



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA**

Aurilea Bessa Alves

**ESTUÁRIO DO RIO ACARAÚ: IMPACTOS AMBIENTAIS
E IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE DOS
RECURSOS HÍDRICOS**

**Fortaleza – Ceará
2008**

Apoio:



**Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento
Científico e Tecnológico**



**Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
EMBRAPA – Agroindústria Tropical
Projeto PRODETAB O16- 01/01 – Banco Mundial**

A942e Alves, Aurilea Bessa

Estuário do rio Acaraú: Impactos ambientais e implicações na qualidade dos recursos hídricos. / Aurilea Bessa Alves. – Fortaleza, 2008.

131 p.; il.

Orientadora: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

Co-orientadora: Dra. Morsyleide de Freitas Rosa

Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia.

1. Rio Acaraú 2. Estuário 3. Impactos Ambientais
4. Recursos hídricos. I. Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia.

CDD:910.31

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

AURILEA BESSA ALVES

**ESTUÁRIO DO RIO ACARAÚ: IMPACTOS AMBIENTAIS
E IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE DOS
RECURSOS HÍDRICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre no curso de Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual do Ceará.

Orientadora: Prof^a. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro
(MAG - UECE)

Co-orientadora: Dra. Morsyleide de Freitas Rosa
(EMBRAPA – Agroindústria Tropical)

**Fortaleza-Ceará
2008**

*A fé em Deus nos faz crer no incrível,
ver o invisível e realizar o impossível.*

*Dedico a minha pequena, mas generosa família:
minha mãe, Marluce;
minhas maravilhosas irmãs, Sandra e Teia;
meus sobrinhos, Philippe e Gabriel;
minha dedicada Sophia e
meu amado Paulo.*

AGRADECIMENTOS

O ingresso no mestrado foi um marco em minha vida, passei por momentos difíceis, decisivos e marcantes. Foi um misto de sentimentos e momentos nunca vivenciados que resultaram em duas coisas: mudanças e amadurecimento.

Sou grata a tantas pessoas, que contribuíram de distintas formas, com maior ou menor intensidade, mas, contribuíram para a conclusão desta almejada etapa.

Agradeço a UECE por minha formação acadêmica, a todos os professores que colaboraram para meu crescimento profissional e por vezes pessoal. Ao MAG, seus Professores e funcionários, por todos os momentos de construção.

A Professora Lidriana Pinheiro pela orientação, paciência e auxílio na pesquisa.

Muitíssimo obrigada à EMBRAPA – Agroindústria Tropical, local onde iniciei meus primeiros passos na pesquisa (hoje ainda iniciais). Fundamentais foram o incrível trio que lá me abrigaram: Morsyleide Rosa (co-orientadora), Cléa Figueirêdo e Lucinha Araújo (atualmente CEFET-CE), essas pessoas são para mim exemplo de humildade, união e acima de tudo competência profissional, agradeço por poder ter feito parte deste time campeão.

Nesta instituição ressalto ainda, os queridos amigos que tive o prazer de conviver durante alguns anos Alexandre Costa e Alex Miranda, Xili, Dona Cleide, Lucinha, Chica e mais recentemente Thatiane Maria. Como não ser gratas a pessoas que possibilitaram a execução desta pesquisa como: o “seu” Dutra, Ronaldo, Francisco, Evandir e “seu” Romildo, todos do setor de transporte. São pessoas que fizeram parte de meu dia-a-dia, reconheço toda a torcida destes por minha felicidade. Agradeço profundamente.

E os amigos... como citá-los? Como seria pobre este trabalho com a ausência do precioso afeto e dedicação destas pessoas. Aos queridos que desde

o início torcem e sonham junto comigo: Luiz Raphael, Aldenísio Sousa, Wagner José, Argeu Souza, João Luís, Tereza Sandra, Fábila Santos e Rosilene Aires, agradeço especialmente a vocês trio da alegria, pela compreensão da distância, pela lealdade e pelas as horas aplicadas nas inúmeras e valiosas contribuições para o trabalho, este último com destaque para Leninha, a guerreira.

Ainda neste patamar, o da amizade, agradeço ao querido Flávio Nascimento. Tive o privilégio de conhecer antes do profissional, a pessoa espetacular, em nossas “árduas” viagens rumo a bacia do Acaraú. Mais uma vez, muito obrigada, Flávio!

A minha turma do MAG (2006), Aridênio, Cíntia, Cisne, Eder, Feliciano, landra, Juscelino, Marco Túlio, Nayara, Nicolai, Rony, Tatiane e Glairton. Destaco os dois últimos pelas trocas e sugestões, amizade e fundamental apoio em trabalho de campo. Ainda, aos queridos da UECE: Lucinaldo, Daniely Guerra, Roberto Bruno e Lúcia Mendes.

Agradeço a toda a equipe do LGCO - UECE, especialmente aqueles que contribuíram diretamente para a realização trabalho: André, Aluísio, Davis, Diego, Gustavo, Mariana, Paulo Henrique e Silvio.

Especial gratidão a toda a equipe que compõe o LIAMAR do CEFET – CE, pelas contribuições e análises laboratoriais, com destaque para o admirável Prof. Raimundo Bemvindo.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão da bolsa de pesquisa.

Devo ser eternamente grata ao fundamental apoio desta pessoa que me adotou em todos os sentidos e que estará para sempre em minha vida, Paulo Pessoa. A ti por ter sido o meu espelho desde o início.

Agradeço a Deus por tudo, por vivenciar tantas coisas, por conviver com meus amigos, por conhecer novos amigos, por poder passar para uma nova etapa e no final, por ter saído fortalecida! Obrigada Senhor!

RESUMO

Os estuários são ambientes de transição entre os continentes e os oceanos. Abrigam grande diversidade de fauna aquática e significativo ecossistema de mangue. Porém são ambientes de fragilidade peculiar, sendo mais vulneráveis que outros ambientes. Neste sentido, o local desta pesquisa é a região que abriga o estuário do rio Acaraú e suas áreas adjacentes, na porção Norte do estado do Ceará, Brasil. O objetivo principal deste trabalho é identificar as condições atuais de uso e ocupação do solo e avaliar seus efeitos na qualidade da água do estuário do rio Acaraú. Para tanto, a metodologia adotada incluiu o reconhecimento detalhado do local em questão, levantamento dos atributos ambientais, *check-list* de impactos ambientais, identificação das tipologias de uso do ambiente e finalmente a análise da qualidade da água. Como resultado, constatou-se que a região apresenta inúmeros problemas ambientais que comumente se relacionam às formas de uso e ocupação do solo. Destacam-se o desmatamento, o assoreamento e o comprometimento da qualidade da água. Sobre esta questão, percebeu-se que, em comparação com o período de estiagem, o período chuvoso apresentou menor qualidade hídrica, com teores elevados de fósforo e de coliformes. Estes resultados indicam uma cobertura de saneamento básico deficiente, bem como, a existência de fontes difusas de poluição como a agricultura baseada no uso de fertilizantes e pesticidas, e efluentes de carcinicultura ricos em nutrientes. O estudo mostrou que a área que possui maior número de impactos ambientais é a região do alto estuário, onde se localizam os matadouros públicos municipais e onde ocorre a exploração inadequada de recursos minerais. Ainda como resultados foram elaborados mapas de uso e ocupação e localização dos impactos ambientais. Com o cumprimento dos objetivos propostos, espera-se que esta pesquisa possa auxiliar futuras ações para a gestão desses ambientes além da contribuir com os demais estudos realizados na bacia do Acaraú.

ABSTRACT

Estuaries are environments of transition between the continents and the oceans. They shelter great diversity of aquatic fauna and significant mangrove ecosystem. However they are especially frail environments, being more vulnerable than other environments. In this sense, the place of this research is the region that encloses Acarau river estuary and its outskirts, in the Northern portion of the state of the Ceara, Brazil. The main objective of this work is to identify the current conditions of use and occupation of the ground and to evaluate its effects to the water of the Acarau river's estuary. For that, the adopted methodology included the detailed recognition of the subject place, a survey of the environmental attributes, the enrollment of environmental damage, the identification of the typology of use of the environment and finally the analysis of the quality of the water. As a result, it was noticed that the region presents countless environmental problems which are normally related to the forms of use and occupation of the ground, of which deforestation, the silting-up of river bed and the compromising of the quality of the water are the most outstanding. On this question, it was noticed that, in comparison with the dry season, the rainy period showed worse water quality, with high concentration of phosphorus and of coli forms. These results point to a defective covering of basic sanitation as well as the presence of diffuse fountains of pollution, like agriculture based in the use of fertilizers and pesticides, and effluents of shrimp farms rich in nutrients. The study showed that the area that has the most serious environmental damage is the region of the high estuary, where the municipal public slaughterhouses are located and also where unsuitable exploration of mineral resources is found. Furthermore, maps of ground use and of environmental damage were generated as a result of this study. With the fulfillment of the proposed objectives, it is expected that this study may help future actions on the management of these environments besides contributing to the other studies carried out on the basin of the Acarau.

SUMÁRIO

Lista de Siglas e Abreviaturas.....	12
Lista de Figuras.....	13
Lista de Tabelas e Quadros.....	15
1 – INTRODUÇÃO.....	17
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 – Bacia hidrográfica: Unidade de análise e gestão.....	27
2.2 – Zona costeiras e Sistemas estuarinos.....	31
3 – METODOLOGIA.....	35
3.1 – Material Cartográfico.....	36
3.2 – Atividades experimentais de campo.....	36
3.3 – Aspectos naturais da região estuarina.....	39
3.4 – Condições de uso e ocupação.....	40
3.4.1 – Identificação dos impactos ambientais.....	41
3.5 – Aspectos qualitativos da água.....	45
3.5.1 – Saneamento básico: implicações na qualidade da água.....	45
3.5.2 – Estimativas das cargas de poluentes.....	45
3.5.3 – Análise quantitativa de Sólidos Suspensos Totais (SST).....	46
3.6 – Análise de dados: etapa de laboratório.....	47
4 – ASPECTOS NATURAIS DA REGIÃO ESTUARINA DO ACARAÚ	53
4.1. – Reconhecimento dos atributos ambientais.....	53
4.1.1 – Planície litorânea.....	53
4.1.2 – Planície fluvial.....	55
4.1.3 – Tabuleiros pré-litorâneos.....	56
5 – CONDIÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO.....	58
5.1 – Usos dos recursos hídricos.....	59
5.1.1 – Carcinicultura e Pesca.....	65
5.2 – Ocupação urbana, comercial e industrial.....	67
5.3.– Agroecossistemas	69
5.3.1 – Extrativismo Vegetal.....	69

5.3.2 – Agropecuária.....	70
5.4 – Identificação dos impactos ambientais.....	75
5.4.1 – Caracterização dos impactos.....	75
5.4.2 – Análise do <i>check-list</i>	81
6 - ASPECTOS QUALITATIVOS DA ÁGUA.....	85
6.1 – Saneamento básico e implicações na qualidade da água.....	85
6.2 – Qualidade da água: análise e concentração.....	88
6.2.1 – Salinidade.....	89
6.2.2 – Componentes Bio-químicos de qualidade.....	92
6.2.2.1 – Coliformes Termotolerantes.....	92
6.2.2.2 – Oxigênio Dissolvido.....	94
6.2.3 – Concentração de Nutrientes.....	96
6.2.3.1 – Série Nitrogenada: Amônia, Nitrito e Nitrato.....	96
6.2.4 – Fósforo Total.....	99
6.2.5 – Concentração de Clorofila <i>a</i>	101
6.2.5.1 – Clorofila <i>a</i>	101
6.2.6 – Concentração de Óleos e Graxas.....	102
6.2.6.1 – Óleos e Graxas.....	102
6.3 – Estimativa de cargas de poluentes.....	104
6.4 – Análise quantitativa de Sólidos Suspensos Totais.....	109
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
BIBLIOGRAFIA	125

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTT	Coliformes Termotolerantes
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
EMATERCE	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	Sistema Global de Posicionamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LGCO	Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica
LIAMAR	Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuais
NMP	Número Mais Provável
NOAA	National Ocean Service
mg	Miligrama
mL	Mililitro
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
PLANERH	Plano Estadual dos Recursos Hídricos
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
QSS	Carga de Sedimento em Suspensão
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SST	Sólidos Suspensos Totais
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Mapa de localização da região estuarina do rio Acaraú	19
Figura 02	Esquema de fatores de contribuição da qualidade da água	35
Figura 03 - A	Coleta de água em garrafa Van Dorn	38
Figura 03 - B	Sonda oceanográfica STD/CTD	38
Figura 04	Hierarquização das formas de ocupação da cobertura ...	40
Figura 05	Pontos de monitoramento de coleta de água e setorização	44
Figura 06	Barraca de praia recoberta por dunas	54
Figura 07	Duna migrando em direção do continente	54
Figura 08	Carnaubal situado em ilha fluvial	56
Figura 09	Consumo de água no Brasil por setor	60
Figura 10	Consumo de água na bacia do Acaraú por setor	61
Figura 11	Lixo levado à margem esquerda do rio	63
Figura 12	Atividades desenvolvidas e formação de bancos de areia	64
Figura 13	Formação de bancos de areia em frente a barraca ...	64
Figura 14 e 15	Locais de efluentes de matadouros	65
Figura 16	Fazenda de camarão situada no distrito de Aranaú	66
Figura 17	Produção de pescado marítimo e estuarino	67
Figura 18	Olaria artesanal com retirada de argila	68
Figura 19	Produção de pó e fibra de carnaúba	70
Figura 20	Culturas permanentes e temporárias	72
Figura 21	Mapa das principais formas de uso e aspectos naturais	74
Figura 22	Diagrama unifilar das principais atividades impactante	76
Figura 23	Acumulo de lixo as margens do rio Acaraú	83
Figura 24	Lixão de Acaraú	84
Figura 25	Distribuição longitudinal de salinidade – chuva	90
Figura 26	Salinidade em período chuvoso	90
Figura 27	Distribuição longitudinal da salinidade – estiagem	91
Figura 28	Salinidade em período de estiagem	91
Figura 29	Variação de Coliformes termotolerantes	94
Figura 30	Valores de Oxigênio dissolvido	95
Figura 31	Variação na concentração de amônia	97

Figura 32	Variação na concentração de fósforo	100
Figura 33	Variação de Clorofila <i>a</i>	101
Figura 34	Lançamento de isopores no leito do rio	103
Figura 35	Disposição inadequada de óleo	103
Figura 36	Valores de óleos e graxas	104
Figura 37	Variação sazonal nas cargas de amônia	105
Figura 38	Variação sazonal nas cargas de nitrito	106
Figura 39	Variação sazonal nas cargas de nitrato	107
Figura 40	Variação sazonal nas cargas de fósforo	107
Figura 41	Variação sazonal nas cargas de Clorofila <i>a</i>	109
Figura 42	Variação longitudinal de Sólidos suspensos totais	113
Figura 43	Transporte longitudinal de sedimentos - Chuva	114
Figura 44	Transporte longitudinal de sedimentos - Estiagem	115
Figura 45	Variação sazonal nas cargas de SST	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Identificação das seções de amostragem	35
Tabela 02	Legenda do <i>check-list</i>	41
Tabela 03	Localização geográfica dos locais visitados	45
Tabela 04	Distribuição da população na região do estuário ...	67
Tabela 05	Atividades comerciais em Cruz e Acaraú	68
Tabela 06	Atividades industriais segundo o tipo	69
Tabela 07	Tipos de culturas e suas produtividades	71
Tabela 08	Quantidade de gado existente em Cruz e Acaraú	73
Tabela 09	Impactos ambientais identificados	82
Tabela 10	Domicílios segundo a forma de abastecimento de água	86
Tabela 11	Domicílios segundo a forma de instalações sanitárias	87
Tabela 12	Domicílios segundo a forma de destinação de lixo	88
Tabela 13	Valores de Coliformes Termotolerantes	92
Tabela 14	Variação na concentração de nitrito	98
Tabela 15	Variação na concentração de nitrato	98
Tabela 16	Variação na concentração de fósforo total	99
Tabela 17	Níveis de trofia e respectivos valores de Clorofila <i>a</i>	101
Tabela 18	Variação nas concentrações de SST	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Síntese das pesquisas de diferentes autores	28
Quadro 02	Atividades impactantes e problemas ambientais	78

Introdução

-1-

1 – INTRODUÇÃO

No Nordeste do Brasil, assim como em outros locais do mundo, as regiões que margeiam os rios, como o rio Tejo em Lisboa, rio Sena na França e mesmo o rio Tietê em São Paulo, são locais estratégicos para ações de desenvolvimento, dadas as condições privilegiadas de proximidade e aproveitamento de recursos. Particularmente na região Nordeste do Brasil, estes ambientes estão submetidos a complexos processos entre as formas de uso e seus impactos, tal fato se potencializa mediante, por exemplo, as condições hidroclimáticas peculiares locais.

A sociedade humana, enquanto agente produtor e modificador do espaço, somente tem a sua sobrevivência garantida pela disponibilidade de água. Daí o processo de ocupação do espaço ocorrer nas proximidades dos cursos d'água, fato confirmado por Cunha (1994, p. 211), quando afirma que “civilizações antigas crescem às margens de grandes rios”. Atualmente, sobretudo próximo à zona costeira, esses ambientes são altamente explorados e utilizados. Tundisi (2003) relata que “grande parte da população brasileira ocupa Bacias costeiras ou está no máximo a 100 km da costa”. Essas áreas litorâneas foram marco inicial de alguns núcleos urbanos e concentram elevadas densidades demográficas que acabam atraindo investimentos econômicos.

Esta condição se apresenta de forma semelhante, como no processo de produção do espaço cearense, com o surgimento de importantes cidades como Aracati e Limoeiro do Norte, no vale do rio Jaguaribe, e Sobral e Acaraú ao longo do rio Acaraú. Essa fixação de povos ocorre, não só pelo uso da água em si, mas pelos benefícios provenientes destes ambientes fluviais.

Especificamente, a Bacia do rio Acaraú ao longo dos anos vem sofrendo várias interferências humanas, que ocorrem desde seu alto curso e se estendendo até a foz. Estes problemas ambientais decorrem de fatores como o desmatamento, o manejo inadequado na agricultura, a carcinicultura, a expansão urbana e ausência de infra-estrutura de saneamento. E culminam na redução da biodiversidade, pois são ações ou atividades que se utilizam amplamente do solo, da vegetação e sobremaneira da água.

Não diferente destas questões, tem-se a região próxima ao do estuário do rio Acaraú objeto desta pesquisa, que em virtude da maneira desordenada de uso e ocupação do solo, descreve problemas relacionados à incompatibilidade e as formas de usos, degradação ambiental e da qualidade da água. Estes fatores são potenciais de alterações nas condições hídricas do estuário.

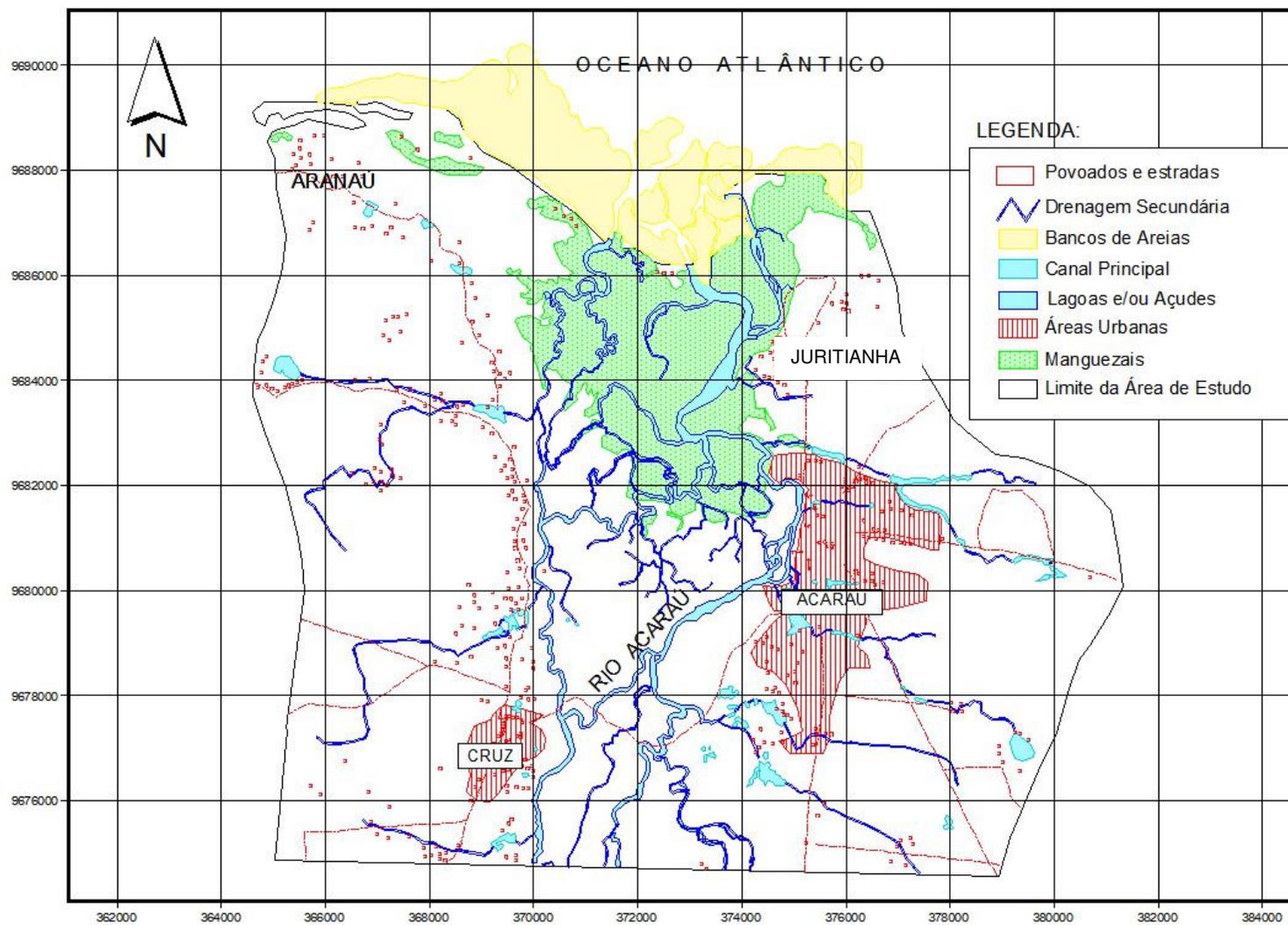
O estuário do rio Acaraú encontra-se na porção Centro-Norte do Ceará, abrangendo os Municípios de Cruz e Acaraú. A Bacia hidrográfica na qual se insere é a segunda maior do Estado, com uma área de aproximadamente 14.560 Km² (NASCIMENTO, 2006).

Conceitualmente, os estuários são ambientes localizados nas porções terminais dos rios e que normalmente mantém contato com os oceanos. Portanto, influenciam e são influenciados pela drenagem à montante e demais áreas próximas, como a zona costeira, por exemplo. Por isso, este trabalho abrangeu toda a região adjacente ao estuário, contemplando as sedes municipais de Cruz e Acaraú e seus Distritos (Figura 01).

Os estuários e as áreas com recobrimento de mangue são ambientes naturais extremamente produtivos, considerados como berçários de vida marinha. Por este motivo, a relação de exploração estabelecida entre o homem e o ambiente se faz presente e constante. As alterações ambientais, que os estuários estão submetidos podem afetar diretamente os organismos neles contidos, e por conseqüência, as relações já citadas acabam sendo influenciadas e até mesmo comprometidas.

Os problemas ambientais verificados no local decorrem principalmente do tipo indiscriminado de uso e a ausência de políticas públicas eficientes, que vão desde instalações de obras civis inadequadas, como portos, áreas residenciais e comerciais, extração de madeira, até atividades recreativas e turísticas, disposição inadequada de esgoto e lixo.

Somam-se ainda, o fato da zona costeira, e particularmente os estuários, desempenharem um papel de corpos receptores finais da Bacia de drenagem à montante, o que compromete significativamente a qualidade ambiental das regiões estuarinas.



Fonte: Imagens Quick Bird (2003) cedidas pela SEMACE
 Figura 01: Mapa de localização da área de estudo

Os fatos já mencionados, aliados a necessidade de aprofundar e consolidar o conhecimento desses ambientes no Ceará justificam a importância da pesquisa em ambientes estuarinos que são frágeis e que atualmente encontram-se ameaçados pela alta concentração demográfica e incompatibilidades de uso devido ao modelo de desenvolvimento adotado que privilegia a exploração dos recursos naturais.

Diante disso, o presente trabalho tem como principal objetivo, **identificar as condições atuais de uso e ocupação do solo e avaliar qual a sua influência na qualidade da água do estuário do rio Acaraú**. Contudo, para o cumprimento efetivo deste objetivo principal, elencou-se os objetivos específicos a seguir, que estão articulados entre si e alinhados com a proposta metodológica deste trabalho:

- I. Identificar as principais formas de uso e ocupação do solo, bem como realizar levantamento de impactos ambientais no local de estudo;
- II. Verificar quantitativamente a cobertura dos serviços de saneamento básico nos Municípios que compõem o estuário, assim como em seus Distritos;
- III. Averiguar o comportamento dos parâmetros de qualidade das águas do estuário do rio Acaraú;
- IV. Quantificar as cargas poluidoras do trecho monitorado no estuário, identificando sua relação com as formas de uso;
- V. Elaborar mapas temáticos da área em questão por meio de técnicas de geoprocessamento que possam mostrar a localização, as formas de uso e ocupação e a distribuição longitudinal dos locais de coleta de água, bem como a identificação dos principais impactos ao ambiente;

O alicerce desta pesquisa é produto de um conjunto de ações que a tornou possível. São eles: o financiamento do Banco Mundial por meio do Projeto PRODETAB 016-01-01 intitulado “Gestão racional de Bacias hidrográficas na

região de caatinga de modo a manter o seu uso sustentável na agricultura irrigada”, coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Agroindústria Tropical). A partir dos resultados desta pesquisa surgiram produtos, inicialmente, sob forma de um caderno editado pela Embrapa intitulado Documento 101 - Contexto geoambiental das Bacias hidrográficas dos rios Acaraú, Curu e Baixo Jaguaribe e posteriormente com as teses e dissertações na Bacia. O apoio fundamental do Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuais (LIAMAR /CEFET-CE), que realizou todas as análises nas amostras de água, verificando os aspectos físicos, químicos e bacteriológicos, e o suporte técnico-operacional do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO/ UECE), por meio da logística de equipamentos, análises laboratoriais e pesquisadores.

Revisão Bibliográfica

-2-

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A reflexão acerca dos conceitos e métodos de abordagem dos trabalhos relativos às formas de uso, ocupação, impactos e gestão dos ambientes das Bacias hidrográficas, particularmente dos ambientes estuarinos, constitui a base para o início da análise, desenvolvimento dos objetivos, discussão e resultados deste trabalho.

Nesta perspectiva considera-se inicialmente que as características naturais de um ambiente são reflexos dos inúmeros processos de evolução antigos e atuais exercidos no local, além da sua dinâmica. A partir da análise da escala temporal, percebe-se que esses fenômenos podem ser lentos como o processo de dissecação do relevo ou mais rápidos, como a morfodinâmica costeira de áreas sedimentares.

A velocidade de transformação da natureza varia na medida em que se processam os diversos tipos de usos, e quando considerada a atuação do homem com a satisfação das necessidades individuais e coletivas, constata-se que os efeitos se traduzem em modificações da paisagem. Sobre os efeitos destas transformações, Bernardes e Ferreira (2005, p. 17) assinalam que:

[...] foram intensificados até o século XIX, quando o homem considerava a natureza como sendo um objeto à sua disposição. E através dos processos de industrialização, utilizando-se da exploração intensa dos recursos naturais, traduziu-se em efeitos perversos para a natureza e os homens.

