herbácea e arbórea), vegetação aquática/ aguapés.

As dunas mais antigas ou edafizadas, sobrepostas aos sedimentos da Formação Barreiras, rebaixadas e recobertas por dunas atuais, apresentam desenvolvimento incipiente de edafização, dominando associações de solos representados por areias quartzosas e regossolos (SOUZA,1989), apud Ribeiro (2001). Nessas áreas há a fixação de uma cobertura vegetal arbórea de maior porte, caracterizada pelas espécies *Anacardium occidentale* (cajuero), *Bysornima spp* (murici), *Pilocereus squamosus* (facheiro) e *Chrysobalanus icaco* (guajiru), associada a uma vegetação dunar herbácea, representada pelas espécies *Ipomea pes-caprae* (salsa de praia), *Paspalum vaginatum* (capim-de-praia), encontrada, principalmente, na duna localizada à margem direita da lagoa do Papicu, tendo um papel importantíssimo como agente fixador contra a deflação eólica, sendo o efeito da maritimidade sobre ela menos significativo. De acordo com observações feitas *in loco*, o topo dessa duna vem sendo danificado rapidamente por construções residenciais de alto padrão e pela pavimentação de ruas sem obedecer o escoamento natural ou caminho preferencial dos cursos d'água (Figura 7).



Figura 7. Aspecto da duna localizada à margem direita da Lagoa do Papicu. Em primeiro plano observa-se a vegetação arbustiva e ao fundo sua ocupação imobiliária.

A cobertura vegetal de dunas assume papel importante na manutenção do equilíbrio desses ambientes, sendo considerada de preservação permanente através da Lei nº 4.771 – Art. 2º de 15 de setembro de 1965, instituída pelo novo Código Florestal Brasileiro.

Atualmente cerca de 95% do espelho d'água da lagoa do Papicu está recoberto por uma vegetação aquática tipo aguapé (*Eichhornia crassipes*). Estudos realizados por Sales (op. cit.), indicam que em 1993, a vegetação ocupava 40% do espelho d'água da lagoa, o que demonstra uma crescente proliferação dessa espécie ao longo dos anos, que vem contribuindo para a intensificação do processo de eutrofização desse ambiente. No entanto, essa vegetação aquática tem importante papel na purificação das águas, pois o material poluente fica, em grande parte, retido no cinturão vegetal das plantas, apresentando-se como um filtro eficaz e recuperador da qualidade das águas.

A cobertura vegetal existente nas margens dos riachos Papicu e Maceió foi ao longo dos anos sofrendo uma descaracterização, existindo, atualmente, algumas espécies introduzidas pela comunidade (Figura 8). A retirada dessa vegetação vem permitindo que durante o inverno, quando o fluxo de água é mais intenso na calha dos riachos, aumentando o ritmo e volume do escoamento, ocorra uma intensificação dos processos erosivos, assoreamento e transbordamento do leito desses mananciais. A existência da cobertura vegetal, representaria, portanto, um atenuante desses processos, pois, as raízes, caules e folhas interceptariam a água das chuvas, impedindo o impacto imediato da água sobre o solo.



Figura 8 . Aspecto das espécies vegetais introduzidas nas margens do Riacho Papicu.

As principais espécies vegetais nas margens dos riachos são: *Anacardium occidentale* (cajeeiro), *Chrysobalanus icaco* (guajiru), *Jatropha gossypifolia* (pinhão roxo), *Cyperus sp* (capim-açu), *Terminalia catappa* (castanhola) e *Mimosóideae prosopis hassleri* (algaroba) .

Na planície flúvio-marinha do riacho Maceió restam apenas duas árvores de *Laguncularia racemosa* (mangue branco), representantes do sistema manguezal que, deveria ter no passado, ocupado toda a área da planície. Observações *in loco* permitiram a identificação de algumas espécies antrópicas, destacando-se a *Terminalia catappa* (castanhola), *Cocos nucifera* (coqueiro) e *Mimosóideae prosopis hassleri* (algaroba) (Figura 9).



Figura 9 - Aspecto das espécies vegetais existentes na planície flúvio-marinha do Riacho Maceió.

As principais espécies vegetais e suas áreas de ocorrência ao longo do complexo Papicu/Maceió estão representadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Principais espécies vegetais e áreas de distribuição no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.

LOCALIZAÇÃO	FAMÍLIA	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO
Nascente da Lagoa do Papicu	Anacardiaceae	cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i>
	Mirtáceae	goiabeira	<i>Psidium guajava</i>
	Musáceae	banana pacova	<i>Musa paradisiaca</i>
	Palmaceae	coqueiro	<i>Cocos nucifera</i>
	Combretáceae	castanhola	<i>Terminalia catappa</i>
Duna Margem direita da Lagoa do Papicu	Anacardiaceae	Cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i>
	Malpighiaceae	Murici	<i>Bysornima spp</i>
	Rosaceae	guajiru	<i>Chrysobalanus icaco</i>
Margem esquerda da Lagoa do Papicu	Malváceae	algodão-do-Pará	<i>Hibiscus tiliaceus</i>
	Combretáceae	castanhola	<i>Terminalia catappa</i>
	Anacardiaceae	cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i>
	Palmaceae	coqueiro	<i>Cocos nucifera</i>
Lagoa do Papicu	Pontederiaceae	aguapé	<i>Eichhornia sp</i>
Margens dos Riachos Papicu e Maceió	Anacardiaceae	cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i>
	Rosaceae	guajiru	<i>Chrysobalanus icaco</i>
	Euforbiáceae	pinhão roxo	<i>Jatropha gossypifolia</i>
	Ciperaceae	capim-açu	<i>Cyperus sp</i>
	Combretáceae	castanhola	<i>Terminalia catappa</i>
	Leguminosae	algaroba	<i>Mimosóideae prosopis Hassleri</i>
Planície fluviomarina do Riacho Maceió	Combretáceae	castanhola	<i>Terminalia catappa</i>
	Palmaceae	coqueiro	<i>Cocos nucifera</i>
	Leguminosae	algaroba	<i>Mimosóideae prosopis Hassleri</i>
	Combretacea	mangue manso	<i>Laguncularia racemosa</i>

O levantamento das espécies da fauna aquática do complexo Papicu/Maceió, foi elaborado através de observações *in loco* e contato com moradores da área. Apesar do comprometimento da qualidade da água de todo o complexo, devido ao grande volume de resíduos provenientes de esgotos, foram identificadas as seguintes espécies de peixes: camurupim, cará, muçu, beta, piau, curimatã, traíra e piaba. Os nomes científicos estão citados no Quadro 3, conforme Santos (1981).

De acordo com relatos da comunidade, no passado, o riacho Maceió, um dos corpos hídricos mais degradados desse sistema, era caudaloso e a fauna aquática era composta por várias espécies de peixes, destacando-se cará, muçu, camurupim, pema, traíra, piaba, além da presença de crustáceos como o siri e o caranguejo.

As substâncias presentes nos esgotos vem exercendo ação deletéria nos corpos de água em estudo, a matéria orgânica pode ocasionar a exaustão do oxigênio dissolvido, causando a mortandade de peixes e outros organismos aquáticos, e até mesmo o escurecimento da água e aparecimento de maus odores.

De acordo com informações fornecidas por pescadores da área, nos últimos anos, vem ocorrendo uma redução ou até mesmo o desaparecimento de algumas destas espécies, no entanto, no período de elevada pluviometria, aumenta a incidência de peixes.

Quadro 3 - Principais espécies da fauna aquática do Complexo Hídrico Papicu/Maceió

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR
Elopidae	<i>Tarpon atlanticus</i>	camurupim
Characidae	<i>Geophagus brasiliensis</i>	cará
Symbranchidae	<i>Synbranchus marmoratus</i>	muçum
Belontiidae	<i>Betta splendens</i>	beta
Characidae	<i>Leporinius ssp.</i>	piau
Cichlidae	<i>Pronchilodus sp.</i>	curimatã
Characidae	<i>Hoplias malabáricus</i>	traíra
Carangidae	<i>Xenomelanius brasiliensis</i>	piaba

9 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA ÁREA

9 – 1 – Formação Barreiras

A Formação Barreiras, de idade miocênica superior a pleistocênica, distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais. Na porção oriental da Região Metropolitana de Fortaleza (R.M.F) chega a penetrar até cerca de 30 km em direção ao interior, constituindo o trecho mais largo da faixa. Sua espessura, também, é bastante variável, em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre o qual repousa em discordância erosiva angular. Litologicamente, é formada por sedimentos areno-argilosos, pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes, de aspecto mosqueado, com granulação variando de fina a média e contendo intercalações de níveis conglomeráticos (Brandão *et al*) (op. cit.) (1995).

Os constituintes da Formação Barreiras são interpretados como pertencentes à fácies de leques aluviais e sistemas fluviais, depositados por processos gravitacionais e de tração, condicionados a regime de fluxo de alta energia, em ambiente continental. A espessura é bastante variável (DNPM, 1998).

A Formação Barreiras devido a sua grande distribuição espacial acha-se recobrendo diversas unidades litoestratigráficas, sendo que na orla de praia sotopõe-se em discordância pelas coberturas que formam as dunas. Geralmente, apresenta aspecto maciço, distinguindo-se às vezes visível paralelismo entre os *sets* deposicionais e nos níveis de constituição litológica diferente (Ribeiro, 2001). Na zona litorânea apresenta-se como um pacote de material areno-argiloso de colorações vermelhas e creme-amareladas, mal selecionados, com raros níveis caulínicos, com acamamento não distinto e intercalações de leitos de granulação mais grosseira a conglomerática. Nas porções mais próximas a costa, a lixiviação contribui para carrear a porcentagem argilosa, resultando uma cobertura mais arenosa da parte mais superior desta formação (Nascimento et al., 1981).

Segundo Bigarella (1975), apud Brandão (1995), o caráter ambiental é admitido como predominantemente continental, onde os sedimentos foram depositados sob condições de um clima semi-árido sujeito a chuvas esporádicas e violentas, formando amplas faixas de leques aluvionais coalescentes em sopés de encostas mais ou menos íngremes.

Na Região Metropolitana de Fortaleza, o pacote areno-argiloso, avermelhado, localizado próximo à avenida Santana Júnior, nas imediações da extinta salina Diogo, é bastante questionado em termos deposicionais. Essa seqüência sedimentar é tida por alguns autores como pertencente a Formação Barreiras e por outros como Paleodunas. Entretanto, estudo realizado por Branco *et al* (1991), enquadraram esse depósito sedimentar como pertencente a Formação Barreiras devido principalmente, aos percentuais de silte e argila encontrados nas amostras.

9 – 2 – Dunas

As dunas são formadas a partir da acumulação de sedimentos removidos da face de praia. Distribuem-se como um cordão contínuo disposto paralelamente à linha de costa, possuindo uma largura média de 2 a 3 km e espessura da ordem de 20 m. Normalmente, ocorrem capeando a geração de dunas mais antigas, embora, em algumas áreas estejam assentadas diretamente sobre os sedimentos terciários da Formação Barreiras (Brandão *et al*) (op. cit.). São estruturas constituídas de areias quartzosas, de coloração amarelada a esbranquiçada, granulometria fina a média, com grãos bem selecionados, foscos, que variam de arredondados a subarredondados. Os campos de dunas móveis da faixa costeira caracterizam-se pela ausência de vegetação, podendo ser observada, entretanto, a forma herbácea, que ameniza os efeitos da dinâmica eólica.

Em geral, as dunas são consideradas como ecossistemas frágeis, sensíveis, ou vulneráveis, devido à sua propensão para mudanças, mesmo quando submetidas a pequenos *stress* ambientais (Brandão *et. al*) (op. cit.). Os campos de dunas contribuem para o barramento das drenagens que possuem descargas deficientes, obstruindo as suas desembocaduras e formando, conseqüentemente, uma série de lagoas costeiras.

Segundo (Branco et al., 1991), as dunas presentes na margem direita da lagoa do Papicu, ao longo dos anos e com o incremento da construção imobiliária, mudaram o seu comportamento de móveis para fixas. Com a construção da cidade 2000, na década de 70, uma área das dunas foi aplainada, mudando a topografia local. O transporte sedimentar existente nas areias das dunas do Papicu, por ação constante dos ventos locais, é responsável pelo assoreamento da lagoa do Papicu.

No setor SE-NW do litoral de Fortaleza encontra-se duas configurações de dunas bem definidas: As dunas estabilizadas que dominam os setores adjacentes aos estuários dos rios Pacoti e Cocó e as dunas móveis, que ocupam faixas maiores entre os dois estuários, alargando-se em direção a Ponta do Mucuripe, onde apresentam o seu maior desenvolvimento, enquanto os cordões fixos se especializam cada vez mais em direção ao interior, ao longo da extensão das planícies flúvio-marinhas.

De acordo com Ribeiro (2001), as dunas móveis ou recentes, são caracterizadas pela ausência de vegetação e ocorrem mais próximas a linha de praia, onde a ação dos ventos é mais intensa. Litologicamente são constituídas por areias esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulação fina à média e quartzosas. Podem apresentar um recobrimento vegetal pioneiro, que detém ou atenua os efeitos da deflação eólica, tornando-as fixas ou semifixas. Em termos de morfologia, geralmente se apresentam em feições de barcanas.

A retaguarda das dunas recentes, observam-se as gerações de dunas mais antigas, que desenvolvem processos pedogenéticos (edafização), com cobertura vegetal de maior porte. Litologicamente são constituídas por areias bem selecionadas, de granulação fina à média, por vezes, siltosa quartzosas ou quartzosa-feldspáticas, com tons amarelados, alaranjados ou acinzentados. Normalmente, são sedimentos inconsolidados, embora, em alguns locais, possam apresentar um certo grau de edafização. Exibem feições típicas de dunas parabólicas, com eixos alinhados aproximadamente segundo a direção E-W, refletindo a predominância dos ventos que sopram do quadrante leste.

Em sua grande maioria, as dunas do litoral da cidade de Fortaleza encontram-se em processo de fixação. A especulação imobiliária e a fixação dos solos com vegetação antrópica para loteamento, é a principal responsável pela imobilização desses corpos.

9 – 3 – Características granulométricas e texturais dos sedimentos

Os sedimentos superficiais do Complexo Hídrico Papicu/Maceió apresentam uma classificação textural que varia de areia média a fina. Em geral, trata-se de material moderadamente selecionado, de cores cinza escuro a creme, constituídos por grãos de quartzo, feldspatos e traços de matéria orgânica.

As amostras coletadas nos pontos 01 a 06, localizados na lagoa do Papicu, são compostos por sedimentos arenosos e constituídos por quartzo, feldspatos e com uma fração biodetrítica. A análise textural revelou a predominância das classes areia média e fina. O ponto de coleta 02, localizado na nascente esquerda da lagoa do Papicu, apresentou sedimentos de textura fina; enquanto que, nos demais pontos de coleta (01, 03, 04, 05 e 06) predominou os de textura média.

Nos pontos 07, 08, 09, 10 e 11 nos leitos dos Riachos Papicu e Maceió, os sedimentos se constituem de areia biodetrítica média, apresentando boa quantidade de matéria orgânica.

O ponto de coleta 12 situado na confluência dos riachos Papicu e Maceió apresentou sedimentos constituídos de areia biodetrítica fina, moderadamente selecionada, destacando-se por uma elevada concentração de matéria orgânica, provavelmente em função da grande descarga de efluentes domésticos nesta área.

