



UFPA



UEPB



UERN



UESC



UFAL



UFCE



UFRN



UFS



UFPI

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA / UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE**

REBECCA LUNA LUCENA

**QUALIDADE DAS ÁGUAS E ASPECTOS GEOGRÁFICOS NO
ENTORNO DE RESERVATÓRIOS INSERIDOS NAS DISTINTAS
ZONAS CLIMÁTICAS DA PARAÍBA**



João Pessoa – Paraíba
2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

REBECCA LUNA LUCENA

**QUALIDADE DAS ÁGUAS E ASPECTOS GEOGRÁFICOS NO ENTORNO DE
RESERVATÓRIOS INSERIDOS NAS DISTINTAS ZONAS CLIMÁTICAS DA
PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Sassi

João Pessoa – Paraíba

2008

L. 935q LUCENA, Rebecca Luna

Qualidade das águas e aspectos geográficos no entorno de reservatórios inseridos nas distintas zonas climáticas da Paraíba. / Rebecca Luna Lucena – João Pessoa, 2008. 113p.: il.

Orientador: Roberto Sassi

Dissertação (mestrado) – UFPB / PRODEMA

1. Geografia. 2. Índice de qualidade da água.
3. Reservatórios. 4. Zonas climáticas - Paraíba

UFPB / BC

CDU:91(043)

REBECCA LUNA LUCENA

**QUALIDADE DAS ÁGUAS E ASPECTOS GEOGRÁFICOS NO ENTORNO DE
RESERVATÓRIOS INSERIDOS NAS DISTINTAS ZONAS CLIMÁTICAS DA
PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Sassi - UFPB
Orientador

Prof. Dr. Francisco José Pegado Abílio - UFPB
Examinador interno

Prof. Dr. Pedro Costa Guedes Vianna - UFPB
Examinador externo

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima - UFPB
Suplente

*Dedico a Milton Lucena, Maria Salomé
de Luna Lucena, Uirá Luna Aragão e a
Christina Pacheco.*

AGRADECIMENTOS

A minha família e meus amigos, a todos aqueles que colaboraram para realização deste trabalho de forma direta ou indireta.

Aos pescadores e moradores locais que sempre mantiveram uma ótima relação conosco durante os trabalhos de campo pelo interior do estado, sempre nos informando sobre os usos que se fazem da água e dos solos nas proximidades dos reservatórios.

Ao professor Roberto Sassi por suas críticas construtivas.

À Fátima Menezes todo agradecimento por ter sempre nos ajudado, pela realização das análises da água nos reservatórios aqui estudados, efetuadas no laboratório da SUDEMA, e por sua vontade intensa de trabalhar em prol da qualidade da água no estado da Paraíba.

Ao professor Pedro Vianna que sempre tem me dado apoio não sendo diferente em relação a esta dissertação.

À Christina Pacheco por sua ajuda indescritível.

A Jorge Flávio por ajudar no trabalho com os mapas.

Ao CNPq por conceder bolsa de mestrado através do Edital MCT/CNPQ/CT-HIDRO 04/2006. Área prioritária: Gerenciamento de recursos hídricos. Linha de Pesquisa: Qualidade de água em reservatórios destinados ao abastecimento de cidades, em particular na questão das cianobactérias.

Ao projeto “Detecção de cianobactérias tóxicas e microcistina em reservatórios de água do estado da Paraíba”, aprovado pelo CNPq/CT-HIDRO/CT-AGRO - 05/2006 do qual este trabalho faz parte.

... Deus me concedeu o conhecimento exato de tudo o que existe, para eu compreender a estrutura do mundo e a propriedade dos elementos, o começo, o meio e o fim dos tempos, a alternância dos solstícios e as mudanças de estações, os ciclos do ano e a posição dos astros, a natureza dos animais e o instinto das feras, o poder dos espíritos e a sabedoria dos homens, a variedade das plantas e a propriedade das raízes. Aprendi tudo o que está oculto e tudo o que se pode ver, porque a sabedoria foi quem me ensinou...

SABEDORIA: A sabedoria produz harmonia 7: 17-21

Resumo

Este trabalho teve como objetivo principal analisar a qualidade da água de nove grandes reservatórios do estado da Paraíba, considerando os aspectos ambientais no entorno dos mesmos. Para sua realização, foram escolhidos nove reservatórios distribuídos nas três diferentes regiões climáticas do estado. Foram estudados os reservatórios São Salvador, Araçagi e Gramame - Mamuaba inseridos na região úmida (As'), os reservatórios Camalaú, Cordeiro e Epitácio Pessoa na região semi-árida (Bsh) e os reservatórios Lagoa do Arroz, Engenheiro Ávidos e Coremas - Mãe D'água na zona sub-úmida (Aw'). A metodologia consistiu em levantamento bibliográfico, cartográfico e de dados pluviométricos, cartografia digital, trabalhos de campo, análises laboratoriais, tratamento estatístico dos dados, cálculo do Índice de Qualidade da água (IQA) para as estações chuvosa e seca de 2007, bem como análise dos dados de qualidade da água de 2002 a 2006. Constatou-se que, durante 2007 a qualidade da água dos nove reservatórios se apresentou entre boa e ótima confirmando que essas águas estão apropriadas ao abastecimento público após tratamento convencional, dentre outros fins a que se destina. Entre as diferentes regiões climáticas do estado, os resultados dos IQAs foram melhores nos reservatórios do Cariri (Bsh), seguidos pelos do Sertão (Aw'), e os IQAs mais baixos foram encontrados nos reservatórios da Zona da Mata paraibana (As'), apesar das áreas do Sertão e Cariri estarem submetidas a períodos de secas prolongados e a perderem maior volume de água devido ao efeito da evaporação. No que diz respeito à sazonalidade, os reservatórios não apresentaram grandes variações na qualidade da água, entretanto, em sete dos nove foram observados pequenos aumentos na qualidade da água durante a estação seca. Apesar dos resultados de qualidade da água terem sido satisfatórios, alguns parâmetros quando analisados individualmente estavam em desacordo com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 375/2005 para águas doces da classe 2. A quantidade de parâmetros em desacordo foi maior nos reservatórios localizados na Zona da Mata paraibana. O fósforo total foi o único parâmetro que esteve acima do limite máximo permitido em todos os nove reservatórios, indicando um início do processo de eutrofização. Foi verificado que os reservatórios mais impactados no entorno se localizam na Zona da Mata, havendo predomínio de áreas 100% antropizadas. A conclusão que chegamos é que os IQAs mais baixos foram encontrados nos reservatórios mais impactados pela ação antrópica, independente das condições físicas ou climáticas da paisagem.

Palavras-chave: Índice de Qualidade da Água, reservatórios, zonas climáticas, Paraíba

Abstract

This study had as main aims to analyze water quality in nine large water reservoirs in the state of Paraíba, considering environmental factors in the surrounding areas. For this, nine reservoirs evenly distributed in the three climatic regions of the state were chosen. The water reservoirs studied were: São Salvador, Araçagi and Gramame - Mamuaba in the humid region (As'), Camalaú, Cordeiro and Epitácio Pessoa in the semi-arid region (Bsh) and Lagoa do Arroz, Engenheiro Ávidos and Coremas - Mãe D'água in the sub-humid region (Aw'). The methodology consisted in bibliographic, cartographic and pluviometric surveys, digital cartography, field work, laboratory analyses, statistical data treatment, determination of the Water Quality Index (WQI) for the dry and rainy seasons of 2007, as well as water quality data gathering for the period of 2002 to 2006. It was observed that during 2007 the water quality of the nine reservoirs was between good and excellent confirming that these waters are appropriate for public consumption following conventional water treatment among other uses. Between the state's climatic regions, the WQI results were better in reservoirs in the Cariri region (Bsh), followed by the ones in the Sertão region (Aw'), and the lowest were found in reservoirs in the rainforest region (As'), even though the Sertão and Cariri areas are submitted to long drought periods and lose a larger water volume due to the effects of evaporation. With respect to seasonal changes, the reservoirs did not show large variations in water quality, however, in seven of nine reservoirs small increases of water quality were observed in the dry season. Even though the water quality results were satisfactory, some parameters were out of the range allowed by the CONAMA 375/2005 resolution for class 2 freshwater reservoirs. The quantity of parameters out of the allowed range was higher in the reservoirs located in the rainforest region. Total phosphorus was the only parameter that extrapolated the allowed limit in all nine reservoirs, indicating the beginning of eutrophication processes. Of all the studied reservoirs the ones that presented the highest levels of anthropism were the ones in the rainforest region, reaching 100% antropized areas. The conclusion reached was that the lowest WQIs were found in the reservoirs most impacted by anthropic actions, independent of physical or climatic conditions of the reservoir's location.

Key-words: Water Quality Index, reservoirs, climatic regions, Paraíba

Lista de Siglas

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.

APHA - American Public Health Association

BASIN – Boulder Area Sustainability Information Network

CAGEPA – Companhia de água e Esgotos da Paraíba

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DNOCS - Departamento de Obras Contra a Seca

IAP - Índice de Qualidade da Água para fins de abastecimento público

IDEME - Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba

IET - Índice de Estado Trófico

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPMCA – índice da Parâmetros Mínimos para a preservação da Vida Aquática

IQA – Índice de Qualidade da Água

IQA_B – Índice de Qualidade da Água de Bascarán

ISTO – Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas

IVA – índice de Qualidade da Água para proteção da vida aquática

LEPAN - Laboratório de Ensino e Pesquisa em Análise Espacial

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NSF – National Sanitation Foundation

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

SIGAESA – Sistema de Informações Geográficas da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente - Paraíba

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Paraná

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

Sumário

Página

1. Introdução	13
2. Objetivos.....	16
2.1. Objetivo geral.....	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. Bases conceituais.....	17
3.1. As relações entre o clima e a água.....	17
3.2. Caracterização de águas superficiais	19
3.3. Qualidade da água	20
3.4. Classificação dos corpos de água.....	22
3.5. Índice de Qualidade da Água (IQA)	23
3.5.1. Temperatura.....	26
3.5.2. Turbidez.....	26
3.5.3. pH.....	27
3.5.4. Oxigênio Dissolvido (OD)	27
3.5.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	28
3.5.6. Coliformes termotolerantes.....	29
3.5.7. Resíduos totais	29
3.5.8. Fósforo total.....	30
3.5.9. Nitrogênio total.....	31
4. O ambiente estudado: Paraíba.....	31
4.1. Localização do estado da Paraíba.....	32
4.2. Relevo, geologia e solos da Paraíba	32
4.3. Vegetação.....	36
4.4. Os tipos de clima e alguns aspectos climáticos do estado.....	38
4.5. Bacias hidrográficas e atividades antrópicas.....	43
5. Material e métodos.....	45
5.1. Delimitação da área de estudo	45

5.2. Revisão bibliográfica, cartográfica e de dados pluviométricos.....	47
5.3. Cartografia digital.....	47
5.4. Trabalhos de campo	48
5.5. Análises laboratoriais.....	49
5.6. Tratamento estatístico dos dados.....	49
5.7. Índice de Qualidade da Água.....	50
6. Resultados e discussão.....	51
6.1. Caracterização ambiental, níveis de antropismo e qualidade da água.....	51
6.1.1. Reservatório Lagoa do Arroz	51
6.1.2. Reservatório Engenheiro Ávidos.....	54
6.1.3. Reservatório Coremas – Mãe D´água	57
6.1.4. Reservatório Camalaú.....	61
6.1.5. Reservatório Cordeiro	64
6.1.6. Reservatório Epitácio Pessoa.....	68
6.1.7. Reservatório São Salvador.....	71
6.1.8. Reservatório Araçagi.....	74
6.1.9. Reservatório Gramame-Mamuaba.....	77
6.2. Análise dos Parâmetros de qualidade da água: série histórica.....	80
6.3. Síntese comparativa dos resultados.....	98
7. Conclusões.....	105
8. Perspectivas e recomendações.....	106
Referências.....	108

1. Introdução

Atualmente, o mundo todo tem voltado suas atenções para a importância da água como fonte principal da vida. A água doce é um elemento essencial para o consumo humano e para o desenvolvimento industrial e agrícola, sendo de importância vital aos animais e plantas que integram os ecossistemas terrestres (REBOUÇAS, 2002). O acesso à água é um direito humano fundamental, e toda pessoa deve ter água potável em quantidade suficiente, com custo acessível e fisicamente disponível, conforme previsto pela legislação brasileira e agenda 21 (MMA, 2005). Pode-se dizer que a água doce é o mais importante recurso da humanidade (DREW, 2005).

A quantidade de água que cai, em forma de chuva ou neve, em diferentes regiões do globo varia muito de acordo com as condições climáticas e topográficas de cada lugar. Alguns ambientes da Terra dispõem naturalmente de água doce em grande quantidade, a exemplo da região Amazônica, já em outros lugares, pode chover em média, menos que 100 milímetros por ano, sendo estas regiões consideradas áridas (BRANCO, 2003). Vale salientar que não é apenas a quantidade de chuvas que determina a disponibilidade de água em uma região. Nas regiões mais secas do Nordeste brasileiro chega a chover em média 400 milímetros por ano, porém como a evapotranspiração¹ é muito alta, pode-se dizer que sobra pouca água disponível para os rios e lençóis subterrâneos (BRANCO, *op. cit.*). A forte insolação, característica da zona tropical, pode temporariamente secar rios e lagos sob o efeito da evaporação intensa (REBOUÇAS, *op. cit.*).

Em relação à carência de água em determinados lugares do globo, a natureza desenvolveu “através de processos de ensaios e erros” característicos da seleção natural, diversos mecanismos e estruturas nos seres vivos e nos ecossistemas, promovendo a economia de água de modo a fazer prosperar vida em ambientes semi-áridos e áridos (REBOUÇAS, *op. cit.*). Como exemplo, podemos citar a vegetação da Caatinga presente em grande parte do Nordeste brasileiro, que com suas árvores caducifólias, espinhosas e com algumas espécies de folhas pequenas e até sem folhas, reduzem ao máximo a perda de água por transpiração (PARAÍBA, 1985).

1 – soma da quantidade evaporada diretamente pelo solo com a quantidade transpirada pela vegetação

Tal qual a adaptação natural dos animais e vegetais aonde existe carência de água, o homem pode contornar esta carência através do desenvolvimento de tecnologias para a retenção, conservação e manuseio da água. Em regiões que têm períodos de seca prolongada, ou onde ocorrem chuvas abundantes durante apenas um curto período, fazendo com que os rios transbordem e escoem rapidamente voltando logo a secar, é importante a retenção de parte da água obtida mediante represamento e formação de açudes ou reservatórios (BRANCO, 2003). O represamento constitui uma forma de regularizar as vazões do rio, tornando perenes as disponibilidades de água (BRANCO, *op. cit.*). Outro modo de obter água nas regiões mais secas é perfurando poços para ter acesso à água armazenada no subsolo (PARAÍBA, 1985).

Apesar de dispor hoje de um alto índice de açudagem, totalizando 9.985 açudes, com pelo menos 20 grandes reservatórios com capacidade superior a 30.000.000m³ (MARINHO, 2006; AESA, 2007), o estado da Paraíba ainda apresenta uma grande heterogeneidade quanto à quantidade, qualidade e disponibilidade de água para população, variando conforme diversos fatores de origem natural e principalmente de ordem econômica e social.

Segundo os dados da CAGEPA (2008), em 2004, dos 223 municípios que compõem o estado da Paraíba, 191 eram servidos pela rede de abastecimento de água, atendendo 91,18% da população paraibana. A maior parte dessa água é captada dos reservatórios e distribuída à população após tratamento do tipo convencional (CAGEPA, *op. cit.*). Apesar desse alto percentual de população atendida pela rede de abastecimento de água, nas regiões semi-áridas e sub-úmidas do Cariri e Sertão, boa parte da população utiliza a água diretamente dos reservatórios sem nenhum tratamento prévio (SUDEMA, 2006 – comunicação verbal). Nos períodos de estiagem é comum na Paraíba o uso de carros-pipa que abastecem pequenas cidades capturando água dos reservatórios e distribuindo-a para a população sem qualquer tratamento (Figura 1).



Figura 1: Carro-pipa nas margens do reservatório Coremas - Mãe D'água. Na fotografia observa-se a captação da água bruta do reservatório para ser levada à população do município vizinho de Nazarezinho, durante a estação seca de 2007.

Foto: Rebecca Luna, 03/10/2007.

Contudo, não só nas regiões semi-áridas e sub-úmidas da Paraíba a população utiliza água sem tratamento prévio. Abrahão (2006) em um trabalho realizado na região úmida do litoral paraibano, concluiu que a população ribeirinha residente nos bairros humildes próximos ao riacho Mussuré, na bacia hidrográfica do rio Gramame, utilizava as águas desse riacho principalmente para irrigação de pequenas lavouras, dessedentação de animais, lavagem de roupas, recreação e lazer. Neste mesmo trabalho, através de análises laboratoriais, foram observados no riacho valores altos de metais pesados e coliformes termotolerantes, representando um risco para a saúde daquela população (ABRAHÃO, *op. cit.*).

Diante desta situação, achamos de fundamental importância a realização do monitoramento dos corpos de água do estado e especialmente dos reservatórios que servem ao abastecimento da população, a fim de garantir informações precisas sobre a qualidade da água e sobre os possíveis riscos decorrentes dos níveis de contaminação que possam ser encontrados nas mesmas. Para a realização deste trabalho, foram então selecionados nove reservatórios localizados em três diferentes zonas climáticas da Paraíba no intuito de se analisar a qualidade da água, as características ambientais e os níveis de antropismo no entorno dos mesmos. Os reservatórios escolhidos foram: Lagoa do Arroz, Engenheiro Ávidos e Coremas-Mãe d'água, localizados no Sertão de clima sub-úmido; Camalaú, Cordeiro e Epitácio Pessoa localizados no Cariri de clima semi-árido; e São Salvador, Araçagi e Gramame-Mamuaba, inseridos na zona da mata de clima úmido.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Analisar a qualidade da água e as características ambientais presentes no entorno de nove reservatórios do estado da Paraíba (Lagoa do Arroz, Engenheiro Ávidos, Coremas-Mãe D'água, Camalaú, Cordeiro, Epitácio Pessoa, São Salvador, Araçagi e Gramame-Mamuaba), durante as estações chuvosa e seca do ano de 2007, considerando as possíveis interferências humanas nestes ambientes e conseqüentemente na qualidade das águas.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar a qualidade da água dos nove reservatórios selecionados para estudo, através do Índice de Qualidade da Água (IQA), realizando dois IQAs para cada reservatório;
- Pesquisar a série histórica das variáveis ambientais de qualidade da água, no intuito de comparar os resultados passados com os obtidos em 2007;
- Caracterizar os aspectos geográficos no entorno dos reservatórios, através do estudo dos componentes naturais da paisagem, tais como os tipos de solos, a vegetação e as condições climáticas locais;
- Comparar os resultados dos IQAs por região climática a fim de investigar se há uma relação direta entre os diferentes tipos de clima da Paraíba e a qualidade das águas dos reservatórios;
- Comparar os níveis de antropismo e as diferentes formas de uso e ocupação do solo no entorno dos reservatórios e suas relações com a qualidade da água.

3. Bases conceituais

3.1. As relações entre o clima e a água

Por conta do formato da Terra e do seu movimento de translação junto ao sol, a latitude exerce o principal controle sobre o volume de insolação que um determinado lugar recebe. Isso ocorre porque a variação astronômica de insolação é uma função da latitude. O ângulo de incidência dos raios solares e a duração do dia em qualquer lugar são determinados pela localização latitudinal do lugar e variam de acordo com as estações do ano (AYOADE, 2002).

Nas regiões equatoriais o sol está sempre elevado culminando zenitalmente entre as latitudes de 23° N e 23° S. Ainda, nas regiões equatoriais, ocorre uma incidência de radiação solar mais vertical, o que determina maior quantidade de calor e temperaturas do ar mais elevadas (TOLENTINO, 1995). Esteves (1998), no capítulo em que trata da radiação solar e seus múltiplos efeitos em águas continentais, afirma que a reflexão da radiação nos corpos de água nas regiões equatoriais é menor e aumenta à medida que se aproxima dos pólos. Assim, quando o ângulo de incidência da radiação solar é 0° (perpendicular a superfície da água), apenas 2% da radiação incidente são refletidos (ESTEVES, *op. cit.*). Desta forma, há uma distribuição latitudinal na temperatura dos corpos de água, acarretando águas mais quentes nos trópicos e mais frias nas latitudes temperadas e altas.

A temperatura dos corpos de água varia naturalmente de acordo com a temperatura do ar. A temperatura influencia fatores importantes na água como os níveis de oxigênio dissolvido, na diversidade e abundância da fauna aquática presente e na evaporação da água (TUCCI, 1997). Nos corpos de água, na grande maioria dos casos, a estratificação da coluna d'água é consequência do efeito da temperatura sobre a densidade da água. Sendo assim, a influência climática na estratificação térmica dos lagos continentais resultará em padrões de estratificação e de circulação distintos em regiões de climas temperados e tropicais (ESTEVES, *op. cit.*). A temperatura também influencia na quantidade de oxigênio dissolvido nos corpos aquáticos. Por exemplo: a uma pressão de 760mmHg, 100% de umidade relativa e a 0°C, solubilizam-se 14,60 mg de oxigênio por litro de água, enquanto que nas mesmas condições e à uma temperatura de 30°C (frequentemente observada em lagos tropicais), solubilizam-se apenas 7,59mg/l (ESTEVES, *op. cit.*). Essa diferença na quantidade de

oxigênio na água, a princípio pode significar que os organismos aquáticos tropicais têm muito menos oxigênio disponível do que os organismos de lagos temperados (ESTEVES, 1998).

A alta temperatura do ar, que está associada à insolação, reflete também numa alta evaporação da água sob processo de difusão molecular e turbulência (TUCCI, 1997). Na região semi-árida da Paraíba, que se localiza bem na parte central do Planalto da Borborema, anualmente a evaporação excede as chuvas, salientando que, em alguns locais a precipitação anual total pode chegar a menos de 300mm, como ocorreu na seca de 1982 (SUDENE, 1990). Nessas regiões quentes e semi-áridas como é o caso do Cariri paraibano, os açudes podem perder grande quantidade de água por evaporação além dos rios que secam completamente deixando só um caminho de areia em seu lugar. Quando os reservatórios do semi-árido perdem muita água diminuem a capacidade de diluição de poluentes e microorganismos, que são muitas vezes lançados nessas águas por meio de esgotos domésticos e outros efluentes.

Nas regiões quentes chuvosas, como o litoral Paraibano e zona da mata, as chuvas que aumentam o nível das águas tornam as mesmas mais turvas, e quando os rios ou solos estão poluídos, as chuvas podem levar para os reservatórios, através do escoamento superficial, grande quantidade de poluentes.

Outro fator climático que tem importante papel nos lagos e reservatórios de água é o vento. Em reservatórios onde os ventos são constantes, há uma maior circulação do oxigênio dissolvido na água, que desce das camadas superficiais para camadas mais profundas. Já em reservatórios de água parada, podem ocorrer déficits de oxigênio dissolvidos logo nos primeiros metros de profundidade, podendo causar a morte dos organismos aeróbios (ESTEVES, *op. cit.*).

É conhecido que os elementos do clima têm influencia direta na quantidade e também nas características das águas dos lagos e rios, além de interferirem no ambiente físico do entorno, como na formação do solo e na cobertura vegetal. No entanto, as atividades antrópicas têm atualmente importante papel na qualidade da água e do ambiente, transformando a natureza em prol do seu bem estar. Neff *et. al.* (2000), afirma que o clima pode afetar diretamente na qualidade da água, porém este autor considera que é mais comum que o clima aumente os problemas de qualidade da água causados pela ação humana.

3.2. Caracterização de águas superficiais

A água natural é, na verdade, solução de uma infinidade de solutos minerais ou orgânicos, incluindo microrganismos, em concentrações variáveis, dependendo da composição do solo, do ar, ou do meio em geral que percorre ou onde se localiza.

Assim, a caracterização da água começa a se compor ainda em seu trajeto atmosférico. As partículas sólidas e os gases atmosféricos de várias origens são dissolvidos pelas águas que caem sobre a superfície da terra em forma de chuva, neblina ou neve. Contudo, muitas destas características são alteradas em decorrência de fatores climatológicos, variáveis hidrológicas e atividades antrópicas. Dessa forma, esses fatores determinam a qualidade das águas que escoam superficialmente nas bacias hidrográficas e fluem aos mananciais alterando suas características físicas, químicas e bacteriológicas (STRASJRABA & TUNDISI, 2000).

Alguns compostos químicos presentes na água são indispensáveis para o consumo humano, sendo de grande importância fisiológica. No entanto, impurezas, quando presentes na água em valores elevados, podem causar males ao homem e ao meio ambiente, prejudicando o seu uso.

As características químicas da água são de muita importância, pois a presença de alguns elementos ou compostos químicos na água bruta pode inviabilizar o uso de certas tecnologias de tratamento e exigir tratamentos específicos. Podem também interferir nos aspectos higiênicos e econômicos do uso da água. Entre as características químicas da água, merecem ser destacadas: a condutividade elétrica; os resíduos totais; o oxigênio dissolvido; a demanda bioquímica de oxigênio; a demanda química de oxigênio; os cloretos; os fosfatos; a amônia; os nitritos, os nitratos, os sulfatos, os óleos e graxas, o alumínio e o chumbo (KELLER, 1996).

As características físicas da água estão relacionadas, principalmente, ao seu aspecto estético. Algumas destas características podem prejudicar certos usos da água, tornando-a imprópria ao consumo humano, pela sua aparência, por manchar roupas e aparelhos sanitários, etc. Inclui-se nas características físicas da água: a temperatura, a cor e a turbidez.

Entre as impurezas da água incluem-se os organismos presentes que, conforme sua natureza tem grande significado para os sistemas de abastecimento de água. Alguns desses organismos, como certas bactérias, vírus e protozoários são patogênicos, podendo provocar

doenças e ser a causa de várias epidemias. Outros organismos, como algumas algas, são responsáveis pela ocorrência de sabor e odor desagradáveis, ou por distúrbio em filtros e outras partes do sistema de abastecimento (MENEZES *et al.*, 2005).

3.3. Qualidade da Água

Na avaliação da qualidade da água, consideram-se características físicas, químicas e microbiológicas (KELLER, 1996; REBOUÇAS, 2002).

