



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DIAGNÓSTICO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO AÇUDE  
BODOCONGÓ EM CAMPINA GRANDE - PB**

**AUREAN DE PAULA CARVALHO**

**CAMPINA GRANDE - PB  
JULHO - 2007**

**AUREAN DE PAULA CARVALHO**

**DIAGNÓSTICO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO AÇUDE  
BODOCONGÓ EM CAMPINA GRANDE - PB**

Dissertação submetida ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande como exigência parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

**Área de concentração:** Irrigação e Drenagem  
**Linha de Pesquisa:** Monitoramento e Controle da Degradação Ambiental

**Dr. JOÃO MIGUEL DE MORAES NETO  
Dra. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA  
ORIENTADORES**

Campina Grande  
2007



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

C331d

2007 Carvalho, Aurean de Paula.

Diagnóstico da degradação ambiental do Açude de Bodocongó em Campina Grande - PB / Aurean de Paula Carvalho.— Campina Grande, 2007.

97f.: il..col.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)— Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: João Miguel de Moraes Neto, Dr., Vera Lúcia Antunes de Lima, Dra.

1. Açude Bodocongó. 2. Degradação ambiental. 3. Recurso hídrico. 4. Geoprocessamento. I. Título.

CDU-556.551(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

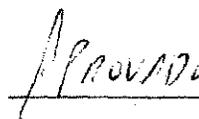
AUREAN DE PAULA CARVALHO

DIAGNÓSTICO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO AÇUDE BODOCONGÓ EM  
CAMPINA GRANDE-PB

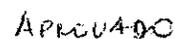
BANCA EXAMINADORA

PARECER

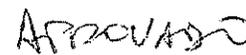
  
Dr. João Miguel de Moraes Neto - Orientador

  
APROVADO

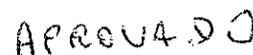
  
Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima - Orientadora

  
APROVADO

  
Dr. Augusto Francisco da Silva Neto - Examinador

  
APROVADO

  
Dr. José Dantas Neto - Examinador

  
APROVADO

JULHO - 2007

## AGRADECIMENTOS

A Deus, Onipotente, Criador de todas as coisas, pelo milagre da existência.

A meus pais, Alexandre Pereira de Carvalho e Ana de Paula Carvalho, por conduzirem meus passos desde cedo com sabedoria e simplicidade, ensinando-me sempre as coisas corretas buscando solidificar meu caráter.

A meus amigos e familiares, que souberam compreender o motivo de minha ausência durante este momento de minha caminhada.

A Luis Nery e sua família pelo apoio nos momentos iniciais desta caminhada.

Aos orientadores João Miguel de Moraes Neto e Vera Lúcia Antunes de Lima pela colaboração e pelas observações preciosas que resultaram no enriquecimento deste trabalho.

Aos companheiros Maria de Fátima Fernandes e Miguel José da Silva, pela colaboração dispensada durante a realização deste trabalho.

Aos funcionários do curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, em especial Rivanilda Sobreira Diniz, pela receptividade dispensada e dedicação com que desempenha seu trabalho.

### **Dedico**

A minha esposa, Maria Anunciada, companheira digna de todas as considerações, pelo amor, compreensão e estímulo em todos os momentos;

Aos meus queridos filhos Adrian Moagne e Yves Lean pelo carinho, amizade, amor e compreensão que tiveram pelas horas de ausência da convivência familiar que meu estudo lhes subtraiu;

A meus pais, Alexandre Pereira de Carvalho e Ana de Paula Carvalho e aos meus familiares com quem reparto o êxito de minha vitória.

## ÍNDICE

<b>RESUMO .....</b>	<b>XVI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XVII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS .....	3
1.1.1 <i>Geral</i> .....	3
1.1.2 <i>Específicos</i> .....	3
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>5</b>
2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	5
2.2 AÇUDE.....	6
2.3 CLIMA .....	7
2.4 GEOMORFOLOGIA .....	9
2.5 GEOLOGIA .....	9
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
3.1 ÁGUA NO CONTEXTO ATUAL.....	11
3.2 USOS MÚLTIPLOS .....	20
3.2.1 <i>Abastecimento Doméstico</i> .....	21
3.2.2 <i>Abastecimento Industrial</i> .....	22
3.2.3 <i>Irrigação</i> .....	22
3.2.4 <i>Harmonia Paisagística</i> .....	22
3.2.5 <i>Recreação</i> .....	23
3.2.6 <i>Preservação da Fauna e da Flora</i> .....	23
3.2.7 <i>Lazer Contemplativo</i> .....	23
3.2.8 <i>Práticas Esportivas</i> .....	24
3.2.9 <i>Aqüicultura</i> .....	24
3.2.10 <i>Diluição, Transporte e Disposição Final de Efluentes</i> .....	24
3.3 POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS .....	25
3.4 POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS .....	26
3.5 DEGRADAÇÃO E POLUIÇÃO AMBIENTAL .....	27
3.6 FONTES DE POLUIÇÃO .....	30
3.7 MONITORAMENTO E QUALIDADE DE ÁGUA.....	30
3.7.1 <i>Temperatura da Água</i> .....	34

3.7.2	<i>Condutividade Elétrica da Água (CE)</i> .....	35
3.7.3	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i> .....	35
3.7.4	<i>Oxigênio Dissolvido (OD)</i> .....	36
3.7.5	<i>Nitrogênio Total e Fósforo Total</i> .....	36
3.7.6	<i>Coliformes Totais (CT)</i> .....	38
3.7.7	<i>Sólidos Totais</i> .....	38
3.8	IMPACTOS NO MEIO URBANO .....	39
3.9	SENSORIAMENTO REMOTO .....	41
3.10	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) .....	42
<b>4.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>44</b>
4.1.	METODOLOGIA .....	44
4.1.1	<i>Análise Digital</i> .....	44
4.1.2	<i>Análise de Água</i> .....	45
4.1.2.1	<i>Metodologia de Campo</i> .....	46
4.1.2.2	<i>Metodologia de Laboratório</i> .....	46
4.1.3	<i>Usos Múltiplos de Água</i> .....	46
4.1.4	<i>Correlação com Legislação Ambiental e Literatura Técnica</i> .....	47
4.2.	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA.....	47
4.2.1.	<i>Pontos de Coleta</i> .....	47
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>51</b>
5.1	FONTES DE DEGRADAÇÃO .....	51
5.2	QUALIDADE DE ÁGUA .....	64
5.2.1	<i>Precipitação Pluviométrica</i> .....	63
5.2.2	<i>Temperatura da Água</i> .....	63
5.2.3	<i>Oxigênio Dissolvido (OD)</i> .....	64
5.2.4	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i> .....	66
5.2.5	<i>Condutividade</i> .....	67
5.2.6	<i>Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)</i> .....	67
5.2.7	<i>Nitrogênio Total</i> .....	68
5.2.8	<i>Fósforo Total</i> .....	70
5.2.9	<i>Coliformes Fecais</i> .....	71
5.3	USOS IDENTIFICADOS .....	71
5.3.1	<i>Lazer</i> .....	71

5.3.2 <i>Abastecimento Industrial</i> .....	73
5.3.3 <i>Lavagem de veículos</i> .....	73
5.3.4 <i>Pesca Amadora</i> .....	74
5.3.5 <i>Dessedentação de Animais</i> .....	75
5.3.6 <i>Irrigação</i> .....	76
5.3.7 <i>Piscicultura</i> .....	77
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>78</b>
<b>7. SUGESTÕES</b> .....	<b>80</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>82</b>
<b>9. ANEXOS</b> .....	<b>96</b>

## LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Localização da área de estudo.....	6
Figura 2	Clima da área de estudo.....	8
Figura 3	Geomorfologia da área de estudo.....	9
Figura 4	Total de água doce da Terra.....	13
Figura 5	Distribuição de água doce na Terra.....	13
Figura 6	Situação atual das captações de água doce no Brasil por setor.....	14
Figura 7	Pontos de coleta ao longo do açude de Bodocongó.....	48
Figura 8	Ponto Um (PI) estrangulamento do açude.....	48
Figura 9	Ponto Dois (PII) próximo à captação industrial.....	49
Figura 10	Ponto Três (PIII) próximo à captação de água para piscicultura e irrigação.....	50
Figura 11	Ponto Quatro (PIV) captação de água para irrigação do Horto Florestal.....	50
Figura 12	Despejos de efluentes industriais lançados clandestinamente em diversos pontos do açude através de galeria de águas pluviais.....	52
Figura 13	Processos erosivos ativos (sulcos e voçorocas) comprometendo a infra-estrutura ao longo de todo o açude.....	53
Figura 14	Extração mineral (areia) praticado na barragem de contenção do açude.....	54
Figura 15	Resíduos sólidos dispostos inadvertidamente no bairro de Bodocongó e vila dos Teimosos.....	55
Figura 16	Resíduos sólidos lançados diretamente dentro do açude.....	56
Figura 17	Galerias pluviais com escoamento de esgoto e resíduos sólidos de diversas origens (industrial e doméstico) em vários pontos ao longo do açude.....	57
Figura 18	Escoamento de esgoto doméstico proveniente de diversos bairros da cidade de Campina.....	58
Figura 19	Ocupação desordenada: existência de moradias, órgãos públicos, áreas de lazer, hospitais às margens do ribeirão dentro da área de proteção contrariando a Lei 4.771/65.....	60
Figura 20	Áreas de lazer instaladas dentro da área de preservação permanente.....	61
Figura 21	Composição RGB das bandas 5, 4 e 3 do Landsat-5 do ano de 1989 (Açude Bodocongó).....	62
Figura 22	Composição RGB das bandas PCI, 4 e 3 do CBERS do ano de 2007 (Açude Bodocongó).....	62
Figura 23	Assoreamento e eutrofização do açude.....	62
Figura 24	Mortandade de peixes em função do baixo teor de oxigênio dissolvido.....	65
Figura 25	Lazer de contato primário praticado em diversos pontos do açude.....	72
Figura 26	Captação de água para abastecimento industrial.....	73
Figura 27	Lavagem de veículos e de gaiolas de transporte de frango.....	74

Figura 28	Pesca amadora praticada em diversos pontos do açude.....	75
Figura 29	Dessedentação e pastoreio praticado em diversos pontos do açude.....	76
Figura 30	Irrigação de árvores para arborização e essências medicinais.....	77
Figura 31	Piscicultura às margens do açude.....	77

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1- Características morfométricas do açude Bodocongó.....	7
Tabela 2- Distribuição de água na Terra.....	12
Tabela 3- Consumo de água para diferentes culturas em um ano.....	15
Tabela 4- Consumo de água em setores industriais.....	15
Tabela 5- Quantidade de água necessária para produzir os principais alimentos e alguns produtos.....	16
Tabela 6- Número Mais Provável de Coliformes Fecais nos quatros pontos de coleta - CF (NMP/ 100mL).....	71

**LISTA DE GRÁFICOS**

		Página
Gráfico 1	Precipitação Mensal do Município de Campina Grande-Pb.....	63
Gráfico 2	Temperatura da Água nos quatros pontos de coleta.....	64
Gráfico 3	Concentração de oxigênio dissolvido nos quatros pontos de coleta.....	65
Gráfico 4	Valores de pH nos quatros pontos de coleta.....	66
Gráfico 5	Concentração de condutividade elétrica da água nos quatros pontos de coleta.....	67
Gráfico 6	Concentrações de sólidos totais nos quatros pontos de coleta.....	68
Gráfico 7	Concentração de nitrogênio total nos quatros pontos de coleta.....	69
Gráfico 8	Concentração de fósforo total nos quatros pontos de coleta.....	70

## LISTA DE SIGLAS

**AESA** – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba  
**Art.** – Artigo  
**APHA** – American Public Health Association  
**APP** – Área de Preservação Permanente  
**CBERS** – China-Brazil Earth Resources Satellite  
**CDRM** – Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba  
**CE** – Ceará  
**CF** – Coliformes Fecais  
**CH<sub>4</sub>** – Metano  
**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
**CTRN** – Centro de Técnica de Piscicultura do Nordeste  
**DEAg** – Departamento de Engenharia Agrícola  
**DNOCS** – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas  
**dez** – Dezembro  
**DQO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
**ERDAS** – Earth Resources Data Analyses System  
**FAO** – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação  
**fev** – Fevereiro  
**FT** – Fósforo Total  
**GPS** – Global Positioning System  
**GOOGLE EARTH** –  
**HPO<sub>4</sub><sup>-</sup>** – Hidrogenofosfato  
**H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>** – Di-hidrogenofosfato  
**H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>** – Ácido Fosfórico  
**IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
**INPE** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
**jan** – Janeiro  
**Km<sup>3</sup>/ano** – Quilômetro Cúbico por ano  
**L/hab.d** – Litro por Habitante por Dia  
**LANDSAT** – Land Remote Sensing Satellite  
**LMRS** – Laboratório de Meteorologia Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto  
**mar** – Março  
**m<sup>3</sup>/ha** – Metro Cúbico por Hectare  
**m<sup>3</sup>/unid.** – Metro Cúbico por Unidade  
**mg.L<sup>-1</sup>** – Miligrama por Litro  
**MMA** – Ministério do Meio Ambiente  
**ml** – Mililitro  
**NE** – Nordeste  
**NH<sub>3</sub><sup>-</sup>** – Amônia  
**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** – Íon Amônio  
**NMP** – Número Mais Provável  
**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** – Nitrato  
**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** – Nitrito  
**NT** – Nitrogênio Total  
**OD** – Oxigênio Dissolvido  
**PANBRASIL** – Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca  
**P<sub>eg</sub>n** – Complexo Migmatito-Granitoide  
**P<sub>eg</sub>r** – Gnáissico Migmatítico  
**PB** – Paraíba  
**PDI** – Processamento Digital de Imagens  
**PE** – Pernambuco  
**PERH** – Plano Estadual de Recursos Hídricos  
**pH** – Potencial Hidrogeniônico  
**PI** – Piauí

**PLANVASF** – Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco  
**PNRH** – Política Nacional de Recursos Hídricos  
**PNUMA** – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente  
**PMCG** – Prefeitura Municipal de Campina Grande  
**PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>** – Fósforo  
**PROSAB** – Programa de Saneamento Básico  
**RADAMBRASIL** – Projeto do Ministério de Minas e Energia  
**S** – Sul  
**SCARTA** – Software de Produção Cartográfica (módulo do SPRING)  
**SE** – Sergipe  
**SEMARH** – Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais  
**SEPLAN** – Secretaria de Planejamento  
**SIG** – Sistema de Informações Geográficas  
**SPRING** – Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas  
**TO** – Tocantins  
**TM** – Mapa Temático  
**UN** – Nações Unidas  
**W** – Oeste  
**WMO** – World Meteorological Organization

## RESUMO

O açude de Bodocongó situa-se na cidade de Campina Grande no semi-árido nordestino, na mesoregião do Agreste Paraibano, zona oriental do Planalto da Borborema, na bacia do Médio Paraíba, com latitude sul de 07° 13' 50" e longitude oeste de 35° 52' 52". Foi construído em 1917 na confluência do rio Bodocongó com o rio Caracóis, objetivando aumentar a disponibilidade de água para abastecimento deste município, como medida de combater a escassez de água na região, uma vez que o Açude Novo e o Açude Velho não conseguiam mais suprir as necessidades hídricas da população. Atualmente vem sofrendo intensas transformações impulsionadas pela urbanização e desenvolvimento industrial, através da instalação de indústrias e construção de moradias, desta forma vem sofrendo inúmeras agressões, o que é comum em centros urbanos, como por exemplo: invasões de áreas de proteções permanentes, poluição de recursos hídricos, crescimento desordenado de bairros e ocupação de áreas sem planejamento, uso descomedido de água, lançamento de esgotos, alteração da drenagem, erosão, dentre outros; fatos que podem comprometer a sustentabilidade de qualquer ecossistema. Este trabalho teve como objetivo diagnosticar os processos de degradação praticado ao longo deste açude e monitorar a qualidade da água do açude de Bodocongó, para isto utilizou-se o geoprocessamento, análise digital de imagens, registros fotográficos, visitas de campo e análise dos parâmetros de qualidade da água (físicos, químicos e biológicos) que foram analisados através da metodologia padrão APHA (1995), nos anos de 2006 e 2007. Os resultados obtidos foram correlacionados com a legislação ambiental vigente e literatura técnica, buscando compreender a dinâmica e a sistemática deste recurso hídrico, já que tem usos múltiplos como: lazer de contato primário, irrigação, criação de peixes, harmonia paisagística, bem como subsidiar a gestão pública com informações que orientem o manejo sustentável deste recurso vital para a cidade de Campina Grande. Os resultados demonstraram que a água do açude se encontra altamente degradada por atividades antrópicas, fora dos limites estabelecidos pela Legislação Ambiental, sendo incompatível com os usos a que se destina. Assim, faz-se necessário o controle dos diversos processos de degradação, através de campanhas educativas (educação ambiental) e posteriormente uma fiscalização rigorosa, uma vez que este recurso hídrico é utilizado de múltiplas formas pela comunidade local e indústrias instaladas em seu entorno.

**Palavras-chave:** Açude Bodocongó, degradação ambiental, recurso hídrico, geoprocessamento

## ABSTRACT

The reservoir of Bodocongó is located in the city of Campina Grande in the Northeastern semi-arid, in the mesoregion of the agreste of Paraíba, oriental zone of the Plateau of Borborema, in the basin of Medium Paraíba, with south latitude of 07th 13 ' 50 " and longitude west of 35th 52 ' 52 ". It was built in 1917 in the confluence of the Bodocongó river with the river Caracóis, aiming at increasing the availability of water for provisioning of this municipal district, as measure for avoiding the shortage of water in the area, once the Açude Novo (New Reservoir) and the Açude Velho (Old Reservoir) weren't able to supply the hydric needs of the population any longer. Nowadays it has been suffering intense transformations impelled by the urbanization and industrial development, through the installation of industries and construction of homes, thus it is suffering countless aggressions, which is common in urban centers, as for instance: invasions of areas of permanent protection, pollution of hydric resources, disordered growth of neighborhoods and occupation of areas without planning, immoderate use of water, release of sewers, alteration of the drainage, erosion, among others; facts that can endanger the sustainability of any ecosystem. This work had as objective to diagnose the degradation processes practiced along this reservoir and to monitor the quality of the water of the reservoir of Bodocongó. For this purpose were used: geoprocessing - digital analysis of images, photographic registrations, field visits, and analysis of the parameters of water quality (physical, chemical and biological), which were analyzed through the standard methodology APHA (1995), in the years of 2006 and 2007. The obtained results were correlated with the effective environmental legislation and the technical literature, seeking to understand the dynamics and the systematic of this hydric resource, since it has multiple uses, such as: primary-contact leisure, irrigation, creation of fish, landscape harmony, as well as to subsidize the public administration with information that guide the sustainable handling of this vital resource for the city of Campina Grande. The results demonstrated that the water of the dam is highly degraded by anthropic activities, out of the limits established by the Environmental Legislation, being incompatible with the uses to which it is destined. The obtained results were correlated with the effective environmental legislation and the technical literature, seeking to understand the dynamics and the systematic of this hydric resource, since it has multiple uses, such as: primary-contact leisure, irrigation, creation of fish, landscape harmony, as well as to subsidize the public administration with information that guide the sustainable handling of this vital resource for the city of Campina Grande. The results demonstrated that the water of the reservoir is highly degraded by anthropic activities, out of the limits established by the Environmental Legislation, being incompatible with the uses to which it is destined. Therefore, the control of the various degradation processes, through educational campaigns (environmental education) and later a rigorous fiscalization is made necessary, once this hydric resource is used in multiple ways by the local community and industries installed in its surroundings.

**Key words:** Bodocongó Reservoir, environmental degradation, Hydric resource, geoprocessing

## 1. INTRODUÇÃO

A água é essencial para todas as formas de vida e fundamental para sobrevivência humana e desenvolvimento sócio-econômico. Recurso natural que vem tendo aumento de consumo rápido, tornando-se escasso para a maioria das regiões em desenvolvimento, que requerem novas abordagens e novos métodos de conservação e uso racional (GRAF, 2000; PRINZ & SINGH, 2003; PORTO & KELMAN, 2005). Atualmente, mais de um terço do planeta se encontra em situação de escassez quantitativa e qualitativa de recursos hídricos, obrigando a priorização do uso das águas superficiais para o abastecimento público e geração de energia elétrica, surgindo então a necessidade de implementação de sistemas que visem reaproveitar as águas residuárias tratadas (LEON, 1999).

Em incontáveis atividades, o homem utiliza este recurso natural essencial à vida, que está sendo mal utilizado em várias partes do globo, através do consumo irracional e práticas de poluição que o tornam inadequado ao uso humano. A deterioração dos recursos hídricos é fato influenciado pelo crescimento das áreas urbanas, atividades agrícolas, explosão de atividades industriais e do sistema de transporte, que tornam vulneráveis as fontes de água disponíveis, podendo acarretar problemas de saúde pública, ambiental e sócio-econômicos, resultando em prejuízos para a própria humanidade (FREITAS et al., 2001; TOMITA & BEYRUTH, 2002; PRINZ & SINGH, 2003). Essas atividades geram resíduos que podem contaminar corpos de água, alterando sua qualidade e quantidade, também implicam em elevados custos na recuperação dos mananciais, fontes de abastecimento, lagos e represas e, esses custos incidem sobre a sociedade nos diferentes continentes e países (GABARDO, 1997; SILVA, 1997; TUCCI, 2000; PRINZ & SINGH, 2003; TUNDISI, 2003).

À medida que as populações e as atividades econômicas crescem, muitos países atingem rapidamente condições de escassez de água ou se defrontam com limites para o desenvolvimento econômico. A demanda de água aumenta rapidamente, com 70-80 % exigidos para a irrigação, menos de 20 % para a indústria e apenas 6 % para consumo doméstico. O manejo holístico da água doce como um recurso finito e vulnerável e a integração de planos e programas hídricos setoriais aos planos econômicos e sociais nacionais foram medidas de importância fundamental para a década de 1990.

O elevado grau de urbanização e industrialização produz novos problemas de gerenciamento dos recursos hídricos, isto sugere que os municípios devem promover alterações na legislação, investir no controle e em tecnologias para gerenciamento e proteção de recursos hídricos, que é, a meu ver, um dos principais desafios à conservação dos mananciais e a preservação das fontes de abastecimento superficiais e/ou subterrânea.

O conhecimento pormenorizado da degradação ambiental permite sugerir com antecipação, obras de proteção que possam reduzir os impactos negativos a que estão submetidos os aglomerados humanos, assim como, medidas emergenciais, ações corretivas para o enfrentamento da situação na eventual ocorrência de desastres naturais.

Adas & Adas (1998) afirmam que a degradação do meio-ambiente está intimamente relacionada ao modelo de desenvolvimento econômico adotado. Logo, este também pode ser considerado um fator causal de desastres, pois contribui na formação de situações vulneráveis.

Levando-se em consideração que, de toda a água do planeta, somente cerca de 2,5% é água doce, torna-se bastante evidente a necessidade da utilização sistemática e racional dos recursos naturais visando atender ao desenvolvimento sustentável, melhoria da qualidade de vida e geração de renda. Neste contexto, deve-se salientar que segundo a SEPLAN (1997) o quadro ambiental do Estado da Paraíba é um dos mais afetado pela ação do homem no nordeste, enfrentam grandes pressões, em especial, os recursos hídricos. As águas superficiais encontram-se fortemente comprometidas por contaminação de efluentes de esgotos, fertilizantes, dentre outros, as águas subterrâneas, as menos profundas, da faixa litorânea encontram-se poluídas por coliformes e nitrito e, os rios como o Cabelo, Jacarapé e Cuiá têm contribuído para contaminar as praias da zona litorânea com coliformes fecais.

A bacia do Rio Bodocongó vem sendo palco de intensas transformações impulsionadas pela urbanização e desenvolvimento industrial, através da instalação de

indústrias e construção de moradias, desta forma vem sofrendo inúmeras agressões, o que é comum em centros urbanos, como por exemplo: desmatamento de matas ciliares, poluição de recursos hídricos, crescimento desordenado de bairros e ocupação de áreas sem planejamento, uso descomedido de água, lançamento de esgotos, alteração da drenagem, erosão, dentre outros; fatos que podem comprometer o abastecimento em áreas urbanas, ocasionando problemas socioeconômicos, como por exemplo: redução da disponibilidade hídrica.

Buscando definir as conseqüências e efeitos impactantes que o desenvolvimento econômico e o crescimento populacional têm sobre a qualidade da água e o equilíbrio ambiental do açude de Bodocongó, este recurso hídrico tão importante para a cidade de Campina Grande, uma vez que alimenta o horto florestal, o complexo industrial instalado em seu entorno e, também, é um elemento paisagístico de enorme relevância para os habitantes deste município, este trabalho contribui com informações para subsidiar o planejamento e orientar a implementação de ações nesta área da bacia. Ressalta-se, ainda, que diversos estudos nictemerais foram realizados neste açude, entretanto não foi encontrado nenhum dado na literatura sobre degradação ambiental deste recurso hídrico. Assim, foram realizados estudos sobre os processos de degradação e limnológicos que possibilitaram o conhecimento deste ecossistema a partir de variáveis ambientais.

## **1.1. Objetivo**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Esta pesquisa teve como objetivo diagnosticar os processos de degradações que ocorrem no açude Bodocongó - PB e em seu entorno, com vista a subsidiar a gestão deste manancial.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- a) Monitorar a qualidade física, química e biológica da água do açude e a sua adequabilidade aos usos atuais e futuros.

- b) Identificar quais os usos múltiplos da água do açude de Bodocongó.
- c) Correlacionar os valores obtidos no período de estudo com os padrões determinados pela legislação ambiental e literatura técnica.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

### **2.1. Localização**

A cidade de Campina Grande é a segunda maior do estado da Paraíba, situa-se no semi-árido nordestino, na mesoregião do Agreste Paraibano, zona oriental do Planalto da Borborema, na bacia hidrográfica do Médio Paraíba, com latitude sul de 07° 13' 50" e longitude oeste de 35° 52' 52". Encontra-se no trecho mais alto das escarpas deste Planalto, com altitudes variando entre 500 e 600m, ocupando uma área de 970 km<sup>2</sup> dos quais 411 km<sup>2</sup> são de área urbana. Dista 120 km de João Pessoa, Capital do estado (Figura 1) tem uma população estimada em 376.132 habitantes (IBGE, 2006), dos quais a maior parte residindo na área urbana. O município polariza um universo de cinco micro-regiões homogêneas perfazendo um total de 23.960 km<sup>2</sup> que corresponde a 43% do território paraibano e 40% da população do Estado, consiste em um dos centros urbanos de maior desenvolvimento tecnológico do Nordeste Brasileiro (PMCG, 2006).