Na foz do Riacho Maceió, onde estão localizados os pontos de coleta 13 e 14, predominam sedimentos constituídos por areia quartzosa, variando de média a fina, moderadamente selecionada, o que indica uma contribuição de sedimentos praias. A figura 10 mostra a distribuição textural dos sedimentos ao longo do Complexo Hídrico Papicu/Maceió.

O Quadro 4 e a Tabela 2 mostram as características texturais e a composição das amostras analisadas.

Quadro 4 - Características texturais dos sedimentos do Complexo Hídrico Papicu/Maceió

Ponto de Coleta 01 – Nascente direita da Lagoa do Papicu	Ponto de Coleta 08 – Leito do Riacho Papicu
Classificação pela média : areia média Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - muito leptocúrtica - aproximadamente simétrica	Classificação pela média : areia média Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - mesocúrtica - aproximadamente simétrica
Ponto de Coleta 02 – Nascente esquerda da Lagoa do Papicu	Ponto de Coleta 09 – Leito do Riacho Maceió
Classificação pela média : areia fina Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - leptocúrtica - aproximadamente simétrica	Classificação pela média : areia média Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - platicúrtica - aproximadamente simétrica
Ponto de Coleta 03 – Margem direita da Lagoa do Papicu	Ponto de Coleta 10 – Leito do Riacho Maceió
Classificação pela média : areia média Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - mesocúrtica - aproximadamente simétrica	Classificação pela média : areia média Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - bem selecionada - leptocúrtica - assimetria positiva
Ponto de Coleta 04 – Margem esquerda da Lagoa do Papicu	Ponto de Coleta 11 – Leito dos Riachos Papicu e Maceió
Classificação pela média : areia média Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - muito leptocúrtica - assimetria negativa	Classificação pela média : areia média Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - muito leptocúrtica - aproximadamente simétrica
Ponto de Coleta 05 - Galeria pluvial ligada a Lagoa do Papicu	Ponto de Coleta 12 – Leito dos Riachos Papicu e Maceió
Classificação pela média : areia média Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - leptocúrtica - aproximadamente simétrica	Classificação pela média : areia fina Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - leptocúrtica - aproximadamente simétrica
Ponto de Coleta 06 - Escadouro da Lagoa do Papicu	Ponto de Coleta 13 - Foz do Riacho Maceió
Classificação pela média : areia média Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - platicúrtica - aproximadamente simétrica	Classificação pela média : areia média Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - mesocúrtica - assimetria negativa
Ponto de Coleta 07- Leito do Riacho Papicu	Ponto de Coleta 14 - Foz do Riacho Maceió
Classificação pela média : areia média Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - leptocúrtica - assimetria negativa	Classificação pela média : areia fina Classificação textural (Shepard) : areia Classificação conforme parâmetros estatísticos: - moderadamente selecionada - mesocúrtica - aproximadamente simétrica

Tabela 2 – Composição textural dos sedimentos superficiais do Complexo Hídrico Papicu/Maceió.

Ponto de coleta	$\geq 2 \text{ mm}$	$< 2,0 \text{ mm e} \geq 62 \mu$	$< 62 \mu$
1	1,5355	98,1995	0,2650
2	0,5545	99,4440	0,0015
3	0,3775	99,2105	0,4120
4	3,7065	95,5050	0,2700
5	2,0128	97,7380	0,2492
6	0,0878	99,8578	0,0544
7	4,1430	95,3587	0,4983
8	0,5930	97,7155	1,6915
9	0,0610	99,8632	0,0758
10	0,5780	99,2661	0,1559
11	4,3535	94,8255	0,8210
12	1,0150	98,7911	0,1939
13	0,0175	99,8996	0,0829
14	0,2103	99,7295	0,0602

9.5 – Concentração de carbono e matéria orgânica nos sedimentos

As concentrações de carbono nas amostras de sedimentos colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, variaram entre 1,38 g/kg e 16,56 g/kg (Tabela 3). A maior concentração (16,56 g/kg) ocorreu na nascente da lagoa do Papicu; enquanto que, a menor (1,38 g/kg) no leito do Riacho Maceió. A média de carbono orgânico nos sedimentos foi de 5,85 g/kg. A distribuição da quantidade de carbono ao longo do Complexo Hídrico Papicu/Maceió está representada na figura 11.

Os valores da concentração de matéria orgânica nos sedimentos variaram entre 2,38 g/kg a 28,54 g/kg (Tabela 3; Figura 11). A maior concentração (28,54 g/kg) ocorreu na lagoa do Papicu; enquanto que, a menor (2,38 g/kg) verificou-se no leito do riacho Maceió. O valor médio foi de 10,09 g/kg.

Tabela 3 – Valores das concentrações de carbono e matéria orgânica nas amostras de sedimentos colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió

Ponto de Coleta	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
Carbono (g/kg)	16,56	5,76	6,54	3,96	2,82	1,98	3,24	6,72	3,36	1,38	11,34	14,82	1,86	1,68
Matéria orgânica (g/kg)	28,54	9,93	11,27	6,83	4,86	3,41	5,58	11,58	5,79	2,38	19,55	25,55	3,21	2,89

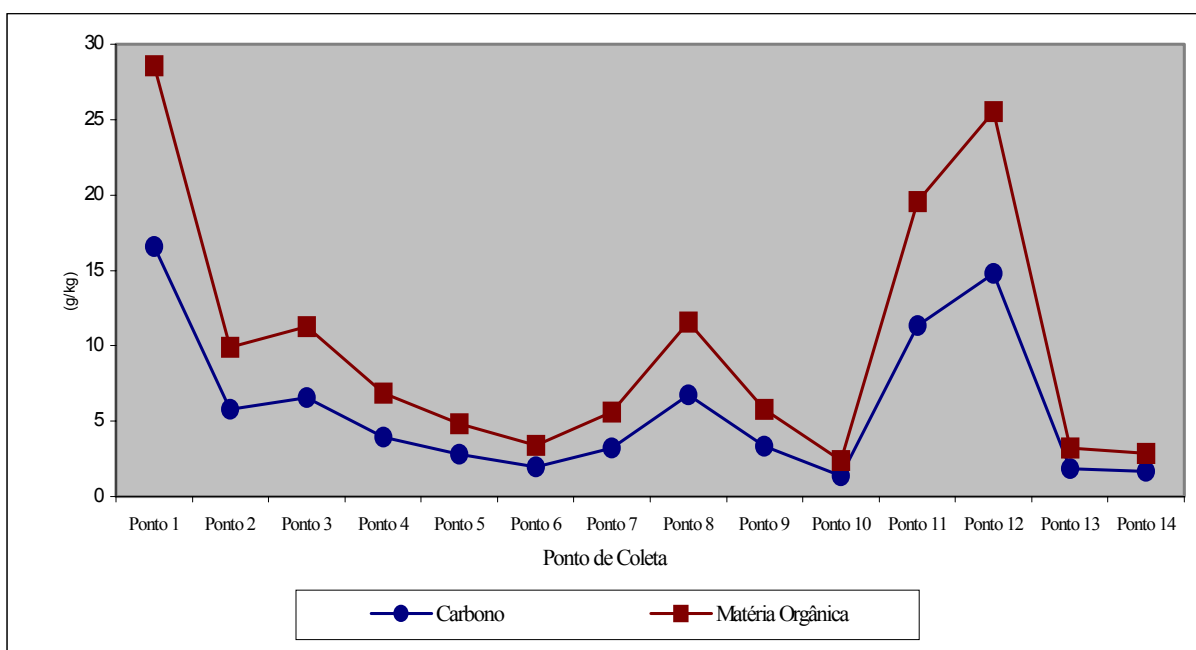


Figura 11 - Valores médios de carbono e matéria orgânica nos sedimentos ao longo do Complexo Hídrico Papicu/Maceió.

A concentração de elevada quantidade de matéria orgânica nos sedimentos desses mananciais, torna-os ricos em nutrientes tais como carbono, nitrogênio, fósforo e outros bio-estimulantes, causando a fertilização das águas (eutrofização artificial), que ao

atingir um certo grau, estimula o desenvolvimento excessivo da vegetação aquática (aguapés). Esta ao morrer, se decompõe, acelerando o processo de desoxigenação das águas, fato esse verificado nesse sistema hídrico.

10 - QUALIDADE DA ÁGUA

10.1 – Parâmetros físicos e químicos

A água, essência da vida, que se encontra no planeta, domina totalmente a composição química de todos os organismos existentes. Além de um bem de consumo, a água constitui um bem natural, indispensável e insubstituível para a sobrevivência dos organismos terrestres. Isso significa que todo ser vivente tem direito inerente a obtê-la no grau de pureza que seja compatível com suas próprias exigências orgânicas, Branco (1984), apud Arana (1997).

A qualidade da água dos nossos rios, lagoas, riachos e outros reservatórios é comprometida pelos poluentes que nela são lançados. Estes são provenientes de esgotos domésticos ou efluentes industriais, ou de fontes outras decorrentes do carreamento de contaminantes pela água de chuva que escoam pela superfície do solo ou pavimentação Soares & Maia (1999).

As águas que compõem o sistema Papicu/Maceió, de acordo com a Resolução nº 20/86 do CONAMA, são classificadas como doces e podem ser enquadradas, segundo seu uso, como pertencentes às classes 4 e 5, sendo destinadas à navegação, aos usos menos exigentes, à recreação de contato primário, à proteção das comunidades aquáticas, à criação natural e/ ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana e também, ao fato das suas formas naturais de drenagem constituírem um visual de harmonia paisagística.

Os parâmetros físicos e químicos analisados foram : turbidez, cor, odor, DBO₅ (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), OD (oxigênio dissolvido), oxigênio consumido, cloretos totais, condutividade, pH (potencial hidrogeniônico), alcalinidade total, dureza, nitrito, nitrato e amônia total.

10.1.1 - Turbidez, cor e odor

A turbidez da água é devida a matéria em suspensão, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e partículas similares. A presença de turbidez pode ocorrer naturalmente em função do processo de erosão e artificialmente em função de lançamento de despejos domésticos e industriais. A fauna e flora, também, podem sofrer distúrbios em função da redução em termos de penetração de luz (Derisio,2000).

A cor, elemento responsável pela coloração na água, é determinada a partir da dissolução de sólidos na água, podendo ser de origem natural, quando é originário da decomposição de matéria orgânica (principalmente vegetais, ácidos húmicos e fúlvicos), ferro e manganês ou de origem antropogênica, como resíduos industriais e efluentes domésticos.

A coloração da água contendo a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos – ex: clorofórmio), já os resíduos de origem industrial podem ou não apresentar toxicidade, Sperling (1996).

Em termos de tratamento e abastecimento público de água, valores de cor da água bruta inferiores a 5,0 uH (Unidade Hazen) usualmente dispensam a coagulação química; valores superiores a 25,0 uH requerem a coagulação química seguida por filtração.

Os valores de cor da água apresentaram uma variação significativa ao longo do Complexo Papicu/Maceió, nos dois períodos de estudo. Na estação chuvosa, o valor mínimo obtido foi 20,0 uH, no riacho Maceió; enquanto que o máximo (600,0 uH), foi constatado na foz do riacho Maceió (Tabela 4). A média nesse período foi 158,0 uH. No período de baixa pluviometria, os valores de cor da água variaram entre 30,0 uH e 75,0 uH (Tabela 5). O valor mínimo foi obtido no riacho Maceió; enquanto que o máximo foi constatado na lagoa do Papicu. O valor médio obtido foi 53,0 uH.

O odor corresponde a sensação olfativa, podendo ser decorrente da presença de sólidos em suspensão, sólidos ou gases dissolvidos (gás sulfídrico) na água. Esses elementos podem ser originários da decomposição da matéria orgânica, de

microorganismos (algas) ou de origem antropogenética (despejos domésticos, despejos industriais ou gases dissolvidos).

Os valores de turbidez nas águas do Complexo Papicu/Maceió, no período de elevada pluviometria, variaram entre 3,5 uT e 39,0 uT (Unidade nefelométrica de turbidez) (Tabela 4; Figura 12). O valor mínimo foi obtido no ponto de coleta 7, localizado no riacho Maceió; enquanto que o máximo foi observado no ponto de coleta 9, localizado na foz do Riacho Maceió.

No período de baixa pluviosidade, os valores de turbidez foram inferiores aos obtidos no período chuvoso, isso pode ser explicado devido a escassez de chuvas, reduzindo-se os processos de lixiviação, de carreamento de sedimentos das margens desses mananciais, bem como o lançamento de esgotos através das galerias pluviais. A média de turbidez nesse período foi de 3,4 uT. O valor mínimo de turbidez (2,0 uT) foi observado no ponto de coleta 6, localizado no riacho Papicu; enquanto que o máximo (6,5 uT) verificou-se no ponto de coleta 5, localizado na lagoa do Papicu (Tabela 5; Figura 13).

Em termos de tratamento e abastecimento público da água, valores de turbidez da água bruta inferiores a 20 uT, como é o caso dos valores obtidos em todas as amostras de água analisadas do complexo hídrico Papicu/Maceió, podem ser dirigidas diretamente para a filtração lenta, dispensando a coagulação química. Já, valores superiores a 50 uT requerem uma etapa antes da filtração, que pode ser coagulação química ou um pré-filtro grosseiro.

No que se refere ao tratamento e abastecimento público da água, valores de cor da água inferiores a 5 uH usualmente dispensam a coagulação química; enquanto que valores superiores a 25 uH, como a maioria dos valores obtidos no complexo hídrico Papicu/Maceió, requerem a coagulação química seguida por filtração. As águas com cor elevada implicam em um mais delicado cuidado operacional no tratamento.

Tabela 4 – Valores dos parâmetros físico-químicos das amostras de água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de elevada pluviometria, maio de 2002.

PARÂMETRO	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Turbidez (uT)	7,0	6,5	3,5	8,5	39,0
Cor (uH)	70,0	60,0	20,0	40,0	600,0
Odor	Sulfídrico	Sulfídrico	Sulfídrico	Sulfídrico	Sulfídrico
pH	6,97	7,42	7,06	7,56	7,13
Alcalinidade total (mg/L)	128,0	104,0	103,0	108,0	175,0
Dureza (CaCO ₃ /L)	171,0	125,0	163,0	155,0	149,0
Condutividade (s/cm)	618,0	481,0	632,0	576,0	792,0
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	102,0	74,0	102,0	89,0	123,0
Oxigênio Consumido (O ₂ /L)	12,75	2,5	6,25	7,75	17,5
Nitrito (mg N-NO ₂ ⁻ /L)	0,48	1,11	3,62	3,07	0,70
Nitrato (mg N-NO ₃ ⁻ /L)	2,62	3,4	10,57	4,74	2,59
Amônia total (mg N-NH ₃ /L)	2,36	1,73	1,52	1,52	12,93

Tabela 5 – Valores dos parâmetros físico-químicos das amostras de água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de baixa pluviometria, outubro de 2002.