De acordo com Mota (1995), a poluição de um recurso hídrico pode ser definida como “qualquer alteração de suas características, de modo a torná-lo prejudicial às formas de vida que ele normalmente abriga ou que dificulte ou impeça um uso benéfico definido para ele”. Os principais poluentes hídricos incluem patógenos, matéria orgânica biodegradável, materiais inorgânicos e de origem mineral, produtos químicos sintéticos, excesso de nutrientes, materiais radioativos e mudanças bruscas de temperatura (MERRITTS *et al.*, 1998).

Patógenos causadores de doenças, presentes em fezes humanas e de animais de sangue quente geralmente são despejados nos rios e reservatórios por descargas de esgotos urbanos, agropecuários e industriais. Esses patógenos presentes na água afetam a sua qualidade causando riscos para o consumo, contato e ingestão de peixes e crustáceos (MERRITTS, *op. cit.*). Vale ressaltar que no estado da Paraíba, no ano de 2000, a cobertura de esgotamento encanado só atingia 39% da população (FATOS E NÚMEROS, 2004), sendo o restante do esgoto depositado em fossas ou lançado diretamente em rios e outros corpos de água.

Quando há uma alta concentração de matéria orgânica biodegradável, a demanda bioquímica de oxigênio aumenta. Esta matéria orgânica pode ser proveniente de descargas de esgotos urbanos, agropecuários e industriais, bem como de fontes naturais. Altos níveis de DBO levam à desoxigenação da água, podendo acarretar no aumento da mortalidade em peixes (MERRITTS, *op. cit.*).

Materiais orgânicos e inorgânicos suspensos na água causam uma redução na penetração da luz e desoxigenação da água. A falta de luz reduz a capacidade fotossintética das algas e afeta também os peixes. Os indicadores de poluição por materiais orgânicos e inorgânicos em suspensão incluem sólidos suspensos, turbidez e DBO.

Materiais inorgânicos e de origem mineral, tais como metais, sais, óleos, ácidos e outros compostos químicos, podem causar mudanças no pH, na toxicidade, na salinidade e na aparência da água. A produtividade biológica pode ser reduzida, levando também a morte de peixes. Os materiais inorgânicos e de origem mineral são liberados nas águas doces por conta de atividades de mineração, descargas industriais, bem como podem ser provenientes de fontes naturais (MERRITTS *et al.*, 1998). Produtos químicos orgânicos sintéticos, como detergentes e pesticidas, são inseridos nos corpos hídricos pelo escoamento superficial das águas da chuva em regiões agrícolas, mas também podem estar presentes em esgotos industriais e domésticos. Estes produtos químicos podem ser biodegradáveis ou persistentes e chegam a causar morte em peixes ou redução nas taxas de reprodução e crescimento (SILVA & ARAÚJO, 2003).

Nutrientes em excesso também podem ser considerados poluentes. A adição de compostos contendo nitrogênio e fósforo aumenta o nível de nutrientes na água. Estes nutrientes podem ser provenientes do escoamento superficial das águas da chuva sobre as lavouras e também de esgotos domésticos e industriais. O aumento no aporte de nutrientes leva ao crescimento desordenado de algas e à diminuição nos níveis de oxigênio dissolvido causando mudanças na qualidade da água (CALIJURI *et al.*, 2006). A figura 2 exibe uma amostra de água que continha grande número de cianobactérias.



Figura 2: Amostra da água concentrada do rio Apodi-Mossoró onde análises de laboratório detectaram um número alarmante de cianobactérias tóxicas prejudiciais à saúde. Observa-se na foto, que a água está com a cor verde característica de florações de algas.

Fonte: PACHECO, 2006.

Mudanças bruscas na temperatura da água geralmente são causadas por alguns tipos de dejetos industriais e também por descargas de esgotos urbanos. Aumentos bruscos na temperatura podem reduzir a absorção de oxigênio e conseqüentemente levar à morte de peixes e a mudanças na composição de espécies.

Materiais radioativos provenientes de descargas industriais e de atividades de mineração podem vir a aumentar as taxas de mutação dos seres vivos que habitem os ambientes aquáticos ou que venham a entrar em contato com esta água (MERRITTS *et al.*, 1998).

Os diversos componentes presentes na água e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados de uma maneira ampla e simplificada em termos de características físicas, químicas e biológicas (KELLER, 1996). Essas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água.

3.4. Classificação dos corpos de água

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, na resolução N° 357/2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento. Dessa forma as águas doces (com salinidade igual ou inferior a 0,5) são qualificadas em diferentes classes de acordo com os usos preponderantes pretendidos.

As águas doces podem ser da classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Os nove reservatórios estudados neste trabalho estão enquadrados como corpos de água doce da classe 2 e portanto podem ser destinados ao abastecimento humano após tratamento convencional. No tratamento do tipo convencional, após a captação nos reservatórios, a água passa pelo processo de coagulação, floculação, decantação, filtração, correção de pH e desinfecção (MENEZES *et al.*, 2005). Outros usos da água doce da classe 2 são destinados à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças; à aquíicultura e a pesca.

Dessa forma, para os parâmetros de qualidade das águas, estabelecem-se limites individuais para cada substância, seguindo assim as regras do CONAMA (resolução 357/2005) para amostras ambientais desse enquadramento. Como os corpos hídricos incluídos neste projeto são enquadrados na classe 2, para obedecer aos padrões estabelecidos pelo CONAMA, mais de setenta diferentes parâmetros de indicação de qualidade da água devem

ser analisados periodicamente. Porém, mesmo se todos estes parâmetros fossem monitorados, a análise dos dados de qualidade seria de difícil interpretação, pois diferentes parâmetros têm diferentes níveis de importância na qualidade das águas (MERRITTS *et al.*, 1998). Para simplificar uma série de parâmetros com valores inteiros e transmitir a informação de maneira fácil e clara a respeito da qualidade, foram então criados os Índices de Qualidade da Água ou IQAs.

3.5. Índice de Qualidade da Água (IQA)

O Índice mais conhecido de qualidade da água, o “IQA” – Índice de Qualidade da Água, foi criado nos Estados Unidos em 1970 pela National Sanitation Foundation visando fornecer um método padronizado para comparar a qualidade de vários corpos de água (BASIN, 2008). A criação desse índice baseou-se numa pesquisa de opinião junto a 142 especialistas de todas as partes dos Estados Unidos, que indicaram diversos parâmetros a serem avaliados. Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, somente 9 foram selecionados devido a sua importância relativa na qualidade total da água (RINO *et al.*, 2001). Os nove parâmetros escolhidos foram: temperatura, turbidez, pH, OD, DBO, coliformes termotolerantes, resíduos totais, fósforo total e nitrogênio total (SUDERHSA, 1997).

Para estes nove parâmetros, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada um. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias, bem como seu peso relativo, são apresentados na figura 3 (a – i), com adaptações da CETESB (CETESB, 2008).

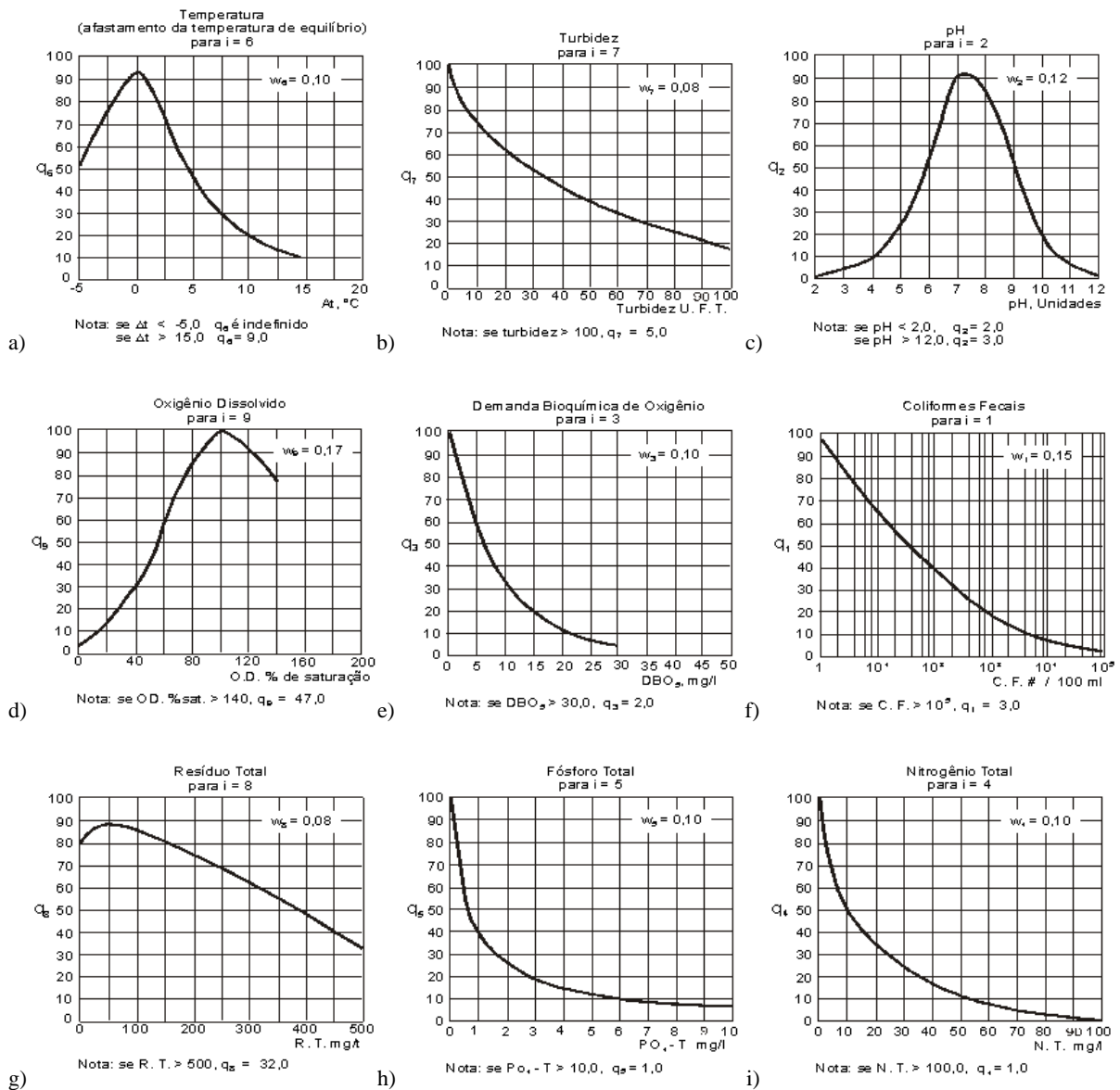


Figura 3: Gráficos das curvas dos nove parâmetros que compõem o IQA (a – i).
Fonte: CETESB, 2008.

O IQA é calculado através da seguinte fórmula: $IQA = \prod q_i^{w_i}$, onde IQA = Índice de Qualidade da Água; \prod = produtória; q_i = Qualidade do i -ésimo parâmetro (convertida a um número de 0 a 100); w_i = peso relativo do i -ésimo parâmetro. Os parâmetros considerados são então unidos pelo uso de uma fórmula matemática para simplificar a análise, dando assim uma nota de 0 a 100 (SUDERHSA, 1997). A qualidade da água bruta pode então ser avaliada conforme o valor do IQA descrito na tabela 1.

Tabela 1: Nível de qualidade da água

Faixa	Nível de qualidade
80 a 100	ÓTIMA
52 a 79	BOA
37 a 51	REGULAR
20 a 36	RUIM
0 a 19	PÉSSIMA

Fonte: CETESB, 2008.

Os IQAs são aplicados em ambientes lóticos e lênticos de várias regiões do mundo. Atualmente vários modelos de IQAs vêm sendo desenvolvidos pelos mais diversos órgãos responsáveis pelo monitoramento da qualidade da água dentro e fora do Brasil. Dentre alguns índices desenvolvidos a partir do IQA temos: IAP - Índice de Qualidade da Água para fins de abastecimento público e o IVA – índice de Qualidade da Água para proteção da vida aquática.

A CETESB atualmente vem utilizando estes dois índices no programa de monitoramento das águas que realiza no estado de São Paulo. O IAP é o produto da ponderação dos resultados do IQA e do ISTO – Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas. O IQA, como já foi explicado anteriormente, é composto por nove parâmetros de qualidade. O ISTO, por sua vez, é composto por quatorze variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas na água. Essas variáveis são: Cádmio, Chumbo, Alumínio, Cromo total, Zinco, Mercúrio, Níquel, Ferro, Manganês, Cobre, Potencial de Formação de Trihalometanos, teste de Ames, número de células de Cianobactérias e Genotoxicidade. O IAP é então calculado: $IAP = IQA \times ISTO$ (CETESB, 2008).

O IVA, também desenvolvido e utilizado pela CETESB, tem como objetivo avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora. Sua fórmula é a seguinte: $IVA = (IPMCA \times 1,2) + IET$. O IPMCA – índice de Parâmetros Mínimos para a preservação da Vida Aquática é composto por um grupo de substâncias tóxicas, (Chumbo, Cobre, Zinco, Cromo, Níquel, Mercúrio, Cádmio, Sufactantes e Fenóis) e um grupo de parâmetros essenciais (OD, Ph e toxicidade). O IET é o Índice de Estado Trófico. Este índice utiliza os valores obtidos para as variáveis: transparência, clorofila e fósforo total (CETESB, 2008). Outro índice, o IQA_B – Índice de Qualidade da Água de Bascarán, é bastante flexível, pois permite a introdução ou exclusão de parâmetros de acordo com as necessidades ou limitações para a

obtenção de dados, sendo possível definir um índice básico com um número reduzido de parâmetros e outro com maior número de parâmetros (RIZZI, 2001 *apud* ABRAHÃO, 2006).

A escolha do índice a ser usado dependerá das fontes poluidoras existentes no local e do uso pretendido para a água em questão, além da possibilidade de realização das análises dos parâmetros utilizados (ABRAHÃO, *op. cit.*). Aqui nos interessa analisar a importância individual de cada um dos nove parâmetros usados no cálculo do IQA – Índice de Qualidade da Água, que foi o índice escolhido e realizado neste trabalho.

3.5.1. Temperatura

A grande resistência oferecida pelas massas de água às variações de temperatura, devido ao seu elevado calor específico é que permite a existência de grande quantidade de vida aeróbia, ao contrário as perdas de OD resultantes de súbitas elevações de temperatura tornariam inviável este tipo de vida. Por proporcionar um clima de estabilidade, a água abriga grande quantidade de peixes que morreriam a variações de temperatura maiores que 5°C (BRANCO, 1980).

A temperatura da água influencia processos biológicos, reações químicas e bioquímicas. Ela é inversamente proporcional à solubilidade dos gases dissolvidos e diretamente proporcional à solubilidade de sais. Aumentos significativos de temperatura nos corpos de água são geralmente decorrentes de despejos de origem industrial e descargas de usinas termoeletricas, turbinas a vapor, etc. Variações súbitas de temperatura da água causam efeitos bastante danosos aos ecossistemas aquáticos e também reduzem o OD na água e estimulam as atividades biológicas (KELLER, 1996).

3.5.2. Turbidez

A turbidez mede a resistência da água à passagem da luz. É uma característica das águas correntes, podendo aumentar nos períodos chuvosos. Em águas dormentes apresenta geralmente valores baixos. Decorre naturalmente da presença de material em suspensão,

plâncton, microrganismos, argilas e siltes nas águas. Quando de origem antropogênica, pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos (CÂMARA, 2000)

Sua principal fonte é o aporte de partículas de solos provenientes da superfície da bacia hidrográfica, em função das chuvas, de desmatamentos, processos erosivos e atividades de mineração. Pode também advir do lançamento de efluentes que contenham material fino. Afeta esteticamente os corpos de água e pode causar distúrbios aos ecossistemas aquáticos devido à redução da penetração da luz. Aumenta os custos de processos de tratamento para fins de abastecimento público e industrial.

3.5.3. pH

O termo pH é utilizado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, isto é, a relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons (H⁺) e (OH⁻). Apresenta variação entre 0 e 14, sendo 7,0 o valor neutro. Águas com pH < 7,0 são consideradas ácidas, e com pH > 7,0, básicas (MALONE, 1996).

Alterações naturais advêm da presença de ácidos carbônicos e húmicos dissolvidos. As maiores alterações no pH são provocadas por despejos industriais e águas residuárias de minas. Águas com pH baixo ou elevado são agressivas, podendo causar corrosão em tubulações. Alterações bruscas de pH (<5,0 ou >9,0) podem causar o desaparecimento de espécies aquáticas. Determinadas condições de pH contribuem para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados como também podem exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes (CETESB, 2008).

3.5.4. Oxigênio Dissolvido (OD)

O teor de oxigênio dissolvido nos corpos hídricos é de fundamental importância para a manutenção das comunidades aquáticas aeróbias. Um decréscimo nos teores de OD provoca, entre outros efeitos desastrosos, a morte de peixes e demais organismos aquáticos (REBOUÇAS, 2002).

Em uma massa de água o oxigênio (O_2) provém de duas fontes: a endógena, que está relacionada à atividade fotossintética das algas e de plantas aquáticas; e a exógena que diz respeito ao ar atmosférico que está em constante contato com a película superficial da massa de água. A saturação da água por OD ocorre constantemente na superfície de contato do corpo hídrico com a atmosfera, sendo lenta a difusão do oxigênio para as camadas mais profundas (BRANCO, 1980).

O OD varia em função da temperatura da água e da pressão atmosférica. Em águas frias, a concentração de OD é maior que em corpos d'água quentes. Isso ocorre porque a solubilidade dos gases aumenta com a diminuição da temperatura. O teor de OD nas águas superficiais depende também da quantidade e do tipo de matéria orgânica instável que a água contenha (CÂMARA, 2000).

Baixos teores de OD podem indicar que houve uma intensa atividade bacteriana decompondo matéria orgânica lançada na água (CÂMARA, *op. cit.*). Essa matéria orgânica tem origem, principalmente, nos esgotos domésticos lançados às águas, mas também pode ser proveniente de dejetos agropecuários e industriais, bem como de fontes naturais, como folhas em decomposição (MERRITTS, *et al.*, 1998).

3.5.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio refere-se à quantidade de oxigênio necessária à estabilização da matéria orgânica sujeita a decomposição aeróbia por via biológica. Portanto, DBO é um parâmetro que indica a quantidade de oxigênio necessária, em um meio aquático, à respiração de microrganismos aeróbios, para consumirem a matéria orgânica introduzida na forma de esgotos ou outros resíduos orgânicos (MOTA, 1995). “*Pode-se dizer que, certa quantidade de matéria biodegradável possível de ser decomposta biologicamente, constitui um potencial de redução química, provocando um consumo de oxigênio proporcional*” (REBOUÇAS, 2002).

Os compostos biodegradáveis permitem uma proliferação excessiva de microrganismos (bactérias, fungos) em relação às disponibilidades de oxigênio no meio. Essa “explosão populacional” de microrganismos, consequência do excesso de alimento, leva a uma excessiva demanda de oxigênio, provocando um colapso de sua concentração no ambiente aquático (BRANCO, *op. cit.*).

Altos índices de DBO podem gerar a diminuição e até extinção do oxigênio dissolvido presente nas águas gerando alterações no ecossistema, inclusive com a extinção das formas de vida dependentes do oxigênio. A DBO ocorre naturalmente nas águas em função da degradação de matéria orgânica (folhas, animais mortos, fezes). Porém, aumentos da DBO são provocados principalmente por despejos orgânicos provenientes de ações humanas.

A determinação da DBO é feita em laboratório, observando-se o oxigênio consumido nas amostras durante 5 dias, em uma temperatura de 20°C (MOTA, 1995).

3.5.6. Coliformes termotolerantes

Coliformes termotolerantes são microrganismos comumente encontrados em fezes e são usados como indicadores de contaminação fecal. Esta classe abrange os bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos que fermentam lactose. Os microrganismos do gênero coliforme constituem-se os melhores indicadores da possível presença nas águas, de material fecal de origem humana ou de animais de sangue quente e, conseqüentemente, de organismos patogênicos devido a sua resistência.

O número de bactérias coliformes é um parâmetro que pretende indicar a “possível presença” de seres patogênicos de origem entérica na água, em concentrações que possam causar a contaminação de pessoas que a utilizem. Esse teste procura apenas evidenciar, quantitativamente, a presença de fezes na água (REBOUÇAS, 2002).

A presença de coliformes nas águas por si só não representa problemas à saúde, indicando apenas a possível presença de fezes e, portanto, de outros organismos patogênicos presentes nas fezes, transmissores de doenças como a febre tifóide e paratifóide, disenteria bacilar, cólera, hepatite, dentre outras.

3.5.7. Resíduos totais

Quanto ao tamanho, os resíduos podem ser classificados em dissolvidos e em suspensão. Os resíduos em suspensão dividem-se em sedimentáveis e não sedimentáveis. Os resíduos dissolvidos incluem os colóides e os efetivamente dissolvidos. Quanto à

caracterização química, são classificados em voláteis e não voláteis se apresentam ou não conteúdo orgânico.

Os resíduos dissolvidos são naturalmente encontrados nas águas devido ao desgaste das rochas por intemperismo. Grandes concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais. Os resíduos em suspensão provêm do carreamento de solos pelas águas pluviais, devido à processos erosivos e desmatamentos na bacia, do lançamento de esgotos domésticos, efluentes industriais e da dragagem para remoção de areia e atividades de garimpo.

Excesso de resíduos dissolvidos na água pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão em tubulações de distribuição (CETESB, 2008). Em águas utilizadas para irrigação, pode gerar problemas de salinização do solo. Os resíduos em suspensão aumentam a turbidez das águas, prejudicando seus aspectos estéticos e a produtividade do ecossistema pela diminuição da penetração da luz.

3.5.8. Fósforo total

O fósforo total compreende o fósforo orgânico, presente em substâncias orgânicas, e o fósforo mineral, na forma de fosfatos. O fosfato presente nos ecossistemas aquáticos continentais, tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, as rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fosfato para esses ecossistemas. As fontes artificiais de fosfato são o esgoto doméstico, esgoto industrial, fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (ESTEVEZ, 1998). A importância do fósforo é que ele, junto ao nitrogênio, constitui os principais micronutrientes minerais que estouram o processo de eutrofização em rios, lagos e reservatórios. A eutrofização consiste no aumento da concentração de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, causando um desequilíbrio no meio, uma vez que o ecossistema passa a produzir mais matéria orgânica do que é capaz de consumir e decompor. (ESTEVEZ, *op. cit*)

Os esgotos sanitários e certos despejos industriais são ricos em fósforo. Para prevenir problemas de eutrofização foi estabelecido um limite bastante estrito para o fósforo total em corpos aquáticos da classe 2, de apenas 0,030 mg/L (SUDERHSA, 1997; CONAMA, 2005).

3.5.9. Nitrogênio total

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Esta importância deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações pode limitar a produção primária dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998). As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: a chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago (VALENTE *et al.*, 1997).

O nitrogênio pode estar presente nos ambientes aquáticos em diferentes formas, como nitrito, nitrato, etc. A soma dos tipos de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e o nitrato constitui o nitrogênio total.

O nitrogênio é um componente dos fertilizantes aplicados a solos agrícolas, presente também nos esgotos industriais e domésticos. Quando são lançados aos rios e lagos, efluentes ricos em nitrogênio fertilizam a água possibilitando o desenvolvimento de algas e a eutrofização. O desenvolvimento dessas algas traz uma série de problemas para a qualidade da água e quando elas morrem, o oxigênio dissolvido diminui durante o processo de decomposição (SUDERHSA, 1997). Algumas espécies de algas possuem a capacidade de produzir toxinas, como por exemplo, a cianotoxina microcistina que afeta principalmente o fígado em seres humanos podendo até levar a morte (PACHECO, 2006).

4. O ambiente estudado: Paraíba

Os fatores climáticos, particularmente a temperatura, a evaporação e os índices de chuvas são importantes em níveis locais, visto que interferem diretamente nas características físicas, químicas e biológicas dos corpos de água. Também, as características do solo, da vegetação, os usos do solo e as atividades antrópicas desenvolvidas nas bacias hidrográficas são igualmente importantes. Portanto, torna-se premente analisar estas características em relação à qualidade das águas dos ambientes em estudo.

4.1. Localização do estado da Paraíba

O estado da Paraíba, localizado no Nordeste brasileiro, está situado entre 34°45'54'' e 38°45'45'' de Longitude Oeste (meridiano de referência 36°W), e 6°02'12'' e 8°19'18'' de Latitude Sul (paralelo de referência 07°S). Com uma área de 56.584 Km², a sua maior extensão é na direção leste-oeste, com uma distancia linear de 443Km, sendo menor a sua extensão na direção norte – sul, com uma distancia linear de 263Km, como mostra a figura 4. Atualmente a Paraíba é composta por 223 municípios, somando uma população de aproximadamente 3,5 milhões de habitantes (IDEME, 2006).

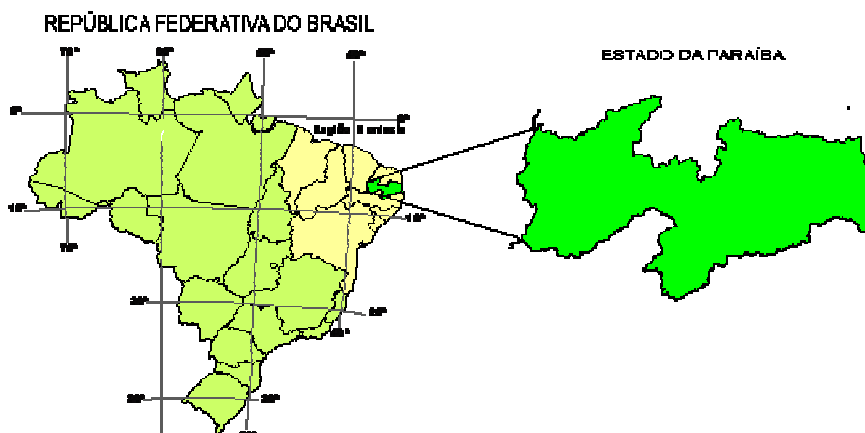


Figura 4: Mapa de localização do estado da Paraíba
Fonte: IDEME, 2006.

4.2. Relevo, geologia e solos da Paraíba

De uma maneira geral, como mostra a figura 5, três grandes compartimentos geomorfológicos dominam o relevo Paraibano: os tabuleiros costeiros, na parte leste do estado, o planalto da Borborema, na parte central, e a depressão sertaneja, no oeste do estado (CARVALHO, 1982). O relevo Paraibano, junto a outros fatores geográficos e elementos do clima, são responsáveis por promover grandes variações das condições climáticas, sobretudo nas diferenças de precipitação (PARAÍBA, 1985).