Neste sentido, o espaço é um elemento com elevado grau de complexidade, pois está sempre em movimento, (re) construindo-se segundo seus principais agentes produtores. São eles: os detentores dos meios de produção (industriais), o Estado, os proprietários fundiários, as ONGS, os comerciantes, os pequenos produtores rurais e demais grupos. Essa dinâmica tem reflexos próprios na transformação da paisagem e nas formas de uso da terra e utilização dos recursos naturais. Correa (2000, p.11), quando discute a produção espacial e seus agentes afirma que estes “são agentes sociais concretos, e não um mercado invisível ou processos aleatórios atuando sobre um espaço abstrato”.

Isso demonstra também que dentro dessa complexidade existem intenções para uma simultânea e constante (re) organização, onde o Estado assume alguns papéis importantes, como o de legalizar empreendimentos e/ou atividades do setor privado e as suas próprias iniciativas de modificação da paisagem, quer seja com a construção de uma barragem ou mesmo criando mecanismos estruturantes, como políticas públicas que referendam a exploração do potencial paisagístico ou natural como atividade de geração e circulação de recursos. Nesta última, pode ser encaixada as atividades do turismo, que tem uma grande cadeia de fluxos, estruturas e equipamentos sociais.

Por outro lado a ausência da atuação do Estado através dos seus mecanismos legais de fiscalização, desenvolvimento e execução de ações de planejamento na organização espacial, pode permitir a ocorrência de impactos diversos nos meios naturais e sociais com intensidades variáveis e diretamente ligadas às formas de uso.

Ainda sobre as formas inadequadas de uso e seus reflexos, Nascimento (2006, p. 245) afirma que:

A organização do espaço, no que tange ao uso e ocupação da terra, produz efeitos ambientais, traduzidos por problemas de degradação dos recursos naturais, sobretudo os renováveis, promovendo mudanças socioambientais de toda sorte.

Os conflitos de uso são a resultante da diversidade de agentes transformantes coexistindo em uma determinada área. Isso é confirmado nos trabalhos de Latuf (2004) que fez um diagnóstico das águas do córrego São Pedro – MG, Cabral *et al.* (2005), que trata dos estuários do Nordeste do Brasil, e Gomes *et al* [2005?], que trabalha os tipos de ocupação na Bacia do rio Ipojuca – PE.

No caso particular dos ambientes associados às regiões estuarinas e outras parcelas das Bacias hidrográficas, essas questões se fazem notar com maior intensidade, verificando-se diversas formas de usos incompatíveis entre si, como lançamento de efluentes sem qualquer tratamento ou regulamentação, atividades agroindustriais, que utilizam grandes quantidades de fertilizantes, mineração e pesca predatória, por exemplo.

Diante disso, surgem inúmeros problemas. Para viabilizar vários tipos de uso ao longo do tempo sem prejuízos ao meio, são necessárias ações eficientes de organização, traduzidas pela gestão ambiental, um mecanismo ideal para a ordenação do território. Braga *et al.* (2002) relatam que a gestão ambiental é “entendida como a forma sistemática de a sociedade encaminhar a solução de conflitos de interesse no acesso e uso do ambiente pela humanidade”.

A interpretação científica das questões de uso, seus conflitos e impactos nesses ambientes sugerem a necessidade de uma abordagem de análise baseada em alternativas de gerenciamento integrado e participativo entre os agentes envolvidos para que estes possam ser integrados às ações de planejamento e gestão, otimizando os usos e reduzindo os impactos de forma integrada. Contudo, deve ser destacado que isso exige esforço amplo e contínuo dos organismos sociais e do Estado.

O ato de pensar essas ações não mais localmente e de forma pontual, mas sim de uma forma abrangente, representa um avanço na gestão dos corpos hídricos, especialmente nas Bacias hidrográficas. Tundisi, (2005 p. 105), confirma essa tendência quando afirma que:

Do ponto de vista de planejamento e gerenciamento, é fundamental considerar a mudança de paradigma de um sistema setorial, local e de resposta a crises para um sistema integrado, preditivo e em nível de ecossistema.

No Brasil essa forma de fazer o gerenciamento dos recursos hídricos de um modo mais participativo é recente e possui como um dos seus marcos a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, em 2000. A participação de setores da sociedade civil e organizações técnicas de profissionais também podem ser lembradas como um avanço para essa questão. Anteriormente esse mecanismo era realizado quase que exclusivamente sem a participação pública e descentralizada, ficando em alguns casos centralizada a cargo do Estado. Braga *et al.* (2006, p. 639), chama a atenção para essas mudanças recentes e inclusivas quando afirma que:

[...] O Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos já avançou com êxito em diversas regiões do País. Comitês de Bacia hidrográfica implantados em algumas das principais Bacias brasileiras já aprovaram planos de Bacia que definem

propriedades para o uso da água e os valores a serem cobrados dos usuários.

Aliados ao processo de gestão, outros métodos são essenciais como suporte à análise do ambiente, como o caso da concepção geossistêmica, que se utiliza de uma verificação aprofundada dos componentes naturais de uma área, classificando-a segundo a homogeneidade dos elementos. No exercício de balizar, integrar e alinhar o conjunto de métodos e procedimentos técnicos às correntes teóricas percebe-se claramente a necessidade de uma interface sistêmica, atrelada a toda a base de conhecimento derivada dos geossistemas.

É importante salientar que mesmo que essa visão de planejamento e gestão integrada contemplando vários segmentos sociais e estatais pode ser alargada através da análise sistêmica nos ambientes da Bacia hidrográfica como um todo. Isso porque uma das maiores qualidades deste tipo de abordagem é o fato de poder reunir num mesmo estudo informações oriundas de diversas áreas do conhecimento além da própria Geografia, estabelecendo linguagens com a matemática, meteorologia, oceanografia, química, economia e outras.

Christofoletti (1971, p. 43), quando escreveu sobre a importância da Teoria dos Sistemas em Geografia destacou que:

A teoria dos sistemas representa modelo análogo, utilizado amplamente na pesquisa científica, favorecendo a aplicabilidade de princípios e noções estabelecidos em determinado ramo científico aos demais.

A abordagem sistêmica deve considerar o sistema como o conjunto de unidades que mantêm relações entre si. Entretanto, é necessário entender que os sistemas não atuam isoladamente, agem dentro de um ambiente vinculado a um conjunto maior, por esta razão a análise sistêmica agrega todo o conjunto das variáveis ambientais envolvidas.

Assim como Christofoletti (1971), Sotchava (1977) chama a atenção para “um novo ponto de desenvolvimento em nossa ciência que aumenta as perspectivas para utilização prática de seus resultados”. Dessa forma há uma busca para se estabelecer as associações pertinentes e aplicações práticas, também na realização de trabalhos e pesquisas na área de meio ambiente.

Quando Bertrand e Bertrand (2007, p. 277), discutem a relação dos geossistemas entre o espaço e o homem, iniciando sua fundamentação e relações entre ambos, afirmam que este convívio:

[...] se define como uma combinação espacializada onde interagem elementos abióticos (rocha, ar, água), elementos bióticos (animais, vegetais, solos) e elementos antrópicos (impacto das sociedades sobre seu meio ambiente material).

Seguindo a mesma tendência Cunha e Freitas (2004, p. 87), alertam que a abordagem complexa e integradora das relações entre a natureza e a sociedade é fundamental para a realização de práticas eficientes de gestão ambiental.

Este tipo de abordagem sistêmica, considerando os pontos anteriormente discutidos, foi realizada na região desta pesquisa por diferentes autores como, Souza *et al* (2005), Lacerda e Sena (2005), Sucupira (2005) e Nascimento (2006). Estes autores utilizaram-se da Bacia hidrográfica como uma unidade de integração dos componentes naturais, sociais e econômicos. Ressalta-se ainda que utilizando o mesmo método, cada trabalho obteve seus resultados através de diferentes enfoques, objetivos e necessidades dos referidos autores.

2.1 - Bacia Hidrográfica: Unidade de análise e gestão

A noção de Bacia hidrográfica é uma base consistente de abordagem. Trata-se da utilização de um espaço de drenagem, com seus múltiplos elementos, seus usos e reflexos. Para a realização de um trabalho que compreenda a análise ambiental, é necessário que se estabeleçam limites bem definidos acerca do objeto analisado. Porém, estes limites não devem obedecer apenas critérios políticos ou administrativos.

A Bacia é excelente opção de investigação, pois este ambiente é reconhecido como um sistema aberto, dinâmico, de trocas constantes de matéria e energia (CHRISTOFOLETTI, 1980), ou seja, local que abrange todos os organismos funcionando em conjunto, agindo mutuamente numa dada área com os demais elementos.

Sobre o tema, Brigante e Espíndola (2003), consideram que:

“[...] a Bacia hidrográfica corresponde a uma unidade natural, ou seja, uma determinada área da superfície terrestre, cujo os limites são criados pelo próprio escoamento das águas sobre a superfície, ao longo do tempo.”

Idéia confirmada por Paula *et al.* (1997 *apud* Nascimento 2004), quando definem as Bacias hidrográficas como sendo “sistemas terrestres e aquáticos geograficamente definidos, compostos por sistemas físicos, econômicos e sociais, onde se conjugam questões ambientais”.

No quadro a seguir, apresenta-se um levantamento de alguns trabalhos atuais realizados na Bacia do rio Acaraú, particularmente em seu baixo curso.

Quadro 01 - Síntese das pesquisas de diferentes autores entre os anos de 2005 e 2006.

Referência	Ambiente analisado	Síntese da pesquisa	Uso e ocupação do solo e tensores ambientais da qualidade da água
SOUZA <i>et al</i> (2005)	Planície litorânea, Planície fluvial da Bacia do Acaraú, Tabuleiros pré-litorâneos	Levantamento das principais atividades impactantes da Bacia e identificação das unidades ambientais.	- agroextrativismo; - aqüicultura; - culturas comerciais; - extrativismo vegetal; - extrativismo mineral; - lavouras de subsistência; - pastagens; - pecuária; - pesca artesanal.
LACERDA e SENA (2005)	Bacia Inferior do Acaraú	Contribuição e estimativa das cargas de nutrientes e metais pesados oriundos da denudação química e física dos solos da Bacia.	- águas servidas; - pecuária; - agricultura; - <i>runoff</i> urbano; - resíduos sólidos; - carcinicultura.
SUCUPIRA (2005)	Médio e Baixo vale do Acaraú	Determinação de um Índice da Qualidade Ambiental. Análise da concentração de sedimentos e elementos poluidores.	- agricultura de subsistência; - água para consumo e irrigação; - áreas urbanas e de expansão urbana; - carcinicultura; - extrativismo vegetal e mineral; - lazer; - ocupação imobiliária; - pesca de subsistência; - poços de água subterrânea.
NASCIMENTO (2006)	Baixo curso do rio Acaraú	Caracterização geoambiental, levantamento de fatores de degradação da Bacia.	- pesca; - maricultura; - turismo e lazer; - navegação; - agroextrativismo; - agropecuária; - agroindústria; - urbanização - açudagem.

A utilização da abordagem sistêmica se faz necessária principalmente em razão da análise dos componentes naturais da Bacia, que refletirá diretamente nas condições desta, dada as características hidrológicas, climáticas, pedológicas, vegetacionais, de ocupação e de outras interações no ambiente COLEMAN e WRIGHT (1971 *apud* MIRANDA *et al*, 2002). Esta condição singular permite o estudo da interação entre o uso da terra e a qualidade da água nela produzida (SUCUPIRA, 2005, p. 31).

Diante desta inter-relação complexa, os estuários, que são corpos receptores finais da drenagem à montante, recebem indiscriminadamente toda a influência da Bacia a eles afluente, tendo como função elementar a diluição de sais (MIRANDA, 2002) e dos demais componentes carreados pelo fluxo fluvial.

O termo foi amplamente discutido, mas de forma geral é tratado como a porção final do curso de um rio, ou um braço de mar onde são realizadas mistura de água do mar e de água doce (COELHO *et al.*, 2004), considerando os processos de sedimentação. DALRYMPLE *et al.*, (1992) acrescentam:

“[...] é a parte voltada para o mar de um sistema de vales inundados, os quais recebem sedimentos de fontes fluviais e marinhas, contendo fácies influenciadas pela maré, onda e processos fluviais.”

No estado do Ceará, assim como em outras áreas que possuem estuários em condições ambientais, sedimentológicas, e hidroclimáticas semelhantes, existem trabalhos expressivos sobre estes temas, dentre os quais o realizado por Freire (1989), no estuário do rio Pacoti, considerando suas características sedimentológicas, geoquímicas e de balanço de nutrientes.

No estuário do rio Malcozinhado, no litoral leste do Ceará, Pinheiro (2003) considerou em seu trabalho as condições do ambiente estuarino e os fluxos associados, a partir da sua hidrodinâmica, com monitoramento de variáveis como oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade, nutrientes, e outros. Este se destaca pelo emprego de uma metodologia eficiente e aplicada à gestão de ambientes estuarinos. No litoral oeste do estado, próximo à divisa do Piauí, Dias (2005) aplicou metodologia semelhante, caracterizando os processos hidrodinâmicos e sedimentológicos do sistema estuarino Timonha/Ubatuba,

considerando a hidrologia da Bacia de drenagem, balanço de água e processos de circulação e mistura.

Os estuários são ambientes que recebem interferências de distintos locais, da Bacia hidrográfica que se encontra inserido, do oceano adjacente e da zona costeira. Diante de tais influências, a água pode sofrer alterações em sua qualidade oriunda das diversas contribuições, e por conseqüência comprometer os usos e a ocasionar prejuízos aos organismos aquáticos e desequilíbrios ecológicos.

Com isso há uma série de conseqüências que interferem diretamente na qualidade da água, comprometendo ou limitando o seu real potencial para usos mais nobres como o abastecimento humano. Deve se lembrar também que as ações voltadas a qualidade da água devem estar vinculadas às ações de gerenciamento dos recursos hídricos, como afirma Braga *et al* (2006, p 150):

Faz parte do gerenciamento dos recursos hídricos o controle ambiental de forma a impedir que problemas decorrentes da poluição da água venham a comprometer seu aproveitamento múltiplo e integrado, e de forma a colaborar para a minimização dos impactos negativos ao meio ambiente.

Refletindo ainda sobre a qualidade da água de Bacias hidrográficas e de estuário pode-se afirmar que a ausência de saneamento é um dos principais fatores intervenientes. O termo saneamento é popular, entretanto complexo, sendo muitas vezes empregado de forma incorreta ou incompleta, sendo considerado apenas como ações publicas estruturantes.

Saneamento básico, no entanto, é a adoção de mecanismos necessários ao bem-estar de uma população, que resulte na prevenção de doenças e promoção de saúde. Assim, possui várias funções elementares como o abastecimento de água, coleta, tratamento e destino final de esgotos; coleta, transporte, tratamento e destino final do lixo; drenagem de águas pluviais. Existem outras atividades que também compõem o saneamento, porém, são menos conhecidas, como o controle de insetos e roedores e o controle de poluição ambiental (MOTA, 2006, p. 86).

No Brasil, como em outros países menos desenvolvidos, ausência de infra-estrutura de saneamento básico é tida como ineficiente e precária. Segundo

Hespanhol (2006, p. 270), este atendimento é realizado nos lares brasileiros em apenas 55% das áreas urbanas e 3% nas áreas rurais. Este autor complementa informando que, um terço das mortes em países em desenvolvimento são causadas por ingestão de água contaminada.

Nos sistemas fluviais esta ausência de saneamento, juntamente com outras contribuições antropogênicas, é percebida e se reflete na depauperação da qualidade água, como visto em estudos realizados por Escoto (1996) no estuário do rio Ceará - CE, Pereira-Filho *et al* (2001) no estuário do rio Camboriú - SC e Araújo *et al* (2006) no Baixo Jaguaribe-CE.

Esta ausência de infra-estrutura, sobretudo de tratamento e disposição de esgoto pode convergir para o acúmulo de substâncias danosas ao meio ambiente, ocasionando, em outras palavras a poluição.

Sobre o termo poluição, Braga (2002, p. 06) relata que é “uma alteração indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas que possa causar prejuízo a saúde, a sobrevivência ou as atividades dos seres humanos”.

Já para Mota (2006, p 103) poluição é “qualquer alteração de um ambiente (ar, água, solo) que resultem prejuízos aos organismos vivos ou prejudique um uso previamente definido para ele.” E completa, “a contaminação é um caso particular de poluição”, o termo se relaciona ao dano ocasionado à saúde humana, ou seja, é quando o ambiente está tão degradado que pode provocar doenças ao homem. Tais efeitos devem ser melhor observados para que não haja o comprometimento das formas de uso dos corpos hídricos, das áreas costeiras e de seus ambientes associados.

2.2 - Zona costeira e sistemas estuarinos

Em se tratando da zona costeira, esta parcela do território brasileiro é ocupada por importantes centros urbanos, e estes por sua vez, com as mais diversas atividades econômicas que de uma forma ou de outra, refletem na qualidade dos ambientes aquáticos.

A delimitação deste sistema não é simples, pois devem ser considerados diferentes elementos que perpassam o critério físico. A zona costeira não é um espaço padrão singularizado, para tanto deve-se buscar critérios alternativos ao quadro natural, sendo este obviamente tomado da vida social (MORAES, 2007).

O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) por meio da Lei 7.661, conceitua a zona costeira como sendo “o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre” (BRASIL, 1988).

A delimitação da faixa terrestre que compreende a zona costeira é feita através de critérios específicos contidos no referido plano. Segundo o PNGC, os critérios para o enquadramento dos Municípios como zona costeira são os seguintes:

- a) os Municípios defrontantes com o mar, assim considerado em listagem desta classe, estabelecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- b) os Municípios não defrontantes com o mar que se localizem nas regiões metropolitanas litorâneas;
- c) os Municípios contíguos às grandes cidades e às capitais estaduais litorâneas, que apresentem processo de conurbação;
- d) os Municípios próximos ao litoral, até 50 km da linha de costa, que aloquem, em seu território, atividades ou infra-estruturas de grande impacto ambiental sobre a zona costeira, ou ecossistemas costeiros de alta relevância;
- e) os Municípios estuarino-lagunares, mesmo que não diretamente defrontantes com o mar, dada a relevância destes ambientes para a dinâmica marítimo-litorânea; e
- f) os Municípios que, mesmo não defrontantes com o mar, tenham todos os seus limites estabelecidos com os Municípios referidos nas alíneas anteriores.

Os ambientes estuarinos encontram-se de acordo com este enquadramento e por esta razão, o estuário do Acaraú, com os seus Municípios de Cruz e Acaraú, atendem a estas definições nos critérios A (no caso de Acaraú), D, E e F.

A compreensão do funcionamento dos ambientes estuarinos, principalmente no tocante a qualidade da água e aos impactos decorrentes das pressões das atividades humanas, constitui um fator de grande importância, sobretudo para a manutenção desses ambientes que representam áreas estratégicas e que garantem a sobrevivência das populações adjacentes e o

funcionamento de outros sistemas bióticos e abióticos associados, além da aplicação nos estudos hidrodinâmicos, de impactos e gestão ambiental.

Metodologia

3 – METODOLOGIA

Esta pesquisa teve como objetivo principal entender as formas de uso e ocupação atual da região estuarina em discussão. Considerando estes usos como possíveis responsáveis pelas alterações na qualidade da água.

Para tanto, o conhecimento da integração dos ambientes foi fundamental. A base do trabalho é a análise do ambiente sobre outra ótica, aquela dos elementos químicos que compõem o ambiente aquático, mais especificamente a análise do ambiente pelo viés do estudo da qualidade da água.

A abordagem geossistêmica perpassa sobre esta discussão com o intuito de contribuir para o entendimento do ambiente como um todo considerando as relações de interdependência entre seus elementos. No entanto, o foco da pesquisa foi fazer uma análise mais aprofundada dos recursos hídricos com ênfase na qualidade de água.

O esquema a seguir demonstra a relação entre agentes antrópicos (atividades potencialmente impactantes), componentes ou elementos naturais e diversos parâmetros e suas influências na qualidade da água (Figura 02).

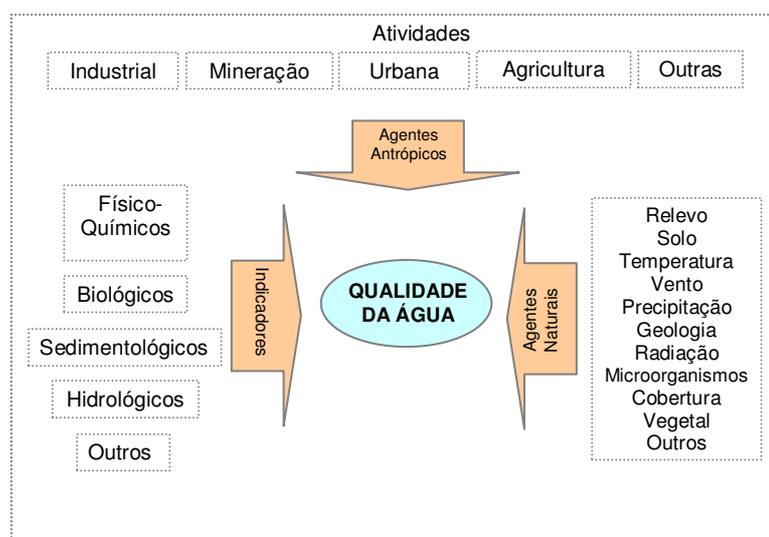


Figura 02: Esquema de fatores de contribuição da qualidade da água
Fonte: Adaptado de Maciel Jr. (2000)

A resultante desta relação natural - antrópica é a alteração na qualidade da água, que pode ser maior ou menor dependendo destes fatores intervenientes.

3.1 – Material Cartográfico

Os mapas gerados a partir deste estudo foram: mapa de localização e delimitação da região de estudo, mapa de impactos ambientais e setorização da Bacia estuarina e mapa de uso e ocupação do solo. Este material permitiu a melhor visualização da região de estudo a partir de suas formas de ocupação do local. Para tanto foram utilizados os seguintes bases:

- Composição colorida (bandas 3, 4 e 5) da imagem orbital fornecida pelo satélite Landsat 7 ETM com resolução de 30m, do ano de 2001;
- Imagens Quick Birb – 2003, cedidas pela SEMACE.

A escala trabalhada nos mapas foi de aproximadamente 1:100.000 onde possibilitou a verificação detalhada das informações do local de estudo. Segundo IBGE (2006) o mapeamento entre escalas de 1: 50.000 a 1: 750.000 atendem a uma ampla faixa de objetivos, perpassando pelo planejamento regional e de Bacias hidrográficas.

3.2 – Atividades experimentais de campo

A etapa de campo foi realizada em dois momentos correspondendo ao período seco e chuvoso do ano de 2006, com objetivo de verificar as variações entre ambos.

Determinou-se a partir de análise preliminar, 08 seções de amostragem (Tabela 01) para o levantamento de informações em coleta de amostras de água, sedimentos e parâmetros relativos à hidrodinâmica estuarina. O monitoramento da qualidade da água foi feito nas seguintes seções: 01, 03, 04, 07 e 08.

Os critérios de escolha adotados para os locais de coleta foram o fato dos pontos representarem locais nas proximidades das fontes de poluentes, de estarem bem distribuídos longitudinalmente, além da possibilidade de comparar os resultados atuais com os já verificados por Sucupira (2006).

Nesse sentido, a seção 01 corresponde à desembocadura fluvial enquanto que a seção 08 representa o limite final da área estudada. Esse último

ponto deve ser destacado em virtude de apresentar uma particularidade. Em Sucupira (2006) este setor foi definido como sendo isento de salinidade. Entretanto, na pesquisa atual, foi verificada a presença de salinidade média acima de 0,83, definindo este ponto como de água salobra. Isso reforça o efeito da atuação da variabilidade sazonal da precipitação não só no estuário, mas certamente em toda a Bacia.

Tabela 01 - Identificação das seções de amostragem no estuário.

Seções	Identificação dos Pontos	Coordenadas (UTM)	
01	Foz do Rio Acaraú	0373155	9685944
02	Fazenda de Camarão	0373769	9684243
03	Igarapé na margem esquerda do rio	0372988	9682872
04	Depois do Porto de Acaraú	0374801	9682019
05	Barraca do Jacaré	0375048	9681282
06	Lagoa de Estabilização	0374836	9680264
07	Início da área urbana do município de Acaraú	0374110	9680119
08	Ponte de acesso ao município de Cruz	0370564	9677455

Em virtude das distâncias e profundidades do estuário, excetuando a seção 08, a coleta de dados foi realizada utilizando-se um barco e motor, pertencente ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO). Este levantamento se deu de duas formas, a primeira corresponde a análise no local realizada em todas as seções, onde verificou-se os seguintes parâmetros por meio dos respectivos equipamentos:

- salinidade, oxigênio dissolvido (OD), pH - *sonda multi-parâmetro YSI*;
- corrente e direção - *mini - correntômetro Sensoredata a.s. - modelo SD-6000/30*;
- turbidez - *disco de Secchi*;
- salinidade – *refratômetro*.

Os demais parâmetros foram adotados apenas nas seções específicas já mencionadas, e corresponde aos parâmetros analisados em laboratório. Suas fontes produtoras serão discutidas ao longo do texto, cada parâmetro encontra-se listados a seguir:

- fósforo total, óleos e graxas, nitrato, nitrito, amônia, clorofila *a*; (Seções 01, 03, 04, 07 e 08)
- coliformes termotolerantes nas seções 01 e 05, e óleos e graxas na

seção 01 e no porto.

A coleta das amostras de água foi realizada com o auxílio de uma garrafa do tipo *Van Dorn* (Figura 03-A). As quantidades e porções analisadas e seus respectivos parâmetros em cada campanha estão relacionados em seguida:

- Fósforo Total– (*superfície e fundo*) – 20 amostras;
- Clorofila *a* (*superfície*) – 10 amostras;
- Nitrito, Nitrato e Amônia – (*superfície e fundo*) – 20 amostras;
- DBO₅ – (*superfície*) – 10 amostras;
- Óleos e Graxas (seções porto e 01) – (*superfície*) – 04 amostras.
- Coliformes Termotolerantes (seções 01 e 05) – (*superfície e fundo*) – 04 amostras;

Destaca-se que em cada campanha foram coletadas 68 amostras de água para os parâmetros químicos e 40 amostras de água para sólidos suspensos totais. Os valores dos parâmetros coletados em superfície e fundo correspondem a uma média realizada entre estas concentrações.

Utilizou-se ainda uma sonda oceanográfica *Sensordata a.s.* (STD/CTD - modelo SD 204), (Figura 03-B), para a análise de salinidade, temperatura e profundidade por meio da perfilação da coluna d'água.

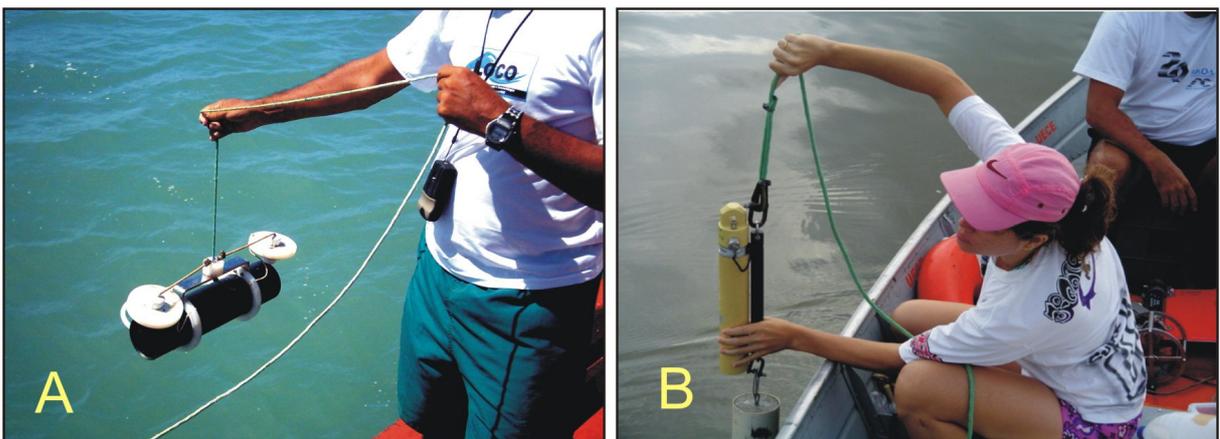


Figura 03A – Coleta de água com garrafa de Van Dorn e Figura 03B sonda oceanográfica STD/CTD - modelo SD 204, para verificação dos parâmetros de qualidade da água.