PARÂMETRO	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Turbidez (uT)	6,5	2,0	2,5	2,5	3,5
Cor (uH)	75,0	60,0	30,0	50,0	50,0
Odor	Sulfídrico	Vegetal	Sulfídrico	Vegetal	Vegetal
pH	6,82	7,21	6,93	7,19	7,36
Alcalinidade total (mg/L)	139,0	104,0	90,0	110,0	111,0
Dureza (CaCO ₃ /L)	134,3	132,4	140,1	147,9	159,6
Condutividade (s/cm)	689,0	546,0	557,0	592,0	701,0
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	123,3	96,8	93,9	100,6	130,9
Oxigênio Consumido (O ₂ /L)	5,7	12,0	7,5	9,5	9,2
Nitrito (mg N-NO ₂ ⁻ /L)	9,0	125,0	260,0	201,0	146,0
Nitrato (mg N-NO ₃ ⁻ /L)	3,2	4,8	6,2	4,2	4,4
Amônia total (mg N-NH ₃ /L)	6,1	2,0	1,7	2,0	1,9

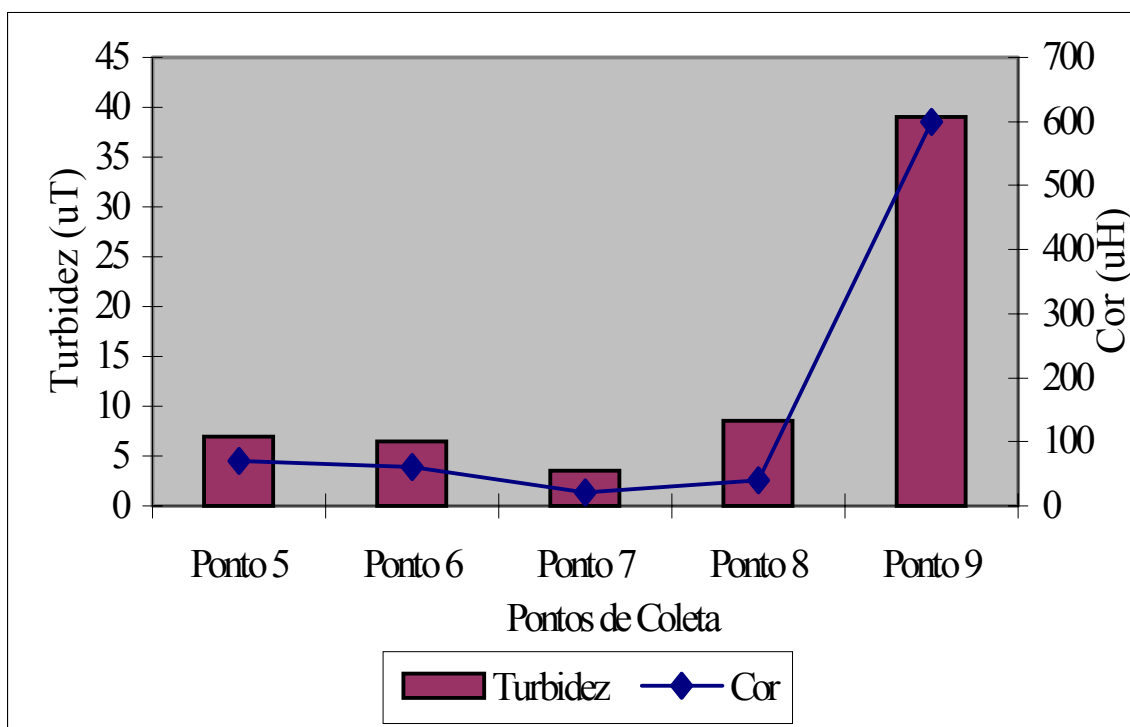


Figura 12 -Variação dos valores de turbidez e cor nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, durante o período de elevada pluviometria, maio de 2002.

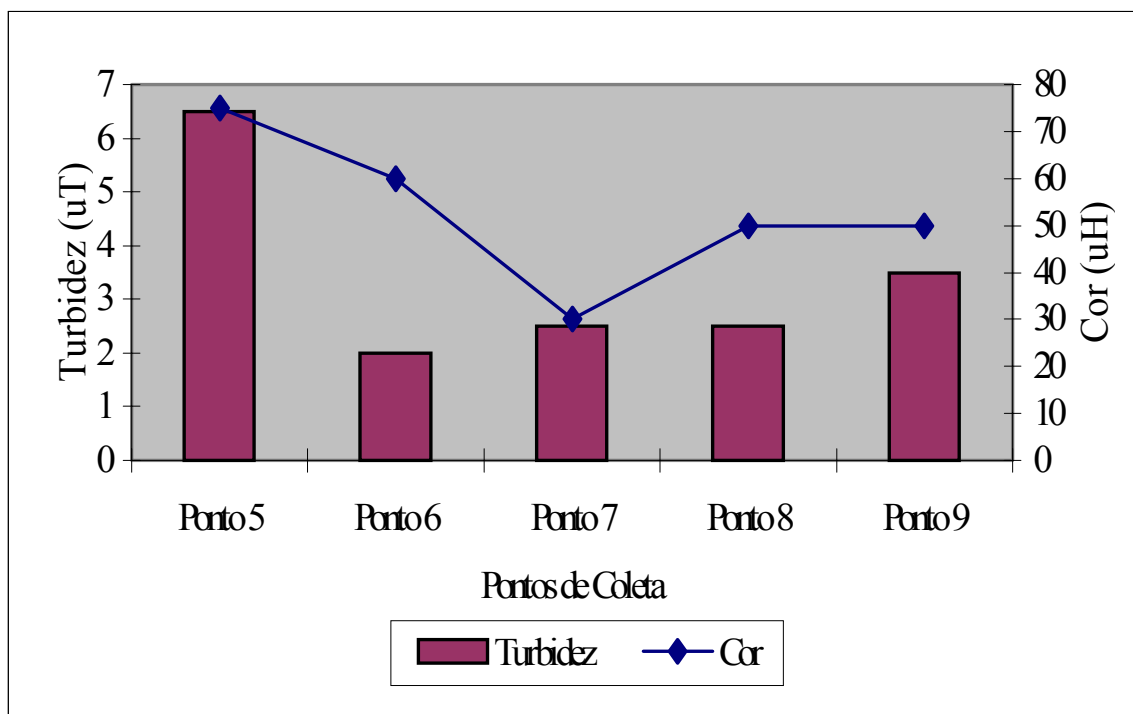


Figura 13 - Variação dos valores de turbidez e cor na águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, durante o período de baixa pluviometria, outubro de 2002.

Os resultados de odor na água demonstram que no período de elevada pluviometria, em todos os cinco pontos de coleta, obteve-se um odor de caráter sulfídrico (Tabela 4), decorrente da existência de gás sulfídrico (H_2S) dissolvido na água, que pode ser de origem natural ou antropogênica. De uma maneira geral, a presença desses gases, segundo Sperling (1996), não representa riscos a saúde, mas consumidores podem questionar a sua confiabilidade.

No período de baixa pluviometria, os resultados de odor na água variaram de sulfídrico a vegetal (Tabela 5). Nos pontos de coleta 5 (lagoa do Papicu) e 7 (riacho Maceió), obteve-se odor de caráter sulfídrico; enquanto que nos pontos de coleta 6 (Riacho Papicu), 8 (confluência dos Riachos Papicu e Maceió) e 9 (Foz do Riacho Maceió), constatou-se odor de caráter vegetal, decorrente possivelmente da decomposição de espécies vegetais (Tabela 5).

10.1.2 – Demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) corresponde a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação de matéria orgânica, através da ação de bactérias. Os maiores aumentos em termos de DBO_5 num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica (Derisio, 2000).

Os valores obtidos de DBO_5 no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, nos dois períodos estudados, período chuvoso (maio/2002) e período seco (outubro/2002), mostram que o valor máximo ocorreu na foz do Riacho Maceió (53,0 mg/L) no mês de maio de 2002; enquanto que o menor valor foi verificado no Riacho Papicu (4,8 mg/L) no mês de outubro de 2002.

Em geral, os valores de DBO_5 foram maiores no período chuvoso. No período seco, o maior pico ocorre no ponto de coleta 5, localizado na lagoa do Papicu (37,2 mg/L); enquanto que o mínimo (4,8 mg/L) verifica-se no ponto de coleta 6, localizado no riacho Papicu (Tabela 6). A figura 14 representa essa variação.

A Resolução 20/86 do CONAMA estabelece como limite aceitável para essas águas, valores de DBO_5 até $5,0 \text{ mg/L O}_2$. Nota-se que apenas o ponto P6 (Riacho Papicu) apresenta valor de $4,8 \text{ mg/L}$, no período de baixa pluviosidade, apresenta resultado de acordo com esta Resolução. Os demais valores de DBO_5 obtidos, estão bem acima dos limites estabelecidos.

Tabela 6 - Valores da demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.

PONTO DE COLETA	P5 Lagoa do Papicu	P6 Riacho Papicu	P7 Riacho Maceió	P8 Riachos Papicu / Maceió	P9 Foz do Riacho Maceió
Maio/2002	16,0	14,0	48,0	36,0	53,0
Outubro/2002	37,2	4,8	9,1	17,3	10,8

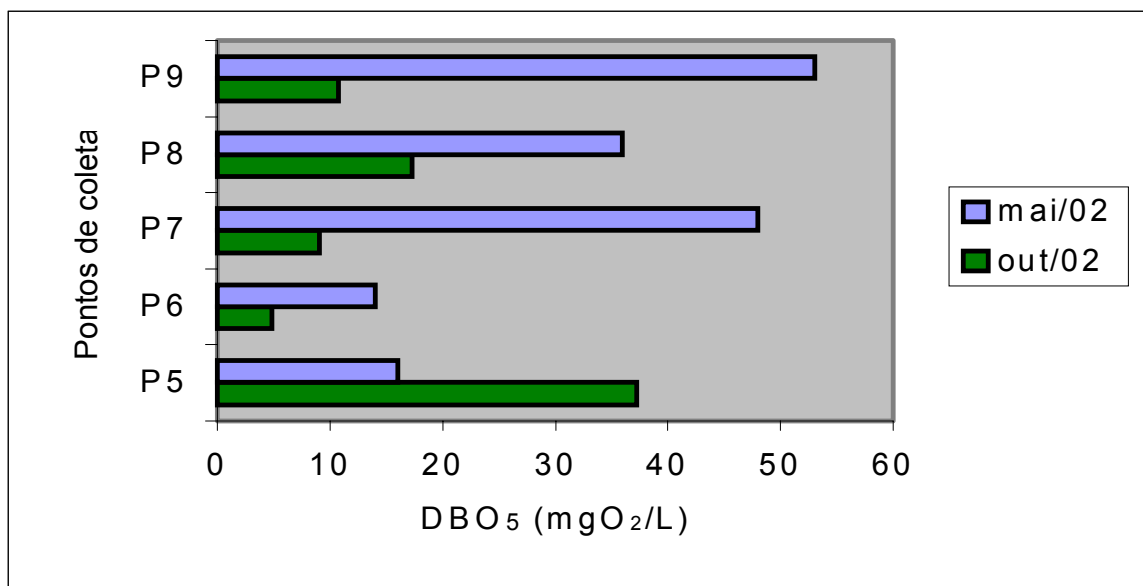


Figura 14 - Distribuição dos valores da demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.

10.1.3 – Demanda química de oxigênio (DQO)

A demanda química de oxigênio (DQO), como a demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) é um indicador da presença de matéria orgânica, pode ser definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Então, enquanto que na DBO₅ se tem uma oxidação com auxílio de bactérias, na DQO o fenômeno é provocado pela ação de uma substância química. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve, principalmente, a despejos de origem industrial (Derisio, 2000).

Os valores de DQO no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, nos dois períodos estudados, período chuvoso (maio/2002) e período seco (outubro/2002), mostram que o valor máximo ocorreu na lagoa do Papicu (68,5 mgO₂/L); enquanto que o menor valor foi verificado no riacho Papicu (6,8 mgO₂/L) no mês de outubro de 2002 (Tabela 7).

Em geral, os valores de DQO foram maiores no período chuvoso. Os maiores picos nesse período ocorreram nos pontos de coleta 7 e 9, localizados no Riacho Maceió e na foz do Riacho Maceió (60,0 mgO₂/L); enquanto que o mínimo (24,0 mgO₂/L) verificou-se no ponto de coleta 5, localizado na lagoa do Papicu. A figura 15 representa essa variação.

Tabela 7 - Valores da demanda química de oxigênio (DQO) nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.

PONTO DE COLETA	P5 Lagoa do Papicu	P6 Riacho Papicu	P7 Riacho Maceió	P8 Riachos Papicu/ Maceió	P9 Foz do Riacho Maceió
Maio/2002	24,0	25,0	60,0	52,0	60,0
Outubro/2002	68,5	6,8	13,7	34,2	20,5

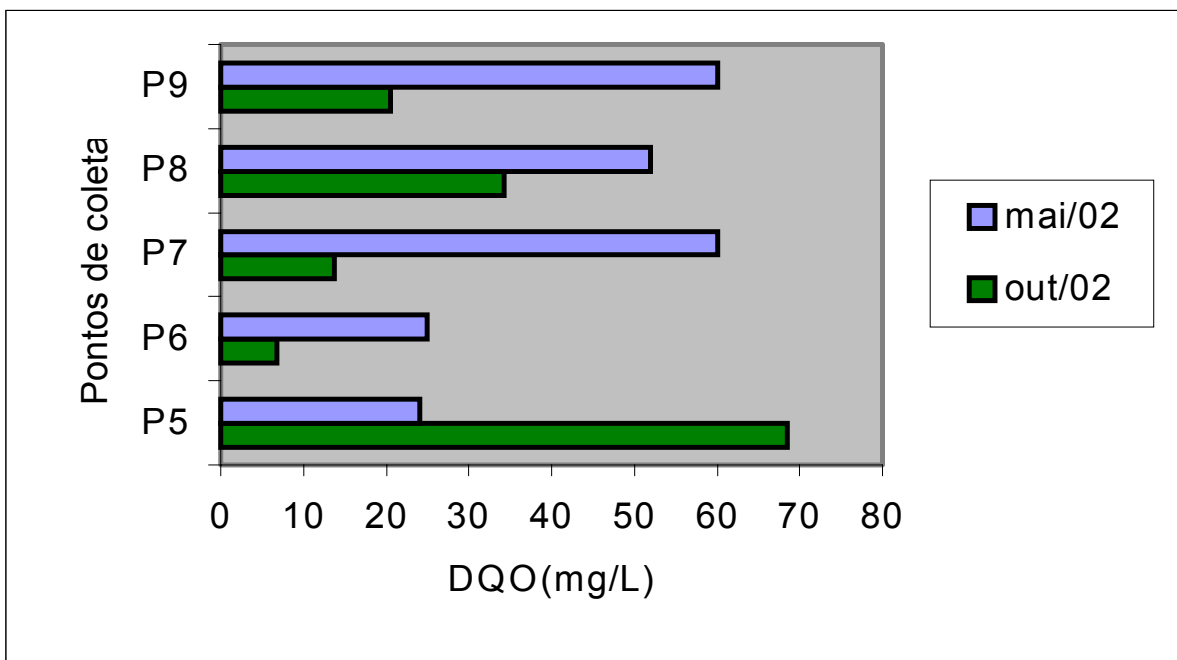


Figura 15 - Distribuição dos valores da demanda química de oxigênio (DQO) nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.

10.1.4– Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é um elemento de importância vital para os seres aquáticos aeróbios. A introdução desse elemento na água pode se dar através do ar atmosférico, do fenômeno de fotossíntese e da ação de aeradores ou insufladores de ar. As reduções nas concentrações de oxigênio nos corpos d'água são provocadas, principalmente, por despejos de origem orgânica. A ausência completa de oxigênio num corpo d'água pode dar origem a formação de gases objetáveis (H_2S , mercaptanas e etc.), além de não permitir a vida a nenhum ser aeróbio (Derisio, 2000).

