

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

RAQUEL LEMOS DA SILVA

**EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA E HIDROLÓGICA
DIRECIONADA AO MANEJO DE LAGOAS COSTEIRAS
TROPICAIS. ESTUDO DE CASO: LAGOA DAS ALMÉCEGAS,
PARAIPABA- TRAIRI/CE**

**FORTALEZA – CE
2007**

RAQUEL LEMOS DA SILVA

**EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA E HIDROLÓGICA
DIRECIONADA AO MANEJO DE LAGOAS COSTEIRAS
TROPICAIS. ESTUDO DE CASO: LAGOA DAS ALMÉCEGAS,
PARAIPABA- TRAIRI/CE**

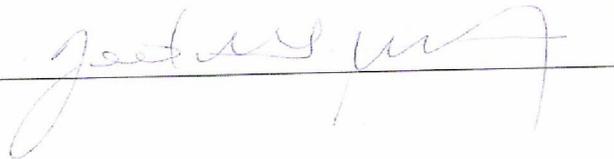
Dissertação apresentada ao Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciência do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais.

Orientador: Prof. PhD. Jáder Onofre de Moraes.

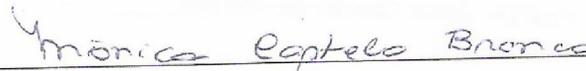
**FORTALEZA – CE
2007**

Após a finalização dos trabalhos da defesa de Dissertação de Mestrado da aluna, **RAQUEL LEMOS DA SILVA** intitulada “**Evolução morfodinâmica e hidrológica direcionada ao manejo de lagoas costeiras tropicais. Estudo de caso: Lagoa das Almécegas, Paraipaba – Trairi/CE**”, a Banca Examinadora considerando o conteúdo do trabalho e a apresentação realizada considera a **DISSERTAÇÃO APROVADA**.

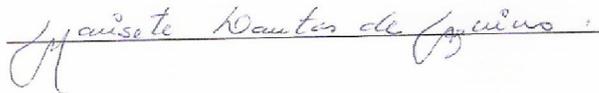
Prof Dr. Jader Onofre de Moraes
(orientador)



Dra. Mônica Pimenta Castelo Branco
(membro interno)



Profª. Dra. Marisete Dantas Aquino
(membro externo)



Fortaleza, 13 de julho de 2007

Dedicatória

Ao meu pai, minha mãe,
Às minhas irmãs
Meus amigos...,
E familiares.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo Dom da vida e pela força a mim concedida em todos os momentos.

Aos meus pais, Ilton e Asinete, por me apoiarem em todos os momentos minha vida. Às minhas irmãs Jaqueline e Valquiria.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jáder Onofre de Moraes, pelo seu incentivo, dedicação, contribuição, paciência e credibilidade a mim confiada, durante a orientação, para a elaboração e conclusão dessa pesquisa no tempo hábil.

À professora Lidriana, pelas informações e apoio fornecidas na realização da pesquisa.

À professora Rosane, pelo apoio, dedicação e as informações fornecidas para a viabilidade da pesquisa.

Ao Prof. Ms. Paulo Roberto Pessoa, pelo companheirismo, ajuda e paciência nos trabalhos de campo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro dado à pesquisa.

Ao Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais do LABOMAR, representado pelo Prof. Dr. Luiz Drude de Lacerda, coordenador do mesmo durante o curso. E aos professores doutores por terem repassado novos conhecimentos e ensinamentos.

Ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) da UECE, representado pela coordenadora, Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro, pelo apoio logístico no empréstimo de equipamentos e espaço do mesmo para o tratamento dos dados.

Ao Laboratório de Biogeoquímica do LABOMAR pelo apoio logístico no empréstimo

de equipamentos e espaço do mesmo para o tratamento dos dados de sedimentos.

Aos amigos especiais, Neide, Jorge, João Paulo e Valberlândia, que me ajudaram, e ainda ajudam sempre que preciso.

Á equipe do LGCO, em especial ao Aloísio, Davis, Paulo Henrique, Miguel e João Sérgio, que ajudaram nos trabalhos de campo, análises laboratoriais e tratamento dos dados.

Aos colegas de turma Anahy, Cleiton, Edvar, Emanuel, Fabiano, Franze, Gustavo, Ocilene, Rafaela, Rasan, Sâmara, Sheila e Tecia.

A todos que direta ou indireta auxiliaram na realização desta pesquisa.

MEUS MAIS SINCEROS AGRADECIMENTOS.

“Pois eu sei os planos que tenho para vós,
diz o Senhor, planos de paz, e não de mal, para
vos dar uma esperança e um futuro.”

Jeremias cap. 29 vs. 11

RESUMO

A lagoa costeira, Almécegas, está localizada no litoral Oeste do Estado do Ceará na divisa dos municípios de Trairi e Paraipaba. O principal objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução os processos controladores da morfologia e hidrologia da Lagoa das Almécegas visando gerar informações úteis ao uso e gestão desse recurso hídrico costeiro. A origem da lagoa das Almécegas está subordinada ao comportamento climático-natural da área, bastante influenciado pela dinâmica litorânea. Com a gênese relacionada aos processos transgressivos e regressivos do mar, e barramento do riacho pelo sistema de dunas (transporte eólico) e processos associado (descarga fluvial), sendo posteriormente com a construção da barragem. A metodologia utilizada para realização desta pesquisa baseia-se na compreensão da organização da natureza dentro do espaço, e a relação que ocorre entre seus componentes. Para tanto foram realizadas análises dos parâmetros físicos e químicos da água: temperatura, condutividade elétrica, turbidez, pH e transparência. Ademais, foram coletadas amostras de subsuperfície e fundo para a investigação de material em suspensão. Também, realizou-se a caracterização sedimentológica, análise de matéria orgânica e metais-traço (cobre, cádmio e zinco) no sedimento, e o estudo morfométrico e levantamento batimétrico da lagoa. Os resultados demonstram que o sistema estudado apresentou variação sazonal relacionada aos dois períodos hidrológicos distintos. O período chuvoso se caracterizou por precipitações mais intensas e menor insolação, enquanto que o seco apresentou maior insolação e maiores velocidades dos ventos, trazendo conseqüências diretas sobre o nível d'água da lagoa. A coluna d'água apresentou estratificação (térmica) significativa devido principalmente à profundidade do sistema, à atuação dos ventos e transparência da coluna d'água. A composição granulométrica dos sedimentos de fundo da Lagoa das Almécegas resultaram em seis classes principais: areia com cascalho esparso (43,8 %), areia (25%), areia fina (6,3%), areia siltosa (6,3%), areia lamosa (6,3%), silte (6,3%) e silte arenoso (6,3%). Observa-se que as frações grossas do sedimento, maiores que 0,063 mm, ocorrem na grande maioria das amostras, o que pode está relacionado ao processo de assoreamento. A distribuição da matéria orgânica indica os diferentes graus de aeração das diversas áreas do ambiente de sedimentação. Quanto à morfologia a lagoa apresentando uma área de 1,3 km², perímetro de 9,935 Km, largura máxima de 684 m e comprimento de 3,5 km, volume de 6.688.000 m³, profundidade máxima de 5,85 m, profundidade média de 2,55m. A relevância do volume classifica este reservatório como de capacidade de armazenamento satisfatório. Em termos de ocupação, a lagoa encontra-se com baixa ocupação imobiliária, devido principalmente a pouca especulação. Mas, as ocupações que já ocorrem na região ultrapassam os limites impostos pela lei (Áreas de Preservação Permanente), já a ocupação associada à retirada da cobertura vegetal é possível de ser vista, e este problema pode gerar uma instabilidade das margens e conseqüente alteração das características morfométricas e físico-químicas da lagoa, podendo ocasionar impactos negativos, como aumento do escoamento superficial, erosão das margens, maior aporte de sedimentos na lagoa, assoreamento, diminuição do volume de água, e maior concentração de poluentes na lagoa, podendo vir a comprometer também a vida da população local.

Palavras Chaves: Lagoa costeira, morfologia e hidrologia.

ABSTRACT

The coastal lagoon, Almécegas, are located in the coastal West of the State of the Ceará in the verge of the cities of Trairi and Paraipaba. The main objective of this work was to evaluate the evolution the controlling processes of the morphology and hidrology of the Lagoon of the Almécegas being aimed at to generate useful information to the use and management of this coastal hídrico resource. The origin of the lagoon of the Almécegas is subordinated to the climatic-natural behavior of the area, sufficiently influenced for the littoral dynamics. With genesis related to the transgression and regression processes of the sea, and slide bars of the extended river for the dune system (aeolian transport) and processes associated (fluvial discharge), being later with the construction of the barrage. The methodology used for accomplishment of this research is based inside on the understanding of the organization of the nature of the space, and the relation that occurs between its components. For they had been in such a way carried through you analyze of the physical and chemical parameters of the water: temperature, electric condutividade, turbidez, pH and transparency. Furthermore, had been collected samples of deep subsurface and for the inquiry of material in suspension. Also, it was become fullfilled sedimentation characterization, analyzes of organic substance and metal-traces (it has covered, cadmium and zinc) in the sediment, and the morfométrico study and batimétrico survey of the lagoon. The results demonstrate that the studied system presented related sazonal variation to the two distinct hidrológicos periods. The rainy period if characterized for more intense precipitations and lesser insolation, whereas the dry one presented greater insolation and greater speeds of the winds, bringing direct consequences on the water level of the lagoon. The water column presented stratification (thermal) significant had mainly to the depth of the system, to the performance of the winds and transparency of the water column. The grain sized composition of the sediments of deep of the Lagoon of the Almécegas had resulted in six main classrooms: slightly gravelly sand (43.8%), sand (25%), fine sand (6.3%), muddy sand (6.3%), slightly gravelly muddy sand (6.3%), silt (6.3%) and sandy silt (6.3%). It is observed that the thick fractions of the sediment, greater than 0,063mm, occur in the great majority of the samples, what it can be related to the silting. The distribution of the organic substance indicates the different degrees of aeration of the diverse areas of the sedimentation environment. How much to the morphology the lagoon presenting an area of 1,3km², perimeter of 9,935Km, maximum width of 684m and length of 3,5km, Volume of 6.688.000m³, maximum depth of 5,85m, average depth of 2,55m. The relevance of the volume classifies this reservoir as of capacity of satisfactory storage. In occupation terms, the lagoon meets with low real estate occupation, had mainly to little speculation. But, the occupations that already occur in the region exceed the limits taxes for the law (Areas of Permanent Preservation) already the occupation associated with the withdrawal of the vegetal covering are possible of being seen, and this problem can generate an instability of the edges and consequence the alteration of the morfométricas characteristics and physico-chemistries of the lagoon, being able to cause negative impacts, as increase of the superficial draining, erosion of the edges, greater arrival in port of sediments in the lagoon, assoreamento, reduction of the volume of water, and greater concentration of pollutants in the lagoon, being able to come also compromising the life of the population place.

Key Words: Coastal lagoon, morphology and hidrology.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01 – Localização da Área..... | 17 |
| Figura 02 – Barragem e Sangradouro da lagoa | 20 |
| Figura 03a – Passeio em pau-de-arara | 21 |
| Figura 03b – Passeio pela praia (carros adaptado)..... | 21 |
| Figura 04 – Localização dos pontos de amostragem | 27 |
| Figura 05a – Lagoa na década de 60, ante de ocorre o arrombamento no ano de 1964..... | 43 |
| Figura 05b – Lagoa em 2000..... | 43 |
| Figura 05c – Barramento artificial | 43 |
| Figura 06 – Esboço Geológico e Geomorfológico da Área | 49 |
| Figura 07 – Vegetação típica de Tabuleiro as margens da lagoa | 48 |
| Figura 08 – Atividade Turísticas na lagoa, passeio são realizados diariamente.. | 50 |
| Figura 09 – Passeios de bugre sobre as (Dunas de lagoinha) que limitam a lagoa na porção Norte | 51 |
| Figura 10 – Pluviometria da Área de Estudo | 52 |
| Figura 11a – Lamina d'água em 2004..... | 52 |
| Figura 11b – Lamina d'água em 2005 apenas um pequeno filete d'água que era provocado pela influencia do vento..... | 52 |
| Figura 12a – Construções na área de APP no entorno da lagoa. Casa com instalação sanitária, do lado de Trairi..... | 56 |
| Figura 12b – Construções na área de APP no entorno da lagoa. Restaurante que receber os visitantes dos pacotes turísticos do lado de Paraipaba..... | 56 |
| Figura 13 – Quadro de localização dos pontos de monitoramento | 59 |
| Figura 14 – Quadro de diagnostico dos pontos de monitoramento | 59 |
| Figura 15a – Animais pastando em um dos afluentes da lagoa | 60 |
| Figura 15b – Presença de resíduos sólido (lixo) nos afluentes da lagoa..... | 60 |
| Figura 16a – Plantação de coco às margens da lagoa..... | 60 |
| Figura 16b – Cultivo de feijão irrigado por um dos afluentes da lagoa..... | 60 |
| Figura 17 – Variação da Temperatura nas estações de amostragem..... | 64 |
| Figura 18 – Variação da Temperatura nas estações de amostragem..... | 65 |
| Figura 19 – Variação da Transparência nas estações de amostragem..... | 68 |

| | |
|--|----|
| Figura 20 – Distribuição do Teores de Sedimentos..... | 71 |
| Figura 21 – Diagramar triangular de Folk para sedimentos grosseiros..... | 72 |
| Figura 22 – Diagramar triangular de Folk para sedimentos finos | 72 |
| Figura 23 – Diagramar triangular de Folk para sedimentos da lagoa | 72 |
| Figura 24 – Distribuição do Teores de M.O | 74 |
| Figura 25 – Distribuição do Teores de Cobre (Cu) | 77 |
| Figura 26 – Distribuição do Teores de Zinco (Zn) | 77 |
| Figura 27a – Correlação entre Zn x Cu | 78 |
| Figura 27b – Correlação entre M.O x Zn..... | 78 |
| Figura 27c – Correlação entre M.O x Cu | 78 |
| Figura 28 – Distribuição do grau de selecionamento dos sedimentos na lagoa da Almécegas | 82 |
| Figura 29 – Distribuição do grau de assimetria dos sedimentos na lagoa da Almécegas..... | 83 |
| Figura 30 – Distribuição do grau de curtose dos sedimentos na lagoa da Almécegas..... | 84 |
| Figura 31a – Assoreamento na região a montante do sangradouro da lagoa..... | 86 |
| Figura 31b – Assoreamento na região a jusante da lagoa | 86 |
| Figura 32 – Mapa com a distribuição da textura superficial dos sedimentos | 87 |
| Figura 33 – Os compartimentos de uma lagoa | 89 |
| Figura 34 – Presença de macrofitas na Lagoa das Almécegas | 90 |
| Figura 35 – Perfis batimétricos ao longo da Lagoa das Almécegas | 92 |
| Figura 36 – Mapa batimétrico da Lagoa das Almécegas | 94 |
| Figura 37 – Ação do vento no espelho d'água | 95 |
| Figura 38 – Direção da corrente na Lagoa das Almécegas | 96 |
| Figura 39 – Calcula da vazão na Lagoa das Almécegas..... | 97 |
| Figura 40 – Representação gráficas dos perfis realizados na foz do Riacho Almécegas, laguna e foz | 98 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 01 – Tempo de repouso necessário após a agitação e a altura para a realização da pipetagem | 30 |
| Tabela 02 – Diagnóstico dos pontos de monitoramento | 54 |
| Tabela 03 – Valores de Temperatura da água da Lagoa das Almécegas 2005–2006.. | 64 |
| Tabela 04 – Valores de pH encontrados nas amostragens de água da lagoa das Almécegas 2005 – 2006..... | 66 |
| Tabela 05 – Variação da condutividade na Lagoa da Almécegas para o período de monitoramento..... | 67 |
| Tabela 06 – Variação do material em suspensão na Lagoa da Almécegas para o período de monitoramento..... | 68 |
| Tabela 07 – Comparativo entre as concentrações dos metais Cu e Zn em sedimentos superficial de varias área da região Nordeste do país da Costa do Ceará com os valores obtidos de amostras de sedimento de fundo da Lagoa das Almécegas..... | 79 |
| Tabela 08 – Valores limites e classificação do grau de seleção sedimentos, segundo a classificação de FOLK | 81 |
| Tabela 09 – Valores limites e classificação do grau de assimetria dos sedimentos, segundo a classificação de FOLK | 83 |
| Tabela 10 – Valores limites e classificação do grau de curtose dos sedimentos, segundo a classificação de FOLK | 84 |
| Tabela 11 – Parâmetros morfométricos da lagoa das Almécegas – Paraipaba -Trairi-Ce obtidos em outubro de 2005 | 91 |
| Tabela 12 – Classificação dos corpos d’água superficiais, SHAFFER (1998) | 93 |

LISTA DE SIGLAS

- ACDID** – *Agriculture, Commerce, Deferense, Interior Departaments*
- APA** - Área de Proteção Ambiental
- APP** - Área de Preservação Permanente
- COGEHR** – Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos
- CPRM** – Serviço Geológico do Brasil
- DNCOS** – Departamento Nacional de Obras Contra as Seca
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EPI** – Equipamento de Proteção Individual
- FUNCEME** – *Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos*
- GPS** – Sistema de Posicionamento Global
- IPECE** - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
- LABOMAR** – Instituto de Ciências do Mar
- LAGEMAR** – Laboratório de Geologia Marinha.
- LGCO** – Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica
- SAG** – Sistema de Análise Granulométrica
- SEMACE** – Superintendência Estadual do Meio Ambiente
- SETUR** – Secretaria de Turismo
- SQA** - Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos
- SRH** – Secretaria de Recurso Hídrico
- SUDENE** - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
- CTD** – *Conductivity, Temperature, Depth Senso*
- UECE** – Universidade Estadual do Ceará
- UFC** – Universidade Federal do Ceará
- UFF** – Universidade Federal Fluminense

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| RESUMO | 7 |
| ABSTRACT | 8 |
| LISTA DE FIGURAS | 9 |
| LISTA DE TABELAS | 11 |
| LISTA DE SIGLAS | 12 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 1.1 Histórico da Lagoa e Barramento | 19 |
| 1.2 Área de Estudo | 22 |
| 2 OBJETIVOS..... | 23 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 24 |
| 3.1 Etapa de Gabinete | 24 |
| 3.2 Etapa de Campo e Laboratório | 25 |
| 3.3 Aspectos Hidrológicos e Hidrodinâmicos da Lagoa | 32 |
| 3.3.1 Amostragem das propriedades da água..... | 32 |
| 3.3.2 Dinâmica Fluvial..... | 36 |
| 3.3.3 Estudo Morfométrico e Levantamento Batimétrico | 37 |
| 4 REFERENCIAL TEÓRICO | 39 |
| 4.1 Origem e evolução das Lagoas | 39 |
| 4.2 Flutuação do Nível do Mar | 42 |
| 4.3 Configuração atual da Lagoa | 43 |
| 4.4 Sedimentologia de Lagoa | 45 |
| 4.5 Parâmetros Físicos – químicos | 46 |
| 5 ASPECTOS GEOAMBIENTAIS DA ÁREA | 48 |
| 6 DIAGNÓTICO DE USO E OCUPAÇÃO | 53 |

| | |
|---|------------|
| 6.1 Bacia de drenagem da Lagoa | 59 |
| 7 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS | 62 |
| 8 SEDIMENTOLOGIA DA LAGOA | 70 |
| 8.1 Matéria Orgânica nos Sedimentos | 73 |
| 8.2 Geoquímica de Metais - Traço (Cobre, Zinco e Cádmio) nos sedimentos da Lagoa | 74 |
| 8.3 Parâmetros Sedimentológico e Hidrodinâmica da Lagoa | 79 |
| 8.3.1 Parâmetros Estatísticos | 81 |
| 9 ASPECTOS FÍSICOS DO AMBIENTE LACUSTRE..... | 89 |
| 9.1 Clivagem de nutrientes e morfologia lacustre | 89 |
| 9.2 Nível da água | 95 |
| 9.3 Morfologia costeira | 97 |
| 10 CONCLUSÕES | 99 |
| 11 RECOMENDAÇÕES | 103 |
| 12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 105 |

1- INTRODUÇÃO

Conforme Weber (1992), o planeta Terra é o único do nosso sistema solar que apresenta a molécula de água, em forma líquida, na maior parte da superfície, sendo que cerca de 97% de água existente se encontra nos oceanos. Dos 3% resultantes, apenas 2% constituem rios, lagos e águas subterrâneas (água doce). Praticamente 1% são neve e geleiras permanentes, e apenas 0,0005% é vapor de água presente na atmosfera. No Brasil os recursos hídricos superficiais gerados representam 50% do total dos recursos da América do Sul e 11% do recurso mundial (TUCCI, 2003).

Essencial a vida, a água doce, constitui elemento necessário para quase toda as atividades humanas, sendo, também, componente da paisagem e do meio ambiente. De forma direta a água é usada para beber, tomar banho, lavar roupa e utensílios, para a alimentação própria e dos animais. Além disso, também é utilizada nas indústrias e na irrigação de plantações. Portanto, para a água se manter nessas condições, deve-se evitar sua contaminação por resíduos, sejam eles agrícolas (de natureza química ou orgânica), esgotos, resíduos industriais, lixo ou sedimentos vindos da erosão.

Sader (2005) ressalta que a demanda mundial de água doce se duplica a cada 20 anos, a um ritmo duas vezes superior à taxa de crescimento da população. O que se observa nos últimos trinta anos, é um declínio significativo na qualidade de águas doce. A agricultura e a liberação de águas residuais não tratadas tornaram-se as principais fontes de poluição. O uso excessivo de fertilizantes na agricultura aumentou o crescimento de algas e a eutrofização em lagos, represas e lagoas costeiras.

As lagoas costeiras como exemplo de fonte de água doce, são importantes componentes da paisagem, desempenhando relevante papel sócio-econômico como fontes de captação de água para consumo e irrigação, de pescado e de áreas de lazer. Mas o que se percebe através dos tempos, é que a ocupação humana que ocorre preferencialmente em zonas costeiras e próximas à recursos de água doce, vem trazendo sérios distúrbios aos ambientes costeiros.

No Brasil, o país mais rico em água do mundo, vive-se uma situação de escassez na região Nordeste, principalmente durante as secas periódicas. O racionamento de água no sistema de abastecimento muitas vezes se configura um quadro de escassez. É um dos maiores desafios atuais para o desenvolvimento sustentável é minimizar os efeitos da escassez permanente ou sazonal e da poluição da água.

As lagoas costeiras são importantes ecossistema na zona costeira do nordeste brasileiro, elas são ambiente dinâmico, é de grande importância para o equilíbrio da região na qual estão inseridas. Exemplo disto pode ser observado na Lagoa das Almécegas localizada entre os municípios de Paraipaba e Trairi, no Estado do Ceará, aproximadamente a 129 km de Fortaleza (Figura 1). A lagoa está incluída entre os atrativos dos pacotes turísticos do litoral oeste, dispondo de infraestrutura para o lazer dos visitantes; com funcionamento de restaurante, passeios de barco, lancha e chalanas, onde é possível visualizar a flora e a fauna, sendo uma área de elevado potencial para a prática de atividades ligadas ao turismo e lazer.

O que se pode constatar é que a lagoa juntamente com seus afluentes servem como fonte de suprimento de recursos alimentares, por meio das atividades pesqueiras, e abastecimento para a irrigação dos cultivos da região. Foi identificada a presença de equipamentos urbanos na margem da lagoa (Área de Preservação Permanente – APP) geralmente sem infraestrutura para atender aos visitantes e turistas. Infelizmente, este recurso natural encontra-se cada vez mais exposto a ações impactantes do homem, que podem prejudicar o ecossistema pela degradação da sua qualidade.

As lagoas costeiras são feições que estão submetidas às modificações causadas pela dinâmica litorânea, mas que apresentam um certo grau de estabilidade variando de acordo com a continentalidade das mesmas. Estes ambientes possuem uma riqueza de materiais terrestres e de associações bióticas. Contudo, o desenvolvimento de atividades extrativistas e a exploração turística de forma desordenada representam o comprometimento e a destruição de importantes ecossistemas que interagem de forma significativa na dinâmica costeira e na biodiversidade local (GOMES, 2003).

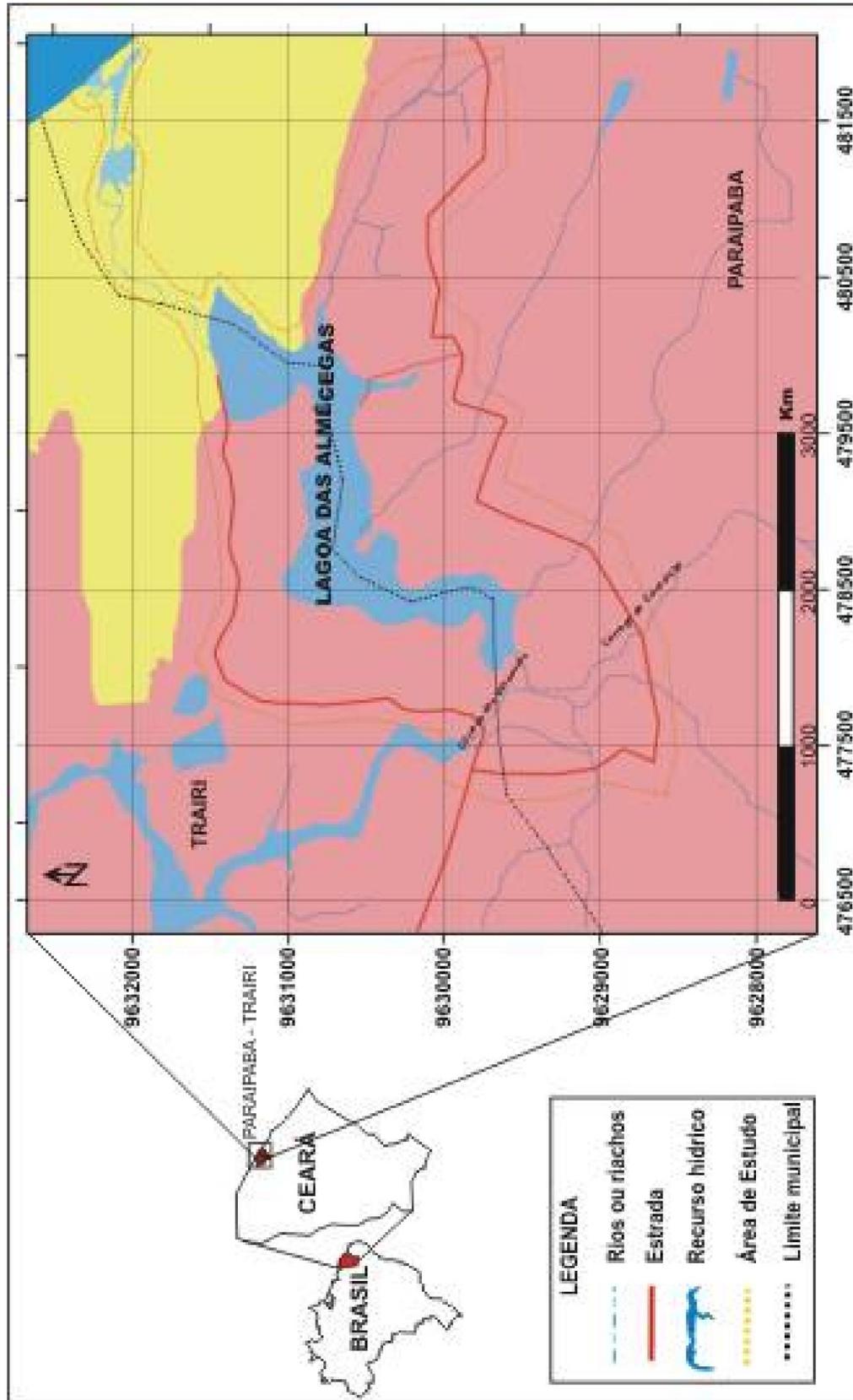


Figura 01 – Localização da Área.