A compartimentação do relevo Paraibano na direção leste-oeste é marcada inicialmente pela planície litorânea, próxima ao mar e pelos tabuleiros ou baixos planaltos

costeiros adentrando na direção oeste. Segundo Carvalho (1982), este relevo varia numa altitude que vai desde o nível do mar, até mais ou menos 100m, quando ainda nos tabuleiros. Após os tabuleiros, seguindo para o interior temos a depressão sublitorânea, que tem sua extensão maior ao sul e afunila-se em direção norte. Esta unidade tem altitude média entre 80 e 150 metros. O relevo da depressão sublitorânea permanece nesse patamar até alcançar os 500-650m da escarpa oriental do Planalto da Borborema, sendo que ao norte esta escarpa é mais abrupta que ao sul. Quando no Planalto da Borborema, o relevo continua elevado e aplainado, aonde, seguindo o sentido oeste, este Planalto irá mais uma vez se deparar com uma baixada de aproximadamente 250-300m de altitude denominada depressão sertaneja ou pediplano sertanejo (PARAÍBA, 1985).

A depressão sertaneja apresenta alguns inselbergues que configuram na paisagem. Serras contornam essa depressão nas circunvizinhanças das bordas sul e oeste do território paraibano, onde se localiza o alto Sertão, como pode ser visto no mapa altimétrico do estado da Paraíba, figura 5.

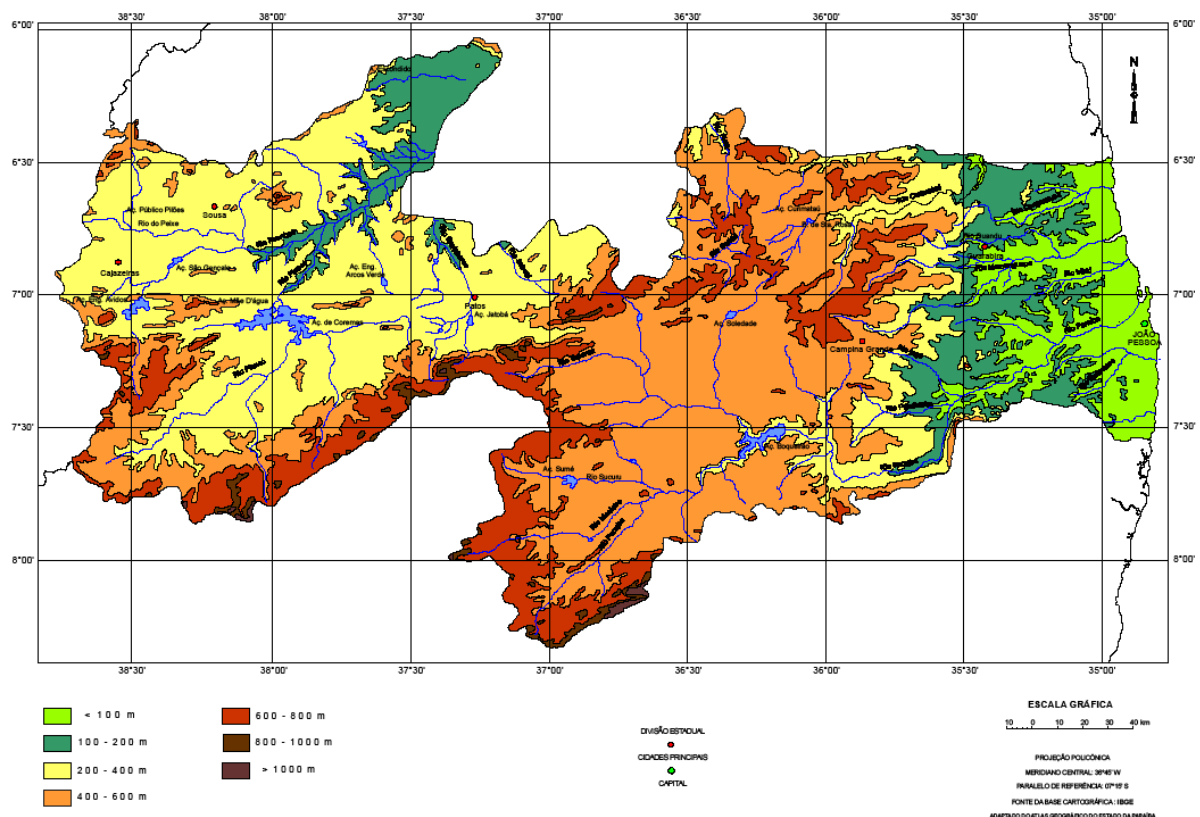


Figura 5: Mapa altimétrico do estado da Paraíba. Os três grandes compartimentos geomorfológicos estão de tais modos distribuídos no mapa: os tabuleiros costeiros ao leste, (tons de verde); o planalto da Borborema na parte central do estado (tons de laranja); e a depressão sertaneja a oeste do estado (amarelo e verde).

Fonte: SUDEMA, 2005.

O relevo além de influenciar o clima tem também papel fundamental como divisor natural de águas delimitando as bacias hidrográficas e influenciando o curso dos rios. O relevo também, junto aos elementos climáticos, geológicos e biológicos, tem influencia no desenvolvimento dos solos que irá comportar a vegetação adjacente (GUERRA, 2001).

O estado da Paraíba é 75% composto por terrenos cristalinos e 25% por terrenos sedimentares. Os 25% dos terrenos sedimentares da Paraíba encontram-se quase que totalmente nos tabuleiros costeiros, representado pelas formações barreiras, presentes no litoral e na zona da mata paraibana (PARAÍBA, 1985). Fora da região dos tabuleiros, apenas em algumas poucas mesetas no alto das serras e na bacia cretácea do rio do Peixe encontram-se terrenos sedimentares.

Já os 75% de terreno cristalino do estado da Paraíba, aparecem desde a depressão sublitorânea, passando pelo o planalto da Borborema, na depressão sertaneja (exceto na bacia sedimentar do rio do peixe) bem como no alto sertão. No cristalino paraibano, temos o predomínio de rochas metamórficas sobre as magmáticas. As rochas mais encontradas fazem parte do complexo gnáissico-migmatítico-granodiorito de rochas metamórficas, e o granito representa as rochas magmáticas (PARAÍBA, *op. cit.*). A maior parte destas áreas do complexo cristalino, localizadas no interior do estado, sofrem com irregularidades e também escassez de chuva, como consequência, os solos não tem um bom desenvolvimento dificultando a armazenagem da água tanto de superfície como no subsolo. Nestas regiões há geralmente o predomínio do intemperismo físico da rocha sobre o intemperismo químico, que junto a outros fatores, a exemplo da natureza da rocha, originam solos pedregosos e pouco desenvolvidos (ver figura 6).



Figura 6: Afloramento de rochas cristalinas nos solos rasos e pedregosos do sertão paraibano.
Foto: Christina Pacheco, 04/11/2007.

Os solos na Paraíba são de um modo geral pobres em nutrientes. Nos terrenos sedimentares da zona da mata paraibana temos a presença de solos lateríticos que segundo Guerra (2001) são solos que surgem na região intertropical de clima úmido. O solo adquire uma coloração avermelhada devido a concentração do minério de ferro e da lixiviação das bases trocáveis, tornando-o ácido (GUERRA, *op. cit.*). Já no interior do estado no complexo cristalino onde predominam os climas semi-árido e sub-úmido, temos o predomínio de solos Brunos não cálcicos, litossolos, vertissolos e ainda solos áridos como o solonietz e o solontchak. Tanto na região de clima úmido da Paraíba como nas regiões de clima sub-úmido e semi-árido, há a presença de solo aluvial (AESÁ, 2007). Os solos Bruno não cálcicos são castanhos, pouco espessos e pedregosos. Os litossolos são solos rasos, pouco intemperizados ou evoluídos, com o predomínio da rocha mãe. Os vertissolos são solos expansivos que diminuem ou aumentam de volume de acordo com seu teor de umidade (GUERRA, *op. cit.*). Os solos áridos são ricos em sais, sendo, portanto alcalinos. Os do tipo Solonietz, são solos em que a salinidade sódica predomina sobre a cálcica por questão da natureza da rocha mãe ou em consequência da irrigação sem drenagem perfeita. Os do tipo Solontchak são salinos e alcalinos devido à concentração de sais solúveis na superfície. Por último, os solos aluviais são solos constituídos de detritos ou sedimentos que foram arrancados de outras áreas mais altas e depositados em zonas mais baixas. (GUERRA, *op. cit.*). A natureza dos solos é de grande importância no ambiente, visto que esta influencia na qualidade das águas, no tipo de cobertura vegetal que irá comportar e nas atividades antrópicas a serem desenvolvidas.

4.3. Vegetação

O Estado da Paraíba apresenta uma vegetação variada que reflete em condições ambientais diferenciadas. São diversas as coberturas vegetais encontradas na Paraíba, são identificadas: os campos e matas de restinga; os manguezais; a mata úmida, que inclui a mata latifoliada perenifólia costeira, a mata latifoliada perenifólia de altitude e o cerrado; o agreste, que inclui o agreste sublitorâneo, o agreste da Borborema e a mata subcaducifólia de transição; e a Caatinga, que inclui a caatinga dos Cariris e Curimataú, a caatinga do Seridó, a caatinga do sertão e as matas Serranas (PARAÍBA, 1985). Destes tipos de vegetação acima citados, serão aqui abordados a mata úmida, o cerrado, o agreste e a caatinga.

A Mata úmida, também conhecida como mata atlântica, corresponde às florestas costeiras brasileiras (*Latifoliada Perenifólia Costeira*), ou matas de encosta (*Latifoliada Perenifólia de Altitude*). Encontram-se largamente descaracterizadas pela sua intensa utilização como bem desde o período colonial do Brasil. Hoje, se agrava a sua destruição pela ocupação, em grande escala, da cultura da cana-de-açúcar em seu habitat natural (MOREIRA, 2002). Foi sobre esta cobertura florestal que se ergueram as grandes cidades Brasileiras. São florestas, no geral, perenifólias de grande porte, densas ou fechadas e com cobertura vegetal predominantemente arbórea. Na Paraíba, a mata úmida está presente no Litoral e na Zona da Mata (como já diz o próprio nome), e no interior, nas escarpas orientais do planalto da Borborema, onde se localiza o Brejo Paraibano.

Sobre os baixos planaltos costeiros, ocorre também a vegetação de Cerrado, que recebe no Nordeste, a denominação de *tabuleiro*. Apresenta-se como uma formação herbáceo-arbustiva, com várias espécies comuns às dos Campos Cerrados do Brasil Central. O estrato arbustivo apresenta indivíduos esparsos, de baixo porte (PARAÍBA, *op. cit.*). Na Paraíba, encontram-se alguns resquícios na Zona da Mata.

O Agreste é uma formação típica da região sub-úmida de transição, e tem vegetação acatingada com a maioria das espécies caducifólias espinhosas, com ocorrências de Cactáceas. Fazem-se presentes, também, espécies de Mata úmida, o que lhe confere um caráter de transição (PARAÍBA, *op. cit.*). Pertencem a essa formação o Agreste sublitorâneo da depressão sublitorânea e o Agreste da Borborema. São florestas caducifólias e/ou subcaducifólias, de médio a baixo porte, podem ser densas ou esparsas e com predomínio de cobertura florestal arbustivo-arbórea e arbórea.

A vegetação da Caatinga caracteriza-se por uma máxima adaptação dos vegetais à carência hídrica. Assim, existem muitas plantas suculentas, como as Cactáceas, espécies arbustivas e arbóreas de pequeno porte, geralmente dotadas de espinhos e em sua maioria caducifólias (SOBRINHO & FALCÃO, 2006). Na Paraíba, encontram-se Caatingas nos Cariris, no Curimataú, no Seridó e no Sertão.

A vegetação caatinga dos Cariris e do Curimataú apresenta semelhanças na composição e na estrutura e são no geral do tipo arbustivo-arbórea. No Sertão, esta vegetação era originalmente do tipo arbóreo (MOREIRA, 2002). Nessa zona, o clima é menos árido que no Cariri, Curimataú e Seridó, talvez por essa razão, tenha se desenvolvido ali uma vegetação caatinga de maior porte e mais densa. No alto das serras a Caatinga apresenta-se mais fechada e geralmente com porte arbóreo, sendo ali conhecida por “matas serranas”. A vegetação da Caatinga tem maioria das espécies caducifólia, pode ser de grande, médio ou de baixo porte, densas e fechadas ou abertas e esparsas, e constituem-se de uma cobertura vegetal do tipo arbórea, arbustivo-arbórea e arbustiva. Dos tipos de vegetação acima descritos, predomina no estado da Paraíba a vegetação de Caatinga, como pode ser visto na figura 7.

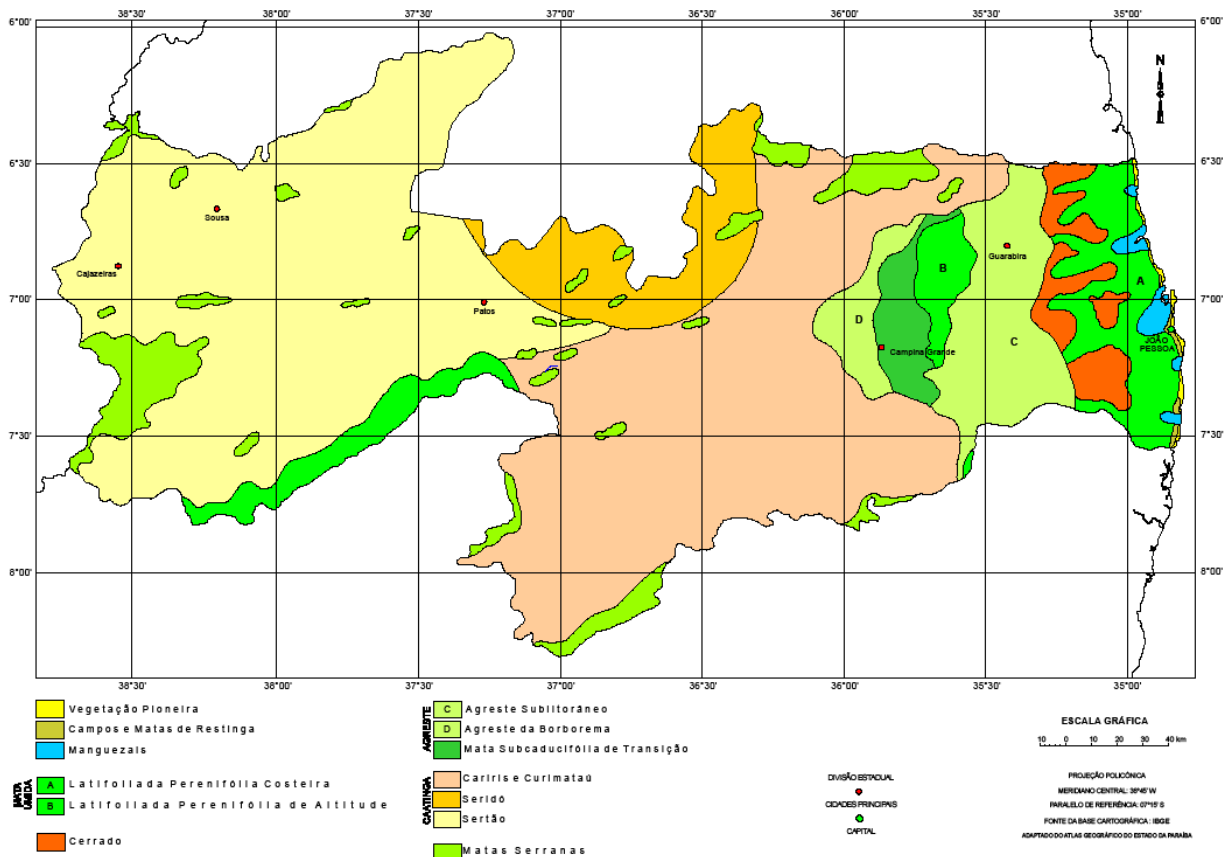


Figura 7: Mapa da cobertura vegetal nativa da Paraíba onde se observa o predomínio da vegetação de Caatinga por quase todo o estado.

Fonte: PARAÍBA, 1985.

A SUDEMA (2004) realizou um trabalho onde se procurou atualizar o mapeamento da cobertura vegetal natural e das áreas antropizadas do estado, visto que grande parte da cobertura vegetal nativa foi e está sendo modificada pela ação humana. Num trabalho, em que se fez uma comparação entre as áreas com cobertura vegetal entre 1973 e 1990, verificou-se que a Caatinga reduziu de 2.937.330 para 1.818.715 hectares, uma redução de 1.118.410 hectares, que representa 38,07% a menos, enquanto o antropismo aumentou de 2.618.299 para 3.762.629 hectares, um aumento de 1.144.330 hectares em áreas antropizadas, ou seja, 43,7% sobre a área antropizada de 1973. Muitas áreas antropizadas o foram com intensidade fraca, outras, todavia, o foram com forte intensidade de ocupação e conseqüente eliminação de áreas antes produtivas de material lenhoso. Ainda neste trabalho da SUDEMA, compreendeu-se que o aumento da população em certas áreas, a construção de cidades sobre antigos povoados, a abertura de estradas, a construção de reservatórios e açudes, bem como a criação de espaços irrigados, resultaram na redução de espaços antes cobertos de vegetação natural (SUDEMA, *op. cit.*). Assim sendo, o estado da Paraíba apresenta hoje muitos espaços modificados pela ação humana, sendo atualmente difícil de identificar *in loco* a vegetação nativa de amplas áreas no estado.

4.4. Os tipos de clima e alguns aspectos climáticos do estado

A classificação climática proposta por Wilhelm Koppen foi a primeira a se basear simultaneamente na temperatura e na precipitação, além de ajustar limites à distribuição dos tipos de vegetação. Sua classificação de 1918 é considerada a primeira classificação climática planetária com base científica, sendo ainda hoje a mais utilizada no Brasil e no mundo (MENDONÇA, 2007). Koppen estabeleceu cinco grandes tipos de clima no qual representou com as letras A, B, C, D e E. Os climas do tipo A são os tropicais chuvosos onde o mês mais frio tem temperatura média superior a 18°C. Os climas do tipo B são os climas secos onde a evapotranspiração média anual é maior que precipitação média anual. Os climas do tipo C são aqueles temperados chuvosos onde a temperatura média do mês mais frio fica entre -3°C e 18°C. Os climas do tipo D são frios de neve-floresta e correspondem as regiões onde o mês mais frio tem temperatura média abaixo de -3°C. E os climas do tipo E são climas polares onde o mês mais quente tem temperatura média inferior aos 10°C (MENDONÇA, *op. cit.*).

Na classificação climática de Köppen, o estado da Paraíba apresenta apenas os climas do tipo A e B. Dentro desses dois grupos temos também subgrupos nos quais a Paraíba apresenta três: clima quente e úmido, com chuvas no outono e inverno (As') presente no setor leste do estado; clima semi-árido de estepe, com chuvas no final do verão (Bsh) presente no Planalto da Borborema; e clima quente e semi-úmido ou sub-úmido, com chuvas de verão (Aw') presente na Depressão Sertaneja (PARAÍBA, 1985). Essa divisão climática está exposta na figura 8.

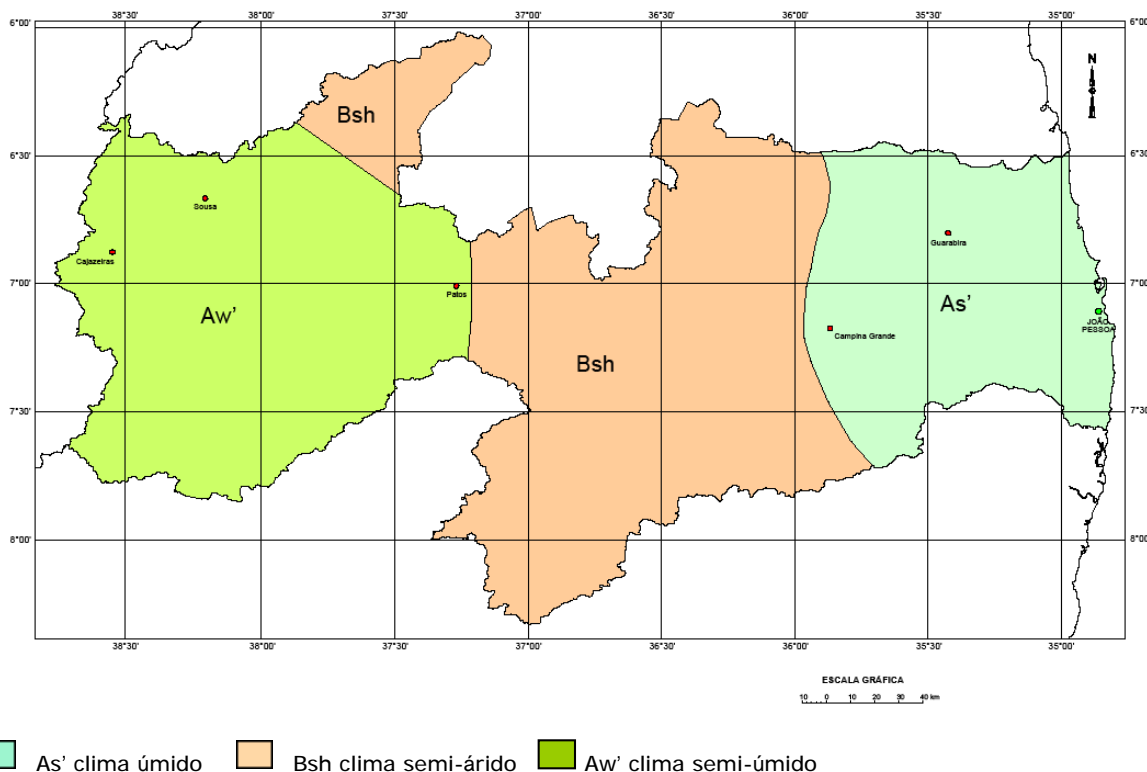


Figura 8: Tipos de clima da Paraíba segundo a classificação climática de Köppen.
Fonte: PARAÍBA, 1985.

Apesar de ocorrerem variações climáticas globais e regionais e condições microclimáticas especiais em nível local, os reservatórios aqui estudados obedecem de um modo geral, aos padrões climáticos estabelecidos por Köppen para cada tipo de clima citado anteriormente. Os quadros 1 – 3 mostram as características predominantes em cada sub-tipo climático, segundo a classificação proposta por Köppen complementada e atualizada pelos organizadores do Atlas geográfico do estado da Paraíba (PARAÍBA, *op. cit.*).

Quadro 1: Características predominantes no clima do tipo As'.

Tipo de clima	As' – tropical quente e úmido
Temperatura média anual	25°C
Temperatura média das máximas	28°C (verão austral)
Temperatura média das mínimas	23°C (inverno austral)
Precipitação média anual	1200 à 1800 mm
Período das chuvas	Outono / inverno austral (março à agosto)
Trimestre mais chuvoso	maio, junho e julho
Trimestre menos chuvoso	outubro, novembro e dezembro

Fonte: PARAÍBA, 1985; VAREJÃO-SILVA, 1987; SUDENE, 1990.

Quadro 2: Características predominantes no clima do tipo Bsh.

Tipo de clima	Bsh – tropical quente e seco ou semi-árido
Temperatura média anual	24°C
Temperatura média das máximas	28,5°C (verão austral)
Temperatura média das mínimas	19,5°C (inverno austral)
Precipitação média anual	350 à 700 mm
Período das chuvas	Verão / outono austral (janeiro à junho)
Trimestre mais chuvoso	fevereiro, março e abril
Trimestre menos chuvoso	setembro, outubro e novembro

Fonte: PARAÍBA, 1985; VAREJÃO-SILVA, 1987; SUDENE, 1990.

Quadro 3: Características predominantes nos climas do tipo Aw'.

Tipo de clima	Aw' – tropical quente e sub-úmido
Temperatura média anual	27°C
Temperatura média das máximas	33,5°C (verão austral)
Temperatura média das mínimas	21,5°C (inverno austral)
Precipitação média anual	700 à 1200 mm
Período das chuvas	Verão austral (dezembro à maio)
Trimestre mais chuvoso	fevereiro, março e abril
Trimestre menos chuvoso	Agosto, setembro e outubro

Fonte: PARAÍBA, 1985; VAREJÃO-SILVA, 1987; SUDENE, 1990.

De acordo com Jacomine (1972) *apud* Sudema, (2004), da área do estado de 56.374 Km², 55.119 Km² ficam no que se convencionou chamar de “polígono das secas”. Conforme o Anuário Estatístico da Paraíba, a área considerada semi-árido ocupa no estado 48.788 Km² (SUDEMA, *op. cit.*). A questão a cerca da semi-aridez no estado da Paraíba deve ser tratada com muito cuidado, uma vez que as fronteiras climáticas não correspondem aos limites territoriais dos municípios e muito menos com as respectivas sedes municipais.

Como exemplo desta questão, podemos citar o município de Solânea, localizado oficialmente na microrregião do Curimataú oriental. A sede municipal de Solânea se localiza numa meseta do planalto da Borborema, com altitude média de 650 metros, onde recebe as chuvas de outono e inverno que caem sobre a região do Brejo paraibano. À medida que se atravessa a sede do município de Solânea no sentido leste-oeste, observa-se a olhos nus uma transição na cobertura vegetal que vai desde a mata atlântica de altitude até a vegetação de caatinga arbustiva (LUCENA *et al.*, 2007). A essa altura, onde se observa a vegetação caatinga, o povoamento é rarefeito quando comparado a sede municipal. Esta transição climática, percebida através da cobertura vegetal, mostra que a realidade do município de Solânea não é semi-árida, uma vez que a sede municipal que comporta o maior aglomerado populacional fica numa área com característica de clima Brejeiro úmido e com vegetação nativa de mata atlântica de altitude (LUCENA, *op. cit.*).

De acordo com a SUDEMA (*op. cit.*), naturalmente partes dos municípios das regiões do Agreste e da Borborema podem ter microclimas úmidos, com chuvas orográficas e com uma cobertura vegetal não correspondendo a tipologia comum no semi-árido que é a da caatinga arbustivo-arbórea, uma cobertura vegetal caducifólia.