Nos esgotos, os teores de oxigênio dissolvido são, normalmente, nulos ou próximos a zero. Isso se deve à grande quantidade de matéria orgânica presente, implicando em um elevado consumo de oxigênio pelos microrganismos decompositores (Sperling, 1996).

Os valores de oxigênio dissolvido obtidos no Complexo Papicu/Maceió demonstram que na lagoa do Papicu verificou-se ausência total deste elemento, tanto no

período seco quanto no chuvoso. Nos demais pontos de coleta os valores obtidos variaram entre 2,6 mgO₂/L e 4,0 mgO₂/L, com exceção do ponto de coleta 8, localizado na confluência dos riachos Papicu e Maceió onde se verificou a ausência de oxigênio no período seco (Tabela 8).

A Resolução 20/86 do CONAMA estabelece que o valor de oxigênio dissolvido (OD), em qualquer amostra, seja superior a 2,0 mgO₂/L. De acordo com os valores obtidos no Complexo Papicu/Maceió, nota-se que apenas os pontos P5 (lagoa do Papicu) e o P8 (confluência dos riachos Papicu e Maceió) apresentaram valores inferiores, ou seja, ausência total de oxigênio dissolvido na água; enquanto que os demais pontos apresentaram valores de acordo com o disposto na legislação.

A figura 16 representa a distribuição das concentrações de oxigênio dissolvido nas amostras d'água colhidas no complexo hídrico Papicu/Maceió.

Tabela 8 - Valores da concentração de oxigênio dissolvido nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.

PONTO DE COLETA	P5 Lagoa do Papicu	P6 Riacho Papicu	P7 Riacho Maceió	P8 Riachos Papicu / Maceió	P9 Foz do Riacho Maceió
Maio/2002	Ausência	2,6	3,2	3,2	3,8
Outubro/2002	Ausência	3,8	4,0	Ausência	3,6

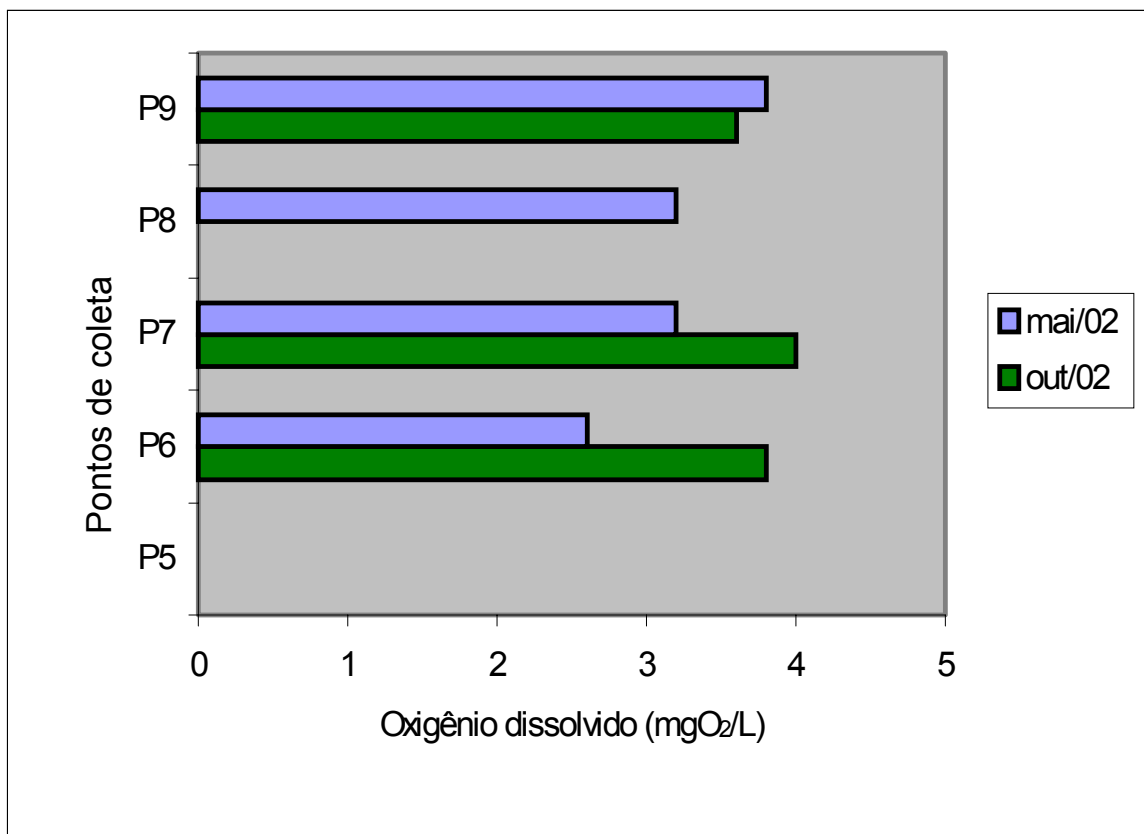


Figura 16 – Distribuição das concentrações de oxigênio dissolvido nas amostras d'água colhidas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.

10.1.5 – Oxigênio Consumido

Ao se lançar matéria orgânica em um manancial de água, ocorre uma grande proliferação de bactérias aeróbias que ao efetuarem a decomposição da mesma, utilizam o oxigênio do meio líquido para a sua respiração. O consumo do oxigênio dissolvido, pelas bactérias, pode reduzi-lo a valores muito baixos, ou mesmo, extingui-lo totalmente, com impactos sobre a vida aquática aeróbia. A decomposição anaeróbia da matéria orgânica, além de mais lenta e menos eficiente, produz gases e maus odores (Mota,1997).

Os valores de oxigênio consumido no Complexo Papicu/Maceió, nos dois períodos de estudo (estação chuvosa e seca) variaram entre 2,5 mg O₂/L a 17,5 mg O₂/L (Tabelas 4 e 5). No período chuvoso o maior consumo de oxigênio ocorreu na foz do Riacho Maceió (17,5 mg O₂/L); enquanto que o menor verificou-se no riacho Papicu (2,5 mg O₂/L). No entanto, no período seco, o maior consumo de oxigênio ocorreu

exatamente no riacho Papicu (12,0 mg O₂/L), sendo o menor valor verificado no ponto 5, localizado na lagoa do Papicu (5,7 mg O₂/L). Os valores de oxigênio consumido obtidos estão representados nas Tabelas 4 e 5.

10.1.6 – Condutividade e Cloretos

A condutividade, a salinidade e os cloretos são elementos que estão intrinsecamente relacionados em um corpo d'água. Os cloretos, geralmente, provém da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais, em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas (Mota,1997).

No período de estudo os valores de condutividade variaram entre 481,0 s/cm e 792,0 s/cm (Tabelas 4 e 5). O menor valor foi verificado no ponto de coleta 6, localizado no Riacho Papicu; enquanto que o maior valor ocorreu na foz do Riacho Maceió, no período chuvoso. A média de condutividade d'água em todo o complexo hídrico Papicu/Maceió, nos dois períodos de estudo foi de 618,4 s/cm.

As concentrações de cloreto no período chuvoso apresentaram valores que variaram entre 74,0 mg Cl⁻/L e 123,0 mg Cl⁻/L . A média verificada foi de 98,0 mg Cl⁻/L. No período seco, os valores de cloreto alcançaram concentrações entre 93,9 mg Cl⁻/L e 130,9 mg Cl⁻/L (Tabelas 4 e 5). Os valores obtidos são compatíveis com os padrões estabelecidos para estes ambientes e estão de acordo com os limites de potabilidade recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) que é de até 250,0 mg Cl⁻/L.

A variação da condutividade e da concentração de cloretos no complexo Papicu/Maceió estão representadas nas figuras 17 e 18.

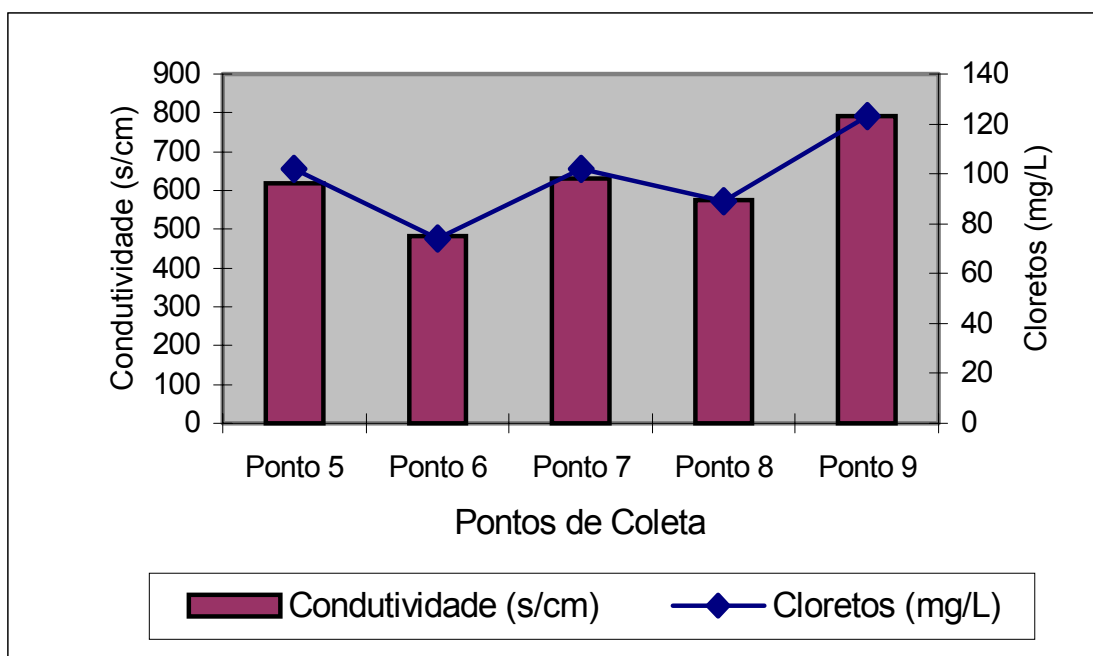


Figura 17 – Relação entre a condutividade e a concentração de cloretos no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, período de elevada pluviometria, maio de 2002.

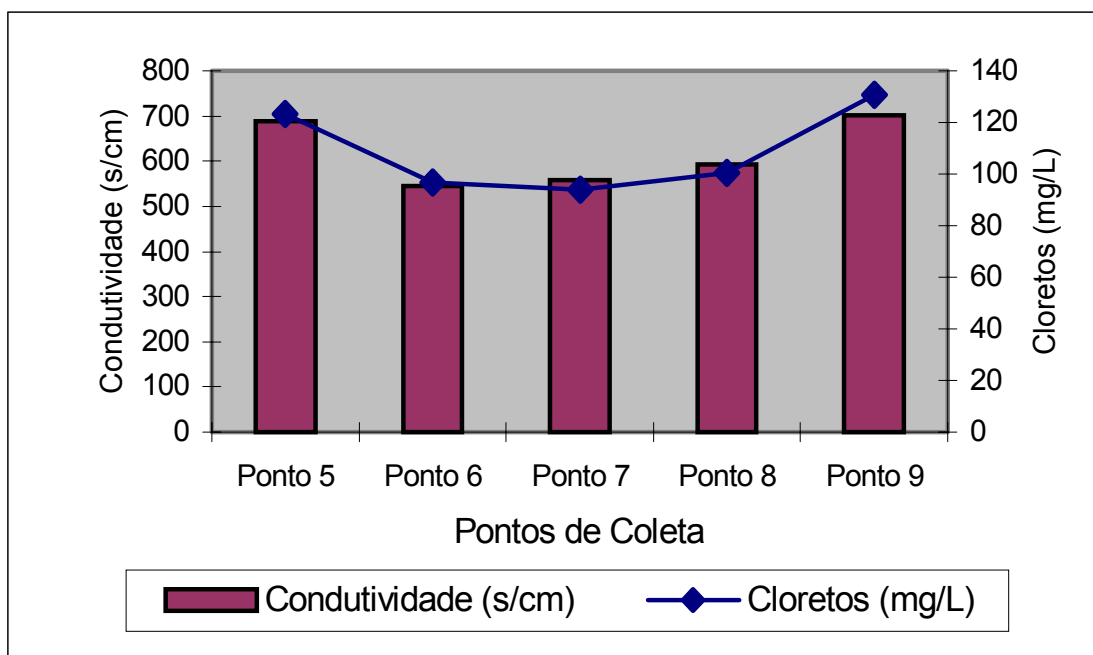


Figura 18 - Relação entre a condutividade e a concentração de cloretos no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, período de baixa pluviometria, outubro de 2002.

10.1.7– Potencial Hidrogeniônico (pH), Alcalinidade total e dureza

O pH representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- , depende da origem da água e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos. A vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9. Os valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. A alcalinidade total, por sua vez, causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio, mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos (Mota,1997). Segundo Esteves (1988), o pH possui uma estreita interdependência entre as comunidades vegetais, animais e o meio aquático. Esse fenômeno ocorre na medida em que as comunidades aquáticas interferem no pH, assim como o pH interfere de diferentes maneiras no metabolismo dessas comunidades.

A alcalinidade total corresponde a quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. É uma determinação importante no tratamento de esgotos, quando há evidências de que a redução do pH pode afetar os microrganismos responsáveis pela depuração.

Conforme Wetzel (1975), apud Arana (1997), o termo dureza é freqüentemente utilizado para caracterizar a qualidade de um determinado tipo de água. A dureza da água está determinada pelo conteúdo de sais de cálcio e de magnésio, estreitamente ligados com íons carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-) (dureza temporal) e com íons de sulfato, cloretos e outros ânions de acidez mineral (dureza permanente). Segundo Custódio & Llamas (1983), a soma das durezas temporária e permanente representam a dureza total. O grau de dureza da água é definido em função da sua concentração em mg/L de $CaCO_3$.

No Complexo Papicu/Maceió, o pH, em geral, apresentou um caráter básico, com valores próximos da neutralidade (Tabelas 4 e 5). No período chuvoso, o valor mínimo de pH (6,97) foi verificado no ponto de coleta 5, localizado na lagoa do Papicu; enquanto que o valor máximo (7,56) ocorreu no ponto de coleta 8, no entroncamento dos riachos Papicu e Maceió. A média de pH observada nesse período foi de 7,22. Já, no período seco, a média verificada ao longo dos cinco pontos de coleta foi de 7,10. O menor valor de pH foi obtido novamente na lagoa do Papicu (6,82); enquanto que o valor

máximo (7,36) ocorreu no ponto de coleta 9, localizado na foz do riacho Maceió (Figura 19).

De acordo com a Resolução 20/86 do CONAMA, todos os valores de pH obtidos no Complexo Papicu/Maceió estão de acordo com os limites estabelecidos para essas águas (pH: 6 a 9).