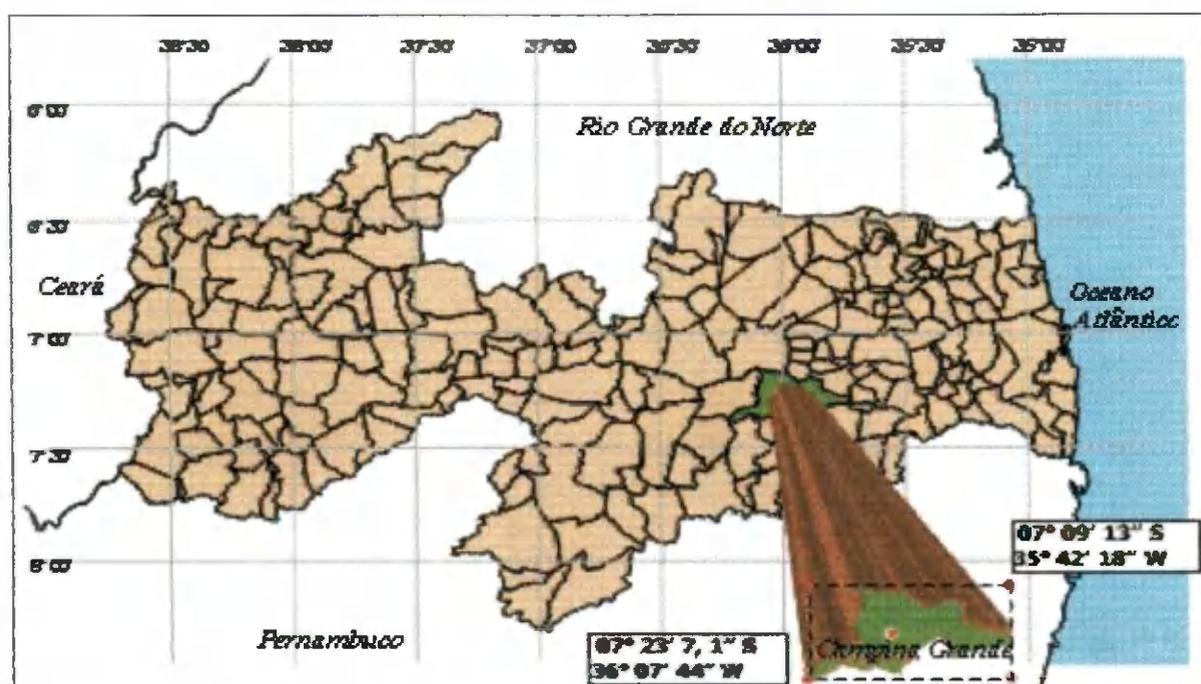


Figura 1: Localização da área de estudo  
 Fonte: Adaptado de AESA (2007)

## 2.2. Açude

Os primeiros açudes do Nordeste foram construídos objetivando desviar a água dos riachos para fornecimento de energia hidráulica aos moinhos; posteriormente, surgiu o pequeno açude como uma das soluções ao problema do abastecimento. Os anos de 1825-1830 marcam a arrancada do açudamento do Nordeste semi-árido. Mas foi a partir de 1844 que o Governo Imperial decidiu intervir diretamente na construção de açudes.

Segundo Molle & Cadier (1992) a grande seca de 1877 forçou a construção de grandes açudes nesta região, como o açude Cedro, em Quixadá (CE), cuja conclusão se deu em 1906, sendo o primeiro dentre eles. Nessa época, já existiam cerca de 6.000 açudes de diversos tamanhos. De acordo com estes autores, esse crescimento perdurou até os dias de hoje, verificando-se taxas de crescimento particularmente altas depois dos anos de estiagem mais críticos.

O açude de Bodocongó situa-se na cidade de Campina Grande, foi construído na confluência do rio Bodocongó com o rio Caracóis, objetivando aumentar a disponibilidade de água para abastecimento deste município, como medida de combater a escassez de água na região, uma vez que o Açude Novo e o Açude Velho não conseguiam

mais suprir as necessidades hídricas da população. Sua construção teve início em 1915, término no dia 15 de janeiro de 1917, sendo entregue à população em 11 de fevereiro do mesmo ano. No entanto os elevados níveis de salinidade de suas águas impossibilitaram sua utilização para abastecimento doméstico, contudo tornou-se fator decisivo para o surgimento de um novo bairro e do complexo industrial no seu entorno. Na década de 1930, emergem em suas margens o curtume Vilarim, a fábrica têxtil de Bodocongó, o matadouro e todo o bairro de Bodocongó. Nos anos 50, havia até um clube aquático, onde se praticava recreação de contato primário e secundário, o qual foi extinto na década seguinte. Segundo Esteves (1998), o açude de Bodocongó foi o primeiro ecossistema aquático brasileiro a ser submetido a pesquisa limnológica sistemática, foi estudado nos mais diferentes aspectos de sua limnologia, pelo limnólogo americano Stillman Wright, que esteve no Brasil a convite de Rodolpho Von Ihering, diretor da Comissão Técnica de Piscicultura do Nordeste (CTPN). Atualmente encontra-se instalado nas áreas circunvizinhas do açude, além dos bairros Bodocongó e Novo Bodocongó (Vila dos Teimosos), o complexo industrial com empresas que dependem, exclusivamente, do açude para abastecimento de água dentre estas cita-se a indústria de reciclagem de papel (IPELSA).

As principais características do açude Bodocongó estão descritas na Tabela 1, segundo levantamento realizado pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) e Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto (LMRS).

Tabela 1. Características morfométricas do açude Bodocongó

Características morfométricas	2002
Área da bacia hidráulica	37,2 ha.
Capacidade máxima	1.020.000 m <sup>3</sup>
Profundidade média	2,40 m
Profundidade máxima	5,60 m
Altitude	548 m

Fonte: SEMARH/LMRS apud Diniz (2005)

### 2.3. Clima

O clima da região é classificado como sendo do subtipo  $As'$  (Sistema de Köppen) quente e úmido, com chuvas de outono-inverno e um período de estiagem que varia de 5 a 6 meses (Figura 2). Tem o regime pluviométrico dependente da Massa Equatorial Atlântica que inicia sua atuação no outono. Sua maior umidade é procedente da corrente inferior dos alísios, porém no inverno acontece a invasão das massas polares sul, culminando em chuvas abundantes (BRASIL, 1972).

A estação chuvosa da região inicia-se nos meses de fevereiro ou março prolongando-se até julho ou agosto, tendo os meses de junho e julho como os mais chuvosos. Já a estação seca inicia-se em setembro estendendo-se até fevereiro. A precipitação média anual da área de estudo situa-se em torno de 700 mm (BRASIL, 1972).

Possui amplitude térmica anual muito pequena em função da baixa latitude. As temperaturas apresentam baixas oscilações durante o decorrer do ano e os valores mínimos e máximos situam entre  $19,5^{\circ}$  e  $26^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Tendo os meses de janeiro e fevereiro como os mais quentes e julho e agosto como os mais frios. Já sua umidade relativa é bastante uniforme, com média em torno de 80%.

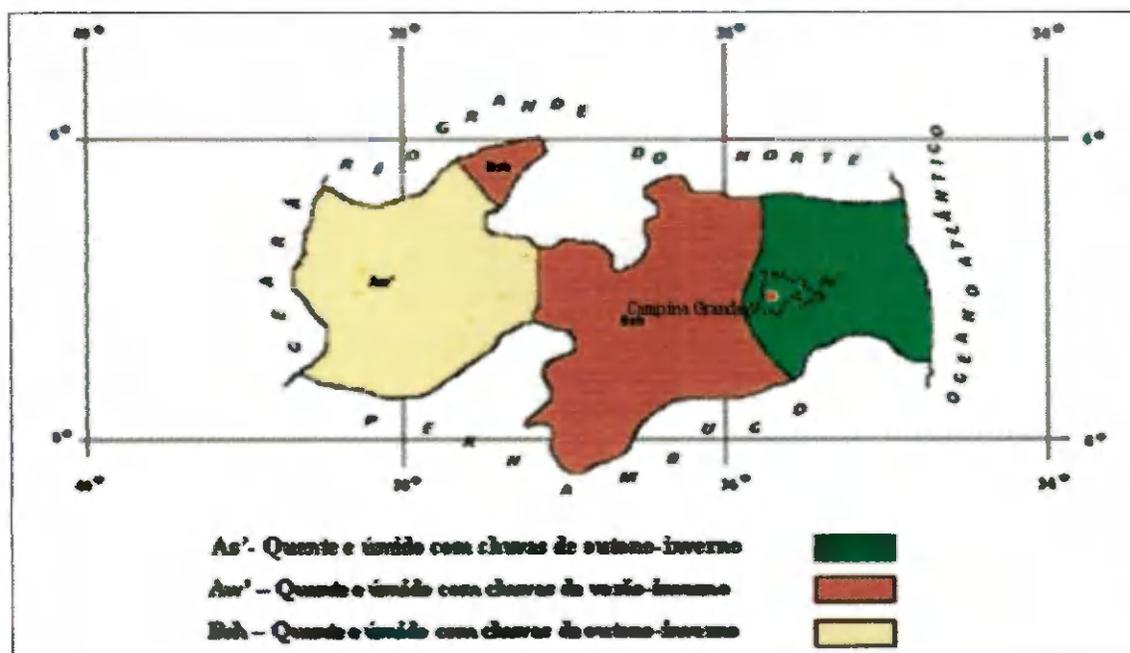


Figura 2: Clima da área de estudo  
 Fonte: Adaptado de AESA, 2007

## 2.4. Geomorfologia

A interpretação geomorfológica da área foi realizada a partir do mapa Geomorfológico – Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1981).

A microrregião de Campina Grande encontra-se inserida totalmente na encosta oriental do Planalto da Borborema (Figura 3), que constitui o mais característico e elevado acidente da Região Nordeste, exercendo um papel de singular importância no conjunto do relevo e na diversificação do clima; sendo constituída por 3 unidades distintas: formas tabulares, formas aguçadas e formas convexas (BRASIL, 1981).

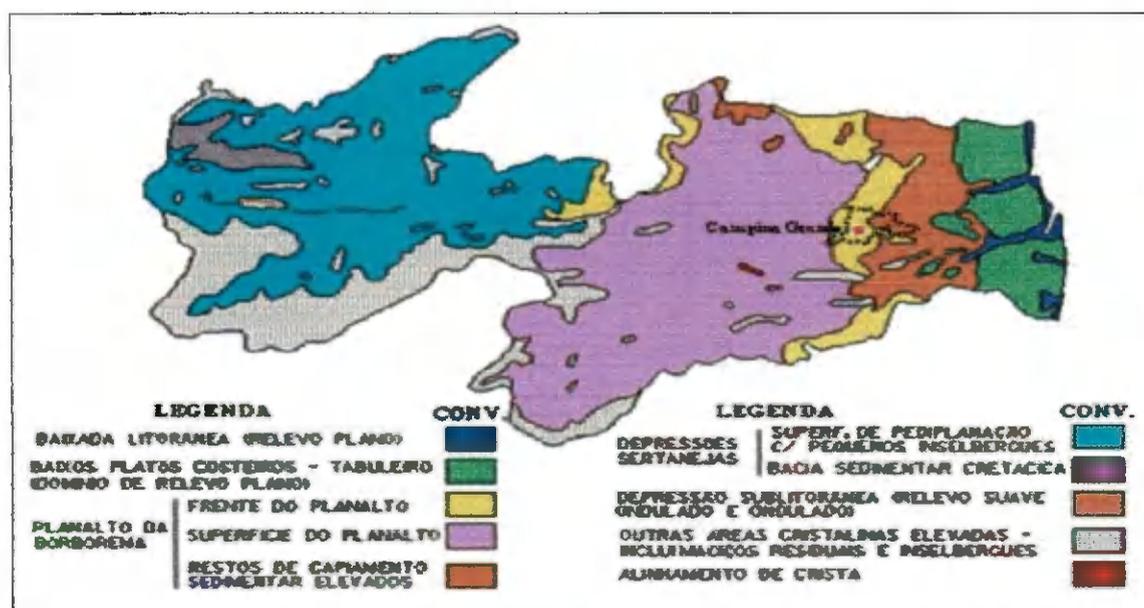
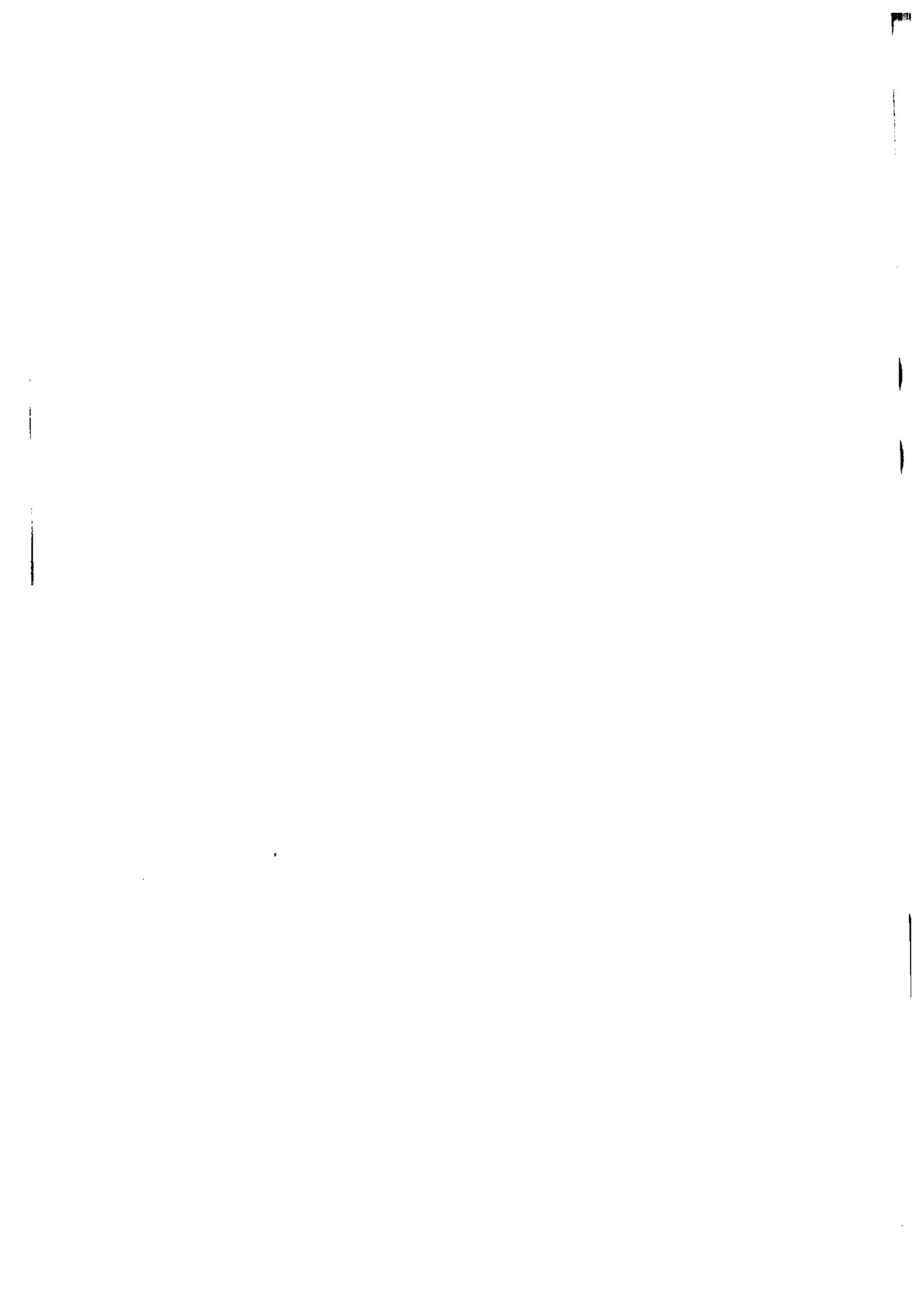


Figura 3: Geomorfologia da área de estudo  
Fonte: Adaptado de AESA, 2007

## 2.5. Geologia

A descrição geológica foi baseada no Mapa Geológico do Estado da Paraíba (CDRM, 1982), escala 1:500.000. O contexto geológico regional é formado por rochas cristalinas diversas, originárias de idade Pré-Cambiano Indiviso que, posteriormente, foram deformadas por ação tectônica e estão representadas pelos Complexos Migmatítico-Granitóide ( $p_{\epsilon gn}$ ) e Gnáissico-Migmatítico ( $p_{\epsilon gr}$ ). O posicionamento destas unidades no Pré-Cambiano Indiviso prende-se ao fato de não se ter ainda uma real definição do



comportamento estratigráfico, tectônico e estrutural destas unidades, bem como devido à inexistência de uma idéia concreta sobre as suas relações de contato com a seqüência supracrustal que constitui os grupos Seridó e Cachoeirinha, considerados do Pré-Cambriano Superior.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Água no Contexto Atual

A água é um recurso natural imprescindível para todas as formas de vida. É o componente inorgânico de maior concentração nos seres vivos: nos homens, representa de 60 a 70% de sua massa corporal; nos vegetais, atinge 90% e em alguns seres aquáticos chega a 98%. É essencial para a sobrevivência humana e o desenvolvimento socioeconômico, sendo a única substância que é encontrada nos estados sólido, líquido e gasoso, na faixa biológica de temperatura (COSTA, 1991). As mudanças de estado físico da água no ciclo hidrológico são necessárias e influenciam os processos biogeoquímicos nos ecossistemas terrestres e aquáticos. Mesmo dependendo da água, os seres humanos degradam e poluem este recurso natural que vem tendo uma elevação no consumo “per capita” de forma acelerada. Conforme Sousa e Leite (2003), cem anos antes de Cristo o consumo diário era de 8 litros, já no império romano gastava-se 20 L.hab<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>. Hoje, de acordo com o IBGE (2002), no Brasil, o consumo médio diário é de 260 litros por pessoa. Este e outros fatores exercem grandes pressões sobre os recursos hídricos e começam a comprometer a disponibilidade deste recurso, como têm alertado inúmeros cientistas nas diversas regiões do planeta. Desta forma, novas abordagens, novos métodos de conservação e gestão se fazem necessários.

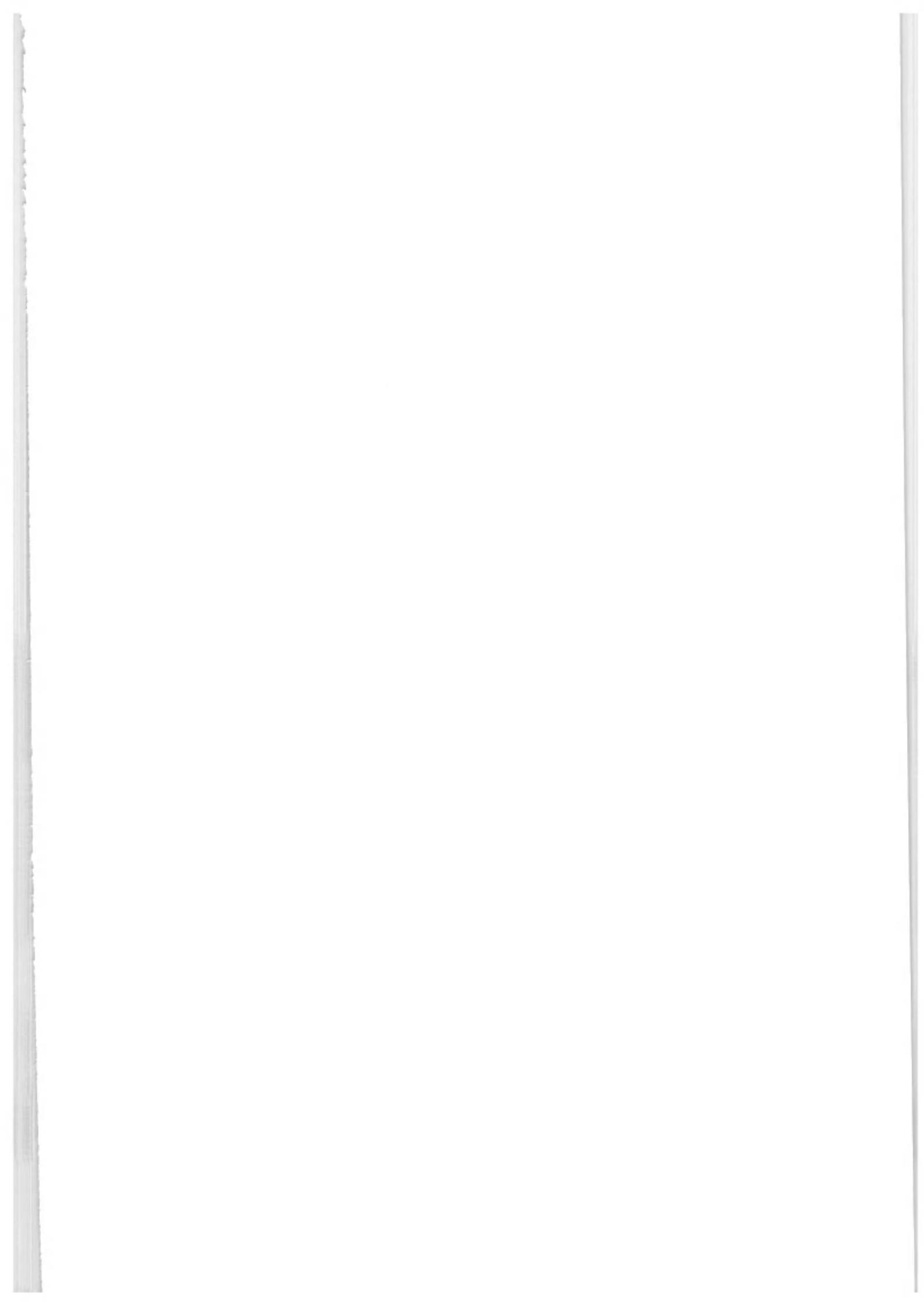
O total de água na biosfera é cerca de 1,38 bilhões de quilômetros cúbicos. Desse total de água sobre a Terra, 97,5% é de água salgada, 1,74% é de água presente na neve e/ou no gelo e 0,001% é biomassa e vapor atmosférico, todas formas não diretamente aproveitáveis. Da quantidade líquida disponível ao consumo, somente 0,0076% se apresenta sob a forma de rios e lagos, e a maior parte (0,78%) constituída de água

subterrânea, da qual somente a metade é utilizável, uma vez que a outra parte se encontra situada a uma profundidade que excede a 1000m (BAIRD, 2002; SHIKLAMANOV, 1997). A distribuição dos volumes estocados nos reservatórios de água do planeta Terra está demonstrada na Tabela 2 e nas Figuras 4 e 5. Ressalta-se que a maior parte de água doce (68,7%) encontra-se retida nas calotas polares e geleiras.

Tabela 2. Distribuição de água na Terra

<b>Reservatório</b>	<b>Volume (<math>10^3 \text{ m}^3</math>)</b>	<b>% do Volume total</b>	<b>% do Volume de água doce</b>
<b>Oceanos</b>	1.338.000	96,5379	-
<b>Subsolo:</b>	23.400	1,6883	-
Água doce	10.530	0,7597	30,0607
Água salgada	12.870	0,9286	-
<b>Umidade do solo</b>	16,5	0,0012	0,0471
<b>Áreas congeladas:</b>	24.064	1,7362	68,6971
Antártida	21.600	1,5585	61,6629
Groenlândia	2.340	0,1688	6,6802
Ártico	85,5	0,0060	0,2384
Montanhas	40,6	0,0029	0,1159
<b>Solos congelados</b>	300	0,0216	0,8564
<b>Lagos:</b>	176,4	0,0127	-
Água doce	91	0,0066	0,2598
Água salgada	85,4	0,0062	-
<b>Pântanos</b>	11,5	0,0008	0,0328
<b>Rios</b>	2,1	0,0002	0,0061
<b>Biomassa</b>	1,1	0,0001	0,0032
<b>Vapor d'água na atmosférico</b>	12,9	0,0009	0,0368
<b>Armazenamento total de água salgada</b>	1.350.955,4	97,4726	-
<b>Armazenamento total de água doce</b>	35.029,1	2,5274	-
<b>Armazenamento total de água</b>	1.385.984,5	100	-

Fonte: Shiklamanov, 1997.



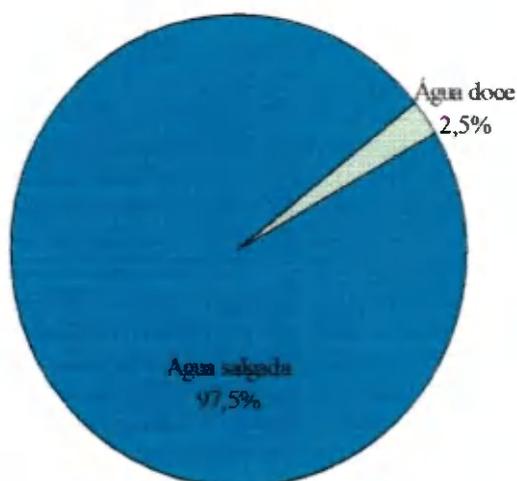


Figura 4. Total de água doce da Terra

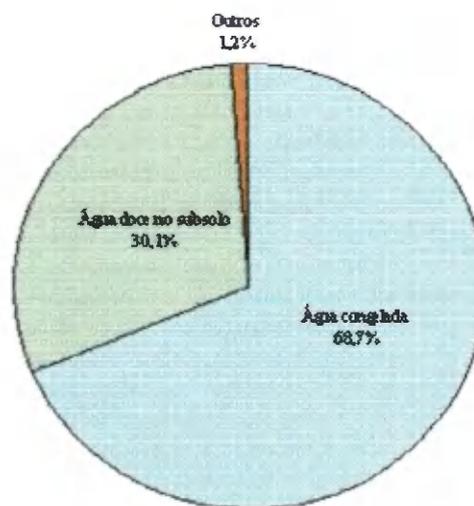


Figura 5. Distribuição de água doce na Terra

A demanda mundial por água de boa qualidade cresce a uma taxa acelerada e superior à renovação do ciclo hidrológico, fato que é consenso no meio científico. Segundo WMO (1997) e Tundisi (2003), o consumo mundial no século XX, entre 1900 e 2000, cresceu numa faixa que variou entre seis e dez vezes e continua a crescer com a elevação de consumo dos setores agrícola, industrial e residencial, podendo se tornar uma das maiores pressões antrópicas sobre os recursos naturais do planeta, no próximo século.