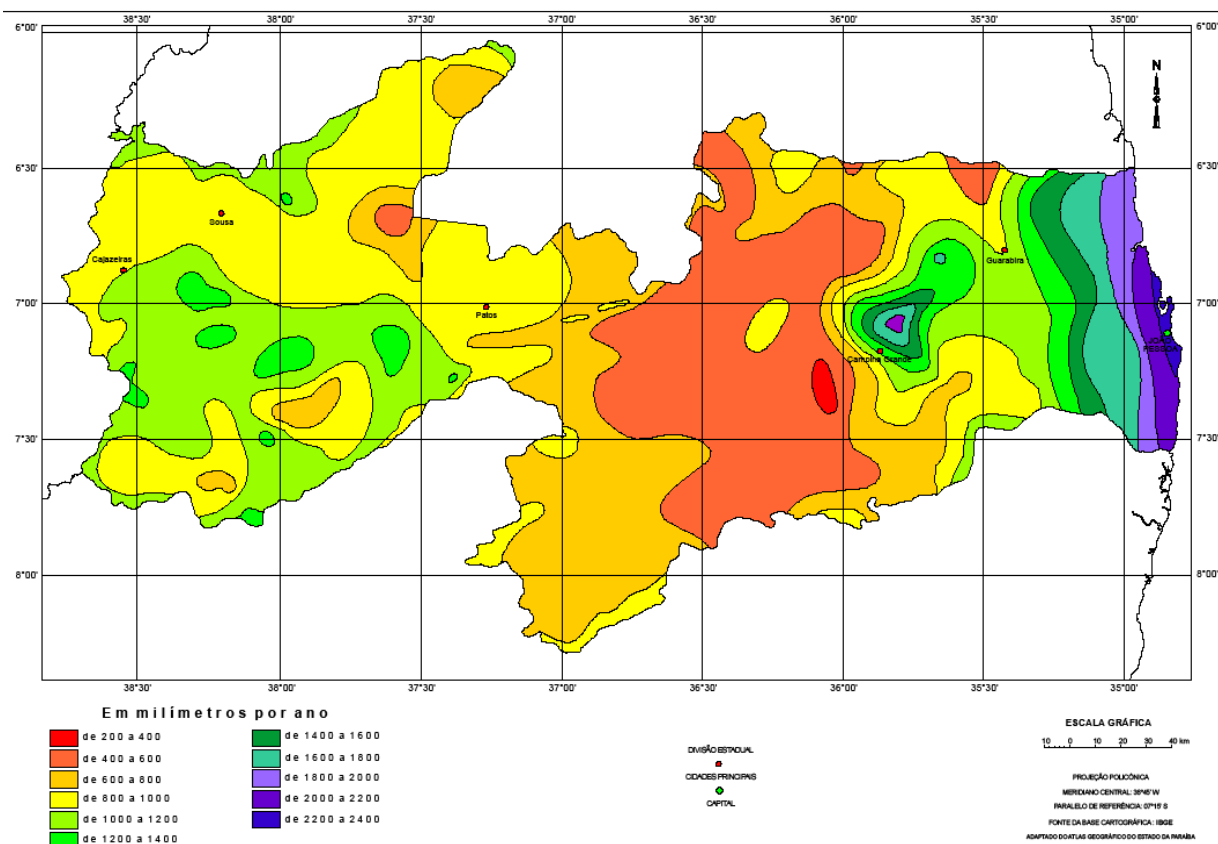


Figura 9: mapa de precipitação média anual na Paraíba.
Fonte: FELICIANO & MELO, 2003.

Por vezes a generalização da semi-aridez na Paraíba como em outros estados do Nordeste, está relacionada a interesses políticos e econômicos, uma vez que muitos projetos são destinados a esta região do Brasil, tida como “problemática”. Observando a figura 9 de precipitação média anual do estado da Paraíba, percebe-se a olho grosso que a única área do estado que apresenta precipitação média inferior aos 700mm anuais é a região central do planalto da Borborema, onde se localizam as zonas fisiográficas do Cariri, Seridó e Curimataú. Na maior parte do Sertão e em toda a zona da mata esses índices são superiores aos 700mm anuais. Neste ponto discordamos do anuário estatístico da Paraíba e SUDEMA (2004) quando estes afirmam que dos 223 municípios que compõem o estado, 170 encontram-se inseridos na região “semi-árida”, desconsiderando as áreas “semi-úmidas” do estado.

4.5. Bacias hidrográficas e atividades antrópicas

A bacia hidrográfica pode ser definida como um sistema que compreende materiais sólidos e líquidos, delimitado interna e externamente por todos os processos que interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Dessa forma uma bacia hidrográfica inclui todos os espaços de circulação, armazenamento e de saídas de água e do material por ela transportado. A rede de drenagem, por sua vez, é composta por todos os rios que, hierarquicamente interligados, compõem uma bacia hidrográfica (VENTURI, 2005). A bacia hidrográfica é uma das referências espaciais mais consideradas em estudos do meio físico. Atualmente auxilia grande parte do planejamento territorial e ambiental no Brasil e de outros países (VENTURI, *op. cit.*). Todas as alterações ambientais ocorridas na bacia influenciam, direta ou indiretamente, a qualidade das águas dos corpos hídricos. Assim, é importante a avaliação geral dos problemas que ocorrem em uma bacia, quando se pretende diagnosticar a situação de seus cursos de água (ABRAHÃO, 2006).

As principais bacias hidrográficas da Paraíba são a bacia do rio Piranhas, que se estende por terras de 93 municípios localizadas na região do Sertão e a bacia hidrográfica do rio Paraíba, que passa por terras de 69 municípios e se estende desde o Cariri até o litoral paraibano (figura 10). Há também no estado outras bacias hidrográficas, mas de menor extensão, como a bacia do rio Mamanguape, do rio Curimataú, do rio Abiaí, entre outras (SUDEMA, 2004).

Dentro do regime de “chuvas de verão”, típico do clima tropical do Brasil, encontra-se a bacia hidrográfica do rio Piranhas. O rio Piranhas drena toda a região sertaneja e segue a direção geral SW-NE penetrando no estado do Rio Grande do Norte onde recebe o nome de rio Açu e deságua no oceano naquele estado. Os principais componentes da bacia do rio Piranhas na Paraíba são os rios Piancó, Espiranhas e o rio do Peixe. Os reservatórios em estudo que fazem parte desta bacia hidrográfica são: Coremas-Mãe D’água, localizado na sub-bacia do rio Piancó, Lagoa do Arroz, localizado na sub-bacia do rio do Peixe e Eng. Ávidos localizado na bacia do rio Piranhas (SUDEMA, *op. cit.*). Na bacia do rio Piranhas, diversas atividades são desenvolvidas e quase toda a área da bacia apresenta alto grau de antropismo. Predominam nesta região as atividades agrícolas com irrigação (perímetros irrigados), a pecuária de bovinos e a mineração (AESAs, 2007).

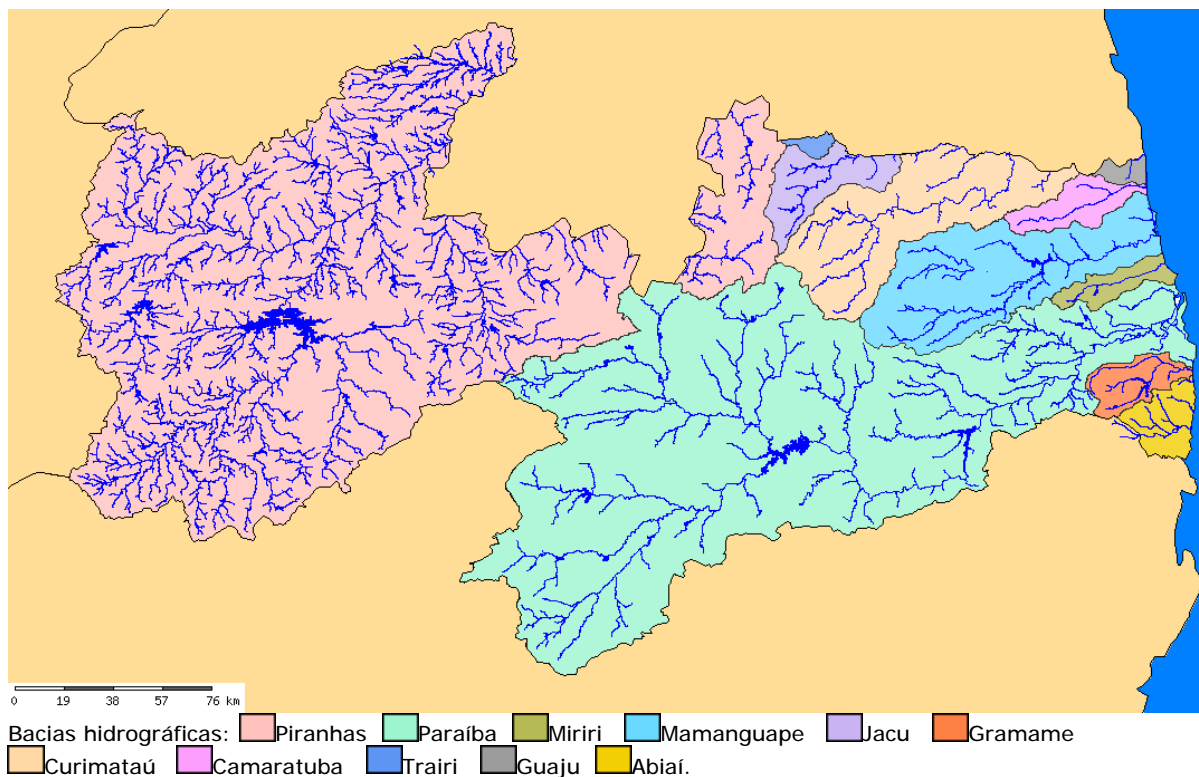


Figura 10: Mapa das bacias hidrográficas do estado da Paraíba, com rios e açudes.
Fonte: AESA, 2007.

Já a bacia do rio Paraíba estende-se desde o planalto da Borborema até o litoral paraibano. Esta bacia, no seu alto curso, está toda inserida na região semi-árida de fato, com índice pluviométrico inferior aos 700mm anuais. O Planalto da Borborema propriamente dito, onde se localiza o Cariri paraibano, é a região mais seca do estado. Isso ocorre pelo fato de o planalto situar-se no limite de atuação das Ondas de Leste e da Zona de Convergência Intertropical proveniente do Norte e do Noroeste (NIMER, 1979). A escassez das chuvas no Cariri faz com que a maior parte de seus rios e córregos sejam intermitentes ou temporários. Um importante afluente do rio Paraíba, o rio Taperoá pode secar completamente no período das secas, inclusive o próprio rio Paraíba, quando ainda no seu alto curso. Na bacia do rio Paraíba estão localizados os reservatórios Cordeiro, Camalaú, Epitácio Pessoa (SUDEMA, 2004). No seu alto curso, predominam na bacia do rio Paraíba as atividades da pecuária de caprinos, a agricultura e atividades de mineração e esta bacia apresenta grau médio de antropismo (AESA, 2007).

No estado da Paraíba, a Zona da Mata apresenta os maiores totais anuais de chuva, algo entre 1200 e 2000 milímetros, em decorrência dos ventos úmidos de sudeste (Ondas de Leste) que atingem este setor principalmente nos meses de inverno. Entre os meses de maio e

julho são registrados os maiores totais mensais pluviométricos. (SUDENE, 1990). As bacias hidrográficas que se encontram nesta região recebem afluentes perenes apresentando, portanto maior regularidade nos seus cursos (SUDEMA, *op. cit.*). Estão inseridas nesta região climática as bacias hidrográficas dos rios Paraíba (baixo curso), Mamanguape, Miriri, Gramame, Abiaí, Camaratuba, dentre outras. O reservatório Araçagi está inserido na bacia hidrográfica do rio Mamanguape, o reservatório São Salvador está inserido na bacia hidrográfica do rio Paraíba, no seu baixo curso, e o reservatório Gramame-Mamuaba está inserido na bacia do rio Gramame. Estas três bacias apresentam grau muito alto de antropismo (AESAs, 2007). As atividades mais desenvolvidas nessas bacias hidrográficas são a agricultura, com predomínio da monocultura da cana de açúcar e também em alguns trechos, a mineração, com principalmente extração de calcário.

5. Material e Métodos

5.1. Delimitação da Área de Estudo

Para a realização deste trabalho foram escolhidos nove reservatórios com capacidade superior a 10.000.000 m³ de água cada um, incluindo os dois maiores do estado Coremas-Mãe d'água e Epitácio Pessoa. Os nove reservatórios encontram-se distribuídos nas três grandes regiões climáticas da Paraíba, como se observa na figura 11: (As') úmida; (Bsh) semi-árida e (aw') semi-úmida, segundo a classificação climática de Köppen conforme descrito no Atlas Geográfico da Paraíba (PARAÍBA, 1985). Esses tipos de clima predominam nas zonas fisiográficas do Litoral ou Mata, Cariri e Sertão respectivamente, como está descrito no quadro 4 (MOREIRA, 1989).

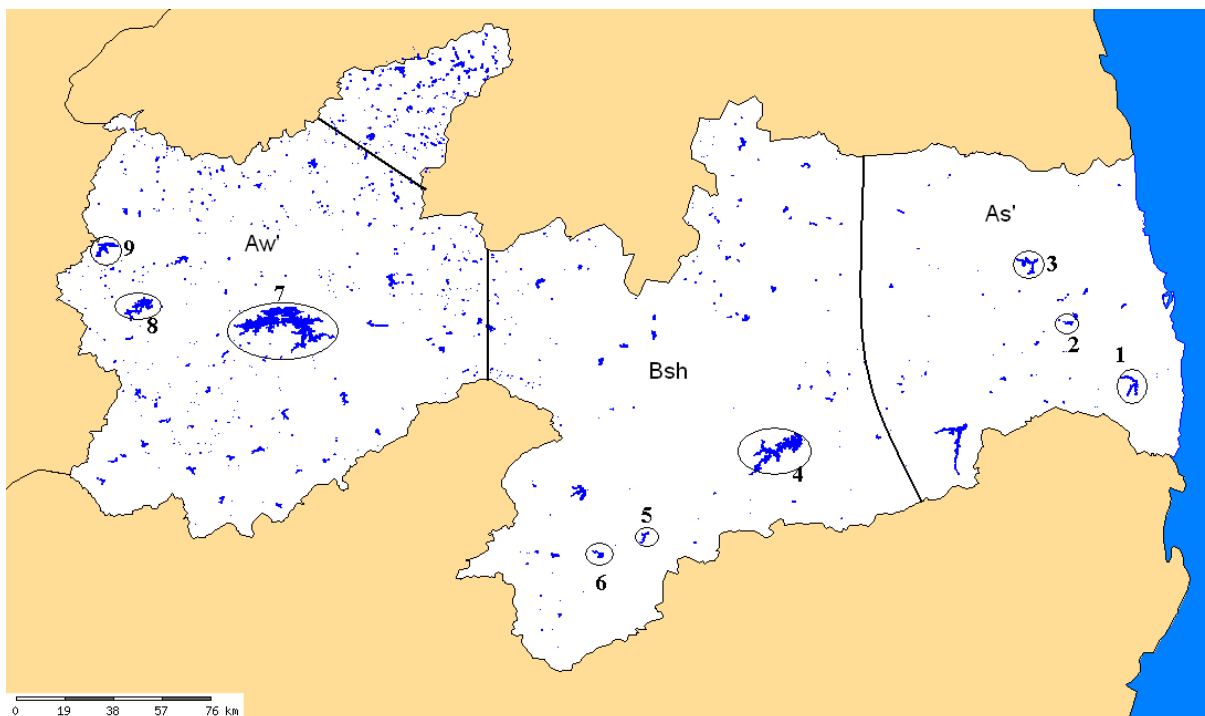


Figura 11: Divisão climática do estado da Paraíba com a localização dos 9 reservatórios em estudo. A sigla (As´) corresponde ao clima úmido, (Bsh) ao clima semi-árido e (Aw´) ao clima sub-úmido.

Fonte: AESA, 2007, com modificações.

Quadro 4: Relação dos reservatórios incluídos no estudo, suas regiões climáticas, zonas fisiográficas, capacidade e município.

Reservatório	Região Climática	Zona Fisiográfica	Capacidade (m ³)	Município
1. Gramame-Mamuaba	Úmida (As´)	Litoral ou Mata	56.937.000	Alhandra
2. São Salvador	Úmida (As´)	Litoral ou Mata	12.627.520	Sapé
3. Araçagi	Úmida (As´)	Litoral ou Mata	63.289.037	Araçagi
4. Epitácio Pessoa	Semi-árida (Bsh)	Cariri	411.686.287	Boqueirão
5. Cordeiro	Semi-árida (Bsh)	Cariri	69.965.945	Congo
6. Camalaú	Semi-árida (Bsh)	Cariri	46.437.520	Camalaú
7. Coremas Mãe D'água	Sub-úmida(Aw)	Sertão	1.358.000.000	Coremas
8. Eng ^o Ávidos	Sub-úmida (Aw)	Sertão	255.000.000	Cajazeiras
9. Lagoa do Arroz	Sub-úmida (Aw)	Sertão	80.220.750	Cajazeiras

Fonte: AESA, 2007.

5.2. Revisão bibliográfica, cartográfica e de dados pluviométricos

Foi realizado um extenso levantamento bibliográfico sobre o tema do estudo, com o uso de diversos livros, trabalhos acadêmicos e dados de órgãos governamentais.

A pesquisa cartográfica foi realizada a partir do método de “overlays” ou método da sobreposição de mapas temáticos. Nesse método, as interações dos fatores ambientais passíveis de mapeamento formam, através de camadas de informações sobrepostas, uma composição (MCHARG, 1972). Dessa forma puderam-se obter informações detalhadas sobre as características físicas da paisagem aonde se encontram os reservatórios estudados. Esta pesquisa foi realizada através do “GEOPORTAL AESA” por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIGAESA), onde os reservatórios foram sobrepostos aos mapas de: precipitação pluviométrica, relevo, tipos de solos, vegetação e níveis de antropização.

Os dados referentes ao total mensal e anual de precipitação pluviométrica em 2007 foram obtidos através do programa de monitoramento da AESA. As normais climatológicas (1960-1991) foram obtidas através das estações meteorológicas de São Gonçalo (Sertão), Monteiro (Cariri) e João Pessoa (Litoral), através do site do INMET (2007). Os dados referentes à capacidade máxima e volume dos reservatórios durante o ano de 2007 foram obtidos junto a AESA.

5.3. Cartografia digital

Mapas cartográficos de cada reservatório foram escaneados, georreferenciados e vetorizados no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Análise Espacial – LEPAN / UFPB. As áreas foram hachuradas de acordo com os mapas cartográficos da SUDEMA (2004) e as áreas de vegetação nativa, hidrologia, sede do município e antropismo foram pintadas. Os diferentes tipos de vegetação foram representados apenas como vegetação nativa.

Para se calcular os níveis de antropismo nas redondezas dos reservatórios, nós estabelecemos o entorno com sendo a área de 1Km da margem. A partir daí, foi calculada a porcentagem de áreas antropizadas. Assim sendo, a porcentagem de área antropizada que está descrita nos resultados é referente a apenas 1 Km da margem e não da figura inteira, uma vez que nos resultados não demarcamos esse limite, exemplificado na figura 14.

As figuras 12, 13 e 14 mostram as etapas desse trabalho de cartografia digital.

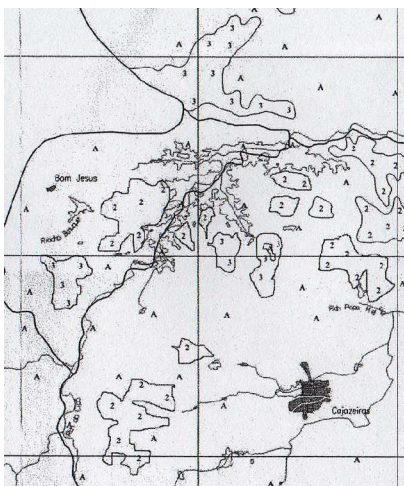


Figura 12: Mapa cartográfico do reservatório Lagoa do Arroz escaneado.
Fonte: SUDEMA 2004.

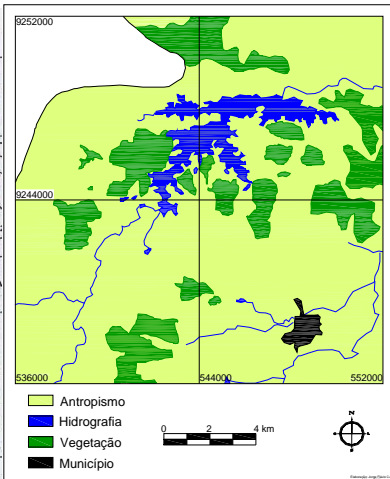


Figura 13: O mesmo mapa georreferenciado, vetorizado e com as áreas hachuradas de acordo com SUDEMA 2004.

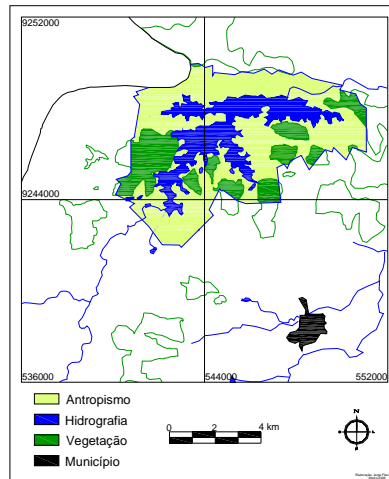


Figura 14: Delimitação da área do entorno para o cálculo de antropização. Nesse caso a porcentagem de área antropizada foi de 77,1% em 1Km da margem do reservatório.

5.4. Trabalhos de campo

Todos os nove reservatórios foram visitados durante as estações chuvosa e seca de 2007. Na estação chuvosa as viagens de campo se deram entre os meses de maio e junho. Na estação seca, as coletas de deram entre os meses de setembro e dezembro. Em campo a altitude foi registrada utilizando um altímetro/barômetro Escape 2003 – SUUNTO.

Em Geografia, a imagem ilustra e documenta eventos naturais e sociais que ocorrem num determinado tempo e lugar e deve ser acompanhada de outras informações, como localização geográfica, registro da data e hora e relato do fato observado. Essas anotações são de fundamental importância na verificação dos resultados e no acompanhamento dos fenômenos ao longo do tempo (VENTURI, 2005). Para registrar os aspectos físicos e sociais presentes nos reservatórios e adjacências, foi indispensável a utilização de máquina fotográfica.

5.5. Análises laboratoriais

Paralelamente foram realizadas coletas de água para análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. As coletas para análise da água em todos os reservatórios foram realizadas próximo ao ponto de captação para abastecimento público. Esse trabalho de monitoramento da água é realizado semestralmente em vários reservatórios e rios da Paraíba pela SUDEMA, tendo a nossa pesquisa sido inserida nesta programação. Os nove parâmetros analisados e expostos no quadro 5 compõem o Índice de Qualidade da água (IQA). Os procedimentos de coleta, preservação e análise das amostras seguiram a metodologia descrita em EATON *et al.* (1995).

Quadro 5: Metodologia empregada na determinação de cada variável analisada.

Variável	Método	Fonte
Temperatura	Termômetro de mercúrio	EATON <i>et al.</i> (1995)
Turbidez	Método fotométrico com Fotômetro Nova 60	EATON <i>et al.</i> (1995)
pH	Potenciômetro digital	EATON <i>et al.</i> (1995)
OD	Winkler modificado a Azida Sódica	EATON <i>et al.</i> (1995)
DBO 5,20	Medida do teor de oxigênio consumido a 20°C durante 5 dias	EATON <i>et al.</i> (1995)
Coliformes	Técnica de membrana filtrante incubação à 44,5°C	EATON <i>et al.</i> (1995)
Resíduos	Método Gravimétrico	EATON <i>et al.</i> (1995)
Fósforo total	Método fotométrico com Fotômetro Nova 60	EATON <i>et al.</i> (1995)
Nitrogênio total	Método fotométrico com Fotômetro Nova 60	EATON <i>et al.</i> (1995)

5.6. Tratamento estatístico dos dados

Após a obtenção dos dados pluviométricos e de volume dos reservatórios, foram elaborados gráficos no Microsoft Excel.

Para utilizar neste trabalho os Índices de Qualidade da Água referentes à apenas duas coletas realizadas em 2007, foi necessária a aquisição de resultados de qualidade da água de anos anteriores, referentes aos parâmetros que compõem o IQA, uma vez que duas análises no ano é muito pouco para indicar a qualidade da água. Os dados relativos aos anos anteriores foram obtidos junto a SUDEMA, que analisou as amostras seguindo a mesma metodologia adotada em 2007. Os dados são semestrais do programa de monitoramento das águas que este órgão executa. Como o programa de monitoramento da SUDEMA é recente e teve seu início no ano 2000, muitos parâmetros e/ou reservatórios não constam no banco de dados, dificultando uma análise mais profunda, visto que os dados não cobrem nem dez anos de amostragem.

Após o apanhado dos resultados foram elaborados gráficos contendo dados de oito dos nove parâmetros que compõem o IQA e também foi realizada a média aritmética e o desvio padrão. Tanto a média aritmética quanto o desvio padrão são medidas que podem ser influenciadas por valores muito grandes ou muito pequenos. Quanto maior for o desvio padrão, maior é a dispersão dos dados e os eventos apresentam-se mais afastados da média aritmética.

Através da elaboração de gráficos, das médias e desvio padrão, podemos afirmar que o ano de 2007 foi um ano típico para todos os sete reservatórios analisados, assegurando a confiabilidade dos resultados dos IQAs neste ano. 82,7% dos dados referentes aos oito parâmetros analisados estão dentro do desvio padrão, e apenas 17% dos dados analisados estão fora do desvio padrão.

O nitrogênio total não consta no banco de dados uma vez que este parâmetro começou a ser analisado no ano de 2007 após a obtenção do Kit Nitrogênio total. Os reservatórios Araçagi e São Salvador são os que menos obtêm dados de anos anteriores.

5.7. Índice de Qualidade da Água

Após a obtenção dos resultados dos nove parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados em 2007, o padrão de qualidade da água dos reservatórios foi avaliado através do cálculo do IQA por meio do uso da fórmula:

$$IQA = \prod q_i^{w_i}, \text{ onde:}$$

IQA = índice qualidade da água, um número entre 0 e 100;

Π = produtória dos índices de qualidade da i-ésima variável;

q_i = qualidade da i-ésima variável obtida no respectivo gráfico de qualidade, em função do resultado da análise e convertida a um número de 0 a 100;

w_i = peso relativo de cada parâmetro, um número entre 0 e 1 (BASIN, 2008).

Dois IQAs foram então realizados para cada reservatório, um na estação chuvosa e outro na seca. A qualidade da água pôde então ser avaliada conforme o valor do IQA. Entre 80 e 100, a qualidade da água é considerada ÓTIMA, o IQA estando entre 52 e 79, a qualidade está BOA, entre 37 e 51, o nível de qualidade da água é considerado ACEITÁVEL, entre 20 e 36, RUIM e entre 0 e 19 a qualidade da água é considerada PÉSSIMA (CETESB, 2008).