A presente pesquisa enfoca o estado atual deste reservatório natural e sua evolução, considerando as faces geomorfológicas, aspectos sedimentológicos e hidrologia. A análise e compreensão da dinâmica do ambiente é fator essencial para o estabelecimento adequado do uso e ocupação de toda a faixa litorânea. Logo, os resultados deste trabalho servirão de instrumento extremamente úteis à utilização desta área, das áreas adjacentes e de outras áreas que apresente contexto ambiental semelhante. A integração desses dados fornece informações pertinentes e relevantes ao planejamento, estabelecendo as características dos indicadores de vulnerabilidade, sendo fundamentais para a implantação das atividades de uso.

A Lagoa em questão merece destaque pela importância sócio-econômica e ambiental que representa para o Estado do Ceará e para as comunidades dos municípios em que se encontra inserida. Assim, a importância de estudos que indiquem as áreas adequadas para fundações e reservas ambientais é dada em função da necessidade de se compatibilizar os interesses sócio-econômicos com a proteção do meio ambiente, exigindo programações específicas para o seu manejo de maneira a contribuir para a elevação da qualidade de vida da população local, proteção do seu patrimônio natural, econômico, histórico e cultural, além de permitir uma utilização mais condizente com o ambiente.

1.1 – Histórico da Lagoa e Barramento

A Lagoa das Almécegas é o resultado de diversas variações do nível do mar ocorridas no Período Quaternário. Quanto a genes, a lagoa apresenta uma formação mista, gerada pela atividade fluvial e pela ação dos ventos. Onde os seus contornos se deram a partir de obstáculos topográficos, onde as águas de riachos se encontraram formando assim o corpo d'água que barrado pelas dunas, diminuí a corrente, propiciando um ambiente lênticos.

A Lagoa das Almécegas já foi considerada a maior lagoa do Estado (SETUR, 1999) quando na década de 60 (devido a uma seqüência de satisfatórias quadras chuvosas), a mesma atingiu conspícuo acúmulo de água. No entanto, em meados dessa década, o campo de dunas que causava o represamento das águas não resistiu à pressão hídrica e rompeu-se.

Até então o barramento era natural e não havia meio de regularização do nível da água da lagoa, pois o regime era controlado apenas pelo campo de dunas. Dessa forma, era possível verificar que no período chuvoso, parte do volume de água perdia-se para o oceano.

Além disso, moradores relataram que durante o rompimento ocorrido que gerou grandes danos ambientais (mortalidade de peixes, destruição das margens, extração de árvores etc.) com reflexo direto sobre as populações ribeirinhas que tiravam o sustento inteiramente da lagoa. Mas por volta de 1987 a paróquia de Paraipaba firmou um convênio com o governo Holandês, conseguindo doações para a construção de uma barragem e sangradouro na lagoa.

Desta forma, o espelho d'água da lagoa que se originou de maneira natural, é hoje fruto da interferência antrópica, através de uma barragem de arrimo e alvenaria (Figura – 02). O barramento foi construído em argila compactada (terra homogênea), e conta com uma pequena estrutura em concreto que serve de sangradouro estando fixado por duas ombreiras.



Figura 02 – Barragem e Sangradouro da lagoa

Posteriormente, em 2002 a Prefeitura de Paraipaba-Ce realizou uma pequena reforma na estrutura do sangradouro. A reforma teve um efeito mais estético que estrutural. E em novembro de 2003 após um relatório técnico feito pela COGEHR (Companhia de Gestão dos Recursos hídricos), constatou-se que a barragem corria sérios riscos de romper. E em 2005 a Prefeitura de Pairapaba-Ce realizou obras de reparo na estrutura do sangradouro da barragem da lagoa.

O nome da Lagoa das Almécegas é derivado de uma planta típica da região que era bastante abundante em volta da lagoa, planta Almécegas. Hoje, já não é encontrada com tanta facilidade na localidade.

Levantamentos feitos pela SETUR,1999 (Secretaria de Turismo) relatam que até o ano de 1995 aconteciam cerimônias religiosas na lagoa, mas essas foram suspensas, por iniciativa da própria comunidade, pois acreditavam que isso não agradaria aos visitantes.

Hoje, dois barcos de passeio encontram-se disponíveis para o traslado de visitantes de uma margem à outra da lagoa. O visitante tem a oportunidade de conhecer a diversidade paisagística da região ao mesmo tempo que se conhece a cultura local. O percurso é realizado pela praia em carros adaptados e por uma estrada carroçal em pau-de-arara (Figura – 03). O potencial de uso turístico da região é voltado para o turismo rural em conjunto com turismo de aventura. O passeio muitas vezes já está incluído no pacote das companhias turísticas.



Figura 03 – (a) Passeio em pau-de-arara. (b) e passeio pela praia (carros adaptados).

A Lagoa das Almécegas tem, portanto, um papel imprescindível para o desenvolvimento da região, principalmente para os municípios de Trairi e Paraipaba. A agricultura, a pesca e o potencial turístico da área são fatores que podem incrementar a economia local com a geração de empregos diretos e indiretos. Além disso, a lagoa é elemento importante no abastecimento local.

1.2 – Área de Estudo

A Lagoa das Almécegas está localizada no litoral Oeste do Estado do Ceará na divisa dos municípios de Trairi e Paraipaba, na comunidade de Almécegas. O acesso é feito pela Rodovia do Sol Poente (Estruturante) até Paraipaba, onde se segue até a localidade de Lagoinha, de onde prossegue por uma estrada carroçal com destino a Lagoa das Almécegas.

A área de estudo faz parte da Bacia do Litoral (COGEHR, 2005) e sua planície flúvio-lacustre está posicionada à retaguarda da Área de Proteção Ambiental (APA), das Dunas de Lagoinha, criada pelo Decreto Estadual 25.417 de 29/03/99. A lagoa, possui uma área de aproximadamente 1,3 km², com uma largura máxima 684 m e comprimento 3,5 km, sua posição é no sentido sudoeste/nordeste. A lagoa tem uma disposição longitudinal perpendicular á linha de costa e não apresenta grande extensão (Figura 01). Esta lagoa representa o fluxo hídrico de pequenos ou médios cursos d'água, que ao serem barrados formam a lagoa em questão. Com destaque para o córrego da Conceição e córrego das Vassouras.

2 – OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar a evolução os processos controladores da morfologia e hidrologia da Lagoa das Almécegas visando gerar informações úteis ao uso e gestão desse recurso hídrico costeiro.

Objetivos Específicos

- § Definir os efeitos da atividade eólica na hidrodinâmica da lagoa;
- § Mensurar a disponibilidade hídrica relativa aos aspectos morfobatimétricos;
- § Assinalar a interação substrato sedimentológica, carga hídrica, na deriva de materiais terrestres;
- § Identificar e avaliar as principais formas de uso e ocupação da lagoa e seus possíveis reflexos na qualidade das águas;

3 – MATERIAL E MÉTODO

3.1. Etapa de Gabinete

Levantamento Bibliográfico

Para a realização desta pesquisa, foi feito o levantamento bibliográfico e cartográfico da área, no que diz respeito à evolução dos processos morfoestruturais e processos associados, sendo, para isso, consultadas instituições públicas tais como: Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos – COGERH, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE, Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, Universidade Federal do Ceará – UFC, Universidade Estadual do Ceará - UECE, Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR/UFC e Prefeituras Municipais da área em enfoque.

De posse deste material foram realizadas viagens técnicas ao longo da área de trabalho percorrendo a área envolvida.

Sensoriamento Remoto

Para que o planejamento e a administração dos recursos hídricos possam ser exercidos de forma racional e dinâmica, torna-se imperiosa a aquisição de informações sistematizadas e, sobretudo, de sistemas de análise dessas informações, de modo a processá-las para gerar subsídios às intervenções nos recursos hídricos e à sua adequada operação. Nesta etapa foram utilizadas fotografias aéreas, a base cartográfica da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE (folha Paraipaba) na escala de 1:100 000, fotografias aéreas da década de 60 do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), imagens de satélites Landsat e QuickBird. Foram utilizadas imagens LANDSAT de 1999, cena 217-62 na composição RGB (Red, Green e Blue) 321, e para a obtenção na definição dos contornos foi utilizada a Banda 8 de resolução pancromática. As imagens QuickBird utilizadas foram de Trairi e Trairi_Paraipaba na composição

RGB 321. As fotografias aéreas e as imagens de satélites foram trabalhadas no programa ArcMap (ArcView), conforme o objetivo da pesquisa. Somado a isto, foram realizadas visitas técnicas, percorrendo a área envolvida com o preenchimento de fichas, no que diz respeito as informações para o diagnóstico ambiental da bacia de drenagem da lagoa e registro fotográfico. Essas informações foram registradas em 10 pontos específicos para posterior comparação e análise.

A fotointerpretação possibilitou o conhecimento das formas de uso e ocupação das margens da lagoa em períodos distintos, delineamento da hidrografia e arranjo espacial das principais feições morfológicas.

Para a instalação segura de estruturas urbanas que implementam o turismo costeiro foi necessário o conhecimento das fragilidades e vulnerabilidades da lagoa. Associado a fotointerpretação foi realizado a atualização da área e espelho da lagoa com o auxílio de GPS (Sistema de posicionamento global). Os dados obtidos em campo foram plotados em uma base cartográfica para análises comparativas. Paralelamente foram correlacionadas às fotografias aéreas multi-temporais e imagens de satélites subseqüentemente lançadas no software ArcMap.

3. 2. Etapa de Campo e Laboratório

Após toda uma revisão da literatura pertinente à área em enfoque, sobre áreas afins, e elaboração do mapa básico foi realizada a checagem das principais feições e foram iniciadas as atividades de campo que contemplaram uma série de procedimentos.

Após a delimitação da área de estudo, que abrange a Lagoa das Almécegas e suas áreas de influência direta e indireta, foram estabelecidas:

6 (seis) seções onde foram realizados perfis batimétricos transversais na lagoa;

3 (três) perfis topográficos transversais ao leito do rio no trecho situado entre a jusante da barragem até a foz, para a análise da configuração atual do curso do rio até a desembocadura.

20 (vinte) pontos de amostragem de sedimentos para análise sedimentológica, na lagoa.

04 (quatro) pontos de amostragem de sedimentos para análise sedimentológica, no trecho situado entre o sangradouro da lagoa e a foz;

09 (nove) pontos de amostragem de sedimentos, na lagoa, para análise de matéria orgânica e metais traço;

07 (sete) pontos de amostras de água para físico-química.

03 (três) seções de coletas de água para análise da coluna vertical d'água, abrangendo também parâmetros físico-químicos.

07 (sete) pontos de coleta de amostras de água para análise de sólidos suspensos totais;

10 pontos de análise ambiental da qualidade da bacia de drenagem da lagoa (Figura 04).

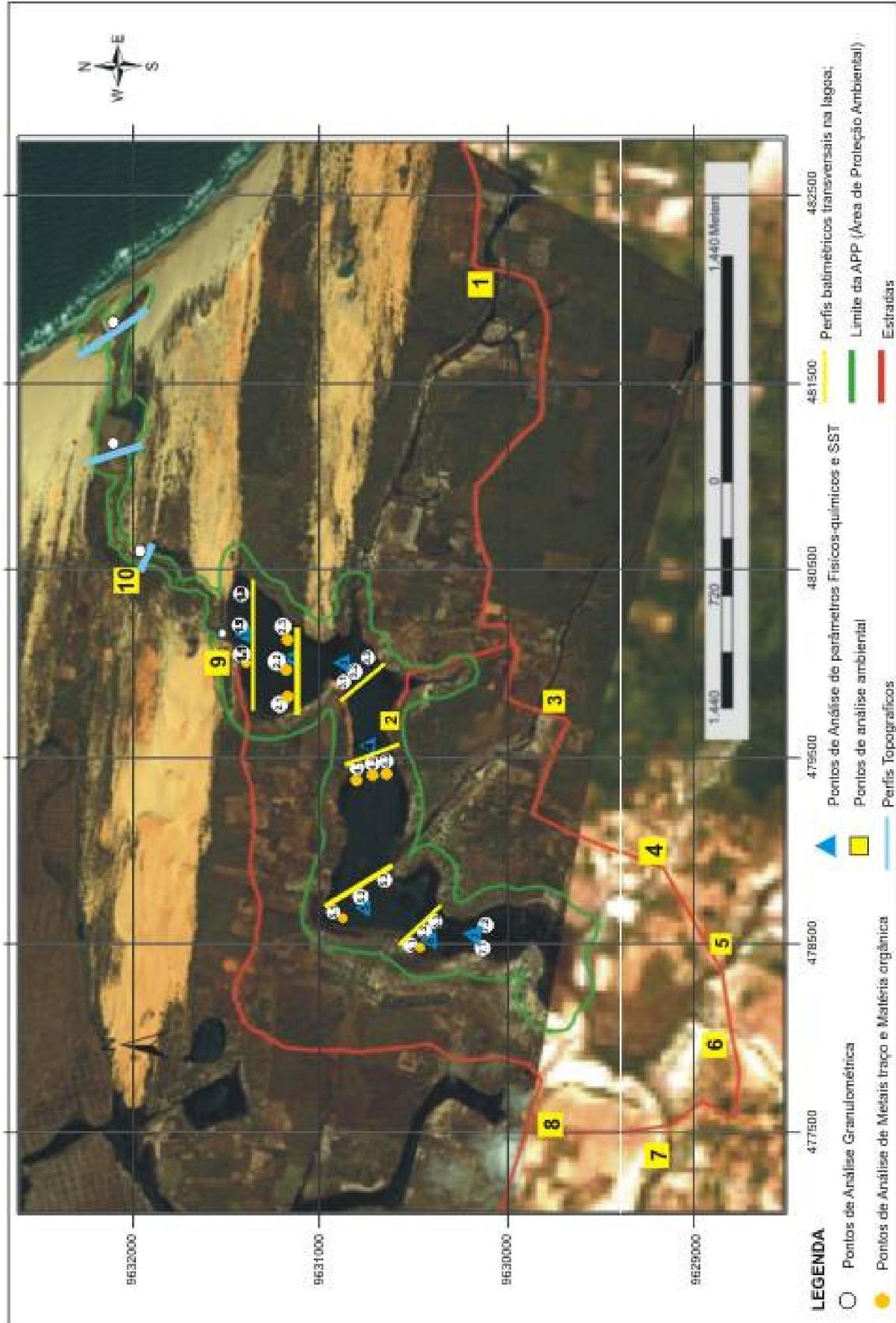


Figura 04 – Localização dos pontos de amostragem

Etapa de Laboratório

As análises de laboratório foram realizadas no LGCO (Laboratório de Geomorfologia Costeira e Oceânica) da UECE, sendo analisadas as amostras de sedimentos coletadas em campo através de análise granulométrica das frações grosseiras e finas. No Laboratório de Biogeoquímica do LABOMAR realizou-se a determinação de metais traços e matéria orgânica.

Características sedimentológicas da Lagoa

A análise granulométrica das frações grosseiras e finas foram baseada em trabalhos de sedimentação lacustre de Suguio (1973) também realizados por GOMES (2003) e PAULA (2004), onde se estabeleceram seções de controle distribuídas na lagoa em estações.

A coleta de sedimentos de fundo ao longo da lagoa foi realizado através de uma draga do tipo *Van Veen*. Todos os pontos de coleta foram devidamente georeferenciados com o auxílio do GPS. Para tanto foram analisado amostras de 7 seções na lagoa: a primeira na proximidade da barragem, que foi dividida em pontos amostrais (1.1,1.2 e 1.3) e assim sucessivamente (Figura 04).

As amostras coletadas em campo foram encaminhadas ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica da UECE, onde passaram por análises texturais obedecendo a metodologia proposta por Suguio *apud* (1973), seguindo os métodos clássicos em sedimentologia aqui descritos:

As amostras coletadas foram devidamente acondicionadas em vasilhames de vidro e levadas à estufa de secagem a uma temperatura de aproximadamente 60 °C, por cerca de 24 horas. Decorrido esse tempo as amostras foram retiradas da estufa e postas para esfriar à temperatura ambiente.

Foram separadas 100 (cem) gramas da amostra para ser quarteada e em seguida passar pela análise granulométrica propriamente dita.

Assim, as amostras passaram pelo peneiramento úmido, ou seja, foram lavadas em água corrente com o auxílio de uma peneira de malha 0,062 mm, que proporciona a retirada dos sais da amostra e separação do material argilo-siltoso (fino) do material arenoso (grosseiro). Após separadas as frações foram condicionadas em recipientes apropriados e colocados novamente na estufa. A fração retida na peneira corresponde às frações que variam de areia fina à cascalho e as frações recolhidas sob a peneira correspondem às frações silte e argila.

Após seca, a fração maior do que 0,062 mm foram colocadas em uma bateria de 12 (doze) peneiras com aberturas variando de -2,00 a 4,00 , segundo a escala de Wentworth in Suguio (1973), e postas para vibrar por 10 (dez) minutos no agitador mecânico *Rotap*. As frações retidas em cada peneira foram pesadas e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados com a malha da peneira.

A fração fina, inferior à 0,062 mm, foi analisada pelo método de pipetagem seguindo a lei de Stokes in Suguio (1973), que se baseia na velocidade de queda das partículas em meio aquoso. Em uma proveta de 1.000 ml foi feita uma solução composta de sedimentos, água destilada e pirofosfato de sódio. Através de agitação mecânica a amostra foi homogeneizada e em seguida esta foi deixada em repouso, para que de posse de uma pipeta de 20 ml fossem realizadas várias pipetagens em intervalos de tempo e profundidade, definidos conforme a metodologia (Tabela - 01). Os referidos valores correspondem à velocidade de decantação das frações de silte grosso, silte médio, silte fino e argila. Em seguida, o material pipetado foi levado à estufa para secar e posteriormente foi pesado.

Tabela 01 – Tempo de repouso necessário após a agitação e a altura para a realização pipetagem

| Granulometria | mm | Profundidade (cm) | Tempo |
|------------------|-------|-------------------|-----------|
| Silte Grosso | 0.032 | 10 | 3 mim 52s |
| Silte Médio | 0.016 | 10 | 7 mim 44s |
| Silte Fino | 0.008 | 10 | 31 mim |
| Silte Muito Fino | 0.004 | 10 | 2h 03 min |

Fonte: Alterada de WENTWORTH // SUGUIO, 1973.

Os dados das análises foram calculados a partir dos parâmetros textuais de FOLK (1974) com o auxílio do Sistema de Análise Granulométrica (SAG), software estatístico específico, desenvolvido pelo Lagamar- UFF em que os parâmetros estatísticos foram calculados utilizando os dados gráficos obtidos de curvas acumulativas de distribuição de frequência, calculados com os dados na escala de “phi” (ϕ). Com isso, foi caracterizada a curva em relação a sua tendência central, grau de dispersão, grau de assimetria e grau de agudez dos picos. Estes valores possibilitaram descrever os sedimentos em termo de suas várias propriedades, incluindo a média e a mediana, obtendo-se as seguintes medidas: diâmetro médio, mediana, desvio padrão, assimetria e curtose. Como resultado tem-se toda a caracterização sedimentológica, a definição do material que constitui a lagoa, como também a identificação de possíveis pontos de processo de assoreamento e/ou erosão.

Análise de metais traço: cobre, cádmio e zinco no sedimento da lagoa

As amostras de sedimentos de fundo foram coletadas com draga *Van Veen* devidamente posicionados por GPS. Em seguida colocadas em sacos plásticos e mantidas a 4°C. No Laboratório de Biogeoquímica do LABOMAR, as amostras foram secas à 60 °C (estufa) e depois peneiradas em malha de 0,6 mm a fim de uniformizar a granulométrica e retirar fragmentos de cochas e grãos maiores. Os teores de Cu, Zn e Cd nos sedimentos foram obtidos após digestão de duplicatas (2g secas) em água-régia 50%, digeridas em *erlenmeyers* de 125 ml, fechadas com dedo frio, contendo 20 ml de água-régia diluída (50%) em banho-maria na faixa de 70 – 80 °C por 2 horas. A digestão possibilita que o metal que estivesse fracamente ligado na fração trocável fosse disponibilizado para a solução.

A detecção final dos metais foi realizada através da espectrofotometria de absorção atômica de chama, com a leitura dos extratos na digestão. Sendo a leitura dos teores dos metais em absorvância, efetuada através do equipamento modelo AA-6200 da Shimadzu, utilizando para a calibração do equipamento as soluções padrões dos receptivos metais analisados (curva de calibração). Sendo que o valor do teor do metal [ME] analisado é dado através da expressão:

$$[ME] = (C \times V \times F) / m$$

C = concentração em µg/ml obtida através da curva de calibração de metal

V = volume total do extrato

F = fator de diluição do extrato original, quando necessário

M = massa do sedimento

Análise da matéria orgânica no sedimento

Para a determinação do teor de matéria orgânica no sedimento de cada amostra utilizou-se a metodologia seguindo o procedimento de incineração // Loring e Rantala 1992. Onde 2g do sedimento previamente seco foram colocados em mufla (em duplicata) à 450°C por 24 horas.

O teor de massa da matéria orgânica [MO] foi expresso em porcentagem, utilizando a seguinte equação:

$$[MO] = (m_c \times 100) / m_s$$

Onde:

m_c = massa perdida após a calcinação

m_s = massa do sedimento

3.3. Aspectos Hidrológicos e Hidrodinâmicos da Lagoa

3.3.1 Amostragem das propriedades da água

Parte das análises foram realizadas “*in situ*”, através de aparelhos portáteis com medidor de salinidade, pH, O₂, Temperatura, condutividade elétrica, transparência d’água. A análise dos sólidos suspensos totais, por sua vez, foi realizada em laboratório.

As amostras de água foram coletadas ao longo do corpo da lagoa de duas formas, amostras de superfície e de fundo para se ter noção do comportamento vertical da coluna d’água. As amostras de superfície foram coletadas diretamente em garrafas plásticas previamente lavadas com água destilada, enquanto para as amostras de fundo utilizou-se uma garrafa do tipo Van Dorn, que permite a coleta da água em profundidade sem o contato direto com o material coletado. Em parceria com o Laboratório LGCO da UECE foram realizados e acompanhados esses parâmetros.

Os parâmetros físicos-químicos analisados foram os seguintes: salinidade, pH, Sólidos Totais, Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade e Transparência (Turbidez).

Salinidade

É um parâmetro indicador de influência marinha ou de abundância de cloretos decorrentes de poluição. Para a determinação da Salinidade foi utilizado um CTD (*Conductivity, Temperature, Depth Senso*). O MINI STD/CTD modelo SD 204 é capaz de medir a condutividade (ms/cm), salinidade (ppt), temperatura (°C) e profundidade (m) à medida que vai sendo submerso.

Potencial Hidrogênionico- pH

O pH é uma grandeza que mede o caráter ácido ($\text{pH}<7$), básico/alcalino ($\text{pH}>7$) e neutro ($\text{pH}=7$) das soluções, através da medida da concentração do íon hidrogênio. A água que tenha um pH baixo, isto é, alta concentração de íons de hidrogênio, dissolve metais mais rapidamente do que a água com pH alto. Os organismos podem desaparecer se o valor de pH for muito alto ou muito baixo. O pH para proteção da vida aquática deve ficar entre 6 e 9. Os valores de pH entre 3 e 6 favorecem o aparecimento de fungos e bactérias. Para a determinação do pH foi utilizada um sonda portátil *in situ*.

Este parâmetro deve ser considerado, pois os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em conseqüência, alterações bruscas do pH de uma água pode acarretar o desaparecimento dos seres nela presentes. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para corrosão dos sistemas de distribuição de água, ocorrendo com isso, uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, e dificultar a descontaminação das águas.

Oxigênio Dissolvido – O₂

Oxigênio Dissolvido (OD) é um parâmetro importante na análise de poluição, e é um dos principais indicadores da qualidade da água, estando diretamente relacionado a concentração de Matéria Orgânica, que em grande quantidade no corpo lacustres é sinal de eutrofização do meio. No entanto, este parâmetro não foi analisado, em função de problemas técnicos com o equipamento.

Portanto, os dados de O₂ utilizados como indicadores de qualidade da lagoa foram os resultados alcançados no trabalho realizado durante pesquisa de iniciação científica e apresentados na IX Semana Universitária (2004) no trabalho Análise dos

parâmetros ambientais na Lagoa das Almécegas, Paripaba/Trairi – Ceará. Como também os trabalhos realizados por Lima (2004).

Temperatura

A análise da temperatura da água é importante devido a sua influência direta nos processos físicos, fisiológicos e químicos nas águas de uma lagoa e que afeta o meio biótico. Este parâmetro foi amostrado através do CTD.