Afirmam Bassoi & Guazelli (2004) que:

em todo o mundo, a agricultura consome cerca de 69% da água captada, sendo 23% utilizados na indústria e os 8% restantes destinados ao consumo doméstico. Em termos globais, as fontes de água são abundantes; no entanto, quase sempre são mal distribuídas na superfície da Terra. Mesmo no Brasil, que possui a maior distribuição hídrica do planeta, com cerca de 13,8% do deflúvio médio (5.744 km<sup>3</sup>/ano), essa situação não é diferente, visto que 68,5% estão na região Norte, na qual habitam cerca de 7% da população brasileira; 6% estão na região sudeste, com quase 43% da população e pouco mais de 3% estão na região Nordeste, na qual habitam 29% da população.

A Figura 6 ilustra como está distribuída, atualmente, a demanda de água no Brasil, que também confirma a compatibilidade da demanda hídrica brasileira com o modelo de consumo mundial, o qual deve ser forçosamente repensado, pois não condiz com o atual modelo de desenvolvimento que começa a ser desenhado no planeta, por o mesmo ser baseado no consumo elevado de água, como foi demonstrado anteriormente.

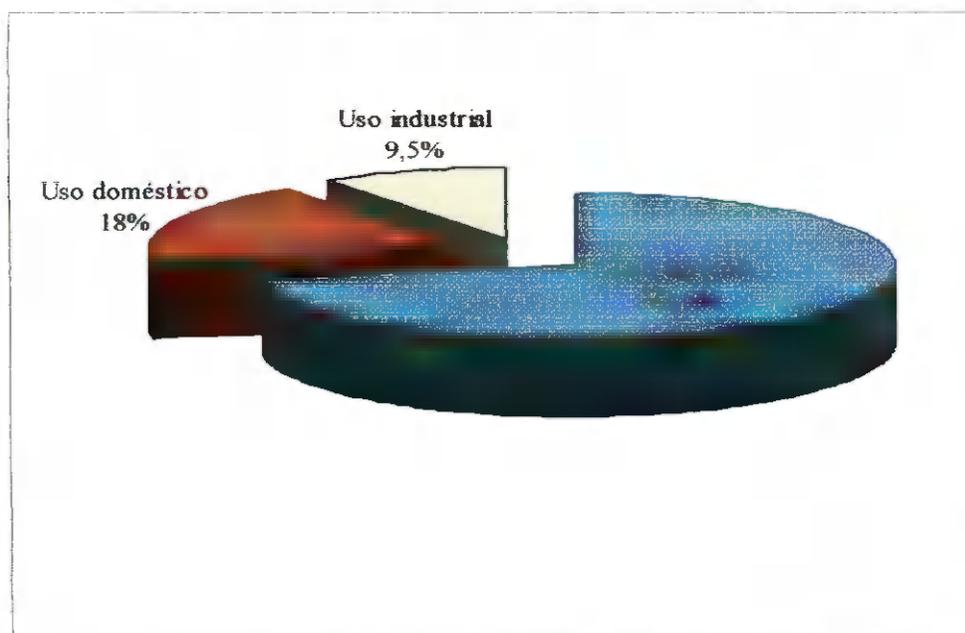


Figura 6. Situação atual das captações de água doce no Brasil por setor.  
Fonte: Lima, 2000

As atividades humanas nas diversas partes da Terra têm o consumo de água tão elevado quando comparado com a oferta, ou seja, com a capacidade de reposição através do ciclo hidrológico. E isto começa a reduzir a disponibilidade de água superficial; desta forma se intensificam as explorações subterrâneas e os recursos hídricos não suportarão as pressões e serão rapidamente esgotados, uma vez que a reposição através do ciclo hidrológico não será suficiente para equilibrar esta equação. Situação como essa pode desenvolver sérias limitações para o desenvolvimento de uma região, restringir o atendimento às necessidades humanas, degradar ou poluir ecossistemas aquáticos e, na pior das hipóteses, levar a um estado de escassez.

É sabido que sempre houve enorme dependência dos recursos hídricos para o desenvolvimento sócio-econômico e que a água funciona como fator do desenvolvimento, pois a mesma é utilizada para diversas atividades que estão diretamente relacionadas com a economia (local, regional, nacional e internacional). Os usos múltiplos que se faz da água estão sendo acelerados em todas as regiões, países e continentes, isto é consensualmente divulgado nos meios técnicos e científicos. Estes usos aumentam na mesma proporção que as atividades econômicas se diversificam e as necessidades de água aumentam para atingir níveis de sustentação compatíveis com as pressões da sociedade de consumo, a produção industrial e agrícola. Como exemplo da relação consumo X atividade econômica, tem-se

atividades agrícolas (Tabela 3), que variam em função da atividade desenvolvida, tendo-se as culturas de arroz e uvas como grandes consumidoras de água.

Tabela 3. Consumo de água para diferentes culturas em um ano

Cultura	Consumo (m <sup>3</sup> /ha)
Algodão	5.208
Alho	4.870
Arroz	19.862
Batata	6.176
Cebola	5.348
Feijão	4.573
Fruticultura	9.679
Hortaliças	10.288
Milho	6.057
Soja	2.824
Tomate	5.900
Trigo	3.640
Uva	10.624

Fonte: Adaptado de PLANVASF, 1989

As atividades industriais também apresentam grande variedade de consumo de água quanto a suas atividades desenvolvidas (Tabela 4). Regiões que apresentam indústrias têxteis, alimentícias, celulose e química, em geral, apresentam maiores consumos de água para suas produções.

Tabela 4. Consumo de água em setores industriais

Gênero	Tipo	Unidade de produção	Consumo (m <sup>3</sup> /unid.)
Alimentícia	Conserva (frutas/legumes)	1 ton	4 - 50
	Doces	1 ton	5 - 25
	Açúcar de cana	1 ton	0,5 - 10
	Laticínio e /Queijo	1 m <sup>3</sup>	2 - 15
	Matadouros	1 boi/2 porcos	0,3 - 0,4
Bebidas	Destilação de álcool	1 ton	60
	Cervejaria	1 m <sup>3</sup>	5 - 20
	Refrigerantes	1 m <sup>3</sup>	2 - 5
	Vinho	1 m <sup>3</sup>	5
Têxtil	Algodão	1 ton	120 - 750
	Lã	1 ton	500 -600
	Nylon	1 ton	100 - 150
Curtume	Curtume	1 ton	20 - 40

	Sapatos	1000 pares	5
Papel	Poipa sulfatada	1 ton	15 – 200
	Papel	1 ton	30 – 270
	Poipa e papel integrados	1 ton	200 – 250
Indústria Química	Sabão	1 ton	25 – 200
	Refinaria de petróleo	1 barril (117 l)	0,2 – 0,4
	PVC	1 ton	12,5
	Cimento (seco)	1 ton	5
Siderúrgica	Fundição	1 ton gusa	3 – 8
	Laminação	1 ton	8 – 50

Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 1996

A Tabela 5 explicita os volumes de água requeridos para a produção de alguns alimentos e produtos, demonstrando que um aumento na produção implicará em maiores demandas de água.

Tabela 5. Quantidade de água necessária para produzir os principais alimentos e alguns produtos

Produto	Unidade	Consumo (L)
Bovino	Cabeça	4000.000
Ovelhas e cabras	Cabeça	500.000
Carne fresca de bovino	Quilograma	15.000
Carne fresca de ovelha	Quilograma	10.000
Carne fresca de frango	Quilograma	6.000
Cereais	Quilograma	1500
Cítricos	Quilograma	1000
Azeites	Quilograma	2000
Legumes, raízes e tubérculos	Quilograma	1000
Gasolina	Litro	100
Papel	Quilograma	250
Alumínio	Quilograma	100.000

Fonte: Adaptado de FAO, 1977; ARMAND, 1998; FREITAS & COIMBRA, 1998

O uso indiscriminado dos recursos naturais, sem analisar as suas inter-relações, tem comprometido a sustentabilidade de diversos ecossistemas. Mota (2001) tem essa mesma concepção ao afirmar que a desintegração dos ecossistemas é reflexo dos processos antrópicos e econômicos, e que as atividades antrópicas geram entropia de alta intensidade que conduz o meio ambiente (recurso hídrico) para a desagregação e para a morte. Dessa

forma, o aumento e a diversificação dos usos múltiplos dos recursos hídricos resultarão em uma diversidade de impactos, das mais variadas amplitudes, exigindo diferentes tipos de análises e monitoramentos.

O déficit de água, produto da modificação ambiental cujo processo encontra-se acelerado, atinge a humanidade não somente pela sede, principal consequência da escassez de água, mas também por doenças e queda de produção de alimentos, o que gera tensões sociais e políticas que, por sua vez, podem acarretar guerras.

A escassez de água já é uma realidade, não apenas nas regiões semi-áridas, mas, no mundo todo e, tem como principal precursor o crescimento populacional aliado à intensificação da poluição, ao uso irracional, às secas, às erosões do solo, à desertificação, que têm resultado em problemas relacionados à redução para o atendimento das necessidades mais elementares da população.

Atualmente, grande parte do planeta se encontra em situação de escassez quantitativa e qualitativa de recursos hídricos, forçando a priorização do uso das águas superficiais para o abastecimento público, surgindo então a necessidade de implementação de sistemas que visem reaproveitar as águas residuárias.

É imprescindível que se considere a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais e adote novos sistemas de desenvolvimento. Mas o problema central é, portanto, como introduzir mudanças que caminhem na direção de se obter sustentabilidade ambiental. Este problema é complexo, multidimensional, interdisciplinar, por tanto, exige novas abordagens de gestão, pois os planejamentos atuais não conseguiram soluções efetivas. Segundo Santos (2004) isso ocorre porque:

são fracos em modelos ecológicos e tratam a dimensão política de forma simplista. A participação pública e a interpretação das representações sociais são ainda tratadas de forma amadora... Pincelam quadros de qualidade de vida, destacam a conservação de áreas verdes e a preservação de espécies raras, mas, dentro desses contextos, suas bases inconsistentes de conhecimento transformam-se sem dúvida, em documentos obsoletos.

Assim como visto, a solução deve passar pelo o manejo integrado, que deve ser holístico e partir da premissa que a mesma é um recurso finito e vulnerável, deve buscar o desenvolvimento sustentável.

Alternativa à mudança deste contexto perpassa pela gestão ou gerenciamento dos recursos ambientais, definida segundo Freitas (2000), como:

“um conjunto de ações dos diferentes agentes sociais, econômicos ou socioculturais interativos, objetivando compatibilizar o uso, o controle e a proteção deste recurso ambiental, disciplinando as respectivas ações antrópicas, de acordo com a política estabelecida para o mesmo, de modo a se atingir o desenvolvimento sustentável.”

Ciente de que a água é um bem finito, que sua escassez pode comprometer a qualidade de vida da população e, conseqüentemente, impossibilitar o desenvolvimento da sociedade humana sobre a Terra, forças políticas observaram a importância de uma elaboração de diretrizes de gerenciamento de recursos naturais para tentar conter a degradação exagerada destes recursos. A partir dos anos 70, inicia-se em nível mundial a discussão sobre o modelo de desenvolvimento existente, deflagrada após a Conferência Mundial sobre Meio Ambiente de Estocolmo, em 1972, que décadas depois resultaria no modelo de desenvolvimento, hoje defendido, que tem como princípio central o conceito de sustentabilidade. A partir de então, diversas conferências passaram a discutir como racionalizar os recursos naturais, dentre estes, a água, como a Conferência Internacional sobre a Água e o Meio Ambiente, de janeiro de 1992, realizada em Dublin, responsável pela formulação das estratégias e programas de ação que seriam apresentados na Conferência Mundial sobre Meio Ambiente do Rio de Janeiro, em 1992, conhecida como Rio 92, da qual participaram integrantes de mais de 170 países; foram consolidados compromissos sobre recursos hídricos que seriam assumidos pelos países participantes. Considerando que a água é necessária em todos os aspectos da vida, a conferência estabeleceu como objetivo geral a manutenção da oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta e, ao mesmo tempo, a preservação das funções biológicas, hidrológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo os vetores das doenças transmissíveis pela água.

No Brasil, a legislação, principalmente, da década de oitenta, já aponta nesta direção, mas foi a Lei N.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, influenciada pelo cenário mundial e principalmente pela Rio 92, que instituiu a Política e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e impulsionou a gestão de recursos hídricos, definindo fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos. Esta lei define ainda as responsabilidades de gestão dos recursos hídricos entre Estados, União e Municípios (GRAFF, 2000; FILHO *et al*, 2000; PIOLI, 2002; PORTO & KELMAN, 2005).

Nas regiões áridas e semi-áridas, a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda disponível.

Os impactos ambientais em recursos hídricos, resultado de ações antrópicas, são severos para a população humana, pois afetam todos os aspectos da vida diária das pessoas, a economia regional e nacional e a saúde humana; e têm conseqüências que podem ser resumidas em: degradação da qualidade da água superficial e subterrânea, aumento das doenças de veiculação hídrica e impactos na saúde humana, diminuição da água disponível per capita, aumento no custo da produção de alimentos, impedimento ao desenvolvimento industrial e agrícola e comprometimento dos usos múltiplos e aumento dos custos de tratamento de água.

As modificações do ecossistema, conseqüência das grandes intervenções humanas em uma região, aliadas à ausência ou ao mau funcionamento de instrumentos democráticos que garantam a representatividade de todos os interessados na busca de soluções para a administração sustentável dos recursos naturais, são responsáveis por causar graves problemas, como os acima citados.

Sánchez (2003) estudando o processo de ocupação urbana em áreas de proteção a mananciais na região metropolitana de São Paulo, observou que em 40 municípios vem ocorrendo aumento de demanda por água, resultante da intensa expansão urbana e que a qualidade do abastecimento, o equilíbrio ambiental e a qualidade de vida são comprometidos por expansões desordenadas, loteamentos irregulares e clandestinos em áreas de mananciais.

Carvalho *et al* (2004) realizaram um estudo de caracterização físico-química do rio Taquari, em Araguatins-TO, observando boa qualidade da água, mas que atividades de

risco desenvolvidas ao longo de seu curso podem comprometer, em curto espaço de tempo, esta qualidade, e, portanto, afetar a população local. Assim, a necessidade de gestão das águas torna-se evidente ao analisarmos os fatos recentes que têm trazido prejuízos advindos de manejos inadequados de recursos hídricos na região Norte do Tocantins, onde casos de cegueira correlacionados ao banho no rio Araguaia levou a interdições de praias em algumas cidades banhadas por este rio na região. Incluindo-se a cidade de Araguatins, cujo prejuízo econômico devido à perda no turismo local afetou o comércio, ocupação hoteleira, atividades festivas e arrecadação municipal. Inúmeros outros casos são reportados na literatura, cujas avaliações do uso inadequado dos recursos hídricos afetam a qualidade de saúde pública, sistema ecológico e o abastecimento industrial e doméstico.

Segundo Almeida & Oliveira (2003), o ritmo acelerado em que vem ocorrendo a degradação ambiental acaba por transformar regiões que outrora eram prósperas em áreas que perderam consideravelmente sua produtividade como, por exemplo, em várias regiões da bacia do Mediterrâneo, Nordeste do Brasil, Centro e Oeste da Índia, grande parte do Oriente Médio, dentre muitas outras regiões.

### **3.2. Usos Múltiplos**

No Brasil, o uso dos recursos hídricos ocorreu tradicionalmente de forma assimétrica, privilegiando o setor elétrico, mas por volta dos anos setenta, outros setores impulsionados pelo desenvolvimento econômico passaram a reivindicar igualdade de direito ao uso da água. Segundo Carrera-Fernandez & Garrido (2001), foi assim que floresceu o princípio dos usos múltiplos, segundo o qual a água deve ser equidistantemente acessível a todos os setores interessados em seu uso. Para estes autores, o reconhecimento dos usos múltiplos como um dos princípios do setor tem a mesma importância que tem a necessidade de se evitar ou se eliminar os conflitos pela água entre os usos.

Segundo determinação da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9433/97, os usos múltiplos das águas devem ser contemplados por ocasião da implantação do Plano de Recursos Hídricos, quando for abordar “as prioridades para a outorga de direitos de recursos hídricos” (art. 7º, inciso VIII).

A multiplicidade de usos é enorme e não está contemplada em sua totalidade na Lei 9433/97. Entre os usos citados no texto legal, temos: o abastecimento público; o

abastecimento industrial; o consumo final, o lançamento de esgoto e demais resíduos líquidos e gasosos, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; o aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água. Cita-se ainda o transporte aquaviário, irrigação, aquicultura, esporte e lazer.

Conforme Machado (2005):

“Há vedação legal de ser privilegiado um uso ou somente alguns usos. O estudo da viabilidade ecológica da outorga de vários e concomitantes direitos de uso é matéria imperativa em face do art. 1º, VI, e diante do art. 13, parágrafo único, que afirma: A outorga de uso dos recursos hídricos deverá preservar o uso múltiplos destes. Ao Poder Público está explicitamente proibida a outorga de direito de uso que somente possibilite um único uso das águas. Portanto, devem ser anulados, administrativamente ou judicialmente, atos de outorga de direito de uso e plano de recursos hídricos que ofendam essas norma legais.

Com justeza, ao tratar da integração de estratégias, diz o Prof. espanhol Ramon Martín Mateo: Exigir-se-á por uma parte a atuação sobre massas de água que constituam um sistema comum e, por outra ou sucessivas utilizações, descartando em princípio, salvo exceções, a exclusividade e o respeito de direitos prioritários dos concessionários individuais, ainda que estes venham fundamentados em velhos e sólidos critérios normativos”.

A água de um açude no Nordeste Brasileiro é utilizada de inúmeras maneiras pelo homem, para diversos fins, dentre estes, cita-se:

### **3.2.1. Abastecimento Doméstico**

É considerado o uso mais nobre da água, uma vez que nós seres humanos dependemos dela para sobrevivência. A água usada para abastecimento doméstico tem prioridade sobre outros usos, garantido pela Lei Federal nº 9433/97, que estabelece em seu artigo 1º, inciso III, que em condições de escassez, deve-se priorizar o abastecimento humano e a dessedentação de animais. Deve atender elevados padrões de qualidades, tais como ausência de patógenos e substâncias tóxicas, para não causar danos à saúde dos homens.

### **3.2.2. Abastecimento Industrial**

Na indústria, a água está presente em várias partes do processo produtivo, como por exemplo, na diluição, lavagem, resfriamento, fluido de transporte, composição de determinados produtos, dentre outros. Isto requer diferentes níveis de qualidade, que depende de como a mesma será usada. Há usos que requerem padrões elevados enquanto outros são menos exigentes. Assim, uma indústria pode necessitar de água com diferentes graus de qualidade (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

### **3.2.3. Irrigação**

A irrigação, depois do consumo humano, talvez seja o usuário mais antigo de água. Esta atividade demanda enorme quantidade de água, sendo responsável por setenta (70%) do consumo de água doce no mundo.

A quantidade e qualidade de água usadas na agricultura dependem do tipo de cultura a ser irrigada, culturas ingeridas cruas requerem águas isentas de organismos patogênicos, enquanto que alimentos consumidos cozidos são mais flexíveis em relação aos níveis destes poluentes. Afirmam Ayers & Westcot (1999) que o aspecto de qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização, todavia, esta situação está se alterando em muitos lugares.

Outro aspecto fundamental que deve ser observado está relacionado aos problemas que podem resultar de um manejo inadequado, como, por exemplo: salinização dos solos, fertilização dos corpos hídricos e contaminação por defensivos agrícolas, dentre outros.

Vale ressaltar que sérios conflitos têm sido causados em nosso país pela deterioração da qualidade das águas, associada ao uso da água pela agricultura e pecuária (TELLES & DOMINGUES, 2006).

### **3.2.4. Harmonia Paisagística**

É um aspecto de grande impacto para a comunidade circunvizinha que interage, de certa forma, com o açude. Segundo Von Sperling et al (2006) desde a antiguidade vem sendo destacada a beleza inerente a ambiente aquático inserido à paisagem urbana. No Nordeste Brasileiro, principalmente em áreas urbanas, a presença de um açude contrastando com edificações exerce um aspecto agradável.

### **3.2.5. Recreação**

O uso dos recursos hídricos para recreação não afeta o balanço hídrico, porém exige elevados padrões de qualidade, principalmente, em relação a organismos patogênicos e substâncias tóxicas.

A água para fins recreativos é usada de dois modos distintos: contato primário, quando há contato direto e prolongado com o corpo do usuário (natação, mergulho, banho recreativo, esqui aquático e surfe); contato secundário, quando o contato com a água é casual (navegação esportiva, pesca) (MOTA, 1997; MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

### **3.2.6. Preservação da Fauna e da Flora**

Assim como os seres humanos, os demais seres vivos precisam de água de boa qualidade para sua sobrevivência. Tanto animais quanto vegetais podem ser vitimados quando em contato com água em condições inferiores às suas necessidades. Desta forma independente do uso que se faça de um corpo hídrico, o equilíbrio do ecossistema aquático deve ser garantido (MOTA, 1997; MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

### **3.2.7. Lazer Contemplativo**

Este uso está relacionado à serenidade que o ambiente aquático exerce sobre os seres humanos. Isto se deve à suavidade da brisa refrescante, a visualização

contemplativa da superfície da água que transmite um estado de tranquilidade. (VON SPERLING et al, 2006).

### **3.2.8. Práticas Esportivas**

É comum, em cidades como Sobral – CE e Campina Grande – PB, o desenvolvimento de atividades esportivas como corridas, caminhadas matinais e ao entardecer às margens de açudes. Dizem Von Sperling et al (2006) que o exercício destas modalidades de esporte e lazer proporciona maior vínculo entre os usuários do ambiente, aumentando, conseqüentemente, a sensação de segurança das pessoas que desfrutam destes benefícios.

### **3.2.9. Aqüicultura**

A água também pode ser utilizada para a produção racional de organismos aquáticos em quaisquer de suas fases de desenvolvimento, este uso é chamado de aqüicultura, como exemplo desta atividade tem-se: a criação de peixes, rã, moluscos, algas marinhas, etc. Contudo, o padrão de qualidade de água exigido nesta atividade é bastante elevado, principalmente em relação a substâncias bioacumulativas ou que possam afetar a saúde dos plantéis e tratadores (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

### **3.2.10. Diluição, Transporte e Disposição Final de Efluentes**

Os recursos hídricos têm capacidade de diluir e assimilar esgotos e resíduos, mediante processos físicos, químicos e biológicos, que proporcionam a sua autodepuração, por isso são utilizados indiscriminadamente para estes fins. O lançamento, transporte e diluição de efluentes também são formas de usos menos nobres da água, inclusive previstas na Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e na Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal nº 9433/97, e no Estado da Paraíba na Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei nº 6038/96.

### 3.3. Política Nacional de Recursos Hídricos

A Lei nº. 9433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamentou o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e alterou o art. 1º da Lei nº. 8.001, de 13 de março de 1990 que, modificou a Lei nº. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Esta Lei representa um novo marco institucional no Brasil, ao incorporar princípios, normas e padrões de gestão de água totalmente aceitos e executados em diversos países. Tem como fundamentos: a água é um bem de domínio público; a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

O texto legal estabelece que os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos são: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; à prevenção e à defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

É importante ressaltar que esta Lei proclama as diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, dentre elas cita-se: a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País; a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional; a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;

Outro aspecto relevante são os seis instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água



em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos e terão o seguinte conteúdo mínimo: diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais; metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas; prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos; diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

### **3.4. Política Estadual de Recursos Hídricos**

O Estado da Paraíba, como diversos Estados Brasileiros (São Paulo - Lei 7663/91, Ceará – Lei 11.996/92, Minas Gerais – Lei 11.504/94, Rio Grande do Norte – Lei 6908/96, dentre outros) se antecipou à Lei Federal 9433/97, elaborando a Lei n° 6038, de 02 de julho de 1996, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes. Esta Lei tem como objetivo assegurar o uso integrado e racional destes recursos, para a promoção do desenvolvimento e do bem-estar da população do Estado da Paraíba, baseada nos seguintes princípios: O acesso aos Recursos Hídricos é direito de todos e objetiva atender às necessidades essenciais da sobrevivência humana; os Recursos Hídricos são um bem público, de valor econômico, cuja utilização deve ser tarifada; a bacia hidrográfica é uma unidade básica físico-territorial de planejamento e gerenciamento dos Recursos Hídricos; o gerenciamento dos Recursos Hídricos far-se-á de forma participativa e integrada, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos desses Recursos e as diferentes fases do ciclo hidrológico; o aproveitamento dos Recursos Hídricos deverá ser

feito racionalmente, de forma a garantir o desenvolvimento e a preservação do meio-ambiente; o aproveitamento e o gerenciamento dos Recursos Hídricos serão utilizados como instrumentos de combate aos efeitos adversos da poluição, da seca, de inundações, do desmatamento indiscriminado, de queimadas, da erosão e do assoreamento.

O texto legal diz ainda que a Política Estadual de Recursos Hídricos será desenvolvida de acordo com as seguintes diretrizes: organização da oferta de água para as diversas demandas e, em qualquer circunstância, priorizando o abastecimento da população humana; proteção dos Recursos Hídricos contra ações comprometedoras da sua qualidade, quantidade e usos; estabelecimentos em conjunto com os municípios de um sistema de alerta e defesa civil, quando da ocorrência de eventos extremos, tais como secas e cheias; compatibilização dos programas de uso e preservação dos Recursos Hídricos com os da União, dos Estados vizinhos e dos municípios, através da articulação intergovernamental; maximização dos benefícios socioeconômicos nos aproveitamentos múltiplos dos Recursos Hídricos e racionalização do uso dos Recursos Hídricos superficiais e subterrâneos, evitando a exploração inadequada; estabelecimento de prioridades no planejamento e na utilização dos Recursos Hídricos de modo a se evitar ou minimizar os conflitos de uso; distribuição dos custos das obras públicas de aproveitamento múltiplo, ou de interesse coletivo, através do princípio do rateio entre as diversas esferas de governo e os beneficiários; fixação das tarifas, considerando os aspectos e condições sócioeconômicas das populações usuárias; estabelecimento de áreas de proteção aos mananciais, reservatórios, cursos de água e demais Recursos Hídricos no Estado, sujeitas à restrição de uso; contudo, com a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9433/97, ressalta-se que alguns ajustes devem ser feitos à Lei Estadual.