6. Resultados e discussão

6.1. Caracterização ambiental, níveis de antropismo e qualidade da água

6.1.1. Reservatório Lagoa do Arroz

O reservatório Lagoa do Arroz está localizado na zona fisiográfica do alto Sertão paraibano, a uma altitude de 267 metros. Encontra-se sobre terrenos cristalinos, com solos Brunos não cálcicos pouco espessos e com afloramento de rocha em alguns espaços (AESB, 2007). Há também a presença de solos litólicos pouco evoluídos e de solo aluvial. O relevo mostra-se ondulado com alguns morros cobertos pela vegetação da Caatinga das matas serranas. A vegetação no entorno do reservatório, apresenta-se da seguinte forma: em grande parte predomina a Caatinga do tipo arbustivo-arbórea aberta. A Caatinga arbustivo-arbórea fechada também está presente em alguns trechos, porém as áreas de antropismo predominam na paisagem com 77,1% de área antropizada, como mostra a figura 15.

Durante os trabalhos de campo realizados nas estações chuvosa e seca de 2007, podemos observar, à caminho do reservatório, que a vegetação da caatinga cedia por vezes lugar à plantações de vários tipos. Várias casas e pequenos sítios apresentaram a atividade da policultura. Um canal de irrigação proveniente do reservatório Lagoa do Arroz fornecia água

para essas pequenas propriedades. Durante a estação seca, quando a paisagem parecia estéril, um perímetro irrigado chamou a atenção com o verde exuberante, tal qual um oásis em meio ao deserto (Figura 16). As características físicas da paisagem observadas no campo condizem com o referencial teórico pesquisado.

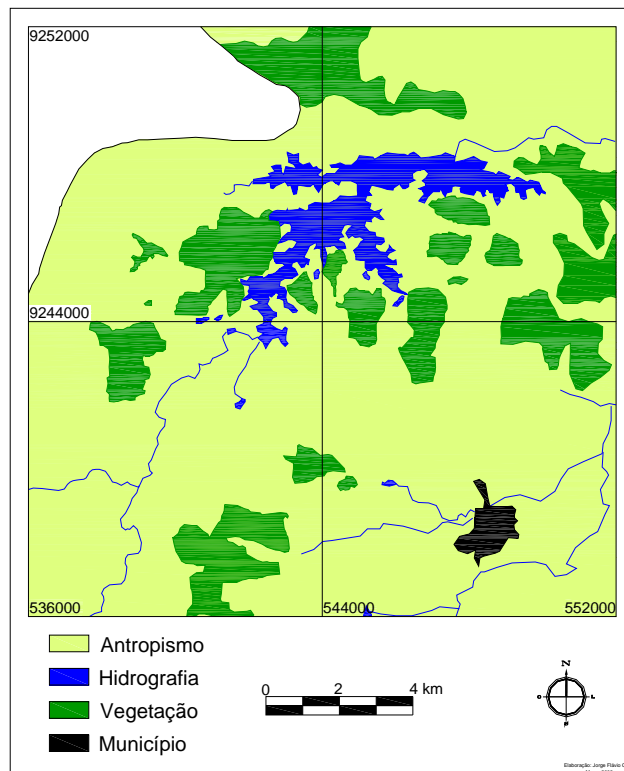


Figura 15: Mapa das imediações do reservatório Lagoa do Arroz, evidenciando os níveis de antropismo e os remanescentes de vegetação nativa.

Fonte: Adaptado de SUDEMA, 2004.



Figura 16: “Um oásis em meio ao deserto” é assim que parece um perímetro irrigado em meio a seca do Sertão Paraibano. Esta área é irrigada por um canal proveniente do reservatório Lagoa do Arroz. **Foto:** Rebecca Luna, 02/10/2007.

O clima predominante na região é do tipo Aw', quente com chuvas de verão e inverno seco. Como mostra a figura 17, as chuvas em 2007 ocorreram principalmente no trimestre de fevereiro, março e abril, seguindo o padrão sazonal da normal climatológica para o clima Aw'. O total pluviométrico anual registrado em 2007 foi de 696,4 milímetros, número um pouco abaixo da média histórica (AESAs, 2007). O volume da água do reservatório Lagoa do Arroz durante a primeira coleta na estação chuvosa foi de 17,226 milhões de metros cúbicos de água e na estação seca o volume era de 14,500 milhões. O gráfico do volume segue o padrão do gráfico de precipitação pluviométrica, ambos decrescem no segundo semestre do ano, como pode ser visto nas figuras 17 e 18.

Quanto à qualidade da água em 2007, o resultado do cálculo do IQA foi de 88 para a estação chuvosa e de 86 para a estação seca, e com isso a água do reservatório Lagoa do Arroz foi classificada como sendo de ótima qualidade. Os parâmetros, quando analisados individualmente e comparados aos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005, estão todos dentro dos limites exigidos, exceto o fósforo total, como pode ser observado no quadro 6. O reservatório Lagoa do Arroz atualmente serve ao abastecimento público, à irrigação a jusante, pesca e a piscicultura (DNOCS, 2007).

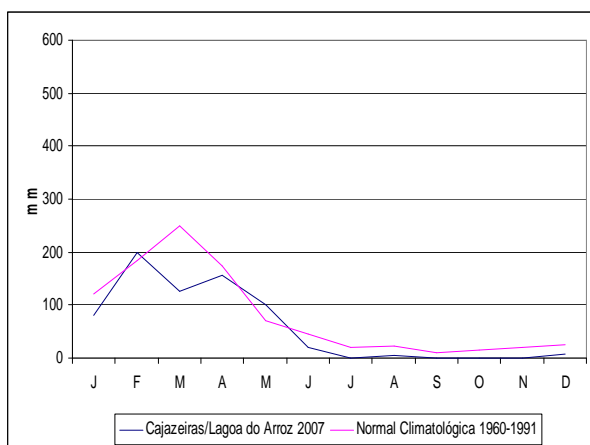


Figura 17: Gráfico de precipitação acumulada referente aos meses de janeiro à dezembro de 2007 em Lagoa do Arroz, Cajazeiras e a normal climatológica 1960-1991 para o clima Aw' (estação de São Gonçalo).

Fonte: INMET, 2007; AESAs, 2007.

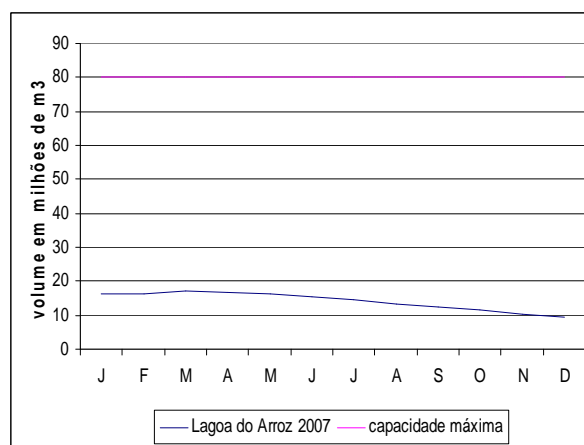


Figura 18: Gráfico de volume do reservatório Lagoa do Arroz de janeiro à dezembro de 2007 e capacidade máxima. Observa-se que o volume acumulado não chega a atingir um quarto da capacidade máxima.

Fonte: AESAs, 2007.

Quadro 6: Resultado das análises físico-químicas, bacteriológica e do IQA do reservatório Lagoa do Arroz, durante as estações chuvosa e seca de 2007, e os limites permitidos pela Resolução Federal CONAMA (375/2005).

	Lagoa do arroz (estação chuvosa)	Lagoa do arroz (estação seca)	Resolução CONAMA 357/2005
Data	20/03/2007	24/07/2007	
Hora	10:04	10:17	
Temperatura	32°C	28°C	N.E
Turbidez	5 UNT	3 UNT	100 UNT
pH	7,32	7,82	6 a 9
OD	7,2 mg/L	8 mg/L	Min. 5 mg/L
DBO 5,20	2,1 mg/L	0,8 mg/L	Máx. 5 mg/L
Coliformes	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	1000 UFC/100mL
Resíduos	161 mg/L	453 mg/L	500 mg/L
Fósforo total	0,2 mg/L*	0,13 mg/L*	0,030 mg/L
Nitrogênio total	0,7 mg/L	0,6 mg/L	1,27 mg/L
IQA	88	86	
Qualidade	ÓTIMA	ÓTIMA	

(* = parâmetros fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA; N.E. = não especificado).

Fonte: SUDEMA, 2007.

6.1.2. Reservatório Engenheiro Ávidos

O reservatório Engenheiro Ávidos, também conhecido como Boqueirão de Cajazeiras, está localizado na zona fisiográfica do alto Sertão da Paraíba a uma altitude de 328 metros sobre terrenos cristalinos do complexo gnáissico-migmatítico-granodiorítico, com predomínio de gnaisses altamente desgastados. Encontra-se sobre solos pouco evoluídos, Bruno não cálcicos, litossolos e afloramentos rochosos das serras e maciços residuais (PARAÍBA, 1985; AESA, 2007). O entorno do reservatório apresenta-se da seguinte forma: são identificadas áreas de antropismo que correspondem a 85,95% do entorno e áreas com a presença da caatinga arbustivo-arbórea aberta, como mostra a figura 19. No campo, observamos no entorno do reservatório, algumas serras encobertas por uma vegetação de caatinga fechada,

esta se mostrou bem verde na estação chuvosa e acinzentada na estação seca, como mostram as figuras 20 e 21, uma característica típica da dinâmica da vegetação caatinga dos sertões. Nos arredores do açude, a vegetação mostrou-se preservada principalmente nas partes mais altas das serras. Ao lado da parede do reservatório fica vilarejo de Engenheiro Ávidos.

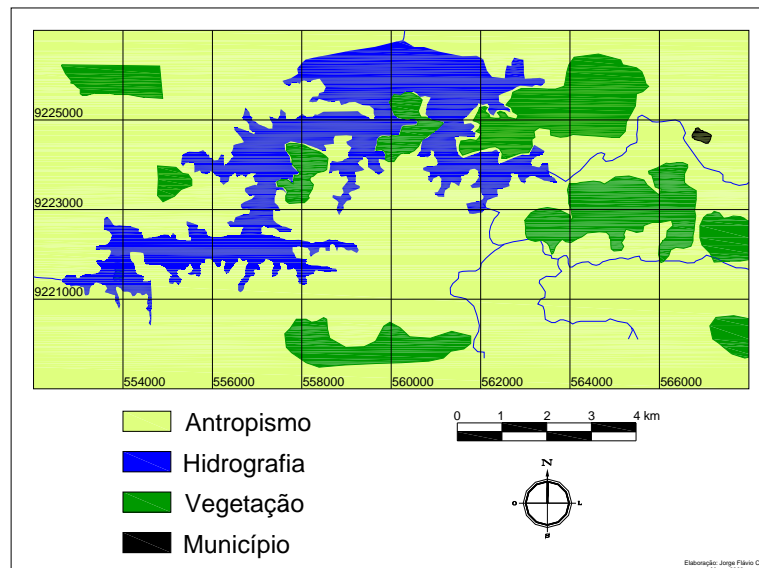


Figura 19: Mapa das imediações do reservatório Engenheiro Ávidos, evidenciando os níveis de antropismo e os remanescentes de vegetação nativa.

Fonte: Adaptado de SUDEMA, 2004.



Figura 20: Ponto de captação de água da CAGEPA no lado esquerdo da foto. Na ocasião a serra aparece coberta pela vegetação caatinga verde durante a época das chuvas. A fotografia foi tirada de dentro do açude.

Foto: Raquel Porto, 15/05/2007.



Figura 21: Ponto de captação de água da CAGEPA e a vista da serra ao lado da parede do reservatório durante a estação seca de 2007.

Foto: Rebecca Luna, 03/10/2007.

O clima predominante na região onde se situa o reservatório Engenheiro Ávidos é do tipo Aw', quente com chuvas de verão e inverno seco. Entre os meses de janeiro e novembro de 2007, as chuvas ocorreram principalmente no trimestre de fevereiro, março e abril, com pico mais alto em fevereiro, que corresponde à época das chuvas no Sertão de acordo com as normais climatológicas (Figura 22). O total pluviométrico anual foi de 808,1 milímetros (AESAs, 2007). Durante a primeira coleta de água para análise laboratorial, realizada no final do mês de março, na estação chuvosa, o reservatório Eng. Ávidos atingiu o volume mais alto do ano, por volta de 158,700 milhões de metros cúbicos de água, e na estação seca, já havia perdido 17 milhões de metros cúbicos de água, com 141,700 milhões, como pode ser visto na figura 23.

O cálculo do IQA do reservatório Engenheiro Ávidos para a estação chuvosa resultou em 83, e com isso a água do reservatório foi classificada como sendo de ótima qualidade, na seca o IQA resultou em 67, sendo a qualidade da água classificada como boa (quadro 7). Os parâmetros, quando analisados individualmente e comparados aos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357-2005 para águas doces da classe 2, estão dentro dos limites estabelecidos. O único parâmetro que extrapolou esse limite foi o fósforo total. De acordo com a AESA (*op. cit*) a água do reservatório Engenheiro Ávidos é destinada ao abastecimento das cidades de Cajazeiras, Nazarezinho, Divinópolis e o vilarejo de Engenheiro Ávidos. Outros usos que se fazem da água são para a irrigação, à piscicultura e o controle das cheias do rio Piranhas.

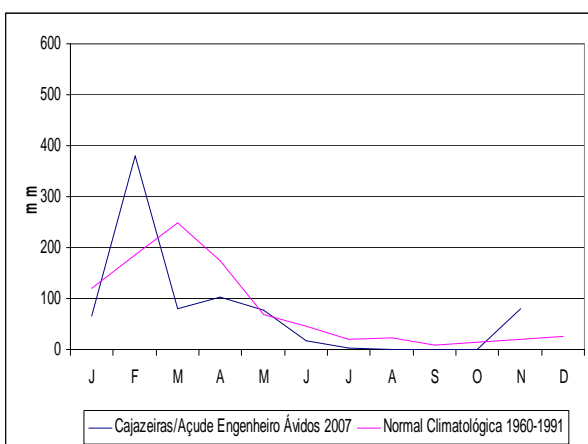


Figura 22: Gráfico de precipitação acumulada dos meses de janeiro à novembro em Eng. Ávidos, Cajazeiras e a normal climatológica 1960-1991 para o clima Aw' (estação de São Gonçalo).
Fonte: INMET, 2007; AESA, 2007.

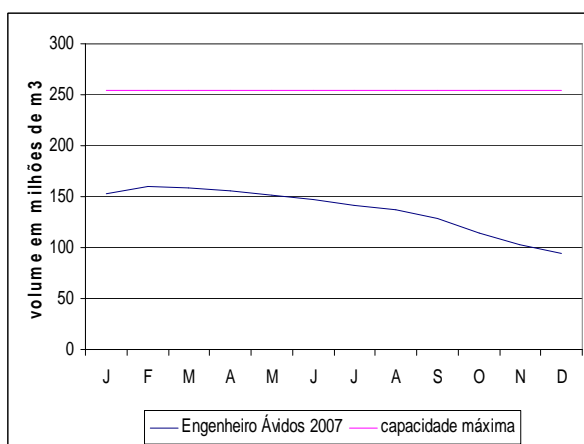


Figura 23: Gráfico de volume do reservatório Eng. Ávidos de janeiro à dezembro de 2007 e capacidade máxima.
Fonte: AESA, 2007.

Quadro 7: Resultado das análises físico-químicas da água e do IQA do reservatório Engenheiro Ávidos, realizada durante a estação chuvosa e seca de 2007.

Estação de amostragem	Eng. Ávidos (estação chuvosa)	Eng. Ávidos (estação seca)	Resolução CONAMA 357/2005
Data	20/03/2007	01/08/2007	
Hora	11:15	10:40	
Temperatura	32°C	27°C	N.E
Turbidez	4 UNT	3 UNT	100 UNT
pH	7,31	7,9	6 a 9
OD	7,6 mg/L	6,6 mg/L	Min. 5 mg/L
DBO 5,20	1,4 mg/L	0,4 mg/L	Máx. 5 mg/L
Coliformes	26 UFC / 100mL	10 UFC / 100mL	1000 UFC/100mL
Resíduos	113 mg/L	157 mg/L	500 mg/L
Fósforo total	0,11 mg/L*	0,36 mg/L*	0,030 mg/L P
Nitrogênio total	0,7 mg/L	0,6 mg/L	1,27 mg/L
IQA	83	67	
Qualidade	ÓTIMA	BOA	

(* = parâmetros fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA; N.E. = não especificado).

Fonte: SUDEMA, 2007.

6.1.3. Reservatório Coremas - Mãe D'água

O reservatório Corema-Mãe D'água, o maior do estado da Paraíba, está localizado na zona fisiográfica do baixo Sertão de Piranhas, a uma altitude de 266 metros, inserido em terreno cristalino do complexo gnáissico-migmatítico-granodiorítico, sobre solos pouco evoluídos, Bruno não cálcicos, e solos Brunos litólicos pouco intemperizados e rasos (AESAs, 2007). A vegetação no entorno do reservatório, apresenta-se da seguinte forma: A área de antropismo é bastante acentuada cercado quase todo o reservatório, representando 98,79% (Figura 24). Há também no entorno a presença da caatinga arbustivo-arbórea aberta e em alguns poucos trechos a caatinga arbustivo-arbórea fechada (SUDEMA, 2004).

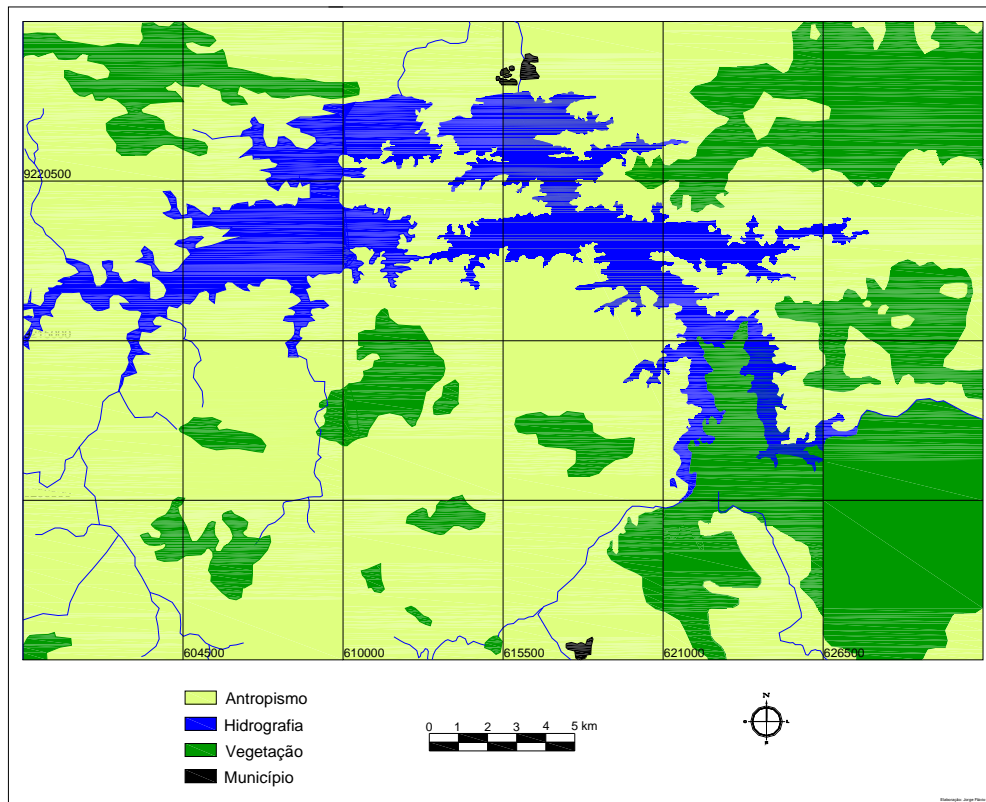


Figura 24: Mapa das imediações do reservatório Coremas - Mãe D'água, evidenciando os níveis de antropismo e os remanescentes de vegetação nativa.

Fonte: Adaptado de SUDEMA, 2004.

Observou-se durante as viagens de campo que o relevo da área próxima a parede do açude é bem plano. A rocha mãe, que por vezes aflora do solo, expõe gnaisses. Há no entorno do reservatório áreas de agricultura, áreas residenciais (a cidade de Coremas fica a jusante da parede do reservatório) e espaços abertos. Em campo percebemos o grande contraste sazonal no entorno do reservatório devido à dinâmica da vegetação da caatinga que se apresenta bastante verde durante o período chuvoso e acinzentada durante o período da seca, quando os rios temporários secam e o volume dos reservatórios diminui (Figuras 25 e 26).



Figura 25: Vegetação aquática nas bordas de Coremas. Na imagem observa-se uma canoa em meio aos aguapés e por trás à direita, a parede do reservatório. A quantidade de aguapés era grande na ocasião.

Foto: Raquel Porto, 15/05/2007.



Figura 26: Reservatório Coremas durante a estação seca de 2007. A fotografia foi tirada do mesmo local da figura 25, cinco meses depois da primeira, mostrando o contraste sazonal na paisagem no entorno do reservatório.

Foto: Rebecca Luna, 03/10/2007.

O clima predominante na região onde se situa o reservatório Coremas é do tipo Aw', quente com chuvas de verão e inverno seco. Como mostra a figura 27, entre janeiro e dezembro de 2007, as chuvas ocorreram principalmente no trimestre de fevereiro, março e abril o que está de acordo com as normais climatológicas. O total pluviométrico anual registrado em 2007 foi de 763,8 milímetros (AESAs, 2007).

Durante a primeira coleta de água para análise laboratorial, realizada no final de março na estação chuvosa, o reservatório Coremas atingiu seu volume mais alto e quase sua capacidade máxima, por volta de 1.290,180 milhões de metros cúbicos de água, e em julho, na seca, o reservatório estava com 1.205,875 milhões de m³ de água como pode ser visto na figura 28. O volume da água do reservatório acompanha o gráfico de precipitação pluviométrica, ambos decrescendo, como nos outros reservatórios do Sertão, a partir do mês de maio.

A qualidade da água do reservatório Coremas-Mãe D'água para a estação chuvosa do ano de 2007 resultou em 68, e com isso a água do reservatório foi classificada como sendo de boa qualidade. Na estação seca o IQA foi de 80 sendo a água classificada como de ótima qualidade. Os parâmetros estão dentro dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357-2005 para águas doces da classe 2, porém além do fósforo total, o parâmetro que

extrapolou o limite estabelecido foi o OD, durante a estação chuvosa, como pode ser visto no quadro 8.

De acordo com as informações da AESA (2007), as águas do reservatório Coremas são destinadas ao abastecimento, a irrigação, a piscicultura, a perenização, a produção de energia e ao turismo. Segundo o DNOCS (2007) o reservatório Coremas-Mãe D'Água “justifica simplesmente como obra regularizadora do rio Açu, indispensável ao estabelecimento das obras de irrigação no baixo vale”. Um estudo recente realizado no reservatório Coremas-Mãe D'água revelou os seguintes usos da água: abastecimento humano, irrigação, piscicultura, regularização de vazão, geração de energia elétrica, pecuária e indústria (CÂMARA, 2000).

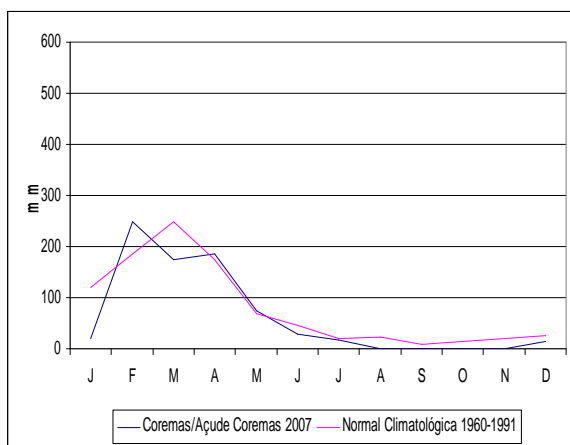


Figura 27: Gráfico de precipitação acumulada dos meses de janeiro à dezembro de 2007 em Coremas e a normal climatológica 1960-1991 para o clima Aw (estação de São Gonçalo).

Fonte: INMET, 2007; AESA, 2007.

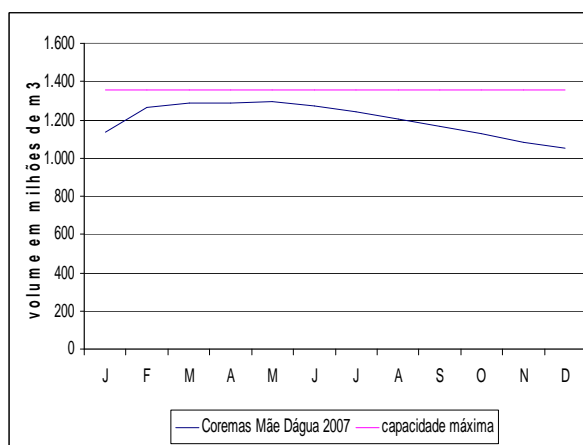


Figura 28: Gráfico de volume do reservatório Coremas de janeiro à dezembro de 2007 e capacidade máxima.

Fonte: AESA, 2007.

Quadro 8: Resultado das análises físico-químicas da água e do IQA do reservatório Coremas - Mãe D'água, realizadas durante a estação chuvosa e seca de 2007.

Estação de amostragem	Coremas (estação chuvosa)	Coremas (estação seca)	Resolução CONAMA 357/2005
Data	07/03/2007	24/07/2007	
Hora	9:37	11:23	
Temperatura	29°C	28°C	N.E
Turbidez	1,76 UNT	3 UNT	100 UNT
Ph	7,61	7,88	6 a 9
OD	2,8 mg/L*	8 mg/L	Min. 5 mg/L
DBO	0,63 mg/L	0,2 mg/L	Máx. 5 mg/L
Coliformes	11 UFC / 100mL	23 UFC / 100mL	1000 UFC/100mL
Resíduos	150 mg/L	464 mg/L	500 mg/L
Fósforo total	0,18 mg/L*	1,07 mg/L*	0,030 mg/L
Nitrogênio total	0,6 mg/L	0,8 mg/L	1,27 mg/L
IQA	68	80	
Qualidade	BOA	ÓTIMA	

(* = parâmetros fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA; N.E. = não especificado).