Todas as etapas de coleta de água foram realizadas no período de maior amplitude de maré mensal, respeitando um ciclo completo: baixa-mar, enchente,

preamar e vazante. Ressalte-se que os parâmetros de qualidade da água foram coletados segundo os pontos de coleta dispostos no sentido jusante-montante, em marés de preamar e baixa-mar, pois correspondem às maiores e menores concentrações de substâncias, respectivamente.

A metodologia utilizada para a análise do ambiente estuarino baseou-se nos trabalhos de Pinheiro (2003), no estuário do rio Malcozinhado em Cascavel – CE, Dias (2005), no sistema estuarino Timonha/Ubatuba – CE, e Sucupira (2005), no estuário do Acaraú. Vale salientar que esse conjunto de normas e procedimentos metodológicos foram utilizados em virtude de sua confiabilidade e boa exeqüidade, além de ser bastante atual e ter demonstrado alto grau de eficiência.

3.3 – Aspectos Naturais da Região Estuarina do Acaraú

Para a análise das características ambientais foram utilizados levantamentos já existentes da região. Neste sentido, os trabalhos de SUCUPIRA (2005) e SOUZA *et al* (2005) foram fundamentais e serviram como base para a pesquisa.

Na região do estuário do Acaraú, foram identificadas três unidades ambientais e suas demais subdivisões, as quais serão destacadas especialmente do ponto de vista da ocupação do solo, apontando os prováveis vetores de alteração da qualidade da água.

Neste trabalho, no entanto, a etapa de campo foi fundamental para melhor entendimento do ambiente como um todo. Foram também observadas as peculiaridades locais, além de propiciar a atualização de dados importantes.

Utilizou-se ainda a partir de SOUZA *et al* (2005), a classificação da ecodinâmica de TRICART (1977). Nesse sentido, foram identificados três níveis de estabilidade variando entre fortemente instável a estável.

3.4 – Condições de uso e ocupação

A identificação das tipologias de uso foi realizada principalmente a partir dos trabalhos de campo. Posteriormente, os dados foram confrontados com a análise de imagem de satélite.

As tipologias de uso utilizadas foram adaptadas do trabalho do IBGE (2006) que realiza uma classificação e obedece a seguinte hierarquia (Figura 04).



Figura 04: Hierarquização das formas de ocupação do estuário do Acaraú

A classificação das formas de uso e ocupação da região estuarina do rio Acaraú resultou na discussão dos seguintes tipos: recursos hídricos com ênfase na carcinicultura e pesca da região; ocupação urbana, comercial e industrial; e os agroecossistemas, que congregam o extrativismo vegetal e agropecuária.

Foram utilizados ainda os trabalhos de Almeida (2005) e Nascimento (2006), além de pesquisas documentais e acessos a dados de *sites* oficiais como IBGE e IPECE.

3.4.1 - Identificação dos impactos ambientais

Esta etapa contou com a realização de um reconhecimento detalhado da área de estudo, onde, juntamente com entrevistas nas localidades circunvizinhas ao estuário, foi possível identificar os maiores problemas ambientais e seus impactos.

Na identificação dos impactos ambientais, utilizou-se uma listagem de verificação “*check-list*” adaptado de Cabral *et al.* (2005, p. 197), onde buscou-se identificar de forma didática os impactos negativos que ocorrem no local e sua relação com o meio.

Diante da heterogeneidade da distribuição das formas de uso locais, optou-se pela divisão do estuário em três setores distintos, que facilitou a representação dos principais tipos de impactos ambientais. Na classificação adotou-se o sentido jusante-montante, onde foi determinado que o setor 01 representa o baixo estuário, o setor 02 insere-se no médio curso e o setor 03 compreende a porção mais à montante do estuário, ou seja, o alto curso (Figura 05).

O passo seguinte foi a hierarquização dos problemas ambientais em cada uma destas seções e através de uma pontuação atribuiu-se valores aos impactos adversos, indicando sua importância e/ou magnitude (Tabela 02). O critério utilizado ocorreu considerando as atividades poluidoras e relacionando-as com as fragilidades do ambiente em questão.

Sobre este assunto, Mota (2006) relata que “essas listagens podem constar de uma simples relação de impactos, como também atribuir pontos aos mesmos, de forma a indicar sua magnitude”. A análise, portanto, identifica o problema e a ele atribui-se graus de impacto, estes níveis se modificam de acordo com as especificidades e variáveis dos atributos ambientais locais.

Tabela 02 - Identificação da legenda e seus atributos utilizados no modelo *check-list* empregado

Símbolo	Significado	Valor atribuído
□	impacto pouco expressivo	1 ponto
●	impacto moderado	2 pontos
▲	impacto crítico	3 pontos

Considera-se impacto crítico aquele com grande intensidade de ocorrência no local avaliado. Quando ocorrem, por exemplo, situações como ampla ocupação de APP e lançamento de esgoto sem tratamento no solo ou corpo hídrico.

O impacto moderado é aquele que tem menor ocorrência no local, é menos agressivo que o impacto crítico. Encontram-se situações do tipo: agricultura de subsistência e atividades comerciais com moderada contribuição. Já os impactos pouco expressivos são aqueles que não exercem tanta pressão no local em estudo. São exemplos, a disposição de lixo e pesca artesanal.

É importante destacar que a avaliação da ocorrência de impactos ambientais nestas categorias acima mencionadas, dependem fundamentalmente dos locais onde se manifestaram, de suas relações com os recursos hídricos e da quantidade manifestada.

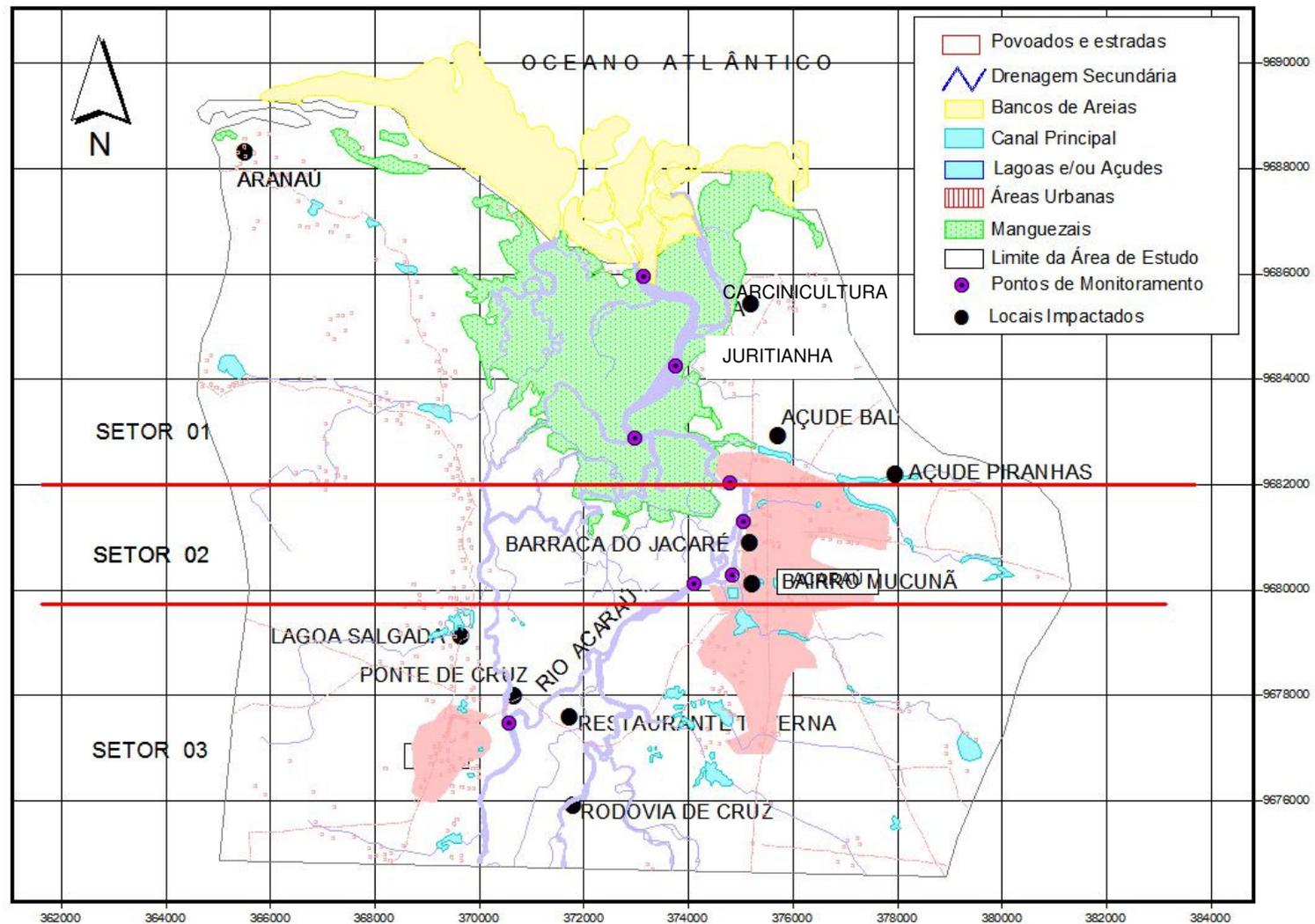
Como instrumento de trabalho, foi utilizado um GPS (Sistema de Posicionamento Global), que possibilitou estabelecer a localização geográfica exata de cada local visitado e ainda o auxílio de uma máquina digital para os registros fotográficos.

O levantamento de dados ocorreu no mês de dezembro do ano de 2006, onde determinou-se dez locais representativos próximos ao estuário (Tabela 03). A partir destes foram observados possíveis problemas ambientais e seu grau de importância e /ou magnitude para o ambiente.

Ressalta-se que foram identificados treze tipos distintos de atividades ou ações impactantes, onde estes não foram analisados apenas pontualmente, levou - se em conta também, seus reflexos nas adjacências. São eles: agricultura de subsistência, atividades comerciais, atividades portuárias e navegação, criação de gado, esgoto (lançamento/acúmulo), exploração mineral, extração de madeira, lazer e turismo, matadouro, ocupação de APP (Área de Preservação Permanente), pesca artesanal, produção de lixo e viveiros de camarão.

A partir da identificação das atividades impactantes, confeccionou-se um quadro contendo as relações entre essas ações/atividades, os aspectos ambientais correlatos a eles e os impactos ambientais.

Realizou-se ainda com base em imagem de satélite um esquema nomeado de diagrama unifilar, onde procurou-se representar a distribuição espacial de algumas atividades locais potencialmente impactantes.



Fonte: Imagens Quick Bird (2003) cedidas pela SEMACE
 Figura 05: Pontos de monitoramento de coleta de água e locais impactados

Tabela 03 – Localização Geografia dos locais visitados no estuário do rio Acaraú

Setor	Local	Latitude (S)	Longitude (W)
01 – Baixo Curso	Aranaú	02° 48' 55,7"	40° 13' 41,1"
	Fazenda de Carcinicultura	02° 51' 10,7"	40° 07' 58,53"
	Açude Bal	02° 52' 14,1"	40° 07' 19,0"
	Açude Piranhas	02° 52' 31,0"	40° 06' 28,8"
02 – Médio Curso	Barraca do Jacaré	02° 53' 00,7"	40° 07' 26,5"
	Bairro Mucunã	02° 54' 00,9"	40° 07' 41,5"
03 – Alto Curso	Lagoa Salgada	02° 53' 57,1"	40° 10' 15,4"
	Ponte de Cruz	02° 54' 46,59"	40° 09' 55,50"
	Restaurante Taverna	02° 54' 46,6"	40° 07' 07,9"
	Rodovia – Cruz	02° 55' 02,2"	40° 08' 23,3"

Em laboratório, as informações foram tabuladas e os locais visitados foram plotados em imagem de satélite para a melhor compreensão e visualização do ambiente.

3.5 - Aspectos qualitativos da água

3.5.1 – Saneamento básico: implicações na qualidade da água

A base dos dados do levantamento referente a situação de saneamento básico do local de estudo foram as pesquisas censitárias do IBGE (2000). Na pesquisa, foram identificadas as sedes municipais e seus Distritos. A discussão foi realizada considerando Acaraú (sede), Aranaú e Juritiana (Distritos de Acaraú) e Cruz (sede), para este município não foram adotados demais Distritos em virtude da ausência de dados censitários.

No entanto, deve ficar claro que o reconhecimento de campo foi importante para a verificação e confirmação destes dados, já que a base da argumentação desta pesquisa é realizada a partir do conhecimento da verdade do local.

3.5.2 – Estimativas de cargas de poluentes

O cálculo de transporte de poluentes foi feito com base nos valores de cada seção. Para esta operação foram necessários os valores de área em m², de

corrente em m/s e, finalmente, a concentração de cada parâmetro. Esta estimativa foi realizada apenas nas cinco seções de monitoramento da qualidade da água (01, 03, 04, 07, 08). A fórmula a seguir descrita por Pereira-Filho *et al* (2001, p 249) demonstra a obtenção do resultado.

$$Q = A \cdot cu \cdot V \quad (1)$$

Onde:

Q = Volume de água que passa pela seção em m³/s;

A = Área da seção m²;

cu = A concentração da substância (mg/L ou ug/L)

V = Velocidade da corrente m/s.

3.5.3 Análise quantitativa de Sólidos Suspensos Totais (SST)

Na análise do material em suspensão realizadas ao longo das 08 seções de amostragem, adotou-se a coleta de água em marés de enchente e vazante por representarem melhor o fluxo estuarino. Dessa forma pode-se perceber a variação tanto sazonal das cargas de SST, quanto espacial. Ressalta-se que o volume coletado em cada seção foi de 1000 mL.

Em laboratório, quantificou-se a partir de filtração as taxas de material em suspensão de cada amostra. Os resultados foram obtidos através da subtração do peso retido no filtro e dos valores iniciais do mesmo. Como demonstrado na seguinte equação:

$$SST = \frac{P_F - P_i}{Vol} \quad (2)$$

Onde:

SST = Sólidos Suspensos Totais (mg/L);

P_F = Peso final, resultado do peso do filtro mais o peso do material sólido retido no filtro (mg)

P_i = Peso inicial, que é o peso do filtro antes da filtragem (mg)

Vol = Volume em mL da amostra utilizada, 1000 mL.

O cálculo da descarga sólida foi obtido através da seguinte equação:

$$\mathbf{QSS = Q \cdot C} \quad \mathbf{(3)}$$

Onde:

QSS = descarga sólida em suspensão g/s

Q = descarga líquida média, em m³/s;

C = concentração, em mg/L

3.6 – Análise de dados: etapa de laboratório

Os dados referentes a coleta no local foram tratados e tabulados, posteriormente inseridos em planilha eletrônica para análise quali-quantitativa.

Sobre os parâmetros de qualidade de água, a pesquisa aponta resultados do período chuvoso e seco de 2006, e realiza correlações entre eles.

Ressalta-se que as análises foram feitas pela EMBRAPA – Agroindústria Tropical em parceria com o Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias (LIAMAR) do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE).

As metodologias de análise dos parâmetros de qualidade da água e sólidos suspensos totais (SST) estão sumarizados a seguir:

Clorofila a (µg /L)

- Procedimento - Espectrofotométrico de absorção molecular/Método da extração com material a quente (Jones, 1979)
- Breve descrição:
 - ✓ Filtração em membrana de fibra de vidro Whatmann GF/C;
 - ✓ Extração do material retido com metanol a 90% a quente;

- ✓ Centrifugação a 2500 rpm;
- ✓ Leitura espectrofotométrica a 665nm (medida da absorção da clorofila e produtos de degradação) e a 750nm (correção da turbidez);

Instrumentos:

- ✓ centrífuga marca CELM, modelo LS – II;
- ✓ espectrofotômetro digital – UV-VIS, marca MICRONAL, modelo B382
- ✓ Bomba a vácuo marca MARCONI;

Nitrogênio Amoniacal (mg/L)

- Procedimento - Espectrofotométrico de absorção molecular / Método da nesslerização direta (APHA et. al., 1998)
- Breve descrição:
 - ✓ Pré-tratamento da amostra utilizando sulfato de zinco, ajustando o pH para 10,5 utilizando hidróxido de sódio 6 Mol/L;
 - ✓ Desenvolvimento de coloração, utilizando o reagente de Nessler, efetuando a leitura de absorbância a 450 nm em espectrofotômetro.

Instrumentos:

- ✓ espectrofotômetro digital – UV-VIS, marca MICRONAL, modelo B382;

Nitrito (mg/L)

- Procedimento - Espectrofotométrico de Absorção Molecular / Método da Sulfanilamida – NED (APHA et. al., 1998)
- Breve descrição:
 - ✓ Filtração em membrana de fibra de vidro Whatmann GF/C;
 - ✓ Ajuste de pH para manter a amostra entre 5 e 9;
 - ✓ leitura de absorbância a 543 nm em espectrofotômetro;

Instrumentos:

- ✓ Bomba a vácuo, marca MARCONI;
- ✓ Espectrofotômetro digital – UV-VIS, marca MICRONAL, modelo B382;
- ✓ Balança analítica marca METTLER com precisão de +/- 0,0001g.

Nitrato (mg/L)

- Procedimento - Espectrofotométrico de Absorção Molecular – Método do Silicato de Sódio (Rodier, 1975)
- Breve descrição:
 - ✓ Filtração em membrana de fibra de vidro Whatmann GF/C;
 - ✓ Completa evaporação da amostra em banho-maria (75 – 80 °C);
 - ✓ Adição de ácido sulfúrico concentrado;
 - ✓ Desenvolvimento de coloração utilizando solução alcalina de Tartarato Duplo de Sódio e Potássio, efetuando a leitura de absorbância a 420 nm em espectrofotômetro;

Instrumentos:

- ✓ Bomba a vácuo, marca MARCONI
- ✓ espectrofotômetro digital – UV-VIS, marca MICRONAL, modelo B382;
- ✓ banho-maria marca QUIMIS regulado a 100°C.
- ✓ balança analítica marca METTLER com precisão de +/- 0,0001g.

Fósforo Total (mg/L)

- Procedimento - Espectrofotométrico de Absorção Molecular – Método do Ácido Ascórbico (APHA et. al., 1998)
- Breve descrição:
 - ✓ digestão da amostra com persulfato de amônio;
 - ✓ leitura de absorbância a 880 nm em espectrofotômetro.

Instrumentos:

- ✓ autoclave (121 – 127 °C), marca PHOENIX;
- ✓ espectrofotômetro digital – UV-VIS, marca MICRONAL, modelo B382

DBO5 (mg/L)

- Procedimento - Frascos Padrões (APHA et. al., 1998)
- Breve descrição:
 - ✓ Medida do teor de oxigênio consumido para oxidação bioquímica da matéria orgânica a 20°C durante 5 dias em ambiente escuro, pela técnica de Winkler.

Instrumentos:

- ✓ frascos padrões de DBO
- ✓ incubadora para DBO marca QUIMIS regulada a 20°C.

Óleos e Graxas (mg/L)

- Procedimento - Gravimétrico – Extração em Aparelho de Soxhlet com Hexano (APHA et. al., 1998)
- Breve descrição:
 - ✓ Filtração em musselina/papel de filtro/diatomita, seguido de secagem do meio filtrante em cartucho de extração em estufa a 103-105°C, extração por 4h com velocidade de 20ciclos/h e pesagem do balão

Instrumentos:

- ✓ estufa de secagem marca FANEM, mod. 315-SE regulada a 105°C;
- ✓ sistema de extração;
- ✓ balança analítica marca METTLER com precisão de +/- 0,0001g.

Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)

- Procedimento - Substrato definido/NMP – Tubos Múltiplos (APHA et. al., 1998)
- Breve descrição:
 - ✓ Inoculação de diluições decimais da amostra em séries de cinco tubos contendo meio A1, incubação em estufa bacteriológica regulada a 35 °C por 3 h e em banho-maria regulado a 45°C por 21 h, seguido da contagem dos tubos com turvação e produção de gás e conversão a NMP/100mL.

Instrumentos:

- ✓ estufa bacteriológica marca QUIMIS regulada a 35°C;
- ✓ banho-maria marca HAAKE, modelo N6, regulado a 45°C

Sólidos Suspensos Totais (mg/L)

- Procedimento - Filtragem (membranas + bomba de vácuo)
- Breve descrição:
 - ✓ Meio filtrante: papel de fibra de vidro;

✓ Temperatura de secagem: 60 °C;

Instrumentos:

✓ sistema de filtração a vácuo equipado com bomba de vácuo

✓ estufa de secagem

✓ balança analítica com precisão de +/- 0,0001g.

Os valores obtidos através destas análises foram comparados com as determinações da Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece limites de acordo com os critérios de uso. Posteriormente, cada seção de monitoramento será classificada conforme seu padrão de qualidade da água.

Resultados e Discussão

4 - ASPECTOS NATURAIS DA REGIÃO ESTUARINA DO ACARAÚ.

4.1 – Reconhecimento dos atributos ambientais

As formas inadequadas de uso e ocupação podem implicar nos mais diversos problemas ao meio ambiente. Estes problemas se potencializam conforme os aspectos naturais em que local está inserido, variando conforme a geomorfologia, geologia, solos, clima, hidrologia, vegetação.

Este fato se comprova na Bacia estuarina do rio Acaraú, que apresenta sua diversidade paisagística inserida nos compartimentos ambientais que obedecem a estas variações típicas de ambientes semi-áridos. Estes elementos estão distribuídos na Bacia e representam os seguintes sistemas naturais: a planície litorânea (faixa praial, campos de dunas e planície flúvio-marinha), planície fluvial e tabuleiros pré-litorâneos. Tais sistemas possuem suas peculiaridades e a partir de sua dinâmica natural surgem as diversidades fisionômicas e paisagísticas.

4.1.1 - Planície litorânea

A faixa praial e os campos de dunas sofrem a atuação de processos erosivos ativos que contribuem no processo da morfodinâmica praial, sobretudo no Distrito de Aranaú.

A instabilidade da faixa praial é percebida nitidamente no Distrito de Aranaú onde constatou-se, a partir de dados de campo, que a praia era ocupada por diversas barracas e possuía um largo estirâncio, e ao longo de aproximadamente 7 anos foi erodido, surgindo gamboas, com exposição de lentes de matéria orgânica e argila que possivelmente, constituíam ambientes de mangue no passado, apresentando-se neste momento como uma superfície arrasada pela dinâmica sedimentar e erosão.

Verificou-se também, em função da dinâmica local, um grande aporte de sedimentos, inclusive formando dunas móveis ativas a partir da faixa praial. (Figuras 06 e 07).



Figura 06 – Barraca de praia recoberta por duna, ao fundo gamboa.



Figura 07 – Duna migrando em direção ao continente, soterrando barraca, ao fundo evidências de superfície arrasada de mangue.

Na planície flúvio-marinha percebe-se um padrão meandrante da drenagem e, em alguns trechos, anastomótico, com presença de bancos de areia e de margens de erosão e deposição de sedimentos bem definidas.

Neste ambiente a vegetação é de mangue, dada as trocas oceano-continente que permitem a condição salina do local. Possui uma predominância

arbóreo-arbustiva, encontrando-se melhor conservada principalmente nas áreas próximas a margem do rio. Dando suporte à mata, tem-se um solo de textura siltosa e argilosa com considerável riqueza de nutrientes.

No caso do canal principal do rio, verifica-se uma intensa contribuição de sedimentos de origem marinha associada a possível atuação do transporte eólico, o que se sugere como fatores responsáveis pelo grande assoreamento atual da desembocadura, na ordem de aproximadamente 200 metros de estreitamento da foz do rio.

Ainda neste setor, a ação eólica que possibilita o carreamento de sedimentos, juntamente com a deriva litorânea e a contribuição fluvial formaram um grande banco de areia na desembocadura da ordem de aproximadamente 200 metros de estreitamento da foz do rio. Isso pode representar possíveis modificações futuras na hidrodinâmica e morfodinâmica do estuário.

Este acúmulo de sedimentos é percebido em quase toda a área molhada, sendo que se apresenta muito mais expressivo em marés baixas. Nas proximidades do porto, a instabilidade do ambiente é notada em virtude da instalação de “generosos” bancos de areia de um lado e de consideráveis profundidades em torno de 3 metros, do outro lado. Tais fatos foram percebidos a partir de dados de campo.

Segundo a classificação de ecodinâmica, a planície litorânea é considerada como um ambiente fortemente instável. Deve, portanto, ser melhor observada para que as formas de uso peculiares do local como o turismo, lazer e a expansão urbana sejam realizados de maneira cautelosa e que não comprometam o ambiente.

4.1.2 - Planície fluvial

Uma das mais importantes unidades ambientais da região em estudo é a planície fluvial. O local merece destaque, pois propicia o uso dos recursos naturais ali localizados, tais como o armazenamento de águas superficiais e garantia dos usos múltiplos destes recursos, contando ainda, com trechos de solos profundos e de boa fertilidade, que garantem o plantio de vazante.

O canal possui largura variável e apresenta a formação e consolidação de “ilhas” de pequeno a médio porte, peculiares ao padrão anastomosado.

Encontra-se recoberta por uma ampla vegetação com predomínio de carnaúbas (*Copernícia prunífera*), sobretudo adentrando o continente nas proximidades do município de Cruz (Figura 08).



Figura 08: Carnaubal situado em uma ilha fluvial nas proximidades de Cruz – CE.
Fonte. D. Guerra

Diante de suas potencialidades, os usos são diversificados, e vão desde a utilização para culturas de subsistência até instalações comerciais. Estes usos representam o modelo de ocupação utilizado nessa planície ao longo do tempo, pois é considerada uma espécie de “oásis”, dotada de recursos naturais que possibilitam a exploração da natureza.

Segundo a classificação da ecodinâmica, a planície fluvial é considerada como um ambiente de transição. Contudo com tendência à instabilidade. Isso afirma a necessidade de um ordenamento nas formas de uso. Nestes ambientes são apropriados à agricultura e ao extrativismo vegetal, principalmente se estas práticas forem realizadas de maneira adequada.

4.1.3 - Tabuleiros pré-litorâneos

Apresentam-se entalhados pela drenagem continental, especialmente quando percebido o acentuado declive nas áreas marginais que possibilitam a

formação de elevadas vertentes com presença de escarpas de erosão. Estas escarpas estão submetidas, principalmente, à erosão de origem fluvial, resultando em pequenos sulcos e ravinas.

Geologicamente, os tabuleiros pré-litorâneos, são formados a partir de sedimentos terciário-quadernários de matriz areno-argilosa da Formação Barreiras. Ocorre em toda a extensão do litoral cearense com uma largura variável em relação ao continente, estreitando-se e alargando-se. Em alguns setores da costa cearense esta Formação tem se pronunciando até a faixa praial e mesmo em alguns locais da plataforma continental interna rasa.

Nos tabuleiros originam-se solos com condições físicas e químicas considerada, no tocante à qualidade, de média a alta. São amplamente utilizados na agricultura de subsistência e em alguns casos para o cultivo agroindustrial de coco e caju, justificados também pela boa disponibilidade de água subterrânea e condições climáticas favoráveis, se comparados com o semi-árido.

Na região do estuário do Acaraú, as porções terminais dos tabuleiros em transição com as planícies fluviais possuem alturas variáveis, pois acompanham o caimento do restante dos tabuleiros em direção à costa. Diante disso, pode-se exemplificar o dique marginal localizado no porto de Acaraú com aproximadamente 3 metros¹. A vegetação predominante é a de tabuleiro, apresentando um recobrimento com variação de densidade média a espaçada (rala), porém com porte arbustivo-arbóreo.