### **3.5. Degradação e Poluição Ambiental**

A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD, 1997) define degradação da terra como “a redução ou perda, nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, da produtividade biológica ou econômica e da complexidade das terras agrícolas de sequeiro, das terras agrícolas irrigadas, das pastagens naturais, das pastagens semeadas, das florestas e das matas nativas, devido aos sistemas de utilização da terra ou a

um processo ou combinação de processos, incluindo-se os que resultam da atividade do homem e das suas formas de ocupação do território, tais como”:

- I. a erosão do solo causada pelo vento e/ou pela água;
- II. a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo, e
- III. a destruição da vegetação por períodos prolongados.

Por terra entende-se o sistema bio-produtivo terrestre que compreende o solo, a vegetação, outros componentes da biota e os processos ecológicos e hidrológicos que se desenvolvem dentro do sistema.

No Brasil, a Lei 6938/81 que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente conceitua degradação ambiental como “a alteração adversa das características do meio ambiente”. Esta mesma Lei também define poluição como sendo “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”.

Trata-se de um conceito abrangente, ao incluir a proteção do homem; do patrimônio público e privado; do entretenimento; da flora e da fauna; do patrimônio cultural, artístico, arqueológico e natural e da qualidade de vida.

A degradação ou poluição ambiental é um problema que a sociedade vem enfrentando atualmente, não só em regiões urbanas, onde sua ocorrência resulta na deterioração mais intensa da qualidade de vida, mas também na zona rural, onde populações, na maioria das vezes, são vitimadas em função das pressões exercidas pelo consumismo exacerbado dos centros urbanos.

Com a crescente degradação ambiental, diferentes áreas da ciência vêm trabalhando juntas para resolver problemas relacionados à saúde do planeta e ao bem-estar dos seus ocupantes. Surgem novas áreas de pesquisas interdisciplinares e novas ciências, que reúnem dados dos diversos campos do conhecimento humano. A compreensão da complexidade ambiental exige uma abordagem multidisciplinar que supere a fragmentação das diversas áreas do conhecimento. É necessário se apropriar da contribuição de várias

disciplinas (conteúdo e métodos) para se construir uma base comum de compreensão e atuar sobre o problema ambiental.

No estudo da degradação ou poluição ambiental, faz-se necessário compreender as relações entre os elementos constituintes do meio ambiente, no sentido mais amplo deste conceito, entender os processos e fenômenos (natural e social) que envolvem este sistema complexo e suas inter-relações; principalmente com as diferentes formas de interferência antrópicas. Logo, faz-se necessário empreender ações que levem em consideração as características ambientais do meio em estudo, a fim de se obter um diagnóstico ambiental realista do contexto existente.

Desta forma, a recuperação de áreas degradadas pressupõe o conhecimento espacial e temporal (origem, evolução e estágio da degradação instalada), o que requer a contribuição de vários campos técnico-científicos que lidam com a questão ambiental.

Diante da crescente degradação, os ecossistemas aquáticos acabam servindo como depósitos de uma grande variedade e quantidade de poluentes lançados no ar, no solo ou diretamente nos corpos d'água. Assim, a poluição do ambiente aquático, provocada pelo homem, direta ou indiretamente, produz efeitos deletérios, tais como: prejuízo aos seres vivos, perigo à saúde humana, efeitos negativos às atividades aquáticas (pesca, lazer, etc.) e prejuízo à qualidade da água com respeito ao uso na agricultura, indústria e outras atividades econômicas (MEYBECK & HELMER, 1996).

Tratando-se de ambiente aquático a degradação ocorre quando a qualidade e a vazão do corpo hídrico forem alteradas; quando há alterações das características físicas, químicas, biológicas; quando a flora e a fauna forem alteradas ou destruídas, removidas e quando o desenvolvimento socioeconômico for inviabilizado, pode ocorrer de duas formas: devido à utilização dos recursos hídricos ou função das externalidades negativas, geradas pelos processos produtivos e do consumo (universalmente conhecidos como poluição ou emissão de poluentes).

Para Bassoi (2005), o conceito de poluição das águas deve associar o uso com a qualidade. Assim, poluição das águas é definida como a alteração das suas características físicas, químicas ou biológicas que prejudiquem um ou mais de seus usos preestabelecidos.

### **3.6. Fontes de Poluição**

Os poluentes chegam até as águas por meio de precipitações, escoamentos superficiais, infiltrações ou lançamentos diretos de efluentes e resíduos sólidos. Mota (1997) classifica as fontes de poluição em pontuais (localizadas) quando o lançamento da carga poluidora é feito de forma concentrada, em determinado local e; difusa (não-localizada) quando os poluentes alcançam um manancial de modo disperso, não se determinando um ponto específico de introdução. De acordo com este autor as principais fontes de poluição das águas superficiais são: esgoto doméstico, esgoto industrial, águas pluviais carregando impurezas do solo ou contendo esgotos lançados nas galerias, resíduos sólidos, pesticidas, fertilizantes, detergentes, precipitação de poluentes atmosféricos sobre o solo ou água, alterações nas margens dos mananciais, erosão, dentre outros.

### **3.7. Monitoramento e Qualidade de Água**

A qualidade de um ambiente aquático pode ser definida: em função da presença de substâncias inorgânicas ou orgânicas em diferentes concentrações e especiações e, segundo a composição e estrutura da biota aquática presente no corpo de água (MEYBECK & HELMER, 1996). Estes mesmos autores afirmam que a quantidade e a qualidade dos elementos presentes na água sofrem influência do solo da região, do clima, da geologia, da geomorfologia, da vegetação circundante, dos ecossistemas aquáticos adjacentes, condições que prevalecem na bacia de drenagem e do homem. Por conseguinte, sofrem variações temporais e espaciais em decorrência de processos internos e externos ao corpo de água, mas podem ser determinadas através de medidas quantitativas e qualitativas, como determinações físicas, químicas, bioquímicas, biológicas, ou através de índices bióticos, aspectos visuais, inventário de espécies.

O monitoramento da qualidade do recurso hídrico busca obter informações quantitativas e qualitativas das características da água através de amostragem, sendo realizado para se atingir propósitos específicos, como conhecimento das condições biológicas, físicas, químicas, ecológicas, enquadramentos em classes ou para fiscalização (detecção de infrações aos padrões de qualidade da água estabelecidos em lei).

O monitoramento é um sistema contínuo de observações, medições e avaliações; é, a coleta de dados com o fim de obter informações sobre uma característica e/ou comportamento de um conjunto de variáveis ambientais, que consiste em um programa de repetidas observações, medidas e registro de parâmetros em um determinado período, com propósito definido. Consiste também em definir a localização dos pontos de coleta, escolha das variáveis, determinação da frequência, análise laboratorial, análise de dados e utilização dos dados obtidos para tomada de decisão (WARD, 1999).

Na busca de soluções para os conflitos entre os múltiplos usos da água (abastecimento doméstico, irrigação, navegação, abastecimento industrial, recreação, dentre outros) é mister a implantação de um programa de monitoramento da qualidade da água para subsidiar a avaliação das condições deste recurso, bem como, fornecer informações para orientar a tomada de decisões com relação ao gerenciamento da água. O monitoramento se constitui em um passo fundamental para o gerenciamento integrado da qualidade e quantidade de qualquer recurso hídrico.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos, Lei 9433/97, define que o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão.

O gerenciamento de qualidade da água exige que sejam estabelecidas formas de acompanhamento da variação de indicadores da qualidade da água, permitindo avaliar as condições de poluição e alteração de um corpo hídrico. Este controle só será exeqüível se for definido um conjunto de parâmetros significativos que atendam a um objetivo estipulado (PORTO, 1991). Por exemplo, se o corpo hídrico estiver destinado à recreação de contato primário, o conjunto de parâmetros de qualidade de água deverá incluir todos aqueles que indiquem alterações na água, prejudiciais aos usuários.

Segundo Porto (1991), os padrões de qualidade da água devem ser utilizados para regulamentar e controlar os níveis de qualidade a serem mantidos em um corpo d'água, dependendo do uso a que ele se destina. A utilização de padrões de qualidade atendem, a dois propósitos: manter a qualidade do curso d'água ou definir uma meta a ser atingida e ser a base para definir os níveis de tratamento a serem adotados na bacia, de modo que os efluentes lançados não alterem as características do curso d'água estabelecidas pelo padrão.

Dentre os recursos naturais de que o homem dispõe, a água aparece como um dos mais importantes, sendo indispensável para a sua sobrevivência. Os recursos hídricos são limitantes e têm papel significativo no desenvolvimento econômico e social. O crescimento populacional e econômico deste século levou o homem a explorar, de forma predatória, os recursos hídricos. Isto envolve principalmente energia, abastecimento doméstico e industrial, aumento de produção agrícola por irrigação, transporte fluvial e marítimo, recreação, e lagos artificiais costeiros como marinas (TUCCI, 2007). Para cada tipo de utilização são feitas exigências quanto ao limite de impurezas na água. Alguns usos requerem elevados padrões sanitários os quais são estabelecidos pela Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Existem, ainda, aqueles que fazem restrições quanto à existência de produtos químicos que possam danificar equipamentos instalações. Assim, a qualidade desejada para determinado recurso hídrico vai depender dos usos para os quais o mesmo se destina. Por exemplo, a utilização de determinado manancial para recreação intensa pode ocasionar a modificação de sua qualidade, tornando-o inadequado para o abastecimento doméstico (MOTA, 1988).

No Brasil, a classificação dos corpos de água é estabelecida de acordo com o que determina a Resolução 357 de 15 de março de 2005, que enquadra as águas doces, salobras e salinas em treze classes através de valores individuais máximos e mínimos permitidos para cada variável (física, química e biológica) em cada classe, segundo a qualidade requerida para seus usos atuais e dos níveis que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade.

A preocupação com a água imediatamente conduz ao estudo do uso e ocupação do solo e o planejamento passa a envolver o próprio processo de desenvolvimento local e regional (política de recursos hídricos), que leva ao gerenciamento dos recursos hídricos. Até há pouco tempo, a preocupação mundial estava voltada apenas para a gestão dos conflitos entre diferentes usos da água. Hoje, o foco se direciona para o aproveitamento otimizado dos recursos dos recursos, não só melhorando a qualidade de vida regional e local, mas também respeitando a capacidade suporte dos ecossistemas.

Barth (1994) expôs a situação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos desde a década de 1980, quando foram aprovadas as primeiras legislações sobre controle ambiental e de efluentes. Este sistema tem como aspectos centrais o gerenciamento dos recursos, o desenvolvimento e modificações do uso de solo. Atualmente, programas

regionais estão sendo constituídos para proteção, manejo e gerenciamento e o conceito que norteia estas ações baseia-se na unidade de planejamento representada pelas bacias hidrográficas.

Cordeiro (1997) mostra o programa instituído em Minas Gerais para preservação dos mananciais de abastecimento, congregando intervenções localizadas em uma ação de monitoramento contínuo de toda a bacia hidrográfica, de forma preventiva, buscando a preservação da situação ambiental existente; e corretiva das alterações das características físicas e químicas da água. O programa compõe-se do levantamento das atividades ocorrências físicas e bióticas da bacia; e do diagnóstico da qualidade da água, uso e ocupação do solo. Somente após essas etapas o plano de gerenciamento poderá ser estabelecido.

Também Gabardo (1997), em uma proposta para preservação de mananciais do Paraná, define a necessidade de uma fase diagnóstica a qual deverá hierarquizar uma árvore de problemas, suas causas e efeitos. A partir desta, define-se as alternativas que poderão levar à solução do problema principal.

Já Rino et al (1997) realizaram o diagnóstico das condições de saneamento ambientais do Rio Dourado para definir a gestão integrada desta região. O saneamento e a urbanização são dois fatores preponderantes na preservação dos corpos d'água, como demonstram os trabalhos de Santos & Kato (1997) e Bezerra (1997).

A cada dia cresce a disputa entre os setores (agricultura, indústria e abastecimento humano) que tradicionalmente competem pelo uso da água, gerando sérios conflitos. A solução para estes conflitos é uma gestão integrada e compartilhada do uso, controle e conservação dos recursos hídricos (SILVA, 1997). Sobral & Gama (1997) defendem uma estratégia multidisciplinar para equilibrar estes diferentes e potencialmente conflitantes objetivos do crescimento econômico e do gerenciamento ambiental. No trabalho de implementação do gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica do Rio Pirapama, em Pernambuco, parte do diagnóstico setorial, nos quais se incluem os estudos limnológicos do ecossistema.

Nos tempos atuais um dos campos mais importantes da Limnologia é a pesquisa sobre o metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Estas pesquisas possibilitam o conhecimento da estrutura e do funcionamento destes ecossistemas, viabilizando, portanto, o seu manejo e a maximização de sua produtividade (ESTEVEZ, 1988).

Segundo Esteves *apud* Esteves (1998), as pesquisas sobre o metabolismo dos ecossistemas aquáticos podem ser realizadas em três etapas: etapa de análise, etapa de síntese e etapa holística. A etapa de análise possibilita, fundamentalmente, o conhecimento da estrutura do ecossistema e baseia-se em investigações sistemáticas das variáveis ambientais, tais como pH, condutividade, concentração de nutrientes etc. O término desta etapa permite descrever o ecossistema, no que diz respeito às suas características principais. Na etapa de síntese, as pesquisas realizadas possibilitam o manejo e conseqüentemente a maximização de sua produtividade. Já na fase holística, as pesquisas concentram-se nas interações entre o ecossistema aquático e o terrestre adjacente. Os resultados obtidos nas pesquisas sobre o metabolismo dos ecossistemas aquáticos constituem a ferramenta mais importante para as várias técnicas de seu manejo.

Os parâmetros estudados pela limnologia incluem tanto as variáveis físicas, químicas e a biota dos corpos d'água. Portanto, a obtenção dos dados hidrológicos e limnológicos é base fundamental para o desenvolvimento de um plano de conservação de água de uma região. Carvalho (1997) estabeleceu um monitoramento no ribeirão Lajeado em quatro pontos de coletas de dados limnológicos, estudados por doze meses, ao final do qual traçou um grau representativo da qualidade da água da bacia. Bezerra (1997) também traça um perfil sanitário - ambiental da bacia do Rio Laranjeiras, enquanto Cordeiro (1997) faz um diagnóstico de uso e ocupação para buscar adequar às atividades humanas e a conservação de mananciais. Os parâmetros limnológicos medidos na lagoa Olho d'água - PE por Santos & Katos (1992) resultaram na avaliação e proposição de intervenções necessárias à recuperação ambiental da lagoa. Barbosa et al (1981) puderam caracterizar o grau de trofia da Lagoa Santa - MG, através de informações limnológicas. Rodríguez (2001) também avaliou a qualidade da água dos recursos hídricos da bacia do Alto Jacaré-Guaçu-SP, através da análise das características limnológicas (variáveis físicas, químicas e biológicas). Para tanto foram efetuadas duas campanhas de amostragem uma no mês de março em 1999 e a outra em agosto deste mesmo ano. Os resultados obtidos permitiram determinar o índice de qualidade da água e indicar os impactos atuantes nesta bacia.

Os parâmetros estudados incluem variáveis físicas, químicas e biológicas de corpos d'água, por conseguinte, os estudados neste trabalho, são:

### 3.7.1. Temperatura da Água

A temperatura da água é uma variável de extrema importância na investigação da dinâmica de um ecossistema aquático, uma vez que influencia diretamente o metabolismo dos organismos existentes no meio, afetando processos significativos, como respiração, fotossíntese, decomposição, velocidade de reações químicas, biológicas, solubilidade de gases na água, sendo fator imprescindível na análise de um corpo hídrico (VON SPERLING, 1996).

### 3.7.2. Condutividade Elétrica da Água (CE)

A condutividade elétrica da água constitui uma das variáveis mais importantes em Limnologia, visto que pode fornecer informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático e sobre fenômenos importantes que ocorram na sua bacia de drenagem, como informações iônicas e pode ainda ajudar a detectar fontes poluidoras. A composição inorgânica de águas naturais, onde os íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$  e  $\text{Cl}^-$  são componentes mais abundantes, refletem não só as propriedades, de carga iônica da molécula da  $\text{H}_2\text{O}$ , mas também a disponibilidade dos elementos no solo, a serem trazidos para solução (VOM SPERLING, 1996). As composições químicas das águas dos rios refletem a natureza das rochas e a idade dos solos. Estudos têm mostrado que a composição da água depende das características dos ecossistemas terrestres e do seu grau de conservação e tratamento (MARGALEF, 1983).

### 3.7.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) expressa a concentração de íons hidrogênio  $\text{H}^+$  (em escala anti-logarítmica), dando umas indicações sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Tem valor de 0 a 14, sendo os de baixo valor corrosivos e agressivos, enquanto valores altos possibilitam formação de incrustações. Afastado da neutralidade pode afetar a vida aquática; ambos podem afetar a vida (VON SPERLING, 1996). Destaca-se ainda que valores de pH superiores a 7 evitam a indesejável ressobilização do fósforo e, eventualmente, de metais pesados acumulados no sedimento (VON SPERLING et al., 2006).

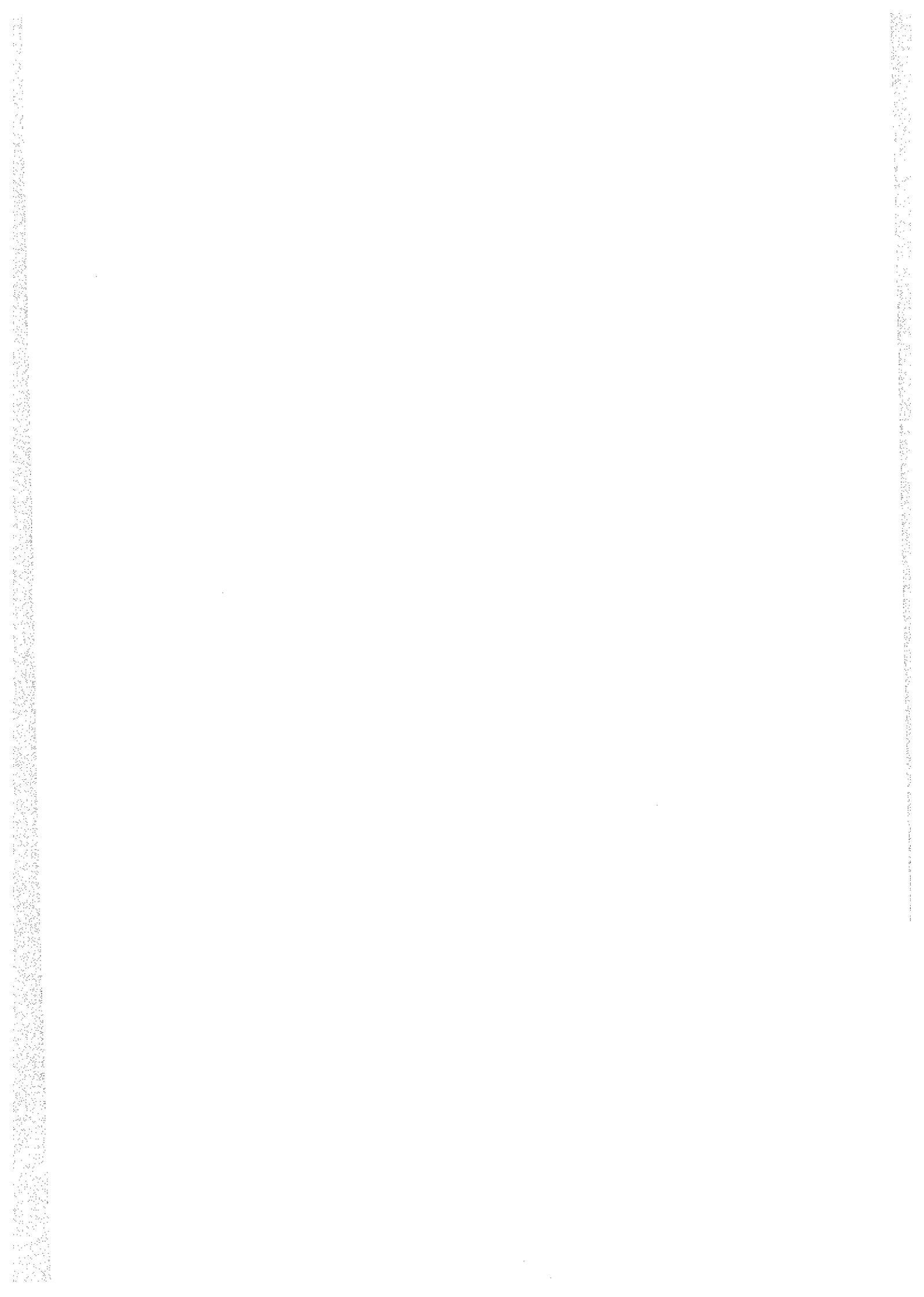
### 3.7.4. Oxigênio Dissolvido (OD)

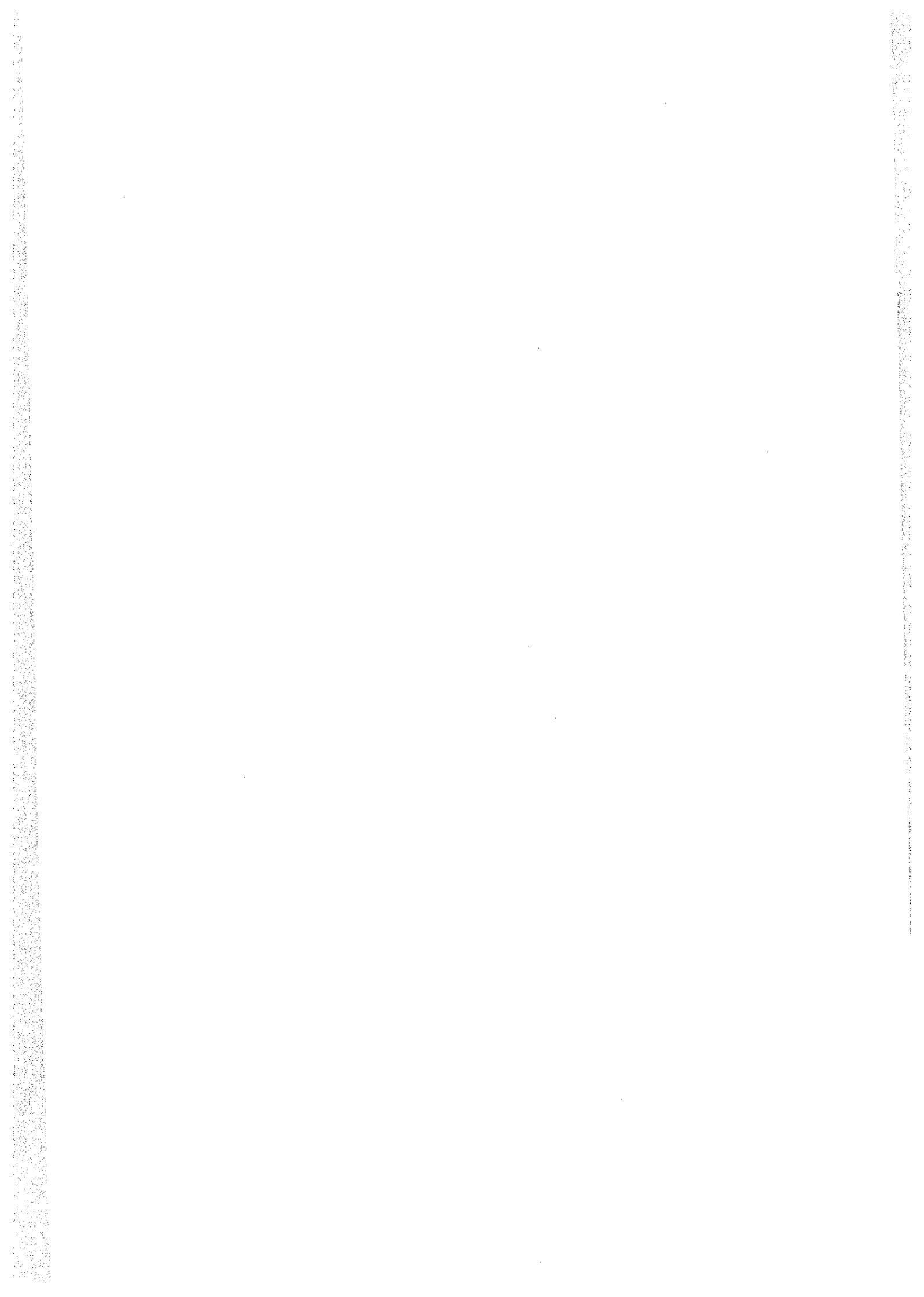
Uma das características mais importantes do ambiente aquático é a lentidão dos processos de difusão. A solubilidade dos gases atmosféricos na água varia com a temperatura, pressão e com suas concentrações na atmosfera (MOSS, 1995).

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio ( $O_2$ ) é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. A quantidade de oxigênio que atravessa a superfície da água é proporcional à diferença de pressões parciais do gás, no ar e na água multiplicado pelas solubilidades do gás na água, e pelo coeficiente de difusão (MARGALEF, 1983). As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são devidas ao consumo de decomposição de matéria orgânica, perda para a atmosfera, respiração de organismos, agrotóxicos e oxidação de íons metálicos (ESTEVES, 1988). O teor de oxigênio dissolvido é um indicador de suas condições, de poluição por matéria orgânica. Assim, uma água não poluída deve estar saturada de oxigênio. Por outro lado, teores baixos de oxigênio dissolvido podem indicar que houve uma intensa atividade bacteriana decompondo matéria orgânica lançada na água (MOTA, 1995).

### 3.7.5. Nitrogênio Total e Fósforo Total

A eutrofização dos ecossistemas aquáticos é resultado do enriquecimento com nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio que têm duas possíveis fontes: a natural, que é despejada pelos processos biogeoquímicos, e a social, que é originária dos esgotos industriais e domésticos e de fertilizantes aplicados na agricultura, os quais são carregados para os corpos hídricos. Tundisi (2003) apresenta algumas conseqüências provocadas pela eutrofização, como: anoxia (ausência de oxigênio na água), que provoca mortalidade de peixes e invertebrados e também produz liberação de gases com odor e às vezes tóxicos ( $H_2S$  e  $CH_4$ ), produção de toxinas por algas; altas concentrações de matéria orgânica que, se tratadas com cloro, podem produzir substâncias carcinogênicas; alteração da biodiversidade e efeitos crônicos e agudos para a saúde humana (AZEVEDO NETO, 1991). A concentração destes dois nutrientes em águas aumenta, repentinamente, à medida que a bacia hidrográfica toma-se mais domesticada, ou seja, à medida que aumenta a





porcentagem de áreas sob uso agrícola e urbano (ODUM, 1998; ODUM, 1971), sendo desta forma excelente parâmetro para indicar o grau de intervenção humana em uma bacia hidrográfica.