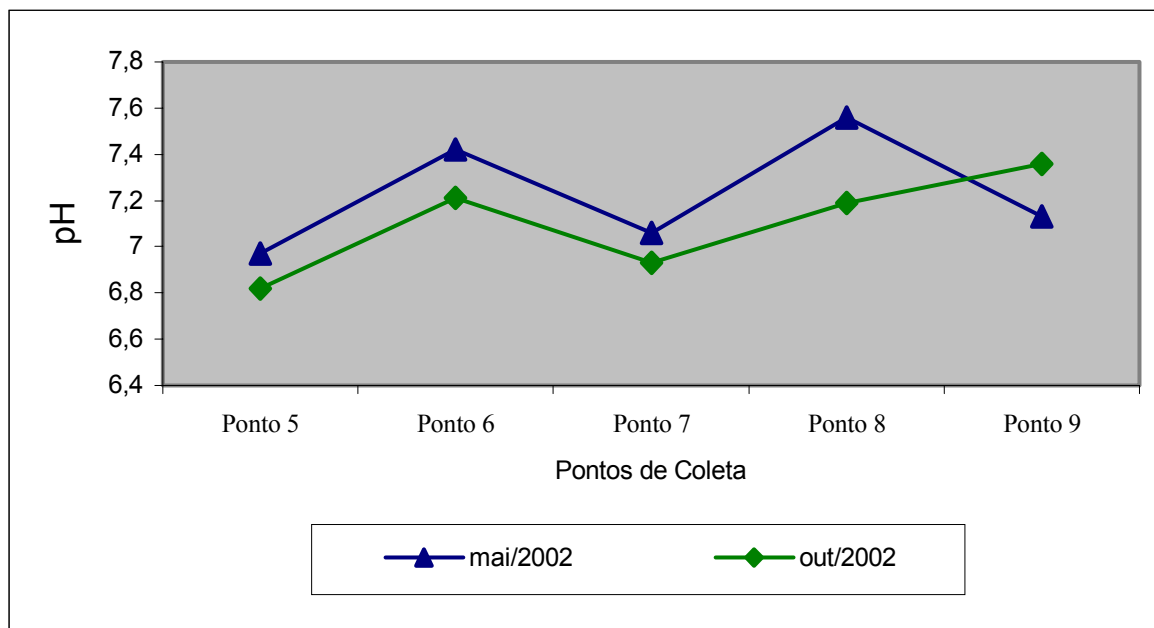


Figura 19 -Variação do pH (potencial hidrogeniônico) nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, nos períodos de elevada pluviosidade (maio/2002) e de baixa pluviosidade (outubro/2002).

Os valores encontrados para alcalinidade total no período chuvoso variaram entre 103,0 e 175,0 mg/L. O valor máximo de 175,0 mg/L foi determinado no ponto 9, localizado na foz do riacho Maceió e o mínimo de 103,0 mg/L foi obtido no ponto de coleta 7, localizado no riacho Maceió. No período seco os valores variaram de 90,0 mg/L, no ponto 7 à 139,0 mg/L, no ponto de coleta 5, localizado na lagoa do Papicu, apresentados nas tabelas 4 e 5 e figuras 20 e 21.

As águas do Complexo Papicu/Maceió se caracterizam como moderadamente dura a dura, com os valores variando de 125,0 mg/L a 171,0 mg/L. No período chuvoso, a dureza média foi de 152,6 mg/L; enquanto que no período seco a média verificada foi de 142,8 mg/L (Tabelas 4 e 5) e (Figuras 20 e 21).

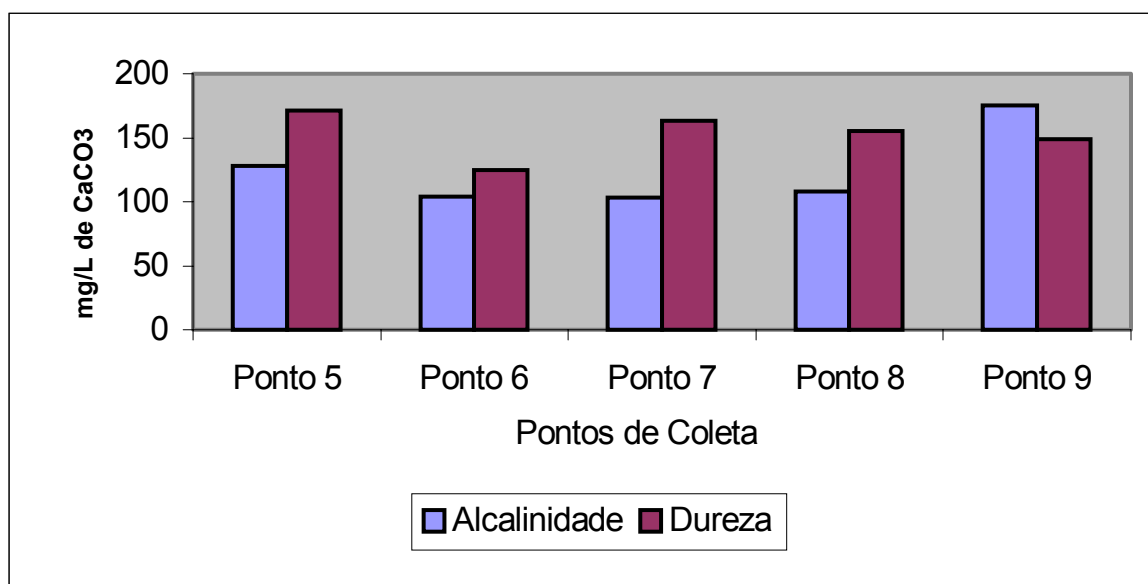


Figura 20 – Variação da alcalinidade total e dureza, nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, durante o período de elevada pluviometria, maio de 2002.

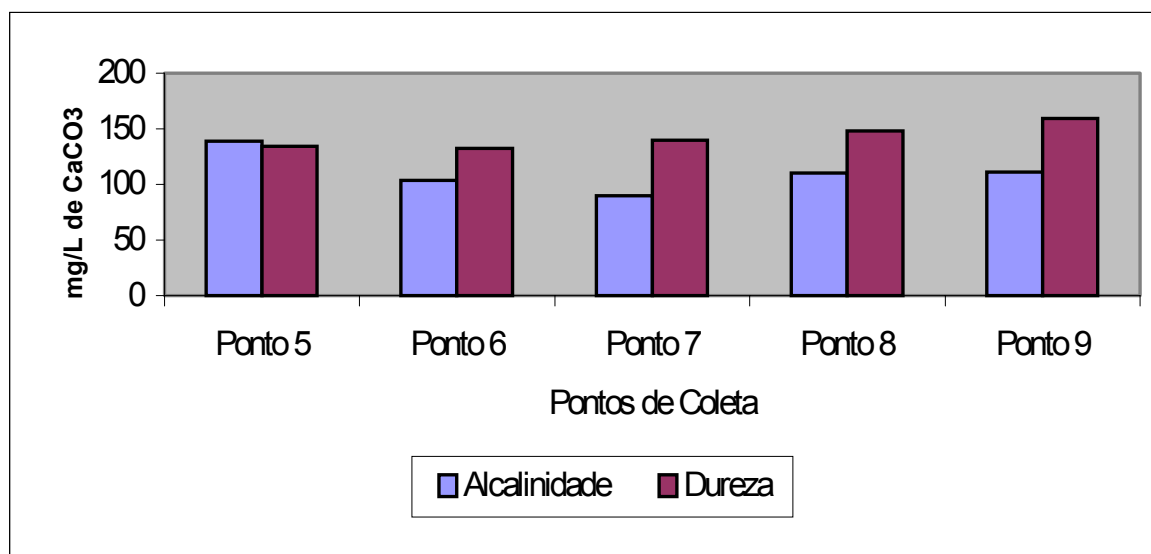


Figura 21 - Variação da alcalinidade total e dureza, nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, durante o período de baixa pluviometria, outubro de 2002.

10.1.8 - Nitrito, Nitrato e Amônia total

No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia (NH_3), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Segundo Sperling (1996), o nitrogênio é um elemento

indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, desencadeando um processo de eutrofização. Em um corpo d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição (poluição recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato).

Os valores de Nitrito (NO_2^-) no complexo Papicu/Maceió, durante o período chuvoso, variaram entre 0,48 mg/L (lagoa do Papicu) e 3,62 mg/L (riacho Maceió). A média geral verificada neste período foi de 1,79 mg/L (Tabela 4; Figura 22). No período seco, os valores obtidos foram bem mais elevados, isso se explica devido a uma menor diluição dos elementos poluentes, em função da baixa pluviometria. O valor mínimo verificado foi de 9,0 mg/L (lagoa do Papicu); enquanto que o máximo foi 260,0 mg/L (riacho Maceió) (Tabela 5; Figura 23). A média de nitritos nesse período foi de 148,2 mg/L.

As concentrações de Nitrato (NO_3^-) apresentaram pequena variação. O valor mínimo foi de 2,59 mg/L verificado no ponto de coleta 9, localizado na foz do riacho Maceió, no período de elevada pluviometria; enquanto que o máximo foi de 10,57 mg/L, obtido no ponto de coleta 7, no leito do riacho Maceió, no período chuvoso. A média geral de nitrato nos dois períodos de estudo foi de 4,67 mg/L .

A concentração média de amônia total no período chuvoso foi de 4,01 mg/L. No ponto de coleta 9, localizado na foz do riacho Maceió, obteve-se o valor máximo (12,93 mg/L), valor bastante elevado em relação aos obtidos nos demais pontos de coleta. O valor mínimo obtido foi de 1,52 mg/L, verificado nos pontos de coleta 7 e 8, que correspondem respectivamente ao riacho Maceió e a confluência dos riachos Papicu e Maceió. No período de baixa pluviosidade, o valor mínimo de amônia total (1,7 mg/L) ocorreu no ponto de coleta 7, localizado no riacho Maceió; enquanto que a maior concentração (6,1 mg/L) foi obtida no ponto de coleta 5, localizado na lagoa do Papicu (Tabelas 4 e 5) (Figuras 22 e 23). A média deste período foi de 2,74 mg/L.

Levando-se em conta os teores máximos estabelecidos pela Resolução do CONAMA , para as classes de água 4 e 5, nitrato (10 mg/L) e nitrito (1,0 mg/L), nota-

se que em relação a esse primeiro parâmetro, apenas o ponto de coleta 7, localizado no riacho Maceió, apresentou valor superior ao estabelecido (10,57 mg/L), no período de elevada pluviometria. Os demais valores de nitrato obtidos, estão de acordo com o estabelecido na legislação (≤ 10 mg/L). Em relação aos resultados de nitrito, apenas os pontos de coleta 5 (lagoa do Papicu) e 9 (foz do riacho Maceió), no período de elevada pluviometria, apresentaram valores de acordo com o estabelecido na legislação, 0,48 mg/L e 0,70 mg/L respectivamente. Os demais pontos de coleta apresentaram valores bem superiores aos limites aceitáveis.

Os valores de amônia total obtidos em todos os pontos de coleta, foram maiores que o estabelecido pela Resolução 20/86 do CONAMA.

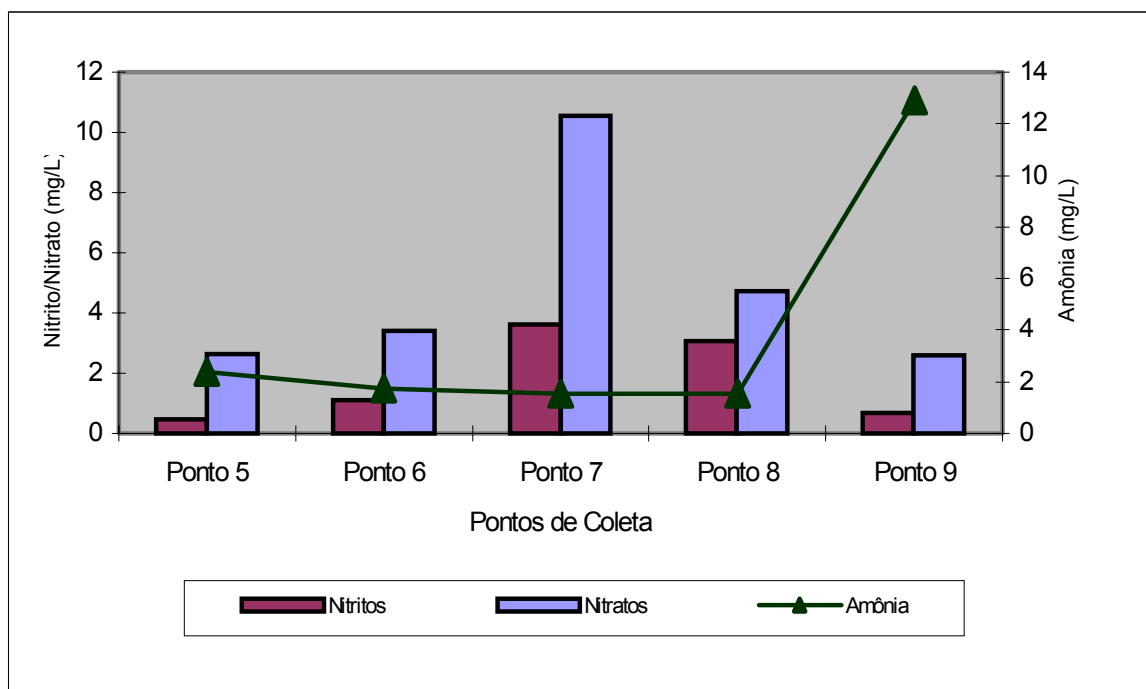


Figura 22 - Variação das concentrações de nitrito, nitrato e amônia total nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, durante o período de elevada pluviometria.

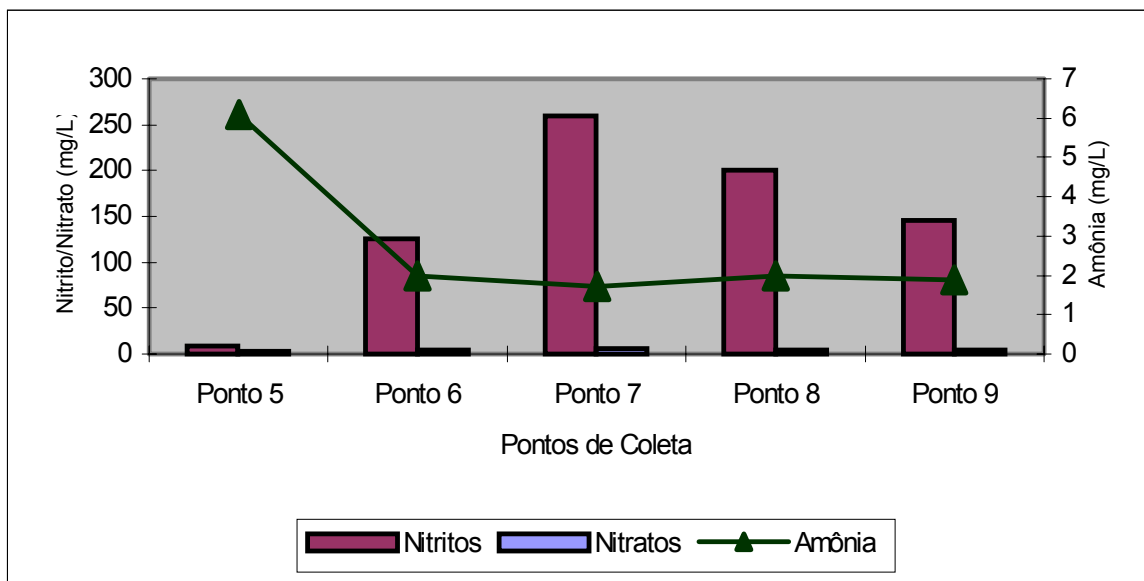


Figura 23 - Variação das concentrações de nitrito, nitrato e amônia total nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, durante o período de baixa pluviometria.