Segundo a ecodinâmica, o ambiente mais estável no local em estudo é o tabuleiro pré-litorâneo. Neste ambiente é onde as diversas formas de uso do solo devem ser realizadas como a pavimentação e construção de estradas, expansão urbana e pecuária, com devidos cuidados ambientais.

¹ Altura média considerada a partir do nível da água em maré de baixa-mar.

5 - CONDIÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO

As formas de uso e ocupação de um local relacionam-se ao processo histórico de formação, aos costumes locais e ao desenvolvimento econômico. Nesse sentido, procura-se explicitar um breve panorama do contexto histórico da ocupação de Acaraú, tendo em vista que Cruz só foi considerado município a partir de 1985. Já as tipologias de uso e ocupação atuais, são contempladas e caracterizadas em seguida, associando-as aos principais problemas ambientais encontrados em cada uma delas.

Acredita-se que os problemas ambientais resultam da combinação de três fatores predominantes: o crescimento populacional (MOTA, 2006) que realizado de forma desordenada e intensa pode potencializar negativamente as condições ambientais, as características ambientais do local e as formas de uso e ocupação do solo, necessárias ao desenvolvimento da economia.

Nesse contexto, cabe considerar que esse processo de uso e ocupação ocorre mediante a atuação dos agentes organizadores do espaço que são os grupos políticos, econômicos e da sociedade em geral, que passam a construir um determinado espaço local em função de suas práticas cotidianas e das suas atividades econômicas. A ação desses agentes gera inúmeras contradições/problemas ambientais em virtude da apropriação inadequada da terra.

Na região estuarina do Acaraú, os principais agentes organizadores do espaço são o Estado, os empresários industriais e comerciais, os pequenos e grandes proprietários agrícolas, as comunidades de pescadores, os carcinicultores e a sociedade.

Estes agentes convivem em meio a conflitos e tensões fruto do crescimento de inúmeras atividades econômicas, com destaque para a agricultura, pesca e carcinicultura. Os primeiros são atividades realizadas com pouca infraestrutura e o seguinte possui uma boa organização, inclusive econômica. Destaca-se também a ineficiência do saneamento. O somatório destas ações reflete em problemas ambientais. Sobre os agentes antrópicos que contribuem para o desequilíbrio do meio ambiente, Cunha (2000) relata :

os fatores naturais podem iniciar os desequilíbrios ambientais, porém estes serão agravados pela atividade humana na Bacia hidrográfica, especialmente pelo manejo inadequado dos solos. São exemplos, a substituição das matas ciliares por terras cultivadas e o avanço do processo de urbanização.

Nesse sentido, foram identificados na região do estuário do rio Acaraú as tipologias de uso atual que representam três tipos principais e suas subdivisões: dos recursos hídricos suas formas de uso e na carcinicultura; ocupação urbana, comercial e industrial, onde procurou-se quantificar as atividades, identificando as mais importantes; e os agroecossistemas com levantamento do extrativismo vegetal e a agropecuária. Para o início da discussão, ressalta-se a seguir o marco inicial desse processo de ocupação local.

5.1 – Usos dos Recursos Hídricos

Em uma Bacia hidrográfica as formas de uso da água podem ser as mais diversificadas possíveis como a navegação, pesca, recreação, dessedentação animal. E ainda, usos fundamentais, como o consumo humano e agricultura.

Estas formas de uso devem obedecer a uma hierarquização de acordo com sua importância. Por isso é tão necessária a utilização da Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, para a organização dos tipos consumos seja realizada de uma maneira harmônica.

Tanto no Ceará quanto no Brasil, a dificuldade de planejamento para estes usos múltiplos é evidente. Cada forma de utilização da água possui uma demanda de quantidade e qualidade necessária para a sua sustentação. Isso se transforma em uma preocupação necessária, pois à medida que se aumenta a população, o desenvolvimento industrial e demais atividades humanas, o consumo da água tende a crescer (MOTA, 2006). Isso por que com crescimento demográfico, aumenta-se também a necessidade de consumo de mercadorias e conseqüentemente a demanda pela água, que é altamente potencializada pelos processos agroindustriais dependentes do recurso para seu crescimento financeiro, como no caso da exportação de frutas e camarões.

Segundo dados da Agência Nacional de Águas - ANA (2005), o tipo de uso que mais consome no Brasil está relacionado à atividade agrícola com 69%. Os demais usos estão relacionados na figura 09 a seguir.

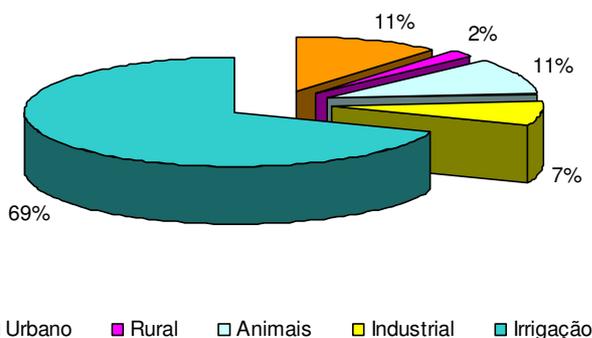


Figura 09: Consumo de água no Brasil por setor (ANA, 2005).

Na Bacia do Acaraú, as tipologias de uso da água analisadas foram consumo industrial, agricultura e humano. Este último corresponde aos valores tanto de áreas urbanas, quanto rurais.

Assim como no restante do país, o maior percentual de uso corresponde à irrigação com cerca de 85%, seguido pelo consumo humano com 14, 9% (Figura 10). Segundo um levantamento realizado pela ANA, em 2005, nas diversas Bacias brasileiras, a Bacia do Acaraú se encontra em nível crítico quando analisada a relação entre a vazão retirada (demanda) e a disponibilidade da água. Nesse mesmo levantamento, a Bacia do Jaguaribe foi classificada como muito crítica.

Comparativamente, as porcentagens de consumo para irrigação no contexto do Brasil e da Bacia Acaraú se destacam entre as demais. Isso é reflexo das políticas agrárias, como também, das formas ainda arcaicas utilizadas para a irrigação de plantações no Brasil. Deve-se destacar a situação delicada de disponibilidade dos recursos hídricos no Ceará, e que esta extrapolação de uso na agricultura do estado é um dado alarmante.

Sobre os valores relativos aos usos humanos, estes se encontram bem próximos nas duas situações em discussão.

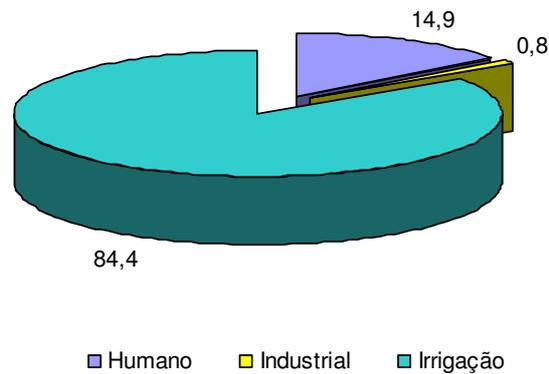


Figura 10: Consumo de água na Bacia do Acaraú por setor (PLANERH, 2000).

No estuário do rio Acaraú existem alguns locais estratégicos de reserva hídrica como os açudes Piranhas e Bal que se encontram localizados no limite Norte da zona urbana de Acaraú, próximo à margem direita do rio.

Estes açudes estão interligados, com caimento da drenagem do açude Piranhas para o açude Bal, e deste para o rio Acaraú. Os açudes cruzam terrenos tabulares da Formação Barreiras, onde seus usos principais estão associados ao abastecimento, pequenas irrigações, culturas de subsistência, lazer e recreação, estes últimos, mais intensamente no açude Bal.

No açude Bal, a recreação da comunidade ocorre sem controle, provocando o acúmulo de resíduos sólidos como garrafas plásticas e de bebidas alcoólicas, sacos plásticos e restos de comida, que são jogados tanto no açude como nas áreas marginais.

Vale destacar a existência de uma significativa plantação de coco nas margens do manancial. Considerando que este tipo de cultura normalmente necessita de agrotóxicos e fungicidas. O resultado é a possível alteração na qualidade da água e por consequência aos usos.

É necessário mencionar ainda, a existência de residências localizadas muito próximas ao corpo hídrico, podendo receber quaisquer influência deste, como em épocas de cheias, por exemplo. Como também, em função da falta de saneamento, podendo influenciar negativamente os corpos hídricos.

No açude Piranhas, os usos estão mais relacionados às pequenas atividades agrícolas, pesca, abastecimento local e recreação. Contudo, não existe um disciplinamento dessas atividades.

Na comunidade próxima ao Piranhas, verifica-se também a ausência de rede de esgotamento sanitário, que associada à elevada porosidade e permeabilidade dos solos locais podem constituir um fator de possível contaminação dos aquíferos subterrâneos.

Os usos múltiplos também são evidenciados em toda a região estuarina do rio Acaraú e serão destacados a seguir.

Em um trecho do rio, nas proximidades da barraca do Jacaré, destacam-se os problemas decorrentes da deficiência das ações de planejamento. Uma das principais dificuldades ressaltadas pela população é a carência de infra-estrutura de saneamento, sobretudo no que diz respeito à ausência de rede geral de esgoto, coleta e disposição adequada de lixo.

O problema é amenizado pelos moradores por meio da utilização de fossas rudimentares para o acúmulo de esgoto e lançamento de resíduos sólidos em diversos locais, normalmente inadequados, estando expostos às ações do tempo. Em decorrência da proximidade da água, o lixo fica sob a influência da maré que por vezes carrega os detritos para dentro do estuário. Durante as marés de baixa-mar, pode-se perceber uma linha de rejeito composta por isopores, sacos plásticos, tampas, garrafas, latas de bebidas dentre outros resíduos. Este material é transportado para montante e jusante pelos movimentos de maré e contribui para a degradação ambiental do estuário (Figura 11).



Figura 11 – Lixo levado à margem esquerda do rio pela ação da maré.

Tanto o Bairro Mucunã quanto a barraca do Jacaré estão localizados na planície de inundação na margem direita do rio, portanto, dentro da Área de Preservação Permanente (APP), estando sujeitos a toda influência da dinâmica estuarina e aos eventos de grandes cheias.

O reflexo de usos nestas áreas “protegidas” são problemas ocasionados ao ambiente como: a atuação de processos erosivos decorrentes do desmatamento na margem do rio que por conseqüência intensificam o assoreamento do trecho, onde este é caracterizado pela presença de ilhas de pequeno a médio porte que lhe confere o padrão anastomosado, além da presença de bancos de areia que dificultam a pesca e a navegação evidenciando um grande aporte sedimentar, que por conseqüência diminuem a capacidade da vazão do rio (Figuras 12 e 13).

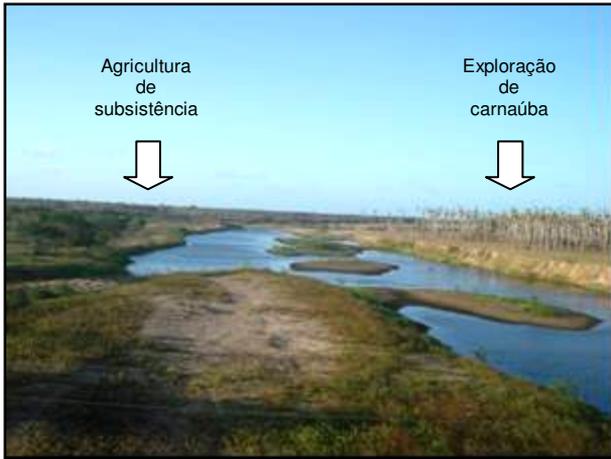


Figura 12 – Atividades desenvolvidas e formação de bancos de areia próximos à ponte de acesso entre os Municípios de Cruz e Acaraú.



Figura 13 – Formação de bancos de areia em frente à barraca do Jacaré, no fundo à esquerda um barco encalhado.

Em vários trechos do estuário a comunidade utiliza-se do local como forma de lazer, isso se intensifica nos finais de semana, onde as pessoas se reúnem levando consigo para as margens do rio, bebida alcoólica e alimentos, ou optam pela pesca artesanal e ali permanecem durante várias horas do dia. Os banhistas disputam o lugar com as demais atividades que são incompatíveis ao uso, devido aos riscos destes ao mesmo tempo. São exemplos, o comércio pesqueiro de considerável tamanho, a criação de gado e o lançamento de esgoto da lagoa de estabilização situada também no Bairro Mucunã.

Outro aspecto a ser considerado e que atua no comprometimento da qualidade dos recursos hídricos são os efluentes de abate animal. Os matadouros públicos dos Municípios estão inseridos na região do alto curso da planície estuarina.

O matadouro de Acaraú lança seus efluentes, oriundos do abate dos animais, nos fundos do terreno que compreende a área do matadouro, resultando na formação de uma lagoa de acúmulo de substâncias poluidoras. O de Cruz lança o líquido na frente do estabelecimento, próximo à rodovia que dá acesso a Aranaú formando uma poça de efluentes (Figuras 14 e 15).



Figuras 14 e 15 – Locais de lançamento de efluentes de matadouros, respectivamente em Acaraú e Cruz.

Ambos os matadouros não oferecem nenhum tipo de tratamento e destinação adequada ao efluente do abate, tampouco às fezes e chifres dos animais mortos. A situação é grave, pois esses líquidos são ricos em nutrientes e podem comprometer a qualidade da água através da infiltração no subsolo, chegando até a alcançar um manancial de abastecimento. Constatou-se ainda, que os moradores que possuem residências instaladas nas proximidades dos matadouros já fizeram denúncias ao poder público, porém não obtiveram resultado. Estas pessoas são prejudicadas pela proliferação de roedores, insetos, como baratas e mosquitos, e odor fétido, dentre outros efeitos inconvenientes.

5.1.1 – Carcinicultura e Pesca

A atividade de carcinicultura ocupa uma parcela bem representativa da área em questão, visto que abriga aproximadamente 50 fazendas criatórias de camarão (SUCUPIRA, 2006).

Foi estimada uma área de aproximadamente 69,47 km² que corresponde às instalações destes criadouros. A atividade conta com grandes estruturas de tanques e captação de água, juntamente com canais artificiais para sua distribuição.

Estas fazendas se distribuem em ambas as margens do rio Acaraú, onde também se encontram canais para o lançamento da água residual proveniente dos tanques de despesca (Figura 16).

Em alguns empreendimentos estes lançamentos ocorrem com pouco controle, podendo colocar em risco algumas espécies do sistema estuarino, e não apenas o local de instalação do empreendimento, uma vez que o estuário é um ambiente onde ocorre mistura de água e dispersão de outras substâncias. Isto pode levar a condições de uso muito além da capacidade de suporte dos locais, provocando danos até difíceis de mensurar em termos de escala temporal e magnitude.

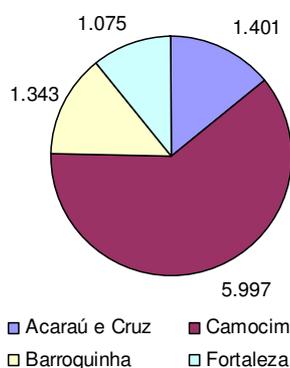


Figura 16: Fazenda de Camarão situada no Distrito de Aranaú, canal de captação de água e plantação de coco. Fonte: Rosa , Figueirêdo e Araújo, 2002.

É necessário citar também, que muitas fazendas carcinicultoras estão instaladas em áreas de vegetação de mangue. Em virtude destas ocupações, em muitos locais o ambiente tornou-se descaracterizado, dada a ausência da vegetação. Segundo a legislação a ocupação destas áreas não é permitida.

A atividade pesqueira da região em estudo é amplamente explorada . Juntando os Municípios de Cruz e Acaraú a produção de pescado corresponde a terceira maior do estado (Figura 17). Esta produção pesqueira contribui com aproximadamente 10% para o contexto estadual.

Produção de pescado marítimo e estuarino (t) - 2005



Fonte: IPECE (2005)

5.2 – Ocupação urbana, comercial e industrial.

No contexto da região estuarina em foco, a ocupação rural é mais expressiva que a urbana, com exceção da sede municipal de Acaraú.

O local conta com aproximadamente 62.500 habitantes (Tabela 04). Na soma total, a distribuição dessa população encontra-se homogênea entre os dois setores, porém, a zona urbana conta com maior número de residentes, em torno de 32.073, que representa 51,2% do total (IBGE, 2000).

Tabela 04 – Distribuição da população no estuário

Local	Urbana	Rural
Acaraú	20.471	10.647
Aranaú	1.499	6.620
Juritianha	2.273	5.051
Cruz	7.830	8.250

A atividade comercial em Acaraú e Cruz é diversificada e presente em vários locais, sobretudo em Acaraú (Tabela 05). O município que possui uma variedade de comércios, predominando os bares e restaurantes, postos de gasolina, pequenos mercados e lojas. O setor é importante, pois movimenta a economia local a partir da geração de emprego e renda.

Tabela 05: Atividades comerciais em Cruz e Acaraú.

	Atacadista	Varejista	Outras
Acaraú	5	534	2
Cruz	1	283	-

Fonte: Estados, IBGE (2005)

A exploração mineral é amplamente pronunciada nas proximidades da ponte de acesso à Cruz, correspondendo a uma importante atividade econômica, especialmente para a população de baixa renda, já que a maior parte da atividade é realizada de maneira quase artesanal. A indústria do ramo aparece com apenas, apenas 02 estabelecimentos nas sedes municipais.

Em período de estiagem, “verão”, e por meio de técnicas rudimentares os trabalhadores cavam imensos buracos no solo a fim de encontrar material argiloso, que posteriormente será posto sob forma de telhas e tijolos nos fornos das pequenas olarias construídas às margens do rio (Figura 18). Esta prática causa dano ao ambiente, pois contribui para a degradação da paisagem, favorecimento a processos erosivos, além do comprometimento dos microorganismos existentes no solo ocasionando o empobrecimento deste.



Figura 18 – Olaria artesanal com retirada de argila da planície fluvial

Ainda próximo ao rio, a retirada de sedimentos arenosos da calha é prática comum principalmente como matéria-prima na construção civil. Estes sedimentos possivelmente encontram-se depositados nas margens e canal do rio neste trecho por conta da redução da descarga fluvial à montante do local, em virtude dos constantes barramentos realizados em setores da Bacia do Acaraú.

De acordo com os dados do IPECE (2005), os Municípios do estuário possuem apenas 55 indústrias, predominando a atividade de transformação (Tabela 06). Esta atividade se dedica à transformação de matérias-primas em produtos intermediários ou em produtos finais.

Tabela 06 – Atividades industriais segundo tipo

	Extração mineral	Construção civil	Transformação
Acaraú	02	02	29
Cruz	00	01	21

Fonte: IPECE (2005)

São exemplos empresas de ramos como as de produtos de minerais não metálicos, metalurgia, material de transportes, madeira, indústria química e de plástico, produtos alimentares, dentre outras.

5.3 – Agroecossistemas

5.3.1 – Extrativismo Vegetal

Uma das principais formas de extrativismo vegetal na região estuarina do rio Acaraú é a exploração de lenha. Esta prática é comum, pois o material é necessário e empregado principalmente no cotidiano das populações de baixa renda, utilizado na alimentação de fogões a lenha e ainda como matéria prima de cercas, obras civis, artesanato e demais usos.

A extração de lenha nos Municípios de Cruz e Acaraú quantificam 42.130 m³. Deste total, aproximadamente 78% corresponde à Acaraú (IPECE, 2005).

Comparando com o Ceará, este número é cerca de 10% de toda a exploração de lenha do Estado. Valor alto considerando que o Ceará possui 184 Municípios que também extraem lenha.

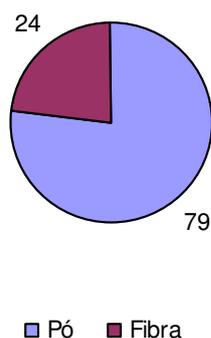
Não se pode deixar de mencionar a produção de carvão vegetal, nos Municípios de Cruz e Acaraú, que alcançaram cerca de 36 toneladas produzidas.

Outra forma de extrativismo que merece destaque é a exploração de carnaúba. Na área de estudo, a planície fluvial se apresenta na transição de Acaraú e Cruz, onde se observa um extenso e vistoso carnaubal.

Esta abundancia de carnaúbas possibilita a ampla exploração da espécie. Vale destacar que a atividade é característica do baixo curso da Bacia do Acaraú, e fornece emprego e renda para os moradores locais.

A exploração da árvore é realizada de forma sustentável. Ocorre normalmente na estiagem, período em que as folhas se encontram mais secas, onde é realizada sua retirada sem que haja maiores danos à carnaúba. Juntos, os Municípios de Cruz e Acaraú produzem cerca de 103 toneladas distribuídas entre fibra e palha de carnaúba (IBGE, 2006).

**Exploração de Carnaúba (ton) -
Região Estuarina do Acaraú**



**Exploração de Carnaúba (ton) -
Ceará**

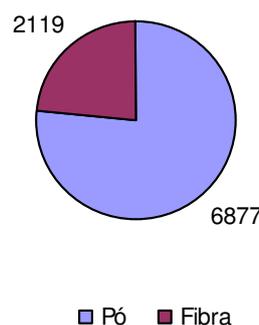


Figura 19: Produção de pó e fibra de carnaúba, respectivamente na região estuarina do rio Acaraú e o estado do Ceará (IBGE, 2006).

5.3.2 – Agropecuária

A produção agrícola no local se restringe praticamente às planícies fluviais e aos tabuleiros. Nos tabuleiros, o cultivo é normalmente permanente e encontram-se as seguintes plantações: banana (*Musa sapientum*), coqueiro (*Coco nucifer*) e manga (*Mangifera indica*).

Já nas planícies, as culturas desenvolvidas são temporárias e constituem-se de batata doce (*Ipomoea batatas*), feijão (*Phaseolos vulgaris*), mandioca (*Manihot esculenta*), melancia (*Citrillus vulgaris*) e milho (*Lea mais*). Estes tipos de culturas estão sumarizados na tabela 07.

Em virtude das condições pedo-climáticas, a localização destas áreas de cultivo encontra-se próxima aos recursos hídricos, como no caso das proximidades do açude Bal e da ponte de Cruz. Neste último local, as plantações ocupam as margens do leito, como também, fazendas instaladas em grandes ilhas fluviais.

Isso acaba por intensificar o problema de degradação da qualidade da água, uma vez que, grande parte dos produtores se utilizam de fertilizantes, pesticidas e outros agroquímicos para a melhor produção das culturas.

Tabela 07 – Tipos de culturas e sua produtividade

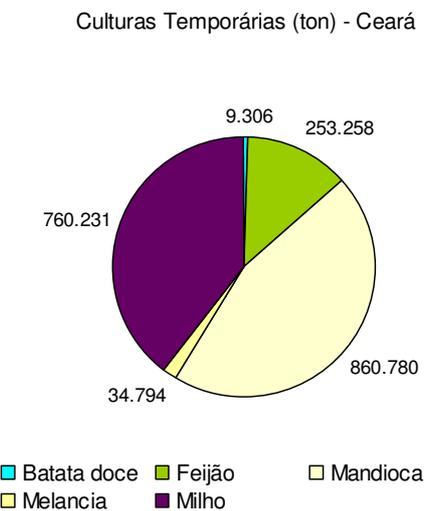
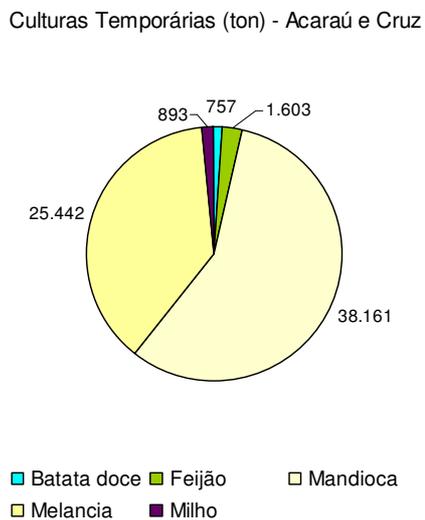
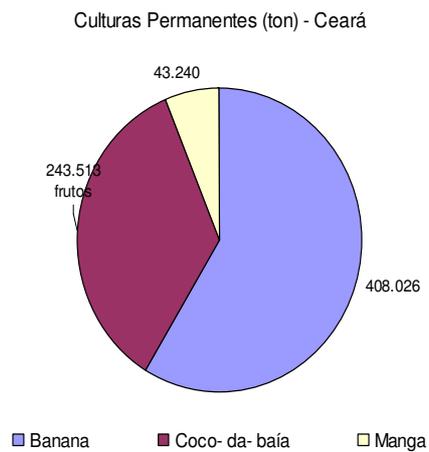
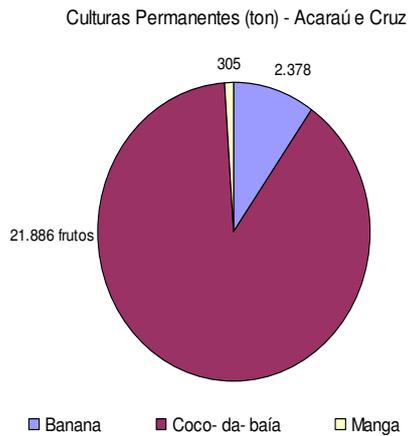
	Cultura permanente			Cultura temporária				
	Banana	Coco-da-baía	Manga	Batata doce	Feijão	Mandioca	Melancia	Milho
Área	124	4.721	46	125	5.710	5.800	761	4.930
Produção (ton)	2.378	21.886	305	757	1.603	38.161	25.442	893
Rendimento médio (Kg/ha)	19,18	4,64	6,63	6,06	0,28	6,58	33,43	0,18

Fonte: Adaptado de IPECE (2005)

Segundo os dados apresentados, a cultura que possui a maior produção na região estuarina é a mandioca, seguida pela melancia e o coco-da-baía (Figura 20). No entanto, na relação área plantada e produção, a melancia é fruto que possui a maior produtividade.

É relevante destacar a vasta plantação de coqueiros observada em vários setores dos Municípios. Trata-se de uma cultura de fácil manejo e adaptação a condições adversas, o rendimento de coco no local é de 4,4 kg/ ha.

No contexto estadual, a cultura da mandioca e do milho são as que se destacam entre as demais. Isso é conseqüência dos hábitos culturais do povo cearense, como também do baixo custo da farinha de mandioca e do cuscuz, por exemplo, ingredientes típicos da culinária do estado.



Figuras 20: Culturas permanentes e temporárias na região estuarina do rio Acaraú e no estado do Ceará (IBGE, 2006).

A atividade pecuarista é realizada no local com pouco desempenho. A criação dos animais normalmente é feita de forma extensiva (Tabela 08). Tal fato se constitui um problema, pois quando o gado fica solto, suas fezes são depositadas em vários locais podendo ocasionar a poluição da água.

No total, a menor quantidade de cabeças corresponde ao gado eqüino com 2.667 unidades e o maior número é de bovinos com 15.544 cabeças. No entanto, a criação de aves no estuário desempenha maior destaque, visto que é de fácil criação e possui um curto período de tempo para o abate. A população totalizou 164.195 aves.

Tabela 08 – Quantidade de gado existente em Cruz e Acaraú.

	Bovinos	Suínos	Eqüinos	Ovinos	Caprinos	Aves
Acaraú	11.370	7.871	1.846	6.511	1.772	84.639
Cruz	4.174	4.975	821	5.859	1.185	33.172

Fonte: IPECE (2005)

A criação de ovinos e caprinos é menor, devendo ser estimulada. Estes animais são criados de forma simples, não requerem maiores cuidados e se adaptam às condições naturais do ambiente. Além de representarem melhor os hábitos culinários e culturais do Nordeste brasileiro.