Condutividade Elétrica

O conhecimento do valor da condutividade elétrica da água é de grande importância para a biota aquática, pois permite o controle da qualidade da água com diferentes propósitos, tais como: criação de organismos aquáticos, índice de poluição, e estimativa da produtividade biológica. Os valores foram coletados com um CTD.

Sólidos Suspensos Totais

A porcentagem de finos ou material transportado em suspensão permitiu conhecer o comportamento fluvial e avaliar o regime de descarga sólida. Para a realização da análise foi utilizada a filtração a vácuo de 500 ml de água (coletada em campo) em micro fibra de vidro 47mm de diâmetro e 0,45 μ (pré-secos em estufa por 78 horas a 60°C e pesados em balança analítica), sendo o filtro graduado para análise de sólidos dissolvidos. Após filtrado, o filtro foi colocado na estufa a 60°C por 72 horas, resfriado em dessecador e pesado em balança analítica. A diferença de peso determinou o valor de sólidos suspensos totais.

O cálculo para a obtenção do valor dos sólidos totais foi:

$$\text{S. T. (em mg/L)} = \frac{M_2 - M_1}{V_{\text{AMOSTRA}}}$$

S. T. = Teor de sólidos totais em mg/l

M_1 = Massa do recipiente seco e vazio (mg)

M_2 = Massa do recipiente após o procedimento (mg)

V = Volume da amostra de água analisada (L)

Transparência da água - Turbidez

A luz é a mais importante fonte de energia para todas as reações fotoquímicas como a fotossíntese. A turbidez, que permite verificar a presença de material em suspensão na água, foi analisada com a utilização de um Disco de Secchi, que mede a transparência da água da lagoa e permite estimar o coeficiente de extinção, que resulta da relação linear negativa entre a profundidade e radiação.

A transparência da água é importante para se avaliar o máximo de penetração da luz, pois a penetração da luz é um fator essencial para a realização da fotossíntese, afetando todo o meio biótico pertencente ao corpo d'água.

A claridade da água é afetada basicamente por dois fatores: a presença de algas e material em suspensão. Sendo assim, quando há muitos nutrientes na água, as algas multiplicam-se bastante, diminuindo a transparência. Da mesma forma, quanto mais material em suspensão estiver presente, maior será a turbidez e conseqüentemente, menor será a transparência.

O Disco de Secchi consiste num disco metálico de 30 cm de diâmetro e 1 cm de espessura e suspenso por um cabo graduado em uma escala métrica com

intervalo também em centímetros. A leitura da profundidade até onde o disco é visto é feita a partir de um barco e sempre no lado da sombra do mesmo. Esta leitura foi realizada dentro do período indicado por Esteves (1998), que deve ocorrer entre 10 e 14 h.

A média obtida entre a profundidade na qual o disco desaparece (momento de descida do disco) e a profundidade na qual o disco reaparece (momento de subida do disco) é utilizado para estimar o coeficiente de extinção. O coeficiente de extinção aproximado é dado pela relação: $K = 1,7/D$, onde D = profundidade do disco de Secchi (m).

3.3.2. Dinâmica Fluvial

O conhecimento da vazão possibilitou avaliar o comportamento da dinâmica fluvial. Para isto, o monitoramento da vazão foi realizado nos dois períodos específicos (chuvoso e estiagem). No entanto, no período de estiagem a vazão foi nula visto que a lagoa não sangrou no referido período, mantendo o nível da água abaixo da cota de sangria da barragem.

A vazão foi calculada a partir do conhecimento da área de uma seção da Lagoa próxima a barragem, abrangendo toda a porção onde ocorria escoamento de água, calculado o volume de água da seção. Foi mensurada a velocidade da corrente na seção com o uso de um Mini-correntômetro Sensordata a.s (Modelo SD – 600/30) para medições de direção e velocidade da corrente. Logo, a vazão foi obtida através do produto da velocidade da corrente pelo volume de água da seção.

Na área a jusante da barragem, também foi calculada a velocidade da corrente, usando para isso um flutuador. No entanto, flutuadores apresentam limitações, pois só permitem o conhecimento da corrente superficial da seção analisada que é compatível com a lamina d'água neste setor. Logo, a vazão calculada nessa área refere-se a valores superficiais.

O flutuador consta de uma esfera de acrílico de peso aproximado a 1 kg. Tem raio de 0,10 m e um furo no centro para amarração da corda. A corda do flutuador

deve ser de material leve (nylon) de modo a permitir que ele bóie sobre a água, evitando que o peso da esfera sofra atrito com a água e interfira no deslocamento do flutuador.

3.3. 3. Estudos Morfométricos e Levantamento Batimétrico

O levantamento batimétrico da lagoa foi realizado baseado na metodologia aplicada por Porto-Filho (1993) in Gomes (2003) e Gomes (1998). Este foi realizado com o auxílio de um ecobatímetro da marca FURUNO, uma sonda que funciona acoplada a um GPS. A sonda emite impulsos elétricos a partir de um transdutor, que em forma de ondas, dissipam-se até o fundo da lagoa, sofrendo reflexão e retornam até um sensor receptor acoplado ao transdutor. Assim, através do tempo de emissão e reflexão, juntamente com a velocidade com que a onda se propagou e é refletida, o aparelho registra a profundidade local. Com o GPS acoplado os pontos de amostragem puderam ser georeferenciados.

Os dados das profundidades e localização foram plotados no mapa base. A união destas informações possibilitou a confecção de um mapa batimétrico da lagoa, com auxílio do programa SURFER 8.0.

Sendo calculados parâmetros morfométricos da lagoa Almácegas, para uma melhor caracterização do corpo lacustre. Os parâmetros analisados são os seguintes:

- Área (A): É expressa em km^2 , permite mensurar a área de superfície do espelho da lagoa. A área da lagoa foi calculada no programa AUTOCAD MAP.
- Comprimento Máximo (L): é a maior linha entre dois pontos extremos da lagoa sem descontinuidade.
- Largura Máxima (b): é a maior distância entre dois pontos da margem da lagoa, perpendicular à linha do comprimento Máximo;
- Largura Média (D): é a área de superfície da lagoa (A) dividida pelo comprimento Máximo (M). Sendo $D = A/L$;

- Perímetro (L): É expresso em quilômetros e corresponde ao comprimento total das margens. O perímetro da lagoa foi calculado no programa AUTOCAD MAP.
- Volume Total (V): é a quantidade de água acumulada na bacia hidráulica da lagoa, desde a profundidade zero até a profundidade máxima pela largura média. O método utilizado foi a partir do programa SURFER 7.0 que é expresso em metros cúbicos (m^3), que realiza uma compartimentação maior de cada estrato e da lagoa como um todo.
- Profundidade Máxima (Z_m): é a profundidade máxima em metros, encontrada na lagoa. Essa medida foi mensurada através dos dados obtidos no levantamento batimétrico realizado em campo.
- Profundidade Média (Z): é o volume (V) dividido pela área de superfície na profundidade zero (Z_0), onde $Z=V/A$.

Junto a batimetria também foram realizados perfis batimétricos em 7 seções da lagoa que possibilitaram verificar a ocorrência de assoreamento nos ambiente lacustre. Sendo também realizado 3 perfis topográficos entre a barragem e a foz para conhecer o comportamento deste ambiente.

4 – REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo de evolução costeira a curto, médio e longo prazo é de fundamental importância na compreensão da dinâmica costeira, visto que obtem-se o comportamento dos processos até o presente momento dando subsídios a identificação da morfogênese e morfodinâmica. Essas informações somadas à correlação dos processos hidrodinâmico-sedimentológicos atuais contribuíram na classificação das áreas quanto ao grau de vulnerabilidade e ao uso e ocupação do solo de forma sustentável.

Para as ciências ambientais, as lagoas costeiras são ambientes transitórios, ou seja, de curta duração, todos eles encontram-se inevitavelmente fadados ao desaparecimento. Portanto, o uso e aplicação de estudos para solucionar os problemas destes ambientes são fundamentais, pois contém informações físicas, químicas, biológicas e socioeconômicas. E preciso destacar que a compreensão do ambiente por completo necessita da avaliação integrada destes aspectos.

Para Silva *et al* (2003), é imprescindível fazer um acompanhamento do desenvolvimento local e apontar aspectos falhos no planejamento e gestão das áreas e dos recursos voltados a ela e oferecidos por ela; racionalizar a exploração dos bens disponíveis e direcionar a ocupação do solo para fins adequados em função de sua capacidade de exploração, na tentativa de preservar a qualidade ambiental.

4.1 – Origem e Evolução das Lagoas

O relevo brasileiro é de formação antiga, resultante da ação de processos orogênicos e da alteração de ciclos climáticos, o que favoreceu o processo de erosão. Para Ross (1995) in Tucci (2003), as unidades de relevo encontradas no Brasil podem ser divididas em planaltos, planícies e depressões. Onde as planícies são unidades de relevo mais recentes geologicamente, formadas a partir da deposição de matérias de origem marinha, **lacustre** e fluvial em áreas planas.

A tipologia geomorfológica dos lagos é feita por Schäfer (1984), de acordo com sua gênese em:

- 1 – Gênese endógena: tectônica e vulcânica;
- 2 – Gênese exógena: erosiva (glacial, marinha, fluvial, eólica, química) e acumulativa (glacial, marinha, fluvial, eólica, desabamento e biológica).

É importante lembrar que além desses tipos, existem os lagos artificiais criados pela atividade humana.

Já Hutchinson (1957) *apud* Esteves (1998), classifica os lagos do globo terrestre em 11 grupos, podendo a origem estar ligada a movimentos tectônicos, vulcanismo, glaciação, erosão e sedimentação. No Brasil as atividades geológicas são também responsáveis pela formação da maioria dos lagos brasileiros ou sistemas lacustres.

Esteves (1998) agrupa e classifica os lagos e lagoas brasileiras em 5 grupos: Lagoas amazônicas; lagoas do pantanal matogrossense; **Lagos e lagoas costeiras**; Lagos formados ao longo de rios de médio e grande porte; e lagos artificiais.

De acordo com King (1972) *apud* Schäfer (1984) a distribuição das lagoas costeiras representa em sua maior parte as costas de emersão formadas por deposição de areia em consequência das oscilações do nível do mar. Um resumo dos principais eventos da planície costeira do Ceará relacionada a gênese da lagoa das Almécegas são os eventos ocorridos durante o Período do Quaternário, no Holoceno e Pleistoceno.

Para Suguio (1999), uma importante peculiaridade dos depósitos quaternários é a sua relação intransferível com a geomorfologia. O autor ainda acrescenta que esta relação é lógica já que o relevo é o produto de intemperismo, erosão, transporte e sedimentação por vários agentes, onde a gravidade é a força motriz principal. Além, disso, a distribuição das lagoas e lagoas costeiras tem a ação do vento como auxílio.

A principal região de distribuição de lagoas corresponde às áreas que foram cobertas por geleiras durante o Período do Pleistoceno, ou mais recentemente. No Brasil em geral, estão presentes em regiões relativamente baixas das zonas litorâneas acompanhando os cursos fluviais das principais bacias hidrográficas.

As flutuações do nível relativo do mar, associada modificações climáticas no decorrer do Quaternário, desempenharam um papel fundamental na formação das planícies sedimentares do litoral brasileiro (SUGUIO, 1985). A gênese da Lagoa das Almécegas está supostamente relacionada aos processos geológicos e geomorfológicos pretéritos, explicados pela evolução costeira, que segundo Morais (1996), são também responsáveis pelo surgimento dos estuários, deltas, rias, lagoas costeiras e planícies costeiras de um modo geral.

Levando em consideração o que já foi dito, a Lagoa das Almécegas tem sua classificação morfológica da gênese pelo acúmulo de substâncias (obstrutivas). Quanto ao surgimento está ligado à gênese exógena, onde Hutchinson (1957) *apud* Schäfer (1984) enquadra os lagos ou lagoas formados de origem glacial, marinha, fluvial, eólica e química. Deste modo, a Lagoa das Almécegas tem uma origem fluvial e eólica, pois o rio Almécegas que desembocava no mar foi barrado pela atividade dos ventos.

Os movimentos eustáticos que promovem as regressões e transgressões marinhas formam uma costa de equilíbrio, através de processos de erosão e deposição juntamente com a ação eólica, isolaram o corpo d'água que viria a formar a Lagoa das Almécegas.

No Brasil, em geral, usa-se o termo lagoa para referir-se a todos os corpos d'água costeiros e mesmo interior, independente de sua origem. Alguns autores costumam referir-se a laguna quando estes apresentam ligação com o mar e chamam de lagos os costeiros que apresentam grandes dimensões (ESTEVES, 1998). Sendo importante ressaltar que o termo lagoa foi utilizado neste trabalho devido à região e sua ampla aceitação.

As lagoas costeiras no Estado do Ceará são feições presentes em toda a costa com extensão e profundidade variadas. De acordo com Kjerfve (1994) *apud* Neto *et al* (2004), as lagoas costeiras são corpos aquosos relativamente rasos, separados por uma barreira, ou em alguns casos intermitentemente conectados ao oceano por um ou mais canais restritos. Já Lankford (1976) *apud* Neto *op cit* (2004), acrescentar que muitas lagoas costeiras e seus depósitos associados são resultantes da variação do nível do mar durante o Quaternário e da construção de barreiras arenosas costeiras por processos marinhos.

Segundo Cooper (1994) *apud* Neto *op cit* (2004), as lagoas costeiras são feições efêmeras associadas à elevação do nível do mar, cuja evolução sedimentar se processa muito rapidamente ao longo do período geológico, em decorrência de atividades tectônicas e atividades de uso do solo. O desaparecimento das lagoas está ligado a fenômenos como metabolismo, acúmulo de matéria orgânica no sedimento e deposição de sedimento transportado por afluentes.

Ainda é possível acrescentar, segundo Kleerekoper (1990), que as lagoas de origem marinha estão quase sempre ligadas, permanentes ou periodicamente, com o mar, por meio de canal natural ou artificial. Esta separação do mar pode ser explicada de três formas: movimentos tectônicos da região litorânea, ou seja elevações do mar antigamente submersas; a separação de faixas do litoral por formação de dunas e elevação geral do terreno; e, finalmente, separação pelas sedimentações trazidas pelos rios em suas desembocadura.

4.2 – Flutuações do Nível do Mar

O Quaternário foi marcado por diversos ciclos de variação do nível do mar, provocando o surgimento de distantes feições no litoral cearense. A Lagoa das Almécegas iniciou sua formação provavelmente na penúltima transgressão, há aproximadamente 123.000 anos antes do presente, quando o nível relativo do mar se posicionou cerca de 130 metros acima do nível do mar atual (SUGUIO, 1999), provocando o afogamento dos vales seguido da deposição de sedimentos marinhos, originando um terraço marinho Pleistocênico, característico da região norte da baía de Vitória - ES. Posteriormente a este evento interglacial, houve um novo período glacial, o máxima da ultima transgressão, uma paisagem comum desta fase foi a

formação de sistema de ilhas barreiras – laguna. Durante a última fase transgressiva o nível relativo do mar teria atingido cerca de 3 a 5 metros acima do atual, há aproximadamente 5.100 anos A.P. (antes do presente). Na descida do nível do mar depois da máxima transgressão de 5.150 anos A.P. ocorreu a construção de terraços marinhos e o abaixamento do nível do mar. Além disso, causou a transformação de lagoas em lagoas costeiras e estas em pântanos salobros e finalmente em lagoas de água doce.

De acordo Martin *apud* Pinheiro (2000) o atual nível do mar foi ultrapassado pela primeira vez no Holoceno em torno de 7000 anos A.P., ocorrendo várias elevações e diminuições, sofrendo um abaixamento por volta de 2500 anos A.P. até atingir o nível atual.

4.3 – Configuração Atual da Lagoa

A formação da Lagoa das Almécegas além de estar relacionada às variações do nível relativo do mar no Período Quaternário, como já foi discutido, deve-se também a uma sucessão de eventos geológicos e processos morfo-hidrodinâmicos que afetaram e afetam a região. A culminância da integração desses processos permitiu a configuração atual da lagoa. Esteves (1998) destaca entre esses processos a ação eólica. Este autor afirma que os ventos alísios de NE, típicos da região promovem o deslocamento das dunas móveis. Estas por sua vez, ao se locomoverem, acabam represando os pequenos córregos que buscam o mar, formando assim as lagoas próximas à costa, ou seja, as lagoas costeiras, a exemplo da Lagoa das Almécegas (Figura 05).

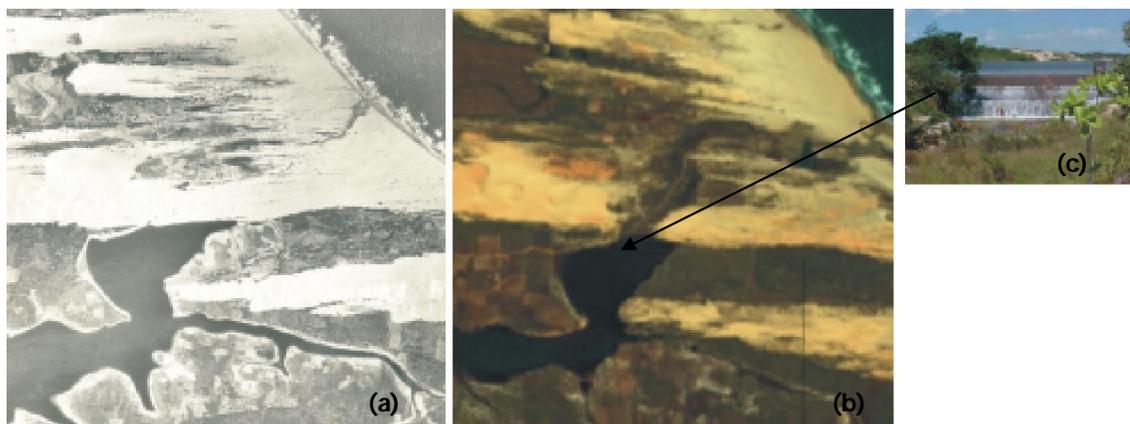


Figura 05 – (a) Fotografia aérea (DNOCS) - Lagoa na década de 60, antes de ocorrer o arrombamento no ano de 1964. (b) Imagem QuickBird (2003) - Lagoa em 2002 já com o barramento artificial (c).

Hoje a barragem da lagoa em questão tem um importante papel no equilíbrio ecológico do ecossistema. Desde o instante em que as dunas que mantinham o volume d'água represado, foram arrasadas, a anatomia da lagoa foi deformada. E com a construção da barragem permitiu-se novamente o acúmulo do nível d'água, mantendo a lagoa, um enorme reservatório.

A construção de uma barragem implica em uma importante mudança no perfil longitudinal do rio e na formação de novos padrões dentro do sistema aquático. Segundo De Felippo *et al.*, (1999) *apud* Brigante (2003), as implicações limnológicas mais diretas da construção de um reservatório estão relacionadas aos estoques e à retirada da água. Desta forma, se a estocagem de água promove a retenção e estratificação de materiais e calor, a retirada da água promove a exortação e a mistura de calor e matéria. A alternância desses processos é que caracteriza o reservatório e, desse modo, esse sistema pode ser considerado um ambiente intermédia entre rio e lago.

As represas são ambientes flúvio-lacustres provenientes do barramento artificial de cursos d'água ou na preservação deste ambiente. Para Sperling (1999), ao contrário dos lagos, as represas apresentam tempos médios de resistência da água bastante curtos, tendo em vista o escoamento de grande vazão de água através dos equipamentos nela existentes (vertedouro).

Mesmo apresentando características lênticas, os reservatórios conservam os gradientes longitudinais, típicos dos rios, graças aos influxos promovidos pelo rio principal e afluentes, e ao defluxo efetuado pela barragem (MARGALEF, 1983 *apud* JÚNIOR, 2003).

De acordo com Sperling (1999), as águas represadas servem também como fonte de suprimento de água para as populações ribeiras, além de constituírem-se em ambientes para recreação (natação, mergulho, esqui aquático, etc), lazer (pesca), harmonia paisagística, melhoria climática (aumento da umidade do ar) e navegação.

Os sedimentos de ambientes lacustres são constituídos de partículas de grande variedade de tamanho, formas geométricas e composição química, que são transportados por água, ar ou gravidade dos pontos de origem nos ambientes terrestres e depositados nos fundos de lagos e oceanos (MUDROCK; MACKNIGHT, 1994 *apud* MOZETO, 2004).

Sedimentação se refere aos processos derivados do sedimento, abrangendo erosão, transporte no curso d'água e deposição. O estudo da sedimentação é de vital interesse na conservação, desenvolvimento e utilização dos solos e dos recursos hídricos (CARVALHO, 1994). Os principais agentes atuantes externos do processo de sedimentação são a água, o vento, a gravidade, e os agentes biológicos, como a ação humana. O homem influencia consideravelmente de forma benéfica ou danosa para o processo de sedimentação natural.

Lago, reservatórios, lagoas ou superfícies d'água confinadas, são corpos de água parada ou que confinadas, apresentam correntes fracas. Sendo aqui denominados como lagos, para facilidade de expressão. E servem como depósitos para sedimentos devido ao poder de retenção por falta de corrente (CARVALHO *op cit*, 1994).

Segundo Carvalho *op cit* (1994), quando se fala em assoreamento de reservatórios, e preciso compreende os procedimentos existentes para a previsão da evolução do fenômeno ao longo dos anos. Isso visa determinar a vida útil do reservatório, onde o equacionamento do problema exige um conhecimento sobre a produção de sedimentos, como suas áreas-fonte. E deve-se levar em consideração o conhecimento das relações entre o uso do solo, a erosão e o assoreamento do reservatório.

4.4 – Sedimentologia da Lagoa

O sedimento é considerado um sítio de intensa atividade decompositora, principalmente nas suas camadas superficiais ou recebem materiais sedimentados, a partir da coluna d'água (JONES, 1979; DRAKOVA, 1983 *apud* FREITAS - LIMA, 1992).

Os sedimentos que aportam as lagoas são materiais sólidos e semi-flúidos depositados graças ao carreamento pelas enxurradas (de areia, silte e argila) da bacia de contribuição; pela deposição de matéria orgânica em decomposição (originada na bacia ou na própria água) ou por outro meio. A dinâmica dos sedimentos compreende fases em seqüência:

- O arraste de partículas ou decomposição de seres vivos;
- A sedimentação desses materiais ou a precipitação de elementos; e,
- O acúmulo, deposição ou armazenagem dos mesmos no leito dos lagos e reservatórios.

As principais ligações ou interfaces dos sedimentos com os lagos e reservatórios são as seguintes: assoreamento, turbidez, fonte de alimentos e habitat para a fauna, e retenção de produtos tóxicos. De acordo com Esteves (1998), no sedimento ocorrem processos biológicos, físicos e/ou químicos, que influenciam o metabolismo de todo o sistema.

4.5 – Parâmetros Físicos-químicos

Scwarzbold (1982), Scwarzbold e Schäfer (1984), Fonseca (1989; 1995) e Tomaxell (1990) *apud* Leite (2002), ressaltaram a ação dos ventos, a idade do sistema, a distância da linha de praia, o tipo e uso do solo da bacia de drenagem, a hidrologia e a morfologia como elementos determinantes das características de cada lagoa, incluindo-se a qualidade física, químicas e biológicas de suas águas.

O conhecimento das características dos processos que afetam os ambientes e ecossistemas naturais faz-se necessário para a compreensão da dinâmica atuante neste ambiente e a devida interpretação do registro histórico dos poluentes (MACHADO, 2002 *apud* JÚNIOR, 2003).

A seleção das variáveis físicas e químicas para a determinação de aspectos voltados para a qualidade da água na Lagoa das Almécegas considerou a metodologia proposta nos trabalhos de Gomes (1998), Gomes (2003), Júnior (2003)

e Paula (2004), com a seleção dos seguintes parâmetros a serem analisados: condutividade elétrica, pH, concentração de sedimento em suspensão, temperatura e turbidez. Esses parâmetros foram conferidos com os valores limites estabelecidos na resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005.

5 – ASPECTOS GEOAMBIENTAIS DA ÁREA

A bacia da Lagoa das Almécegas abrange parte dos municípios de Paraipaba e Trairi, apresentando-se em quatro compartimentos geomorfológicos distintos: Planície Litorânea, Planície Lacustre e Flúvio-lacustre, e Glacis Pré-Litorâneos. A lagoa encontra-se inserida em uma área de limite da Formação Barreira com o Campo de Dunas da Planície Litorânea (Figura 06).

A maior parte da lagoa e sua bacia de drenagem está em contato com a Formação Barreira, que na região costeira apresenta-se na forma de falésia. Esses Glacis de acumulação são importantes sistemas para a obtenção de aquíferos, mediante as suas condições favoráveis à percolação da água. Para Portela (2006) o município de Paraipaba conta com inúmeras lagoas e córregos, que pode ser resultado das condições geológicas da área, pois a Formação Barreiras (onde está predominantemente assentado os municípios de Paraipaba e Trairi) facilita o acúmulo de águas pluviais em subsuperfície.

Com relação aos aspectos sócio-econômicos podemos destacar o plantio de diversas culturas de subsistência e frutífera em toda a bacia de drenagem, e em especial a plantação de coco em parte das margens. A vegetação da área é típica de Tabuleiro, com destaque para o coqueiro, cajueiro e murici (Figura 07). Constatou-se também a presença de vegetação do complexo litorâneo a exemplo do capim de praia.



Figura 07 – Vegetação típica de Tabuleiro as margens da lagoa.