Fonte: SUDEMA, 2007.

6.1.4. Reservatório Camalaú

O reservatório Camalaú está localizado na zona fisiográfica do Sertão dos Cariris velhos, ou simplesmente Cariri, a uma altitude de 493 metros, inserido em terreno cristalino do complexo gnáissico-migmatítico-granodiorítico havendo nas proximidades segmentos com afloramento de granito. Os solos são pouco evoluídos do tipo Bruno não cálcicos, solos litólicos e aluviais. (PARAÍBA, 1985; AESA, 2007). Em campo, o relevo local mostrou-se ondulado com muitas serras. Os solos mostraram-se rasos com material pedregoso e com matações presentes. A vegetação no entorno apresenta-se da seguinte forma: há presença da caatinga arbustivo-arbórea fechada em grande parte nos arredores do reservatório e manchas de antropismo, com 23,92% de área antropizada (Figura 29). A caatinga apesar de ser fechada em alguns lugares, principalmente no alto das serras, mostrou-se bem menos densa, uma

típica caatinga do Cariri, com menor porte e com um verde mais claro do que a vegetação caatinga, encontrada nos arredores dos açudes do Sertão (Figura 30). Essa diferença é notável *in loco*.

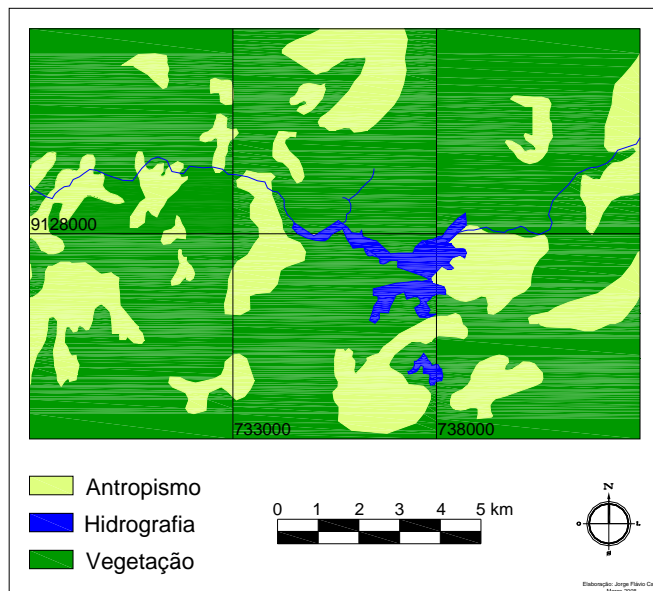


Figura 29: Mapa das imediações do reservatório Camalaú, evidenciando os níveis de antropismo e a vegetação nativa.

Fonte: Adaptado de SUDEMA, 2004.



Figura 30: vegetação de caatinga dos cariris, de caráter mais arbustivo que arbóreo, no entorno do reservatório Camalaú.

Foto: Rebecca Luna, 16/05/2007

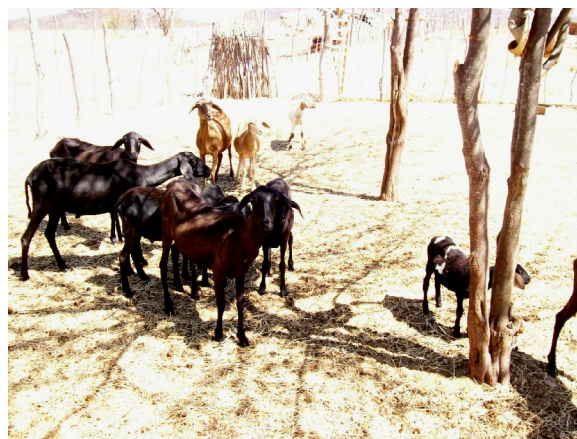


Figura 31: A caprinocultura está fortemente presente no Cariri paraibano e é comum ver bodes e cabras no entorno dos reservatórios.

Foto: Rebecca Luna, 21/11/2007.

O clima predominante na região onde se situa o reservatório Camalaú é do tipo Bsh, quente com chuvas de verão e outono. Como mostra o gráfico de precipitação pluviométrica, entre janeiro e dezembro de 2007, as chuvas ocorreram principalmente no mês de fevereiro, característica deste clima semi-árido (Figura 32). O total pluviométrico anual registrado foi de apenas 306,3 milímetros (AESAs, 2007), porém, nos dados pluviométricos disponibilizados pela AESA, percebemos que não havia dados para o mês de março, que é um mês chuvoso na região do Cariri. Por esse motivo, o gráfico contém zero milímetro de chuva em março, o que concordamos ter sido uma falha na coleta e/ou divulgação dos dados pela AESA.

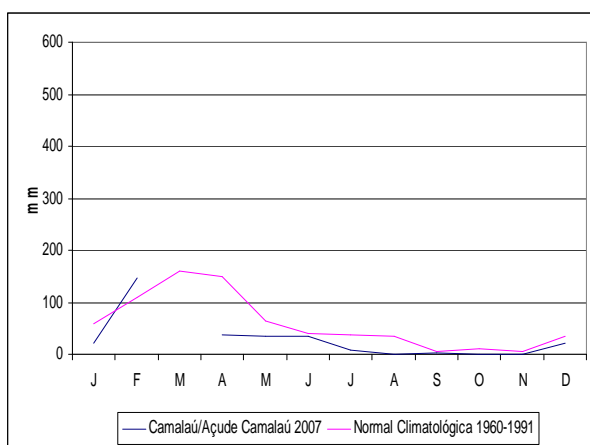


Figura 32: Gráfico de precipitação acumulada dos meses de janeiro à dezembro em Camalaú e a normal climatológica 1960-1991 para o clima Bsh (estação de Monteiro).

Fonte: INMET, 2007; AESA, 2007.

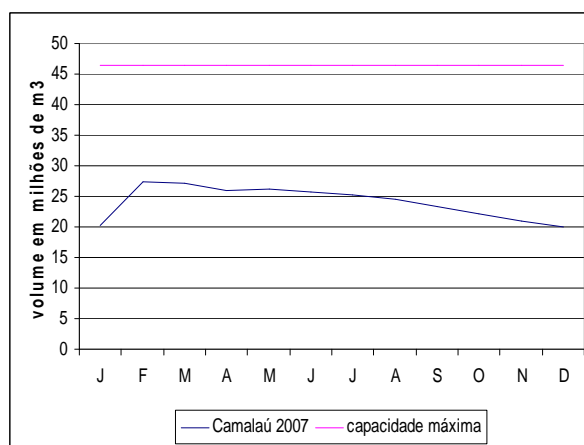


Figura 33: Gráfico de volume do reservatório Camalaú de janeiro à dezembro de 2007 e capacidade máxima.

Fonte: AESA, 2007.

Durante a primeira coleta de água para análise laboratorial realizada em abril, na estação chuvosa, o reservatório Camalaú já estava com seu volume decrescendo e na ocasião registrava por volta de 26 milhões de metros cúbicos de água, na seca esse volume era de 22 milhões de metros cúbicos, como pode ser visto na figura 33. O volume da água do reservatório acompanha o gráfico de precipitação pluviométrica, ambos decrescendo a partir do mês de abril.

O cálculo do IQA do reservatório Camalaú para a estação chuvosa do ano de 2007 resultou em 75, e com isso a água do reservatório foi classificada como sendo de boa qualidade (quadro 9). Na estação seca o IQA foi de 79 e a água permaneceu com a

classificação de boa. Os parâmetros, quando analisados individualmente e comparados aos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para águas doces da classe 2, estão na maior parte em acordo com os limites. O único parâmetro que extrapolou o limite estabelecido foi o fósforo total. De acordo com as informações da AESA (2007), as águas do reservatório Camalaú são destinadas ao abastecimento da cidade de Camalaú. Na segunda estação, quando fomos ao campo, havia tanques-rede no reservatório onde estão sendo criados peixes.

Quadro 9: Resultado das análises físico-químicas da água e do IQA do reservatório Camalaú, realizada durante a estação chuvosa e seca de 2007.

	Camalaú (estação chuvosa)	Camalaú (Estação seca)	Resolução CONAMA 357/2005
Data	10/04/2007	09/11/2007	
Hora	11:07	11:44	
Temperatura	28°C	26°C	N.E
Turbidez	3 UNT	5 UNT	100 UNT
pH	7,91	8,5	6 a 9
OD	9,7 mg/L	10,8 mg/L	Min. 5 mg/L
DBO 5,20	1 mg/L	0,9 mg/L	Máx. 5 mg/L
Coliformes	16 UFC / 100mL	0 UFC / 100mL	1000 UFC/100mL
Resíduos	258 mg/L	258 mg/L	500 mg/L
Fósforo total	0,38 mg/L*	0,12 mg/L*	0,030 mg/L
Nitrogênio total	0,9 mg/L	0,6 mg/L	1,27 mg/L
IQA	75	79	
Qualidade	BOA	BOA	

(* = parâmetros fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA; N.E. = não especificado).

Fonte: SUDEMA, 2007.

6.1.5. Reservatório Cordeiro

O reservatório Cordeiro está localizado na zona fisiográfica do Cariri, a uma altitude de 497 metros, inserido em terreno cristalino do complexo gnáissico-migmatítico-

granodiorítico, havendo em suas proximidades afloramento de rochas magmáticas como os granitos. Os solos são do tipo Bruno não cálcico, litólicos, pouco espessos e pedregosos (PARAÍBA, 1985; AESA, 2007). A vegetação no entorno do reservatório, apresenta-se da seguinte forma: há presença da Caatinga arbustivo-arbórea aberta e áreas de antropismo (SUDEMA, 2004). 31,34% da área do entorno encontra-se antropizada (Figura 34).

A vegetação no entorno do reservatório está aparentemente bem preservada, mas é notável a grande quantidade de Algarobas no entorno do reservatório e também submersas nas águas (figura 35). Verificamos também nas margens do açude a prática da pecuária de caprinos e suínos. Há um vilarejo muito humilde bem perto do reservatório. Dentro do reservatório observamos a criação de peixes em tanque-rede, como mostra a figura 36.

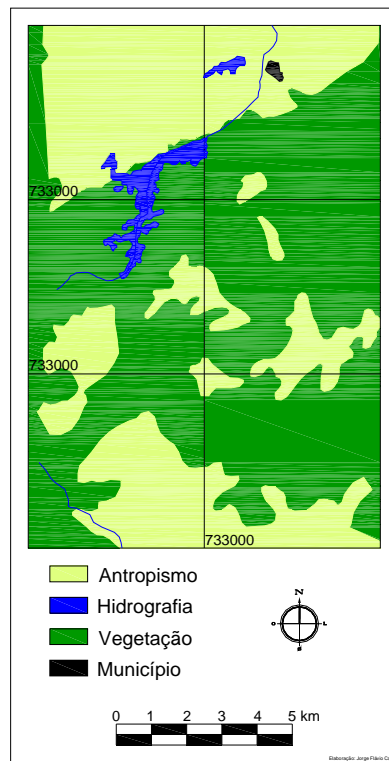


Figura 34: Mapa das imediações do reservatório Cordeiro evidenciando os níveis de antropismo e a vegetação nativa.

Fonte: Adaptado de SUDEMA, 2004.



Figura 35: Algarobas nos arredores e dentro do reservatório Cordeiro durante a estação chuvosa.

Foto: Rebecca Luna, 16/05/2007



Figura 36: Tanque-rede no reservatório Cordeiro. Os tanques-rede não estavam no reservatório durante a primeira coleta, pois foram inseridos recentemente no açude.

Foto: Christina Pacheco, 21/11/2007.

O clima predominante na região onde se situa o reservatório Cordeiro é do tipo Bsh, quente semi-árido com chuvas de verão e outono. Como mostra a figura 37, entre janeiro e novembro de 2007, as chuvas ocorreram principalmente no trimestre de fevereiro, março e abril o que está de acordo com as normais climatológicas. O total pluviométrico anual registrado até o mês de novembro foi de 337,8 milímetros, uma vez que não consta o resultado do mês de dezembro (AESAs, 2007). Durante a primeira coleta de água para análise laboratorial, realizada em abril, na estação chuvosa, o reservatório Cordeiro estava com seu volume por volta dos 36 milhões de metros cúbicos de água, na segunda coleta, o volume registrado foi de 26,750 milhões de metros cúbicos, como pode ser visto na figura 38. O volume da água do reservatório acompanha o gráfico de precipitação pluviométrica, ambos decrescendo consideravelmente a partir do mês de maio.

O cálculo do IQA do reservatório Cordeiro para a estação chuvosa do ano de 2007 resultou em 79, e com isso a água do reservatório foi classificada como sendo de boa qualidade, na seca o resultado do IQA foi de 86, sendo a água classificada como ótima. Os parâmetros, quando analisados individualmente e comparados a resolução CONAMA 357-2005, estão na maior parte dentro dos limites. O único parâmetro que extrapolou o limite estabelecido foi o fósforo total. De acordo com as informações da AESA (2007), as águas do reservatório Cordeiro são destinadas apenas ao abastecimento, porém a população local utiliza a água para a pesca, piscicultura e para atividades de lazer.

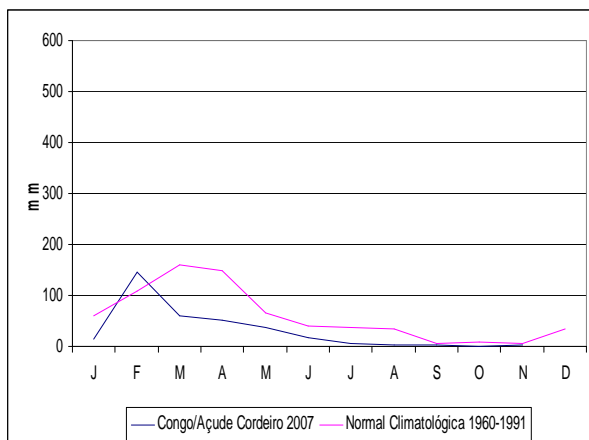


Figura 37: Gráfico de precipitação acumulada dos meses de janeiro à novembro em Cordeiro e a normal climatológica 1960-1991 para o clima Bsh (estação de Monteiro)..

Fonte: INMET, 2007; AESA, 2007.

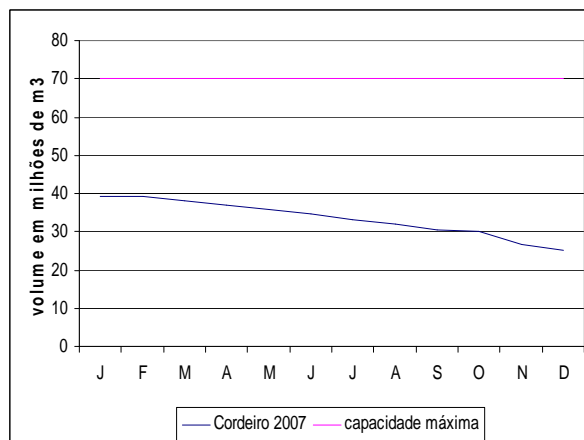


Figura 38: Gráfico de volume do reservatório Cordeiro de janeiro à dezembro de 2007 e capacidade máxima.

Fonte: AESA, 2007.

Quadro 10: Resultado das análises físico-químicas da água e do IQA do reservatório Cordeiro, realizada durante a estação chuvosa e seca de 2007.

	Cordeiro (estação chuvosa)	Cordeiro (estação seca)	Resolução CONAMA 357/2005
Data	10/04/2007	09/11/2007	
Hora	11:52	13:24	
Temperatura	28°C	27°C	N.E
Turbidez	4 UNT	2 UNT	100 UNT
pH	7,83	8,41	6 a 9
OD	8,3 mg/L	7,1 mg/L	Min. 5 mg/L
DBO	1,6 mg/L	0,1 mg/L	Máx. 5 mg/L
Coliformes	0 UFC / 100mL	0 UFC / 100mL	1000 UFC/100mL
Resíduos	364 mg/L	389 mg/L	500 mg/L
Fósforo total	0,52 mg/L*	0,14 mg/L*	0,030 mg/L
Nitrogênio total	0,4 mg/L	0,7 mg/L	1,27 mg/L
IQA	79	86	
Qualidade	BOA	ÓTIMA	

(* = parâmetros fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA; N.E. = não especificado).

Fonte: SUDEMA, 2007.

6.1.6. Reservatório Epitácio Pessoa

O reservatório Epitácio Pessoa, segundo maior do estado da Paraíba, está localizado na zona fisiográfica do Cariri, a uma altitude de 392 metros, inserido em terreno cristalino do complexo gnáissico-migmatítico-granodiorítico. O relevo local é ondulado e os solos são do tipo Bruno não cálcicos, litólicos, pouco espessos e pedregosos, e há também presença de solos salgados do tipo solonietz e solontchak e de vertissolos (PARAÍBA, 1985; AESA, 2007). No entorno do reservatório há vastas áreas de antropismo (Figura 39). A vegetação nativa, que consiste em caatinga arbustivo-arbórea aberta também está presente em alguns trechos. A vegetação do entorno apresenta-se bastante descaracterizada, ali é uma área muito antropizada com 78,11% de antropismo. Próximo a parede, em Boqueirão, já não se identifica ao certo qual é a vegetação nativa, como pode ser visto nas figuras 40 e 41. Ao redor do reservatório observamos algumas plantações de mamão, milho, de tomate, pimentão, banana, dentre outras. Dentro do açude haviam várias ilhas com casas erguidas.

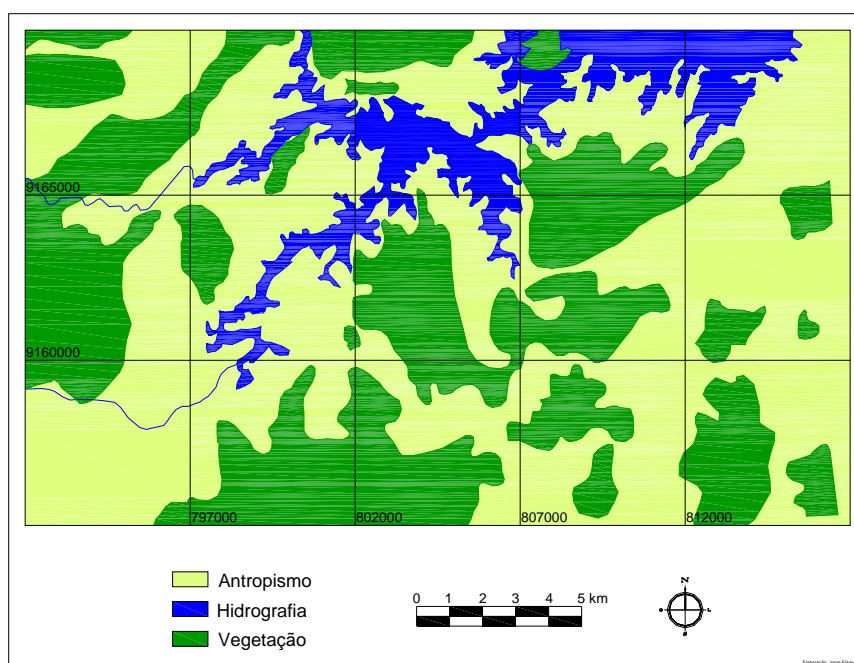


Figura 39: Mapa das imediações do reservatório Epitácio Pessoa, evidenciando os níveis de antropismo e a vegetação nativa.

Fonte: Adaptado de SUDEMA, 2004.



Figura 40: Práticas agrícolas (milho) nas margens do reservatório Epitácio Pessoa
Foto: Rebecca Luna, 16/05/2007



Figura 41: Vegetação descaracterizada pela ação antrópica próximo a parede do reservatório Epitácio Pessoa.
Foto: Rebecca Luna, 16/05/2007

O clima predominante na região onde se situa o reservatório Epitácio Pessoa é do tipo Bsh, quente com chuvas de verão e outono. Como mostra o gráfico de precipitação, entre janeiro e dezembro de 2007, as chuvas ocorreram entre os meses de fevereiro e julho, característica desta zona limítrofe da atuação das massas de ar tanto oriundas do Sertão quanto do litoral (Figura 42). O total pluviométrico anual foi de 342,7 milímetros, confirmando a semi-aridez do Cariri paraibano (AESAs, 2007). Durante a primeira coleta de água para análise laboratorial, realizada em abril, na estação chuvosa, o reservatório Epitácio Pessoa já estava com o volume por volta de 350 milhões de metros cúbicos de água. Na segunda coleta, o volume de água era de 298 milhões de metros cúbicos, como pode ser visto na figura 43.

O cálculo do IQA do reservatório Epitácio Pessoa para a estação chuvosa do ano de 2007 resultou em 73, e com isso a água do reservatório foi classificada como sendo de boa qualidade. Na seca, o IQA foi de 86 e a água foi classificada como sendo de ótima qualidade (quadro 11). Os parâmetros, quando analisados individualmente e comparados aos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para águas doces da classe 2, estão na maior parte dentro dos limites. O único parâmetro que extrapolou o limite estabelecido foi o fósforo total como nos reservatórios já descritos. De acordo com as informações da AESA (*op. cit*), as águas do reservatório Epitácio Pessoa são destinadas ao abastecimento, a irrigação, perenização, piscicultura e turismo. As cidades abastecidas pelas águas do Boqueirão são: Boqueirão, Campina Grande (segunda maior cidade do estado), Caturité,

Queimadas, Galante, São João da Mata, Pocinhos, Santa Terezinha, Riacho de Santo Antonio, entre outras.

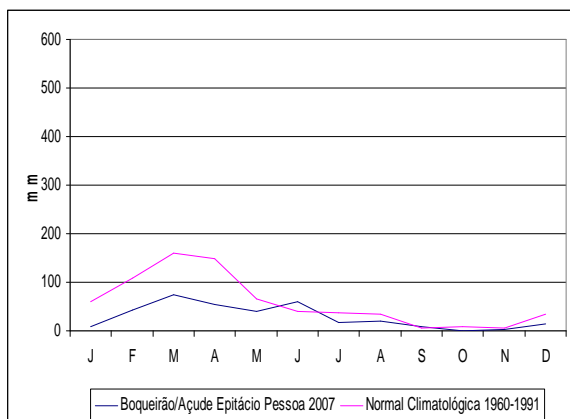


Figura 42: Precipitação acumulada em 2007 no açude Epitácio Pessoa e a normal climatológica 1960-1991 para o clima Bsh (estação de Monteiro).

Fonte: INMET, 2007; AESA, 2007.

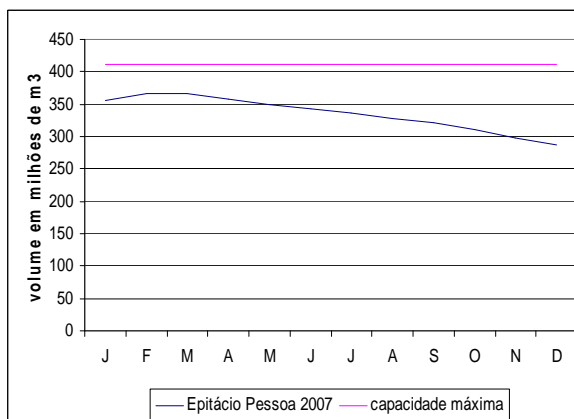


Figura 43: Gráfico de volume do reservatório Epitácio Pessoa de janeiro à dezembro de 2007 e capacidade máxima.

Fonte: AESA, 2007.

Quadro 11: Resultado das análises físico-químicas da água e do IQA do reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão), realizada durante a estação chuvosa e seca de 2007.

	Epitácio Pessoa (estação chuvosa)	Epitácio Pessoa (estação seca)	Resolução CONAMA 357/2005
Data	10/04/2007	09/12/2007	
Hora	07:46	07:06	
Temperatura	27°C	24°C	N.E
Turbidez	2 UNT	1 UNT	100 UNT
pH	7,88	8,06	6 a 9
OD	6,2 mg/L	7,1 mg/L	Min. 5 mg/L
DBO 5,20	1,4 mg/L	0,1 mg/L	Máx. 5 mg/L
Coliformes	100 UFC / 100 mL	6 UFC / 100 mL	1000 UFC/100mL
Resíduos	355 mg/L	288 mg/L	500 mg/L
Fósforo total	0,19 mg/L*	0,11 mg/L*	0,030 mg/L
Nitrogênio total	0,6 mg/L	0,1 mg/L	1,27 mg/L
IQA	73	86	
Qualidade	BOA	ÓTIMA	

(* = parâmetros fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA; N.E. = não especificado).

Fonte: SUDEMA, 2007.

6.1.7. Reservatório São Salvador

O reservatório São Salvador está localizado na zona fisiográfica do litoral ou zona da mata, numa área limítrofe entre os terrenos cristalinos do complexo gnáissico-migmatítico-granodiorítico e os terrenos sedimentares da formação barreiras, a uma altitude média de 70 metros. O relevo no entorno é suavemente ondulado com solos médios, areno-argilosos, em alguns trechos bem desenvolvidos. Os solos predominantes são podzólicos vermelho amarelo e os solos lateríticos, lixiviados e de baixa fertilidade. (AESA, 2007). A vegetação no entorno do reservatório, apresenta-se bastante descaracterizada. A área nos arredores do reservatório é muito verde e a prática da agricultura é intensa. A região do município de Sapé onde se encontra o reservatório São Salvador, se situa numa área de confluência entre a vegetação nativa de mata atlântica e dos cerrados do tabuleiro. Contudo, na atualização do diagnóstico florestal do estado da Paraíba, realizado pela SUDEMA, a área do entorno do reservatório é caracterizada apenas como antropizada, com 100% de antropismo no raio de 1Km, como mostra a figura 44 (SUDEMA, 2004). Este fato foi confirmado em campo, como mostram as figuras 45 e 46.