A figura 21 apresenta as principais formas de uso e os aspectos naturais da área de estudo.

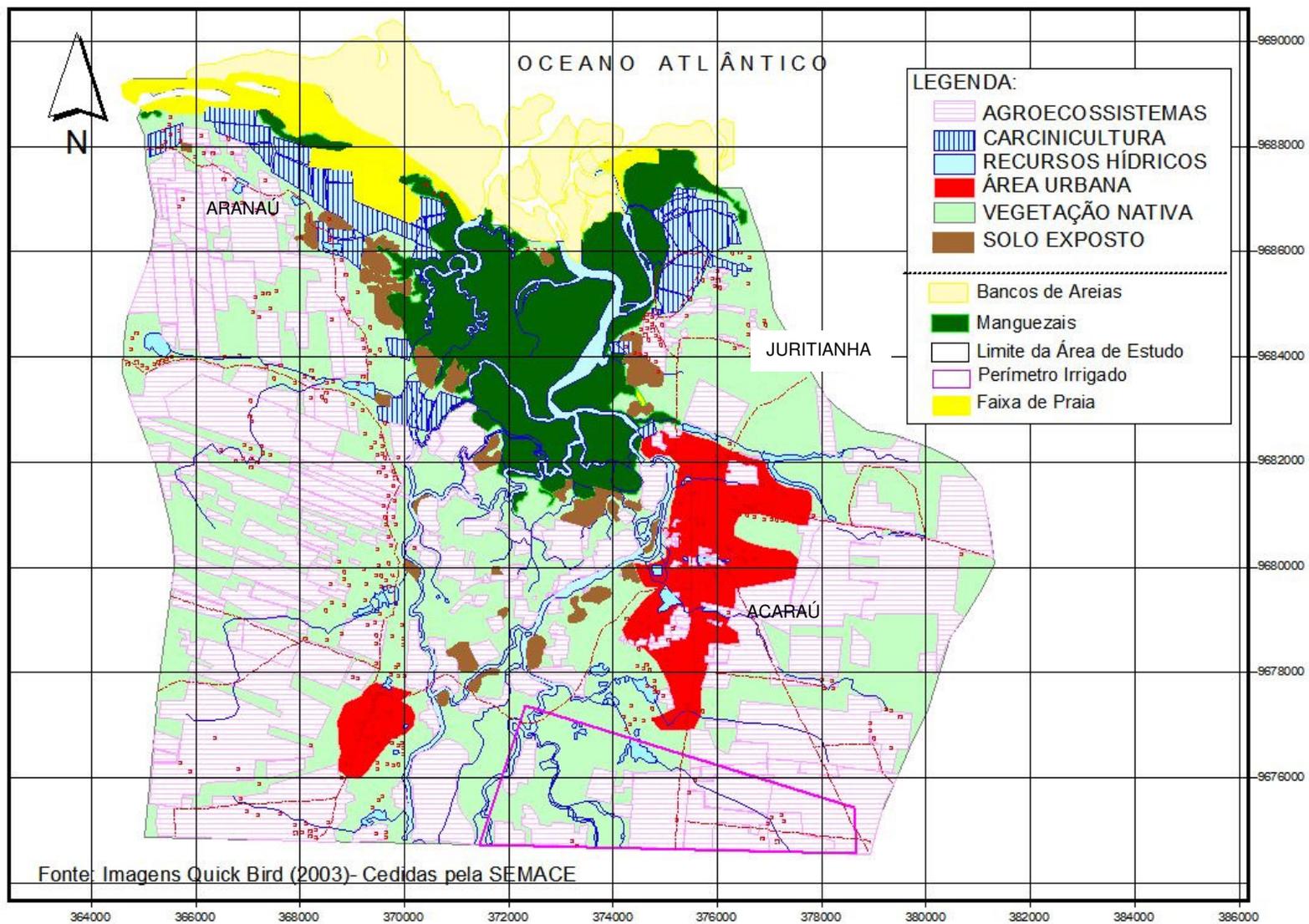


Figura 21: Principais formas de uso e aspectos naturais da região do estuário do rio Acaraú.

5.4 – Identificação dos impactos ambientais

5.4.1 – Caracterização dos impactos

Como já descrito anteriormente, a região estuarina do rio Acaraú é marcada por diversas atividades relacionadas à exploração ou uso dos recursos naturais, as quais podem culminar em alterações ao meio ambiente. Estas modificações são aqui entendidas como impactos ambientais.

Assim, a Resolução CONAMA nº. 001/86 considera impacto ambiental como resultante das alterações que se seguem:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do Meio Ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas, a biota;
- III - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- IV - a qualidade dos recursos ambientais.”

Nesse sentido, identificou-se a partir de dados de campo, 13 tipos distintos de atividades / ações geradoras que contribuem de alguma maneira para a degradação do ambiente, ou seja, para a promoção de impactos ao ambiente. Estas atividades foram elencadas a partir de uma listagem de verificação (Quadro 02, p. 78).

O diagrama a seguir mostra a distribuição espacial de algumas atividades potencialmente causadoras de impactos (Figura 22).

O lançamento de efluentes domésticos de forma inadequada é observado em várias ruas da região em estudo. Entretanto, este problema não é característico apenas de Bairros de baixa renda, foi também percebido na parte central da cidade, especialmente em Acaraú.

O esgoto é comumente disperso em ruas e quintais, sendo lançado diretamente ao solo. Essa prática é realizada pela ausência de infra-estrutura física de saneamento que atenda adequadamente às necessidades sanitárias desta população. Em alguns casos, os efluentes domésticos são escoados por ligações clandestinas para galerias pluviais que posteriormente são drenadas até um corpo hídrico próximo.

Os danos ao ambiente são recorrentes e ocorrem a partir da adição de substâncias orgânicas e patogênicas contidas no efluente. A resultante disso é a redução da qualidade das águas de superfície, em virtude do escoamento superficial, além do comprometimento das águas subterrâneas, considerando áreas com alta porosidade e permeabilidade. Podendo também ocasionar o comprometimento da paisagem e a proliferação de doenças, como o cólera.

Os efluentes de matadouro também possuem as mesmas características poluidoras dos efluentes domésticos, ou seja, seu lançamento inadequado constitui-se igualmente prejudicial à natureza.

Destaca-se que pesquisas de campo apontaram a mesma insuficiência de práticas adequadas de saneamento de dejetos em quase toda a Bacia hidrográfica do Acaraú. Isso demonstra que o recurso hídrico está sofrendo prejuízos em um contexto geral, e não apenas no local em apreço.

Um dos problemas a ser apontado sobre o uso e ocupação do solo é o cumprimento do que recomenda a legislação, especialmente a Lei Federal 4771/65. O Código Florestal brasileiro estabelece a manutenção de áreas marginais aos rios onde a largura varia de acordo com a largura do canal do rio e sua localização.

No caso do Bairro Tamboa onde situa-se a seção 05, por exemplo, é a zona ribeirinha mais ocupada. O uso do local por equipamentos imobiliários ocorre por vezes a menos de 5 metros do rio, praticamente dentro da calha.

Conforme as especificações do Código Florestal, a faixa a ser preservada no local é de cerca de 100 metros em cada margem do rio, pois a largura média deste trecho é de cerca de 80 metros. No entanto, residências, comércios e atividades agropecuárias preenchem a faixa que compreende a Área de Preservação Permanente.

Além destas questões legais mencionadas que visam a conservação do ambiente natural, tem-se que considerar ainda a complexidade da dinâmica do estuário, visto que este promove constantes inundações nas margens, que pode oferecer riscos ou perturbações aos ocupantes locais.

O terceiro setor da economia encontra-se representado pelas atividades comerciais, a exemplo de bares, restaurantes, mercearias e mercados, postos de gasolina e lava-jatos. Estas atividades são mais numerosas e organizadas nas sedes municipais de Cruz e Acaraú, porém, também ocorrem nos Distritos de uma maneira mais rudimentar.

Em virtude da ocupação de áreas próximas aos cursos d'água, estas práticas comerciais acabam por potencializar impactos ao ambiente. Isso ocorre a partir da produção de efluentes e resíduos sólidos que em contato com o corpo hídrico ocasiona o empobrecimento da qualidade hídrica, como também da geração de doenças a partir do acúmulo destes materiais.

As atividades portuárias e a navegação apresentam-se como uma questão de destaque. Considerando que várias espécies buscam os estuários como fonte de segurança para a reprodução e acasalamento, estas práticas ocasionam significativas perturbações aos ambientes aquáticos.

No estuário do rio Acaraú, o canal flúvio-marinho é marcado pela intensa movimentação de embarcações, sobretudo no período da pesca. Estes barcos variam de pequeno porte como a batera, a médio porte como o lagosteiro. Outro problema decorrente desta modalidade comercial e resultado da deficiente estrutura de organização da atividade são os restos de isopores, madeiras, plásticos e óleos lançados por pescadores e usuários, que ocasionam o empobrecimento da paisagem e a redução da qualidade hídrica.

O manejo inadequado dos solos com introdução de práticas degradantes como queimadas e uso de insumos agrícolas, produz alterações que podem comprometer o meio ambiente local. A agricultura de subsistência pode resultar em riscos a natureza, como o comprometimento da qualidade do solo e da água, além de erosão e assoreamento de canais.

Esta atividade agrícola é realizada em vários setores da região estuarina, sobretudo nas áreas marginais aos corpos hídricos por oferecerem solos potencialmente mais profundos e férteis. É também bastante explorada em pequenos terrenos, lotes e sítios. São locais de produção agrícola rudimentar o Bairro Mucunã em Acaraú e as adjacências da ponte de Cruz.

Outro problema identificado é consequência das atividades de turismo e lazer, sobretudo a última. A questão relaciona-se à geração de resíduos sólidos e suas consequências que são a proliferação de insetos e roedores, e a geração de doenças.

Tanto o turismo quanto o lazer merecem uma organização mínima para que não haja problemas de compatibilidade com demais práticas existentes no local. Exemplo disso é a região portuária do estuário onde a atividade se congrega com o lazer. Tal combinação pode ocasionar acidentes e outros prejuízos até físicos, resultantes do contato com óleos lançados por embarcações, por exemplo.

Sobre a produção de resíduos sólidos na região do estuário, percebeu-se que o volume produzido relaciona-se a prática de parte das atividades impactantes, como o caso dos comércios, porto e navegação e lazer e turismo.

Em virtude das deficiências das condições de saneamento, o acúmulo do lixo é feito em muitos locais impróprios. Para amenizar a situação é comum a prática da queima do material, comprometendo a qualidade do ar visto que ocasiona a partir da emissão de gases.

Além disso, deve-se considerar como impactante a formação do chorume que pode danificar a qualidade de mananciais próximos, “o líquido é rico em matéria orgânica e é resultante da decomposição do lixo que se junta com a água das chuvas” (MOTA, 2006)

O quadro a seguir sintetiza de forma prática os tipos de atividades impactantes, os aspectos ambientais característicos e por último os impactos ambientais possivelmente gerados por cada atividade identificados no presente trabalho.

Quadro 02 – Atividades impactantes e problemas ambientais correspondentes.

ATIVIDADE /AÇÃO IMPACTANTE	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTOS AMBIENTAIS E SUAS CONSEQUÊNCIAS
01 - Agricultura de subsistência	- desmatamento; - desproteção do solo; - queimada; - uso de fertilizantes;	- perda da biodiversidade; - empobrecimento do solo; - comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; - erosão e assoreamento;
02 - Atividades comerciais	- ocupação de grandes áreas; - produção de efluentes e lixo; - acúmulo de insetos e roedores	- comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; - doenças
03 - Atividades portuárias Navegação	- aumento do fluxo de embarcações; - lançamento de isopores, madeiras, óleos e graxas; - aumento de tráfego de veículos; - poluição sonora;	- perturbações dos organismos aquáticos; - poluição hídrica e visual; - liberação de gases; - comprometimento da qualidade de vida;
04 – Criação de Gado	- compactação do solo; - produção de excrementos; - desmatamento;	- redução no potencial de infiltração e aumento do escoamento superficial; - comprometimento da qualidade de água dos mananciais
05 - Esgoto	- lançamento de efluentes em água e solo; - liberação de odores; - aumento de transmissores de doenças; - presença de insetos e roedores	- comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; - doenças - comprometimento da paisagem; - redução na qualidade de vida
06 - Exploração mineral	- retirada de material detritico; - abertura de valas para retirada de argila - compactação do solo; - desmatamento;	- redução na oferta de sedimentos arenosos; - destruição dos horizontes do solo; - redução no potencial de infiltração e aumento do escoamento superficial (erosão e assoreamento); - redução de biodiversidade; - degradação da paisagem;
07 - Extração de madeira	- redução de cobertura vegetal - comprometimento de habitats;	- redução no potencial de infiltração e aumento do escoamento superficial - aumento do potencial de erosão e posterior assoreamento; - diminuição da fauna; - empobrecimento do solo;
08 - Lazer e turismo	- produção e acúmulo de resíduos sólidos; - presença de insetos e roedores - poluição sonora;	- comprometimento da paisagem - redução na qualidade de vida
09 - Matadouro	- lançamento de efluentes; - proliferação de odores; - insetos e roedores; - produção de lixo; - instalações físicas inadequadas;	- comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; - doenças - comprometimento da paisagem - redução na qualidade de vida
10 - Ocupação de APP	- redução de cobertura vegetal; - comprometimento de habitats; - Desproteção do solo;	- redução no potencial de infiltração e aumento do escoamento superficial - aumento do potencial de erosão e posterior assoreamento; - perda da fertilidade natural do solo;
11 – Pesca artesanal	- geração de lixo	- degradação da paisagem
12 - Produção de lixo	- áreas para disposição de lixo; - formação de chorume; - proliferação de roedores e insetos; - queima do lixo	- comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; - doenças - comprometimento da paisagem

		- emissão de gases - redução na qualidade de vida
13 - Carcinicultura	- redução da cobertura vegetal; - captação de água; - lançamento de efluente;	- redução no potencial de infiltração - comprometimento de habitats - comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; - aumento da carga orgânica - eutrofização - comprometimento da paisagem - salinização do solo.

5.4.2 – Análise do check-list

A utilização do *check-list* permite a quantificação dos impactos ambientais, além da hierarquização destes problemas a partir da divisão setorial.

Com base no *check-list*, observou-se que na setorização da região estuarina, o local que obteve o maior número de impactos foi o alto curso com 54 pontos, seguido por 52 pontos atribuídos ao baixo curso, e 37 pontos correspondentes ao médio (Tabela 09). Estes valores estão relacionados às intensidades das atividades /ações impactantes desenvolvidas em cada setor.

A maior pontuação foi atribuída aos problemas que correspondem a situação dos esgotos e ocupação de APP (17 pontos), como também às atividades comerciais (15 pontos). No entanto, merecem ser destacados os problemas ocasionados pelas atividades portuárias e navegação, produção de lixo, agricultura de subsistência e lazer e turismo.

Vale ressaltar que a pesca artesanal apresentou significativo destaque na pontuação dos impactos, totalizando 09 pontos. A atividade é altamente pronunciada no local como fonte de sobrevivência de inúmeras famílias.

De acordo com a análise realizada, o alto curso concentrou o maior número de atividades impactantes. Esta elevada pontuação está relacionada principalmente aos problemas decorrentes de esgoto, da ocupação de APP's e da intensidade da atividade portuária e navegação.

No médio curso, as atividades de considerável magnitude que se destacaram foram aquelas relacionados à intensa ocupação de APPs, a presença de esgoto e lixo sobretudo nas adjacências da barraca do Jacaré, a criação de gado nas proximidades do curso d'água, além das atividades portuárias e navegação. No

total, o valor atribuído aos impactos adversos neste setor foi: 21 pontos à barraca do Jacaré e 16 pontos ao Bairro Mucunã.

No setor 03, que representa o alto curso, as principais fontes de impacto verificadas foram: as atividades comerciais, matadouro, a agricultura de subsistência e a exploração mineral. A pontuação atribuída aos locais visitados foi: 18 pontos para o Bairro lagoa salgada, 13 à ponte de Cruz, 08 pontos ao restaurante Taverna e 08 a rodovia de Cruz.

Diante das informações, o município de Acaraú foi o que apresentou o maior número de atividades impactantes (89 pontos), principalmente por conta dos problemas identificados ao longo do curso fluvial como navegação e porto, por exemplo, que não são percebidos em Cruz.

Tabela 09 – Impactos ambientais identificados nas adjacências do estuário do rio Acaraú.

ATIVIDADE /AÇÃO IMPACTANTE	LOCAIS AVALIADOS										
	Aranaú	Carcinicultura	Açude Bal	Açude Piranhas	Barraca do Jacaré	Bairro Mucunã	Lagoa Salgada	Ponte de Cruz	Restaurante Taverna	Rodovia - Cruz	Total de pontos distribuídos por atividade
	SETOR 01				SETOR 02		SETOR 03				
01 - Agricultura de subsistência	□		●	□	□	●	●	●		□	12
02 - Atividades comerciais	▲		□	●	●		●		▲	●	15
03 - Atividade portuária e Navegação	▲	▲			▲	□					10
04 - Criação de Gado					●	●	□	□			6
05 - Esgoto	●		●	▲	▲	▲	●	□	□		17
06 - Exploração mineral	□						●	▲			6
07 - Extração de madeira	□						●	□			4
08 - Lazer e turismo	●	□	●	□	▲	□	□	□			12
09 - Matadouro						□			▲	▲	7
10 - Ocupação de APP	●	●	□	●	▲	▲	●	●			17
11 - Pesca artesanal	●	□	□	□	●	□		□			9
12 - Produção de lixo	□		□	□	●	●	□	□	□	□	11
13 - Viveiros de camarão	▲	▲					▲				9
Total de pontos nos locais	21	10	10	11	21	16	18	13	8	8	
Total de pontos por setor	52				37		54				

Os símbolos correspondem aos seguintes valores: □ - impacto pouco expressivo (1 ponto), ● – impacto moderado (2 pontos), ▲ - impacto crítico (3 pontos).

Outro problema que merece destaque e que obteve vasta pontuação é a situação dos resíduos sólidos dos Municípios, ambos utilizam-se de lixões como locais de destinação final dos rejeitos. Os resíduos são dispostos em locais inadequados acumulando-se nas proximidades do rio.



Figura 23: Acúmulo de lixo às margens do rio Acaraú.
Fonte: D. Guerra

A ênfase é dada em razão do modo que estes locais são utilizados. O lixo é simplesmente disposto no solo desprotegido de qualquer impermeabilização. Este fato pode até ocasionar a contaminação da água subterrânea, por meio do chorume.

No lixão de Cruz, flagrou-se a busca de materiais reciclados por catadores da região, incluindo mulheres e crianças, que o disputam em meio a restos de animais abatidos. (Figura 24)



Figura 24 - Lixão de Acaraú, na frente restos de animais abatidos, ao fundo catadora coletando material para reciclagem.

Os impactos ambientais no estuário do Acaraú são resultantes das diferentes formas de uso e ocupação da terra, e demonstram a vulnerabilidade da região de estudo.

6 - ASPECTOS QUALITATIVOS DA ÁGUA

6.1 – Saneamento básico: implicações na qualidade da água

A ausência de saneamento na região estuarina do rio Acaraú constitui-se como um dos principais fatores de comprometimento de qualidade da água. Quantitativamente, a cobertura deste tipo de serviço é insuficiente e muitas vezes inadequada.

Conforme dados censitários, o local totaliza aproximadamente 13.500 domicílios particulares permanentes. Este número corresponde às sedes municipais de Cruz e Acaraú, juntamente com os seus Distritos aqui analisados. Deste total, cerca de 73% correspondem a Acaraú.

A reduzida cobertura da forma mais adequada de abastecimento de água (rede geral) foi percebida nesta pesquisa. Isto também é observado num contexto nacional e sobretudo regional. Dados do IBGE demonstram que as regiões Norte e Nordeste são as menos beneficiadas por este tipo de serviço.

Dentre outras coisas, acredita-se que as causas da reduzida rede de abastecimento de água se encontra na ausência de políticas públicas eficientes voltadas para a resolução do problema. São necessárias obras estruturantes que possam melhorar as redes já existentes, bem como, organizar as demais fontes de abastecimento, proporcionando uma distribuição de água com qualidade a todos.

Sobre este assunto, percebeu-se, a partir de dados censitários, que na sede municipal de Acaraú, o abastecimento de água por rede geral é o que detém o maior número de domicílios atendidos, com 3.019 ligações (Tabela 10).

Em termos percentuais, o município de Acaraú juntamente com os seus Distritos, Aranaú e Juritiana, contam com 41% do abastecimento realizado a partir de rede geral, outros 41% correspondem a utilização de poço ou nascente.

Em contrapartida, 60% da população de Cruz é atendida por poço ou nascente. A cobertura de rede geral no local é bem menor, contando com aproximadamente 30% de domicílios.

Tabela 10 Número de domicílios particulares permanentes segundo a forma de abastecimento de água nos Municípios de Cruz e Acaraú

Municípios	Abastecimento de Água		
	Rede geral	Poço ou nascente	Outra forma
Acaraú	3 019	2 369	1 210
Arauaú	530	764	435
Juritiânia	536	925	84
Cruz	1 108	2 206	313
Total	5193	6264	2042

Fonte: IBGE (2000)

Em ambos os Municípios, percebeu-se um elevado número de captação natural de água (poço ou nascente). Isso ocorre pela ausência de oferta do serviço pela companhia distribuidora e também por proporcionar uma solução mais econômica a partir da retirada de água em poços ou olhos d'água.

Segundo CPRM (1998 apud Nascimento, 2006, p. 191), o número de poços do tipo sedimentar chega a 171 em Acaraú e 53 em Cruz. Ressalta-se que este dado se remete ao ano de 1998, atualmente os números certamente são superiores aos registrados anteriormente.

A dependência de uso das águas subterrâneas, constatadas pelos dados censitários, reforçam a necessidade de práticas adequadas referentes ao acúmulo e tratamento de resíduos sólidos e ao lançamento de efluentes. Visto que tais práticas realizadas de maneira inadequada podem ocasionar prejuízos a este tipo de manancial, que é amplamente utilizado pela população, especialmente aquelas residentes no baixo Acaraú.

Situação mais crítica pode ser aqui mencionada, trata-se do esgotamento sanitário no local.

O serviço de rede pública de esgoto na região estuarina é fornecido para apenas 5% das residências, quando o abastecimento de água por rede geral chega a 38% dos lares. Ambos os valores estão muito abaixo do necessário, porém, percebe-se um descompasso entre a entrada de água nos domicílios e sua saída

sob forma de esgoto. Ou seja, as outras formas de escoamento dos efluentes domésticos são superiores aquela mais adequada, isto se torna evidente quando se observa a ampla utilização de fossas rudimentares (Tabela 11).

Tabela 11: Número de domicílios particulares permanentes segundo a forma de instalação sanitária nos Municípios de Cruz e Acaraú

Municípios	Instalação Sanitária						
	Rede geral	Fossa	Outro tipo				Sem inst.sanitária
			Fossa rudimentar	Vala	Rio, Lago ou mar	Outro escoadouro	
Acaraú	371	194	2 995	120	-	7	2 911
Aranaú	67	111	491	4	1	2	1 053
Juritianha	219	3	486	8	-	9	820
Cruz	52	17	2 704	10	2	8	834
Total	709	325	6 676	142	3	26	5 618

Fonte: IBGE (2000)

A forma mais comum de escoamento de esgoto nas sedes municipais é a fossa rudimentar. Entretanto, em Acaraú, 41% das residências, as instalações sanitárias são inexistentes. Nos Distritos em questão, a ausência de instalação sanitária também é mais marcante, com aproximadamente 60% em Aranaú e 50% em Juritianha.

Segundo a tabela acima apresentada, mais de 90% dos esgotos produzidos nos Municípios são lançado sem tratamento nos corpos hídricos ou diretos ao solo, contribuindo para a depauperação da qualidade dos mananciais, seus usos, atividades econômicas e organismos aquáticos. Este problema também é detectado por Araújo *et al* (2006) na região do baixo Jaguaribe.

A precária situação de destino do lixo é também mostrada nos dados censitários. A forma mais adequada (coleta) é muito pequena. Este serviço é fornecido para apenas 31% e 26% das sedes de Cruz e Acaraú, respectivamente. Contudo, esta coleta realizada normalmente pelas prefeituras locais não é garantia de tratamento dos resíduos. A exceção ocorre indiretamente pela coleta e seleção de materiais realizada por catadores. O mais adequado, neste caso, seria a utilização de aterros sanitários como destino final do lixo, no entanto, em toda a

Bacia hidrográfica do Acaraú, apenas o município de Sobral possui este sistema na Bacia do Acaraú (Tabela 12).

Tabela 12: Número de domicílios particulares permanentes segundo a forma de destinação do lixo nos Municípios de Cruz e Acaraú

Municípios	Destino do Lixo					
	Coletado	Queimado na propriedade	Enterrado na propriedade	Outro destino		
				T. baldio ou logradouro	Rio, lago ou mar	Outro destino
Acaraú	1 744	2 354	1 094	752	45	609
Aranaú	157	895	234	419	15	9
Juritiânia	242	628	295	327	13	40
Cruz	1 153	1 373	129	957	9	6
Total	3296	5250	1752	2455	82	664

Fonte: IBGE (2000)

Sobre a situação de disposição e destino dos resíduos sólidos, tem-se que, a queima parece ser a mais comum das ações, o que corresponde cerca de 38% das localidades em questão. O problema desta prática está na liberação de gases tóxicos provenientes principalmente dos derivados de petróleo, como plásticos e isopores.

Os dados evidenciam a necessidade de maiores investimentos em políticas públicas que garantam a eficácia na promoção da saúde do meio ambiente, considerando este, a população residente nos Municípios avaliados, aqueles que se utilizam do rio como meio de vida, dos organismos aquáticos que necessitam de um ambiente saudável e da manutenção de todo o fluxo de energia necessários para o equilíbrio destes sistemas.

6.2 – Qualidade da água: análise e concentração

A água possui vários constituintes que são inseridos artificialmente ou fazem parte de sua constituição natural. Essa diversificação em sua composição depende de vários fatores, pois as contribuições são inúmeras.

Como contribuições naturais em estuários podem-se exemplificar os sais, oriundos de rochas e posteriormente das águas marinhas, e a chuva que carrega

consigo partículas sólidas e gases atmosféricos de elementos como magnésio e potássio.

Já as contribuições artificiais são inúmeras e resultam principalmente das formas de uso do solo. Varia desde a introdução pontual de dejetos humanos, ao escoamento superficial difuso em locais de práticas agrícolas.

A análise e quantificação destes componentes são importantes, pois refletem diretamente na qualidade da água, que por sua vez, pode interferir em toda a rede de relações ecológicas e econômicas já estabelecidas.

Sobre isso, Gastaldini e Mendonça (2003, p. 429) assinalam que: “a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos atua como fator determinante no processo de desenvolvimento econômico e social de uma comunidade”.

No estuário do Acaraú, parte do desenvolvimento econômico baseia-se de alguma maneira na água ou seu uso, seja a pesca, a carcinicultura, a agricultura ou a pecuária. Certamente, a realização destas atividades e das demais, estão interligadas à oferta e manutenção de uma boa qualidade dos mananciais.

A avaliação da qualidade da água depende da verificação de parâmetros e posterior comparação com os padrões pré-determinados pela legislação vigente. A Resolução CONAMA n° 357/2005, por exemplo, estabelece valores segundo as formas de uso.

Nesta pesquisa, consideraram-se valores alterados aqueles que estiveram acima do estipulado por essa legislação.

6.2.1 – Salinidade

A salinidade é uma informação importante, a partir dela, por exemplo, pode-se determinar os limites de um estuário. Ou ainda, estabelecer o padrão de qualidade da água utilizando a resolução CONAMA 357. Esta legislação estabelece inicialmente o nível de salinidade do corpo hídrico e posteriormente o classifica a partir deste nível, onde são recomendados valores limites dos demais elementos.