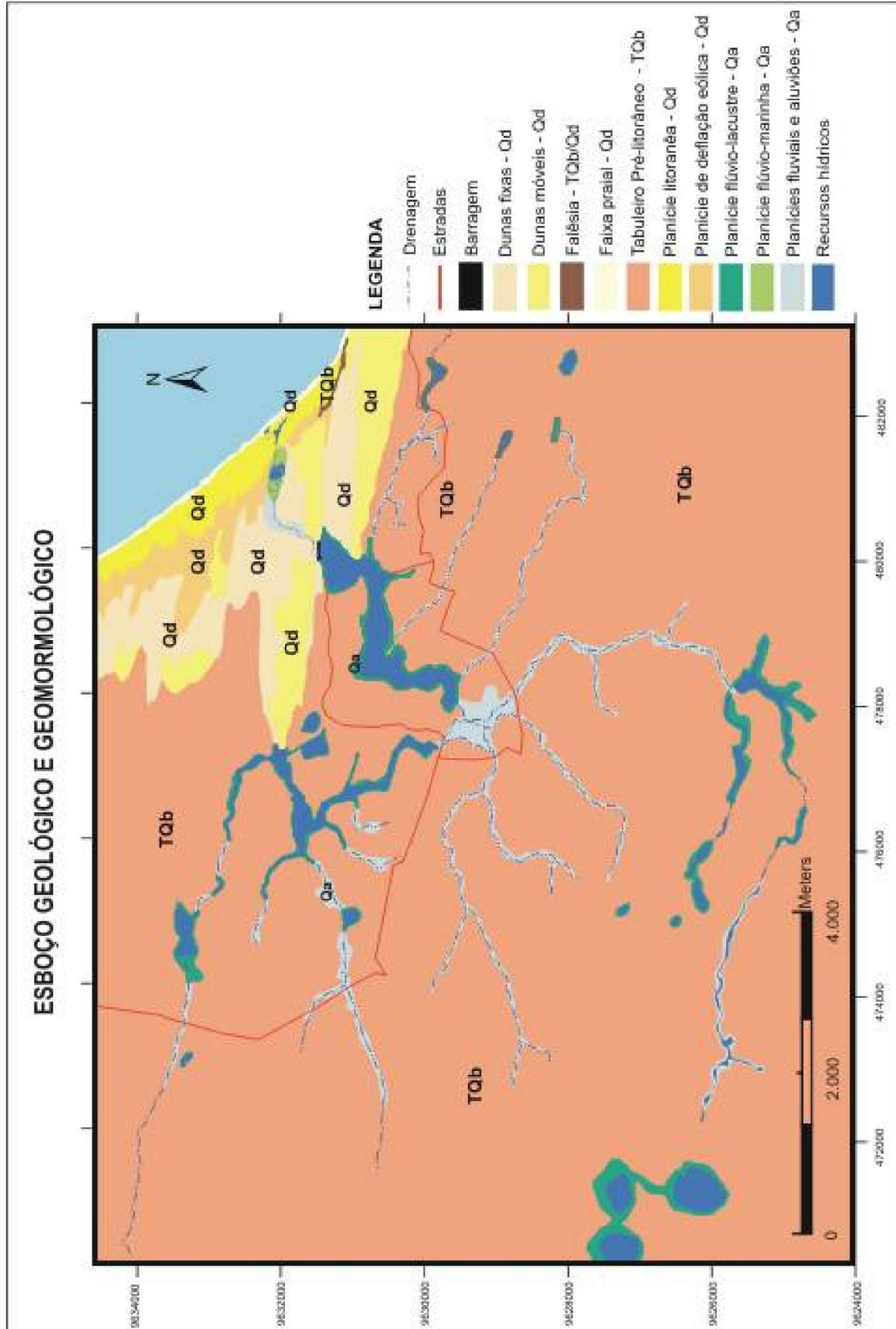


Figura 06 – Esboço Geológico e Geomorfológico da Área

No que diz respeito, à planície lacustre e flúvio-lacustre, a Lagoa da Almécegas é perenizada artificialmente (barramento), o que lhe deixa com características de reservatório de pequeno porte, devido a sua área. Enquanto a localização da barragem e sangradouro da lagoa é sobre o domínio morfológico litorâneo e Tabuleiros costeiros, esculpidos sobre sedimentos terciário-quadernários.

A atividade turística é a principal responsável pela atividade de uso da área, que atrai, através de suas belezas paisagísticas, pessoas de todos os lugares, principalmente no período de alta estação da função turística, em geral no mês de julho (Figura 08).



Figura 08 – Atividade turística na lagoa, passeios de barco são realizados diariamente.

O riacho Almécegas vai da parede do reservatório até a pequena Laguna “D’égua”, com é chamada pela população, e é uma das principais planícies fluviais, ainda muito preservada do ponto de vista da cobertura vegetal. Seu surgimento está diretamente ligado à ruptura da lagoa, pois se tratava de uma área de dunas móveis antes da ruptura. Já a planície litorânea é composta por faixa praial, pós-praia, depósito Quaternário de dunas fixas e dunas móveis, planície de deflação eólica e planície flúvio-marinha da laguna “D’égua” (Figura 06).

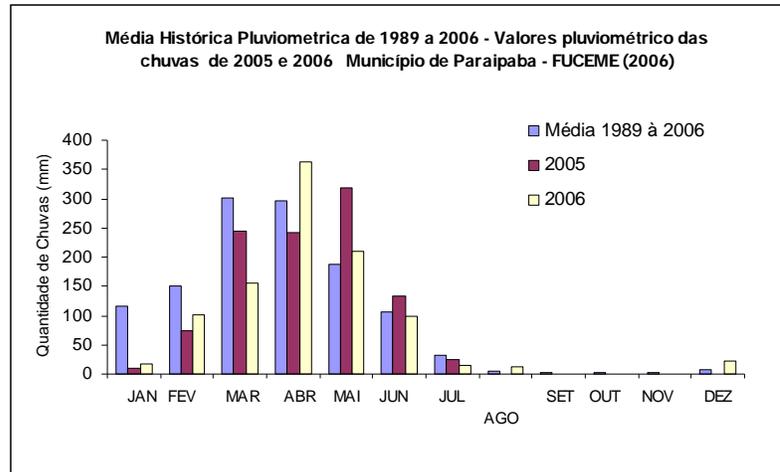
O campo de dunas está em contato direto com a lagoa, e é responsável pela perenização da lagoa, através da contribuição do lençol freático, como também por grande parte de sedimentos que assoream a lagoa em alguns setores, pois a atividade do vento é bastante significativa na área, como em toda a costa do Estado. A área das dunas é usada para passeios de bugre, veículo muito comuns no litoral cearense (Figura 09).



Figura 09 – Passeio de bugre sobre as dunas (Dunas de Lagoinha) que limitam a lagoa na porção norte.

Nessa região, a paisagem se modifica sensivelmente entre o período chuvoso e o período seco, devido à alta evapotranspiração potencial. Para Tucci (2003), o nordeste apresenta um curto período de precipitações no verão e período longo sem precipitações, com alta capacidade de evaporação durante todo ano, caracterizando um clima semi-árido. Essas características influenciam diretamente na modificação da cobertura vegetal que muitas vezes só são visível com a chuva, onde a cobertura vegetal aparece com as primeiras chuvas e desaparece com o final do período chuvoso. A cobertura vegetal tem características de adaptação às condições climáticas, que são estratégias de adaptação.

A área de estudo está situada na zona litorânea, onde as quantidades de chuvas são bem significantes no período chuvoso, tendo suas máximas nos meses de fevereiro, março e abril, evidenciando assim a estação chuvosa. A média anual de precipitação do município fica em torno dos 1238,2 mm, cujas médias das temperaturas máximas e mínimas ficam respectivamente em torno dos 27°C e 26°C (IPLANCE, 1995), segundo os dados obtidos na FUNCEME (2005)(Figura 10).



Durante o período da pesquisa o valor total anual de chuvas foi de 1046,8 mm (2005) e 993,4 (2006), mostrando valores abaixo do esperado para a região. Esses valores sugerem uma diminuição na quantidade de chuvas, mas com comportamento de distribuição esperado para a região. A influência na vazão da lagoa que é sempre constante, com uma lamina d'água sobre a parede do sangradouro como foi verificado em 2004, no ano de 2005 não foi observada vazão, apenas um pequeno filete d'água que era provocado pela influência do vento (Figura 11).



Figura 11 – (a) Lamina d'água em 2004 e em 2005 apenas um pequeno filete d'água provocado pela influência do vento (b).

6 – DIAGNÓSTICO DE USO E OCUPAÇÃO

Os recursos hídricos são limitados e têm um papel significativo no desenvolvimento econômico e social de uma região, como é o caso da Lagoa das Almécegas. O que se observa nos dias atuais é um crescimento urbano que provoca impactos ambientais devido a despejos domésticos e industriais nos rios, córregos e lagoas, criando condições sanitárias extremamente desfavoráveis.

A Lagoa das Almécegas, por ser um recurso hídrico, deve levar em consideração o disposto na Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 004/85, que considera Reservas Ecológicas as formações florísticas, as áreas de florestas de preservação permanente e demais formas de vegetação naturais nas áreas situadas:

- a) Ao longo dos rios ou de qualquer corpo d'água, em faixa marginal, cujo largura mínima seja de:
 - 30 metros para os rios com menos de 10 metros de largura;
 - 50 metros para os rios de 10 a 50 metros de largura;
 - 100 metros para os rios de 50 a 200 metros de largura;
 - 200 metros para os rios de 200 a 600 metros de largura;
 - 500 metros para os rios com largura maior de 600 metros;
- b) Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água natural ou artificiais, desde o seu nível mais alto medido horizontalmente, em faixa marginal cuja largura mínima seja de:
 - 30 metros para os que estejam situados em áreas urbanas;
 - 100 metros para os que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até 20 hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 metros;
 - 100 metros para as represas hidrelétricas;
- c) Nas nascentes permanentes ou temporária, incluindo os olhos d'água e veredas, seja qual for à situação topográfica, com faixa mínima de 50 metros a partir da margem, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia de drenagem contribuinte.

Por fim deve-se ressaltar a importância de se garantir a proteção dos recursos naturais, especialmente dos recursos hídricos, fauna e flora através de Áreas de Preservação Permanente. A Lei Federal N°4.771, de 15 de setembro de 1965 – institui o Novo Código Florestal, considerando em seu Art. 2º, como de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação situadas ao longo dos rios ou qualquer curso d'água, observadas as faixas ali definidas, e ainda ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios de água natural ou artificial.

Portanto, a Lagoa das Almécegas, por estar em uma zona rural e possuir mais de 20 hectares de superfície, tem com faixa de proteção uma largura de 100 metros ao seu redor.

A área de entorno da lagoa é explorada para cultivo de coco, hortaliças, feijão, mandioca, milho e frutíferas. A maior parte da produção destes cultivos é para abastecer outras regiões, pois o coco é um produto de grande importância para os dois municípios em que a lagoa se encontra, sendo Paraipaba conhecido como o município do coco, devido ao Projeto Curu-Paraipaba.

A Secretaria de Agricultura da prefeitura de Paraipaba distribui para a comunidade semente e agrotóxicos para combater as pragas e formigas na plantação, são eles:

- O Madaldrin 400pm Pikapau, inseticida de uso por entidades especializadas, indicado para dedetizações no controle de cupins, formigas e outros insetos que atacam e infestam edifícios industriais e comerciais e áreas não ligadas à produção, guarda ou manipulação de produtos comestíveis. O produto se enquadra na classe toxicológica II.
- Agrophos 400 é um inseticida e acaricida organofosforado sistêmico à base de Monocrotofós (400g/L), recomendado para o controle de pragas sugadoras e mastigadoras. Classe Toxicológica: I – Extremamente Tóxico.

A produção, utilização, comercialização, exportação e importação de produtos conhecidos como agrotóxicos ou biocidas, e seus afins, são regulamentados pela Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que foi regulamentada pelo Decreto nº 98.816, de 11 de janeiro de 1990. Esta Lei definiu a classificação dos produtos agrotóxicos:

- Classe I - extremamente tóxico
- Classe II - altamente tóxico
- Classe III - medianamente tóxico
- Classe IV - pouco tóxico.

Portanto, a EMBRAPA indica que os agrotóxicos devem ser manuseados com cuidados especiais, e que alguns cuidados durante o preparo e aplicação de agrotóxicos devem ser tomados, como:

1. Usar equipamento de proteção individual (EPI) durante todas as etapas do trabalho (preparo e aplicação);
2. Usar sempre luvas para manusear produtos;
3. Adicionar um espalhante/adesivo (emulsificante) à calda fungicida;
4. Atentar para a qualidade da água usada no preparo da calda;
5. Mistura de dois produtos pode alterar a atividade dos mesmos podendo causar fitotoxicidade;
6. Não fumar, beber ou comer durante atividades com defensivos;
7. Jamais realizar a pulverização contra o vento;
8. Aplicar apenas a quantidade da calda necessária para proteger o alvo, evitando escorrimento, reduzindo assim os riscos de fitotoxidez;
9. Tomar banho após o trabalho de pulverização.

De acordo com Cardoso (1998) apud Silva Paz et al (2000) o manejo adequado da água na agricultura não pode ser considerada uma etapa independente do processo de produção agrícola, devendo ser analisado dentro do contexto de um sistema integrado. Pois mediante a melhoria das práticas de irrigação, construção de sistemas de drenagem no campo, a lixiviação de sais em excesso e outras medidas, é possível controlar-se o risco de degradação do solo e,

igualmente importante, reduzir os efeitos sobre as plantas, obtendo-se aumentos significativos dos níveis de produtividade e preservando as condições ambientais.

Já com relação às margens da lagoa, é possível observar, algumas edificações, que adentram na lagoa, como: píeres, cercas, casas e barracas (figura 12). Nas observações realizadas durante o trabalho de campo, registrou-se a presença de equipamentos comerciais e turísticos, no local. Trata-se de bares-restaurantes, construídos na área de APP. As margens da lagoa ainda estão, em sua maioria, preservadas. No entanto o possível loteamento delas e deve ser visto como uma preocupação permanente.



Figura 12 – Construções na área de APP no entorno da lagoa. (a) Casa com instalação sanitária precária, do lado de Trairi, (b) Restaurante que receber os visitantes dos pacotes turísticos do lado de Paraipaba.

É importante observar que o padrão arquitetônico das construções que ocorrem no entorno das lagoas mais urbanizadas do Estado, apresentam níveis elevados de construção, em sua totalidade são mansões de veraneio. Deve ser lembrado que para a implantação dessas edificações, é necessário à retirada de boa parte da vegetação primitiva, que cede lugar às espécies ornamentais e frutíferas.

Na Lagoa das Almécegas a ocupação ocorrida com a retirada da vegetação para o cultivo de coco e o bombeamento da água da lagoa é um dos fatores de desequilíbrio verificado nas margens da lagoa. Ao Norte, as dunas também contribuem para a modificação da lagoa, com o assoreamento de seu vertedouro e do próprio reservatório. É comum bugres subindo estas dunas (Figura 07),

arrasando com a vegetação e deixando trilhas nas mesmas, o que pode facilitar o transporte eólico.

No levantamento das fontes poluidoras, constatou-se que algumas das residências de padrão social baixo não dispõem de sistemas relativamente adequado de tratamento de efluentes domésticos, como fossas sépticas, possuindo sobretudo, fossas negras mesmo que em pequena escala. O que pode se constatar é que do lado do município de Paraipaba existe uma maior preocupação por parte dos órgãos públicos com a questão sanitária. Isto se deve ao fato de que foram instalados em 2006, na localidade de Pedrinha e Boa Vista, 46 Kits sanitários (banheiros) financiados pelo Governo Federal.

Essa falta de tratamento sanitário pode refletir sobre a qualidade da água, aumentando a incidência de coliformes. Nos resultados alcançados por Lima (2004), os valores para Coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* foram bem baixos do determinados por lei, não excedendo os 250NMP/100mL e 200NMP/100ml, respectivamente. Portanto do ponto de vista da balneabilidade, a lagoa apresenta-se própria para recreação de contato primário.

Água limpa significa vida, água contaminada significa doença e muitas vezes a morte. Pois, a saúde depende do suprimento de água potável, segura e confiável. Os sistemas de saneamento básico podem reduzir em 20% a 80% a incidência de doenças infecciosas, inibindo a sua geração e interrompendo a sua transmissão (SELBORNE, 2002).

Já quanto à coleta de lixo, esta é inexistente na porção da lagoa que compreende o município de Trairi. Nessa área o lixo é, geralmente, incinerado (queimado) ou enterrado. No entanto ainda é bastante comum a presença de lixo próximo ao sangradouro e Riacho Almécegas. Sobretudo é comum a presença de resíduos não biodegradáveis, como garrafas plásticas (principalmente do tipo PET), garrafas de vidro, latas de refrigerante, e sacos plásticos entre outras formas de detritos. Para Sucupira (2006) a disponibilidade de resíduos sólidos no solo é um problema grave em termos ambientais, sanitários e sociais.

Apesar da lagoa ser por lei uma área de uso de bem público, o acesso à Lagoa das Almécegas é praticamente privado pelo lado do município de Paraipaba, já que as cercas das propriedades se estendem até as margem da lagoa, restringindo o acesso. Desse modo, o acesso à lagoa fica restrito aos bares e, pelo lado de Trairi ao norte, pelas dunas.

Quanto à prática náutica, constatou-se que a lagoa tem um movimento constante de um ou dois barcos (de acordo com o fluxo de visitantes), que se intensifica nas férias e feriados prolongados. Contudo, não é possível constatar se já existe algum tipo de poluição por derramamento de óleo por esta atividade, mas no trabalho realizado por Lima (2004), são apontado cerca de 13,8 mg/L de óleo e graxas para a lagoa. De acordo com a Resolução CONAMA nº375/2005, para água de classe 2, é “ tolerado apenas virtualmente ausente quanto a óleos e graxas”.

A região costeira tem sido ao longo dos tempos um espaço singular para o crescimento das atividades turísticas, por proporcionar a impagável possibilidade de contato com o lazer e beleza paisagística particular. O contato com natureza ocorre principalmente através dos passeios organizados pelas agencias de turismo, onde visitantes de diversas partes do país (principalmente São Paulo e Brasília) têm contato com a fauna e flora local.

O potencial de visitação se destaca por uma característica muito particular da área, de concentrar sobre um espaço reduzido, uma grande diversidade paisagística. Isso propícia conseqüentemente o estabelecimento da função turística.

Essa região, a exemplo de outras regiões costeiras, possui extrema fragilidade, e o desenvolvimento da atividade turística pode causar uma deterioração progressiva da paisagem. A erosão costeira (que afeta todos os países com litoral), o desmonte de dunas pela retirada da cobertura vegetal nativa, a contaminação corpos d'água (rios, praias e lagoas) são exemplos dessa deterioração.

6.1 – Bacia de Drenagem da Lagoa

A análise do uso e ocupação da lagoa e sua rede de drenagem, considerando os processos geoambientais, possibilitou a confecção de diagnóstico da área em 10 pontos de monitoramento. Através desse diagnóstico foi possível destacar, fatores essenciais para o estabelecimento adequado do uso e ocupação da área em questão. De acordo com as informações obtidas constatou-se que a lagoa e seus afluentes servem como fonte de suprimento para as comunidades do entorno onde se destacam as comunidades de Guajiru, Pedrinha, Boa Vista em Paraipaba, e Monguba em Trairi (Figura 13 e Tabela 02).

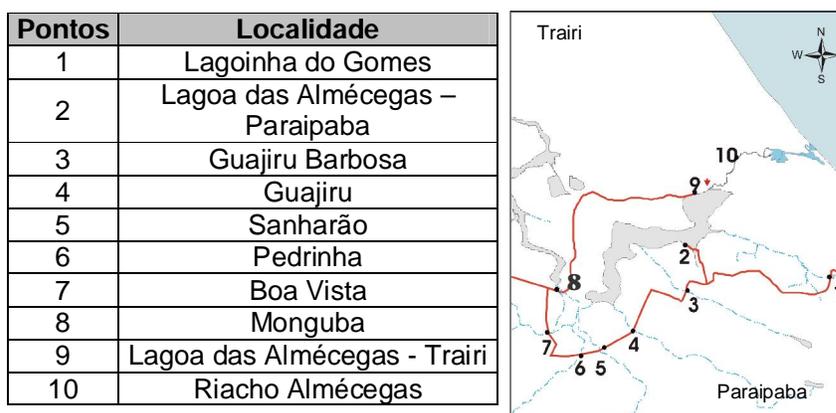


Figura 13 – Localização dos pontos de monitoramento

Tabela 02 – Diagnóstico dos pontos de monitoramento

| Ponto | Presença | | Atividades Ocorrentes | Tipos de Cultura | Potencial de Visitação | Grau de Conservação |
|-------|-----------------|------|------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|
| | Infra-estrutura | Lixo | | | | |
| 1 | Sim | Sim | Extração de areia | Milho | Baixo ou inexistente | Médio |
| 2 | Sim | Sim | Turismo | Frutíferas | Alto | Médio |
| 3 | Sim | Sim | Cultivo | Frutíferas e mandioca | Baixo ou inexistente | Médio |
| 4 | Sim | Não | Cultivo | Frutíferas e mandioca | Baixo ou inexistente | Médio |
| 5 | Sim | Sim | Presença de animais | Frutíferas | Baixo | Médio |
| 6 | Sim | Sim | Presença de animais | Frutíferas | Médio | Médio |
| 7 | Sim | Não | Cultivo | Frutíferas e mandioca | Médio | Médio |
| 8 | Sim | Sim | Agropecuária e Turismo | Frutíferas e coco | Médio | Médio |
| 9 | Sim | Sim | Turismo | Frutíferas | Alto | Médio |
| 10 | Sim | Não | Cultivo | Frutíferas | Alto | Médio |

Fonte: Monitoramento de Campo

Em todos os locais visitados foi possível verificar a presença de culturas de subsistência principalmente, como frutíferas, macaxeira, milho, feijão, banana e coco. Parte das sementes usadas são distribuídas pela prefeitura de Paraipaba.

Já o grau de conservação da vegetação dos pontos monitorados varia entre bem conservado ou mediantemente conservado em todos os pontos analisados, sendo que a presença de lixo foi constatada em quatro deles. Além de serem encontrados resíduos sólidos ao longo da área, constatou-se a presença de diversos animais (porcos, cavalo e vacas) próximos aos recursos hídricos (Figura 15). As excreções desses animais comprometem a qualidade da água. Outro fato que contribui para a alteração da qualidade da água é a lavagem de roupas.

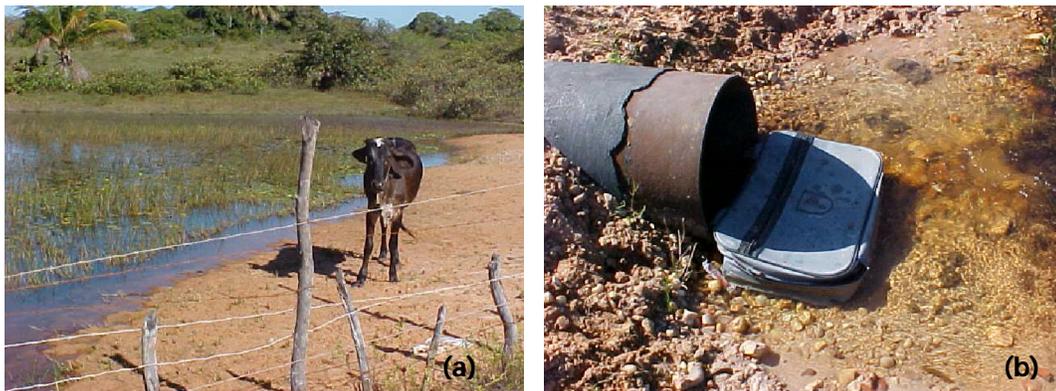


Figura 15 – (a) Animal pastando em um dos afluentes da lagoa. (b) Presença de resíduos sólidos (lixo) nos afluentes da lagoa.

A água desse manancial é utilizada pela irrigação dos gramados, vegetações frutíferas (acerola, coqueiro, laranjeira, limoeiro, etc.) e algumas culturas de subsistência (Figura 16).

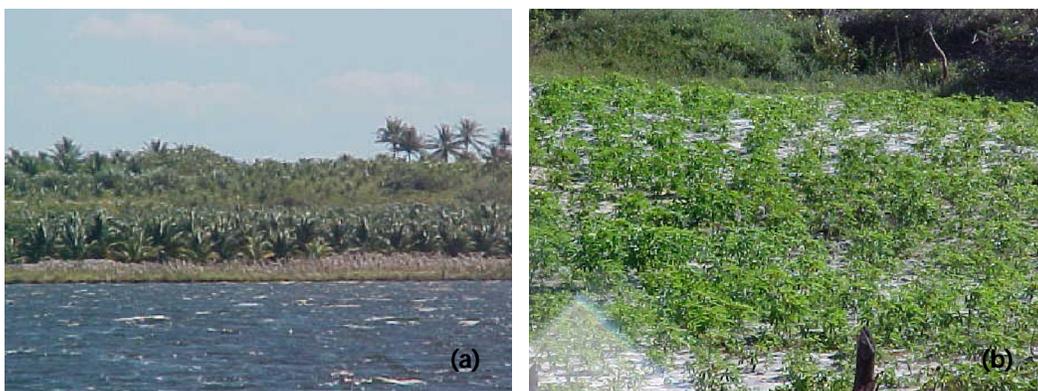


Figura 16 – (a) Plantação de coco às margens da lagoa. (b) Cultivo de feijão irrigado por um dos afluentes da lagoa.

É importante ressaltar que os pontos 2, 9 e 10 são ambientes de alto potencial de visitação com um grau de conservação médio, entretanto por estarem em ambiente de transição de vulnerabilidade alta, e sustentabilidade baixa, conforme a classificação de Tricard (1977) apud Souza (2000), devem ter usos de acordo com seu potencial. Logo, a utilização incorreta dessas áreas sem respeitar suas limitações, pode gerar danos irreversíveis, como já é possível ser observado em outras lagoas do Estado, como na Lagoa do Banana e Lagoa do Catú.

De um modo geral, as principais irregularidades, modificações e degradações naturais e antrópicas que vêm ocorrendo, embora em pequena escala, são:

- Assoreamento eólico na parte norte;
- Substituição da vegetação ciliar da lagoa e da área do entorno da lagoa;
- Aterramento das margens da lagoa no lado do município de Trairi;
- Construções na Área de Preservação Permanente (APP);
- Deposição de lixo em local inadequado.

7 – PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

Um ambiente ecologicamente equilibrado é direito fundamental das pessoas, conforme a Constituição Federal/88, artigo 225. A importância da preservação da qualidade da água doce, comum a todos componentes primordiais do meio físico natural, reside no fato de ser suporte ao *habitat* humano e de todos os seres vivos. Portanto, a análise de parâmetro como: salinidade, oxigênio dissolvido, temperatura, pH, condutividade elétrica, transparência, turbidez e sólidos suspensos totais servem com índices da qualidade desse recurso hídrico.

Salinidade

A condições naturais da Lagoa das Almécegas caracterizadas por uma relevante contribuição fluvial no período de chuva (aporte de água doce), a evaporação, as precipitações pluviométricas e o isolamento total do mar (sem influencia da maré) favorecem a obtenção de baixos teores de sais.