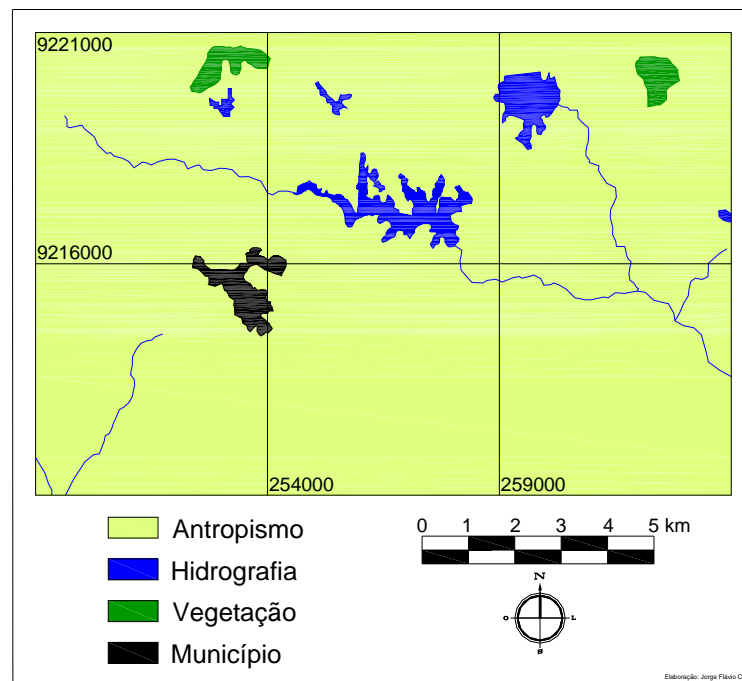


Figura 44: Mapa das imediações do reservatório São Salvador (no centro do mapa), evidenciando os altos níveis de antropismo e esparsos remanescentes de vegetação nativa.

Fonte: Adaptado de SUDEMA, 2004.



Figura 45: Vista do reservatório São Salvador com solos expostos em primeiro plano e a vegetação descaracterizada numa elevação do tabuleiro em segundo plano. É muito forte o antropismo neste reservatório.
Foto: Rebecca Luna, 30/07/2007



Figura 46: Plantações de cana-de-açúcar no entorno do reservatório São Salvador. Na imagem se verifica uma intensa atividade agrícola causando a erosão dos solos com práticas rudimentares como a queima da cana-de-açúcar realizada nas margens do reservatório.
Foto: Christina Pacheco, 30/11/2007.

O clima predominante na região onde se situa o reservatório São Salvador é do tipo As', quente e úmido com chuvas de inverno. Como mostra a figura 47, entre janeiro e dezembro de 2007 as chuvas ocorreram principalmente no trimestre de abril, maio e junho, sendo o mês mais chuvoso junho. O total pluviométrico anual registrado é de 1083,8 milímetros (AESAs, 2007). O gráfico que mostra o volume de água do reservatório acompanha o gráfico de precipitação pluviométrica, ambos tendo seus picos máximos no mês de junho, ocasião em que o reservatório São Salvador sangrou (Figura 48).

O cálculo do IQA para a estação chuvosa do ano de 2007 resultou em 65, e com isso a água do reservatório foi classificada como sendo de boa qualidade. Na estação seca o IQA resultou em 69 e a qualidade da água permaneceu como boa (quadro 12). Os parâmetros, quando analisados individualmente e comparados aos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para águas doces da classe 2, estão na maior parte dentro dos limites. Os parâmetros que extrapolaram os limites estabelecidos foram o fósforo total, o nitrogênio total e os resíduos totais. O número de resíduos totais é alarmante, visto que o limite máximo estabelecido pelo CONAMA é de 500 mg/L.

De acordo com a AESA (*op. cit*) a água do reservatório São Salvador é destinada ao abastecimento, servindo às cidades de Sapé, Marí, Gurinhém, Cajá, Caldas Brandão e Mulungú além de promoverem a irrigação, a pesca e a recreação.

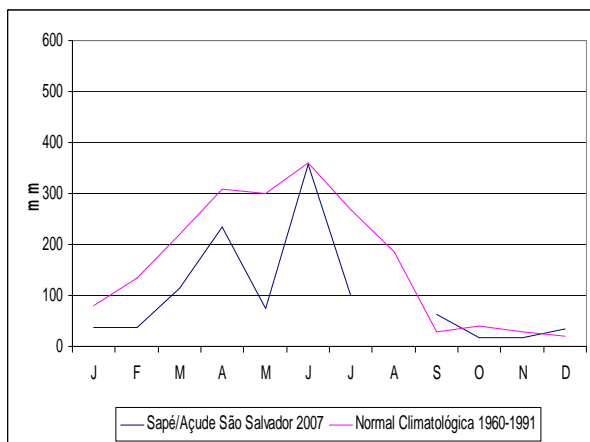


Figura 47: Gráfico de precipitação acumulada dos meses de janeiro à dezembro em São Salvador e a normal climatológica 1960-1991 para o clima As' (estação de João Pessoa).

Fonte: INMET, 2007; AESA, 2007.

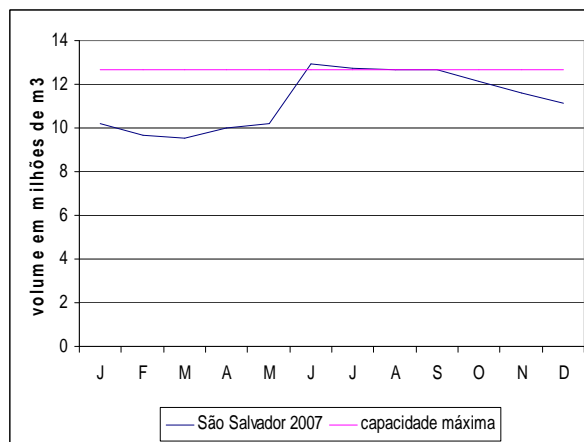


Figura 48: Gráfico de volume do reservatório São Salvador de janeiro à dezembro de 2007 e capacidade máxima.

Fonte: AESA, 2007.

Quadro 12: Resultado das análises físico-químicas da água e do IQA do reservatório São Salvador, realizada durante a estação chuvosa e seca de 2007.

	São Salvador (estação chuvosa)	São Salvador (estação seca)	Resolução CONAMA 357/2005
Data	10/07/2007	07/11/2007	
Hora	16:03	15:53	
Temperatura	26°C	27°C	N.E
Turbidez	12 UNT	31 UNT	100 UNT
pH	7,48	8,35	6 a 9
OD	5 mg/L	7,8 mg/L	Min. 5 mg/L
DBO	1,1 mg/L	2,9 mg/L	Máx. 5 mg/L
Coliformes	60 UFC / 100mL	82 UFC / 100mL	1000 UFC/100mL
Resíduos	2.598 mg/L*	429 mg/L	500 mg/L
Fósforo total	0,22 mg/L*	0,15 mg/L*	0,030 mg/L
Nitrogênio total	2,6 mg/L*	1,7 mg/L*	1,27 mg/L
IQA	65	69	
Qualidade	BOA	BOA	

(* = parâmetros fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA; N.E. = não especificado).

Fonte: SUDEMA, 2007.

6.1.8. Reservatório Araçagi

O reservatório Araçagi está localizado no limite entre a zona fisiográfica do litoral ou mata e a zona fisiográfica do Agreste ou caatinga litorânea. Encontra-se sobre os terrenos cristalinos do complexo gnáissico-migmatítico-granodiorítico, na depressão sublitorânea com altitude de 45 metros. O relevo mostrou-se suavemente ondulado. Os solos predominantes são podzólicos vermelho amarelo, com acumulação de argila no horizonte B e os solos Bruno não cálcicos. (AESA, 2007). A vegetação no entorno do reservatório, apresenta-se bastante descaracterizada. A região onde se encontra o município de Araçagi, apesar de estar inserida no clima úmido, se situa numa área um pouco menos úmida e de vegetação de Agreste, entretanto, na atualização do diagnóstico florestal realizado pela SUDEMA, a área do entorno do reservatório é caracterizada apenas como antropizada, com 100% de antropismo no entorno, como mostra a figura 49 (SUDEMA, 2004). No entorno do reservatório, observamos a prática da agricultura e da pecuária (figura 50).

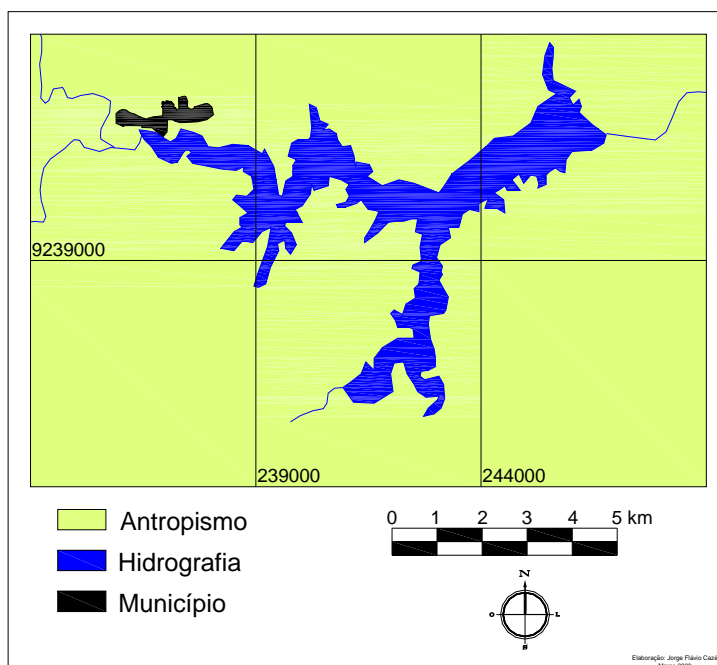


Figura 49: Mapa das imediações do reservatório Araçagi, evidenciando o predomínio de áreas antropizadas.

Fonte: Adaptado de SUDEMA, 2004.



Figura 50: Além das atividades agrícolas, a pecuária de bovinos é praticada no entorno do reservatório Araçagi.

Foto: Rebecca Luna, 30/11/2007.

O clima predominante na região onde se situa o reservatório Araçagi é do tipo As', quente e úmido com chuvas de inverno. Como mostra o gráfico de precipitação pluviométrica, entre janeiro e outubro de 2007 as chuvas ocorreram principalmente no trimestre de abril, maio e junho, sendo junho o mês mais chuvoso (Figura 51). O total pluviométrico anual até o mês de outubro registrado é de 999,2 milímetros. (AESAs, 2007). O reservatório sangrou na época das chuvas como pode ser visto na figura 52.

O cálculo do IQA do reservatório Araçagi, para a estação chuvosa do ano de 2007 resultou em 59, e com isso a água do reservatório foi classificada como sendo de boa qualidade. Na estação seca o IQA foi de 81 e a água classificada como de ótima qualidade (quadro 13). Dos nove parâmetros analisados na estação chuvosa, 4 estavam em desacordo com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357-2005 para águas doces da classe 2. Os parâmetros que extrapolaram os limites estabelecidos foram OD, resíduos, nitrogênio total e fósforo total. Na estação chuvosa o OD, resíduos, fósforo e nitrogênio ultrapassaram os limites estabelecidos pelo CONAMA, enquanto na seca somente o fósforo total e os resíduos totais ultrapassaram esses limites. Dos nove reservatórios escolhidos para este trabalho o único que ainda não está servindo para abastecimento humano é Araçagi. Como ele foi construído há pouco tempo, ainda está se construindo uma estação de tratamento de água para posterior abastecimento da população e os seus usos atuais pela população se limitam à pesca e a recreação.

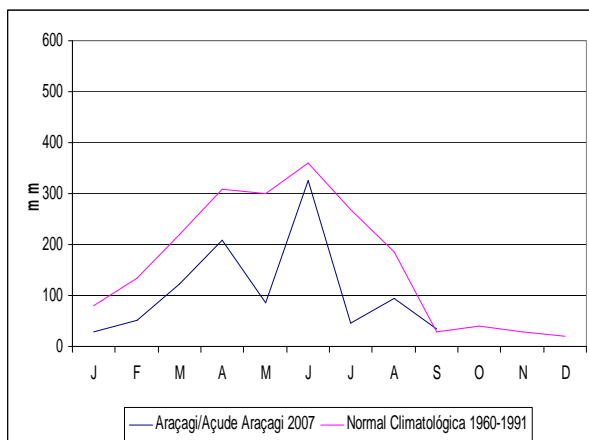


Figura 51: Gráfico de precipitação acumulada dos meses de janeiro à outubro em Araçagi e a normal climatológica 1960-1991 para o clima As' (estação de João Pessoa).

Fonte: INMET, 2007; AESA, 2007.

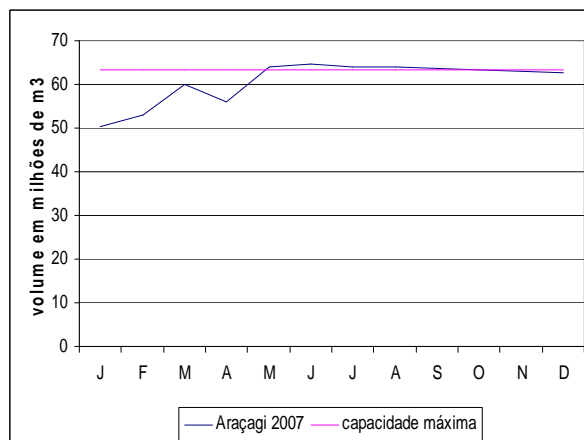


Figura 52: Gráfico de volume do reservatório Araçagi de janeiro à dezembro de 2007 e capacidade máxima.

Fonte: AESA, 2007.

Quadro 13: Resultado das análises físico-químicas da água e do IQA do reservatório Araçagi, realizada durante a estação chuvosa e seca de 2007.

	Araçagi (estação chuvosa)	Araçagi (estação seca)	Resolução CONAMA 357/2005
Data	03/07/2007	14/11/2007	
Hora	18:00	7:25	
Temperatura	27°C	27°C	N.E
Turbidez	16 UNT	5 UNT	100 UNT
pH	7,91	7,65	6 a 9
OD	4 mg/L*	6 mg/L	Min. 5 mg/L
DBO	1,2 mg/L	0,8 mg/L	Máx. 5 mg/L
Coliformes	113 UFC / 100mL	0 UFC / 100mL	1000 UFC/100mL
Resíduos	539 mg/L*	577 mg/L*	500 mg/L
Fósforo total	0,29 mg/L*	0,16 mg/L*	0,030 mg/L
Nitrogênio total	1,3 mg/L*	1 mg/L	1,27 mg/L
IQA	59	81	
Qualidade	BOA	OTIMA	

(* = parâmetros fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA; N.E. = não especificado).

Fonte: SUDEMA, 2007.

6.1.9. Reservatório Gramame-Mamuaba

O reservatório Gramame - Mamuaba está localizado no município de Alhandra, na zona fisiográfica do litoral e mata com altitude de 45 metros, inserido em terreno sedimentar do grupo Barreiras e em alguns trechos sobre os arenitos e calcários do grupo Paraíba. Os solos são arenosos e/ou argilosos de baixa fertilidade, lixiviados, latossolos e podzólico vermelho amarelo, havendo ainda a presença de solos de várzea e solos aluviais (PARAÍBA, 1985; AESA, 2007). A vegetação no entorno do reservatório, apresenta-se da seguinte forma: A área de antropismo é bastante acentuada e aparece com evidencia no entorno do reservatório com 100% de antropismo (Figura 53). Há também no entorno, ainda que em forma de resquícios, alguns trechos com vegetação dos tabuleiros e alguns com a mata atlântica, pois ali domina a monocultura da cana de açúcar.

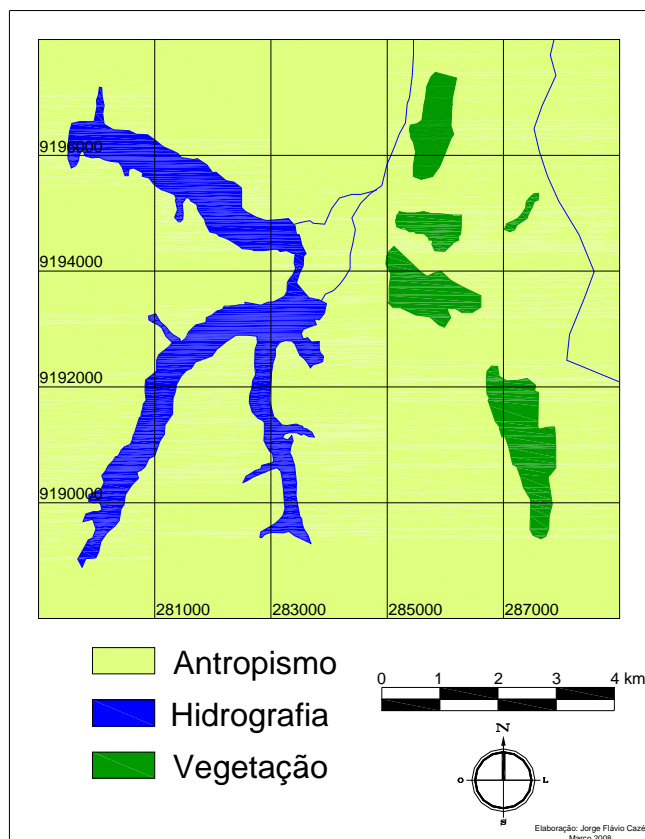


Figura 53: Mapa das imediações do reservatório Gramame - Mamuaba, evidenciando os altos níveis de antropismo e esparsos remanescentes de vegetação nativa.

Fonte: Adaptado de SUDEMA, 2004.



Figura 54: Vista panorâmica do reservatório Gramame-Mamuaba e seu entorno. Observa-se a descaracterização da vegetação e do outro lado do açude, extensas áreas com plantações de cana.

Foto: Rebecca Luna, 31/07/2007



Figura 55: Vista panorâmica do reservatório Gramame-Mamuaba e seu entorno. A fotografia foi tirada do mesmo lugar da figura 54 e mostra que mesmo durante a seca a vegetação no entorno se altera pouco, em oposição ao Sertão e Cariri.

Foto: Rebecca Luna, 29/11/2007.

O relevo local é plano com suaves ondulações no terreno. Os solos mostraram-se bem desenvolvidos e de coloração barrenta. A vegetação original desta área é a mata atlântica e a vegetação dos tabuleiros. Algumas pequenas porções de mata foram vistas in loco porém há muitas áreas peladas com grama para pastagem, além de plantações. No entorno do reservatório, a vegetação mostrou-se bem verde e com espaços abertos (Figuras 54 e 55).

O clima predominante na região onde se situa o reservatório Gramame é do tipo As', quente e úmido com chuvas de inverno. Como mostra o gráfico de precipitação pluviométrica, entre janeiro e dezembro de 2007, as chuvas caíram durante todos os meses do ano, sendo muito elevadas no mês de junho (Figura 56). O total pluviométrico anual registrado em 2007 foi de 1713,5 milímetros (AESAs, 2007). O volume de água do reservatório acompanha o gráfico de precipitação pluviométrica, ambos tendo seus picos máximos no mês de junho. Na região úmida da zona da mata notou-se que os gráficos de volume e precipitação apresentaram uma orientação diferente do resto do estado.

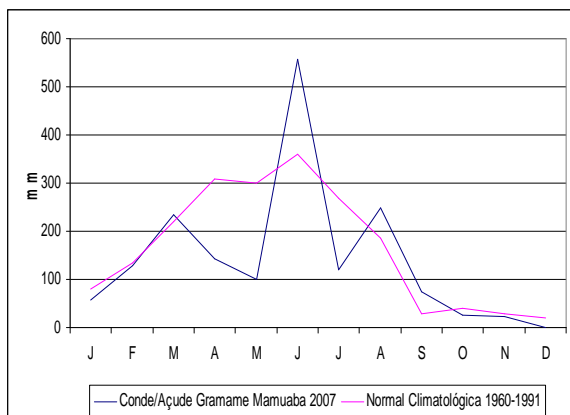


Figura 56: Gráfico de precipitação acumulada dos meses de janeiro à dezembro em Gramame-Mamuaba e a normal climatológica 1960-1991 para o clima As' (estação de João Pessoa).
Fonte: INMET, 2007; AESA, 2007.

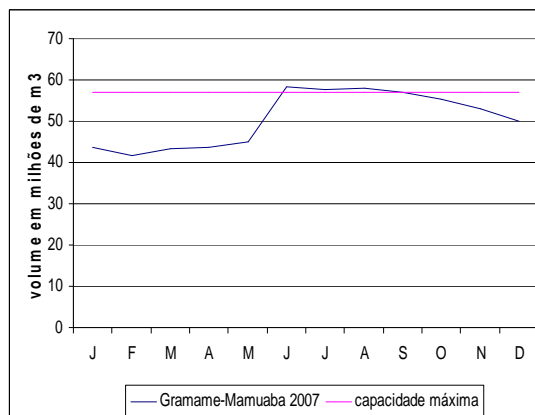


Figura 57: Gráfico de volume do reservatório Gramame-Mamuaba de dezembro de 2006 à novembro de 2007.
Fonte: AESA, 2007.

O cálculo do IQA do reservatório Gramame para a estação chuvosa do ano de 2007 resultou em 69, e com isso a água do reservatório foi classificada como sendo de boa qualidade. Na estação seca, o IQA foi de 70, sendo a qualificação permanecida como boa (quadro 14). Apenas um parâmetro, quando analisado individualmente e comparado aos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357-2005 para águas doces da classe 2, está fora dos padrões, sendo este o fósforo total. O número de coliformes foi o maior encontrado de todos os nove reservatórios estudados, mas apesar de alto, este ainda está dentro do limite permitido pela resolução CONAMA que é de 1000 UFC/100mL.

A água do reservatório Gramame serve para abastecimento humano, irrigação, para pesca e recreio. De acordo com as informações da AESA (2007), as águas do reservatório Gramame-Mamuaba são destinadas ao abastecimento das cidades de João Pessoa, Cabedelo, Bayeux e Santa Rita. Este não é nem o primeiro nem o segundo maior reservatório do estado, porém sua importância está no fato de ele abastecer a maior cidade e capital do estado da Paraíba, João Pessoa.

Quadro 14: Resultado das análises físico-químicas da água e do IQA do reservatório Gramame-Mamuaba, realizada durante a estação chuvosa e seca de 2007.

	Gramame-Mamuaba (estação chuvosa)	Gramame-Mamuaba (estação seca)	Resolução CONAMA 357/2005
Data	18/07/2007	11/12/2007	
Hora	9:22	9:15	
Temperatura	27°C	27°C	N.E
Turbidez	23 UNT	24 UNT	100 UNT
pH	7,4	7,06	6 a 9
OD	7,7 mg/L	7,2 mg/L	Min. 5 mg/L O₂
DBO	2,3 mg/L	2,2 mg/L	Máx. 5 mg/L O₂
Coliformes	620 UFC / 100mL	380 UFC / 100mL	1000 UFC/100MI
Resíduos	101 mg/L	164 mg/L	500 mg/L
Fósforo total	0,17 mg/L*	0,17 mg/L*	0,030 mg/L P
Nitrogênio total	0,5 mg/L	0,6 mg/L	1,27 mg/L
IQA	69	70	
Qualidade	BOA	BOA	

(* = parâmetros fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA; N.E. = não especificado).

Fonte: SUDEMA, 2007.

6.2. Análise dos parâmetros de qualidade da água: série histórica

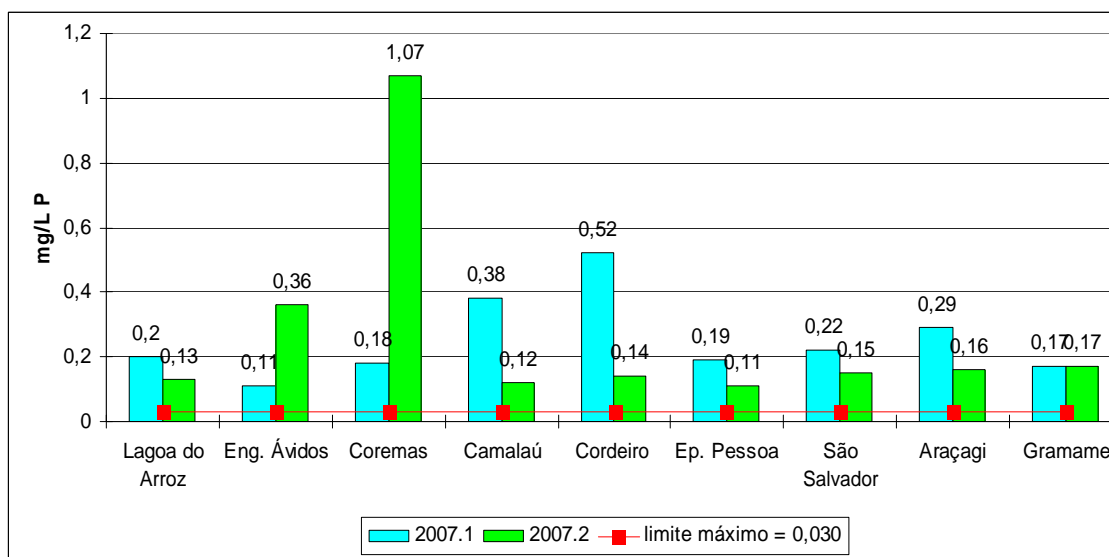
Como os resultados dos IQAs de todos os reservatórios aqui estudados apresentaram em 2007 qualidade entre boa e ótima, cabe agora analisar cada um dos nove parâmetros individualmente e compará-los aos limites estabelecidos pela resolução Federal CONAMA 375/2005, para corpos lênticos de água doce da classe 2. Para consolidar os resultados referentes ao ano de 2007, foi necessária uma análise de resultados dos anos anteriores uma vez que o conjunto desses resultados nos fornece uma melhor cobertura dos parâmetros de qualidade da água em cada reservatório.

Quanto à série histórica, as análises semestrais foram realizadas entre os anos de 2002 e 2006 nos reservatórios do Cariri e de 2004 à 2006 nos demais. Os resultados de qualidade da água mostraram que de 343 parâmetros analisados, 328 estavam dentro dos limites exigidos pelo CONAMA e apenas 15 apresentam desacordo. Estes resultados demonstram

que apenas 4,4% dos parâmetros extrapolaram os limites permitidos enquanto 95,6% das análises estiveram dentro dos valores exigidos.

Em 2007, de 162 amostras analisadas, 25 apresentaram desacordo com a resolução CONAMA, 18 referentes ao fósforo total, 2 ao oxigênio dissolvido, 2 aos resíduos totais e 3 ao nitrogênio total. Pode-se afirmar que estes resultados foram positivos, porém menos do que a série histórica, com 137 parâmetros que correspondem a 84,5%, dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA para águas doces da classe 2. Como se vê, um grande percentual de valores dentre todas as variáveis medidas estão dentro dos limites estabelecidos pelo regulamento, muito embora nota-se perda de qualidade nos valores registrados em 2007.

Dos parâmetros analisados, todos os reservatórios apresentaram nas duas estações de 2007 níveis de fósforo total acima do limite estabelecido pelo CONAMA de 0,030 mg/L. Este resultado é preocupante visto que o fósforo junto ao nitrogênio, está associado ao crescimento excessivo de algas, floração de algas indesejáveis, e a uma diminuição na vegetação aquática submersa (NEFF *et al.*, 2000). A figura 58 mostra os níveis de fósforo total nos nove reservatórios estudados durante a estação chuvosa e seca de 2007.