Assim a Resolução CONAMA n° 357/2005, em seu artigo 2º adota as seguintes classificações e seus valores para a salinidade: águas doces são aquelas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰, águas salobras possuem salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰ e águas salinas apresentam a salinidade igual ou superior a 30 ‰.

Com isso, a partir de uma média aritmética entre os valores de salinidade nos períodos de estiagem e chuva, determinou-se que o estuário do rio Acaraú classifica-se como de águas salinas, nas seções 01 e 02 e águas salobras nas demais .

A transição entre as seções 07 e 08, bem como a redução da salinidade destes locais no período chuvoso é evidenciada nas figuras 25 e 26.

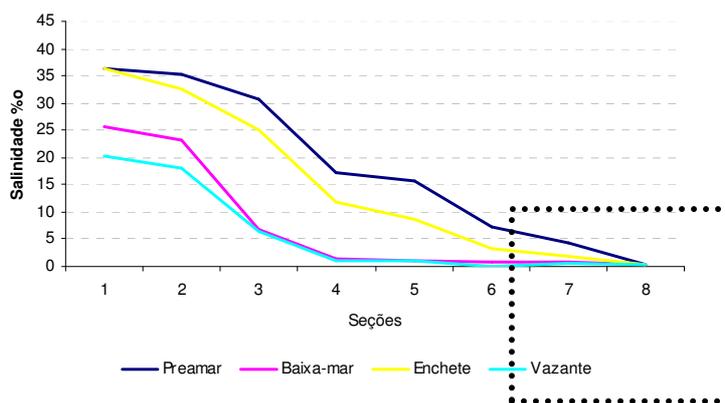


Figura 25: Distribuição longitudinal de salinidade no período chuvoso.

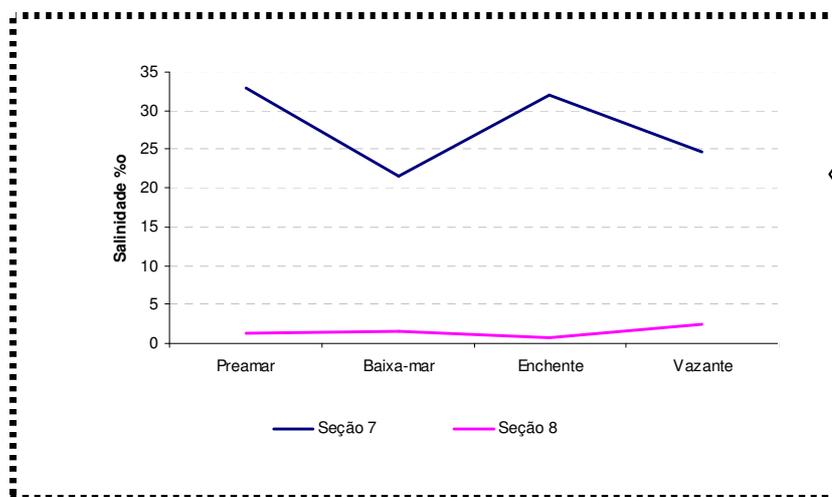


Figura 26 : Salinidade em período chuvoso nas seções 07 e 08.

A variação de salinidade está intrinsecamente ligada às questões climáticas como os níveis de precipitação pluviométrica e evaporação, bem como, com as oscilações de maré e descarga fluvial.

Assim, as concentrações de sais no local variaram entre 0,20 ‰ e 36,5 ‰ na estação chuvosa e na estiagem 0,68 ‰ e 40,1 ‰. Vale destacar que estes valores máximos e mínimos correspondem às seções 01 e 08.

As figuras 27 e 28 mostram a evolução da salinidade na estiagem.

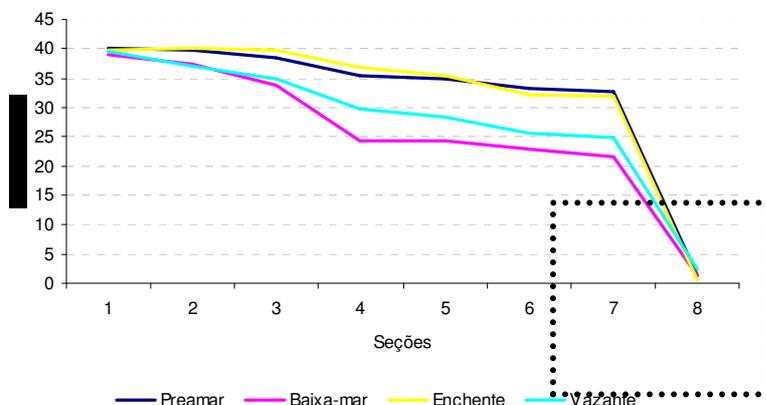


Figura 27: Distribuição longitudinal de salinidade no período de estiagem

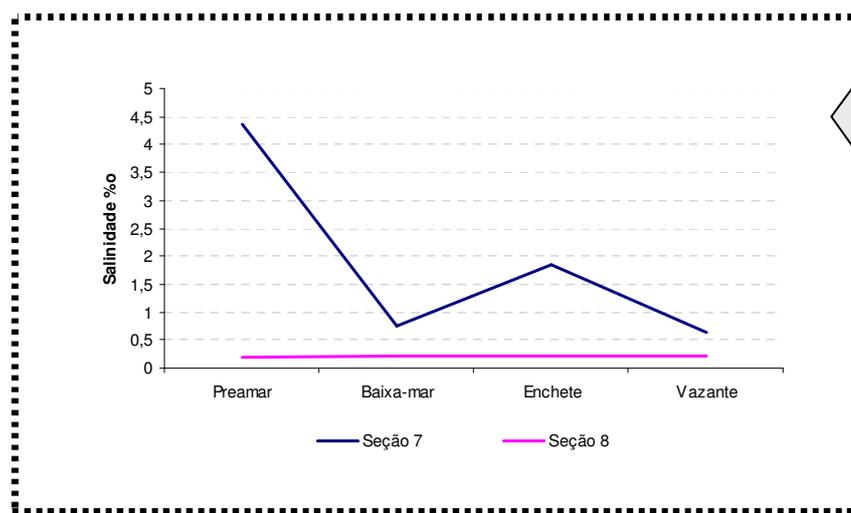


Figura 28 : Salinidade na estiagem em seções 07 e 08.

De acordo com o gráfico, no período chuvoso a entrada de água salgada é realizada de forma quase linear, onde as massas d'água adentram o estuário com

altos teores de salinidade até alcançar o setor 07 e 08 excepcionalmente em virtude dos valores de precipitação anual, daí, em razão da distancia, este valor decresce.

O padrão de salinidade na seção 08 modificou-se, não sendo o mesmo encontrado no trabalho de Sucupira (2006), onde anteriormente a classificação era de água doce (seção 08) e salobras nas demais seções. Isso pode se relacionar aos valores precipitados, como também ao aumento de pequenos barramentos ao longo do rio, o que resulta na diminuição do fluxo de água doce.

6.2.2 – Componentes bio-químicos de qualidade

6.2.2.1 – Coliformes Termotolerantes

Um dos elementos mais importantes na avaliação de qualidade da água é o teor dos coliformes termotolerantes (CTT), pois trata-se de um indicador de contaminação fecal. Essa avaliação é fundamental, pois a utilização de água com alto teor de coliformes pode ocasionar contaminação por organismos causadores de doenças a partir da ingestão ou contato com a água. Como ressalta Sucupira (2006, p 215).

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, desintéria bacilar e cólera.

Os valores de CTT estipulados na legislação variam de acordo com as formas de uso e encontram-se descritos na tabela 13.

Tabela 13: Valores de coliformes termotolerantes segundo o tipo uso

Tipos de Uso	Valor Máximo de CTT (NMP²)
Consumo para beber*	0
Cultivo de moluscos	88
Irrigação	200
Demais usos	1000
Balneabilidade**	Excelente (até 250) Muito Boa (até 400) Satisfatória (até1000)

*Portaria 518/2004 – MS

**CONAMA 274/2000

² NMP – Número mais provável em 100 mL.

A análise deste parâmetro foi realizada apenas nas seções 01 e 05. A escolha objetivou a verificação de uma possível entrada de poluentes no sistema estuarino (seção 05), assim como a quantificação ao final do rio (foz).

A variação dos CTT no estuário foi muito elevada. Como se previa, a seção 05 apresentou valores superiores à seção 01, sobretudo na estação das chuvas, que em maré de baixa-mar foram verificados 300 NMP de CTT. Esta seção é a mais próxima do perímetro urbano de Acaraú, além disso, é onde encontra-se a comunidade de Tamboa, bairro pobre do Município, com ausência de rede geral de esgoto, onde na maior parte destes domicílios se utiliza de instalações sanitárias rudimentares.

Vale destacar que o período chuvoso apresenta as maiores concentrações de CTT. Este dado também se relaciona as formas de uso do local, que permitem estes teores a partir da ausência de um mecanismo eficiente de saneamento, onde inúmeras substâncias são lançadas nos corpos d'água em virtude do escoamento superficial que carrega estes elementos.

Neste sentido, têm-se os leitos de rios e açudes assumindo o papel de corpo receptor final de elementos poluidores, resultando na contaminação de peixes e até mesmo de seres humanos que se utilizam dos recursos pesqueiros locais, ou ainda, quando utilizam a água contaminada para usos domésticos.

A redução dos valores correspondentes à seção, mais à jusante do estuário se justifica pelo potencial de depuração do sistema, dado o processo de mistura oceano-rio característico dos estuários. O gráfico a seguir mostra estas concentrações ao longo do trecho em foco, em marés de baixa-mar (BM) e preamar (PM) (Figura 29).

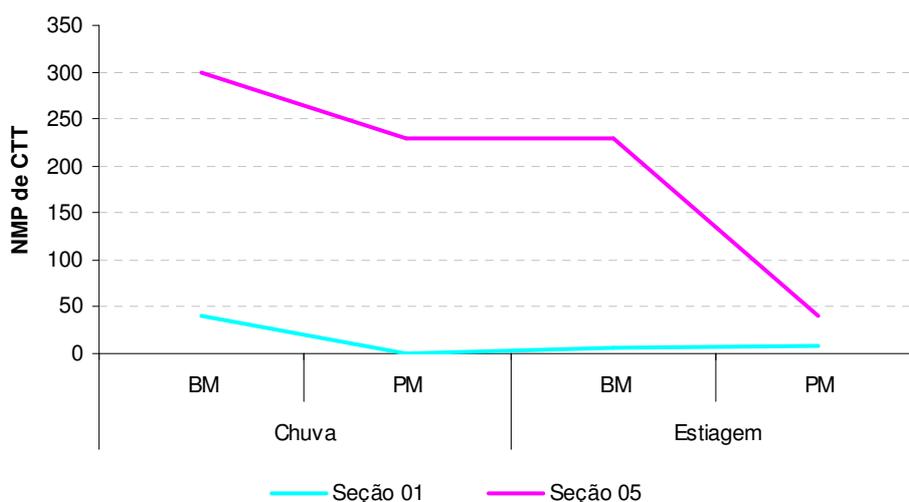


Figura 29 – Variação de CCT nas seções 01 e 05 nos períodos de chuva e estio

Segundo a Resolução CONAMA 274/2000, no que diz respeito à balneabilidade, atualmente o estuário em estudo se classifica entre excelente e muito bom.

Entretanto, no trabalho realizado por Sucupira (2006), os valores registrados na seção próxima ao perímetro urbano foram muito superiores aos verificados por esta pesquisa, variando entre 2700 e 130, respectivamente, na estação das chuvas e estiagem. Isso reforça a necessidade de novas avaliações e programa de monitoramento da qualidade da água no referido estuário, para posterior verificação da frequência deste tipo de poluente. Contribuindo assim para que as formas de uso do local sejam potencializadas, aproveitando melhor e de maneira adequada os recursos naturais.

6.2.2.2 – Oxigênio Dissolvido

A oxigenação de um corpo hídrico é muito importante para o bom desenvolvimento da vida aquática e daqueles que dela dependem. Para vários autores o oxigênio dissolvido (OD) é um dos principais parâmetros a serem considerados na avaliação da qualidade da água. Carmo (2003 apud Latuf 2004) diz que: “o oxigênio dissolvido na água tem a mesma importância para as comunidades aquáticas que o oxigênio para nós”.

O baixo teor de OD indica a presença e o recebimento de matéria orgânica, sendo que um dos maiores contribuintes para a sua redução nos ambientes aquáticos são os efluentes domésticos.

Durante o monitoramento, a concentração de OD no estuário esteve adequada em quase todos os pontos, apresentando-se abaixo do limite estabelecido apenas as seções 07 e 08 na estiagem em maré de baixa-mar, e novamente na seção 08 na estação chuvosa em preamar (Figura 30).

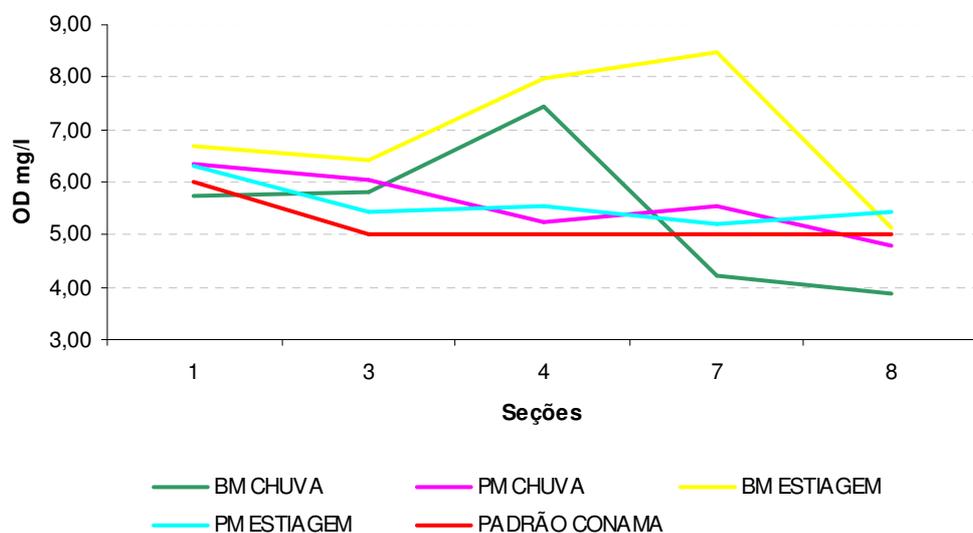


Figura 30 – Valores de OD encontrados no estuário do Acaraú

Estes valores das seções 07 e 08, em período chuvoso, podem indicar o carreamento de partículas orgânicas provenientes de efluentes domésticos, dejetos humanos ou animais das adjacências atuando para a diminuição na concentração de oxigênio.

6.2.3 – Concentração de nutrientes

6.2.3.1 – *Série Nitrogenada: Amônia, Nitrito e Nitrato.*

Outro elemento importante no estudo é o nitrogênio, que caracteriza-se por ser um gás encontrado em grandes quantidades na atmosfera, “representando 78% do ar da biosfera”(Mota, 2006, p. 29).

A principal forma de fixação da substância é realizada através dos processos biológicos, inicialmente por organismos vegetais, que posteriormente serão ingeridos pelo homem e animais, e que através de seus resíduos e da decomposição destes vegetais e animais, o nitrogênio é transformado em amônia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), que posteriormente passará a nitrito (NO_2^-) e por último sob a forma de nitrato (NO_3^-).

Artificialmente, estas substâncias são lançadas nos corpos hídricos a partir de esgotos domésticos e industriais, excrementos de animais, detergentes e agro-fertilizantes. Neste caso, teores muito altos de nitrogênio podem causar toxicidade a peixes e outros organismos, podendo até provocar eventos de mortandade em massa.

Para a análise da amônia, os valores estabelecidos na CONAMA nº. 357/2005, tanto para águas salinas quanto para as águas salobra classe I, estabelecem-se as concentrações de até 0,4 mg/L.

Os teores de amônia foram superiores aos estabelecidos por esta resolução (CONAMA), principalmente nas seções 03 e 04, sendo que o maior valor registrado ocorreu na primeira delas com 1,238 mg/L (Figura 31).

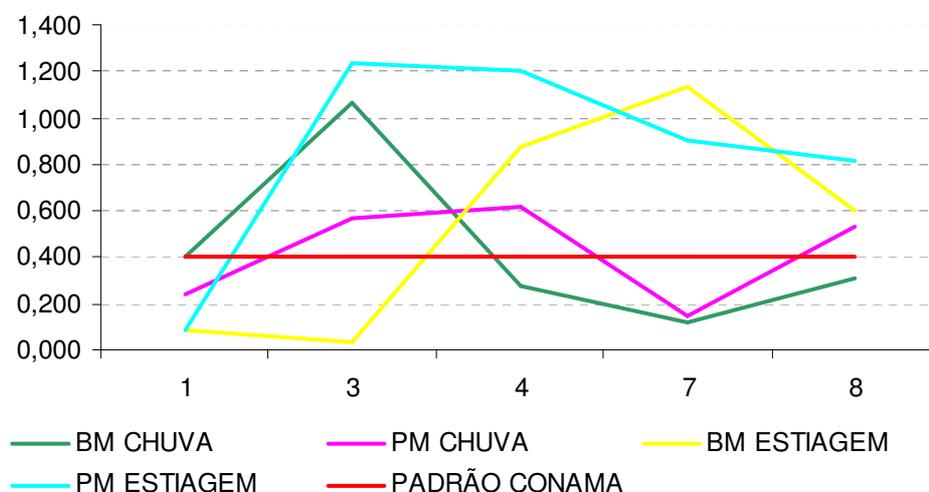


Figura 31: Variação na concentração de Amônia (mg/L)

Na seção 04, ao longo do ano, excetuando a maré de baixa-mar na estação chuvosa, todas as outras estiveram valores acima do limite. Na seção 07, em período chuvoso, os valores estiveram abaixo do recomendado.

Dentre estes nutrientes analisados no estuário em questão, o nitrito foi o que obteve as menores concentrações (Tabela 14).

Na estiagem, o composto esteve presente apenas na seção 04. Mesmo no período chuvoso, sua maior concentração esteve aproximadamente 10 vezes menor que a referência da Resolução CONAMA n° 357/2005.

Em todas as seções monitoradas, essa substância esteve abaixo das determinações da legislação. Segundo Esteves (1998, p 206), “o nitrito é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados”. O nitrito se transforma rapidamente em nitrato através da oxigenação, atribui-se a isso os baixos teores do nutriente, já que estuário do Acaraú encontra-se com bons valores de OD.

O nitrito normalmente apresenta baixos teores quando comparado aos demais nitrogênios (Feitosa 1996 apud Grego et al 2004, p. 194). Isso funciona como alerta, pois a elevação de seus valores indica que o ambiente está recebendo contribuições de matéria orgânica.

Tabela 14: Variação na concentração de Nitrito (mg/L)

Período	Maré	Seções				
		1	3	4	7	8
CHUVA	BM	0,0045	0,005	0,0030	0,005	0,003
	PM	0,0065	0,005	0,0025	0,003	0,004
ESTIAGEM	BM	0	0	0,0120	0	0
	PM	0	0	0,0120	0	0
PADRÃO CONAMA		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

As concentrações de nitrato estiveram presentes em todo o período monitorado, sobretudo na estiagem. Neste período e em preamar, com exceção do ponto 07, todos os valores mostraram-se acima do padrão.

Em contrapartida, na estação chuvosa nesta mesma fase de maré, não foram registrados valores elevados. Segundo a tabela 15, o maior valor encontrado da substância foi na seção 01 com 0,765 mg/L na estiagem e em maré baixa.

Tabela 15: Variação na concentração de Nitrato (mg/L)

Período	Maré	Seções				
		1	3	4	7	8
CHUVA	BM	0,757	0,059	0,025	0,076	0,028
	PM	0,345	0,229	0,342	0,009	0,085
ESTIAGEM	BM	0,765	0,625	0,505	0,395	0,560
	PM	0,495	0,510	0,605	0,560	0,090
PADRÃO CONAMA		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

No trabalho de Sucupira (2006), a amônia apresentou-se no período chuvoso abaixo do padrão CONAMA em todas as seções, já na estiagem, as seções 01 e 04 estiveram acima das recomendações. O Nitrito esteve abaixo do recomendado tanto na estiagem como na chuva, não ultrapassando o valor 0,1 mg/L. No entanto, o Nitrato, na estiagem esteve acima dos padrões em todas as seções, com exceção da seção 08 em maré de preamar. No período chuvoso apenas a seção 01 apresentou altos valores, com 0,757 mg/L.

Apesar dos valores de nitrogênio não se apresentarem tão elevados, se faz necessário a manutenção deste tipo de monitoramento que, por meio da verificação das características naturais do ambiente, pode verificar onde se encontra a alteração.

Para a Bacia inferior do Acaraú, Lacerda e Sena (2005) estimaram uma contribuição de nitrogênio de origem antrópica na ordem de 2.063 toneladas/ano, sendo que a carcinicultura e a pecuária foram as atividades de maiores emissões da substância com 743 e 595 toneladas/ano, respectivamente.

6.2.4 – Fósforo Total

O elemento fósforo na natureza é oriundo de rochas fosfatadas. Artificialmente, o fósforo é inserido nos corpos hídricos através da adição de adubos químicos e fertilizantes agrícolas em culturas permanentes e temporárias localizadas nas proximidades dos cursos hídricos; lançamento de efluentes domésticos e detergentes a partir da ausência de tratamento de esgoto, assim como, adição de dejetos animais oriundo de atividades pecuaristas.

Porém, o acúmulo dessa substância pode ocasionar a eutrofização dos corpos hídricos e posteriormente diminuir o teor de oxigênio dissolvido, resultando na mortandade de espécies aquáticas e desequilibrando a cadeia trófica.

Para o estuário do rio Acaraú, Lacerda e Sena (2005), estimaram uma contribuição oriunda da pecuária, efluentes domésticos e carcinicultura de aproximadamente 639 toneladas/ano. No trabalho de Sucupira (2006), na estiagem todas as seções apresentaram-se abaixo da Resolução CONAMA 357, no período chuvoso a variação esteve entre 0,1 e 0,720 mg/L.

Durante o período monitorado, a maior concentração da substância correspondeu à estação chuvosa, sobretudo no ponto 01, onde se pode perceber grande acúmulo do elemento, com 0,2760 e 1,7087 mg/L, respectivamente, em baixa-mar e preamar. Nesta seção, como também na 03, todos os valores estavam acima do indicado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (Tabela 16).

Tabela 16: Variação na concentração de Fósforo total (P) - mg/L

Período	Maré	Seções				
		1	3	4	7	8
CHUVA	BM	0,2760	0,0745	0,0526	0,3856	1,7525
	PM	1,7087	0,2585	0,4469	0,4469	0,1052
ESTIAGEM	BM	0,1062	0,1732	0,2706	0,1184	0,1427
	PM	0,0819	0,1549	0,1184	0,1217	0,0696
PADRÃO CONAMA		0,062	0,124	0,124	0,124	0,124

Já na estiagem, a maior concentração foi verificada no ponto 04 em baixa-mar com 0,2706. No entanto, a seção 03 apresentou alterações da substância tanto em maré baixa quanto em maré alta, com 0,1732 e 0,1549, respectivamente.

A figura 32 mostra a diferença entre os teores de fósforo em ambos os períodos monitorados. Assim como os coliformes termotolerantes, as alterações correspondentes ao período de chuva estão diretamente associadas ao volume precipitado, à lavagem de solo juntamente com o escoamento superficial que carrega as impurezas ricas em fosfatos para o leito fluvial, no local, particularmente dejetos de animais, efluentes de esgoto e resíduos de agrofertilizantes.

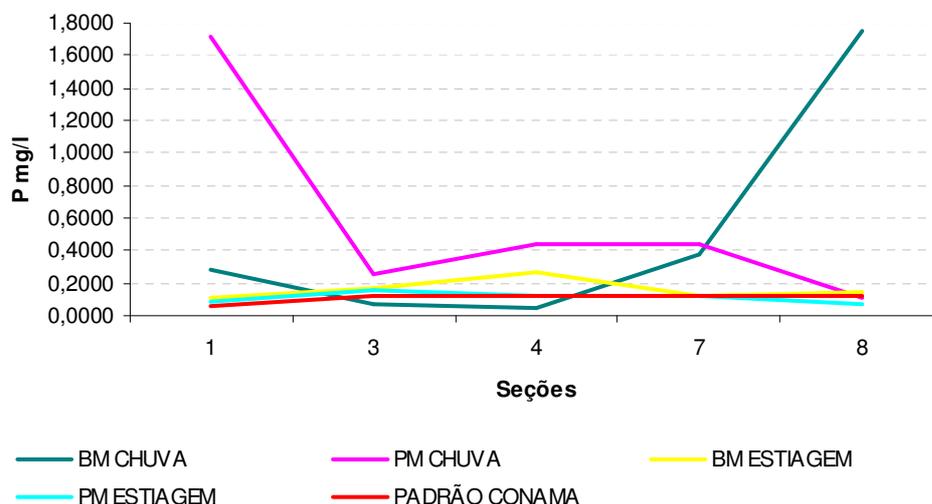


Figura 32: Variação de fósforo total durante o ano de 2006, em marés de preamar e baixa-mar.

Os teores de fósforo na seção 01 em período chuvoso, sobretudo em preamar, sugerem maiores contribuições das fazendas carcinicultoras instaladas neste setor do estuário.

Na estação chuvosa, o estuário mostra o potencial de depuração, principalmente entre as seções 07 a 03, percebe-se as altas taxas da substância na seção 07 e a redução das concentrações na seção 03. Os maiores valores correspondentes a maré de preamar podem estar associados ao grande volume de água que expande-se além do rio e arrasta os detritos próximos das margens.

6.2.5 – Concentração de Clorofila a

6.2.5.1 - Clorofila a

A clorofila a é uma substância que atua no processo de fotossíntese. Sua concentração na água diz respeito ao crescimento de algas e de outros vegetais. Ressalta-se que este parâmetro juntamente com o fósforo total é um bom indicador na avaliação do estado trófico das águas, o qual pode estar associado aos efluentes. Os valores de clorofila a estão representados na figura 33.

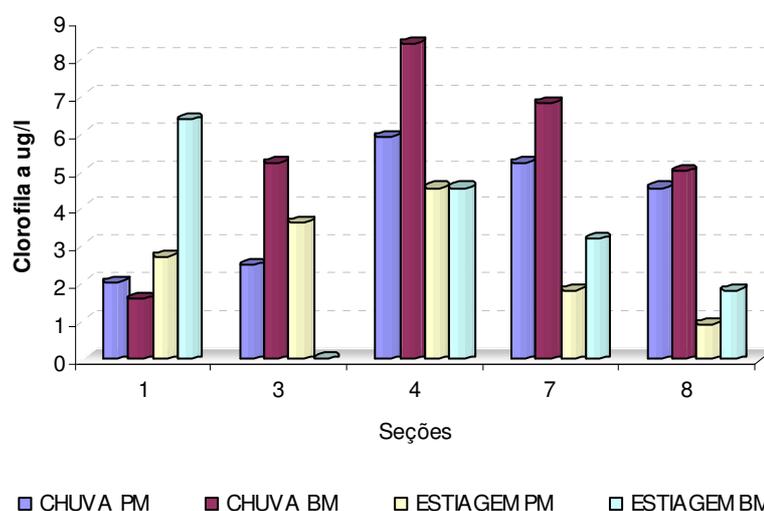


Figura 33: Variação de clorofila a durante o ano de 2006, em marés de preamar e baixa-mar.

Para esta avaliação, adotou-se neste trabalho a metodologia de Bricker *et al.* (2003), que foi aplicada pelo NOAA (National Ocean Service), nos estuários norte-americanos. A metodologia trata sobre os diferentes graus de trofia do ambientes estuarinos. A classificação segue de hipertrófico a oligotrófico, conforme tabela 17.