A resolução do CONAMA de 18/06/1986 classifica as águas de acordo com sua salinidade em três classes gerais: águas doces (são as que apresentam valores de salinidade inferior a 0,5); salobras (valores variando entre 0,5 e 30), e salinas (águas com valores superiores a 30).

Dessa forma a análise das águas da Lagoa das Almécegas permitiu classificá-la como recurso de água doce, tendo em vista que os valores de salinidade amostrados ficaram abaixo de 0,5 .

Oxigênio Dissolvido

A determinação do oxigênio dissolvido serve de base para o monitoramento da poluição de ecossistemas aquáticos impactados pelo lançamento de esgotos doméstico e industrial, que contém elevada carga orgânica (MOTA, 2003 *apud* LIMA, 2004).

No trabalho realizado na lagoa por Silva (2004), o valor médio de oxigênio

dissolvido foi de 6,31 mg/L na superfície e 7,15 mg/L de fundo. Sendo os valores mais elevados encontrados de 7,71 mg/L na superfície e 7,31 mg/L no fundo, esses valores um pouco elevado podem ser em virtude do processo de oxigenação da água pelos motores das embarcações de passeio, pois durante o dia são realizadas varias travessias que provocam o processo de aeração da água. O teor de oxigênio dissolvido é um indicado das condições de poluição por matéria orgânica, de acordo com o CONAMA este valor não pode ser inferior a 6 mg/l.

Lima (2004), aponta valores de oxigênio dissolvido na Lagoa das Almécegas entre 5,6 mg/L e 8,3 mg/L. O que o autor relata para justificar este valor tão alto são as características ambientais da bacia hidráulica, aberta e desprovida de vegetação de maior porte, permitindo uma maior ação dos ventos.

Temperatura da Água

A temperatura da água exerce um grande controle sobre a distribuição e atividade dos organismos, podendo estimular o crescimento de organismos produtores de gostos e odores, que reduzem a solubilidade dos gases, aumentando o metabolismo, a respiração, a demanda de oxigênio de organismos aquáticos e a toxicidade das substâncias.

Na Lagoa, a temperatura nos pontos de controle demonstram variabilidade dependente das variações climáticas sazonais. A temperatura da água na superfície apresentou valores mais elevados no período de estiagem (out/2005), com valores médios em torno dos 29,7°C (superfície), e temperatura mais baixas na estação chuvosa (abril/2006) com media em torno aos 27,9°C (superfície). Os valores verificados não causam prejuízos para o uso das águas, abastecimento potável e preservação e manutenção da comunidade aquática (Tabela 03).

Tabela 03 – Valores de Temperatura da água da Lagoa das Almécegas 2005 – 2006

| Estações | Período de Estiagem Outubro 2005 (°C) | | Período de Chuvoso Abril 2006 (°C) | |
|--------------|--|-------------|---------------------------------------|-------------|
| | Superfície | Fundo | Superfície | Fundo |
| 01 | 28,9 | 26,8 | 27,4 | 24,8 |
| 02 | 29,0 | 26,6 | 27,3 | 24,3 |
| 03 | 28,9 | 26,3 | 27,3 | 25,1 |
| 04 | 30,5 | 28,5 | 27,1 | 24,2 |
| 05 | 29,5 | 27,6 | 27,3 | 23,3 |
| 06 | 30,6 | 28,2 | 29,1 | 26,3 |
| 07 | 30,5 | 30,5 | 29,6 | 24,7 |
| Média | 29,7 | 27,8 | 27,9 | 24,7 |

Fonte de Dados: CTD (valores mensurados em campo)

Durante a estiagem a temperatura da água apontou valores máximos de 30,6°C e mínima de 28,9°C, sendo a maior observada no ponto 6 e a menor no ponto 1 e 3 (Figura 17). Sendo observado também uma pequena termoclina, ocorrendo devido à profundidade da lagoa e a vegetação de macrofilas que circunda a lagoa. Portanto, indiretamente, a temperatura influencia a produção primária originando uma termoclina acima da qual existe uma camada de água menos densa, em que os nutrientes vão tornando-se escassos à medida que são absorvidos pelos fitoplânctons.

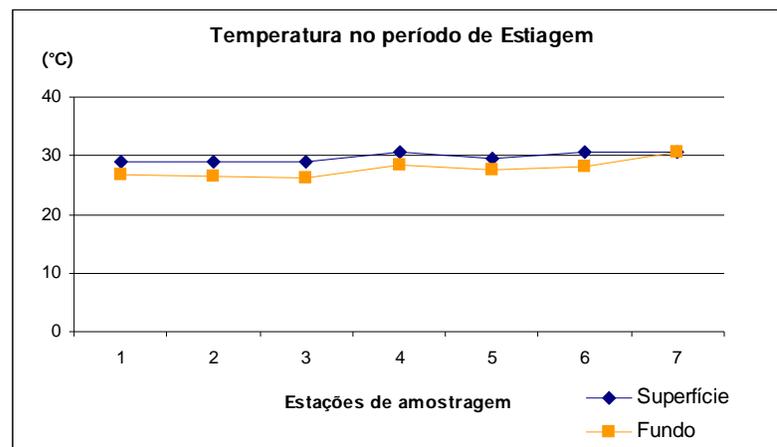


Figura 17 – Variação da Temperatura nas estações de amostragem.

No período chuvoso os valores variaram de 29,6°C no Ponto 7 e 27,1°C no Ponto 4 na superfície, e as temperaturas de fundo variaram de 26,3°C no Ponto 6 e 23,3°C no Ponto 5 (Tabela 02 e Figura 18).

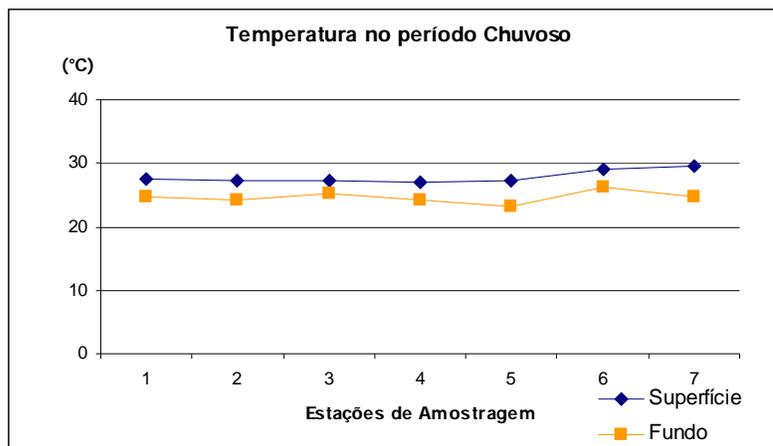


Figura 18 – Variação da Temperatura nas estações de amostragem.

Os valores obtidos na distribuição horizontal da temperatura na lagoa mostram, de acordo com a sazonalidade, pequenas variações que refletem uma marcante estabilidade que, de uma forma geral, evidencia um sistema circulatório contínuo, apesar das diferenças de profundidade. Kleerekoper (1990) afirma ser comum essas variações térmicas (entre 25°C a 30°C) nas águas das lagoas ou reservatórios das regiões tropicais.

Como vimos, as oscilações de temperatura determinam os eventos de estratificação/desestratificação, conseqüente da circulação das águas da lagoa, portanto, influenciando na distribuição e densidade do fitoplâncton.

Potencial Hidrogeniônico – pH

O valor do pH (potencial hidrogeniônico) traduz a acidez ou basicidade da água. A escala do pH compreende valores entre 0 e 14, sendo que um pH igual a 7,0 indica uma solução neutra. Se for menor do que 7,0 indica uma solução ácida. E se for maior do que 7,0 corresponde a uma solução alcalina.

O pH é considerado um parâmetro ambiental importante, pois o funcionamento da vida aquática depende de seu equilíbrio para sobreviver. A Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece uma faixa de variação de pH para as águas salobras e doce de 6 a 9. Nos pontos de monitoramento da Lagoa das Almécegas o pH variou entre 7,1 e 7,4 , atendendo assim ao padrão estabelecido pela legislação (Tabela 04).

Tabela 04 – Valores de pH encontrados nas amostras de água da Lagoa das Almécegas em 2005 – 2006.

| Estações | pH (Estiagem) 2005 | pH (chuvoso) 2006 | Limite Exigido RESOLUÇÃO N° 357 do CONAMA |
|----------|--------------------|-------------------|---|
| 01 | 7,01 | 7,40 | Entre 6 e 9 |
| 02 | 6,70 | 7,43 | Entre 6 e 9 |
| 03 | 7,03 | 7,42 | Entre 6 e 9 |
| 04 | 7,01 | 7,28 | Entre 6 e 9 |
| 05 | 7,01 | 7,29 | Entre 6 e 9 |
| 06 | 7,01 | 7,24 | Entre 6 e 9 |
| 07 | 7,01 | 7,10 | Entre 6 e 9 |

Fonte de Dados: pH-metro (valores mensurados em campo)

O pH se manteve próximo à neutralidade e foi o parâmetro que mostrou menor variação. A variação do pH entre as camadas de água superficial e de fundo não foi observada. Isso está provavelmente relacionado a homogeneidade vertical do pH na coluna d'água, a qual promove a melhor distribuição dos íons na coluna d'água.

Condutividade

A condutividade é considerada a capacidade que o corpo hídrico tem em conduzir a corrente elétrica. Junto das concentrações iônicas e da temperatura, ela indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e desta maneira, representa uma medida indireta da concentração de poluentes.

No período de estiagem os valores da condutividade apresentaram média de 660 $\mu\text{S/cm}$, com valores máximo de 670 $\mu\text{S/cm}$ e mínimo de 650 $\mu\text{S/cm}$. Na estação

chuvosa os valores da condutividade apresentaram média de 790 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com valores máximo de 820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e mínimo de 680 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabela 05).

Tabela 05 – Variação da condutividade na Lagoa das Almécegas para o período de monitoramento.

| Estações | Período de Estiagem Outubro 2005 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | Período de Chuvoso Abril 2006 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
|-----------------|--|---|
| 01 | 650 | 820 |
| 02 | 650 | 830 |
| 03 | 670 | 820 |
| 04 | 670 | 830 |
| 05 | 650 | 800 |
| 06 | 670 | 760 |
| 07 | 670 | 680 |
| Média | 660 | 790 |

Fonte de Dados: CTD (valores mensurados em campo)

Transparência da Água - Turbidez

A transparência da água é um índice definido como a atenuação da luz na água causada por sedimento em suspensão. É medido para determinar o grau de interferência da passagem de luz através da água e seu potencial de uso recreativo.

Bricker (2003) *apud* Sucupira (2006), através da utilização do Disco de Secchi, classifica a turbidez em: alta, se a transparência apresenta valores < 1m de profundidade; média, se a transparência for 1 - 3m de profundidade; e baixa, se a transparência apresentar valor >3m de profundidade. A transparência média da lagoa nos pontos observados durante o período estiagem foi de 1,7 m, com mínima de 1,2 m (estação 4) e máxima de 2,0 m (estações 2 e 3). Já a transparência no mês de abril de 2006 apresenta mínima de 1,2 m (estação 7) e máxima de 1,95 m na (estação 2). É importante lembrar que a diminuição da transparência na água da lagoa não é conseqüência da mobilidade do material de fundo, pois o disco muitas vezes já se encontrava no fundo e era possível visualizá-lo, como é o caso da estação 7 em abril de 2006 (Figura 19).

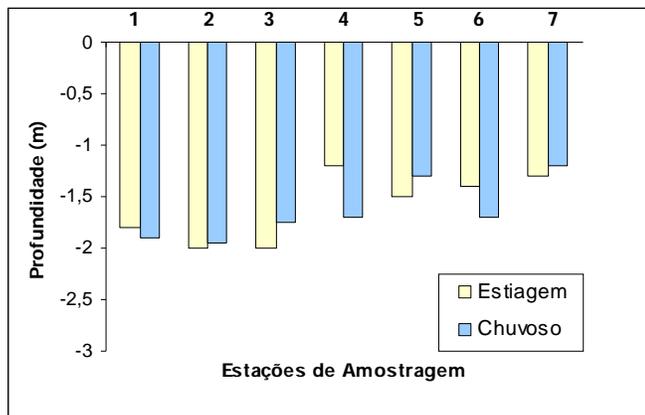


Figura 19 – Variação da Transparência nas estações de amostragem.

Verificando-se, portanto, um ambiente de média turbidez (> 3m). Isso é decorrente da baixa quantidade de sólidos em suspensão na água, e componentes planctônicos. Outro fato que confirma isso pode ser a preservação da vegetação em parte das margem da lagoa, que evita o carreamento de materiais para a mesma

Sólidos Suspensos Totais (SST)

Os respectivos valores de concentração de SST foram obtidos em estações ao longo da Lagoa das Almécegas, durante os períodos de estiagem (set/2005) e chuva (abril/2006), conforme mostra a tabela 06.

Tabela 06 – Variação do material em suspensão durante o período de monitoramento.

| Estações | Período de Estiagem Outubro 2005 (mg/L) | Período de Chuvoso Abril 2006 (mg/L) |
|--------------|--|---|
| 01 | 0,0015 | 0,0042 |
| 02 (Sup) | 0,0012 | 0,0050 |
| 02 (Fundo) | 0,0204 | 0,0625 |
| 03 (Sup) | 0,0042 | 0,0026 |
| 03 (Fundo) | 0,0028 | 0,0065 |
| 04 (Sup) | 0,0008 | 0,0012 |
| 04 (Fundo) | 0,0120 | 0,0242 |
| 05 | 0,0044 | 0,0128 |
| 06 | 0,0016 | 0,0080 |
| 07 | 0,0085 | 0,0180 |
| Média | 0,0057 | 0,0145 |

Fonte de Dados: Análise laboratorial

No período chuvoso, o teor médio de SST na lagoa foi de 0,0145 mg/L. Os valores mais significativo foram constatados nas estações 2 e 4. Na estação 2 (fundo) foi mensurado o maior valor, que foi de 0,0625 mg/L . Na estação 4 (superfície) constatou-se o menor valor do período, que foi de 0,0012 mg/L . Já no período de estiagem o maior valor foi de 0,0204 mg/L na estação 2 (fundo). O menor valor encontrado foi de 0,0012 mg/L na estação 2 (superfície). Sendo observada uma relação diretamente proporcional entre os dois períodos no comportamento do material em suspensão da Lagoa. No período de chuva aumentou a quantidade de SST, já no período de estiagem este valor e bem menor.

Provavelmente os baixos valores de SST nas estações, em ambos os períodos monitorados, estão relacionados aos seguintes fatores:

- a) O material resultante do assoreamento gerado pelo campo de dunas é de granulometria média (areia das dunas) e por isso não fica em suspensão, deposita-se no fundo da lagoa;
- b) Baixo nível de ocupação e especulação imobiliária nas margens, e conseqüentemente, pouco desmatamento;
- c) Baixa influência dos barcos de passeio na mobilização e resuspensão de material, pois o tráfego ocorre principalmente na área de maior profundidade;
- d) As atividades agrícolas de subsistência também não são significativas nas margens da lagoa.

Nesse sentido, é compreensivo o fato de que em todos os pontos de controle foram encontrados valores inferiores ao limite proposto pela Resolução CONAMA N°375 que é de 500mg/L.

8 – SEDIMENTOLOGIA DA LAGOA

A composição granulométrica dos sedimentos de um ecossistema lacustre é um fator importante na determinação dos padrões de distribuição de organismos e estruturas de comunidades de macroinvertebrados bentônicos (CALLISTO, 1996).

Os sedimentos dos ecossistemas aquáticos continentais são formados por uma grande variedade de materiais orgânicos e inorgânicos de origem autóctone e alóctone. A composição e distribuição dos sedimentos ocorrem em função das rochas da região, das características da vegetação terrestre, das características topográficas e meteorológicas, fatores químicos e biológicos, fatores limnológicos e/ou hidrológicos, incluindo o efeito do transporte de massa d'água (WARD, 1992 *apud* CALLISTO *op cit*).

Portanto, o estudo da composição granulométrica dos sedimentos de fundo da lagoa tem com objetivo investigar a distribuição de freqüência das classes granulométrica em cada estação amostral.

O material coletado foi analisado em laboratório pelo método de pipetagem para as frações finas (inferiores a 0,062mm), segundo a Lei de STOKES (SUGUIO,1973), e peneiramento mecânico das frações maiores que 0,062mm, com a determinação da composição granulométrica segundo método de Suguio (1973). Foram calculados os parâmetros texturais de FOLK e SHEPARD com uso do Sistema de Análise Granulométrica (SAG), desenvolvido pelo Lagemar - UFF.

A composição granulométrica nas amostras de sedimentos de fundo da Lagoa das Almécegas variou de e cascalho 0% à 1,1%; 3,4% à 99% de areias; 0% à 83,3% de silte , e 0% à 24,2 % de argila. No setor compreendido entre o sangradouro e a foz, os valores variaram em 0% à 5,1% cascalho, 57,8% de 99,6% de areia, 0,5 % a 0,7% de silte e 0% à 41,2% de argila (Figura 20).

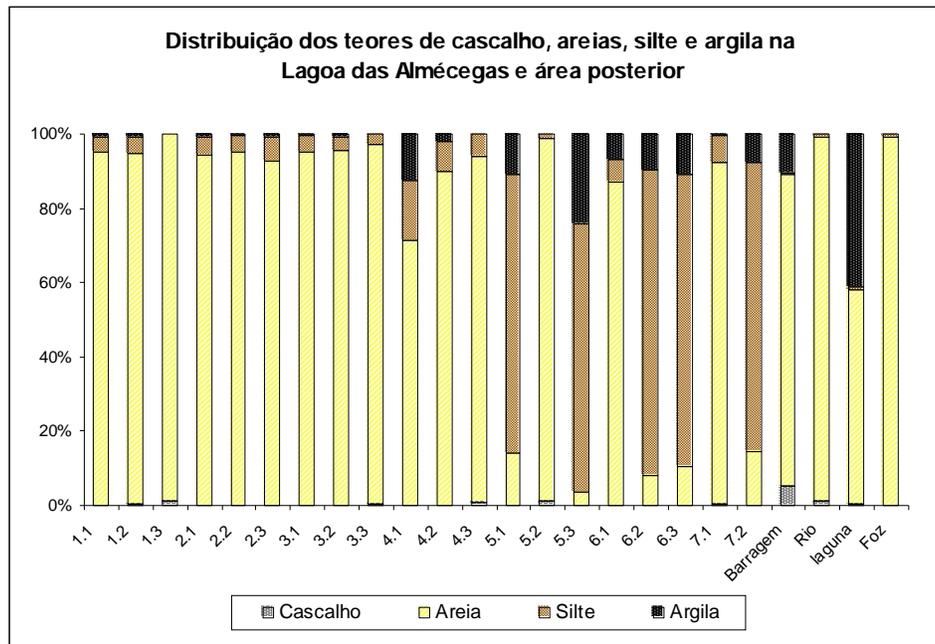
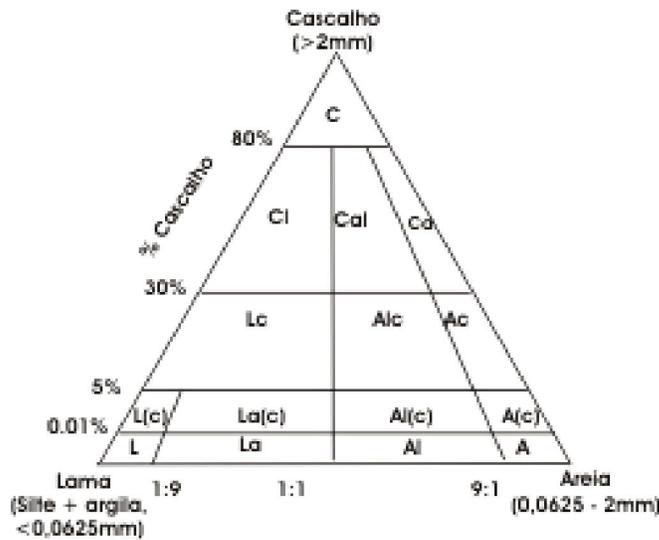


Figura 20– Distribuição do Teores de Sedimentos

A variação que ocorre na lagoa descreve muito bem o seu comportamento de ambiente de deposição com tendência a assoreamento. Onde a porção Sul da lagoa tende à deposição de sedimentos de granulometria mais fina e porção norte da lagoa tende à deposição de granulométrica mais grossa.

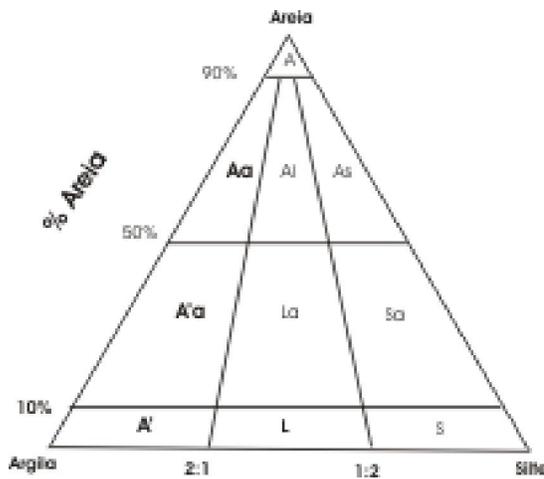
No setor entre a barragem e a foz é possível traçar um comportamento, em pequena escala de fenômenos que acontece em grande escala na maioria dos rios do Estado, ou seja, assoreamento na barragem, erosão a jusante da barragem e assoreamento na foz.

De acordo com os diagramas triangulares utilizados para a classificação de Folk (1974) (Figuras 21 e 22) pode-se observar uma heterogeneidade textural dos sedimentos amostrados, onde agrupou-se os resultados em seis classes principais: areia com cascalho esparso (37%), areia lamosa com cascalho esparso (12,8%), areia (21%), areia siltosa (4,2%), areia lamosa (4,2%), silte (8,3%) e silte arenoso (12,5%) (Figura 23).



- C-Cascalho
- Ca-Cascalho arenoso
- Cal-Cascalho areno-lamoso
- Cl-Cascalho lamoso
- L-Lama
- Lc-Lama cascalhenta
- L(c)-Lama ligeiramente cascalhenta
- La(c)-Lama arenosa ligeiramente cascalhenta
- La-Lama arenosa
- A - Areia
- Al - Areia lamosa
- Alc - Areia lamosa cascalhenta
- Al(c) - Areia lamosa ligeiramente cascalhenta
- Ac - Areia cascalhenta
- A(c) - Areia ligeiramente cascalhenta

Figura 21 – Diagrama triangular de Folk (1974) para classificação dos sedimentos grosseiros



- A - areia
- Aa - areia argilosa
- Al - areia lodosa
- As - areia siltosa
- A'a - argila arenosa
- La - lodo arenoso
- Sa - silte arenoso
- A' - argila
- L - lodo
- S - silte

Figura 22 – Diagrama triangular de Folk (1974) para classificação dos sedimentos finos

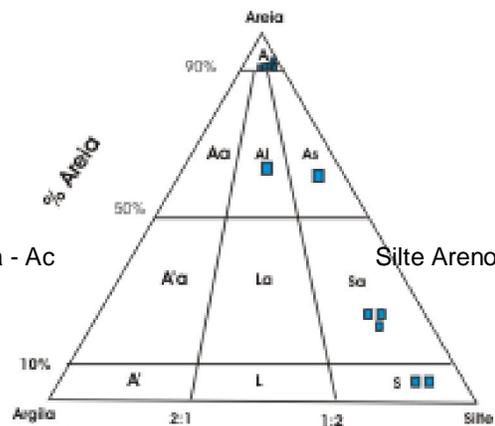
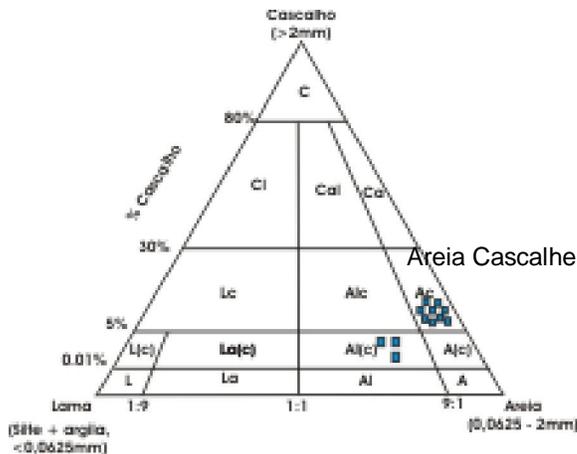


Figura 23 – Diagrama triangular de Folk (1974) para classificação dos sedimentos da Lagoa

Pelos dados apresentados observa-se que as frações grossas do sedimento, maiores que 0,062mm, ocorrem na grande maioria das amostras, o que pode estar relacionado ao processo de assoreamento. O teor médio da fração arenosa é de 72%, enquanto o valor máximo atingido é 97%. Já o teor médio da fração lamosa (silte +argila) é de 27,8%, enquanto o valor máximo atingido é de 96,6% .

8.1 – Matéria Orgânica nos Sedimentos

A decomposição da matéria orgânica diminui ou extingue o oxigênio dissolvido, sendo que as oxidações podem ser realizadas por bactérias aeróbicas heterótrofas e protozoários, o que pode impedir a existência de peixes e outras formas de vidas aquáticas (CARVALHO, 1980).

A matéria orgânica nos sedimentos é um precipitado bioquímico derivado da decomposição de restos de plantas e animais no ambiente sedimentar. Sua presença ou abundância é resultado da produtividade orgânica do ambiente.

Restos orgânicos incluindo folhas, raízes, galhos, cascas, frutos e restos de animais, depositados em várzeas, aumentam a fertilidade do solo e favorecem o desenvolvimento vegetal, que por sua vez retêm mais sedimentos. A fauna aquática e de fundo decompõem os restos vegetais, assimilando desta forma boa parte de seus nutrientes.

A matéria orgânica é um importante agente complexantes, as substâncias húmicas também influem no transporte, acúmulo, toxicidade, biodisponibilidade de espécies metálicas e nutrientes para plantas e/ou organismos da micro e macrofauna (ROCHA, 2004).

O teor médio de matéria orgânica na fração total do sedimento de fundo da lagoa é de 0,44%, com grande amplitude de variação de 0,08% a 1,23%. O valor máximo foi obtido no ponto de amostragem 5.1 (Figura 24). Nesse local os sedimentos apresentam uma coloração cinza, com predominância de silte e argila.