10.2 - Sólidos em suspensão na água

No período de elevada pluviometria as concentrações de sólidos em suspensão na água variaram entre 15,0 mg/L e 100,0 mg/L (Tabela 9; Figura 24). A menor concentração foi obtida no ponto de coleta 6, localizado no riacho Papicu; enquanto que a concentração máxima ocorreu no ponto de coleta 4, localizado na margem esquerda da lagoa do Papicu. A média geral verificada neste período foi de 31,8 mg/L. Os valores obtidos neste período foram bem superiores aos obtidos no período seco, devido a maior quantidade de chuvas, favorecendo a lixiviação dessas áreas, carreando águas e dejetos acumulados durante o período de estiagem.

As concentrações de sólidos em suspensão na água, no período de baixa pluviometria, variaram entre 4,0 mg/L e 27,0 mg/L. A média foi de 14,7 mg/L. Nesse período, a menor concentração ocorreu no ponto de coleta 6, localizado no riacho Papicu; enquanto que a concentração máxima ocorreu novamente no ponto de coleta 4, margem esquerda da Lagoa do Papicu (Tabela 9; Figura 24).

Em geral, o material em suspensão é de baixo teor em quase toda extensão do complexo Papicu/Maceió, normalmente inferior a 50,0 mg/L. A única exceção foi verificada na margem esquerda da lagoa do Papicu, no período chuvoso, onde a concentração de sólidos em suspensão atingiu 100,0 mg/L. Essa elevada concentração está relacionada a presença nas proximidades de uma galeria pluvial, que nesse período, lança um grande volume de resíduos na lagoa do Papicu.

Tabela 9 - Variação da concentração de sólidos em suspensão (mg/L), nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, nos períodos de elevada pluviometria (maio/2002) e baixa pluviometria (agosto/2002).

PONTOS DE COLETA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
MAIO 2002	22,0	16,0	24,0	100,0	20,0	15,0	20,0	22,4	47,0
AGOSTO 2002	19,4	23,0	18,4	27,0	10,8	4,0	5,4	15,0	10,0

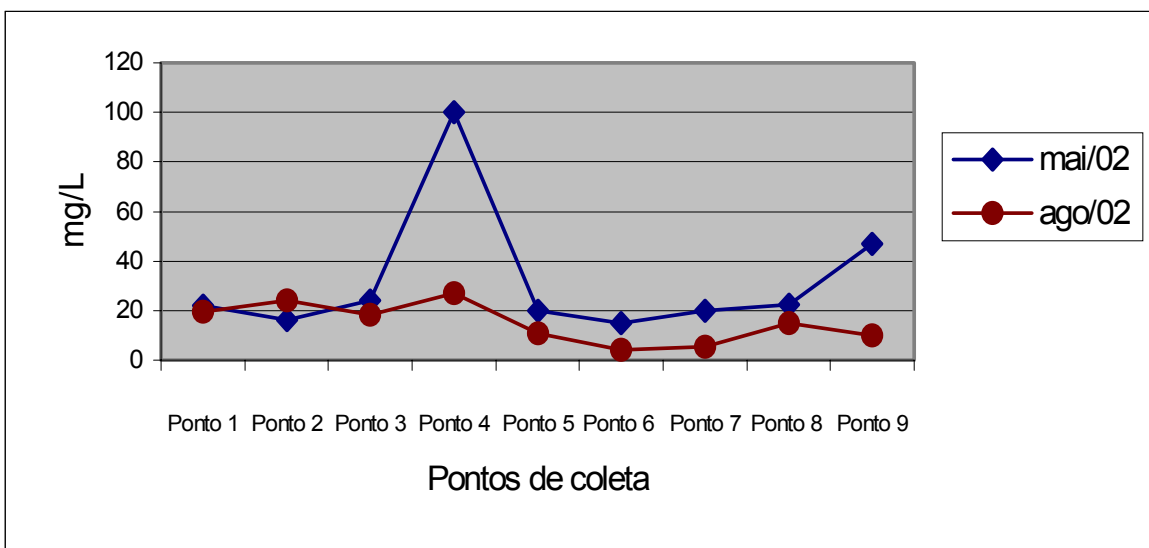


Figura 24 – Distribuição da concentração de sólidos em suspensão nas águas do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, nos períodos de elevada pluviosidade (maio/2002) e baixa pluviosidade (agosto/2002).

10.3 . Aspectos bacteriológicos da água

Segundo Derisio (2000) os organismos do grupo coliforme tem se mostrado como os melhores indicadores da possível presença de seres patogênicos (causadores de doença ao homem). A presença de coliformes numa água por si só não representa um perigo à saúde, mas indica a possível presença de outros seres causadores de problemas à saúde. A determinação deste indicador é baseada em termos probabilísticos, sendo o resultado expresso através do número mais provável (NMP) de organismos do grupo coliforme por 100 mililitros de amostra. Esse indicador pode ser medido como coliforme total e fecal, sendo esse último revelador quanto à presença de esgotos de origem sanitária.

No Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de elevada pluviosidade (abril a julho de 2002), os pontos que apresentaram os maiores valores para NMP de coliformes totais foram P2 e P6 ($>1600000/100$ mL), localizados na lagoa do Papicu e riacho Papicu respectivamente e P9 ($1600000/100$ mL), localizado na desembocadura do riacho Maceió; enquanto que o valor mínimo foi obtido no ponto de coleta 5 ($3500/100$ mL), na lagoa do Papicu (Tabela 10; Figura 25).

Em relação ao NMP de coliformes fecais, nesse mesmo período, os valores máximos foram verificados nos pontos de coleta P2 ($>1600000/100$ mL), localizado na lagoa do Papicu, P3 e P9 ($1600000/100$ mL), localizados na lagoa do Papicu e desembocadura do riacho Maceió. O valor mínimo ($2300/100$ mL) foi verificado nos pontos de coleta P7 e P8, que correspondem ao riacho Maceió e a confluência dos riachos Papicu e Maceió respectivamente (Tabela 11; Figura 26).

Os pontos que apresentaram os maiores valores para NMP de coliformes totais, no período de baixa pluviosidade, foram P1, P2, P3, P4, P5 (lagoa do Papicu) e P6 (riacho Papicu) ($> 160000/100$ mL); enquanto que o menor valor ($>1600/100$ mL), foi observado no ponto de coleta 8, localizado na confluência dos riachos Papicu e Maceió (Tabela 10; Figura 26).

No que diz respeito ao NMP de coliformes fecais, no período de estiagem, os pontos que apresentaram os valores mais elevados foram P2, P3, P4, P5 (lagoa do Papicu) e P6 (riacho Papicu) ($>160000/100$ mL); enquanto que o valor mínimo ($2300/100$ mL) foi obtido nos pontos de coleta P7 e P8, localizados no riacho Maceió e confluência dos riachos Papicu e Maceió (Tabela 11; Figura 28).

Em todos os pontos de amostragem o valor para NMP de coliformes/100mL mais freqüente, foi o de $>160000/100$ mL, tanto para totais como para fecais.

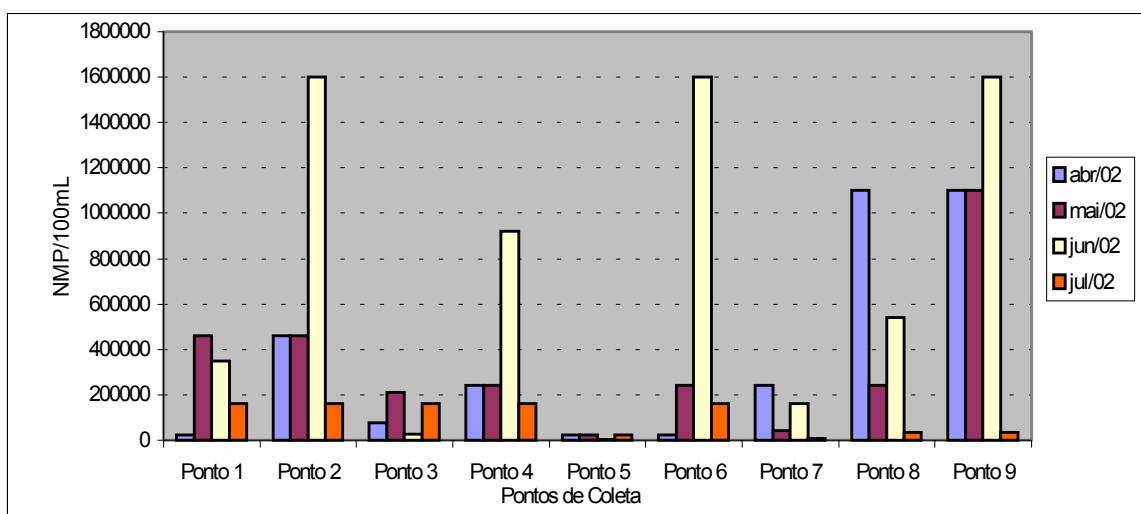


Figura 25 -Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais / 100 mL em amostras de água coletadas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de elevada pluviosidade.

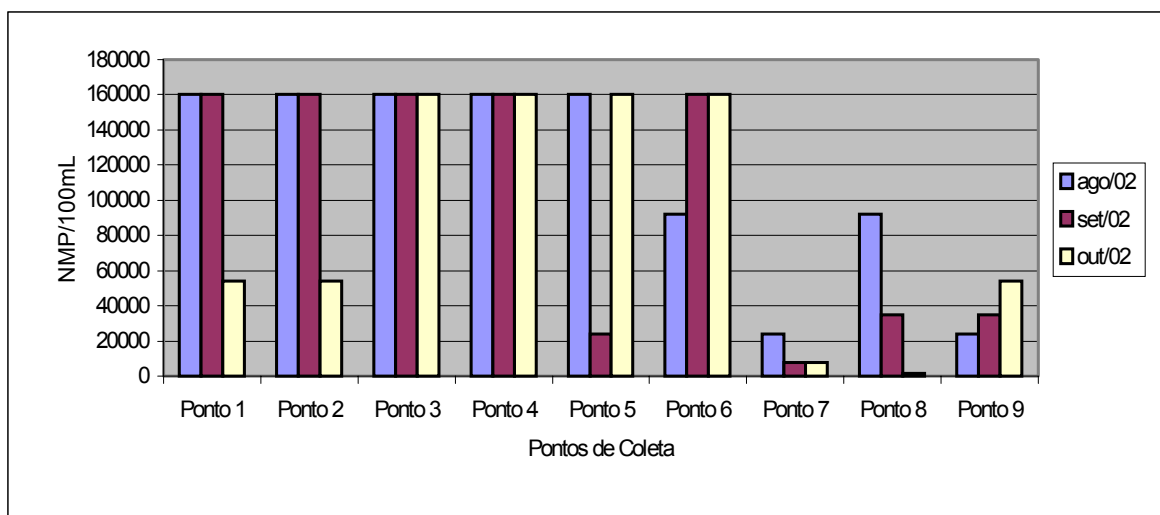


Figura 26 - Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais / 100 mL em amostras de água coletadas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de baixa pluviometria.

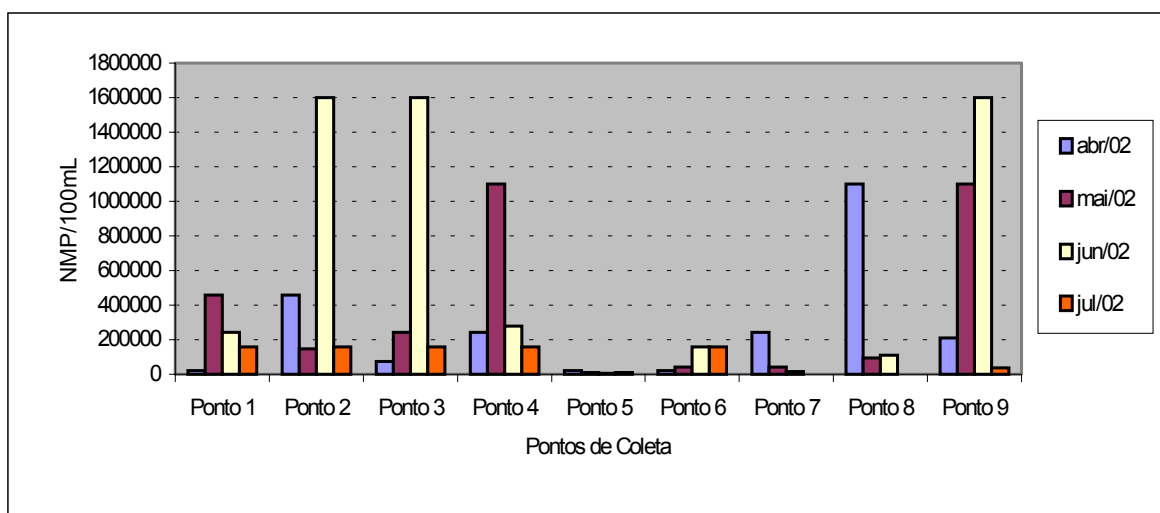


Figura 27 - Número Mais Provável (NMP) de coliformes fecais / 100 mL em amostras de água coletadas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de elevada pluviometria.

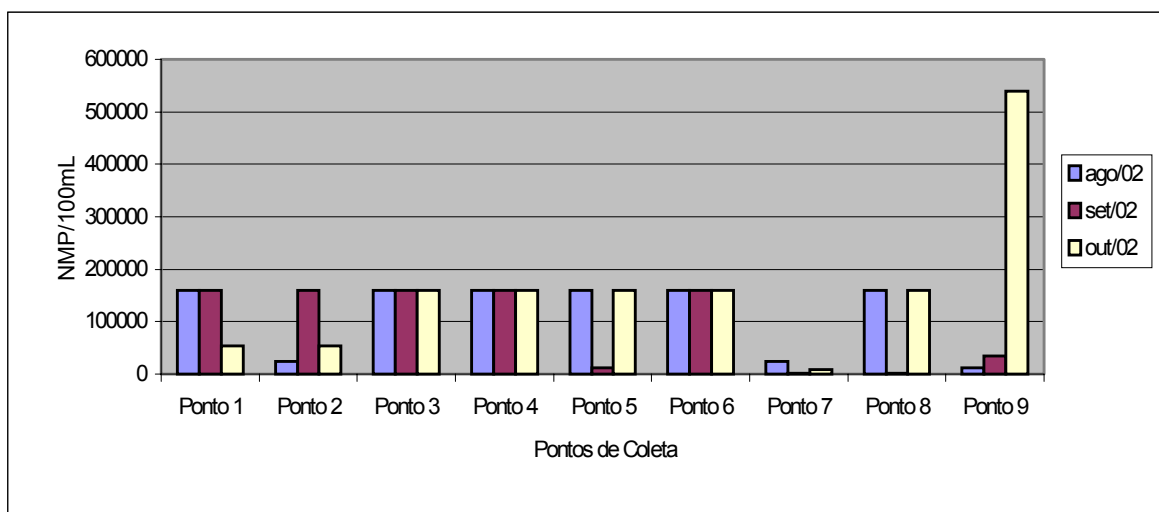


Figura 28 - Número Mais Provável (NMP) de coliformes fecais/ 100 mL em amostras de água coletadas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de baixa pluviometria.

Para as classes de água em que se enquadra a área em estudo, a Resolução 20/86 do CONAMA exige que o número de coliformes fecais não exceda um limite de 1.000 coliformes por 100 mililitros em 80 % ou mais, de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês. De acordo com os dados obtidos, todas as amostras apresentaram valores que excederam esse limite (Tabelas 10 e 11). Os altos valores obtidos para o NMP de coliformes totais e fecais, 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.