Segundo Esteves (1988) o nitrogênio é um dos elementos mais significativos no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância se deve sobretudo à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos de biomassa. As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: a chuva, material orgânico e inorgânico e, conforme Moss (1995) a fixação procariótica em águas neutras e levemente alcalinas. O nitrogênio está presente na água sob várias formas, por exemplo: Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), íon amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) etc. Dentre as diferentes formas, o nitrato e o nitrogênio assumem grande importância, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênios para os produtores primários. Os compostos nitrogenados ocorrem na água originária de esgotos domésticos e industriais ou da drenagem de áreas fertilizadas e podem ser usados como indicadores de "idade" da carga poluída, dependendo do estágio em que se encontrem. O nitrogênio em excesso contribui para o desenvolvimento de algas em mananciais e deve ser eliminado para evitar a proliferação excessiva das mesmas. Teores elevados de nitrato são responsáveis pela incidência de uma doença infantil chamada metemoglobinomia (ou cianose), que provoca a descoloração de pele (MOTA, 1995).

A importância do fósforo nos sistemas biológicos deve-se à sua participação em processos fundamentais de metabolismo dos seres vivos, tais como armazenamento de energia e estruturação de membrana celular. Todas as formas de fósforo presentes em águas naturais encontram-se sob a forma de fosfato, que pode ser de origem natural ou artificial. Afirma Von Sperling (1996), que o fósforo é um elemento indispensável para as algas e quando em elevada concentração em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos. É também essencial para o crescimento dos microorganismos responsáveis pela estabilização de material orgânico.

A atividade humana afeta a composição das águas de drenagem, como demonstra Moss (1991) para os rios do País de Gales. O fósforo total inclui todas as formas deste grupo ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) que atua no metabolismo de organismos vivos, tais como: estoque de energia e componente da membrana celular (ESTEVES, 1998; VON SPERLING, 1996; ESTEVES, 1988; WETZEL, 1991). Para

Pompêo & Moschini-Carlos (2003), as principais fontes de fósforo para o ambiente aquático são as rochas, esgotos domésticos e fontes agrícolas de origens dispersas.

### **3.7.6. Coliformes Totais (CT)**

O grupo coliformes fecais que constitui imenso número de bactérias encontradas na água, solo e em fezes de seres humanos e outros animais. Embora não sejam patogênicos são utilizados como indicadores bacteriológicos de poluição fecal, para apontar que a água recebeu dejetos podendo ter microrganismos causadores de doenças.

O meio aquático é habitado por um grande número de formas de vidas. Entre estas, encontram-se os microrganismos, entre os quais se acham os tipicamente aquáticos e os que são introduzidos na água a partir de uma contribuição externa. Os indicadores mais tradicionais de qualidade de água são as bactérias do grupo coliforme, utilizados universalmente para o estabelecimento de padrões de uso e potabilidade de água. (APHA, 1995). Sua efetividade em ambientes tropicais tem sido questionada por trabalhos. Contudo, são parâmetros importantes para diagnóstico do funcionamento ecológico do corpo d'água, pois refletem os usos múltiplos da bacia, ao enfatizarem presença de matéria fecal, portanto, baixas condições sanitárias.

### **3.7.7. Sólidos Totais**

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Os sólidos podem ser classificados de acordo com o seu tamanho, as suas características químicas e a sua decantabilidade: sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, sólidos voláteis, sólidos fixos, sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos em suspensão não sedimentáveis. Os constituintes dissolvidos representam sólidos em solução verdadeira e constituem a salinidade total das águas (VON SPERLING, 1996; BRAILE & CAVALCANTE, 1993); compreendem toda matéria que permanece como resíduo em uma amostra de água ou esgoto, após evaporação e secagem em uma capela de porcelana (mufla) a uma temperatura de 103 A 105°C, durante uma hora (SILVA & OLIVEIRA, 2001; BRAILE & CAVALCANTE, 1993). A água quando contém concentrações de sólidos dissolvidos menores que 500 mg.L<sup>-1</sup> é considerada satisfatória

para uso doméstico e inúmeros usos industriais. Já acima de  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  contém minerais que lhe conferem sabor desagradável tornando-a inadequada para diversos usos.

### **3. 8. Impactos no Meio Urbano**

O crescimento da população mundial é constante e acelerado, estima-se segundo previsões otimistas, que em 2025 chegará a 7,8 bilhões de habitantes (SHIKLOVANOVA, 2007), em 2050 a 9.3 bilhões e que, eventualmente, estabilizará entre 10.5 e 11 bilhões (UN, 2002). Esse crescimento contínuo exerce enormes pressões sobre os recursos naturais, serviços e infra-estrutura urbana, principalmente em países pobres e países em desenvolvimento, onde as taxas de natalidades são altas. Assim, as sociedades para sustentarem este grau de crescimento retiram mais e mais recursos do ambiente natural; desta forma, têm intensificado suas influências de forma nefasta sobre os processos naturais atuantes no planeta. O contingente populacional tornou-se um agente modificador da natureza. E as alterações provocadas indicam que problemas urbanos comuns pressionam a base dos recursos naturais. Dentre os diversos fatores que afetam a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável dos centros urbanos, destacam-se os concatenados ao saneamento ambiental, desenvolvimento das atividades econômicas, acesso à terra, uso e ocupação do solo e a poluição dos recursos hídricos.

Em várias cidades brasileiras, grande parte das construções encontra-se na irregularidade, informalidade, envolvendo questões desde a construção até ocupação de áreas vulneráveis. Hoje, problemas como invasão de áreas públicas, principalmente em áreas de proteção ambiental, como faixas marginais ao longo de rios, córregos e encostas, deixaram de ser problema somente de grandes centros urbanos, metrópoles e já se encontram presentes também em médias e pequenas cidades.

As cidades encerram uma diversidade de atividades e requerem energia e matéria-prima necessárias ao progresso econômico e social. Por isso, tem grande responsabilidade pela degradação do meio ambiente.

A produção de lixo de diversas consistências e origens tem aumentado de forma exponencial, como resultado de atividades diárias do homem social, influenciada principalmente pela industrialização, aumento no consumo de bens e serviços, avanços

tecnológicos e crescimento urbano sem planejamento, aumento de sistemas produtivos que utilizam tecnologias poluentes e baixas eficiência energética; deste modo, têm gerado consequências sociais, econômicas e ambientais desastrosas (CAVALCANTI, 1995; BIDONE & POVINELLI, 1999; OLIVEIRA, 2000; MBULIGWE *et al*, 2002; GRODZIN'SKA-JURCZAK, 2003). Uma vez que grande parte dos resíduos sólidos e líquidos produzidos no Brasil é lançada indiscriminadamente em rios, córregos, terrenos baldios e demais áreas que com o decorrer dos tempos passam a constituir sérios problemas de ordem ambiental, sanitária, econômica e social, degradando ou impactando negativamente os recursos naturais de diferentes formas e magnitudes.

É comum, em ambientes urbanos, a população de baixo poder aquisitivo habitar ambientes poluídos e áreas de risco, convivendo com a ausência de infra-estrutura: falta de habitações, transportes, serviços públicos etc., resultando em diminuição da qualidade de vida, como sérios problemas socioeconômico e ambiental.

Afirma Tundisi (2003) que o crescimento da população brasileira promoveu aumento considerável nas demandas hídricas associado à expansão urbana, à degradação dos mananciais e à contaminação e poluição.

Alterações no ciclo hidrológico produzidas pela inadequada ocupação do espaço, geram enchentes urbanas freqüentes, problemas na coleta e disposição do lixo urbano, que resultam em contaminação dos aquíferos e águas superficiais, e perdas na distribuição (TUCCI & MARQUES, 2000).

A produção concentrada de esgotos aumentou consideravelmente nos últimos 30 anos e as principais atividades humanas responsáveis pelos impactos nos recursos hídricos, são: urbanização, despejo de esgoto sem tratamento, construção de rodovias, desvio de rios, construção de canais, mineração, hidrovias, construção de represas e atividades industriais. (TUNDISI, 2003)

Medeiros & Pettas (2005) demonstraram que a expansão urbana desordenada tem resultado em severos problemas ambientais que são causados, principalmente, pelo não respeito às limitações naturais, que vão desde a ocupação de áreas protegidas até o desmatamento de áreas de recarga de lençol freático.

Uma das formas de degradação observada por Farias (2006), na cidade de João Pessoa, foi o lançamento de esgoto doméstico bruto e industrial ocorrendo diretamente no

Rio Cabelo. Outra degradação existente é a deposição de resíduos sólidos em local inadequado e extração de areia.

Silva (2002) estudou a vulnerabilidade socioeconômica e ambiental e os riscos a desastres em na cidade de Picuí-PB, onde identificou seis níveis de degradação (baixo, baixo/moderado, moderado, moderado a grave, grave e muito grave) e salientou que o maior problema está na erosão dos solos por sulcos e voçorocas que, tem como causas principais deste processo, ações antrópicas relacionados ao uso dos solos.

### **3.9. Sensoriamento Remoto**

O Sensoriamento Remoto é uma fonte de dados/informações que envolve a detecção, identificação, classificação, delimitação e análise dos aspectos e fenômenos da superfície da terra, derivadas de imagens adquiridas em nível aerotransportado ou orbital, cujo manuseio pode ser feito através de interpretação óptica e/ou computadorizada (ERDAS, 1997), sem que o aparelho esteja em contato com o objeto alvo. É um conjunto de técnicas que permite obter informações da superfície da Terra a distância.

Para Lillesand & Ktefer (1995), Sensoriamento Remoto é a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, por meio de análise de dados adquiridos por um sistema que não está em contato com esse objeto, área ou fenômeno sob investigações." Como demonstra esta definição, a obtenção de informações sobre objetos, área ou fenômenos, utilizando-se o Sensoriamento Remoto, é possível através da análise de dados, ou seja, da análise das relações entre os alvos e a energia eletromagnética.

A partir da década de setenta, com o lançamento dos satélites LANDSAT, muitas pesquisas têm utilizado informações sobre os diferentes alvos da superfície terrestre, coletados a nível orbital, que são de grande valia no estudo dos recursos naturais (MOREIRA & ASSUNÇÃO, 1984).

O uso de imagens de satélites tem sido bastante empregado nessas metodologias, possibilitando periodicidade regular de cenas, maior capacidade de atualização de processos na superfície terrestre e inclusão de um grande campo do espectro eletromagnético (IZOLA et al, 1998). Com a utilização de imagens de satélite é possível realizar o imageamento sinótico e periódico da superfície terrestre e, conseqüentemente, o

levantamento e monitoramento dos recursos naturais, de forma rápida e poupando tempo, dinheiro e pessoal especializado.

O meio ambiente natural e urbano estão submetidos a processos de mudanças contínuos em resposta às atividades natural e antrópicas. A compreensão do complexo inter-relacionamento dos fenômenos que provocam estas mudanças implica em fazer estudos com uma grande diversidade de escalas temporais e espaciais. A observação da Terra por meio de satélites é a maneira mais efetiva e econômica de coletar os dados necessários para monitorar e modelar estes fenômenos, especialmente em países de grande extensão territorial. Os satélites empregados para estes propósitos são complexos, dispendiosos e de alto conteúdo tecnológico, como é o caso do Brasil.

As características espectrais de feições como vegetação, solo e água, são de grande interesse e constituem elementos fundamentais e essenciais para a análise e interpretação de dados de Sensoriamento Remoto.

### **3.10. Sistema de Informação Geográfica (SIG)**

O sistema de informação geográfica é uma ferramenta usada na manipulação de informações ambientais, bem como para estudar e resolver os problemas de organização espacial. O motivo de sua utilização cada vez mais freqüente, em diversas áreas de pesquisa, reside no fato de que ele permite que dados georeferenciados possam ser armazenados, manipulados e analisados, permitindo maior agilidade na obtenção de informações. Estes são ferramentas de apoio ao geoprocessamento que consistem de um conjunto de dados (banco de geodados), integrados e controlados através de utilitários de software e hardware. Os SIGs permitem a automatização de cruzamentos complexos de informações convencionais e espaciais. Eles geram produtos finais de precisão (informações refinadas e meios para sua interpretação e/ou difusão) com base em dados associados a mapas, cartas, imagens de satélites e relatórios técnicos sobre tema estratégicos (BARROS, 1998).

Para Star & Estes (1990) os SIGs evoluíram como meio de reunir e analisar dados espaciais para fins de planejamento e de manejo de recurso natural a nível urbano, regional, estadual e nacional de órgãos governamentais. Logo encontram uma série de outras aplicações, como: estudo da degradação ambiental e vulnerabilidade

socioeconômica (ALENCAR, 2004), identificação de potencial hidráulico, visando à geração de energia elétrica (SOUZA et al, 2007), estimativa espaço-temporal da superfície potenciométrica do sistema aquífero (MONTEIRO, 2003), monitoramento hiperespectral de lagoas de resíduos (FRAUENDEORF et al, 2005), manejo da qualidade de água (ADAMS et al. 1982), Geoturismo (AMORIN,2005), mapeamento de crescimento urbano (MEDEIROS & PETTAS, 2005), elaboração de mapas de riscos de erosão (LIMA et al. 1992; PELLETIER, 1985), mapas de aptidão agrícola (FORMAGGIO, 1992), atualização de rede hidráulica (BIELENKI JR & FARIAS, 2005), planejamento rural (VENTURA et al. 1988), identificação de áreas de captação em bacia hidrográfica (WACHHOLZ & PEREIRA FILHO, 2005), caracterização e planejamento urbano (MOURA & SILVA, 2004).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Metodologia**

A metodologia da pesquisa consistiu na coleta e análise de todas as fontes de dados disponíveis sobre os múltiplos usos da água e da ocorrência de degradação no açude e no seu entorno, incluindo visita de campo, entrevistas com usuários, registro fotográfico, documentos oficiais, estudos de dados estatísticos disponíveis, informações, arquivos locais e nacionais e na análise físico-química e biológica da água. Os dados foram georreferenciados para as unidades da região permitindo uma análise espacial, temporal e semântica de alta resolução.

O projeto usou um enfoque dedutivo e comparativo na análise dos usos e da degradação ambiental. Criou um banco de dados que permitiu a identificação dos padrões espaciais, temporais e semânticos da degradação ambiental, gerando informações detalhadas sobre os impactos ambientais praticados no açude Bodocongó.

#### **4.1.1. Análise Digital**

- Os dados foram georreferenciados e uma análise quantitativa em um ambiente de SIG, explorou-se as correlações válidas entre os processos causais de degradação. O uso do SIG facilitou a visualização de padrões de correlação, que foram explorados usando os métodos qualitativos;
- Fotointerpretação - Foi utilizado o Método Sistemático desenvolvido por VENEZIANA & ANJOS, (1992). As regras que conceituam este procedimento são:

1. análise dos elementos da textura e da estrutura fotográfica e das tonalidades de cinza, definição das propriedades que caracterizam as formas e individualização de zonas imageadas que possuem características semelhantes (zonas homólogas);
  2. procedimento dedutivo e indutivo, estabelecimento do significado das zonas homólogas. A estratégia de ação foi a utilização de produtos fotográficos, branco e preto, recentes do TM/Landsat-5 e CBERS 2, na escala de 1:100.000 Google earth para mapear os processos de degradação atuais do meio ambiente.
- Processamento digital - foram utilizados algoritmos definidos no sistema Spring 4.3 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) desenvolvido por CÂMARA et. Al (1996). Processou-se digitalmente as imagens TM/Landsat 5 e CBERS 2 e a partir das imagens digitais foi feito o estudo espaço-temporal da degradação no açude.
  - Trabalho de campo: O trabalho de campo foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa foi feito um reconhecimento da área em estudo com a descrição geral de seus elementos, para subsidiar a fotointerpretação e o processamento digital.
  - Trabalhos no LMRS: O software SPRING 4.3 foi utilizado para gerar toda a base de dados georreferenciados do projeto. A estratégia de ação foi o uso dos dados da fotointerpretação, do processamento digital de imagens, do trabalho de campo e dados bibliográficos, como dados de entrada nos sistemas, pela transferência eletrônica ou digitalização, para a criação de uma base de dados georreferenciados para a área estudada. Os bancos de dados das degradações subsidiarão as definições de políticas de gestão para a área.

#### **4.1.2. Análise de Água**

As amostras foram coletadas mensalmente, durante as duas estações, seca e chuvosa, a partir do mês de dezembro 2006 até março de 2007. A metodologia adotada foi dividida e exposta em duas partes em função dos parâmetros, na seguinte ordem: primeiro, a metodologia de campo e depois a metodologia de laboratório.

#### 4.1.2.1 Metodologia de Campo

As coletas de campo foram feitas com coletor de rio, e as medidas *in situ* realizadas com aparelhos portáteis específicos para cada parâmetro.

A temperatura da água e o oxigênio dissolvido foram determinados *in locu* com oxímetro modelo YK 22DO, já o parâmetro condutividade foi analisado com o condutivímetro digital CD-840 INSTRUTHERM e o pH com phmetro modelo TEC-3P - MP da TECNAL, segundo os protocolos de uso destes aparelhos.

#### 4.1.2.2. Metodologia de Laboratório

As amostras foram coletadas em um frasco de 1000 ml e em seguida acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo e depois levadas para serem processadas no laboratório do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) em Campina Grande-PB.

2.1. Coliformes fecais (CF) foram analisados segundo a técnica dos tubos múltiplos em meio de cultura caldo lactosado de acordo com a metodologia descrita por Standard Methods (APHA, 1995).

2.2. Nitrogênio Total: Foram analisados pelo método micro Kjeldahl (APHA, 1995).

2.3. Fósforo Total: Através do método ácido ascórbico após a digestão com persulfato de amônio (APHA, 1995).

2.4. Sólidos Totais: Foram analisados pelo método da cápsula de porcelana (APHA, 1995).

#### 4.1.3. Usos Múltiplos de Água

Pesquisas de campo realizadas com visitas técnicas, entrevistas aos usuários, registros fotográficos, buscando-se compreender a dinâmica.

#### **4.1.4. Correlação com Legislação Ambiental e Literatura Técnica**

A qualidade da água é definida em função de valores máximos e mínimos permitidos para variáveis físicas, químicas e biológicas, estabelecida pelas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, equilíbrio ecológico do meio ambiente, qualidade de vida, levando-se em conta os usos prioritários. Neste trabalho, os valores obtidos para os parâmetros estudados estão correlacionados com os padrões estabelecidos pelas Resoluções nº. 274/2000 e 357/2005 do CONAMA e complementações citadas na literatura específica. Essa relação permite uma visão geral da qualidade da água e do estado ambiental do açude em estudo.

#### **4.2. Localização dos Pontos de Coleta**

##### **4.2.1. Ponto de Coleta**

Para definição dos pontos de coletas, foram feitos estudos bibliográficos referente à área, visitas de campo e paralelamente entrevistas junto à comunidade.

A base cartográfica foi obtida a partir da compilação das informações contidas nas imagens de satélite LANDSAT TM-5, BAD 3, 4, 5 de 15 de julho de 1998, na escala de 1:100.000 e imagens do satélite CBERS 06 de abril de 2007 e do Google Earth de 2007.

O mapeamento e a caracterização dos pontos foram realizados com sistema de geoprocessamento (GPS), visitas de campo e informações dos moradores.

A elaboração do mapa final com as plotagens das coordenadas geográficas foi realizada no Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande - PB (Figura 7).

Foram definidos os seguintes pontos de coleta:

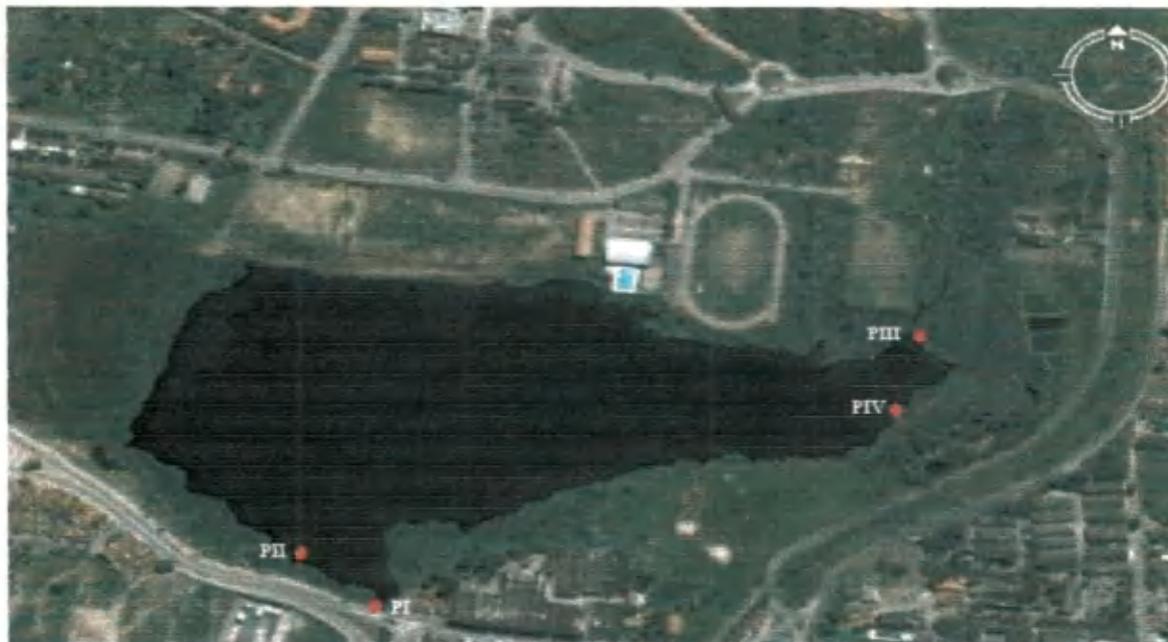


Figura 7. Pontos de coleta ao longo do açude de Bodocongó  
Fonte: Google/2007

### Ponto Um (PI)

Com coordenadas geográficas S 07°12'52,9" e W 35°54'69,6" localiza-se próximo à tecelagem. Este ponto foi escolhido por se encontrar no estrangulamento do açude e por se considerar que todas as formas de poluição convergem para ele (Figura 8).



Figura 8. Ponto Um (PI) estrangulamento do açude

### **Ponto Dois (PII)**

Com coordenadas S 07°12'38,4" e W 35°55'25,7", localiza-se ao lado da captação industrial e galeria pluvial; foi escolhido, também, por ser utilizado para o lazer e lavagem de veículos (Figura 9).



Figura 9. Ponto Dois (PII) próximo à captação industrial

### **Ponto Três (PIII)**

Com coordenadas geográficas S 07°12'47,8" e W 35°54'41,1", localiza-se próximo a captação de água para piscicultura, foi escolhido em virtude de se encontrar próximo à entrada de esgoto doméstico (Figura 10).



Figura 10. Ponto Três (PIII) próximo à captação de água para piscicultura e irrigação

#### Ponto Quatro (PIV)

Este ponto localiza-se no Horto Florestal, foi escolhido porque é usado para captação de água para irrigação, possui coordenadas S 07° 12' 51,7" e W 35° 54' 39,7" (Figura 11).



Figura 11. Ponto Quatro (PIV) captação de água para irrigação do Horto Florestal

## **5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Fontes de Degradação**

Ao longo deste açude encontra-se implantado o complexo industrial de Bodocongó, no qual se acham presente diversos tipos de indústrias, como: têxteis, curtume, fábrica de produtos de limpeza (papel higiênico, sabão, etc.). Em visita de campo, verificou-se que alguns destas indústrias lançam clandestinamente seus efluentes na rede de águas pluviais, em desacordo com a Legislação Ambiental Federal e Estadual em vigor, constituindo-se em uma das fontes de degradação mais perigosa das águas deste açude (Figuras 12 a, b e c). A poluição industrial constitui-se de poderosos coquetéis químicos com alto poder de toxidez capaz de exterminar a vida aquática. É também uma ameaça à vida dos seres humanos que utilizam estas águas sobretudo porque alguns dos produtos utilizados nos processos industriais possuem metais pesados em suas composições, como por exemplo cromo, chumbo, cádmio, os quais em elevadas concentrações, provocam distúrbios neurológicos.



Figura 12. Despejos de efluentes industriais lançados clandestinamente em diversos pontos do açude, através de galeria de águas pluviais

Nas figuras 13 a, b, c e d, pode-se observar com nitidez as condições atuais do meio físico na região sudeste do açude, onde foram identificados sérios problemas de degradação, como processos erosivos e assoreamento. Incurções feitas nos taludes ao longo do açude, revelaram a fragilidade de tais estruturas.

A Figura c mostra a formação de sulcos e as Figuras a e b explicitam claramente a existência de voçorocas com aproximadamente 80 cm de profundidade, possivelmente causados por intenso escoamento superficial, aliado à elevada declividade, à alta erodibilidade dos solos dos taludes e à inexistência de uma política de conservação.

Pela figura d percebe-se, com mais nitidez, os efeitos nocivos à infra-estrutura hidráulica, onde a erosão danificou a rede de drenagem, resultando, dentre outros, em impactos econômicos negativos.

Processos como os acima citados, além de comprometerem a infra-estrutura deste açude também geram diversos impactos negativos para as águas deste recurso hídrico, como o assoreamento, contribuindo com a redução do volume acumulado, conseqüentemente redução da vazão, elevação dos valores de turbidez, danos a biodiversidade com araste e aterramento de microrganismo, que servem de alimentos para os peixes.



Figura 13. Processos erosivos ativos (sulcos e voçorocas) comprometendo a infra-estrutura ao longo de todo o açude

Outro tipo de degradação observada foi a extração mineral através da retirada de areia para construção civil, ao longo dos taludes do açude (Figura 14).

Os efeitos negativos provenientes desta atividade, além de comprometerem a infra-estrutura do açude pela extração de areia e pela supressão dos vegetais que

protegem os taludes, são sinérgicos e se traduzem em processos erosivos (sulcos, ravinas), assoreamento do açude, aumento da turbidez, dentre outros. Ressalta-se ainda que esta atividade necessita de licenciamento ambiental para ser praticada, porém este problema tende a se agravar, em função da ausência de fiscalização por parte dos órgãos públicos.