Tabela 17 – Níveis de trofia e respectivos valores de clorofila a

ESTADO TRÓFICO	VALORES em $\mu\text{g/l}$
Hipertrófico	> 60
Eutrófico	> 20 e \leq 60
Mesotrófico	> 5 e \leq 20
Oligotrófico	> 0 e \leq 5

Fonte: Bricker *et al.* (2003).

Conforme os resultados analisados, os valores de clorofila *a* demonstraram uma boa variação sazonal. Os valores máximos e mínimos foram 8,4 µg /l na seção 04 e zero na seção 03, respectivamente, em período chuvoso e seco.

Em virtude da classificação de trofia, fez-se uma média entre os valores de preamar e baixa-mar em ambos os períodos.

Na estiagem, todas as seções mantiveram-se como oligotrófico, onde o valor máximo encontrado foi de 6,37 µg/l. Na estação chuvosa, apenas as seções 1 e 2 classificaram-se como oligotrófico, as demais enquadraram-se em mesotrófico, onde o maior valor foi de 8,4 na seção 04.

6.2.6 – Concentração de óleos e graxas

6.2.6.1 – Óleos e graxas

A junção dos elementos estranhos lançados no rio acarreta, sobretudo, o comprometimento da qualidade ambiental e por conseqüência a degradação e empobrecimento da paisagem natural. No entanto, a junção de óleos e graxas provocam alterações químicas na água, com perceptível aparência heterogênea.

As latas de alumínio, plásticos, isopores, vidro e restos de construção não causam prejuízo direto a qualidade da água, porém, seu acúmulo reduz a qualidade estética (figura 34). Entretanto, a ingestão destes como óleos e graxas (O e G) e de outros elementos por peixes e mamíferos acabam por prejudicar o ritmo natural destas espécies, comprometendo também outros organismos vivos que se alimentam destes animais, como o homem.

Os óleos e graxas lançados indistintamente, além de afetar as características naturais da água, podem comprometer ainda, a vida aquática, o solo, modificando sua composição, os vegetais, inibindo seu crescimento e a balneabilidade e estética da água reduzindo e/ou limitando seu potencial de uso (figura 35).

Em virtude do desconhecimento de um local adequado e seguramente da legislação vigente, o lançamento destas substâncias é realizado rotineiramente por pescadores. Em vários trechos do rio, é notável uma faixa “oleosa” na superfície da água que se concentra principalmente próximo ao porto pesqueiro .



Figura 34: Lançamento de isopores no leito do rio



Figura 35: Disposição inadequada de óleo as margens do rio. Ao fundo embarcações em manutenção.

A coleta de água foi realizada apenas no porto e na seção 01, para que se pudessem estimar os valores da principal contribuição (porto) e do exutório do rio. Segundo a classificação da Resolução CONAMA 357/2005 para este estuário, é necessário a ausência de óleos e graxas. No entanto, estes valores chegam a ser 9 vezes superiores, como no caso da seção do porto em maré de preamar.

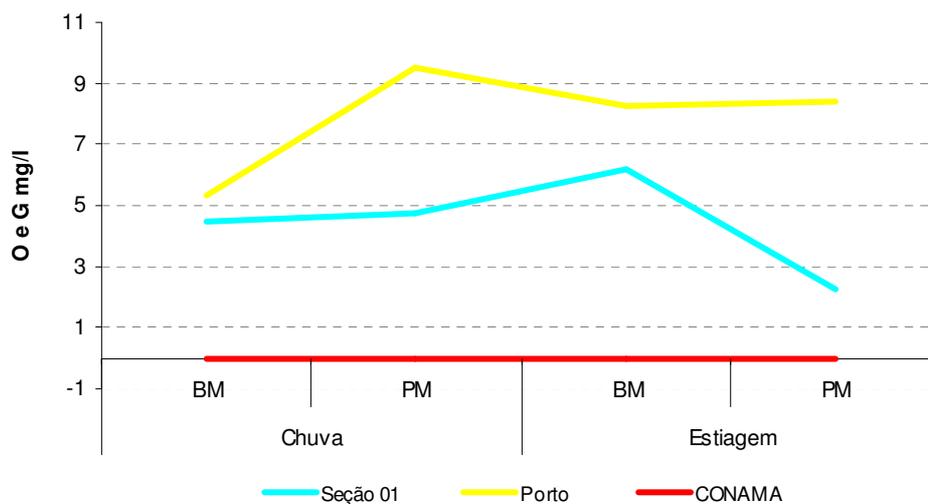


Figura 36 – Valores de O e G encontrados durante o monitoramento

Durante o período monitorado, não foi comprovada uma homogeneidade nos valores de O e G, visto que, na foz os valores variaram ao longo do ano de 2,27 a 6,2 e no porto estes se apresentaram entre 5,35 e 9,5. Ou seja, o lançamento destes elementos é realizado de forma indiscriminada e deve ser melhor observado para futuras comprovações.

6.3 – Estimativas de cargas de poluentes

Sabendo que um rio é um sistema aberto de trocas de matéria e energia com os demais sistemas a ele interligados, e que um estuário é sua porção terminal responsável pela diluição de substâncias. Entende-se então, que a influência da Bacia de drenagem e principalmente as práticas degradantes em locais adjacentes ao manancial, são as responsáveis pelo comprometimento da qualidade da água.

Assim, tem-se a entrada do elemento estranho, que transita pelo corpo hídrico, alcançando posteriormente o Oceano. Ou seja, a análise a ser percebida neste momento da pesquisa é o transporte e comportamento das substâncias no sentido montante-jusante.

Na estação chuvosa, a maior entrada de amônia acontece nas proximidades da seção 04 e vai aumentando conforme chega à foz. Esta situação é nitidamente percebida na maré de baixa-mar, pois normalmente correspondem às maiores concentrações de substâncias poluidoras, a exemplo de efluentes.

Já na estiagem, a seção 07 apresenta uma elevada carga de amônia com $2,79 \times 10^2$ g/s, que cresce abruptamente para $1,10 \times 10^1$ g/s na seção 04 e segue decrescendo rumo à boca do estuário (Figura 37).

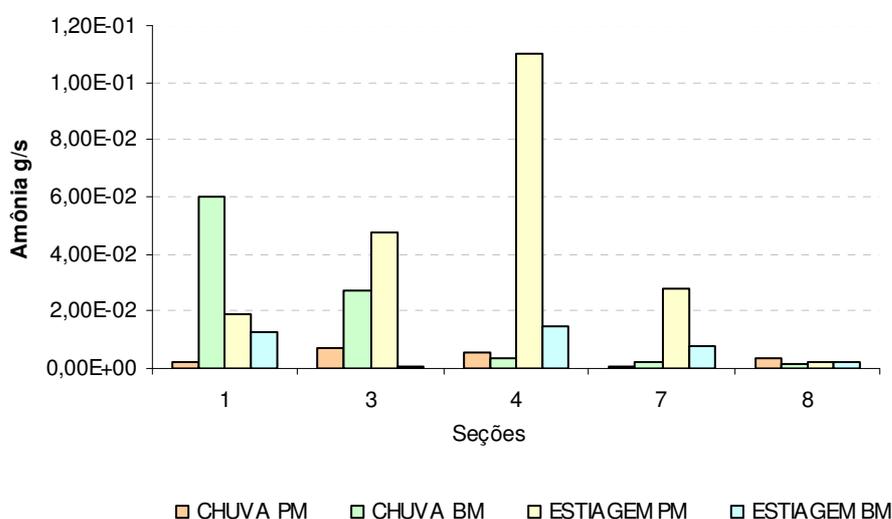


Figura 37: Variação sazonal das cargas de amônia no estuário em marés de preamar e baixa-mar.

Escouto (1996, p. 51), relata que altos valores de amônia nas proximidades da foz podem estar relacionados à contribuição oceânica que pode encontrar-se em maiores quantidades que no rio.

Porém no Acaraú, quando comparado à salinidade, as concentrações de amônia apresentam-se inversamente proporcional, sobretudo na estiagem, quando estes valores são baixos na foz e crescem continente adentro; já a salinidade é alta na foz e vai reduzindo até chegar na seção 08.

No que diz respeito ao nitrito, em virtude de suas baixas concentrações, as cargas também são quase inexistentes, como verificado na estiagem, que obteve

apenas dois registros do elemento, novamente na seção 04, com o valor máximo de $1,10 \times 10^3$ g/s. (Figura 38).

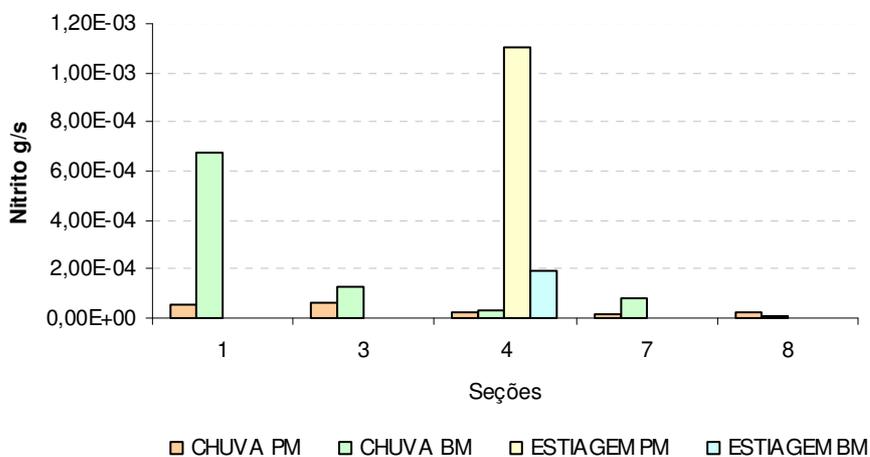


Figura 38: Variação sazonal das cargas de nitrito no estuário em marés de preamar e baixa-mar.

O período chuvoso apresentou uma variação maior. Os valores de cargas das seções aumentam à medida que se aproximam da foz, com as máximas de $6,73 \times 10^4$ e $1,28 \times 10^4$ g/s, nas seções 01 e 03 em maré baixa.

Comparando os valores de amônia com os de nitrito, e sua elevação na região da foz, pode-se presumir que no local ocorra a retenção de águas ricas em amônia que se transforma em nitrito, que por sua vez é rapidamente oxidado passando a nitrato, esta retenção pode estar relacionada à presença do banco de areia instalado no local.

Sendo que as alterações dos valores na região de jusante são também percebidas nas cargas de nitrato. A seção 01 demonstrou os maiores valores, sobretudo na estiagem com elevadas cargas tanto na preamar com $1,04 \times 10^1$ g/s quanto na baixa-mar $1,08 \times 10^1$ g/s (Figura 39).

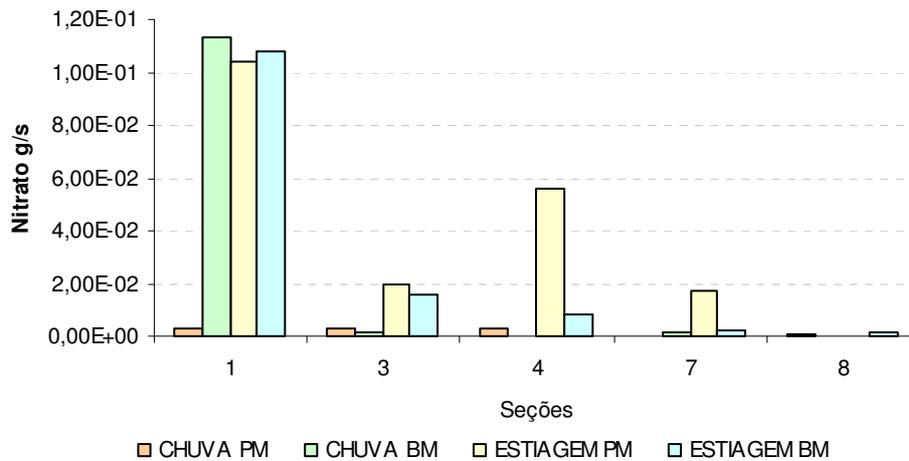


Figura 39: Variação sazonal das cargas de nitrato no estuário em marés de preamar e baixa-mar.

Repete-se também o crescimento das cargas na estiagem a partir do setor 07, aumentando na seção 04 e seguindo elevado à medida que se aproxima da porção terminal do rio.

O comportamento do fósforo no período monitorado foi semelhante aos demais nutrientes. Logo na seção 08, as cargas se iniciam com $6,43 \times 10^4$ em fase de baixa-mar, se mantém com valor aproximado na seção seguinte. A diminuição do teor é brusca nas seções 04 e 03 com uma queda de aproximadamente 54%, voltando a aumentar para $4,12 \times 10^2$ na seção 01, valor que corresponde ao mais alto encontrado. (Figura 40).

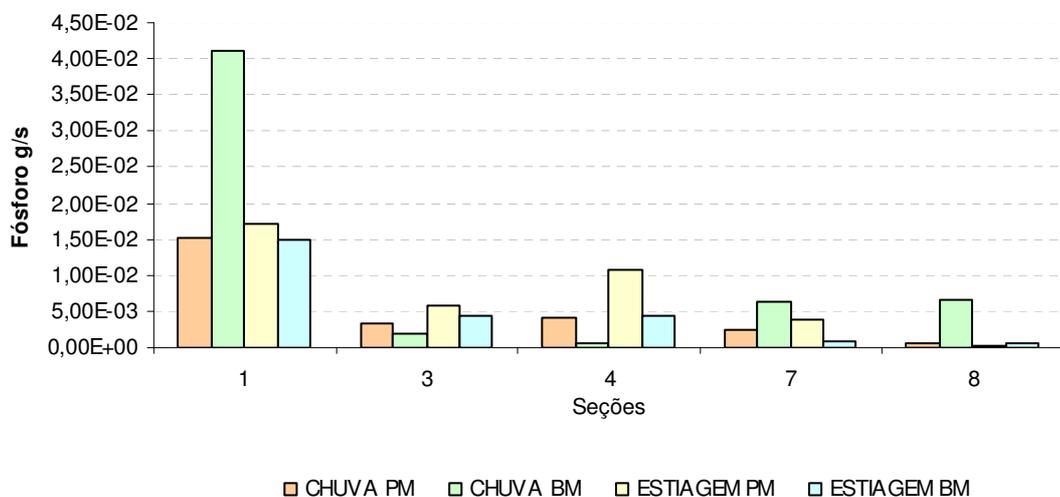


Figura 40: Variação sazonal das cargas de fósforo total no estuário em marés de preamar e baixa-mar.

Tanto na estiagem quanto na chuva ocorreu em maré de preamar um crescimento considerável nas cargas de fósforo, respectivamente, de 34% e 60% da seção 07 para a 04, decrescendo na 03 e voltando a elevar-se no ponto 01, cerca de 4 vezes maior que a outra seção.

Esta redução de valores certamente está relacionada à contribuição de um rio afluente do Acaraú que deságua neste setor 03, ocasionando possivelmente a diluição das substâncias. Tal fato foi verificado nas cargas de nitrato, fósforo e clorofila *a*.

Medições realizadas por Grego *et al* (2004, p. 189) no estuário do rio Timbó – PE, demonstram um crescimento de clorofila *a* desembocadura adentro, que é justificado pela diluição dos nutrientes na região da foz. Situação oposta é verificada no estuário do rio Acaraú, com comportamento inverso ao pernambucano.

A concentração clorofila *a* na maré baixa do período chuvoso cresce no sentido montante-jusante, variando entre 18,88 e 237,63 µg. Já na preamar na estiagem, revelou o comportamento já descrito, com crescimento a partir da seção 07 rumo à seção 01, e uma considerável redução no setor 03.

Em média, as cargas de clorofila *a* foram maiores no período de estiagem que no período chuvoso, podendo estar associado com o aumento da transparência na água, já que no período chuvoso é grande o carreamento de material para o leito fluvial, como também com a elevação nos teores de nutrientes (Figura 41).

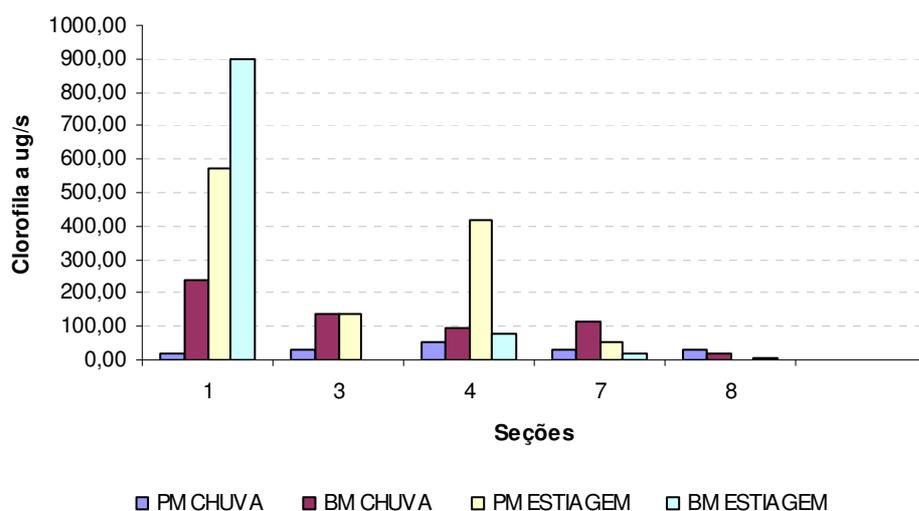


Figura 41: Variação sazonal das cargas de clorofila a no estuário em marés de preamar e baixa-mar.

Os elementos concentrados na foz sugerem o impedimento da entrada de água suficiente para a promover a depuração destas substâncias. O que indica que a água proveniente da drenagem fluvial adicionada de elementos poluidores encontra-se estagnada nesta região em virtude do banco de areia instalado na boca do rio. Este banco estreita desembocadura e pode influenciar nos demais processos hidrodinâmicos, bem como na navegação do rio .

6.4 – Análise quantitativa de Sólidos Suspensos Totais (SST)

Os sedimentos em suspensão de um corpo hídrico podem ter distintas fontes, os processos erosivos e o intemperismo das áreas interiores da Bacia e locais adjacentes aos corpos hídricos são os mais atuantes, através dos mecanismos de transporte. Entretanto, as formas desordenadas de ocupação do solo com o comprometimento da vegetação ribeirinha, contribuem consideravelmente para o aumento destas partículas.

Deve-se destacar que as cargas suspensas correspondem às frações mais finas (silte e argila) e por isso estão sujeitas à dinâmica natural do ambiente.

A força imposta pelo fluxo bilateral dos agentes dinâmicos na região de transição rio-oceano, sobretudo pela atuação deste último a partir dos movimentos

de correntes e marés, são os principais responsáveis pelo transporte de sedimentos nos estuários. Porém, este mecanismo se comporta de maneira distinta, de acordo com a fase de maré na qual se encontra inserido.

Para Santos *et al.* (2001, p. 231), “sedimentos são materiais erodidos e suscetíveis de transporte e deposição”. Neste sentido, segundo Pinheiro (2003, p. 134),

A circulação dos sedimentos em um sistema estuarino é um processo cíclico com erosão do leito na fase de enchente e deposição na preamar, voltando à erosão na vazante e deposição na maré baixa, repetindo-se o processo com a nova enchente.

Ou seja, as partículas permanecem em suspensão em virtude da ação das correntes, juntamente com as marés, que as mantêm em suspensão onde posteriormente seu próprio peso tende a levá-las para baixo.

Estes processos de erosão-deposição e posteriormente a concentração de sedimentos na água podem ter origens oceânicas e fluviais. A fase de erosão fluvial é produto das contribuições das vertentes da Bacia, margens desprotegidas de vegetação ciliar e aterros próximos ao leito do rio, a partir de atuação de alguns agentes como o escoamento superficial, ventos e cheias esporádicas.

O aumento da concentração de partículas sedimentares está diretamente relacionado com as características do ambiente, especialmente com as formas de uso aplicadas no local. Particularmente no estuário do Acaraú, são fatores preponderantes para o volume de SST do curso d'água a partir dos processos erosivos, a manutenção ou não de vegetação ciliar, as contribuições oriundas de canais de despescas das carciniculturas e a impermeabilização dos solos que potencializam o escoamento superficial e erodem os solos e encostas.

No estuário do Acaraú, a sazonalidade e os fatores climáticos interferem contribuindo para diferentes valores de concentração dos sedimentos, comparando-se os períodos de chuva e estiagem. No último período a média de concentração foi 03 vezes mais elevada que na estação das chuvas.

O trabalho realizado por Dias (2005, p. 124), no complexo estuarino Timonha - CE/Ubatuba – PI, demonstrou que as concentrações médias de SST na

estiagem também foram 03 vezes superiores que no período de chuvas. Estes valores na estiagem se justificam, porque o fluxo fluvial é menor, permitindo uma maior entrada de água salgada no sistema estuarino e, conseqüentemente, o predomínio dos agentes oceânicos locais.

Contudo, além de outros fatores hidrodinâmicos, nos estuários que estão inseridos em regiões de climas de transição como o semi-árido nordestino, onde há forte variação temporal e espacial da precipitação, deve-se observar cuidadosamente a variação da salinidade ao longo dos pontos de monitoramento, podendo ocorrer um avanço com aumento da salinidade nos períodos de estio mais severos.

Este fato foi comprovado no estuário do Acaraú, quando em Sucupira (2006), o ponto 08 foi classificado como água doce, enquanto que nas medidas atuais realizadas para esse estudo, foi verificada salinidade média acima de 0,83 ‰, o que caracteriza este ponto como água salobra.

A maior concentração de sólidos na estiagem foi registrada na seção 01 em maré de vazante totalizando 208 mg/L, o segundo maior valor foi de 132,5 mg/L em maré de enchente e no ponto 02 (Tabela 18). Esta mesma seção também apresentou um grande volume de sólidos no período chuvoso, sendo o maior valor encontrado na enchente com 42,3 mg/L.

Estas seções apresentam tais valores de SST por estarem localizadas muito próximas à foz do estuário, motivo pelo qual apresentaram elevadas velocidades de corrente promovendo a remobilização de grandes quantidades de sedimento, formando um extenso banco arenoso com aproximadamente 200 metros, diminuindo de forma significativa a largura do canal fluvial.

Este processo, entre outros aspectos, pode contribuir fortemente na modificação da morfologia da foz, alterações na hidrodinâmica, além de possível comprometimento ou limitação à navegação neste setor.

Na seção 02, observa-se um maior adensamento da vegetação de mangue nas margens, enquanto no meio no canal fluvial, por ocasião da baixa mar, fica exposto um extenso banco arenoso com características texturais de areia

grossa com biodetritos, inclusive rica em fauna intersticial, predominando bivalves do tipo unha-de-velho (*Bivalvia*, *Pelecypoda*, família *Solecurtidae*), entre outros muito coletados pelos habitantes locais.

Tabela 18 – Variação das concentrações de sólidos suspensos totais (mg/L) nas seções de coleta do estuário do rio Acaraú (2006).

Seção	Período de Chuva		Período de Estiagem	
	Enchente	Vazante	Enchente	Vazante
1	28,9	25,1	114,5	208
2	42,3	13	132,5	106,5
3	25,5	18,6	76	70
4	31,7	21,1	62	59,5
5	23,5	23,2	46	60
6	38,1	22,8	66,5	47
7	27,3	27,6	72	56
8	4,2	7,6	7	3
Média	27,69	19,88	72,06	76,25
Valor Máximo	42,3	27,6	132,5	208
Valor Mínimo	4,2	7,6	7	3

Ao longo do período das campanhas de campo, as menores concentrações de SST foram registradas na seção 08, a qual possui o predomínio fluvial, com sua dinâmica e características peculiares. Nos dois períodos de análise, os valores estiveram entre 3 mg/L e 7,6 mg/L em maré de vazante. Neste setor há uma considerável atividade de mineração com retirada de areia e argila para uso na construção civil. Essa atividade que ocorre fora dos padrões determinados pela legislação vigente é ambientalmente inadequada e está presente em diversos trechos ao longo do rio Acaraú.

Observa-se também neste setor, dentro do canal fluvial, uma grande quantidade de entulho do tipo “bota-fora” de obras civis, que podem promover o aterramento e modificando também o padrão de escoamento do fluxo de água e sua interação com substrato.

Outro fator que contribui para redução de sedimentos é a diminuição da drenagem à montante da seção, dado os constantes barramentos ao longo da Bacia, que costumam ser de pequeno a grande porte como no caso do açude

Jaibaras no município de Sobral. Isso, associado à pequena velocidade de corrente, pode responder pela baixa concentração de sedimentos em suspensão.

As concentrações de SST são maiores nas proximidades da foz e vão decrescendo em direção a seção mais à montante. A figura a seguir mostra longitudinalmente estas variações, e ainda, que no ponto 7 existe um pequeno pico que pode estar relacionado com a contribuição do volume sólido e líquido de um tributário localizado naquela porção.

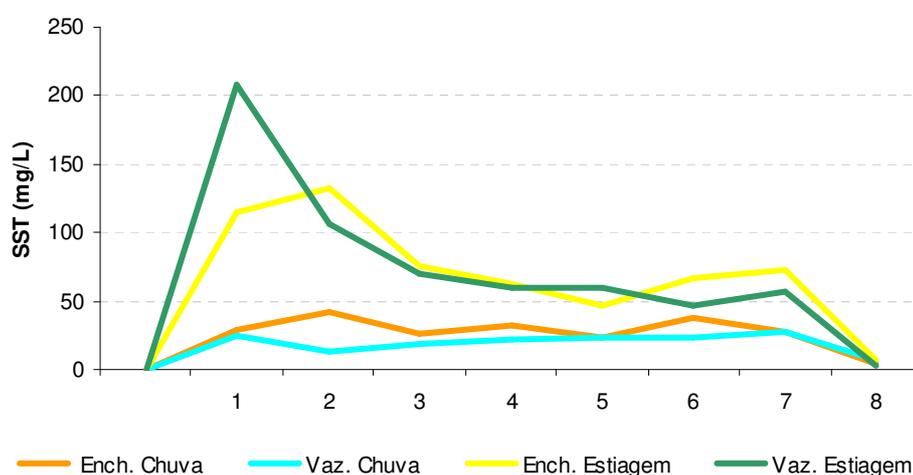


Figura 42 - Variação longitudinal de SST nos períodos de chuva e estiagem

As cargas das partículas sólidas estão associadas a duas questões principais: a primeira é a área de cada seção, que neste caso variou entre 447,5 m² e 45,8m², nos pontos 01 e 06, respectivamente; e a segunda é a velocidade de corrente que no caso da porção do estuário sob a influência da maré salina, o domínio pertence às variações da maré. O restante do estuário fica subordinado ao fluxo oriundo da drenagem fluvial. Uma outra questão importante que deve ser destacada é a disponibilidade/quantidade de sedimentos ao longo do rio.

Considerando a variação da carga detrítica, o estuário demonstrou a redução desta no sentido jusante-montante. Onde as maiores taxas corresponderam à região da foz.

O período chuvoso apresentou baixos valores de cargas de sedimentos, sobretudo quando comparado ao outro momento monitorado (Figura 43). Estes valores não ultrapassaram 1,5 g/s na vazante. As seções 06 e 07 apresentaram as menores taxas com 0,006 g/s nas marés de vazante e enchente, respectivamente. Tal fato pode estar relacionado à capacidade de transporte (caudal) do rio, que atua como um espigão hidráulico e não permite o avanço desses sedimentos rio adentro no período.