O fato dos recursos hídricos que compõem o complexo hídrico Papicu/Maceió receberem deságüe de esgoto (Figura 32), os tornam ambientes contaminados, capaz de disseminarem germes patogênicos, causar perigo para a comunidade, caso ela use essas águas, além de representar um perigo para recreação aquática.

Tabela 10 - Valores do NMP de coliformes totais/100mL das amostras de água coletadas no Complexo Hidrico Papicu/Maceió, no período de abril a outubro de 2002.

PONTOS DE COLETA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
ABRIL 2002	23000	460000	75000	240000	23000	23000	240000	>1100000	>1100000
MAIO 2002	460000	460000	210000	240000	23000	240000	43000	240000	>1100000
JUNHO 2002	350000	> 1600000	28000	920000	3500	> 1600000	> 160000	540000	1600000
JULHO 2002	160000	> 160000	> 160000	> 160000	24000	160000	7900	35000	35000
AGOSTO 2002	> 160000	160000	160000	> 160000	> 160000	92000	24000	92000	24000
SETEMBRO 2002	160000	> 160000	> 160000	> 160000	24000	160000	7900	35000	35000
OUTUBRO 2002	54000	54000	> 160000	> 160000	> 160000	> 160000	7900	> 1600	54000

Tabela 11 - Valores do NMP de coliformes fecais/100mL das amostras de água coletadas no Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no período de abril a outubro de 2002.

PONTOS DE COLETA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
ABRIL 2002	23000	460000	75000	240000	23000	23000	240000	>1100000	210000
MAIO 2002	460000	150000	240000	> 1100000	9200	43000	43000	93000	>1100000
JUNHO 2002	240000	> 1600000	1600000	280000	3500	> 160000	> 16000	110000	1600000
JULHO 2002	160000	> 160000	160000	> 160000	13000	160000	2300	2300	35000
AGOSTO 2002	160000	24000	160000	> 160000	> 160000	> 160000	24000	160000	13000
SETEMBRO 2002	160000	> 160000	160000	> 160000	13000	160000	2300	2300	35000
OUTUBRO 2002	54000	54000	> 160000	> 160000	> 160000	> 160000	7900	160000	540000

10.4. O processo de eutrofização da lagoa do Papicu

A eutrofização, segundo Curtis (1985), apud Arana (1997) é a situação que se apresenta quando se introduz um excesso de nutrientes num habitat aquícola, causando um grande crescimento de determinados tipos de algas. Quando os nutrientes já foram completamente utilizados e, portanto, esgotados, as algas morrem e os decompositores bacterianos, que se alimentam das algas mortas, consomem o oxigênio da água, dando lugar a uma forte demanda de oxigênio.

De acordo com Esteves (1988), a eutrofização pode ser natural ou artificial. A eutrofização do tipo natural é um processo lento e contínuo, resultante do acúmulo de nutrientes transportados pelas chuvas e pelas águas superficiais, que erodem e lavam a superfície terrestre, corresponde ao que poderia ser chamado de envelhecimento natural de um lago. De acordo com Braga et al (2002), os lagos em regiões tropicais, como é o caso da lagoa do Papicu, possuem uma tendência maior a eutrofização por se localizarem em regiões quentes e com grande incidência de radiação solar, praticamente, constante ao longo do ano.

A eutrofização induzida pelo homem é denominada de artificial, cultural ou antrópica, neste caso, os nutrientes podem ter diferentes origens: efluentes domésticos, efluentes industriais e/ou decorrentes de atividades agrícolas. Este tipo de eutrofização é responsável pelo envelhecimento precoce de ecossistemas lacustres. A eutrofização artificial pode ser considerada como uma reação em cadeia de causas e efeitos bastante evidentes, cuja característica principal é a quebra da estabilidade do ecossistema (homeostase). A homeostase nos ecossistemas aquáticos caracteriza-se pelo equilíbrio entre a produção de matéria orgânica e seu consumo e decomposição. Com o rompimento do estado de equilíbrio, devido a eutrofização artificial, o ecossistema passa a produzir mais matéria orgânica do que é capaz de consumir o decompositor. Esse desequilíbrio ecológico é acompanhado de profundas mudanças no metabolismo de todo o ecossistema.

De acordo com Sperling (1996), os principais efeitos indesejáveis da eutrofização estão relacionados a problemas estéticos e recreacionais, como a diminuição

do uso da água para recreação, balneabilidade e redução geral na atração turística devido a freqüentes florações das águas, crescimento excessivo da vegetação, distúrbios com mosquitos e insetos, eventuais maus odores e mortandades de peixes em função de anaerobiose e toxicidade por amônia.

A eutrofização pode provocar o desaparecimento de um lago ou lagoa como um todo, pois em decorrência desse processo e do assoreamento, aumenta a cumulação de matérias e de vegetação, e o manancial se torna cada vez mais raso, até vir a desaparecer, sendo que essa tendência de desaparecimento, muitas vezes, é irreversível, porém, extremamente lenta, sendo o processo acelerado através da interferência antrópica.

A lagoa do Papicu, segundo Sales (1993), é um reservatório interdunar que se desenvolve perenemente em uma área de aproximadamente 1,5 km, tendo uma forma alongada, apresentando 640m de comprimento e 145m de largura e alimenta em caráter perene um pequeno curso d'água, o riacho Papicu.

De acordo com levantamentos realizados pela Defesa Civil do Estado, em janeiro de 2003, setenta e três famílias residiam as margens da lagoa do Papicu. As famílias foram cadastradas para posteriormente serem transferidas para conjuntos habitacionais, no entanto, nos últimos meses a ocupação cresceu e há aproximadamente cento e cinquenta residências.

Atualmente, o que se observa é uma crescente redução do espelho d'água da lagoa, em função de processos erosivos e de assoreamento e do crescimento excessivo de uma vegetação aquática tipo aguapé (*Eichhornia crassipes*) (Figura 29). Atualmente, 95% do espelho d'água da lagoa do Papicu está ocupado por esse tipo de vegetação (Figura 30), o que tem contribuído para o processo de eutrofização desse ambiente. Estudos realizados por Branco *et al* (1991), demonstram que o espelho d'água desta lagoa estava praticamente descoberto (Figura 31), enquanto que em 1993, segundo Sales, 40% da lagoa já estava encoberta por esse tipo de vegetação.



Figura 29 - Aspecto da vegetação de aguapés encobrindo o espelho d'água da lagoa do Papicu no ano de 2002.

Em função do grande aporte de efluentes domésticos para esse manancial, que vem ocorrendo principalmente através de uma galeria pluvial ligada a lagoa, ocorre um aumento considerável na concentração de nutrientes, provocando uma rápida proliferação da vegetação aquática e um conseqüente aumento da demanda de oxigênio, reduzindo os teores de oxigênio dissolvido na água e alterando o metabolismo de todo o ecossistema (Figura 32).

O crescimento excessivo de vegetação enraizada interfere com a navegação, aeração e capacidade de transporte do corpo d'água. As macrófitas aquáticas, cuja presença excessiva interfere nos diversos usos da água, podem ser removidas por processo manual ou mecânico.

Segundo Arana (1997), é quase impossível regenerar um lago eutrofizado, e mesmo que seja impedida a entrada de mais poluição, o lodo do fundo deve ser removido e, isso, até agora só foi possível em pequenas lagoas. Em decorrência da eutrofização e do assoreamento, aumenta a acumulação de matérias e de vegetação, o lago se torna cada vez

mais raso, até vir a desaparecer . Caso não haja um controle na fonte e/ou dragagem do material sedimentado, o corpo d'água pode desaparecer relativamente rapidamente.



Figura 30 - Vista panorâmica da lagoa do Papicu, apresentando o espelho d'água encoberto pela vegetação de aguapés no ano de 2002.



Figura 31 - Vista panorâmica da lagoa do Papicu, apresentando o espelho d'água praticamente descoberto no ano de 1991.

Fonte: Branco (1991).

A eutrofização acarreta impactos sobre os ecossistemas, sobre a qualidade da água e a utilização dos recursos hídricos, diminuindo a diversidade biológica, pois poucas espécies sobrevivem as condições adversas, além de provocar alterações na composição das espécies de peixes presentes no meio em função dos baixos teores de oxigênio dissolvido na água.



Figura 32 - Galeria pluvial ligada a lagoa do Papicu sendo utilizada no escoamento de efluentes domésticos .

Em termos de alterações das características físicas e químicas da água, as concentrações elevadas de compostos orgânicos dissolvidos provocarão sabor e odor desagradáveis e diminuirão a transparência da água, o que vem sendo observado na lagoa do Papicu. O uso recreacional deste corpo d'água vem sendo comprometido, impedindo atividades como a pesca, a balneabilidade e dificultando o acesso de embarcações.

11 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao concluir esse estudo, constata-se que o complexo hídrico Papicu/Maceió apresenta um quadro bastante comprometedor em relação as condições ambientais. Nesse sentido, vários impactos foram identificados no contexto geral da área, como por exemplo: contaminação das águas, eutrofização da lagoa do Papicu, associados aos processos de erosão e assoreamento.

No que se refere a qualidade da água desses corpos hídricos, de acordo com as análises físico, químicas e bacteriológicas realizadas, observa-se um uso inadequado para esses recursos, pois, os mesmos vem sofrendo agressões das mais diversas naturezas, desde o despejo de efluentes residenciais, deposição de resíduos sólidos domésticos até a impermeabilização dos leitos dos riachos.

Os valores da demanda bioquímica de oxigênio, obtidos ao longo do complexo hídrico Papicu/Maceió nos períodos chuvoso e de estiagem, se apresentam superiores aos limites aceitáveis pela Resolução 20/86 do CONAMA, o que demonstra que esses corpos hídricos vêm recebendo uma grande descarga de efluentes de origem doméstica que são lançados, geralmente, através das galerias pluviais e ligações clandestinas observadas na lagoa do Papicu e nas margens dos riachos Papicu e Maceió.

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 ausência total 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, ocasionando uma alteração do metabolismo de todo o ecossistema e acelerando o processo de eutrofização do corpo hídrico.

No que diz respeito as concentrações de nitrato nas águas do complexo hídrico Papicu/Maceió, verifica-se que os valores obtidos estão de acordo com os limites estabelecidos na legislação (máximo de 10,0 mg/L) exceto para o riacho Maceió que apresenta valores superiores (10,57 mg/L) ao limite aceitável. No que se refere as concentrações de nitrito na água, a maioria dos pontos estudados apresentam valores médios de 1,79 mg/L, bem superiores aos limites aceitáveis (1,0 mg/L).

De uma maneira geral, o complexo hídrico Papicu/Maceió apresenta sinais de poluição microbiológica por coliformes, pois todas as amostras de água analisadas apresentaram valores que excedem o limite máximo estabelecido pela Resolução 20/86 do CONAMA. Os valores elevados do NMP de coliformes totais e fecais são explicados devido a utilização desses corpos hídricos como receptores de efluentes domésticos e aos depósitos de resíduos sólidos de diversas naturezas encontrados nas suas margens.

Em termos texturais e composicionais os sedimentos, presentes neste complexo, se apresentam como arenosos, variando texturalmente de areia média a fina, sendo moderadamente selecionados e constituídos, principalmente, por grãos de quartzo, feldspatos e traços de matéria orgânica. Em geral, os valores da concentração de matéria orgânica nas amostras de sedimentos analisadas variaram entre 2,38 g/kg a 28,54g/kg.

O processo de eutrofização e a redução do espelho d'água da lagoa do Papicu, em função de processos erosivos, de assoreamento e do crescimento excessivo da vegetação aquática aguapés (*Eichhornia crassipes*) são fatos preocupantes, pois, são responsáveis pelo desequilíbrio ecológico, provocando mortandade excessiva de peixes, alterações significativas na qualidade da água, que poderão, em curto prazo, provocar o desaparecimento desse ecossistema.

As formas de controle do processo de eutrofização da lagoa do Papicu podem se dar através da implementação de medidas preventivas que visem reduzir a vegetação aquática da superfície e por meio de medidas de caráter corretivo, que atuem sobre os processos de circulação de nutrientes na lagoa. Entre as medidas que podem ser utilizadas, destaca-se a aeração da camada inferior da lagoa para manter o fósforo na sua forma insolúvel e/ou a redução da biomassa vegetal por meio da colheita de macrófitas (aguapés) e do sedimento de fundo.

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 20/86 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. Trata-se de medidas que procuram compatibilizar o uso e ocupação da terra e a

proteção da qualidade da água, garantindo a preservação desses recursos hídricos. Essas medidas exigem a participação de vários agentes como a comunidade, técnicos, poder público e entidades ambientais.

A comunidade local deve estar disposta a colaborar realizando mutirões periódicos e, sobretudo, participar de cursos de educação ambiental. A sociedade deve estar alerta para a necessidade de manter vivo esses mananciais e, cobrar dos poderes públicos as providências que lhes competem no que diz respeito a detecção das fontes poluidoras, através de uma eficiente fiscalização, notificação dos infratores e desenvolvendo projetos de revitalização para dotar esse espaço público de condições adequadas para o uso da população.

12 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.M.M., SILVA, F. J. A da; CARVALHO, R.L.U. de. **Sobre os Sistemas Lacustres Litorâneos do Município de Fortaleza.** Fortaleza: SEMACE, 1998.

ARANA, L.V. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura:** uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997, 166p.

ARAÚJO, L. de F. P. **Reuso com lagoas de estabilização, potencialidade no Ceará.** Fortaleza: SEMACE, 2000. 132p.

ATLAS do Ceará. Fortaleza: Fundação Instituto de Planejamento do Ceará, 1997.

BIANCHI, L. *et. al.* **Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos na RMF. FASE I – Fatores Condicionantes.** Fortaleza, 1984.

BRAGA, Benedito *et. al.* **Introdução à Engenharia Ambiental.** 2.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 303p.

BRANCO, M.P.de N.C. *et.al.* **Levantamento dos corpos aquosos da região metropolitana costeira de Fortaleza – Ceará.** Fortaleza: LABOMAR, 1991. v.1. 107p.

BRANDÃO, R.L. **Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da região metropolitana de Fortaleza.** Fortaleza: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1995. 88p. (Projeto SINFOR).

_____ **Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza:** Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Texto Explicativo: CPRM, 1995. 34p. (Projeto SINFOR).

BRASIL. Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre a classificação das águas superficiais e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 30 jul. 1986.

COIMBRA, J. A.A. - **Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais, Considerações sobre a Interdisciplinaridade.** São Paulo: Signus, p.65-66, 2000.

CUSTÓDIO GIMENA, E. LLAMAS MADRUGA, M.R. **Hidrologia Subterrânea.** 1.ed. Barcelona: Ediciones Omega S. A, 1983. 2400p. 2v.

DERISIO, J. C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental.** 2.ed. São Paulo: Signus, 2000. 164p.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p. : il. ISBN 85-85864-03-6.

ESTEVEES, F. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1988. 575p.

FOLK, R. L. e WARD, W.C. **Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters**. *Journal of Sed. Petrol.*, n.27, p. 3-27, 1957.

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.

JUNIOR, Chisca. **Gerenciamento da qualidade da água de lagos urbanos**. São Paulo: Imprensa, 1999. 115p.