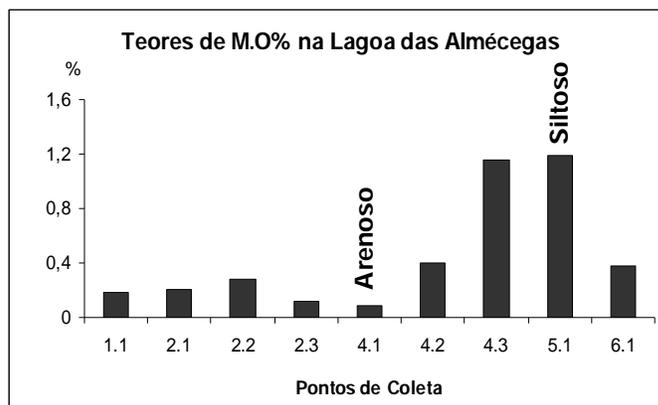


Figura 24 – Distribuição dos Teores de M.O

A distribuição da matéria orgânica indica os diferentes graus de aeração das diversas áreas do ambiente de sedimentação. Quanto menor o teor de matéria orgânica maior o grau de oxigenação. Pelo que pode ser observado a baixa percentagem de matéria orgânica no sedimento de fundo da lagoa, seja consequência tanto da baixa e/ou inexistente quantidade de esgotos (ricos em matéria orgânica) que são despejados no entorno de muitas lagoa com seu alto grau de urbanização.

No caso do sedimento dos lagos tropicais, em virtude da alta temperatura da coluna d'água, são quase sempre pobres em matéria orgânicas (ESTEVES, 1988). O resultado deste fenômeno é a baixa taxa de sedimentação da matéria orgânica que pode implicar também na taxa de nutrientes, consequentemente predominando a formação de sedimentos do tipo arenoso.

8.2 – Análise Geoquímica de Metais-Traço (Cobre, Zinco E Cádmi) Nos Sedimento Da Lagoa

Com objetivo de quantificar os teores de Cd (Cádmi), Cu (Cobre) e Zn (Zinco) nos sedimentos da lagoa, as amostras foram realizadas em nove pontos. A detecção final dos metais foi realizada através da espectrofotometria de absorção atômica de chama, com a leitura dos extratos após a digestão. O processo de

digestão possibilitou que o metal que está fracamente ligado na fração trocável, fosse disponibilizado para a solução e pudesse ser lido.

Entre os ecossistemas aquáticos costeiros, as lagoas constituem ambientes deposicionais e reservatórios potenciais de diversos contaminates, podendo, em determinados locais, atingir níveis de poluição bastante elevados, comprometendo a integridade do ecossistema e das populações (inclusive humana) que façam uso desse recurso (ESTEVES, 1998).

Nos reservatórios naturais vem sendo depositada uma variedade de substâncias provenientes de atividades antrópicas. A introdução de metais nos sistemas aquáticos ocorre naturalmente através de processos geoquímicos, durante o processo de intemperismo. Entretanto as atividade exercidas pelo homem, vem sendo agravada pelo mau uso dos recursos hídricos. As principais cargas de poluição dos recursos hídricos podem ser de fontes pontuais ou difusas. As cargas pontuais (fontes pontuais) podem ser por efluentes da industria; esgoto cloacal e pluvial. Já as cargas difusas (fontes difusas) são as dos escoamentos rurais e urbanos, distribuídos ao longo das bacias hidrográficas.

Como as lagoas são ambientes de deposição, seus sedimentos têm a capacidade de acumular metais, servindo com importante compartimento para avaliação de contaminaste do ecossistema aquático, indicadores os níveis de poluição no ambiente. Os metais pesados presente no solo, quando são submetidos a transformações químicas, podem ficar biodisponíveis para o meio.

Os metais traços são elementos químicos que ocorrem na natureza em pequenas concentrações (ESTEVES, 1998). Portanto, o monitoramento de metais traço no sedimento fornece dados sobre a quantidade desses elementos na área de estudo, além de informar a população local sobre possíveis risco de contaminação.

A Lagoa das Almécegas faz limite com os municípios de Paraipaba e Trairi e não recebe descargas de importantes áreas urbanas com se ver na maioria das lagoas da região metropolitana de Fortaleza. A Lagoa das Almécegas é receptora dos sedimentos provenientes das sub-bacias contribuintes. Justamente por este motivo, a evolução do corpo lacustre, assim como a qualidade de suas águas e por

sua vez, da vida aquática, dependem da qualidade e quantidade do aporte de sedimentos. Para Adams (1992) *apud* Brigante (2003) os sedimentos constituem-se em fontes de contaminação primária para os organismos bentônicos e secundários para a coluna d'água.

A escolha dos metais se deu pela relação de influência com fontes antrópicas para o meio. Os metais como o cobre, zinco e cádmio quando presentes na água ou no ar em elevadas concentrações podem retardar ou inibir os processos biológicos ou se tornarem tóxicos aos organismos vivos. Eles se acumulam no organismo das plantas e animais e através da cadeia alimentar, podem chegar ao homem.

No ser humano, estes metais, podem causar danos a saúde. Entretanto, os metais possuem um papel importante e devem ser ingeridos na dosagem correta. O Zinco é responsável pelo crescimento, amadurecimento sexual e esquelético. Mas quando em doses elevadas, o zinco é extremamente nocivo, pode acumular-se em tecidos do organismo humano, levando às perturbações do trato gastro-intestinal. Já o Cobre em pequenas quantidades é até benéfico ao organismo humano, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue, facilitando a cura de anemias. Para os peixes, muito mais que para o homem, as doses elevadas de cobre são extremamente nocivas, e podem acarretar irritação e corrosão da mucosa, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais e irritação do sistema nervoso central seguido de depressão. E o cádmio é um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar. O Cádmio pode ser fator para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, aterosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos e câncer.

Os teores de Cd detectados nos sedimentos da lagoa ficaram abaixo do limite de detecção de 0,0251 µg.g. O teores de Cu nos sedimentos da lagoa, variam de 0,43µg.g a 4,25 µg.g, com valores médio de 2,16µg.g. Os teores de Zn no sedimento, variaram de 1,42µg.g a 56,37µg.g, com valor médio de 10,85µg.g (Figuras 25 e 26). Já os teores de matéria orgânica (M.O) variam de 0,08 a 1,23 % com variação média de 0,44 %.

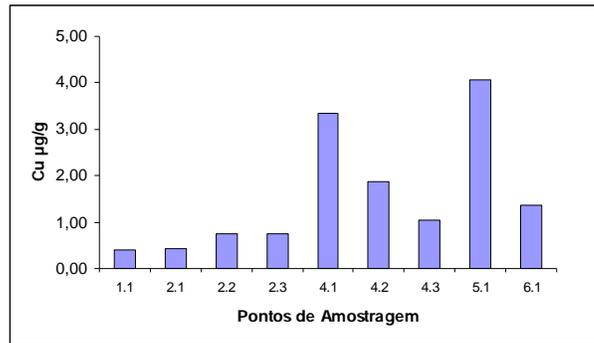


Figura 25 – Distribuição do Teores de Cobre (Cu)

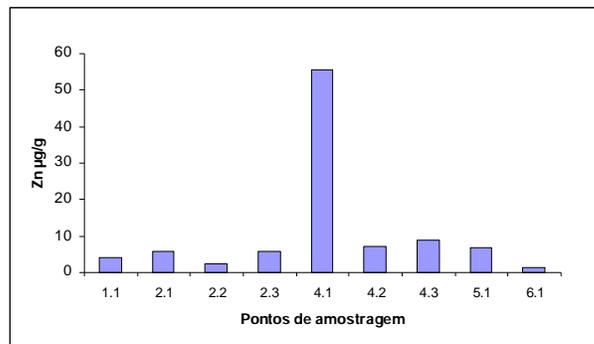


Figura 26 – Distribuição do Teores de Zinco (Zn)

Para o Zinco (Zn) o alto valor de 56,37µg/g que ocorreu no ponto 4.1, pode ser em decorrência da atividade portuária das embarcações de passeio.

Na avaliação das correlações estatísticas entre Cu, Zn e M.O observou-se a ausência de correlação estatística significativa entre M.O e Zn ($r = -0,24$ $n = 18$) sugerindo uma origem diferenciada para esses metais, ou seja, o processo que controla a deposição de M.O nos sedimento da lagoa não controla a deposição de Zinco. Na correlação entre M.O e Cu ($r = 0,40$ $n = 18$) existe uma estatística significativa, indicando uma origem semelhante. Já a correlação entre Cu e Zn ($r = 0,54$ $n = 18$) sugerem uma correlação estatística significativa, talvez uma origem igual para esses metais (Figura 27). Portanto, estas informações colaboram para se realizar um inventário de fontes na região.

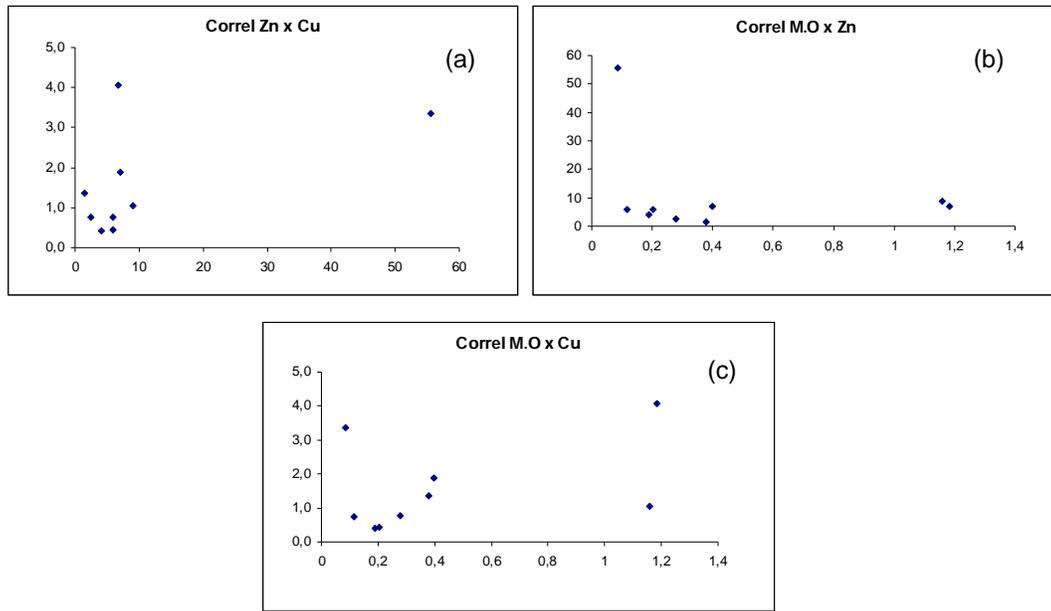


Figura 27 – Correlação entre (a) Zn x Cu, (b) M.O x Zn e (c) M.O x Cu

A partição geoquímica de Cu e Zn, avaliada pela correlação estatística entre ambos, pode estar relacionada à origem antrópica, devido a presença de fontes difusas, escoamento superficial e contaminação a partir de usos agrícolas do cobre e zinco como fungicida e pesticida no tratamento de solos.

Os resultados mostraram que a lagoa das Almécegas apresenta concentrações ao nível de detecção de Cu e Zn. Os valores de Zn apresentam concentrações bastante elevados. Mas de um modo geral a área ainda encontra-se conservada, verificando-se por parte da população a uma preocupação em relação a qualidade ambiental deste recurso.

O efeito do lixo urbano é importante no acúmulo de Cu e Zn (NIENCHESI *et al.*, 1988 *apud* JÚNIOR 2003). O principal carreador de Cu e Zn em regiões costeiras são os hidróxidos de ferros e filossilicatos de ferro e magnésio (biotitas) (BIDONE; SILVA FILHO, 1988 *apud* JÚNIOR *op cit*). Portanto, setores continentais são mais pobres em Cu e Zn e outros metais que terrenos situados em planície de inundação, como: lagos fechados ou semi-fechados. Para Bidone; Silva Filho (1988) *apud* Júnior (*op cit*) este fato sugere que o transporte de Cu e Zn e vários outros metais ocorre associado com partículas de sílica alumínio na forma de grãos remanescentes de zonas continentais mais distantes.

As frações granulométricas mais importantes nas discussões sobre contaminação de sedimentos por substâncias químicas são a argila e o silte (BRIGANTE *et al*, 2003). A mobilidade de poluentes a partir do material suspenso e dos sedimentos de fundo é potencialmente perigosa para o ecossistema e pode influir na qualidade da água.

Na tabela 07 são apresentas as concentrações de Cu e Zn de importantes áreas lacustres e estuarinas.

Tabela 07 – Comparativo entre as concentrações dos metais Cu e Zn em sedimentos superficiais da região do Nordeste com os valores obtidos de amostra de sedimento de fundo da Lagoa das Almécegas.

| | Cu (µg.g) | Zn (µg.g) | Quantidade Analisada |
|---------------------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Lagoa das Almécegas (CE) ¹ | 0,43 - 4,25 | 1,55 - 53,78 | 2g |
| Lagoa do Banana (CE) ² | 6,0 – 27,9 | 2,5 – 43,2 | 2g |
| Rio Pacoti (CE) ³ | 0 -1,95 | 0,40 – 7 | 2g |
| Rio Ceará (CE) ³ | 0,6 -20,4 | 1,8 – 12,64 | 2g |
| Rio Jaguaribe (CE) ^{4*} | 3,3 – 16,5 | 9,4 – 50,1 | 2g |
| Rio Curimataú (RN) ^{4*} | 0,05 – 11,5 | 0,05 – 39,0 | 2g |
| Rio Piranhas-Açu (RN) ^{4*} | 0,05 – 35,5 | 0,05 – 65,5 | 2g |

1- Análise feita nesse estudo; 2- Júnior. 2003; 3 - Aguiar. 2005; e, 4 - Lacerda et al. 2004.

* Fração analisada inferior a 0,063mm

8.3 – Parâmetros Sedimentológicos e Hidrodinâmicos aa Lagoa Almécegas

Durante o período de 2005 se obteve amostras de sedimentos superficial de fundo em 18 estações da Lagoa das Almécegas e 4 da área entre o sangradouro e a foz. Para tanto se realizou a caracterização granulométrica, reconhecendo os principais fatores reguladores de processo sedimentares através de parâmetros texturais e granulométricos.

Há uma predominância da textura arenosa, com distribuições granulométricas moderadamente selecionadas, assimetria positiva e leptocúrticas. Sobre a base da distribuição espacial dos parâmetros sedimentológicos, o sistema lacustre se divide em duas zonas de energia: (a) zona protegida: com baixa energia e menor

profundidade; e (b) zona exposta: com maior energia e maior profundidade.

Com relação à matéria orgânica total e a coloração dos sedimentos indicam que a área está sujeita a uma renovação periódica de suas águas, e que os materiais orgânicos provêm do próprio ambiente lacustre em sua maioria.

O estudo granulométrico dos sedimentos permite identificar zonas de deposição, tendências de fluxo e energia do meio. Os sedimentos de uma lagoa costeira se classificam segundo critérios granulométricos, sendo possível diferenciar as áreas da lagoa.

Para o cálculo dos parâmetros estatísticos de distribuição granulométrica, ou seja, a mediana, o diâmetro médio, o desvio padrão, a assimetria e a curtose, foi utilizado o software SAG.

As amostras foram classificadas segundo os intervalos da escala de Wentworth e diagramas de Folk (1974). Os resultados das análises e classificação das amostras foram representados em mapas para analisar sua distribuição espacial.

Os sedimentos que se depositam no sistema lacustre são transportados por meios da água e dos ventos. O transporte eólico se concentra em extensas dunas da zona costeira e pode levar materiais desde este local até a lagoa e seu interior. O transporte por água inclui inundações e fluxo de água através de canais de drenagem. As influências principais de sedimentos da lagoa para as correntes litorânea da área adjacente é bastante insignificante, pois, quando um rio é barrado, seu ritmo natural e sua vazão sofrem modificações que se refletirão fatalmente na velocidade da água e no tipo de solo e fertilidade. As oscilações de nível e da massa d'água, agora são outras e os lençóis freáticos bem como terra situada à jusante da barragem pode ser afetada.

8.3.1 – Parâmetros Estatísticos

A deposição de sedimento é o principal problema que afeta a vida útil dos reservatórios, diminuindo sua capacidade de armazenamento, a sedimentação pode ainda causar sérios danos á estrutura da camada d'água e de fundo.

Portanto, os valores obtidos para a mediana (Md), média (Mz), assimetria (Ski) e a curtose (KG) foram obtidos a partir da literatura clássica de Folk & Ward (1957) apud Suguio (1973) e Folk (1974).

O diâmetro Médio e Mediana representam medidas de tendência central, que caracterizam a classe granulométrica mais freqüente da amostra, indicando a magnitude do tamanho dos grãos, sendo afetado pela fonte de suprimento do material, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente.

O desvio padrão representa o grau de dispersão dos sedimentos indicando a tendência de os grãos se distribuírem em torno do valor médio. Mostrando assim, a capacidade dos agentes geológicos em selecionar um sedimento com maior ou menor intensidade (Tabela 08).

Tabela 08 – Valores limites e classificação do grau de Seleção dos sedimentos, segundo a classificação de FOLK.

| Classificação do Seleccionamento | Valores em ϕ () |
|----------------------------------|-----------------------|
| Muito bem selecionado | < 0,35 |
| Bem selecionado | 0,35 a 0,50 |
| Moderadamente bem selecionado | 0,50 a 0,71 |
| Moderadamente selecionado | 0,71 a 1,00 |
| Pobremente selecionado | 1,00 a 2,00 |
| Muito pobremente selecionado | 2,00 a 4,00 |
| Extremamente mal selecionado | > 4,00 |

Fonte: Suguio (1973).

O grau de seleção do substrato da lagoa varia entre moderadamente selecionado, pobremente selecionado e muito pobremente selecionado. Como pode ser visto na figura 28 o aspecto de pobremente selecionado aparece na maior parte da lagoa, significando que a maior parte dos sedimentos estão entre 1,0 a 2,0 ϕ (). Os sedimentos contém considerável ou pouca quantidade de argila, com grão sem arredondamento, onde a energia deste ambiente é considerada baixa.

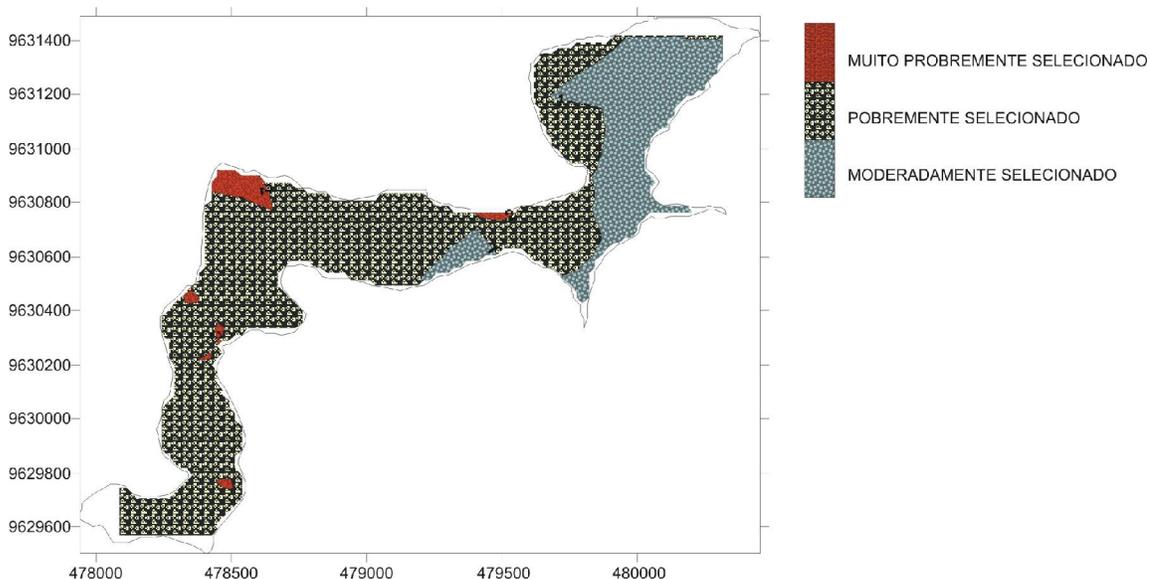


Figura 28 – Distribuição do grau de selecionamento dos sedimentos na Lagoa da Almêcegas

A presença de sedimentos pobremente selecionados a moderadamente selecionados se deve, provavelmente ao aporte trazido pelos afluentes da lagoa que deságuam transportando sedimentos que são mal selecionados. Além disto, a hidrodinâmica da lagoa possui, provavelmente influência significativamente na mistura dos sedimentos (depósitos antigos) e fluviais, contribuindo para a má seleção dos sedimentos no ambiente. Ou seja, os sedimentos que foram depositados provavelmente com o desenvolvimento da lagoa e os sedimentos transportados pelos rios e ventos são misturados caracterizando uma má seleção dos mesmos e diversas frações granulométricas.

A assimetria está principalmente relacionada com o modo de transporte e condições de energia do meio transportador, pois possui grande quantidade de areia grossa (Tabela 09).

Tabela 08 – Valores limites e classificação da assimetria dos sedimentos, segundo a classificação de FOLK.

| Valores em f_i () | Classificação da Assimetria |
|----------------------|-----------------------------|
| -1.00 e -0.30 | Assimetria muito negativa |
| -0.30 e -0.10 | Assimetria negativa |
| -0.10 e +0.10 | Aproximadamente simétrica |
| +0.10 e +0.30 | Assimetria positiva |
| +0.30 e +.100 | Assimetria muito positiva |

Fonte: Folk e Ward in Suguio (1973).

Quanto o grau de assimetria as amostras tiveram uma variação entre assimetria muito positiva, assimetria positiva, aproximadamente simétrica e assimetria negativa, mostrando assim uma tendência entre sedimentos finos e grosseiros (Figura 29).

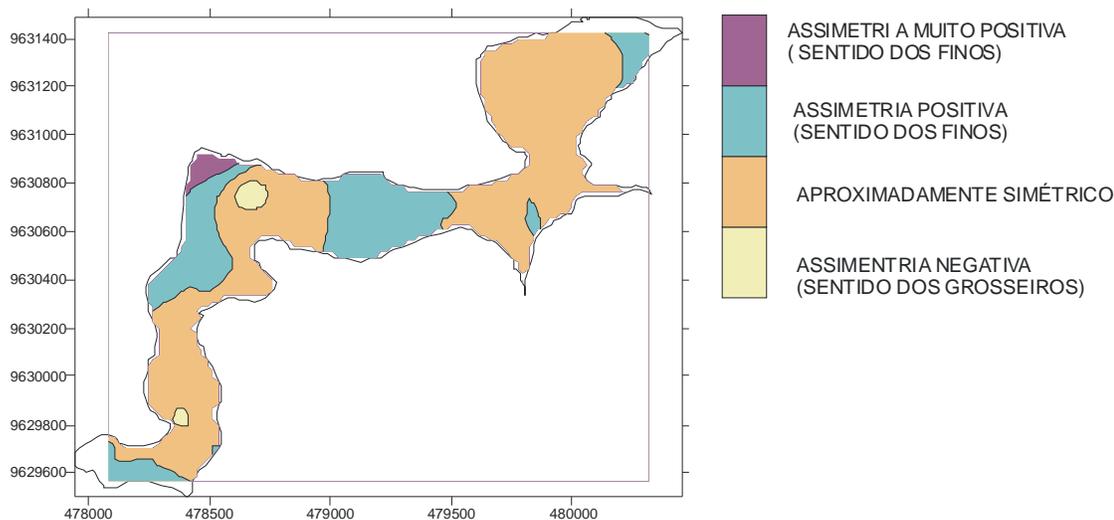


Figura 29 – Distribuição do grau de assimetria dos sedimentos na lagoa da Almécegas

A presença de sedimentos arenosos no fundo da lagoa é bastante heterogênea, exceto em alguns trechos, onde se encontram sedimentos predominantemente lamoso (silte + argila). Esta tendência está diretamente relacionada ao grau de seleção na lagoa, ou seja, os sedimentos arenosos encontrados neste canal provavelmente correspondem a maior hidrodinâmica local do que outras áreas, selecionando, assim, os depósitos existentes nela.

No que diz respeito à curtose, as curvas platicúrticas indicam baixo grau de homogeneidade ou uniformidade dos grãos; as mesocúrticas indicam uma moderada homogeneidade; e as leptocúrticas, uma boa uniformidade (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores limites e classificação da curtose dos sedimentos, segundo a classificação de FOLK.

| Valores em f_i () | Classificação da Curtose |
|----------------------|---------------------------|
| < 0.67 | Muito platicúrtica |
| 0.67 a 0.90 | Platicúrtica |
| 0.90 a 1.11 | Mesocúrtica |
| 1.11 a 1.50 | Leptocúrtica |
| 1.50 a 3.00 | Muito Leptocúrtica |
| < 0.67 | Extremamente Leptocúrtica |

Fonte: Suguio (1973)

A curtose nos sedimentos amostrados foi em sua maioria Leptocúrtica e Mesocúrtica indicando setores de transporte, com intervalo entre 1,11 a 1,50 com $KG > 1,00$ (Figura 30). Sendo verificado também área de Platicúrticas (Deposição), Mesocúrtica (Transição) e Extremamente Leptocúrtica (Transporte).