Figura 14. Extração mineral (areia) praticada na barragem de contenção do açude

As Figuras 15 a, b, c e d revelaram que grande parte dos resíduos sólidos produzidos pela Vila dos Teimosos e Bodocongó é lançada, indiscriminadamente, em encosta e terrenos baldios que, com o decorrer dos tempos, passam a constituir sérios problemas ambientais, uma vez que, por ocasião das chuvas, podem atingir o açude. Essas ações degradantes têm contribuído, de forma sistemática, para impactar esta bacia hidrográfica, que já se encontra bastante comprometida, além de elevarem a proliferação de vetores responsáveis por diversas enfermidades. Práticas como estas podem desequilibrar um ecossistema de diversas formas e gerar conseqüências sociais, econômicas e ambientais desastrosas, como por exemplo, poluição do solo e do açude; exposição da população a riscos; poluição visual (desfiguração da paisagem); proliferação de vetores (insetos, roedores); problemas socioeconômicos; desvalorização de imóveis e emissão de odores (BARROS, 1995; MOTA, 1997). Embora a área disponha de serviços de coleta regular de resíduos sólidos com frequência regular de três vezes por semana, segundo moradores, isso não impede que parte da população faça a disposição inadequada de seus resíduos.



Figura 15. Resíduos sólidos dispostos inadvertidamente no bairro de Bodocongó e Vila dos Teimosos.

Também observando a Figura 16 a e b, verifica-se que agressões ao meio ambiente são praticadas através do lançamento, nas margens e dentro do próprio açude, de resíduos sólidos não-biodegradáveis, como: pneus, sacolas plásticas, isopor, sacos de fibra sintética, vidros, fraldas descartáveis que demoram mais de cinco décadas para decomponem-se e biodegradável, como papel higiênico e diversos tipos de resíduos orgânicos encontrados em diversos pontos, ao longo da área estudada.



Figura 16. Resíduos sólidos lançados diretamente dentro do açude

Além das degradações provocadas pela disposição inadequada e lançamento direto de resíduos sólidos no açude e diversos pontos da bacia de drenagem, também se verificou que o sistema de captação de águas pluviais sofre inúmeras agressões, contribuindo para elevar o nível de degradação que já se encontra em estágio avançado. Conforme caracterizado nas Figuras 17 a, b, c, e d, a galeria, que seria exclusivamente para drenagem urbana, é usada clandestinamente para lançamento de efluentes domésticos e industriais (segundo informações de moradores) fato que é evidente ao se observar o aspecto leitoso dos efluentes que escoam e pedaços de matérias sintéticas, possivelmente, provenientes de fábrica têxtil ou de calçado, bem como o carreamento de materiais sólidos.



Figura 17. Galerias pluviais com escoamento de esgoto e resíduos sólidos de diversas origens (industrial e doméstico) em vários pontos, ao longo do açude

Outra fonte de degradação identificada foi o lançamento *in natura* de esgoto doméstico, conforme demonstra nas Figuras 18 a e b, esta forma de degradação é apontada por inúmeros autores como sendo uma das principais responsáveis pela contaminação das águas superficiais, podendo resultar em sérios prejuízos à qualidade da água como, por exemplo: redução dos teores de oxigênio dissolvido, exalação de odores, proliferação de vírus, bactérias e protozoários, resultando em contaminação de animais e seres humanos, através do consumo ou contato com a água.

O lançamento de esgotos *in natura* dentro desse açude constitui-se em risco potencial para a população usuária das águas assim como para quem consome pescado deste recurso hídrico. Uma vez que já foram detectadas amostras positivas para *Salmonella* sp. e concentrações elevadas de ovos de helmintos (*Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* e *Ancylostoma* sp.) (ABÍLIO, 2002).



Figura 18. Escoamento de esgoto doméstico proveniente de diversos bairros da cidade de Campina

A distribuição espacial e a forma de apropriação dos recursos naturais refletem o modelo de desenvolvimento adotado por um país, uma região. É comum, no Brasil, em função dos altos índices demográficos aliado às desigualdades sociais, à baixa distribuição de renda, as cidades apresentarem crescimento desordenado, evidenciado pelo surgimento de favelas e vilas sem a mínima infra-estrutura básica, apoiadas na total omissão, ausência dos poderes públicos.

Campina Grande - PB, não fugindo a este modelo, apresenta crescimento desordenado, como demonstrado nas Figuras 19 a, b, c e d e 20 a, b e c, onde se observa ocupação irregular da área de preservação permanente (APP) ao longo do açude

Bodocongó, refletindo total descaso com o que preconiza a legislação brasileira. Este tipo de ocupação, além de submeter a população a riscos diversos também degrada e compromete a sustentabilidade do recurso hídrico que é privado das condições mínimas necessárias à sua proteção.

O artigo 4º, inciso III da Lei Federal n.º 6.766/1979, que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano, alterado pela Lei Federal n.º 10.932/2004, determina que “ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica.”

Em visita de campo constatou-se que se encontram instalados na área de preservação permanente (APP) diversos tipos de construções como: residências, órgãos públicos (Escola Municipal, Universidade Federal, Universidade Estadual, Instituto de Medicina Legal) e áreas de lazer (campos de futebol), todos contrariando as normas legais acima citadas.



Figura 19. Ocupação desordenada: existência de moradias, órgãos públicos, áreas de lazer, hospitais às margens do ribeirão, dentro da área de proteção, contrariando a Lei 4.771/65



Figura 20. Áreas de lazer instaladas dentro da área de preservação permanente

Conforme demonstrado nas Figuras 21 e 22 a e b, através de estudo temporal realizado utilizando o software SPRING 4.3, constata-se que ocorreu uma redução de dezenove por cento (19%) do espelho d'água do açude ao longo de dezoito anos (18) uma vez que, de acordo com os dados obtidos da imagem do Land Sat 5 14 de julho de 1989, este tinha açude vinte e sete hectares de espelho d'água (27,28 ha.), já em abril de 2007, segundo informações obtidas através da imagem CBERS 2, verificou-se que esta área foi reduzida para vinte e dois hectares (22,17 ha.). Esta diminuição espaço-temporal tem como possíveis causas o assoreamento e a eutrofização (invasão de Macrófitas) deste açude, conforme demonstra a Figura 23.



Figura 21. Composição RGB das bandas 5, 4 e 3 do Landsat-5 do ano de 1989 (Açude Bodocongó)

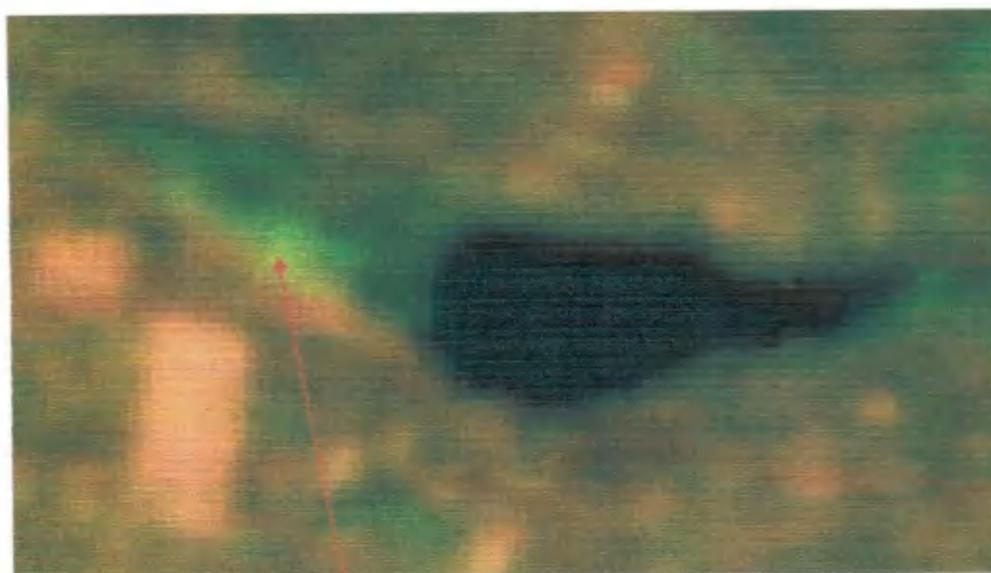


Figura 22. Composição RGB das bandas PC1, 4 e 3 do CBERS do ano de 2007 (Açude Bodocongó)



Figura 23. Assoreamento e eutrofização do açude

## 5.2. Qualidade de Água

### 5.2.1. Precipitação Pluviométrica

Durante o período de estudo a precipitação registrada mínima foi de 4 mm ocorrendo, no mês de dezembro de 2006, e a máxima foi de 95,1 mm, que ocorreu no mês de março de 2007, conforme Gráfico 1. O período compreendido entre dezembro/2006 e janeiro/2007 foi caracterizado como estação seca, com precipitação acumulada de 33 mm. O período chuvoso ficou compreendido entre fevereiro e março/2007 (160,5 mm).

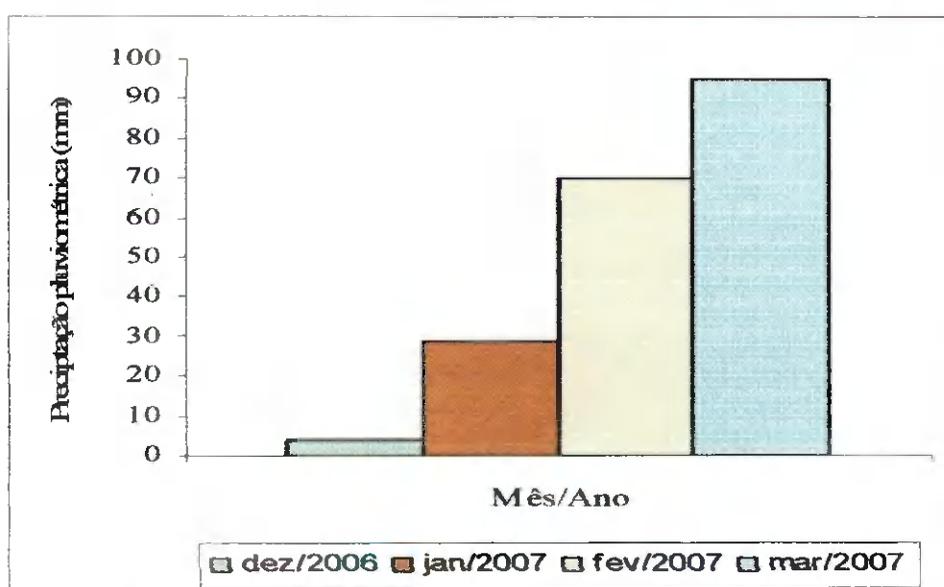


Gráfico 1: Pluviometria do período de estudo  
Fonte: AESA (2007)

### 5.2.2 - Temperatura da Água

A temperatura da água apresentou-se alta durante o período de estudo. Os resultados mostraram que a maior temperatura ocorreu em março, no Ponto Um (PI), apresentou valor de 30,3 °C e a mínima registrada foi de 24,1 °C no Ponto Dois (PII) nos meses de dezembro/2006 (Gráfico 2), respectivamente, com amplitude térmica de 6,2 °C. Diversos estudos realizados em açudes no Nordeste Brasileiro obtiveram amplitudes térmicas próximas aos valores deste trabalho, como Abílio (2002); Diniz (2007); Ceballos

(1995); neste mesmo açude registraram variações entre 5,0 e 5,5 °C; Diniz (2005) obteve 4,6 °C no açude Epitácio Pessoa; Bony, Barros-França e Carmouze (1998) em açudes pernambucanos registraram 6,3 °C. Estes resultados demonstram que os valores obtidos estão dentro da faixa comum nesta região.

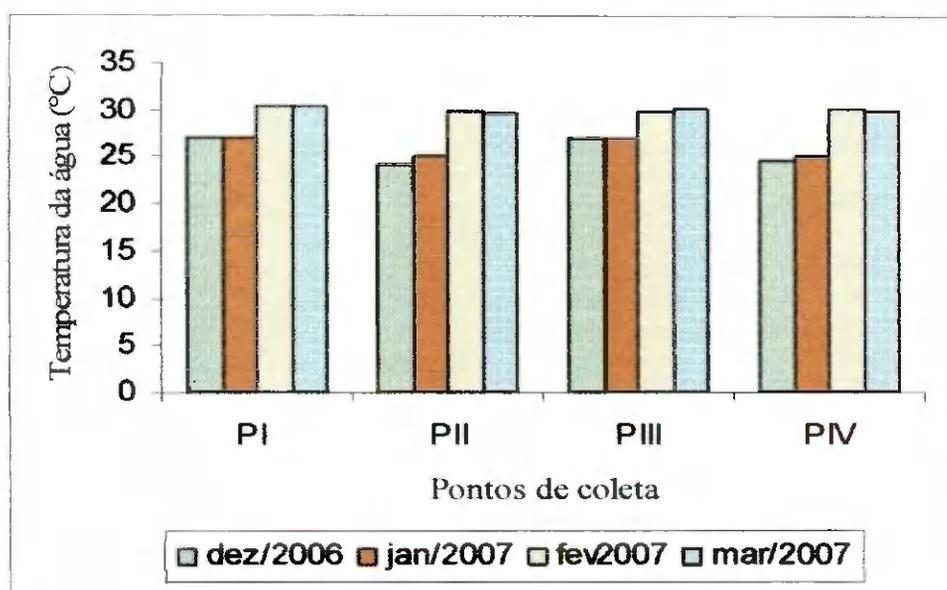


Gráfico 2. Temperatura da água nos quatro pontos de coleta

### 5.2.3 - Oxigênio Dissolvido (OD)

Os teores de oxigênio dissolvido na água são demonstrados no Gráfico 3 e apresenta valores máximo de 3,9 mg.L<sup>-1</sup> no Ponto Três (PIII) no mês de dezembro/2006 e o mínimo 1,5 mg.L<sup>-1</sup> no Ponto Dois (PII) no meses de março. Neste mesmo açude, Diniz (2005) e Diniz et al (2007) encontraram teores mínimos e máximos próximos aos deste estudo (1,6 e 4,2 mg.L<sup>-1</sup> ; 0,4 e 2,9 mg.L<sup>-1</sup>); Rosa, Coutinho e Olivera (19990) também obtiveram 1,61 e 6,62 mg.L<sup>-1</sup> na Lagoa do Valadão, em Sergipe. Os baixos valores obtidos são característicos de ambientes com elevada carga orgânica, uma vez que os organismos decompositores consomem elevadas concentrações de oxigênio na estabilização da matéria orgânica. Observando a Figura 16, nota-se que os maiores valores de OD foram registrados nos meses onde a precipitação foi menor, o inverso ocorrendo nos meses de maiores precipitações, reforçando a idéia de que a lavagem da Bacia de drenagem contribui significativamente com a elevação da poluição deste corpo hídrico. Ressalta-se ainda que

em março no Ponto Dois (PII) foi obtido o menor valor para este parâmetro, onde também se registrou a mortandade de peixe (Figura 31), isto, possivelmente, deve-se à introdução de esgoto doméstico e industrial clandestinos, através da galeria de águas pluviais e a lavagem das gaiolas de aves, que contribui com matéria orgânica.



Figura 24. Mortandade de peixes em função do baixo teor de oxigênio dissolvido

A resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece que a concentração de oxigênio dissolvido na água para águas salobra Classe Um deve ser igual ou superior a  $5 \text{ mg. L}^{-1}$ . Como pode ser observado no Gráfico 3, em nenhum momento do estudo os valores obtidos atingiram o que determina a legislação em questão.

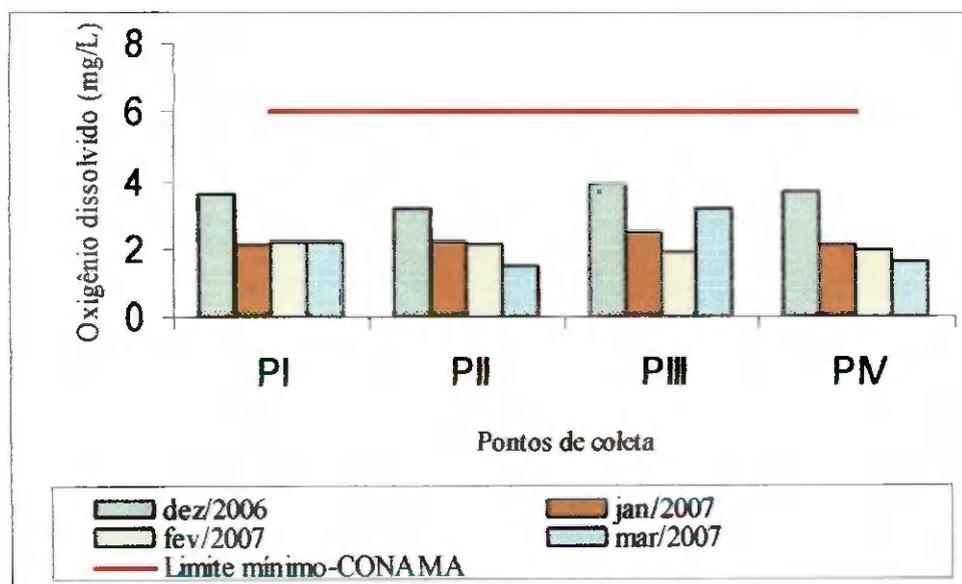


Gráfico 3: Concentrações de Oxigênio dissolvido nos quatros pontos de coleta

### 5.2.4 – Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH apresentou valores que variaram de 6,7 a 9,3 ocorrendo, respectivamente, o mínimo em dezembro de 2006 e o máximo em fevereiro de 2007, no Ponto Três (PIII). O Gráfico 4 revela claro predomínio de valores básicos neste período de estudo. Von Sperling et al (2006), em estudo realizado em cinquenta (50) bacias de retenção na França, encontrou resultados semelhantes aos valores registrados nesta pesquisa (6,2 a 10,3); Braga (2006) também obteve valores alcalinos no açude Gavião – CE; Oliveira (2006) registrou, na lagoa do Batoque – CE valores que variam entre 6,6 e 8,0; pH entre 6,7 e 9,4 foram obtidos por Fernandes (1997) no açude São Salvador, na Paraíba; Melo e Chacon (1976) registraram pH de 8,9 no açude Soledade; Diniz (2007) pesquisando o açude de Bodocongó também obteve pH básico. Segundo Wright (1937) e Melo e Chacon (1976) os açudes nordestinos, durante o período seco, apresentam valores de pH normalmente superiores a 8,0. Este comportamento, de acordo com Esteves (1998), é característico de ecossistemas aquáticos com balanço hídrico negativo (onde a precipitação é menor que a evaporação). Durante a maior parte do período de estudo este parâmetro sempre esteve dentro dos limites estabelecidos para águas salobras classe Um, determinado pela resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), ficando um pouco acima do limite de 8,5 somente nos meses de janeiro e fevereiro de 2007, possivelmente em função da adição de alguma substância de origem industrial aos esgotos que entram no açude neste local.

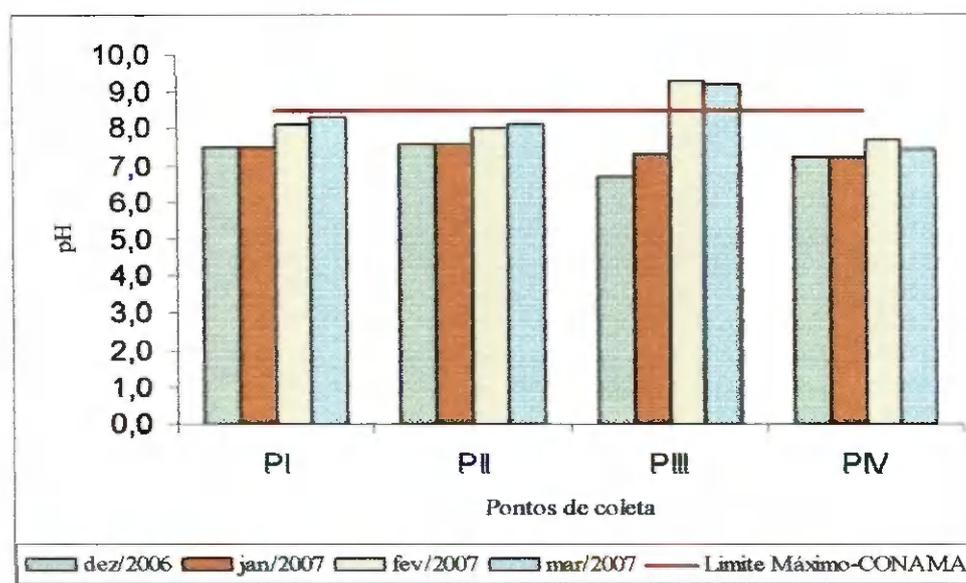


Gráfico 4. Valores de pH nos quatro pontos de coleta

### 5.2.5 - Condutividade

Os resultados referentes à condutividade elétrica obtidos durante o período de estudo nos diferentes pontos de coleta mostraram que a mesma variou de 1,39 a 1,75  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  (Gráfico 5). Resultados semelhantes têm sido destacados por outros autores que estudaram corpos d'água nordestinos. Rosa, Coutinho e Oliveira (1990) denunciaram elevada condutividade na Lagoa de Valadão – SE; Ceballos (1995) e Ceballos (1997) nos recursos hídricos lênticos paraibanos (Lagoa da Roça, Judide, Ligeira, Fazenda Corredor, Pia, Epitácio Pessoa, São Gonçalo, jatobá, São Mamede, etc.); Watanabe, Gadelha e Passearat-de-Silans (1989) estudando oito açudes entre João Pessoa e Campina Grande registraram elevados valores deste parâmetro; Lucena (1998) pesquisando a parte baixa do rio Bodocongó, Fernandes (1997) o açude São Salvador e Diniz (2005) os açudes Boqueirão e Bodocongó também obtiveram valores elevados para este parâmetro, evidenciando uma característica marcante das águas desta região. Em todo caso, conforme Ayers & Westcot (1999) a condutividade elétrica apresentou valores considerados aceitáveis para irrigação de diversas culturas.

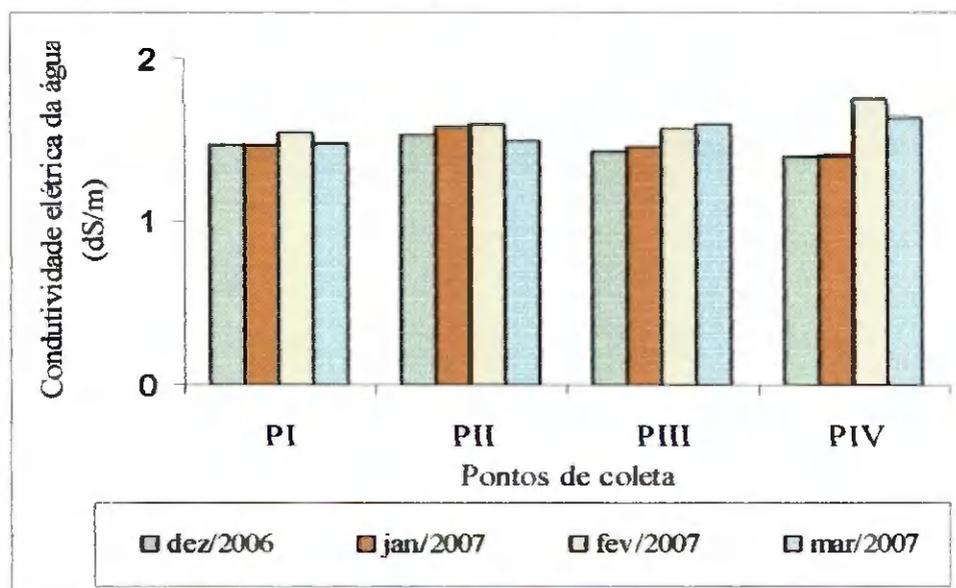


Gráfico 5. Concentrações de condutividade elétrica da água nos quatro pontos de coleta

### 5.2.6 - Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)

As concentrações de sólidos totais dissolvidos apresentaram acentuada diferença entre o mês inicial e mês final do ciclo da pesquisa, comportamento que pode ser observado em todos os pontos de coleta, conforme o Gráfico 6. No período estudado, a menor concentração,  $713 \text{ mg. L}^{-1}$ , foi registrada no mês de dezembro de 2006 e a mais elevada,  $1553 \text{ mg. L}^{-1}$ , no mês de março de 2007, no Ponto Quatro (PIV), respectivamente. Essa variação deve-se, possivelmente, ao lançamento de esgoto, ao araste promovido pelas chuvas de materiais acumulados nas valas, bueiros e bacia de drenagem.

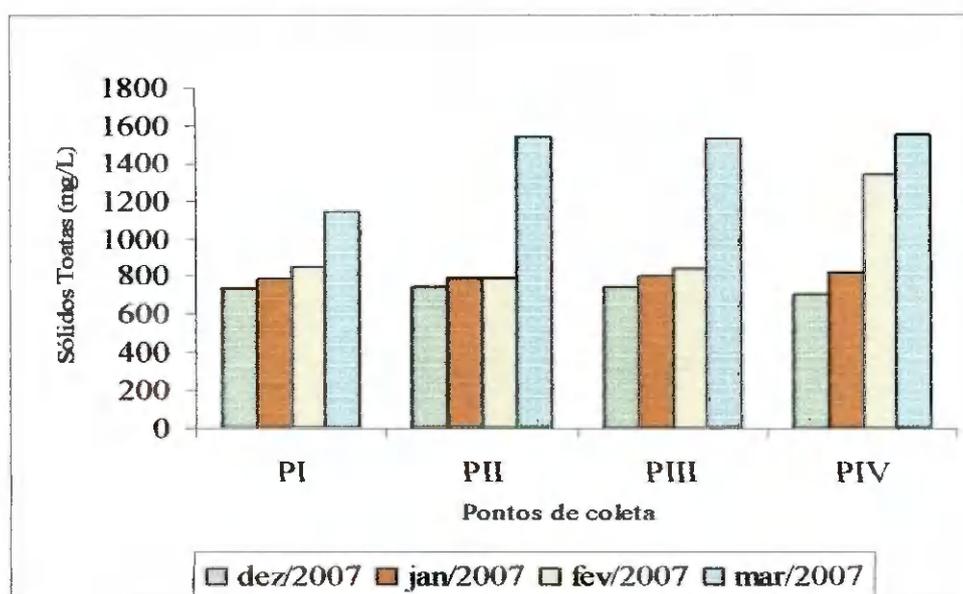


Gráfico 6. Concentrações de sólidos totais nos quatro pontos de coleta

### 5.2.7 - Nitrogênio Total

O nitrogênio total esteve presente em elevadas concentrações ao longo do período de estudo. Os valores médios observados foram de  $5,3 \text{ mg. L}^{-1}$ . O Gráfico 7 mostra as variações da concentração de nitrogênio total ocorrida nos quatro pontos de coleta. Nota-se que o menor valor foi de  $2,2 \text{ mg. L}^{-1}$ , no Ponto Três (PIII) no mês de janeiro de 2007 e mais elevado foi de  $10,6 \text{ mg. L}^{-1}$  no mês de fevereiro deste mesmo ano, no ponto quatro (PIV), coincidindo com os maiores valores de pluviosidade. Percebe-se um incremento em direção aos Pontos Três (PIII) e Quatro (PIV), indicando contaminação crescente relacionada aos esgotos (domésticos e hospitalares), resíduos agrícolas e efluentes provenientes da piscicultura instalada nas margens deste açude. Outros autores estudando corpos hídricos também obtiveram resultados semelhantes aos desta pesquisa,

como Tundisi (2006) no reservatório da hidrelétrica de Lajeado – TO, Franca et al, no rio dos Macacos – CE, Carvalho (1997) no ribeirão Lajeado – TO. Estes autores apontaram também, como causa principal destas elevações, os esgotos, fertilizantes e drenagem da bacia hidrográfica.