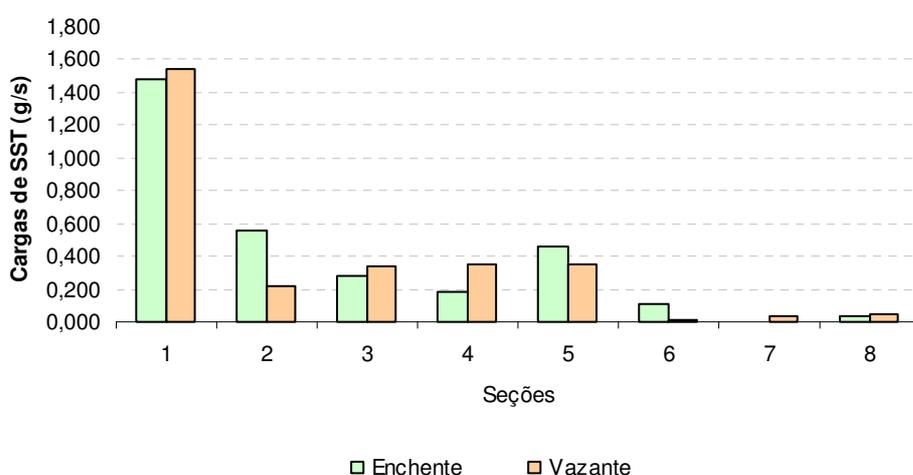


Figura 43 – Transporte longitudinal de sedimentos no estuário em marés de enchente e vazante no período de chuva

Na estiagem, a descarga sólida observada foi de aproximadamente 23 g/s na seção 01 em maré de vazante. Esta disparidade de valores está relacionada à ausência da força fluvial que antes reduzia a penetração das partículas sólidas oriundas do oceano.

Segundo Maia (1998 apud DIAS 2005)

“É necessário definir o volume de material transportado pelo estuário durante a estiagem pois, sob essas condições, o estuário pode funcionar como sumidouro de sedimentos, extraindo material da deriva litorânea.”

Comparado ao período chuvoso, a seção 08 foi o único local onde ocorreu a redução do volume de cargas, dada à diminuição da drenagem fluvial. Este valor passou de 0,036 g/s (enchente) e 0,049 g/s (vazante) para 0,021 g/s e 0,009 g/s nas mesmas fases (Figura 44). No restante das seções houve um

considerável aumento dessa taxa, já que a média entre as fases monitoradas foi de 0,38 g/s na chuva e de 4,48 g/s na estiagem.

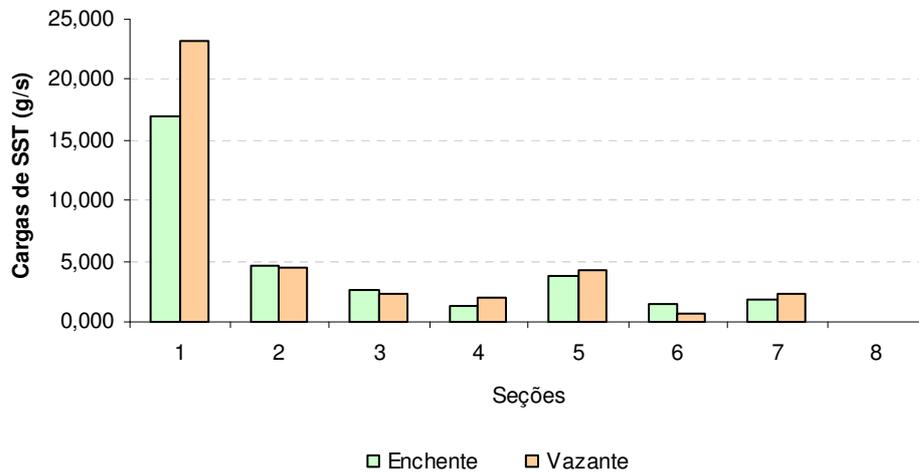


Figura 44 – Transporte longitudinal de sedimentos no estuário em marés de enchente e vazante no período de estiagem

A figura a seguir apresenta o balanço entre a entrada de sedimentos com valores positivos (enchente) e a saída destes com valores negativos (vazante).

Segundo os resultados, a seção 08 apresenta-se com valores praticamente nulos entre o balanço de entrada e saída, o que sugere a diminuição nas contribuições à montante da Bacia estuarina. Já a seção 06 demonstra a necessidade de importação de material sedimentar da ordem de aproximadamente 0,67 g/s.

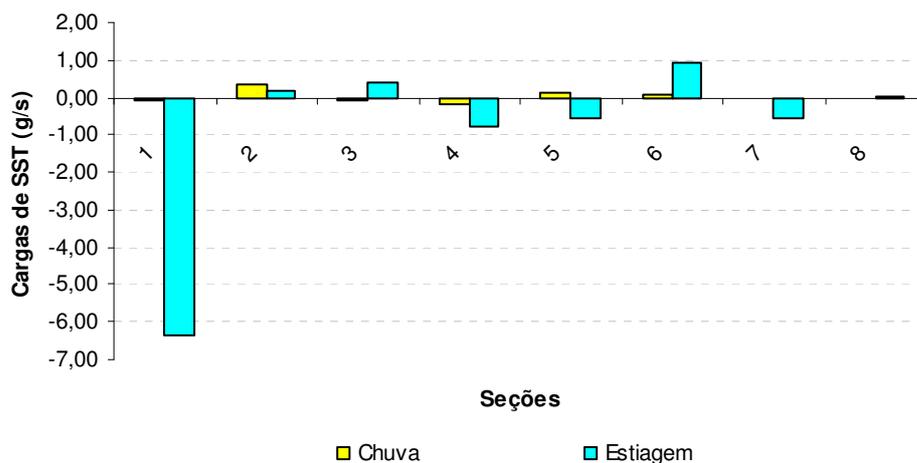


Figura 45 – Variação sazonal da descarga de SST em marés de enchente e vazante nos períodos de chuva e estiagem

A seção 01, no entanto, apresentou um padrão exportador, sobretudo na estiagem, isso pode ter relação com a remobilização de sedimentos do banco de areia instalado no local. A taxa de exportação na desembocadura do rio é da ordem de 251 ton /ano.

Considerações Finais

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo maior deste trabalho foi verificar as atuais condições de uso e ocupação do solo na região do estuário do rio Acaraú, bem como levantar os principais impactos ao ambiente, sobretudo o aquático. Nesse sentido foi fundamental o financiamento do Banco Mundial por meio do Projeto PRODETAB 016-01-01 intitulado “Gestão racional de Bacias hidrográficas na região de caatinga de modo a manter o seu uso sustentável na agricultura irrigada”, que teve sua coordenação realizada pela EMBRAPA – Agroindústria Tropical.

Para tanto, inúmeros procedimentos foram realizados, como: o reconhecimento dos atributos ambientais, coleta de dados de campo que objetivaram diagnosticar a qualidade da água, levantamento das principais formas de uso e seus impactos, e verificação da cobertura de saneamento básico da região em estudo, dentre outros.

No que diz respeito aos sistemas ambientais, foram identificados três principais. A planície litorânea (faixa praias, campos de dunas e planície fluvio-marinha), a planície fluvial e os tabuleiros costeiros. Destaca-se que em termos de ocupação do solo para diversas finalidades como expansão urbana e obras estruturais, os tabuleiros pré-litorâneos são os ambientes mais indicados. No entanto, é na planície fluvial onde se possui condições privilegiadas de solo e suprimento de água, é neste local onde comunidades menos favorecidas financeiramente se instalam em setores legalmente e ambientalmente inapropriados.

As formas de uso e ocupação do solo são as mais distintas, entretanto foram identificadas três principais com suas peculiaridades e divisões, são eles: uso dos recursos hídricos, os agroecossistemas e os usos agropecuários.

Os usos dos recursos hídricos no local em questão são múltiplos, destacando-se o agrícola, doméstico, para navegação e recreação. No entanto, percebeu-se que a irrigação é responsável por mais de 84% desta demanda.

Certamente este consumo é justificado pela grande importância da atividade. Porém, a situação de disponibilidade de água é delicada, deve-se ter cautela em relação ao desperdício, o uso de tecnologias de irrigação mais modernas

e investimentos neste setor já podem contribuir para a resolução deste e outros problemas.

A carcinicultura é outra atividade amplamente realizada na região de estudo. São dezenas de fazendas do ramo, o que corresponde a aproximadamente 69,47 km² destas instalações. O maior problema relacionado a esta atividade é a qualidade da água da despesca lançada no rio Acaraú, que pode conter altos teores de fósforo e nitrogênio, além de outras substâncias potencialmente poluidoras.

Os agroecossistemas locais foram representados pelo extrativismo vegetal e a agropecuária. O primeiro, remete a extração de lenha que em 2005 somaram 42.130 m³ de material. A exploração de carnaúba também é bastante pronunciada, porém, normalmente é realizada de maneira sustentável, sua produção foi em torno de 103 toneladas.

Já a agropecuária tem seu importante papel representado pela a atividade agrícola local e a pecuarista. Foi verificado que as principais culturas da região são: a banana, coco-da-baía, manga, batata doce, feijão, mandioca ou macaxeira, melancia e o milho. A maior parte destas culturas corresponde a realidade alimentar da maioria da população nordestina, como o cuscuz derivado do milho, a farinha oriunda da macaxeira e o baião de dois que é composto pelo feijão. A criação de animais é amplamente pronunciada e percebida por toda a região, com destaque para a criação de aves e bovinos. No entanto, os caprinos que são os animais mais bem preparados para as condições aturais do Nordeste, não tiveram tanto empenho de criação.

Quanto a identificação dos impactos ambientais, percebeu-se que o lançamento de efluentes foi o mais contundente. A partir da setorização da região de estudo pode-se identificar com o auxílio de uma listagem de verificação (*check-list*), qual o setor com maior número de impactos. Nesse sentido, a região do alto curso da Bacia estuarina foi o que obteve maior concentração de problemas. Esta classificação se deu principalmente pela presença dos dois matadouros públicos e da exploração mineral irregular largamente realizada no local.

O procedimento utilizado (*check-list*) permite uma visualização simples e didática acerca dos impactos ambientais reconhecidos no estuário, principalmente

quando analisados de forma integrativa entendendo as relações e os processos envolvidos.

Sobre as condições de saneamento básico nos Municípios de Cruz e Acaraú (sedes), bem como seus Distritos, a ausência desta estrutura constitui-se como um dos principais fatores de comprometimento de qualidade da água. Percebeu-se que quantitativamente, a cobertura deste tipo de serviço é insuficiente e muitas vezes inadequada.

A situação mais precária é relativa à ausência de instalações sanitárias que correspondem a 41% do total dos domicílios. Isso é alarmante diante da grande utilização de poço ou nascente como fonte de abastecimento água, sendo 41% Acaraú e 60% Cruz. Esta dependência de uso das águas subterrâneas reforça a necessidade de práticas adequadas referentes aos resíduos sólidos e ao lançamento de efluentes.

O serviço de rede pública de esgoto é fornecido para apenas 5% das residências, quando o abastecimento de água chega a 37%. Estas disparidades de valores é preocupante, pois há um descompasso entre a entrada de água nos domicílios e sua saída sob forma de esgoto. Ou seja, os domicílios atendidos pelas demais formas de escoamento dos efluentes domésticos são superiores aqueles servidos por rede geral.

Segundo o IBGE, quase a totalidade de esgoto produzido na região de estudo é lançado sem tratamento nos corpos hídricos ou direto ao solo, contribuindo para a depauperação da qualidade dos mananciais, seus usos, atividades econômicas e organismos aquáticos. Isso se comprova com os registros de teores de coliformes termotolerantes detectados nas águas estuarinas.

Sobre as concentrações de Coliformes termotolerantes, no que diz respeito à balneabilidade o estuário em estudo, se classifica entre excelente e muito bom. Entretanto, em trabalhos anteriores os valores registrados na seção próxima ao perímetro urbano foram muito superiores aos verificados por esta pesquisa, variando entre 2700 e 130, respectivamente, na estação das chuvas e estiagem. Isso reforça a necessidade de novas avaliações e programa de monitoramento da

qualidade da água no referido estuário para posterior verificação da frequência deste tipo de poluente.

De uma forma geral, a chuva, a partir de sua atuação foi um componente que contribuiu diretamente no carreamento de substâncias e posterior aumento dos poluentes. A exemplo dos coliformes termotolerantes e fósforo total, que neste período tiveram em média 142,5 NMP de CTT e 0,5507 mg/L de P.

Durante o monitoramento, a concentração de oxigênio dissolvido no estuário esteve adequada em quase todos os pontos, apresentando-se abaixo do limite estabelecido apenas as seções 07 e 08 na estiagem em maré de baixa-mar, e novamente na seção 08 na estação chuvosa em preamar.

Sobre a série nitrogenada, apesar dos valores não se apresentarem tão contundentes, se faz necessário à manutenção deste tipo de monitoramento, que por meio da verificação das características naturais do ambiente pode verificar onde se encontra a alteração.

Os teores de fósforo apresentam-se elevados ao longo do ano, principalmente nas seções 03 e 04, variando entre 0,4469 e 0,1732 mg/L. Porém é na seção 08 em que ocorre o pico da substância com 1,7525, valor 14 vezes superiores ao recomendado pela CONAMA nº357/2005.

Deve-se destacar que é nas adjacências desta seção onde o *check-list* também identificou o maior número de impacto ambiental. Estes teores de fósforo estão relacionados principalmente a atividade agrícola amplamente realizada à montante do ponto de monitoramento, além de outras contribuições já mencionadas, que são comuns no local, como contribuição por efluentes domésticos, detergentes e dejetos animais.

Em relação a concentração de clorofila *a*, percebeu-se que em média o período chuvoso possui 4,72 µg /L, o que segundo a classificação de trofia corresponde a oligotrófico. Na estiagem, a classificação se manteve a mesma, pois a média encontrada nas estações de monitoramento foi de 2,96 µg/L. Esta classificação se baseia nos níveis de trofia proposto por Bricket *et al.* (2003), onde a variação entre 0 e 5 correspondem a ausência de trofia, ou seja, oligotrófico.

De acordo com a classificação da Resolução CONAMA 357/2005, para este estuário é necessário a ausência de óleos e graxas. No entanto, estes valores chegam a ser 9 vezes superiores, como no caso da seção do porto em maré de preamar. Certamente esta situação é preocupante, pois de uma forma geral, os principais usuários daquele setor do rio são os pescadores, que lançam estas substâncias rotineiramente, pela ausência de um local apropriado, ou talvez por não saberem que estão contribuindo negativamente para o ambiente flúvio-marinho.

Sobre a variação nas cargas de poluentes, as de clorofila *a*, em média, mostraram-se maiores na estiagem que no período seco, podendo estar associado com o aumento da transparência na água, já que no período chuvoso é grande o carreamento de material para o leito fluvial, como também com a elevação nos teores de nutrientes.

De um modo geral, as cargas dos nutrientes, amônia, nitrito, nitrato e fósforo, apresentaram o seguinte comportamento ao longo do leito do estuário: um grande volume nas proximidades da seção 04, uma queda abrupta na seção 03 e a elevação dos valores na seção 01. Isso indica que nas seções 01 e 04 existem maiores contribuições de fontes pontuais que, respectivamente, foram identificadas como efluentes de carcinicultura e possíveis efluentes domésticos, juntamente com dejetos animais.

E ainda, os valores de elementos concentrados na foz sugerem o impedimento da entrada de água suficiente para promover a depuração destas substâncias. O que indica que a água proveniente da drenagem fluvial adicionada de elementos poluidores encontra-se estagnada nesta região em virtude do banco de areia instalado na “boca” do rio, estreitando a desembocadura e influenciando nos demais processos hidrodinâmicos associados.

Estes relatos, demonstram a atual situação ambiental do local em estudo e descrevem que mesmo pequenas contribuições, muitas vezes percebidas como nulas, podem comprometer a qualidade do ambiente como um todo, mais especialmente do recurso hídrico. Os impactos ambientais, bem como as formas inadequadas de uso do solo interferem diretamente no recurso hídrico, haja vista

que os parâmetros analisados demonstraram que os locais de maiores impactos correspondem às seções com maiores concentrações de substâncias.

Acredita-se que são necessárias medidas urgentes que visem cessar ou diminuir os problemas ambientais do local em apreço. Não apenas com obras que melhorem e aumente a infra-estrutura de saneamento, medida importante enfaticamente abordado ao longo do texto. Como também, a adoção de ações de conscientização acerca da natureza ou programas de educação ambiental, com o intuito de que os usuários do rio e moradores locais que também fazem parte do meio ambiente daquele lugar, entendam e percebam as características e peculiaridades naturais, aprendendo a conviver com estes fatores e a contribuir para a melhoria do local, acima de tudo, que cada um seja agente responsável pelo ambiente em que vive, o que interfere não apenas em escala local ou regional, mas também na escala global.

Estas medidas se tornam muito mais efetivas com a contribuição de toda a sociedade civil, principalmente se a partir de organizações já estabelecidas e respeitadas como associações de pescadores e comitês de Bacias, no caso específico a do Acaraú.

Finalmente, espera-se que desta pesquisa sejam retiradas informações úteis que possam contribuir para o planejamento ou gestão de estuários, regiões adjacentes e de Bacias hidrográficas. Contudo, acredita-se que a pesquisa sobre a região estuarina, em causa ainda não foi esgotada. Estas considerações referem-se apenas ao cumprimento dos objetivos propostos para este trabalho. Porém, restam inúmeras questões a serem abordadas em novos trabalhos e pesquisas.

Bibliografia

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, L. Q. **Análise geoambiental como subsídio ao planejamento territorial do município de Maracanaú, CE.** 2005. 235p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2005.

ALVES, A. B. *et al.* **Diagnóstico das águas do estuário do rio Acaraú – Ceará.** In: VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Gravatá-PE, 2006.

ANA (2005). Plano nacional de recursos hídricos. Disponibilidade e demanda por águas superficiais e subterrâneas no Brasil. Brasília 2005.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19. Ed. Washigton, 1998.

ARAÚJO, L. F. P. *et al.* O saneamento básico na gestão dos recursos hídricos. In EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS – EMBRAPA: Agroindústria Tropical. Gestão Sustentável no Rio Jaguaribe, Ceará. Fortaleza. 2006. 47- 62p.

ARAÚJO, L.F.P. O processo de gestão da água no Ceará: o contexto da Bacia hidrográfica do Jaguaribe. In EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS – EMBRAPA: Agroindústria Tropical. Gestão Sustentável no Rio Jaguaribe, Ceará. Fortaleza. 2006. 17- 23p.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental.** São Paulo: Prentice Hall. 2002. 305p.

BRAGA, B. *et al.* A reforma institucional do setor de recursos hídricos. In REBOLÇAS, A. C. *et al.* Águas doces no Brasil – Capital ecológico, uso e conservação. 3ª Ed. São Paulo: Escrituras. 2006. 639-674p.

BRASIL, Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei nº. 7 661**, de 16 de maio de 1988. Brasília – DF.

BERNARDES, J. A. e FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza. In CUNHA, S.B e GUERRA, A.J.T. A questão ambiental – Diferentes Abordagens. 2ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005. 17-42 p.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global – Esboço Metodológico. **Caderno de Ciências da Terra** nº 13. IGEOG – USP. São Paulo, 1969

BERTRAND, G. e BERTRAND, C. O Geossistema: Um espaço-tempo antropizado-esboço de uma temporalidade ambiental. In: Passos, M. M. Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá. Ed. Massoni, 2007.

BOTELHO, R. G. M. & SILVA, A.S. (2004). Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: Reflexões sobre a Geografia física no Brasil. VITTE, A.C. & GUERRA, A.J.T. (Org). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 153-192 p.

CABRAL, *et al.* Os estuários do Nordeste do Brasil e o desenvolvimento sustentável: usos múltiplos e impactos. O estuário do rio Timbó como um estudo de caso. **Tropical Oceanography** , Recife, v.33, n. 2, p. 193 – 204. 2005.

CAPO, S. *et al.* Morphology, hydrography and sediment dynamics in a mangrove estuary: The Konkoure Estuary, Guinea. **Marine Geology**, 230 (2006) 199–215

CHRISTOFOLETTI, A. A teoria dos sistemas. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, n.2, p. 43-60, 1971.

IPECE. **Anuário estatístico**. IPECE, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª Ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 1980. 187 p.

COELHO, P. A. *et al.* O manguezal. In: LEÇA, E. E.; LEITÃO, S. N. e COSTA, M. F. Oceanografia um cenário tropical. Recife: Bagaço. 2004. 641-688 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução N° 357 de 17 de março de 2005**, publicado no D.O.U. de 28/04/2005. Brasília – DF. Disponível em: www.conama.gov.br

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução N° 001 de 23 de janeiro de 1986**, publicado no D.O.U. de 17/2/86. Brasília – DF.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. 4ª Ed. São Paulo. Ed. Ática, 2000. 94p.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1994. 211-25 p.

CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. Degradação Ambiental. In GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 337-381 p.

CUNHA, S. B.; FREITAS, M. W. D. Geossistemas e Gestão Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio São João-RJ. **Geographia**, Rio de Janeiro, ano 6, nº 12, p. 87-110. 2004.

DIAS, C.B. **Dinâmica do sistema estuarino Timonha/Ubatuba e suas implicações ambientais, Ceará – Brasil**. 2005. 145p. Dissertação (Mestrado. Ciências Marinhas tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS – EMBRAPA: Agroindústria Tropical. **Contexto geoambiental das Bacias hidrográficas dos rios Acaraú, Curu e baixo Jaguaribe – estado do Ceará**. Fortaleza. 52p. Documentos 101, 2005.

ESCOUTO, F. M. B. **Análise de nutrientes presentes nas águas e sedimentos do estuário do Rio Ceará**. 1996. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 1996.

FREIRE, G. S. **Étude hydrologique et sedimentologique de l'estuaire du rio Pacoti (Fortaleza-Ceará-Brésil)**. 1989. tese (Doutorado) – Universidade de Nantes, França, 1989.

FUNCEME. **Mapeamento, levantamento e caracterização de áreas potenciais para a implementação de projetos de carcinicultura no Norte e Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Funceme, 1989, 203p.

- GIRÃO, R. **Pequena história do Ceará**. Série A. Documentário vol. 5, 1971.
- GIRÃO, R. **Os Municípios cearenses e seus Distritos**. Fortaleza, 1983.
- GOMES, E. T. A. *et al.* **Levantamento do uso e ocupação do solo e identificação de zonas homogêneas na Bacia do rio Ipojuca**. (Relatório de Consultoria). Recife. (2005?)
- GORAYEB, A. **Análise Geoambiental e dos Impactos na Bacia hidrográfica do rio Curu – Ceará – Brasil**. . 2004. 141p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2004.
- GREGO, C. K. S. da; FEITOSA, F. A. N.; SILVA, M. O. e MONTES, M. J. F. Distribuição espacial e sazonal da clorofila a fitoplanctônica e hidrológica do estuário do rio Timbó (Paulista-PE). **Tropical Oceanography**, Recife, V.32, n.2, p.181-199, 2004.
- HERMES, L. B e SILVA, A de S. **Avaliação da qualidade das águas**. Embrapa Informações Tecnológicas. Brasília. 2004.
- HESPANHOL, I. Água e Saneamento básico. In REBOUÇAS, A. da C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª edição. São Paulo: Ed. Escrituras, 2006. 269-324 p.
- IBGE. **Enciclopédia dos Municípios brasileiros**. XVI volume. Rio de Janeiro, 1959.
- IBGE (2001). **Censo Demográfico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.
- IBGE. **Cidades**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 08 de Abril de 2007.
- IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro, 2006.
- LACERDA, L. D. e SENA, D. L. **Estimativas de cargas de nitrogênio, fósforo e metais pesados de interesse ambiental para Bacias inferiores do litoral do estado do Ceará**. Relatório final. Fortaleza (2005), 62 p.
- LATUF, M. O. Diagnóstico das Águas Superficiais do Córrego São Pedro, Juiz de Fora – MG. **Revista Geografia**, vol. 13, n.º1. (2004). Londrina, p 21-54.

LIMA, C. A. Aspectos e impactos ambientais nos perímetros irrigados públicos da Bacia do Curu – CE. 2005. 195p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2005.

MACIEL Jr. P. **Zoneamento das águas**. Belo Horizonte: RC editora gráfica Ltda. 1ª Edição, 2000.

MARCELINO, R. L.; SASSI, R. CORDEIRO, T. A. e COSTA, C. F. Uma abordagem sócio-econômica e sócio-ambiental dos pescadores artesanais e outros usuários ribeirinhos do estuário do Rio Paraíba do Norte, estado da Paraíba, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, V.33, n.2, p.179-192, 2005.

MEDEIROS, C. e KJERFVE, B. Hydrology of a Tropical System: Itamaracá, Brazil. **Estuarine, Coastal and Science** (1993) 36, 495-515

MILLER, J. G. **Living systems basic concepts**. In Behavior Science, 1965.

MIRANDA, L.B. de; CASTRO, B. M. de e KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo. 2002.414p.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil**. 2ª Ed. São Paulo: Annalumbre. 2007. 323p

MOTA, S. **Preservação e conservação dos recursos hídricos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: ABES. 1995. 200p.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 4a Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 388p.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.253-308p.

NASCIMENTO, F. R. do. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável – escalas de necessidades humanas e manejo ambiental integrado. **Geographia**, Rio de Janeiro, ano 6, nº 12, p. 111-125. 2004.

NASCIMENTO, F. R. do. **Degradação ambiental e a desertificação no Nordeste brasileiro: o contexto da Bacia hidrográfica do rio Acaraú – CE.** 2006. 370p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2006.

NISHIDA, A. K.; NORDI, N. e ALVES, R. R. N. Abordagem Etnoecológica da Coleta de Moluscos no Litoral Paraibano. **Tropical Oceanography**. Recife: v.32, n.1, p. 53-68, 2004.

PAIVA, J. B. D. e PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas.** ABRH. Porto Alegre, 2003. 628p.

PEREIRA-FILHO, J.; SCHETTINI, C. A. F.; RÖRIG, L. e SIEGLE, E. Intratidal variation and net transport of dissolved inorganic nutrients, POC and chlorophyll a in the camboriú river estuary, Brazil. **Estuarine, Coastal and Science** (2001) 53, 249-257.

PINHEIRO, L. S. **Riscos e gestão ambiental no estuário do rio Malcozinhado, Cascavel – CE.** 2003. 165p. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

PROJETO ORLA: fundamentos para gestão integrada. Brasília: MMA/SQA; Brasília: MP/SPU, 2002. 78p.

SANTIAGO, M. F.; PASSAVANTE, J. Z. O. e SILVA-CUNHA, M. G. G. Caracterização de parâmetros físicos, químicos e biológico em ambiente hipersalino, estuário do rio Pisa Sal (Galinhas, Rio Grande do Norte, Brasil). **Tropical Oceanography**, Recife, V.33, n.1, p.39-55, 2005.

SANTOS, L. *et al.* **Hidrometria Aplicada.** Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba, 2001. 372p.

SARAIVA, A. S. C. **Produção primária de biomassa no estuário do Tejo - estudo da variabilidade das descargas.** 2001. 170 p. Monografia (Conclusão de Curso) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2001.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E. e CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos. RIMA 2004. 140p.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo dos Geossistemas**. Métodos em Questão. São Paulo: n° 16. IGEOG – USP, 1977.

SOUZA, M. J. N. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. p 5-104.

SOUZA, M. J. N *et al.* Diagnóstico geoambiental da Bacia hidrográfica do rio Acaraú, Ceará. **Relatório de Pesquisa**. Fortaleza. 2005.

SUCUPIRA, P. A. P. **Indicadores de degradação ambiental dos recursos hídricos superficiais no médio e baixo vale do rio Acaraú – CE**. 2006. 242 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2006.

REBOUÇAS, A. da C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. **Água doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Estudos Avançados, USP. 1997.

SILVA, A. M. et al. **Erosão e hidrossedimentologia em Bacias hidrográficas**. São Carlos, SP: Ed. Rima. 2004.

SUGUIO, K. **Rochas sedimentares: propriedades, gênese, importância econômica**. São Paulo. Edgard Blücher. 1980. 500p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Paulo: Ed. Rima IIE, 2005.

VIEIRA, V.P.B. e GONDIM FILHO, J.G.G. Água doce no semi-árido. In REBOUÇAS, A. da C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª edição. São Paulo: Ed. Escrituras, 2006. 481-505 p.