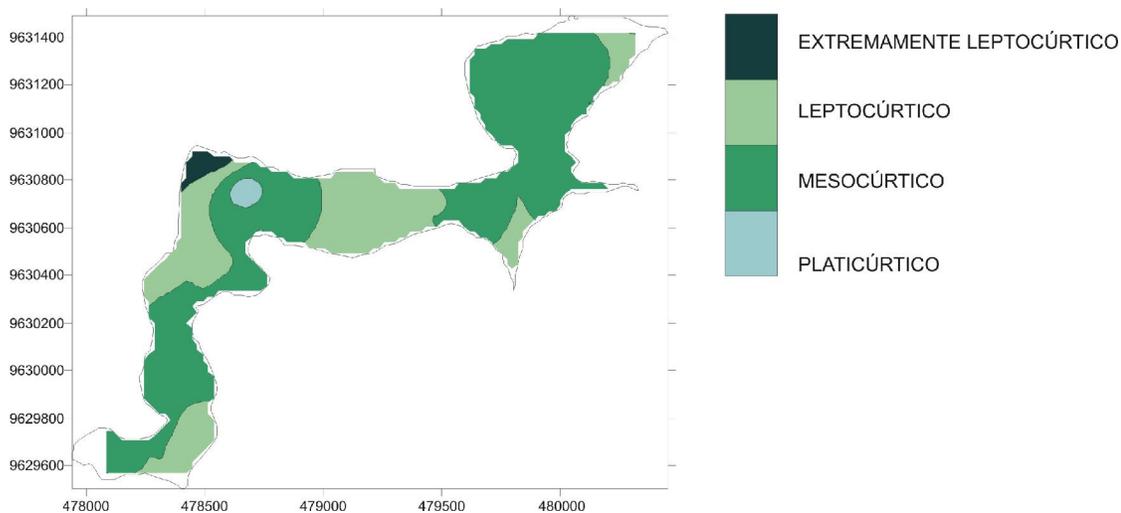


Figura 30 – Distribuição do grau de curtose dos sedimentos na lagoa da Almécegas

Portanto, o comportamento do sedimento em fluxo de baixa viscosidade com tendência a estacionária (Transição) como é o caso da lagoa das Almécegas, em alguma área, as forças agem sobre o grão individualmente e de forma lenta. Já nas áreas que correspondem a fluxos de baixa viscosidade em movimento (transporte),

as forças do fluido dos canais de circulação agem sobre o grão e transporta-o ou não de acordo com o peso e com a sua forma.

A água é o principal agente de transporte de sedimentos. O transporte sedimentar ocorre sempre através de um meio fluido, seja este meio o ar, a água ou a mistura entre o sedimento a água e/ou o ar (TEIXEIRA, 2000).

Portanto, o comportamento dinâmico do grão em sua velocidade, trajetória e modo de deslocamento é uma resposta direta às forças nele atuantes e reflete suas características individuais como forma, densidade, tamanho e rugosidade superficial. O que se observa é que nos fluidos pouco viscosos, os grãos têm identidade própria. Como efeito, a corrente pode provocar uma seleção dos grãos no espaço, separando os grãos mais leves dos mais pesados.

A sedimentação é o processo pelo qual o material transportado (suspensão, saltação e rolamento) é depositado. As partículas maiores viajam distancias curtas e partículas maiores vão mais longe. Partículas finas de argila viajam até o corpo d'água parada, onde pode forma uma camada uniforme no fundo. Sendo os principais mecanismos de transporte dos sedimentos são reconhecidos como suspensão, saltação, arrasto e rolamento.

A carga de fundo na lagoa são os materiais maiores (areia), em geral minerais de quartzo, que se movem no fundo em função das forças de velocidade e atividade (salto, tombamento, rolamento, escorregamento). Sendo o principal processo de transporte de sedimentação no durante cheias, quando os afluentes com declive acentuando alimentam a lagoa.

Quando o escoamento entra em um reservatório, sua velocidade começa a declinar e os sedimentos começam a se depositar (CHELLA, 2002). O processo é continuo e em escala progressiva até que, em algum ponto, a velocidade do fluxo é consideravelmente reduzida e os sedimentos granulares são depositados.

O sedimento tributário á lagoa (reservatório) é o produto dos mecanismos de erosão da bacia hidrográfica. A lagoa é um eficiente meio de retenção de sedimento

devido à queda de velocidade da corrente quando esta entra na área represada. Onde os sedimentos finos, como silte e argila, podem permanecer em suspensão o tempo suficiente para conseguir passar pela barragem, o que não ocorre com a areia.

Para Morris e Fan (1997) apud Chella (2002) o assoreamento causa sérias conseqüências tanto para a região a montante quanto para a região a jusante da barragem. A região a montante da barragem da lagoa, sofre com problemas relacionados com a acumulação de sedimentos, com a perda da capacidade de armazenamento, que acaba prejudicando o suprimento de água ou o controle de cheias, pois a barragem não foi projetada para a passagem de sedimento (Figura 31). A sedimentação de um reservatório afeta também o meio aquático, alterando a composição de espécies e a pesca recreativa e de subsistência (CHELLA, *op cit*).

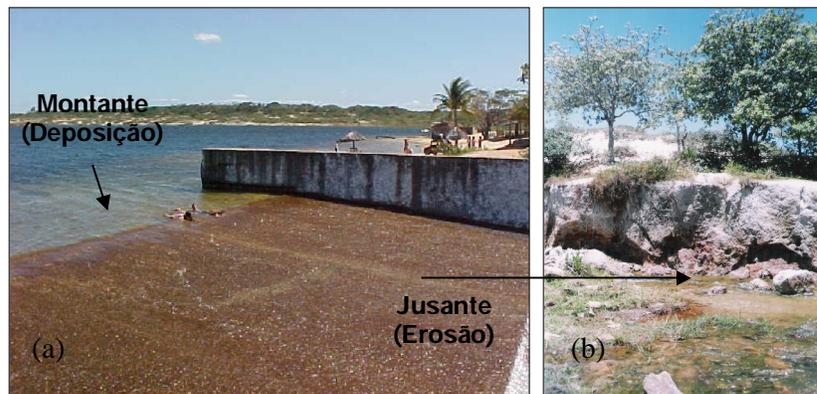


Figura 31 – Assoreamento na região a montante do sangradouro (a), da lagoa, e erosão a jusante (b)

Os impactos acarretados a montante do sangradouro da lagoa, devido ao assoreamento do reservatôri, ainda não são considerados grandes ao meio ambiente. A morfologia do curso de água a jusante da barragem pode ser seriamente afetada pela redução da carga de sedimentos presente no leito, provocando assim um processo de erosão no canal. A retenção de sedimentos no reservatório (montante) pode significar perda de material sedimentar que alimenta as praias adjacentes à área.

De acordo com Shen e Lai 1996 *apud* Chella *op cit*, o assoreamento de reservatórios pode ser controlado e reduzido através de três medidas: redução da quantidade total de sedimentos que entra no reservatório, através do controle da

erosão da bacia e da retenção de sedimentos; remoção por meios mecânicos, como dragagem e finalmente, passagem do escoamento carregado de sedimento através do reservatório e posterior liberação por descargas de fundo localizadas na barragem.

Lagos naturais ou artificiais, com um ou mais afluentes principalmente, formam deltas compostos de material grossos depositados como camadas frontais e de topo, e de material fino depositado mais dentro do lago, como camada de fundo (CARVALHO, 1994). No caso da lagoa das Almécegas o que se percebe é uma tendência a deposição de material grosseiro tanto nas camadas frontais (próximo as margens) como nas camadas do interior da lagoa. Como foi mostrado nos dados de assimetria, curtose e seleção.

Uma compilação da classes texturais da lagoa mostrada na Figura 32, mostra a distribuição geral de 7 classes texturais. Portanto os ambientes de alta energia caracterizam-se por depósitos grossos e moderadamente selecionados, enquanto que os de baixa energia são caracterizados por sedimentos finos e pobremente selecionados. Sendo a seleção promovida por fatores hidrodinâmicos e/ou aerodinâmicos.

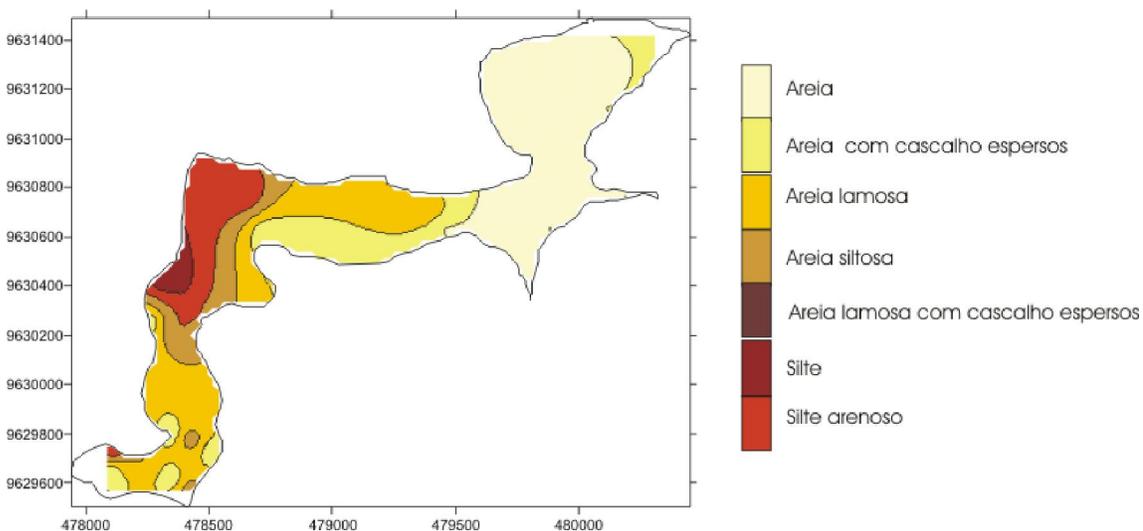


Figura 32 – Mapa com a distribuição da textura superficial dos sedimentos.

Para ACDID (1978) *apud* Carvalho (1994) maioria dos leitos dos lagos mostra o resultado de centenas ou milhares de anos do processo de assoreamento.

Correntes internas ao lago, a qualidade e o tempo da afluência da carga de sedimento se refletirão na granulometria e na forma dos depósitos de fundo.

Desta forma, a análise granulométrica constatou que esta área precisa de um monitoramento ambiental, já que o diâmetro dos sedimentos determina propriedades que afetam o equilíbrio da capacidade hídrica da lagoa, pois os dados alcançados constata-se que as frações grossas do sedimento (maiores que 0,063mm), ocorrem na maioria da lagoa.

9 – ASPECTOS FÍSICOS DO AMBIENTE LACUSTRE

O lago é um ecossistema que apresenta grande nitidez em zoneamento e estratificação. Possui uma zona litorânea com vegetação enraizada nos bordos e a zona limnética caracterizada por fitoplâncton e uma zona profunda contendo somente heterótrofos (CARVALHO, 1980).

Portanto são as características morfológicas que definem a configuração dos três principais compartimentos das lagoas, que são: as margens (região litorânea) em contato direto com o ecossistema terrestre adjacente; a água livre, que é encontrada em todo o ecossistema aquático (região limnética) e a região profunda (bentônica) (Figura 33).

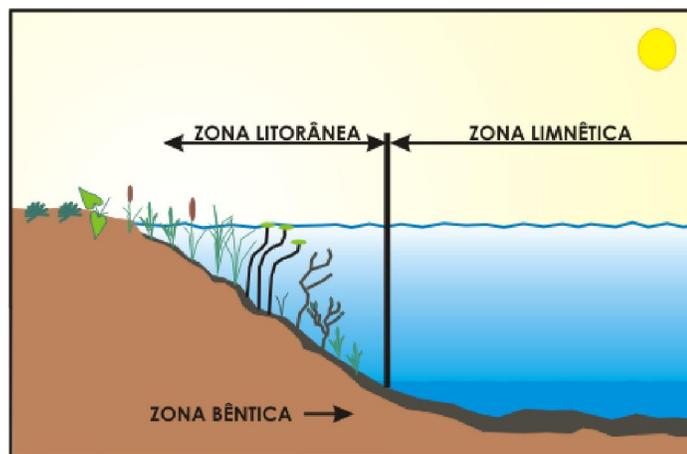


Figura 33 – Os compartimentos em uma lagoa

9.1 – Ciclagem de nutrientes e morfologia lacustre

A água é fundamental para a bioquímica de todos os organismos vivos. Os ecossistemas lênticos, como o da Lagoa das Almécegas, são sustentados e interligados pela água, que promove o crescimento de vegetação que oferece um *habitat* permanente a muitas espécies de peixes, e oferece ainda áreas de reprodução ou abrigo temporários para outras espécies, tais como répteis e anfíbios.

Os resultados disponíveis indicam que os principais fatores controladores de ciclagem de nutrientes são a batimetria, o regime de ventos e a salinidade da lagoa.

Pois estes fatores são praticamente únicos para cada lagoa. O pequeno número de estudos realizados torna difícil a generalização sobre o comportamento dos nutrientes nestes ecossistemas (LACERDA, 1986).

Para Rosas (1990), devido à riqueza de nutrientes em tais lagoas e sua pouca profundidade em relação ao volume de água, a produção primária em geral é elevada e a rápida colonização por macrófitas aquáticas é bem pronunciada. A margem da Lagoa das Almécegas apresenta uma grande quantidade de macrófitas principalmente no setor sul da lagoa (Figura 34).



Figura 34 – Presença de macrófitas na Lagoa as Almécegas

Sendo assim a lagoa densamente colonizada pela macrofitas: emersas, submersa e com folhas flutuantes, entre outras, na zona litorânea e limnética. Onde as macrófitas desempenham um importante papel ecológico, principalmente em ambientes e áreas adjacentes.

Para Sperling (1999) a morfologia verificou uma forte interdependência dos componentes físicos, químicos e biológicos, havendo influência mútua entre esses fatores. A morfometria trata da quantificação e medida dos diversos elementos da “forma” englobados, portanto o conjunto de métodos para medir as dimensões físicas de um sistema (SPERLING, *op cit*).

A Lagoa das Almécegas já foi a terceira maior lagoa do Estado. Apresentando forma relativamente alongada, contorno regular (perímetro aproximado de 9,935 km) com eixo principal aproximadamente perpendicular à linha de costa, com 3,5 km de comprimento. A largura é variada ao longo de todo o canal, ficando na ordem de 340

m. A distância do sangradouro da lagoa ao mar é de aproximadamente 2,28 km, sendo este espaço ocupado por planície fluvial, encravado em um campo de dunas.

Na tabela 11 são apresentados os principais parâmetros morfométricos da lagoa, os quais foram calculados com auxílio do programa como CAD, a partir de imagens e mapa batimétrico. O volume foi obtido através do programa Surfer 8.0, utilizando o modelo de interpolação Kringing.

Tabela 11 – Parâmetros morfométricos da Lagoa das Almécegas - Paraipaba-Trairi-Ce

| Parâmetros Morfométricos | Total |
|---------------------------------|-------------------------|
| Área (km ²) – A | 1,3 km ² |
| Perímetro (km) – L | 9,935 km |
| Volume (m ³) – V | 6.688.000m ³ |
| Comprimento (m) – l | 3,5km |
| Profundidade máxima (m) – Zm | 5,85m |
| Profundidade média (m) – Z | 2,55m |
| Desenvolvimento do perímetro-DL | 2,44 |
| Largura máxima (b) | 684m |
| Largura média | 320m |

Fonte de Dados: Cálculos realizados com base no levantamento batimétrico e mapa-base, com auxílios dos programas AUTOCAD-MAP e SURFER 8.0.

O estudo dos perfis batimétricos realizados transversalmente mostram a morfologia de fundo, que a partir da análise, verificou-se que a lagoa é simétrica com tendência a forma de “U”, sendo verificado também assoreamento no centro da lagoa (Figura 35). E observou-se que a configuração do canal é em **X**, pelo fato de que há uma variação maior nas larguras dos perfis (eixo das coordenadas “x”) do que nas profundidades (eixo das abscissas “y”). Portanto, a forma do vale é, predominantemente, em forma de **U**, já que a declividade dos vales não é acentuada.

Com a batimetria realizada gerou-se informações associadas ao relevo, onde se destacam os parâmetros topográficos que mais influenciam o fluxo de água e de sedimento no sistema lacustre, como também os que definem a estrutura da rede de drenagem dos afluentes da lagoa.

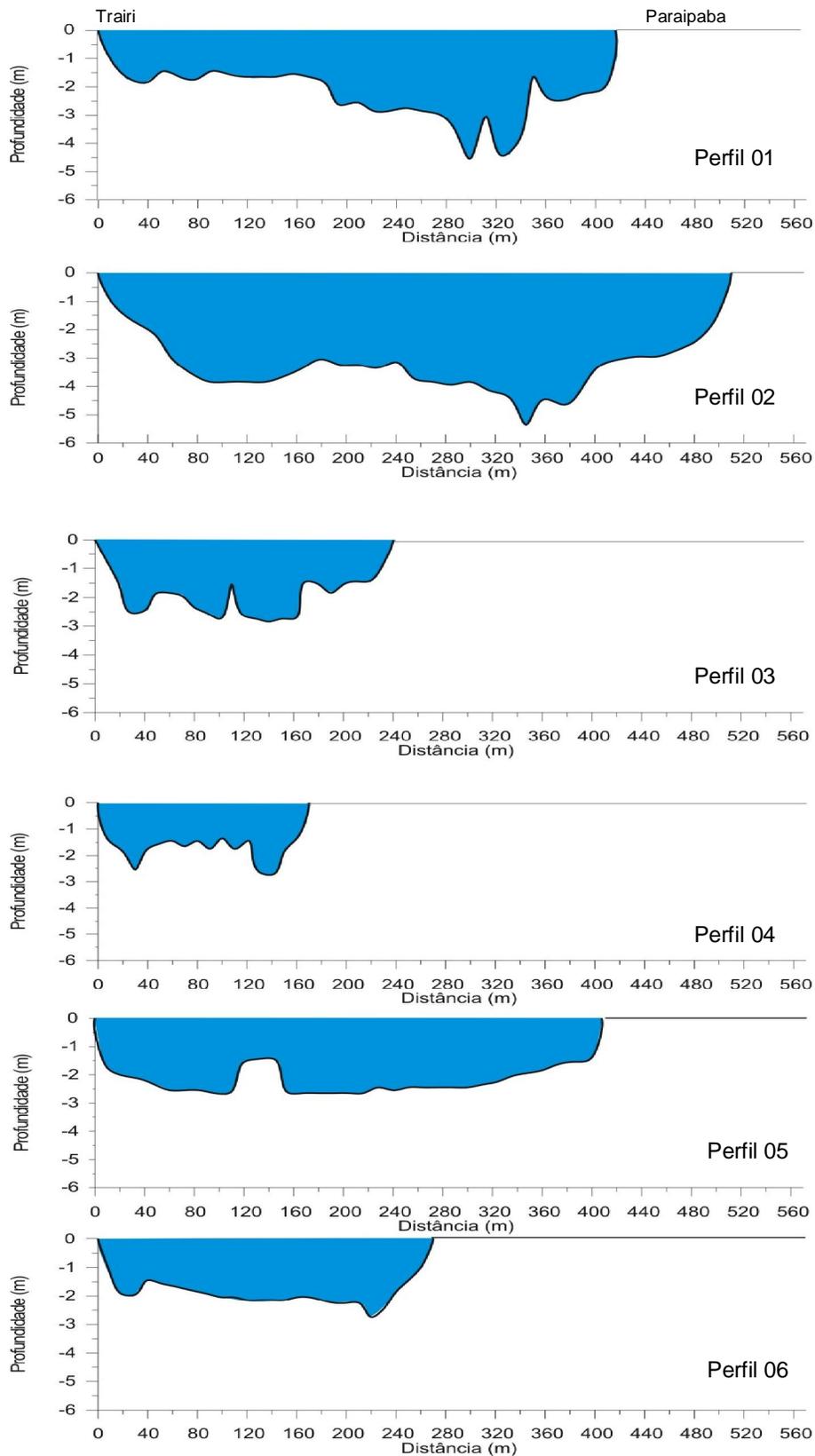


Figura 35 – Perfis batimétricos ao longo da Lagoa das Alméguas.

As profundidades da lagoa podem ser observadas na figura 36, as quais foram obtidos no mês 19/04/2006 a profundidade máxima de 5,85 m na proximidade da barragem. Na região litorânea da lagoa, observou-se também a formação de pontais arenosos, que pode ser de origem eólica, são aprisionados em seu percurso por gramíneas. A presença destas barras arenosas faz com que a lagoa, nestes pontos, apresente margens com declividade suave e profundamente reduzida. Portanto, a média nas profundidades da lagoa foi de 2.55 m, onde 25% da lagoa tem sua profundidade abaixo de 3.75 m e 75% apresenta-se com profundidade acima deste valor.

Baseando-se em dados morfométricos, Schaffer (1988) e Schaffer (1992) que dividiu as lagoas do Rio Grande do Sul, em 4 tipos, na seguinte classificação:

- 1) Lagoas de grande superfície e média profundidade;
- 2) Lagoas de pequena a média superfície, pequena ou média profundidade;
- 3) Lagoas de pequena a média superfície, média ou grande profundidade;
- 4) Lagoas muito grandes, profundas e alongadas.

Para esta subdivisão o critério de classificação refere-se ao tamanho e profundidade máxima (Tabela 12).

Tabela 12 – Classificação dos corpos d'água superficiais (SCHÄFER, 1988)

| Tamanho | Profundidade média | Classificação |
|--------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Pequena: menor que 10km ² | Menor que 3m | Lagoas rasas |
| Médio: de 10 a 20km ² | De 3 a 5m | Lagoas médias |
| Grande: maior que 20km ² | De 5 a 11 metros | Lagoas profundas |

Fonte: adaptado de Schäfer(1988).

De acordo com a classificação proposta por Schaffer (*op. cit*), a Lagoa das Almécegas enquadra-se no grupo 2, sendo “ lagoa de pequena a média superfície, pequena ou média profundidade”.

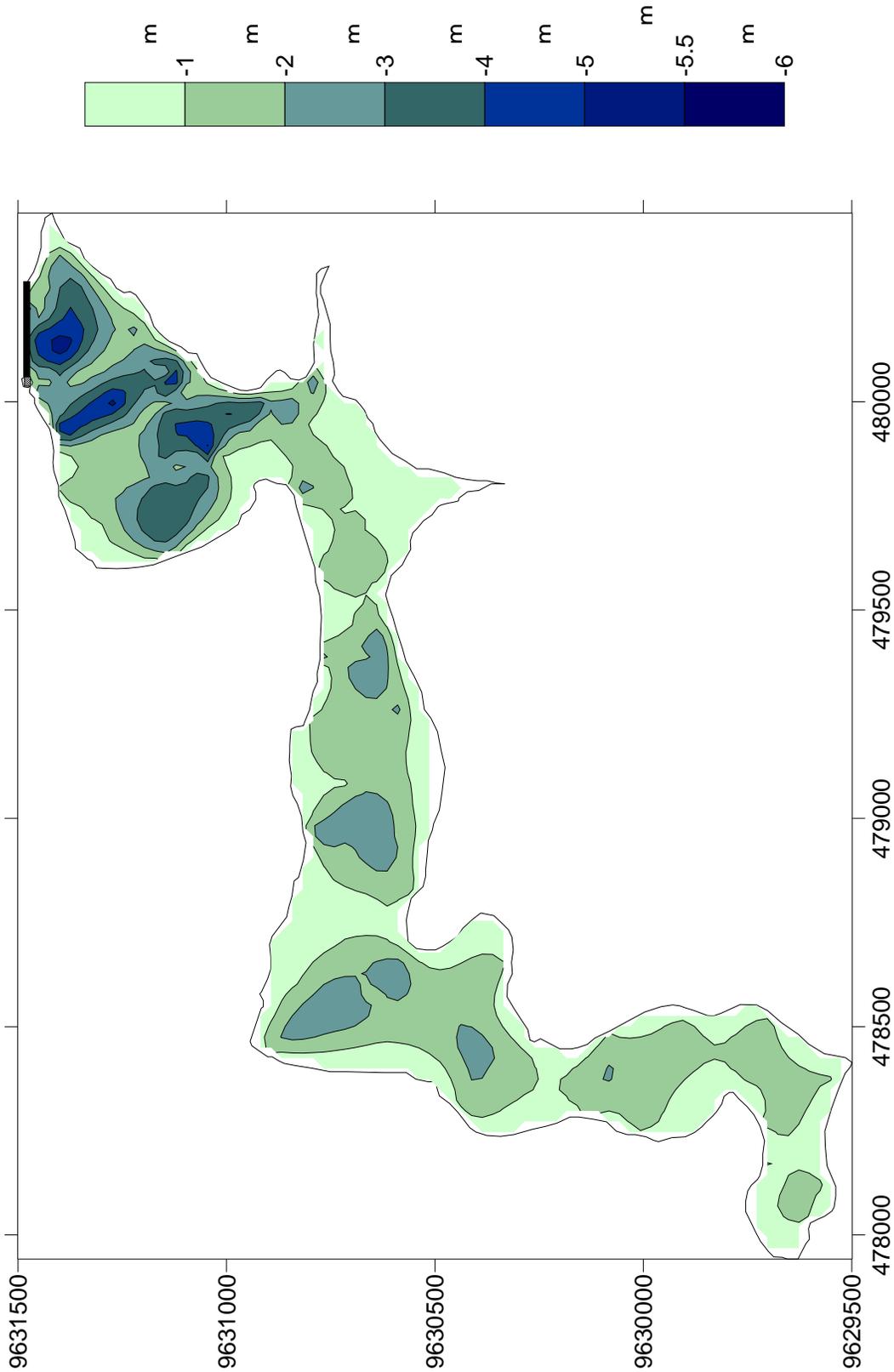


Figura 36 – Mapa batimétrico da Lagoa das Almécegas

Em termos de recursos hídricos, a lagoa representa um reservatório com capacidade de armazenamento satisfatório. Evidenciando assim a sua importância para os municípios nos quais esta inserida bem como para o Estado do Ceará. E de acordo com Lima (2004), mostra que a lagoa atende aos padrões de classe 2 da Resolução CONAMA Nº20/86 e 274/00, atendendo aos padrões de balneabilidade (recreação de contato primário), abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, parques e jardins; e, aqüicultura e pesca.

9.2 – Variações do nível d'água

As flutuações do nível de água foram determinadas por dois importantes fatores climáticos: pluviometria e evaporação. Desse modo, o início do trabalho coincidiu com o período em que o nível de água da lagoa era mínimo, como resultado do período de estiagem do ano de 2005. A vazão na lagoa durante este período foi zero, o vento era o único que influenciava no movimento da massa d'água.

Os ventos que sopram nesta área seguem o sentido W (Oeste) e provocam a movimentação da massa d'água (Figura 37), de acordo com os dados mensurados através de imagens de satélites. Foram utilizadas imagens QuickBird de 2003 visando identificar a ação dos vento.