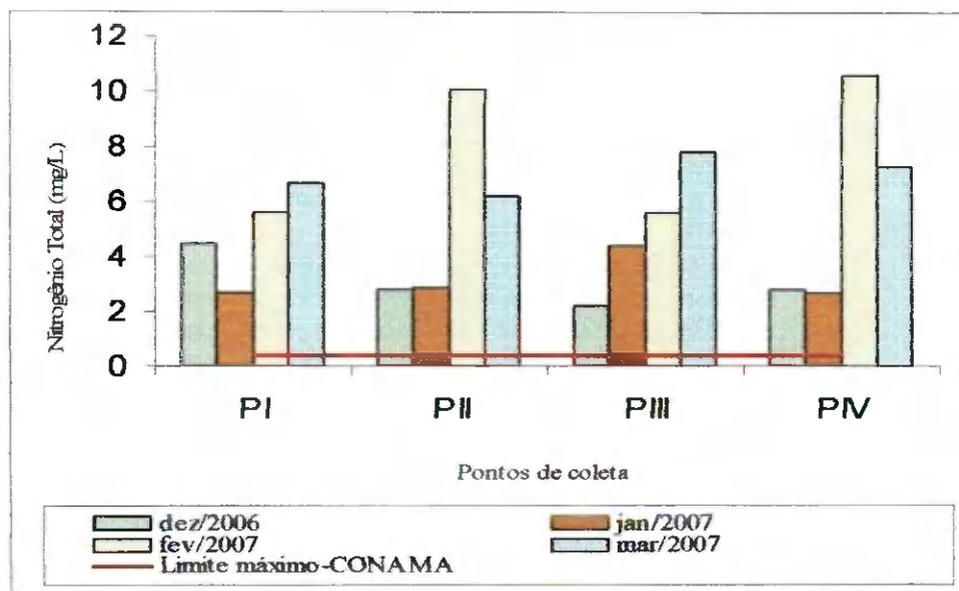


Gráfico 7. Concentrações de nitrogênio total nos quatros pontos de coleta

Os valores obtidos neste trabalho, quando correlacionados com o que estabelece a resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para a concentração de oxigênio dissolvido na água para águas salobras classe Um, que deve ser igual a  $0,40 \text{ mg. L}^{-1}$ , nota-se que, em nenhum momento do estudo os valores encontrados ficaram de acordo com o que determina a legislação em questão, visto que o menor valor registrado ficou 5,5 vezes maior que o limite estabelecido pela norma acima citada.

Estes altos valores de nitrogênio total obtidos durante o período de estudo revelam que o açude encontra-se eutrofizado (Figura 23), principalmente em função do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento e que os baixos valores de oxigênio dissolvidos na água deste recurso hídrico, possivelmente, são influenciados pelas elevadas concentrações deste nutriente, uma vez que, segundo Esteves (1998), para oxidar 1 mg do íon amônio ( $\text{NH}_3$ ) são necessários 4,3 mg de oxigênio. Ressalta-se, ainda, que isto tem sérias implicações ecológicas, como a mortandade de peixes (Figura 24) visto que em condições de elevado pH e alta temperatura, a amônia apresenta-se na forma livre tóxica aos peixes e concentrações de amônio acima de  $0,5 \text{ mg. L}^{-1}$  são letais para diversas

espécies (VON SPERLING, 1997, ESTEVES, 1998), condições estas presentes no açude, conforme Gráficos 2, 4 e 7.

### 5.2.8 - Fósforo Total

O fósforo total apresentou grandes oscilações espacial-temporal sem, contudo, mostrar padrão definido de variações. O Gráfico 8 mostra a flutuação dos valores da concentração de fósforo nos 4 pontos do açude durante o ciclo de quatro meses, indicando que as maiores elevações ocorrem à medida que se aproxima dos Pontos Três (PIII) e Quatro (PIV), os quais ficam próximos à entrada de esgoto doméstico de bairros da cidade.

Nota-se que o teor mais elevado foi de  $5,5 \text{ mg. L}^{-1}$  no Ponto Três (PIII) no mês de março de 2007 e menor valor de  $0,11 \text{ mg. L}^{-1}$ , no Ponto Dois (PII) em dezembro de 2006. Apresentou média de  $2,0 \text{ mg. L}^{-1}$  ficando sempre acima de  $0,124 \text{ mg.L}^{-1}$ , limite máximo estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA.

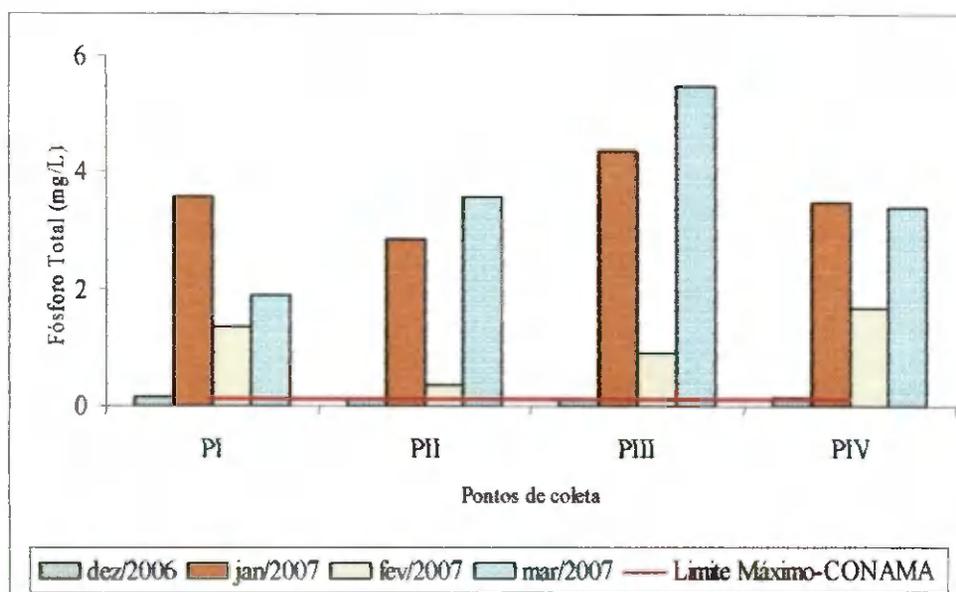


Gráfico 8. Concentrações de fósforo total nos quatro pontos de coleta

Ressalta-se, ainda, que de acordo com a classificação apresentada por Von Sperling apud Von Sperling (1997), este corpo hídrico encontra-se hipereutrofizado visto que os resultados obtidos para a variável fósforo total, durante o período de estudo em todos os pontos de coleta, sempre excederam o valor de  $100 \text{ mg. m}^{-3}$ . De acordo com este

autor, água que atinge este grau de trofia só é adequada para o uso de irrigação ou produção de energia.

### 5.2.9 – Coliformes Fecais

Os resultados referentes aos coliformes fecais mostraram que houve elevadas variações espacial e temporal ao longo do ciclo de estudo, oscilando entre  $7,1 \times 10^6$  e  $3,8 \times 10^4$  NMP/100ml. O Ponto Um (PI) registrou as mais altas contagens para as duas épocas, comportamento semelhante também observado nos Pontos Dois (PII) e Três (PIII). Isto deve-se, possivelmente, ao aporte de esgoto que o açude recebe de bairros circunvizinhos. O Ponto Quatro apresentou valores mais baixos na estação seca e valores mais elevados na estação chuvosa (Tabela 8), possivelmente em função da contribuição da drenagem da bacia que carrou material fecal difuso. Ceballos (1995) e Diniz (2005), em estudos realizados neste mesmo açude, observaram comportamento semelhante, porém encontraram valores bem menores ( $5,0 \times 10^2$  a  $6,0 \times 10^4$ ,  $4,1 \times 10^3$  a  $9,3 \times 10^4$  NMP/100 ml), ao compará estes três trabalhos, pode-se afirmar, nitidamente, que houve evolução alarmante nos níveis de poluição deste recurso hídrico ao longo de doze anos.

Os elevados índices de coliformes fecais registrados explicitaram claramente a alta contaminação do açude, principalmente, por esgoto (doméstico, hospitalar) com valores próximos ao esgoto bruto que, segundo Florentino (1993) é de  $10^7$  NMP/ 100 ml e, de acordo com Pessoa e Jordão (1995) varia entre  $10^7$  e  $10^8$  NMP/ 100 ml.

Tabela 6. Número Mais Provável de Coliformes Fecais nos quatros pontos de coleta - CF (NMP/ 100mL)

Mês	Pontos			
	PI	PII	PII	PIV
Dezembro/2006	$7,1 \times 10^6$	$3,6 \times 10^6$	$4,8 \times 10^5$	$3,8 \times 10^4$
Janeiro/2007	$7,0 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$	$2,3 \times 10^5$	$8,3 \times 10^4$
Fevereiro/2007	$6,9 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$	$2,7 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$
Março/2007	$6,5 \times 10^6$	$2,1 \times 10^6$	$2,8 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$

### 5.3. Usos Identificados

Identificou-se, distribuídos ao longo do corpo hidrico, usos de água para diversos fins, como: lazer de contato primário, aquicultura, irrigação, pesca amadora, dessedentação de animais, lançamento de efluentes de atividades comerciais e industriais, lavagem de veículos e harmonia paisagística.

### 5.3.1. Lazer

As Figuras 25 a e b mostram que é prática comum, em vários pontos do açude, pessoas (adultos e crianças) utilizarem suas águas para fins recreativos sem nenhuma orientação por parte do poder público. Segundo resultados demonstrados na Tabela 6, estas águas apresentaram condições impróprias para a recreação de todos os tipos (elevados índices de coliformes verificados) expondo, assim, os banhistas a sérios problemas de saúde pública. A resolução 274/00 do CONAMA estabelece em seu artigo 2º, parágrafo 2º, alínea c, que uma água é satisfatória para lazer de contato primário: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas e colhidas no mesmo local, houver no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes), índice que sempre foi ultrapassado durante toda a pesquisa. Diz ainda, na alínea d, parágrafo 4º deste mesmo artigo que uma água é considerada imprópria quando no trecho avaliado for verificada a presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação.



Figura 25. Lazer de contato primário praticado em diversos pontos do açude

### 5.3.2. Abastecimento Industrial

A pesquisa também demonstrou que as águas do açude são utilizadas para fins de abastecimento industrial (Figura 26) e ainda que existem empresas que dependem exclusivamente das águas do açude para sua sobrevivência. Em decorrência dos diferentes níveis de qualidades exigidos nas diversas fases do processo produtivo ou pelos diferentes tipos de atividades industriais não existem um padrão geral determinado pelas normas ambientais para classificação industrial, por isso não foi feita nenhuma correlação quanto aos níveis de degradação da qualidade da água referente a este tipo de uso.



Figura 26. Captação de água para abastecimento industrial

### 5.3.3. Lavagem de Veículos

A Figura 27 revela que veículos são lavados dentro do açude Bodoncogó por uma associação dos lavadores de carro, que atualmente tem mais de trinta associados cadastrados. Este uso, da forma que vem sendo desenvolvido, resulta em sérias implicações: primeiro, do ponto de vista sanitário, uma vez que os resultados obtidos ao

longo do período estudado revelaram que estas águas apresentaram elevados índices bacteriológicos, configurando-se em riscos de saúde para os lavadores e proprietários de veículos; segundo, devido á degradação da qualidade da água provocada por óleos e graxas provenientes da lavagem dos veículos e terceiro, porque, para o exercício de atividade potencialmente poluidora, é exigido licenciamento ambiental (Resolução 01/86 e 237/97 do CONAMA).



Figura 27. Lavagem de veículos e de gaiolas de transporte de frango

#### 5.3.4. Pesca Amadora

As Figuras 28 a, b, c, e d demonstram que a pesca amadora é praticada intensamente pela população local; contudo, de acordo com depoimentos dos pescadores, atualmente a produção de pescado é baixa, se restringido a pequenos peixes. Embora se perceba que nas Figuras c e d os pescadores estejam utilizando equipamentos profissionais, preferiu-se, neste trabalho, caracterizá-los como amadores, pois os mesmos não possuem autorização dos órgãos responsáveis para tal atividade.

Apesar de ser utilizada intensamente para pesca, segundo análises bacteriológicas realizadas, as águas do açude revelaram-se impróprias para esta atividade, apresentando índices acima dos padrões permitidos pela Resolução 357/05 do CONAMA (Tabela 6).



Figura 28. Pesca amadora praticada em diversos pontos do açude

### 5.3.5. Dessedentação de Animais

Outro uso observado na região foi a utilização do açude para dessedentação e pastoreio de bovinos e eqüinos, mesmo em perímetro urbano (Figura 29 a e b). Estes tipos de uso têm algumas implicações; primeiro, em função da contribuição com matéria orgânica, microrganismos patogênicos, turbidez resultante da presença animal; segundo, em decorrência dos riscos a que estão submetidos estes animais pelo contato com a água contaminada que, segundo resultados demonstrados ao longo do estudo, revalaram-se impróprias para dessedentação de animais podendo conter toxinas proveniente de esgotos ou algas; terceiro, pela ingestão de Macrófitas contaminadas pelo contato com os esgotos.



Figura 29. Dessedentação e pastoreio praticado em diversos pontos do açude

### 5.3.6. Irrigação

Constatou-se, em visita de campo (Figura 30 a, b, c e d), que as águas do açude são usadas para fins de irrigação de mudas no Horto Florestal e na piscicultura, sem prévio tratamento; este uso coloca em risco a saúde da população, que receberá as mudas, e dos funcionários que fazem a irrigação, pois os mesmos não usam nenhum equipamento de proteção individual (EPI), visto que os valores obtidos nas análises bacteriológicas revelaram índices próximos aos do esgoto bruto (Tabela 6).





Figura 30. Irrigação de árvores para arborização e essências medicinais

### 5.3.7. Piscicultura

Outro uso registrado foi a criação de peixes em tanques, às margens do açude (Figura 31 a e b). Em relação a este finalidade, as águas também se revelaram impróprias para serem usadas sem tratamento prévio uma vez que os padrões determinados pela Resolução nº. 357/05 do CONAMA são exigentes ( $1,0 \times 10^3$ / 100ml) e os valores obtidos para o açude estão bem acima, conforme Tabela 6. Ressalta-se que alguns dos tanques visitados utilizam tratamento prévio (filtro de areia), porém são fonte de degradação da qualidade da água e potenciais poluidores ao lançarem seus efluentes no açude, sem tratá-los.

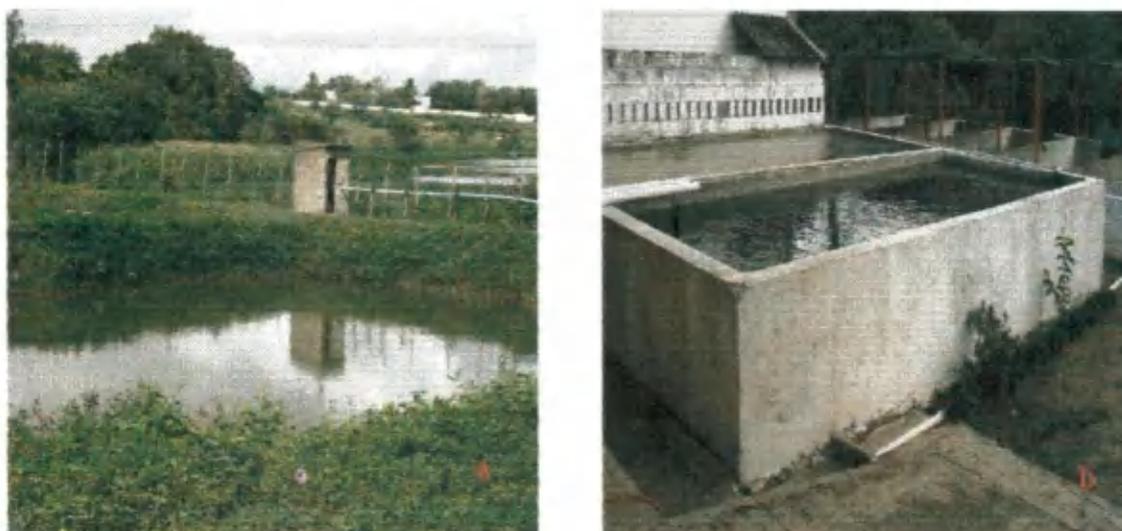


Figura 31. Piscicultura às margens do açude

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo sobre degradação permitem concluir que:

I - Atividades antrópicas aliadas à falta de consciência por parte da população, a ausência de fiscalização e a omissão dos poderes públicos são fatores que contribuem significativamente para intensificação dos processos de degradação deste açude.

II - A ocupação desordenada de áreas marginais é uma fonte de degradação que compromete a sustentabilidade deste ecossistema, através da supressão da vegetação e da poluição difusa.

III - As águas do açude têm diversos usos que requerem diferentes níveis de qualidade, porém se nenhum sistema de gestão e manejo for adotado em curto espaço de tempo, isto se constituirá em fonte de conflitos.

IV - Ao longo de dezenove anos houve uma redução significativo no espelho d'água do açude de Bodocongó, se nenhuma ação intervencionista (medidas mitigadoras) for adotada em pouco espaço de tempo a poluição atingirá índices insustentáveis, constituindo-se em passivo ambiental para os cofres público deste município.

V - As análises demonstraram que as águas do açude não atenderam aos padrões de qualidade determinados pela Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio

Ambiente (CONAMA) para águas salobras classes um, dois e três, revelando-se imprópria para os usos múltiplos como: irrigação, aquicultura e lazer, dentre outros.

VI – O lançamento de esgoto doméstico e industrial sem tratamento é a principal fonte de poluição das águas do açude, aliados à contribuição de águas de lavagem de carros, de hospitais, de matadouro clandestino, do Instituto Médico Legal e das Universidades Federal e Estadual da Paraíba e da disposição inadequada de resíduos sólidos.

## 7 - SUGESTÕES

Diante do estágio avançado de poluição que os estudos revelaram recomenda-se, dentre outras, as seguintes ações:

- I. A implantação de sistema de gestão e planejamento ambiental na bacia hidrográfica, como forma de prevenir a poluição, com definição dos diversos usos, compatíveis com a infra-estrutura e com a capacidade suporte do açude de absorver as cargas poluidoras.
- II. O Monitoramento periódico da qualidade da água com a implantação de pontos pré-determinados no açude para coleta de amostras de água para controle físico, químico, bacteriológico e biológico, visando manter a sustentabilidade deste ecossistema e controle dos níveis de poluição.
- III. A definição de Áreas Especiais de Proteção, onde serão estabelecidas restrições quanto à sua ocupação.
- IV. A criação de um Código de Postura Municipal e do Plano Diretor, onde se determinará as atividades a serem implantadas de acordo com a capacidade de suporte deste ecossistema;
- V. O Poder Público deve orientar a população para não fazer usos das águas poluídas do açude para recreação e pesca através de campanhas educativas e fixação de placas, segundo determina a legislação ambiental.

- VI. O controle da disposição inadequada de resíduos sólidos através de campanhas educativas e posteriormente da fiscalização rigorosa.
- VII. A implantação de subestações de Tratamento de Esgoto doméstico, de modo a dispor, no açude, o efluente tratado, sem comprometer a qualidade e o volume de água necessária para os diversos usos, praticados atualmente.
- VIII. É necessário que se aumente o rigor na fiscalização sobre os efluentes industriais através de monitoramento periódico, de modo a não permitir que esses efluentes sejam lançados no açude sem serem tratados.
- IX. Coibir a extração de areia nos taludes do açude, através de rigorosa fiscalização e mediante a fixação de placa.
- X. A implantação de Educação Ambiental e Sanitária no município através de agentes comunitários de saúde que exercem papel fundamental na educação sanitária e ambiental. Eles podem atuar diretamente através de cuidados com a saúde da população, ou indiretamente - iniciando um processo educativo de orientação, tornando-se multiplicador de ações de cidadania.
- XI. Estudos na área de saúde para identificação e acompanhamento o estado de saúde dos usuários do açude, como medida preventiva e curativa.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABÍLIO, F. J. P. Gastrópodes e outros invertebrados bentônicos do sedimento litorâneo e associados a macrófitas aquáticas em açudes do semi-árido paraibano, nordeste do Brasil.** São Carlos, 2003. 179 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos.
- ADAMS, J. R. et al. A land resource information quality management in the Lakje Erie Basin.** Journal of Soil and Water Conservation. V. 37, nº 1, p. 45-50, 1982.
- ADAS, M.; ADAS, S. Panorama geográfico do Brasil: contradições, impasses e desafios sócio-espaciais.** 3ª ed. São Paulo: Moderna, 1998.
- AGUIAR, R. L. Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos, SP.** São Carlos, 1997. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Universidade de São Paulo.
- ALMEIDA, R. C.; OLIVEIRA, C. M.** Experiência estrangeira na gestão dos recursos hídricos. In: WENDLAND, E.; SCHALCH, V. **Pesquisa em meio ambiente: subsídios para a gestão de políticas públicas.** São Carlos: RIMA, 2003.
- AMORIM, Gustavo Marques e. Construção de um sistema de informações georeferenciadas sobre geoturismo na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí – SP.** Rio Claro: 2005. 167p. Dissertação (mestrado em Geociências). Universidade Estadual Paulista.
- ARMAND D. L'eau en danger.** Collection Les Essentiels Milan. Paris, 1998.
- AZEVEDO NETO, J. M. de. Tratamento de águas: tecnologia atualizada.** Edgard Blucher. São Paulo, 1991.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. H. R. GHEYI; J. F. de MEDEIROS; F. A. V. DAMASCENO. Campina Grande: UFPB, 1999.

BARTH, F. T. **Alternativas propostas para o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos**. Boletim n. 50. ABRH: Porto Alegre, 1994.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folhas SB-24/25, Jaguaribe/Natal; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 1981. 744p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA; **Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. II - Interpretação Para Uso Agrícola dos Solos do Estado da Paraíba**. M.A./CONTAP/USAID/BRASIL. (Boletim DPFS. EPE-MA, 15 - Pedologia, 8). Rio de Janeiro. 1972. 683p.

BAIRD, C. **Química ambiental**. Trad. RECIO, M. A. L.; CARRERA, L. C. M. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BONANI, G.; DAMIANI, F.; DI FILIPPO, G.; SILVESTRE, F. **Natural risk and industrial activities: interactions and mitigation measures in a study case**. In: Internacional Symposium on Engineering Geology and environment Proceedings, 1997. v. 2. anais. Athens, Greece. P. 1187-1191.

BASSOI, L. J. **Poluição das águas**. In: PHILIPPI Jr, A.; PELICIONI, M. C. F.; **Educação ambiental e sustentabilidade**. Barueri: Mamole, 2005.

BASSOI, L. J.; GUAZELLI, R. M. **Controle ambiental da água** In: PHILIPPI Jr, A.; ROMÉRO, M. DE A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Mamole, 2004.

BARROS, M. A. **Sistemas de informações geográficas**. Campina grande: ABEAS, 1998. 46 p. Módulo 7. (Especialização em Sensoriamento Remoto e sistema de informações geográficas). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande.

BARROSO, J. A.; et al. **Problemas de mapeamento geológico-geotécnico em encosta com favela com alta densidade populacional**. In: Congresso de Geologia de Engenharia, 5, 1987, São Paulo. Anais. São Paulo: ABGE, 1987. v. 2. p. 267-278.

- BEZERRA, S. M. da C. **Diagnóstico Ambiental preliminar da bacia hidrográfica do Rio Laranjeira - Brejo da Madre de Deus – PE**. In: 19 congresso nacional de engenharia sanitária e ambiental - abes, 1997, Foz de Iguaçu, Paraná, anais do congresso, Rio de Janeiro: associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental, 1997.
- BIDONE, F. R. A.; POVINIELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999.
- BIELENKI JÚNIOR, C.; FARIA, S. D. **Estudo e Análise do Uso de Imagens do Satélite CBERS-2 - Sensor WFI para Atualização da Rede Hidrográfica - Escala 1:1.000.000**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p 843-848.
- BRAGA, E. DE A. S. **Determinação dos compostos inorgânicos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e fósforo total, na água do açude gavião, e sua contribuição para a eutrofização**. Fortaleza, 2006.120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993.
- BRASIL. Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a política nacional de recursos hídricos e cria o sistema de gestão de recursos hídricos**. Brasília, 1997.
- BOUVY, M.; BARROS-FRANÇA, L. M.; CARMOUZE, J. P. Compartimento microbiano em sete açudes do Estado de Pernambuco. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 10, n.1, p. 93-101. 1998. Disponível em: <<http://www.sblimno.org.br>>. Acesso em: 04 de mai. 2007.
- CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; GARRIDO, J. **SPRIG: integrating remote sensing and GIS by object – orientend data modeling**. *Computer & Graphies*, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CAMPOS, N. Política das águas In: CAMPOS, N.; STURDART. T. **Gestão das águas: princípios e práticas**. 2ª ed. Porto Alegre: ABRH. 2003.
- CARRERA-FERNADEZ, J.; GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: Edufba, 2002.

CARVALHO, A. de P.; SILVA, D. G. K. C.; BUENO, R. J.; SOUSA, A. M.; SILVA JÚNIOR, W. R. R.; CAVALCANTI JÚNIOR, G. B. **Caracterização físico-químico do rio Taquari em Araguatins / TO.** Revista Saúde, 2006. Em prelo.

CARVALHO, A. de P. **Diagnostico da influência dos diferentes usos (solo e água) sobre a qualidade da água do ribeirão Lajeado.** Palmas, 1997. 95 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Fundação Universidade do Tocantins.

CAVALCANTI, C. (org). **Desenvolvimento e natureza: estudo para uma sociedade sustentável.** São Paulo: Cortez, 1995.

CEBALLOS, B. S. O. **Utilização de indicadores microbiológicos na tipologia de ecossistemas aquáticos do tropico semi-árido.** São Paulo, 1995. 192 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Paulo.