JUVENCIO, F. J. M. **Caracterização Física e Química das Águas e determinação de metais-traço nas águas e sedimentos do estuário do Rio Ceará**. 1997. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Área de concentração Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: Aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 171p. (Coleção meio ambiente).

LEAL, C. L. **Diagnóstico do estado ambiental da microbacia do Areia Branca, Campinas –SP**. In: Revista Brasileira de Ecologia (1), p. 135 – 139, 1997.

MACHADO, L. M.C.P. **Indicadores Ambientais - Qualidade Ambiental: Indicadores quantitativos e perceptivos**. Sorocaba: Martos, 1997. 266p.

MEHLMAN, I. J.; ANDREWS, W. H. & WENTZ, B. A. **Coliform bacteria, in *Bacteriological analytical manual*, 6th ed. , p.5, 01 – 55.07**. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, 1984.

MERICO. *et al.* **Avaliação do Desenvolvimento Econômico através de Indicadores Ambientais: Proposta Metodológica para uma experiência piloto em Blumenau – SC**. In: Revista Brasileira de Ecologia (1), p. 152 - 155, 1997.

MOTA, Suetônio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 292p.

NASCIMENTO, D. A. do et. al. Geologia: mapeamento regional. In: Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro, 1981.

NOBRE, C. A., **Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais, Síntese da Importância da Interdisciplinaridade**, São Paulo: Signus, 2000. p.308.

PLANO DIRETOR DE MINERAÇÃO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA. Fortaleza: Departamento Nacional de Produção Mineral, n.7, 1998. ISSN 0104 –7345. (Série Difusão Tecnológica).

RIBEIRO, A. C. A. **Análise e Planejamento Ambiental do Sistema Hidrográfico Papicu/Maceió, Fortaleza-CE**, 2001. 235p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

RIBEIRO, J. A. P. **Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas da Faixa Costeira Leste da Região Metropolitana de Fortaleza-Ceará**, 2001. 112 p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

RODRIGUEZ, J. M. M. **Geografia de Los Paisajes**, La Habana: 2000. Parte 1, 192p.

SALES, Vanda Claudino. **Cenários Litorâneos – Lagoa do Papicu** : natureza e ambiente na cidade de Fortaleza, 1993. 319p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

SANTOS, E. **Peixes de água doce**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1981. 267p. (Coleção zoologia brasílica, v.2).

SDU – **Programa de Infra-Estrutura Básica de Saneamento de Fortaleza – SANEAR**. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Fortaleza, Ceará, 1993.

SILVA, J.G. da. – **Hidrogeologia da Faixa Costeira de Aquiraz-CE**, 2000. 90p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

SILVA, J. G. da ; Silva, P.R.F.G. da; Colares, J. Q. dos S. **Problemas Ambientais do Complexo Hídrico Papicu/Maceió – Fortaleza-CE** – 1^o Simpósio Sobre Indicadores Ambientais, Sorocaba – SP, 1997.

SOARES, J. B. & MAIA, A. C. F. **Água: Microbiologia e tratamento**. Fortaleza: Edições UFC, 1999. 206p. il.

SOARES, Z. M. L. **Análise Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú-CE**. 1997. 182p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

SOUZA, M. J. N. **Contribuição ao Estudo das Unidades Morfoestruturais do Estado do Ceará**. In: Revista de Geologia. (2), UFC, 1988.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: Ed. FCO, 1996, 243p.

STANDARD METHODS – *for examination of water and wastewater*, 18.ed.. APHA – AWWA – WPCP, 1995.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blucher: EDUSP, 1973. 317p.

VALENTE, C. L. Análise e Identificação dos Problemas Degradacionais na Lagoa de Porangabuçu – Fortaleza-Ce. Fortaleza: 1994. 45p.

VASCONCELOS, F. P.; Coroliano, L.T. e Souza, M.J. Análise Ambiental e Sócio-econômica dos Sistemas Lacustres do Município de Fortaleza: Relatório de Projeto. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 1995.

VIANA, M. do C. Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó no Município de Fortaleza-Ce. 2000. 165p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

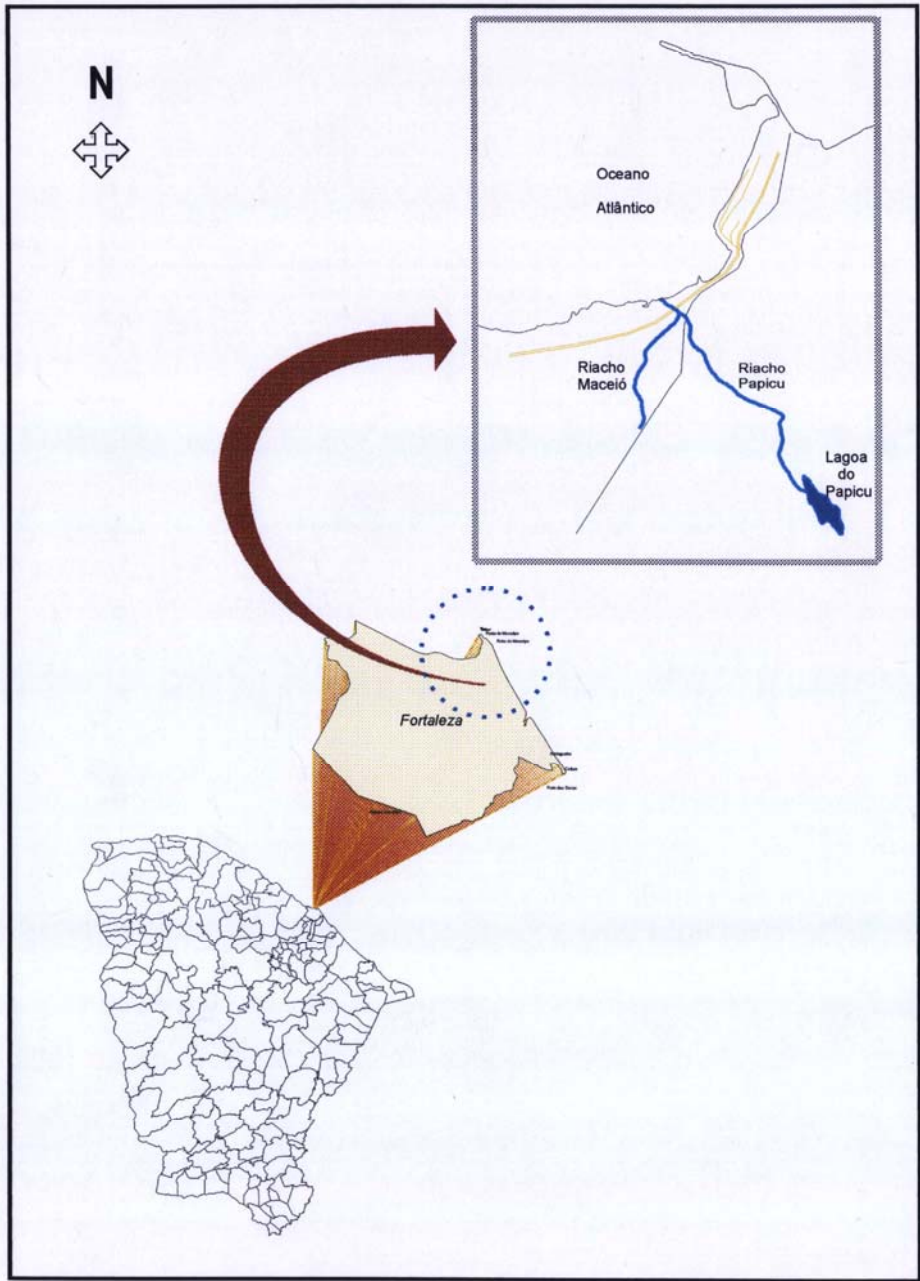


Figura 1- Localização da Área de Estudo

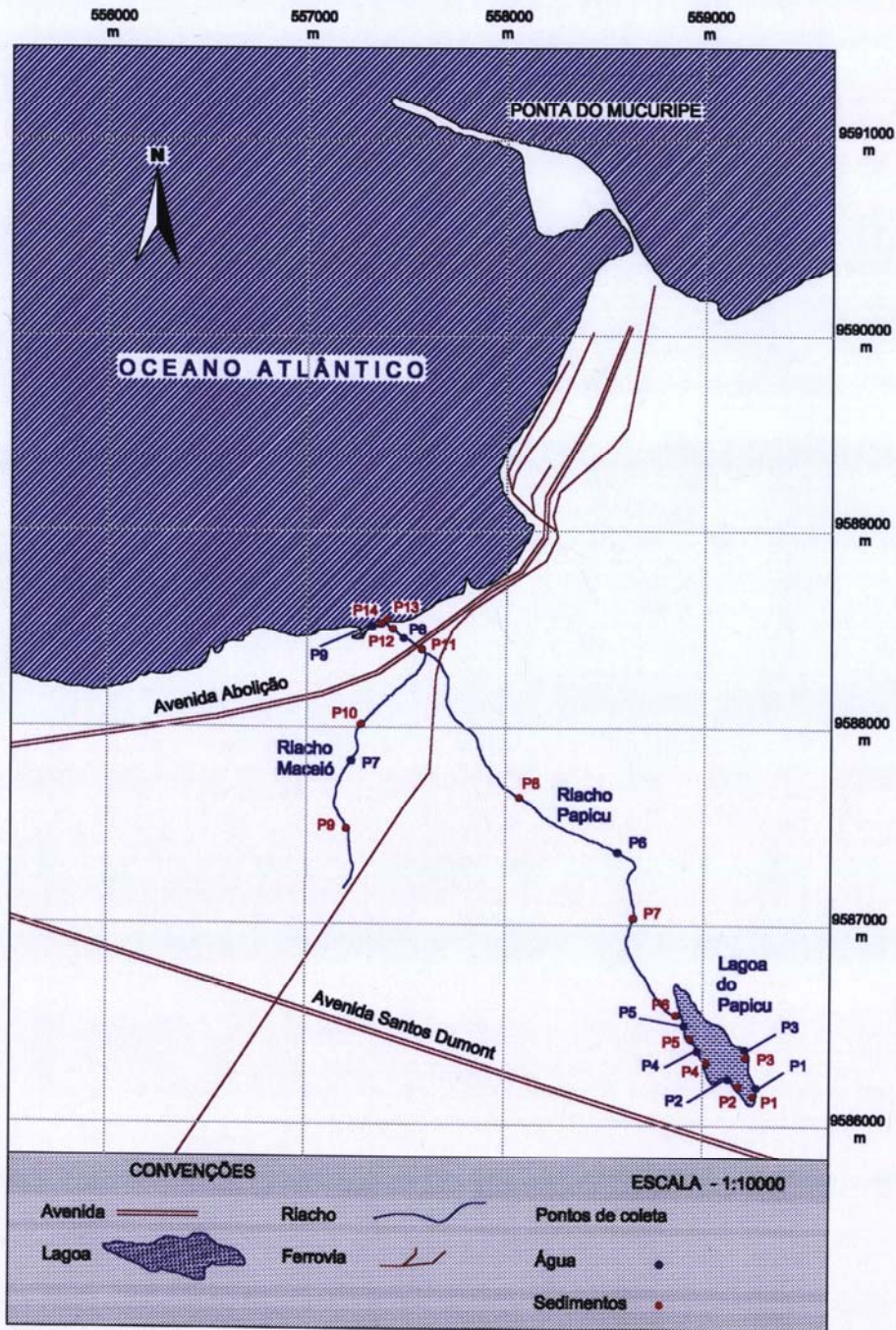


Figura 3 - Localização dos pontos de coleta de água e sedimentos no Complexo Hídrico Papicu/Maceió.

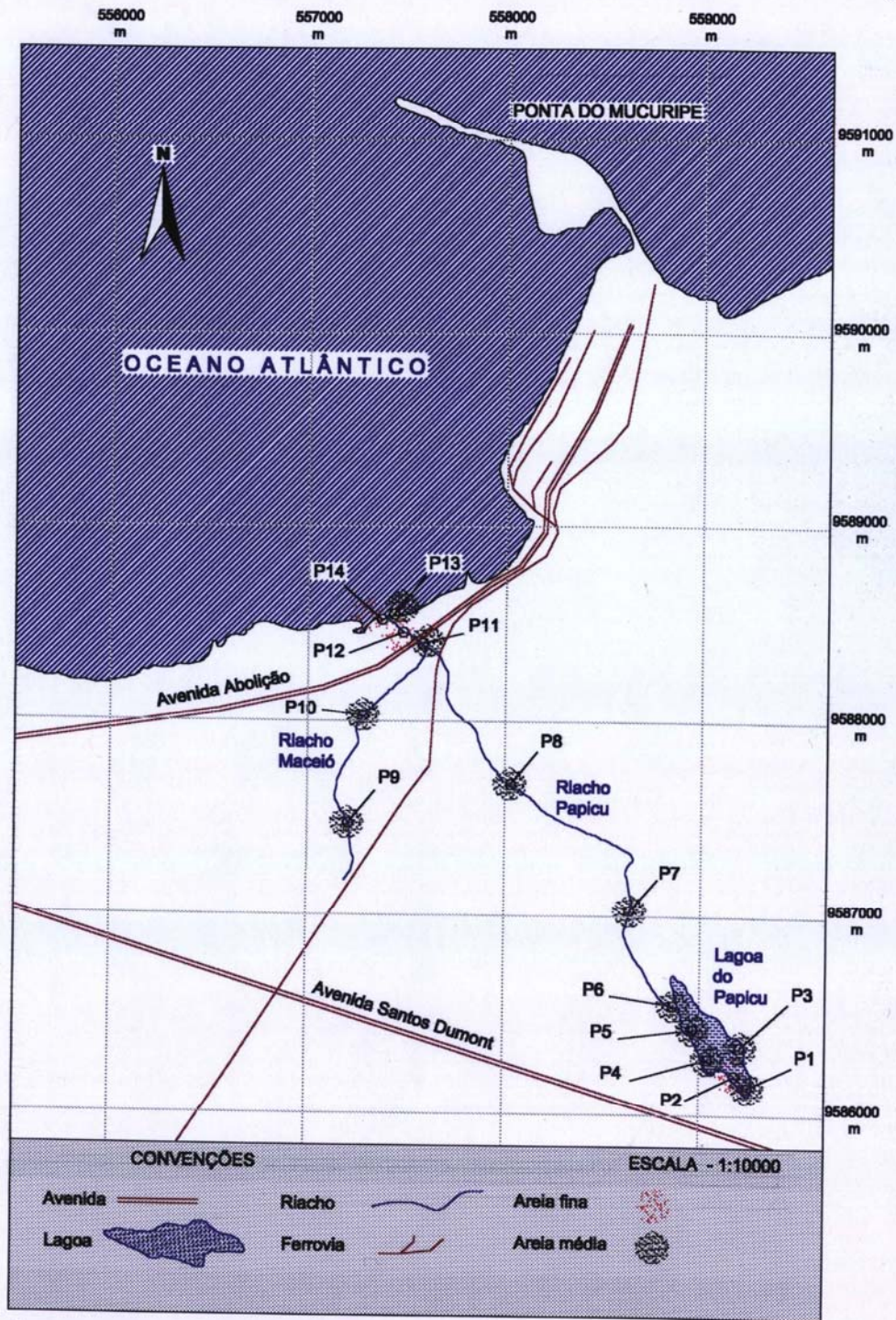


Figura 10 - Distribuição textural dos sedimentos ao longo do Complexo Hídrico Papicu/Maceló.