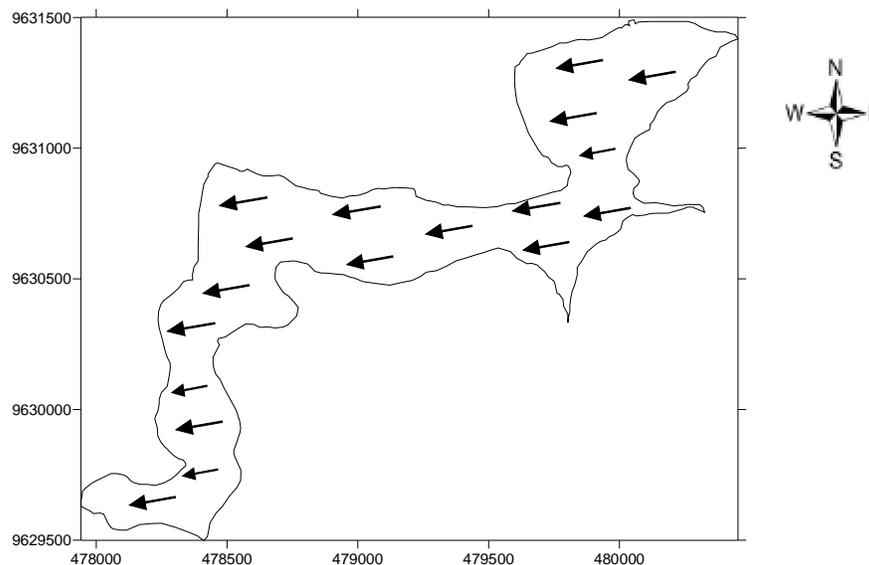


Figura 37 – Ação do vento no espelho d'água na Lagoa das Almécegas Trairi/Paraipaba -Ce

Portanto, quando o vento atuante sobre a superfície da lagoa, na direção oeste, provoca o gradual descolamento das camadas superficiais de massa de água, que acompanha a mesma direção do vento. Este movimento da água pode afetar os organismos direta ou indiretamente. Mas o que é possível observar na Lagoa das Almécegas é que a energia do vento não é suficiente para quebra a resistência oferecida pelas diferentes camadas de água há sua mistura. Quando ocorre este fenômeno, o ambiente aquático está estratificado termicamente, como foi observado no resultados de temperatura.

Entretanto o período de 2006 a lagoa apresentou um nível de água máximo, isso como resultado do acúmulo de água da quadra chuvosa. A lagoa atingiu a profundidade de 6 m, ocasionando o sangramento. A movimentação de massa d'água foi observada em toda a sua extensão lacustre, onde a corrente durante este período se direcionava para o sangradouro e com velocidade variada (Figura 38).

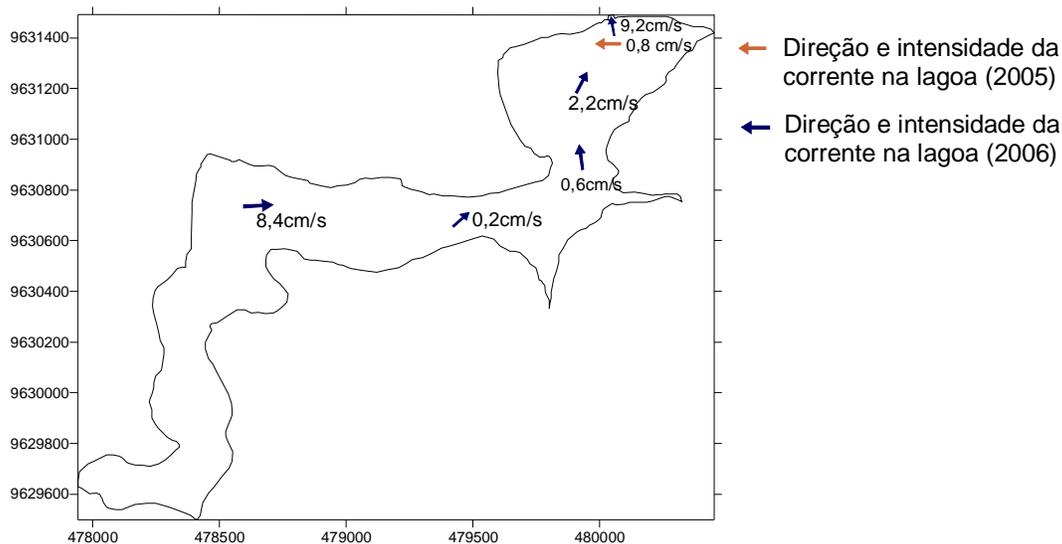


Figura 38 – Direção da corrente da Lagoa das Almécegas- CE nos anos de 2005 e 2006.

O volume d'água na vazão da lagoa foi calculado em função da área da seção e velocidade da corrente no setor do sangradouro (Figura 39). É importante lembrar que o nível da água na lagoa varia nos dois períodos estudados, em função do controle da quadra chuvosa como já foi apresentado no capítulo 5.

| |
|---|
| <p>Largura Sangradouro: 25 m (Dados COGERH, 2003)</p> <p>Altura da lamina d'água: 1,63 m</p> <p>(A) Area da Seção: 40,75m²</p> <p>(v) Velocidade da Corrente: 0,92m/s</p> <p>(Q) descarga de água: 37,49 m³.s⁻¹</p> <p>Q = A . V</p> |
|---|

Figura 39 – Cálculo da vazão na Lagoa das Almécegas – Ce, 2006

Quando um rio é barrado, seu ritmo natural e sua vazão sofrem modificações que se refletirão fatalmente na velocidade da água, no tipo de solo e na fertilidade. As oscilações de nível e da massa d'água modificam-se e os lençóis freáticos, bem como, a porção de terra situada à jusante da barragem podem ser afetadas. No caso da lagoa em questão as dunas que circundam são a principal reserva aquífera deste ambiente. Portanto, a Área de Preservação Ambiental das Dunas de Lagoinha é importante para a lagoa e deve ser bastante conservada, pois ajuda na preservação deste recurso natural.

9.3 – Morfodinâmica Costeira

Os perfis transversais ao leito foram realizados nas seguintes áreas: riacho, laguna e foz (Figura 40). De maneira geral, os perfis descreveram uma topografia bastante suave, mesmo tendo sido realizado o levantamento topográfico no período chuvoso do ano de 2006. Tal suavidade nos perfis denota a baixa hidrodinâmica no trecho entre o sangradouro e a foz, pois, se houvesse fluxo constante de entrada e/ou saída, mesmo que dominado por marés, poderia haver o desenvolvimento de um talvegue um pouco mais profundo. Assim, acreditasse que esse trecho possa ser caracterizado por um ambiente assoreado, sobretudo pelas areias marinhas mobilizada pelos ventos, formando os campos de dunas e conseqüentemente assoreando o referido leito.

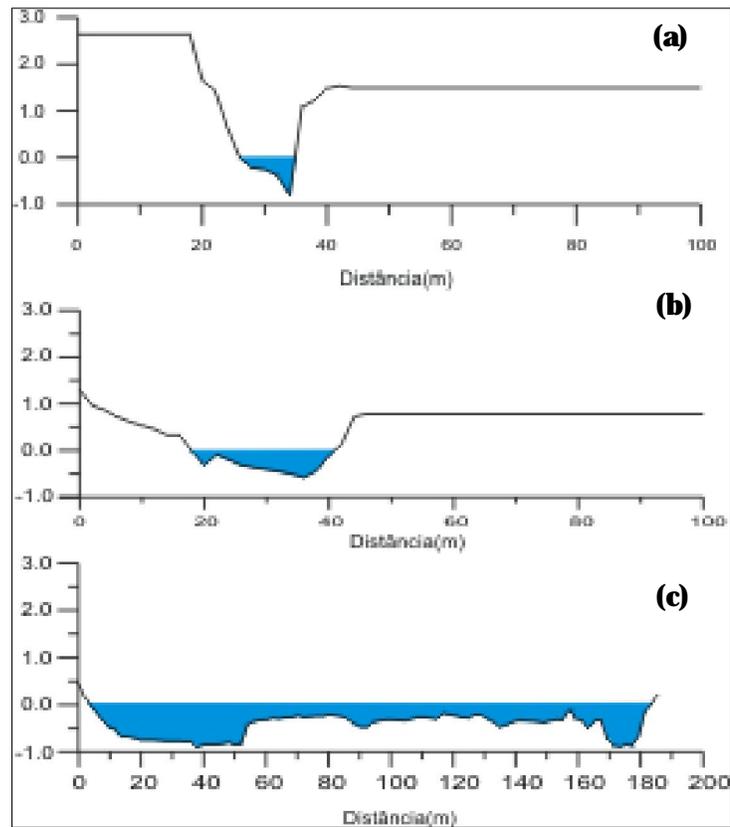


Figura 40 – Representação gráfica dos perfis: Riacho Almécegas (a); laguna (b) e foz (c).

O fluxo de água no trecho do riacho após a barragem é influenciado pela diferença altimétrica da foz, que provoca o araste de todo o material em suspensão que se deposita em sua maior parte na laguna como pode ser visto no resultado de sedimento.

10 – CONCLUSÕES

A Lagoa das Almécegas encontra-se encaixada entre a Formação Barreiras e Campo de Dunas, e por se tratar de um ambiente frágil e instável, requer medidas mitigadoras que visem a conservação de todo o sistema hídrico.

A origem da Lagoa das Almécegas está subordinada ao comportamento climático-natural da área, bastante influenciado pela dinâmica litorânea. A sua gênese está relacionada aos processos transgressivos e regressivos do mar, ocorridos no Pleistoceno e Holoceno, e barramento do riacho pelo sistema de dunas (transporte eólico) e processos associados (descarga fluvial), sendo posteriormente realizada a construção da barragem. A Lagoa foi classificada, com base em SCHÄFER (1988 e 1992), como lagoa de pequena à média superfície e de pequena ou média profundidade. A área superficial do espelho d'água da lagoa é de 1,3 km². Quanto à morfologia atual, a Lagoa das Almécegas encontra-se com profundidade média de 2,55 m.

A profundidade máxima encontrada foi de 5,85 m que em analogia com a largura média de 320 m, revelou uma evaporação de média a baixa que favorece uma constância do espelho d'água. A partir dos dados batimétricos, constatou-se que a forma do vale é predominante em forma de "U".

O volume d'água encontrado foi de 6.688.000 m³. A relevância desse volume classifica este reservatório como de capacidade de armazenamento satisfatório. Entretanto, a análise das profundidades associada ao fluxo e caracterização dos sedimentos transportados pelo curso fluvial até a lagoa, implica no assoreamento progressivo.

A dinâmica marinha conjugada a ação eólica tem contribuído para acelerar o processo de assoreamento da foz, com a mobilização dos sedimentos marinhos e da zona de pós-praia. A morfologia do riacho, laguna e foz retrataram-se como ambientes de topografia suave e de baixa dinâmica fluvial.

A caracterização sedimentológica da lagoa aponta que os setores próximo a barragem que fica sobre a influência da ação das dunas apresenta sedimentos mais arenosos e com pouca ou nenhuma matéria orgânica. Já no setor mais ao Sul, onde a lagoa apresenta as menores profundidades e tem a contribuição dos principais afluentes os teores de matéria orgânica estão presentes e o sedimento tende a ser argiloso com disposição a areia fina.

As análises sedimentológicas mostraram que o ambiente lacustre possui tanto caráter transportador quanto deposicional de sedimentos, este último em menor intensidade. A amostra sedimentológica da foz apresentou-se como areia média, que indica um ambiente com tendência a deposição.

Os processos sedimentológicos atuantes na Lagoa das Almécegas em grande parte, não estão sendo afetados pelas atividades humanas, mas, já se pode observar processos de assoreamento, dragagens d'água da lagoa para plantação de coco e cultura de subsistência. Atividades como estas podem provocar mudanças na configuração espacial, influenciando também na qualidade da água na Lagoa, na fauna e na flora do ambiente. Desta forma, a análise granulométrica constatou que esta área precisa de um monitoramento ambiental, já que o diâmetro dos sedimentos determina propriedades que afetam o equilíbrio da capacidade hídrica da lagoa, pois dados alcançados constatam-se que as frações grossas dos sedimentos, maiores que 0,063 mm, ocorrem na maioria da lagoa.

O pH da água da lagoa apresentou média de 7,4 (período chuvoso) e 7,1 (período de estiagem). Valor permitido para consumo. A água da lagoa pode ainda ser classificada de neutra a levemente ácida.

Os Sólidos Suspensos Totais, que se encontram dissolvidos na água, tiveram concentrações chegando a 111 mg/l (período de estiagem) e 110 mg/l (período chuvoso) e estão adequadas nos valores estabelecidos para ambiente aquáticos de Classe II, Resolução CONAMA nº 357 /2005 .

Quanto às análises sobre o Oxigênio Dissolvido (OD), este se encontra acima do mínimo exigido (6mg/l). Verificou-se que as concentrações de oxigênio para a água da lagoa foi, em média, de 12,8 mg/l. Constatou-se que tal oxigenação se dá devido, principalmente, pela intensa incidência de plantas aquáticas (assimilação fotossintética), pela a influência do vento proporcionando agitações na água e em menor intensidade pela turbulência causada pelo tráfego de lanchas e *jet-sky's*.

A condutividade que representa a quantidade de íons dissolvidos que são responsáveis para a manutenção do ambiente aquático, teve valores variando de 660 $\mu\text{S/cm}$ (período estiagem) e 790 $\mu\text{S/cm}$ (período chuvoso). Esses valores encontram-se dentro dos níveis exigidos para qualidade da água pela Resolução CONAMA n° 357 /2005.

A medida da transparência na água da lagoa aponta que no período de chuva não há interferência da penetração da luz na água. Isso pode estar relacionado a pouca suspensão de materiais, comum em lagoa com substrato bastante arenoso.

As temperaturas encontradas apresentaram uma média geral de 28,5°C, o que é comum para lagoas tropicais. Na análise das variações verticais da temperatura da água percebeu-se amplitude da coluna d'água, ocorrendo estratificação significativa. A estratificação do corpo d'água poderá interfere no comportamento dos organismos.

Os usos constatados na lagoa enquadraram-se principalmente no consumo, abastecimento (mediante tratamento), lazer, recreação (muitas vezes não ocorrendo de acordo com as imposições legais), irrigação de culturas de subsistência e pesca artesanal.

Em termos de ocupação, a Lagoa das Almécegas encontra-se com baixa ocupação imobiliária, devido principalmente a pouca especulação. Mas, as ocupações que já ocorrem na região ultrapassam os limites impostos pela lei (Áreas de Preservação Permanente). Já a ocupação associada à retirada da cobertura vegetal é possível de ser vista, e este problema pode gerar uma instabilidade das margens e conseqüente alteração das características morfométricas e físico-

químicas da lagoa, podendo ocasionar impactos negativos, como aumento do escoamento superficial, erosão das margens, maior aporte de sedimentos na lagoa (assoreamento), diminuição do volume de água, e maior concentração de poluentes na lagoa, podendo vir a comprometer também a vida da população local.

As características atuais e processos atuantes na lagoa é considerando ainda a ocupação que ocorre em suas margens (a qual tende intensificar-se com o tempo) é imprescindível que sejam adotadas medidas visando evitar danos ambientais atuais e futuros que possam garantir a manutenção e qualidade da água da Lagoa das Almécegas, como também das áreas adjacentes.

No tocante a feição lacustre, apresenta uma vegetação do tipo pioneira, que faz parte do complexo vegetacional da zona litorânea (que serve como fixadora). Nas margens dessa lagoa formam-se cordões arenosos (praias) de coloração clara e granulometria fina e com profundidade rasa que é excelente para o banho.

Uma das metas para a preservação da disponibilidade e da qualidade dos recursos hídricos é o uso adequando de todas as atividades produtivas: agricultura e o meio ambiente, conservando e otimizando os recursos naturais.

11 – RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos, observou-se a necessidade da tomada de algumas providências, em relação ao uso da Lagoa das Almécegas e considerando a ocupação que começa a ocorrer na suas margens a qual tenderá a intensificar-se com o tempo. Portanto, é imprescindível que sejam adotados medidas visando evitar os danos ambientais, de modo a garantir a manutenção e equilíbrio deste ambiente no futuro. Para buscar a qualidade ambiental da área e da vida da população é indispensável que sejam propostas medidas que busquem evitar danos futuros ao ambiente. Sendo assim, recomenda-se:

Ü Área de preservação permanente. Preservação da vegetação no entorno do ambiente lacustre, pois desempenha um papel valioso na administração do ciclo hidrológico. A vegetação estimula a infiltração de água no solo, ajudando a recarregar os depósitos subterrâneos, reduzindo o risco de inundação e retendo o solo no seu lugar, pela redução da erosão;

Ü Fazer um estudo detalhado da presença de óleo e graxa na lagoa, e diagnosticar o tempo de espalhamento, direção preferencial no espalhamento do óleo;

Ü Coleta e sistema de tratamento dos resíduos sólidos;

Ü A fiscalização e controle sistemático da qualidade da água da lagoa em pontos estratégicos. Fiscalização do sistema de coleta de esgoto nas casas no entorno, de modo que estes não venham contaminar e poluir a água e conseqüentemente o potencial (hídrico e turístico) da lagoa;

Ü A instalação de placas de monitoramento e advertência quanto à qualidade das águas e/ou riscos em locais estratégicos, como restaurantes, bares e locais de grande fluxo de visitantes.

Ü A concretização da criação de uma APA (Área de Proteção Ambiental) da Lagoa das Almécegas, exigindo então uma fiscalização efetiva pelo órgão competente (SEMACE), e implantação do plano de manejo da área, pois a manutenção do entorno da lagoa e a estabilidade das margens permitirá o menor escoamento superficial, menor erosão;

Ü A fiscalização sistemática das atividades náuticas pelo órgão competente (Capitania dos Portos) visto que se trata de uma área extensa e onde os veículos aquáticos muitas vezes são utilizados por pessoas sem habilitação e muitas vezes por adolescentes. Como também não possui a adequada manutenção dos motores que pode provocar vazamento de substâncias poluidoras para a coluna d'água, sedimento lacustre e organismos vivos;

Ü O controle do crescimento excessivo da população de macrófitas aquáticas através da retirada das mesmas quando necessário e por meios adequados;

Ü Implantação do sistema de monitoramento da irrigação, visando o uso da água em quantidade compatível com a necessidade da cultura, evitando o desperdício, conflitos gerados pela escassez desse recurso e a contaminação das águas por agrotóxicos.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. E. Geoquímica de metais-traço em sedimentos superficiais nos estuários do Rio Ceára e Pacoti, CE. (Relatório de submetido á Coordenação de Curso de Graduação em Geologia). Fortaleza, Ceará, 2005.

BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. ; SICHEL, S. E. (orgs.). Introdução à Geologia Marinha. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 279 p. 2004.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Limnologia Fluvial: Um Estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos: Editora RIMA. 278p, 2003.

CALLISTO, M. & ESTEVES, F. A. Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural, Pará, Brasil. Acta Limnologica Brasiliensis., v. 8, p. 115-126 , 1996.

CARVALHO, B. A. Ecologia aplicada ao saneamento ambiental. ABES, p.368.,Rio de Janeiro. 1980.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. CPRM, 372p.,Rio de Janeiro, 1994.

CHELLA, M. R. Simulação física do transporte de sedimentos e assoreamento em reservatórios – caso da Usina Hidrelétrica Melissa. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

COGERH. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. Relatório Técnico da Gerência da Bacia do Curu/Litoral. 16 p., Fortaleza, 2005.

Constituição Federal/88, artigo 225.

Decreto Nº 25.417. de 29 de Março de 1999. APA das Dunas da Lagoinha.

ESTEVES, F. A. Considerações sobre a Aplicação da Tipologia de Lagos Temperados a Lagos Tropicais. Acta Limnologica Brasiliensis, v. 2, p. 3-28, 1988.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Editora. Interciência, 2ª Edição. p.549., Rio de Janeiro, 1998.

FOLK, R. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Co. Austin, 182 p., Texas, 1974.

FREITAS-LIMA, E. A. C. & GODINHO-ORLANDI, M. J. L. Distribuição temporal do potencial de eletrodo no sedimento de uma lagoa marginal (Lagoa do Infernã - SP). Acta Limnologica Brasiliensis., v. 4, p.199-210, 1992.

Fundação Instituto de Pesquisa e Informação do Ceará (IPLANCE). Atlas do Estado do Ceará. Fortaleza, 1995.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Boletim Meteorológico, 2006.

GOMES, D.F. Caracterização limnológica de um ecossistema lacustre tropical - Lagoa de Uruaú – planície costeira do Município de Beberibe - Ceará. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1998.

GOMES, M. L. Aspectos Hidrodinâmico, sedimentológico e impacto ambientais na Lagoa Costeira do Catú, Aquiraz-Ce. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2003.

JÚNIOR, L. G. L. Distribuição de Cu, Zn, Fé e Hg em sedimentos de fundo da lagoa do Banana, Caucaia, Ce na Região Nordeste do Brasil. p,73. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2003.

KLEEREKOPER, Herman. Introdução ao estudo da limnologia. 2ª. Ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1990.

LACERDA, L. D.; MARINS, R. V.; VAISMAN, A. G.; MAIA, S. R. R.; AGUIAR, J. E.; DIAS, F. J. S. Contaminação por metais pesados e pesticidas nas bacias inferiores

dos Rios Curimataú e Açu (RN) e Rio Jaguaribe (CE). *Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará*, Fortaleza, 2004.

LACERDA, L. D. Pesquisas brasileiras sobre ciclagem de nutrientes em ecossistemas costeiros: identificação de prioridades. *Acta Limnologica Brasiliensis*, Botucatu, v 1. p 3-27. 1986.

LEITE, F. P. N.; FONSECA, O. J. M. Variação Espacial e temporal de parâmetros ambientais da Lagoa Caconde, Osório, RS. *Acta Limnologica Brasiliense*. Vol. 14(2), 39-50, 2002.

LORING, D.H. and RANTALA, R.T.T. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth Science Reviews*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam: 32, p. 235-283. 1992

MORAIS, Jáder Onofre. Geologia no Planejamento Ambiental, Capítulo V: Processos de Impactos ambientais em Zonas Costeiras. *Revista de Geologia*, Editora UFC, v. 9, Fortaleza, 1996.

MOZETO, A. A. Sedimentos e Particulados Lacustres: Amostras e Análises Biogeoquímicas. São Carlos - SP, Brasil, p.296 - 320, In: Carlos E. de M. Bicudo; Denise de C. Bicudo. (Org.). *Amostragem em Limnologia*. São Carlos - SP: RIMA, 351p. 2004

PAULA, Jorge Eduardo de Abreu. Dinâmica de Evolução Ambiental do Baixo Curso do Rio Cauípe - Caucaia-Ce. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2004.

PINHEIRO, L. S. Compatibilização dos Processos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos com o Uso e Ocupação da Praia da Caponga – Cascavel - Ce. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2000.

PORTELA, J. P. Zoneamento Ambiental como Estratégia para a Educação Ambiental na Comunidade da Lagoinha, Paraipaba – Ce. Monografia. Universidade Estadual do Ceará. 2006.

Resolução CONAMA nº 357/2005.

ROCHA, J. C.; Rosa, A. H.; Cardoso, A. A. Introdução à Química Ambiental. Bookman. 154p., Porto Alegre, 2004.

ROSAS, E., COUTINHO, O.; OLIVEIRA, N. B. Estudo limnológico de um lago de várzea em Sergipe, nordeste do Brasil. Acta Limnologica Brasiliensis. V. 3, número 1, p. 245-273,1990.

SADER, Emir. De olho na crise da água. Revista Eco 21, ano XV, Nº 101, março/2005. Rio de Janeiro.

SCHÄFER, A. Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais. Porto Alegre: Ed. Da Universidade, 532p. UFRGS, 1984.

SCHÄFER, A. Tipificação ecológica das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul. Acta Limnologica Brasiliensis, v. 2, p. 29-55, 1988.

SCHÄFER, A. Ecological Characteristics Ecológica of the Costal Lakes in Southern Brazil: A Synthesis. Acta Limnologica Brasiliensis, v. 4, p. 111-122, 1992.

SELBORNE, L. A ética do uso da água. doce: um levantamento. UNESCO –. Série Meio Ambiente e Desenvolvimento, v. 3. 80p., Brasília ,2002.

Secretaria de Turismo. Inventario da Oferta Turística. SETUR, v. 1 e 2 (Paraipaba), v. 1 (Trairi). Fortaleza, 1999.

SILVA PAZ, V. P.; Teodoro, R. E. F.; Mendonça, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. Publicado na revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental – v 4, nº 3., SET-DEZ. 2000.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. Rima, 140p. São Carlos –SP, 2003.

SILVA, R. L.; MORAIS, J. O. Análise dos parâmetros ambientais na Lagoa das Almécegas, Paripaba/Trairi - Ceará. In: IX Semana Universitária, 2004, Fortaleza - CE, 2004.

SOUZA, M.J.N; LIMA, L.C.; MORAES, J. O. Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. Parte I. Fortaleza: FUNECE, 2000.

SPERLING, E. Morfologia de lagos e represas. DESA/UFMG, 138p., Belo Horizonte, 1999.

SUCUPIRA, P. A. P. Indicadores de degradação ambiental no baixo curso do rio Acaraú-CE. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, 2006.

SUGUIO, K.Rochas Sedimentares. Editora Edgard Blucher, 366 p., São Paulo, 1980.

SUGUIO, K.; L. MARTIN; A. C. S. P. BITTENCOURT; J. M. L. DOMINGUEZ; et al, Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. Revista Bras. Geociências. v.15 (4): 273-286. São Paulo, 1985.

SUGUIO, K; BIGARELA, J. J. Ambientes Fluviais. Florianópolis. Ed. UFS/UFPR, 1990.

SUGUIO, K. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: passado+presente=futuro?. São Paulo: Paulos Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

SUGUIO, Kenitiro. Introdução a Sedimentologia. Ed. Edgard – Blucher e EDUSP, 317 p., São Paulo, 1973.

TEIXEIRA, W. [et al]. Decifrando a Terra. Oficina de Textos, p. 526., São Paulo, 2000.

TUCCI, Carlos E. M. Gestão da Água no Brasil. UNESCO, 156p., Brasília, 2001, 2003.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. *Cienc. Cult.*, Oct./Dec. 2003, vol.55, nº.4, p.31-33. ISSN 0009-6725.

WEBER, R. Sistemas Costeiros e Oceânicos. *Química Nova*, v 15, n. 2, p. 137 – 143, 1992.