CEBALLOS, B. S. O. *et al.* **Variabilidade da qualidade das aguas de açudes nordestinos.** Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 19. 1997. Foz do Iguaçu: ABES, 1997.

CDRM - Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba. **Mapa Geológico do Estado da Paraíba.** Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1982.

CODEVASF; SUDENE; OEA. **Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco** – PLANVASF, 1989. 192p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/index.html>>. Acesso em: 19 de set. 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Resoluções CONAMA.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acessado em: 05 fev. 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 274 de de 29 de novembro 2000: Dispõe sobre os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras. **Resoluções CONAMA.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acessado em: 05 fev. 2007.

CORDEIRO, G. de B. **Sistema integrado de proteção aos mananciais SIPAM**. In: 19 Congresso Nacional de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 1997, Foz de Iguaçu, Paraná, Anais do Congresso, Rio De Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.

COSTA, A. F. da. **Introdução à ecologia das águas doces**. Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco: Imprensa Universitária, 1991.

CROSTA, Á.P. **Processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1993.

DANTAS, J. R. A.; CAÚLA, J. A. L.; NEVES, B. B. B.; PEDROSA, I. L. **Mapa geológico do Estado da Paraíba; texto explicativo**. Campina Grande, CDRM, 1982. 134p. mapa.

DINIZ, R. C. et al. **Ritmos nictemerais e distribuição espaço-temporal de variáveis limnológicas e sanitárias em dois açudes do semi-árido (PB)**. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia sanitária e Ambiental. Disponível em: [www.](http://www.) Acesso em: 10 de abr. de 2007.

DINIZ, R. C. **Ritmos nictemerais e distribuição espaço-temporal de variáveis limnológicas e sanitárias em dois açudes do semi-árido (PB)**. Campina Grande, 2005.193 p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande.

ERDAS. **ERDAS IMAGINE Tour Guides**. Atlanta: Earth Resources Data Analysis System, 1997.

FAO - Food and Agricultural Organization. **Water Resources of the Near-East Region: a Review**. Rome, 1997.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo**. Campina Grande, 2006.118 p. Tese (Doutorado em Irrigação e drenagem). Centro Ciências, Tecnologia e Recurso Naturais, Universidade Federal de Campina Grande.

FERNANDES, R. M. L. **Açude São Salvador. Aspectos sanitários e físico-químicos da água represada e de seu tributário principal. Proposta de manejo para retardo da eutrofização**. Campina Grande, 1997.158 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande.

FILHO, A. C. P.; BONDAROVSKY, S. H. **Água, bem econômico e de domínio público.** R. CEJ, n 12, p 13-16, 2000.

FLORENTINO, E.R. **Caracterização dos esgotos domésticos das ETE's de Campina Grande, Guarabira e Sapé-PB. Campina Grande-PB.** Campina Grande, 1993. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba.

FORMAGGIO, A. R.; ALVES, D. S.; EPIPHANIO, J. C. N. **Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras.** Revista Brasileira de Ciências do Solo. Campina. V. 16, n. 2, p. 249-256, 1992.

FRANCA, R. M. da *et al.* Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, vol. 1, n. 1, p. 92-102, mar. 2006.

FRAUENDEORF et al. Monitoramento hiperespectral de lagoas de resíduos de mineração de linhita a céu aberto com métodos inovadores. In: KUX, H.; BLASCHKE, T. **Sensoriamento remoto e sig: métodos inovadores.** São Paulo: Oficina de texto, 2005.

FREITAS, A. J.; **Gestão de recursos hídricos.** In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos e sociais.** Brasília-DF: Secretaria dos Recursos Hídricos; Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio.** *Caderno de Saúde Pública*, 17 (3), p. 651 – 660, 2001.

FREITAS, M. A. V.; COIMBRA, R. **Perspectivas da Hidrometeorologia no Brasil.** CD ROM. ANEEL, Brasília, 1998.

GABARDO, J. C. **Preservação de mananciais: uma proposta integrada de ações.** Revista Técnica da SANEPAR, n. 07, p. 45-52, 1997.

GARJULLI, R. 2002. Instrumentos institucionais para gestão de recursos hídricos no semi-árido In: Fundação Konrad Adenauer. **Água e desenvolvimento sustentável no Semi-Arido.** Serie Debates n. 24. Fortaleza, 2002.

GASPAR, W. J. **Análise do processo erosivo do loteamento social Antenor Garcia.** Proposta para expansão do bairro. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). São Carlos, 2000. Universidade Federal de São Carlos.

GEOBRASIL. **Perspectiva do meio ambiente no Brasil.** SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. D. B. (org). Brasília: Edições IBAMA, 2002.

GIRARD, C.M. **Application of photointerpretation technique to the classification of agricultural soils, choice of the sensor, use of results.** In: Remote Sensing Application in Agriculture and Hidrology. Rotterdam: 1980, p.37-51.

GOOGLE EARTH. Campina Grande. Disponível em: < <http://earth.google.com>.> Acesso em: 05 fev. 2007.

GRAF, A. C. B. **Água, bem mais precioso do milênio: o papel dos Estados.** *R. CEJ*, n. 12, pp 30-39, 2000.

GRODZIN'SKA-JURCZAK, M. **Management of industrial and municipal solid waste in Poland.** *Resources, Conservation and Recycling*, 32, pp 85-103, 2003.

HANSEAR, A. F. **Geoinformação: ferramenta para aplicação do estatuto da cidade.** Disponível em:< <http://www.mundogeo.com.br>> Acesso em: 09 jan de 2007.

HERMANUS, K. 2002. **Água: uma questão de sobrevivência** In: Fundação Konrad Adenauer. **Água e desenvolvimento sustentável no Semi-Arido.** Serie Debates n. 24. Fortaleza, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados Estatísticos do Município de Campina Grande/PB.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 01 de nov. de 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000,** Rio de Janeiro, 2002.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas.** Brasília, IBAMA, 1990.

IRWIN, F.; WILLIAMS, I. R. **Catchments as planning units.** *Journal of Soil and Water Conservation.* V. 42, n. 1, p. 6-9, 1986.

IZOLA, D. T.; PICOLLO, P.; CATALANO, F. M. Aerofotografias de baixo custo como instrumento de monitoramento ambiental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, Campina Grande, DEAG/ UFPB. V. 2, n. 2, p. 225-228, 1998.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

LEÓN SUEMATSU, G.; CAVALLINI, J.M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Tradução de GHEYI, H.R.; KONIG, A.; CABALLOS, B.S.O.; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande, UFPB, 109p. 1999.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons, New York, 1995.

LIMA, E. R. V.; KUX, H. J. H. ; SAUSEN, T. M. **Sistema de informações geográficas e técnicas de sensoriamento remoto na elaboração de mapa de riscos de erosão no sertão da Paraíba**. Revista Brasileira de Ciências do Solo. Campinas, v. 16, p. 257-263, 1992.

LIMA, M. A. **Avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no Município de Rio Claro, SP**. Rio Claro: UNESP, 1994.

LIMA, J.E.F.W., FERREIRA, R.S.A. & CHRISTOFIDIS, D. *O uso da irrigação no Brasil*. In: **Estado das Águas no Brasil: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**, SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, 1999. p 73 – 82.

LUCENA, J. H de. **Estudo da variação espaço-temporal da qualidade das águas, de um trecho do Rio Bodocongó (PB)**. Campina Grande, 1998. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande.

KIRCHHOFF, D; TONISSI, F. B.; PECCI FILHO, R. **Classificação e enquadramento dos corpos d'água: discussão sobre o gerenciamento hídrico e planejamento ambiental**. *Pesquisas em meio ambiente – subsídios para a gestão de políticas públicas*. V. 2. São Carlos: Rima, p. 17-30, 2003.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 13ª ed. rev. atual. ampl. São Paulo. Malheiros, 2005.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1983.

MBULIGWE S.E., G.R. KASSENGA, M.E. KASEVA, E.J. CHAGGU . **Potential and Constraints of Composting Domestic Solid Waste in Developing Countries: findings from a pilot study in Dar es Salaam, Tanzania.** *Resources, Conservation and Recycling*, 36, p. 45–59, 2002.

MEDEIROS, C. N. de.; PETTA, R. A. **Uso do sensoriamento remoto e processamento digital de imagens utilizadas para mapear a mancha urbana do município de Parnamirim (RN).** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 617-624.

MEYBEC, M.; HELMER, R. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring.** 2nd Edition. Cambridge: University Press, 1996.

MELO, H. A. R.; CHACON, J. O. **Exame biológico pesqueiro do açude púco “soledade” (Soledade, PB) Brasil.** Fortaleza: Boletim técnico. DNOS 1976. p 3-26.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reuso.** São Paulo: Oficina de Texto, 2005.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Agenda 21 Brasileira: bases para discussões.** NOVAES, W. (coord.). MMA/PNUD, Brasília, 2002.

MOREIRA, M. A.; ASSUNÇÃO, G. V. **Princípios básicos, metodológicos e aplicação do sensoriamento remoto na agricultura.** INPE. 3199-MD/027. 1984.

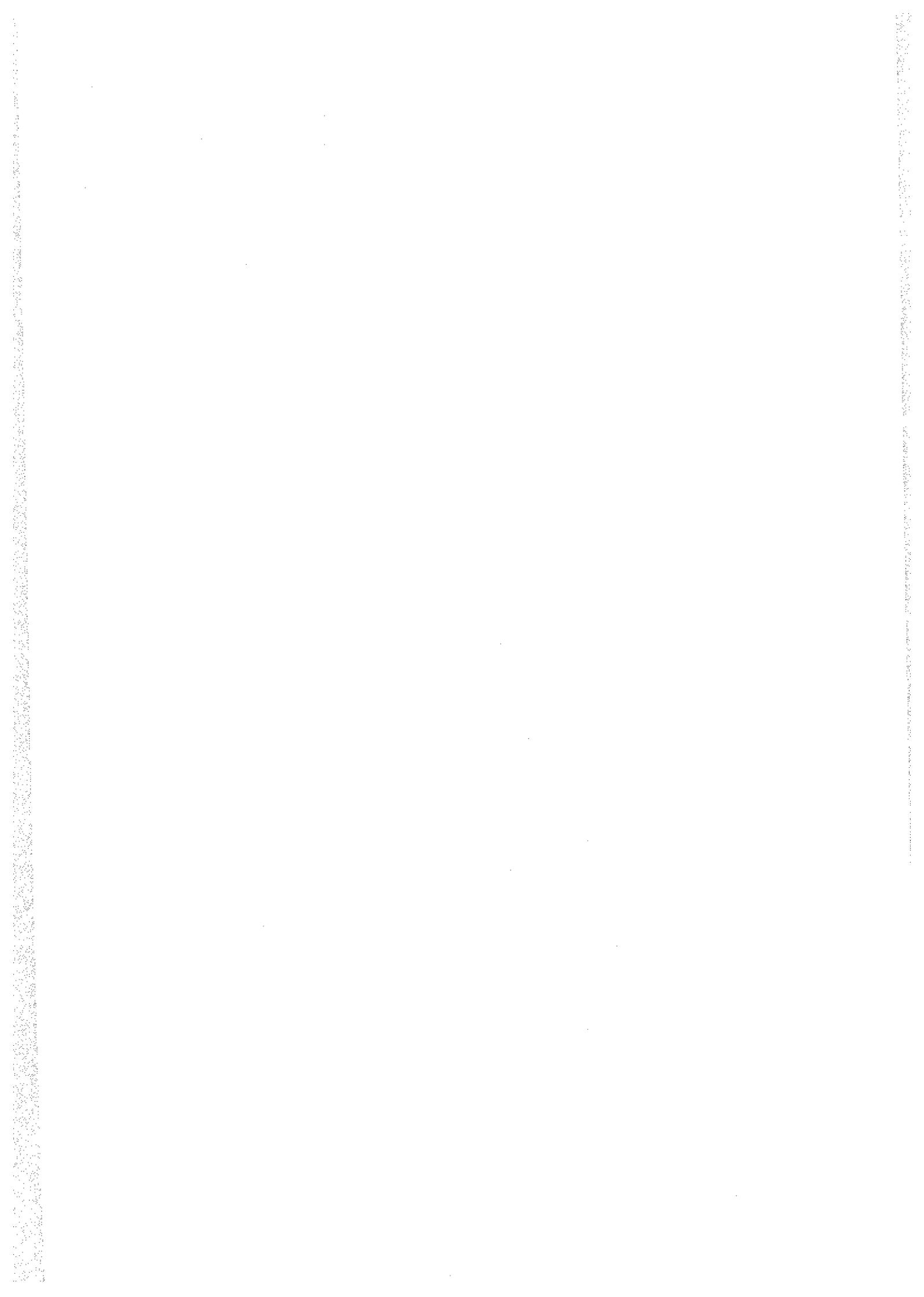
MOSS, B. **Ecology of fresh waters man and medium.** 2 ed. Austria: Black Wel Science, 1995.

MOTA, J. A. **O Valor da Natureza: economia e política dos recursos ambientais.** Rio de Janeiro: Garamond, 2001.

MOTA, S. **Introdução a Engenharia Ambiental.** 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos,** 2ª ed. Rio de Janeiro: ABEAS, 1995.

MONTEIRO, R.C. **Estimativa espaço-temporal da superfície potenciométrica do sistema aquífero guarani na cidade de Riberão Preto (SP), Brasil.** Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.



- MOURA, A. C. M.; SILVA, J. X. Geoprocessamento aplicado à caracterização e planejamento urbano de ouro preto – MG. In: SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. da. **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- NISTAL, M. A. I. **Crítérios para la creacion de um sistema de informação territorial**. In: Conferência Latinoamericana sobre informática em ceografia. San Jose, 1987. Anais, p. 345-374.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Trad. TRIBE, C. J. Ganabara. Rio de Janeiro, 1998.
- ODUM, E. P. **Ecología**. Trad. Para espanhol por OTTENWAELDER, C. G. 3ª ed. Interamericana. Mexico, 1972.
- OLIVEIRA, E. C. **Aspectos limnológicos e sanitários de uma lagoa costeira no litoral leste do Ceará - Lagoa do Batoque**. São Carlos, 2006. 163 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, L. B. **Resíduos Sólidos: lixo ou combustível?** XXVII congresso iteramericano de engenharia sanitária e ambiental. ABES, 2000.
- PELLETIER, R. E. **Evaluating nonpoint pollution using remotely sensed data in soil erosion models**. Journal of Soil and Water Conservation. V. 40, n. 3, p. 332-335, 1985.
- PIOLI, M. S. de B. **Águas doces: bem público de uso comum, com valor econômico exigível como instrumento de controle e gestão**. Disponível em: <<http://www.qualidadeonline.com/jornal/centros/dossieragua/aguasdoces.pdf>> acesso em: 18 de out. de 2006.
- PORTO, Monica; KELMAN, Jernson. **Water Resources policy in Brazil**. 2005. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>> Acesso em 03 de nov. de 2006.
- PORTO, M. F. A. Estabelecimento de parâmetros de controle da poluição. In: PORTO, R. L. L.; BRANCO, S. M.; CLEARY, R. W. *et al.* **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Edusp: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, 1991.
- PORTO, M.F.A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R.L.L., org.; BRANCO, S.M.; CLEARY, R.W; COIMBRA, R.M; EIGER, S; LUCA, S.J; NOGUEIRA, V.P.Q; PORTO, M.F.A. **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Edusp: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, 1991.

- PMCG-PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE. **A cidade**. Disponível em: [www.pmcg.pb.gov.br/cidade.htm](http://www.pmcg.pb.gov.br/cidade.htm). Acessado em 06 de mai. de 2007.
- PRINZ, Dieter; SINGH, Anupan, K. **Water Resources in arid regions and their sustainable management**. Annals of Arid Lands, Special issue on research. 2003.
- RIBEIRO, M. E.; GALIZONI, F. M. **Água, população rural e políticas de gestão: o caso do vale do Jequitinhonha, Minas Gerais**. Disponível em: [www.scielo.br/pdf/asoc/v5n2/a08v5n2.pdf](http://www.scielo.br/pdf/asoc/v5n2/a08v5n2.pdf) Acesso em: 19 de set. 2006.
- RICKLEFS, R. E.; **A economia da natureza**. Trad. BUENO, C.; SILVA, P. P. de L.; MOUSINHO, P. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabar Koogan S.A, 2003.
- RINO, C. A. F.; FRANÇA A. C.; FARIAS B. **Diagnóstico da qualidade ambiental**. In: 19 congresso nacional de engenharia sanitária e ambiental - abes, 1997, Foz de Iguaçu, Paraná, anais do congresso, Rio de Janeiro: associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental, 1997.
- RODRÍGUEZ, M. P. **Avaliação da qualidade da água da bacia do alto jacaré-guaçu/sp (ribeirão do feijão e rio do monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas**. São Carlos, 2001.175 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo.
- ROSAS, E.; COUTINHO, O.; OLIVEIRA, N. B. Estudo limnológico de um lago de várzea em Sergipe, Nordeste do Brasil. **Acta Limnologica Brasiliense**, vol. III, p. 145- 273, 1990. Disponível em: [http://www.sblimno.org.br/acta/my\\_web\\_sites/acta\\_limnologica\\_volumesP.htm](http://www.sblimno.org.br/acta/my_web_sites/acta_limnologica_volumesP.htm) > Acesso em 20 de mai. de 2007.
- SÁNCHEZ, P. S. **O processo de ocupação em áreas de proteção aos mananciais: conflito social com a Lei e realidade social na região metropolitana de São Paulo**. In: MARTINS, R. C.; VALENCIO, N. F. L. S. **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais**. São carlos: RIAMA,2003.
- POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifiton, aspectos ecológicos e metodológicos**. Rima. São Carlos, 2003.
- SANTOS, M. de L. F. dos; KATO, M. **A influencia do Saneamento Ambiental na Preservação da Lagoa Olho d'água**. In: 19 congresso nacional de engenharia sanitária e

ambiental - abes, 1997, Foz de Iguaçu, Paraná, anais do congresso, Rio de Janeiro: associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental, 1997.

SANTOS, R. F dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo. Oficina de Testos, 2004.

SEPLAN (Secretaria de Planejamento do Estado da Paraíba). **Plano de desenvolvimento Sustentável:1996-2010** – João Pessoa, 1997.

SETTI, A. A. **A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos**. Brasília, IBAMA, 1994.

SILVA, E. P. da. **Estudo da vulnerabilidade socioeconômico-ambiental e os riscos a desastre enos(el nino oscilações sul) no Município de Picuí-Paraíba**. Um estudo de caso. Campina Grande, 2002.186 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e drenagem). Centro Ciências, Tecnologia e Recurso Naturais, Universidade Federal de Campina Grande.

SILVA, A.S.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas de águas deabastecimento e residuárias**. Campina Grande – Paraíba, 2001.

SILVA, D. D. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 1997.

SHIKLOMANOV, I. A. **World water resources: a new appraisal and assessment for the 21 st century**. IHP, Unesco, 1998.

SIRVINSKAS, L. P. **Manual de direito ambiental**. 2ª ed. rev. atual. ampl. São Paulo. Saraiva, 2003.

SOBRAL, M. C. M.; GAMA, A. **Gerenciamento ambiental da bacia do rio Pirapama**. In: 19 congresso nacional de engenharia sanitária e ambiental - abes, 1997, Foz de Iguaçu, Paraná, anais do congresso, Rio de Janeiro: associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental, 1997.

SOUZA, J. T.; LEITE, V. D. **Tratamento de Esgotos Domésticos na Agricultura**. 2º ed. Campina Grande: EDUEP, 2003.

SOUZA, J. S. A. de, et al. **O uso de sig para identificação de potencial hidráulico do distrito federal, visando à geração de energia elétrica**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/sumario.php>. Acesso em: 07 de Abr de 2007.

TOMITA, R. Y.; BEYRUTH, Z. **Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático.** *Biológico*, v. 64, n 2, pp 135-142, 2002.

STAR, J.; ESTES, J. **Geographic information systems.** New Jersey: Prentice Hall, 1990.

TEOTIA, H.S.; ULBRICHIT, K.A.; CIVCO, D.L.; KENNARD, W.C. **Utilization of data for land use/cover mapping and soil/land classification in the Piauí state of northeastern Brasil.** In Proceeding of the XXIV ERIM.Int. Conf. Rio de Janeiro, 1991.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. de M. **A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025.** Disponível em: <<http://www.unb.br/ft/enc/recursos-hidricos/relatorio.pdf>> Acesso em: 20 de abr. de 2007.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. (ORG.). **A avaliação e controle da drenagem urbana.** Porto Alegre: UFRS, 2000.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: Editora Rima, IIE, 2003.

TUNDISI, J. E. M. **Indicadores da qualidade da bacia hidrográfica para gestão integrada dos recursos hídricos. Estudo de caso: Bacia hidrográfica do Médio Tocantins (TO).** São Carlos, 2006. 152 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) Universidade Federal de São Carlos.

**Unites Nations Convention to Combat Desertificacion (UNCCD).** In those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertificacion, Particularly in Africa. Interim Secretariat for the Convention to Combat Desertificacion. Geneve Executive Center – C.P.76-1219 Châtelaine/Geneve:1994.

UNITED NATIONS (UN). **Global challenge, global opportunity: trendes in sustainable development.** Johannesburg: United Nations, 2002.

VENAZIANI, P.; ANJOS, C. E. dos. **Mitodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicação em geologia.** INPE. São José dos Campos, 1982.

VENTURA, S. J.; NIEMANN, B. J.; MOYER, D.D. **A multipurpose land information system for rural resource planning.** *Journal of Soil and Water Conservation.* V. 43, n. 3, p. 226-229, 1988.

VON SPERLING, E., TASSIN, B., VINÇON-LEITE, B. Aspectos de Qualidade de Água em Bacias de Retenção Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 11 n.2 Abr/Jun 2006, 27-35.

VON SPERLING, M.; **Introdução à qualidade das águas e aos tratamentos de esgotos**. 2ª Ed. Belo Horizonte-MG. UFMG, 1996.

WARD, R. C. **Management and Monitoring of Water Quality**. Fort Collins: Chemical and Bioresource Engineering Department, Colorado State University, 1999. (CB/CE 545 Class Notes, 1999).

WATANABE, T.; GADELHA, C. L.M.; PASSERAT-DE-SILANS, A. M. B. Análise estatística da relação entre a presença de plantas aquáticas e parâmetros físico-químicos da água de açudes. **Congresso Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos**, 8. 585-594 p. Foz do Iguaçu, 1989.

WACHHOLZ, F.; PEREIRA FILHO, W. **A limnologia em relação ao ambiente terrestre, identificado com o uso de imagens CBERS-2, em distintas áreas de captação da bacia hidrográfica do arroio Barriga, RS – Brasil**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p 1135-1141.

WALSH, S. J. **Geographic information system for rural resource planning**. Journal of Soil and Water Conservation. V. 40, n. 5, p. 202-205, 1985.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO (1997). **Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World**. WMO, Genebra. Disponível: <http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/index.html> acessado em: 19/09/2006.

## 9. ANEXOS

Análises físicas, químicas e biológicas do Açude Bodocongó no mês de dezembro de 2006

Parâmetros	PI	PII	PIII	PIV	Valores de referência	de
Coliformes termotolerantes (NCF/ 100ml)	$7,1 \times 10^6$	$3,6 \times 10^6$	$4,81 \times 10^5$	$3,8 \times 10^4$	$2,5 \times 10^3$	
Temperatura de água (°C)	27,0	24,1	27,0	24,0	SR	
Condutividade (dS/m)	1,47	1,53	1,43	1,39	0,7 - 2	
pH	7,5	7,6	6,7	7,2	6,5 - 8,8	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	3,6	3,2	3,9	3,7	$\geq 6$	
Nitrogênio total (mg/L)	4,5	2,8	2,2	2,8	0,40	
Fosfato total (mg/L)	0,14	0,11	0,12	0,14	0,062	
Sólidos totais (mg/L)	734	748	747	713	500	

Análises físicas, químicas e biológicas do Açude Bodocongó no mês de janeiro de 2006

Parâmetros	PI	PII	PIII	PIV	Valores de referência	de
Coliformes termotolerantes (NCF/ 100ml)	7 $\times 10^6$	$1,5 \times 10^6$	2,3 $\times 10^5$	8,3 $\times 10^4$	$2,5 \times 10^3$	
Temperatura de água (°C)	27,0	25,0	27,0	25,2	SR	
Condutividade (dS/m)	1,47	1,58	1,45	1,41	0,7 - 2	
pH	7,5	7,6	7,3	7,2	6,5 - 8,8	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,1	2,2	2,5	2,1	$\geq 6$	
Nitrogênio total (mg/L)	2,7	2,9	4,4	2,7	0,40	
Fosfato total (mg/L)	3,6	2,86	4,37	3,5	0,062	
Sólidos totais (mg/L)	786	797	804	822	500	

## Análises físicas, químicas e biológicas do Açude Bodocongó no mês de fevereiro de 2007

Parâmetros	PI	PII	PIII	PIV	Valores de referência	de
Coliformes termotolerantes (NCF/100ml)	6,9 $\times 10^6$	1,63 $\times 10^6$	2,75 $\times 10^5$	1,03 $\times 10^5$	$2,5 \times 10^3$	
Temperatura de água (°C)	30,1	30,0	30,0	30,1	SR	
Condutividade (dS/m)	1,55	1,60	1,57	1,75	0,7 - 2	
pH	8,1	8,0	9,3	7,7	6,5 - 8,8	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,2	2,1	1,9	2,0	$\geq 6$	
Nitrogênio total (mg/L)	5,6	10,1	5,6	10,6	0,40	
Fósforo total (mg/L)	1,36	0,37	0,9	1,68	0,062	
Sólidos totais (mg/L)	992	1024	1004	1200	500	

## Análises físicas, químicas e biológicas do Açude Bodocongó no mês de março de 2007

Parâmetros	PI	PII	PIII	PIV	Valores de referência	de
Coliformes termotolerantes (NCF/100ml)	6,5 $\times 10^6$	2,1 $\times 10^6$	2,85 $\times 10^5$	1,25 $\times 10^5$	$2,5 \times 10^3$	
Temperatura de água (°C)	30,3	29,8	30,2	30,0	SR	
Condutividade (dS/m)	1,48	1,50	1,59	1,63	0,7 - 2	
pH	8,3	8,1	9,2	7,4	6,5 - 8,8	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,2	1,5	3,9	1,6	$\geq 6$	
Nitrogênio total (mg/L)	6,7	6,2	7,8	7,3	0,40	
Fósforo total (mg/L)	1,9	3,6	5,5	3,4	0,062	
Sólidos totais (mg/L)	947	960	1017	1553	500	