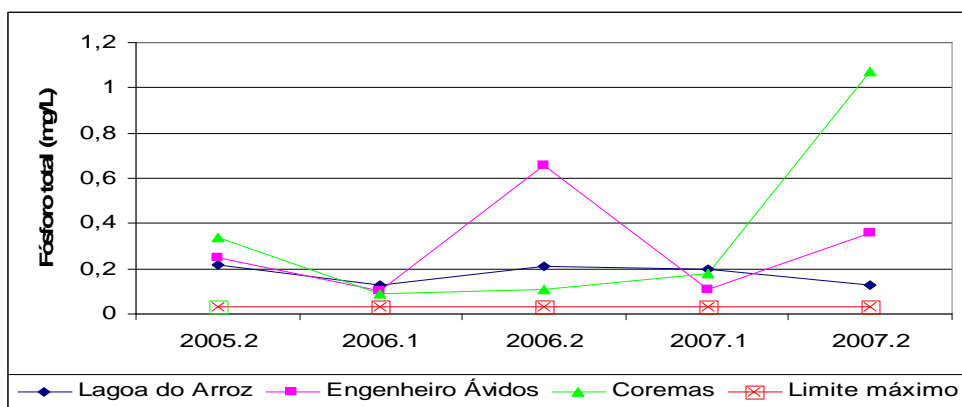


.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 58: Níveis de fósforo total encontrado nos nove reservatórios estudados na Paraíba durante as estações chuvosa e seca de 2007.

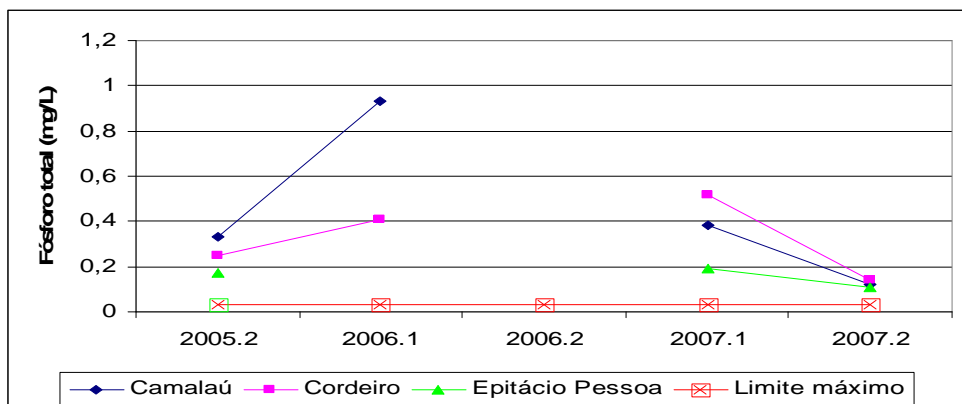
Quanto à série histórica, apesar de haverem poucos dados, nesta variável também se evidenciou que em todos os reservatórios os níveis de fósforo total estiveram acima do limite

permitido pela resolução CONAMA 375/2005, como pode ser observado nas figuras 59 a 61 e no quadro 15. Os resultados aqui obtidos são preocupantes uma vez que o fósforo total é o principal nutriente responsável pelo processo de eutrofização dos corpos de água. No processo de eutrofização natural, as mudanças no corpo de água são lentas e contínuas e ocorrem através do aporte de nutrientes provenientes principalmente das chuvas e do escoamento superficial. A eutrofização artificial, por sua vez, é um processo dinâmico que causa profundas mudanças qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas e nas características físico-químicas da água (ESTEVES, 1998). As principais origens dos nutrientes nesse caso são os efluentes domésticos e industriais e as atividades agrícolas que utilizam fertilizantes químicos. As consequências da eutrofização artificial nas comunidades aquáticas são intensas e os prejuízos sócio-econômicos deste processo são inúmeros, a começar pela perda da qualidade da água, com provável impedimento de seu uso para o abastecimento, turismo e lazer (ESTEVES, *op. cit*), sem contar ainda com o perigo das florações tóxicas de cianobactérias.



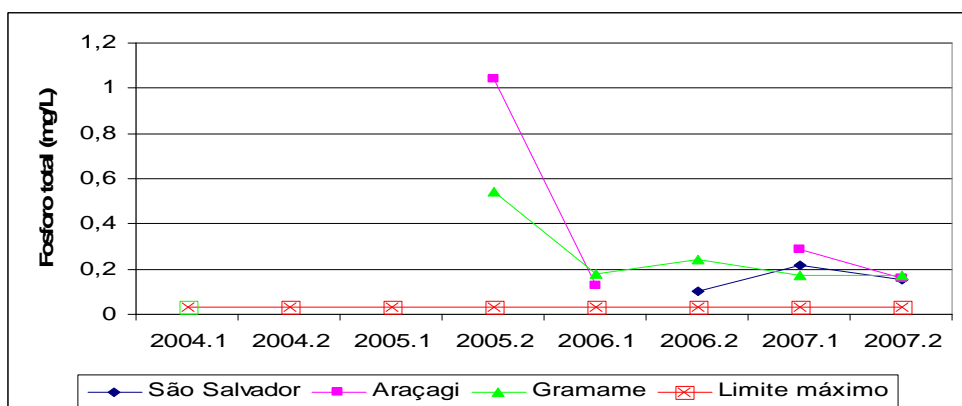
.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 59: Gráfico da série histórica dos níveis de fósforo total nos reservatórios do Sertão (período 2005 a 2007).



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 60: Gráfico da série histórica dos níveis de fósforo total nos reservatórios do Cariri (período 2005 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 61: Gráfico da série histórica dos níveis de fósforo total nos reservatórios da zona da Mata (período 2005 a 2007)

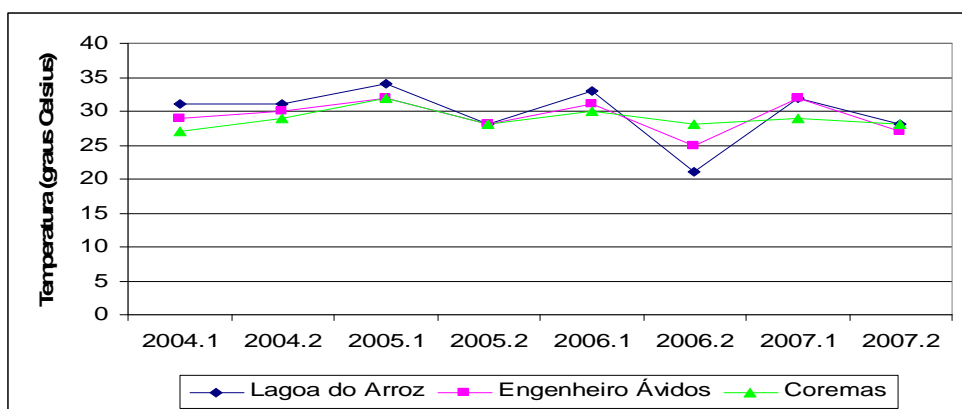
Quadro 15: Média aritmética e desvio padrão da série histórica do fósforo total dos reservatórios estudados.

Reservatório	Lagoa do Arroz	Engenheiro Avidos	Coremas-Mãe D'água	Camalaú	Cordeiro	Epitácio Pessoa	Gramame - Mamuaba	São Salvador	Araçagi
Fósforo total Média	0,18	0,30	0,36	-----	-----	-----	0,26	-----	-----
Desvio padrão	0,04	0,23	0,41	-----	-----	-----	0,16	-----	-----

Nos reservatórios aqui estudados certamente os fertilizantes químicos representam uma grande preocupação, visto que nas redondezas de todos eles são praticadas atividades

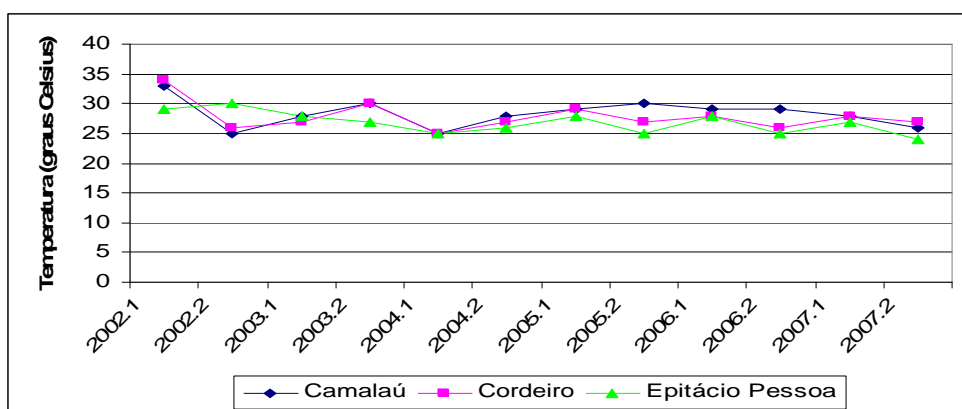
agrícolas. No entanto, chama a atenção o fato de que em muitos deles existem projetos de piscicultura em tanques-rede, nessa atividade se utiliza grande quantidade de ração contribuindo certamente com a eutrofização dos açudes.

Em relação à temperatura média da água, em 2007 estas foram de 29,3°C nos reservatórios do Sertão, 26,6°C nos do Cariri e de 26,8°C nos reservatórios da zona da mata e demonstram a característica tropical do clima Paraibano. As médias da série histórica mantiveram-se nessa faixa não havendo grandes amplitudes na temperatura da água dos reservatórios em questão (Figuras 62 a 64 e quadro 16).



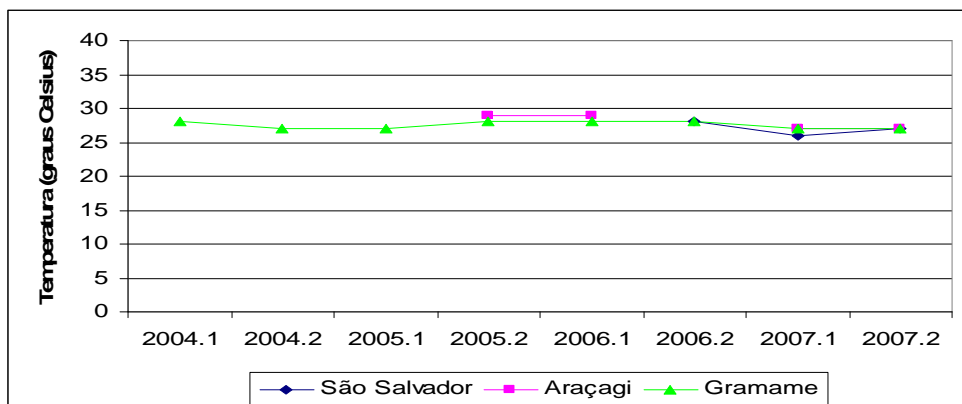
.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 62: Gráfico da série histórica da temperatura nos reservatórios do Sertão (período 2004 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 63: Gráfico da série histórica da temperatura nos reservatórios do Cariri (período 2002 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 64: Gráfico da série histórica da temperatura nos reservatórios da zona da Mata (período 2004 a 2007)

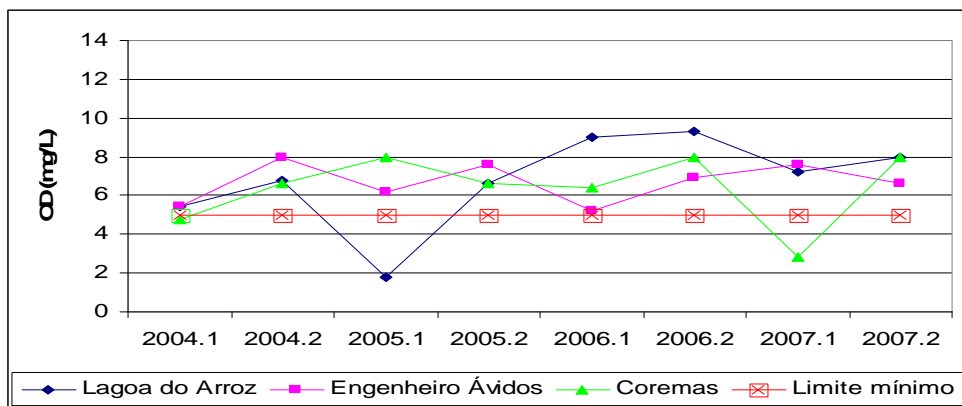
Quadro 16: Média aritmética e desvio padrão da série histórica da temperatura dos reservatórios estudados.

Reservatório	Lagoa do Arroz	Engenheiro Avidos	Coremas-Mãe D'água	Camalaú	Cordeiro	Epitácio Pessoa	Gramame-Mamuaba	São Salvador	Araçagi
Temperatura Média (°C)	29,75	29,25	28,88	28,33	27,83	26,83	27,50	-----	-----
Desvio padrão	4,13	2,49	1,55	2,27	2,37	1,85	0,53	-----	-----

As médias no oxigênio dissolvido dos reservatórios em 2007 foram de 6,7 mg/L no Sertão, 8,2 no Cariri e de 6,3 na zona da mata. Essas médias confirmam as palavras de Esteves (1998) quando este autor afirma que as temperaturas elevadas nas regiões tropicais fazem com que os níveis de OD sejam geralmente por volta de 7mg/L O₂ a uma determinada pressão e umidade. Em 2007 os reservatórios Coremas e Araçagi foram os únicos que apresentaram este parâmetro abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA, com apenas 2,8mg/L em Coremas e 4mg/L em Araçagi, ambos registrados durante a estação chuvosa. Geralmente o OD é baixo em ambientes aquáticos que recebem substâncias orgânicas biodegradáveis, todavia nesta ocasião os baixos níveis não apresentaram relação direta com a DBO que também foi baixa em ambos os reservatórios com 0,63 mg/L em Coremas e 1,2 mg/L em Araçagi. Porém, ressalva-se que o OD pode ser influenciado por vários outros fatores como a topografia, os ventos, a chuva, comunidades aquáticas, etc.

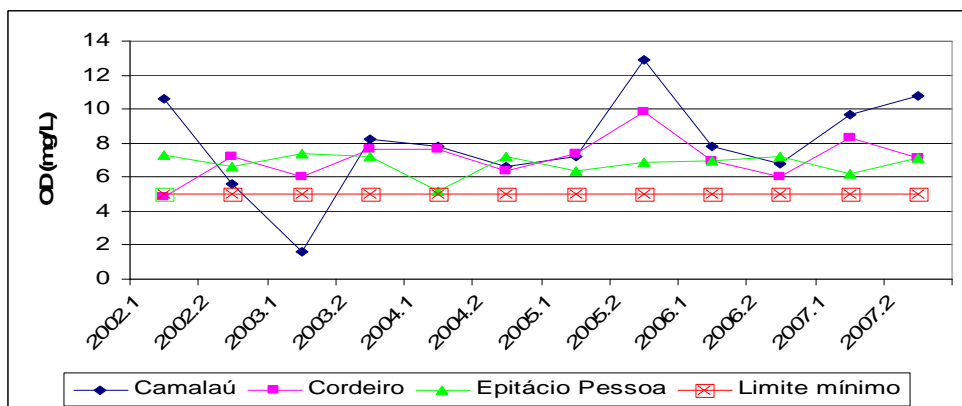
Abaixo seguem os gráficos da série histórica do Oxigênio Dissolvido com suas médias e desvio padrão (Figuras 65 a 67 e quadro 17). As médias da série histórica mostraram-se sempre acima de seis e abaixo de oito, porém pode-se observar que em anos distintos, o OD

aparece abaixo do limite mínimo permitido pelo CONAMA em cinco dos nove reservatórios estudados.



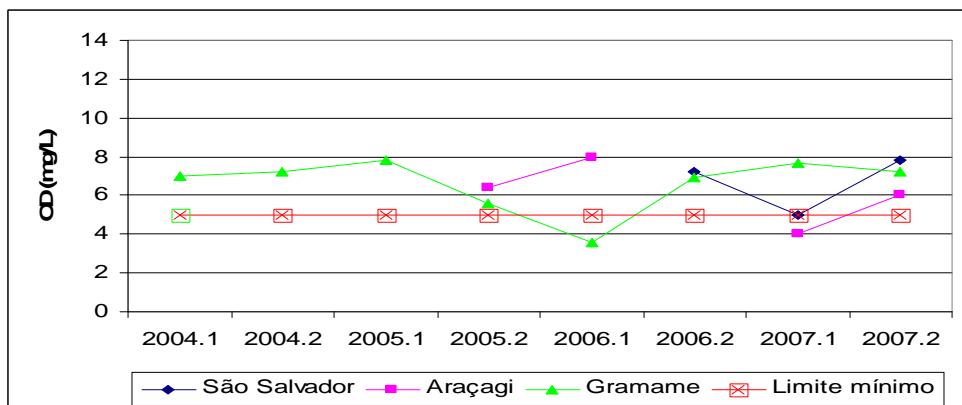
.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 65: Série histórica dos níveis de Oxigênio Dissolvido nos reservatórios do Sertão (período 2004 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 66: Série histórica dos níveis de Oxigênio Dissolvido nos reservatórios do Cariri (período 2002 a 2007)



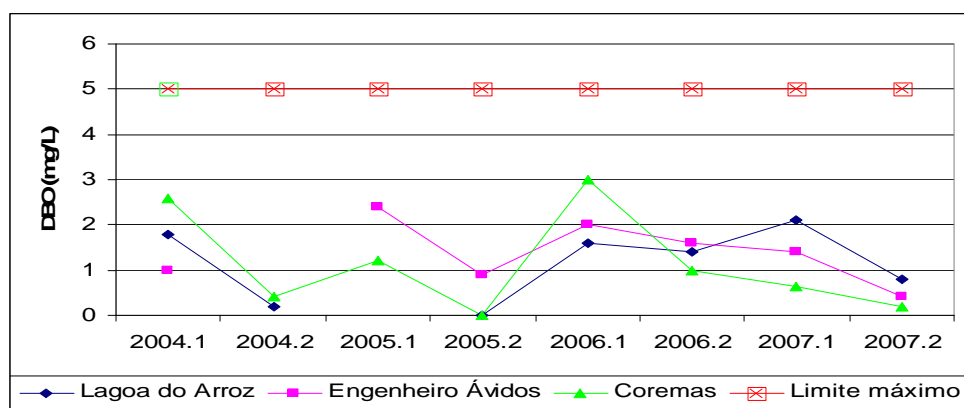
.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 67: Série histórica dos níveis de OD nos reservatórios do Litoral (período 2004 a 2007)

Quadro 17: Média aritmética e desvio padrão da série histórica do Oxigênio Dissolvido (OD) dos reservatórios estudados.

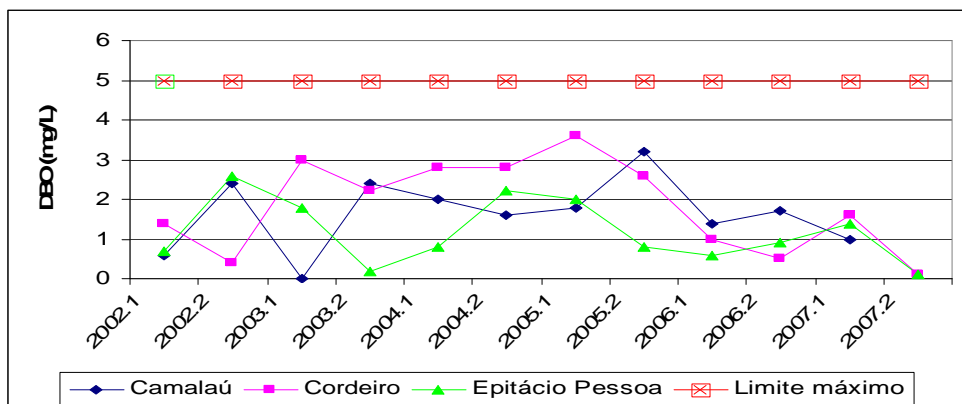
Reservatório	Lagoa do Arroz	Engenheiro Avidos	Coremas-Mãe D'água	Camalaú	Cordeiro	Epitácio Pessoa	Gramame-Mamuaba	São Salvador	Araçagi
OD – média	6,76	6,68	6,40	7,97	7,10	6,81	6,63	-----	-----
Desvio padrão	2,38	1,04	1,82	2,90	1,26	0,63	1,39	-----	-----

Quanto a DBO, os nove reservatórios apresentaram em 2007 resultados satisfatórios, todos dentro do limite estabelecido pelo CONAMA de no máximo 5 mg/L, sendo que oito dos nove reservatórios aqui analisados apresentaram maiores valores durante a estação chuvosa. Analisando os resultados de anos anteriores, nota-se que grande parte dos reservatórios apresentam esse mesmo padrão, sendo maior na estação chuvosa e menor na seca (Figuras 68 a 70). Os maiores índices encontrados em 2007 foram encontrados nos reservatórios Gramame com 2,3mg/L, São Salvador com 2,6mg/L e Lagoa do Arroz com 2,1mg/L, mas em nenhum deles esse número chegou perto do limite estabelecido pelo CONAMA de 5 mg/L. Nos resultados da série histórica, todos os reservatórios apresentaram DBO dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA. Os valores de DBO mais altos registrados não ultrapassaram 4mg/L e ocorreram nos reservatório Cordeiro, São Salvador e Araçagi (Figuras 69 e 70).



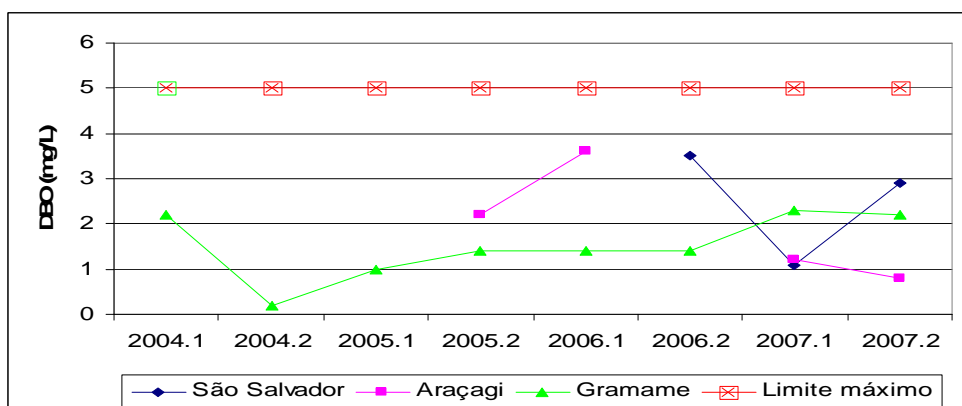
.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 68: Série histórica dos níveis de Demanda Bioquímica de Oxigênio nos reservatórios do Sertão (período 2004 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 69: Série histórica dos níveis de Demanda Bioquímica de Oxigênio nos reservatórios do Cariri (período 2002 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 70: Série histórica dos níveis de Demanda Bioquímica de Oxigênio nos reservatórios da zona da Mata (período 2004 a 2007)

Quadro 14: Média aritmética e desvio padrão da série histórica da Demanda Bioquímica de Oxigênio dos reservatórios estudados.

Reservatório	Lagoa do Arroz	Engenheiro Avidos	Coremas-Mãe D'água	Camalaú	Cordeiro	Epitácio Pessoa	Gramame-Mamuaba	São Salvador	Araçagi
DBO Média	1,13	1,39	1,13	1,58	1,83	1,18	1,51	-----	-----
Desvio padrão	0,81	0,68	1,11	0,88	1,16	0,81	0,72	-----	-----

Os resíduos totais em 2007 foram elevados nos reservatórios do Litoral, ultrapassando o limite estabelecido em dois dos três reservatórios dessa região (Araçagi e São Salvador). No

reservatório Araçagi, o valor chegou a 539 mg/L na estação chuvosa e a 577 mg/L na estação seca, ultrapassando o limite de 500mg/L nas duas estações de 2007 (Figura 75). Já no reservatório São Salvador, durante a estação chuvosa, o nível de resíduos totais foi alarmante, de 2.598 mg/L, um número cinco vezes maior que o limite permitido pelo CONAMA (Figura 75). O elevado nível de resíduos totais presentes neste reservatório pode estar relacionado com a intensa atividade agrícola praticada nas adjacências, cuja prática desnuda o solo favorecendo processos erosivos e o aporte lateral de materiais particulados da encosta para o corpo hídrico através das chuvas. As figuras 71 e 72 mostram parte do entorno do reservatório São Salvador onde a intensa atividade canavieira tem causado grande impacto nas suas adjacências. A propósito, não há qualquer tipo de vegetação nativa no entorno deste reservatório, predominando áreas de agricultura e áreas descampadas. Segundo Branco (2003), o desmatamento colabora decisivamente para o transporte de resíduos da superfície para os corpos de água.



Figura 71: Processos erosivos nos solos no entorno do reservatório São Salvador devido a atividade agrícola. A fotografia foi tirada durante a estação chuvosa de 2007, na ocasião que os resíduos totais apresentaram neste reservatório um número quatro vezes maior que o limite permitido.

Foto: Rebecca Luna, 30/07/2007.

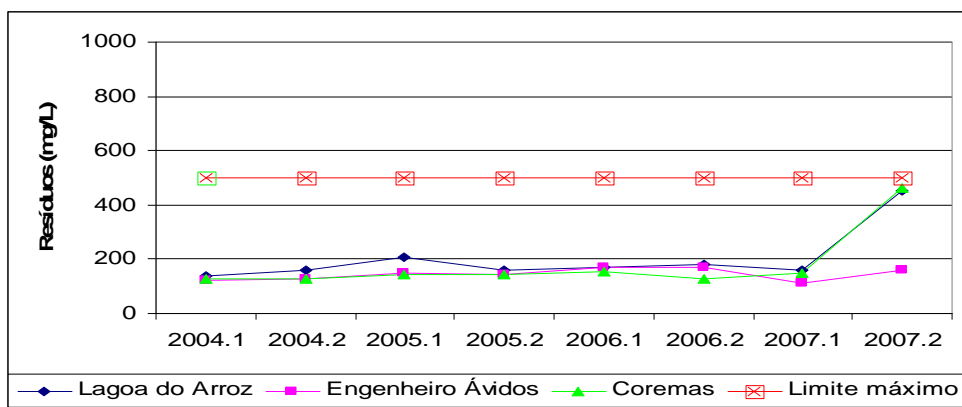


Figura 72: Erosão nas bordas do reservatório São Salvador. A monocultura da cana-de-açúcar degradou a paisagem no entorno deste reservatório. A fotografia foi tirada durante a estação seca.

Foto: Rebecca Luna, 20/11/2007.

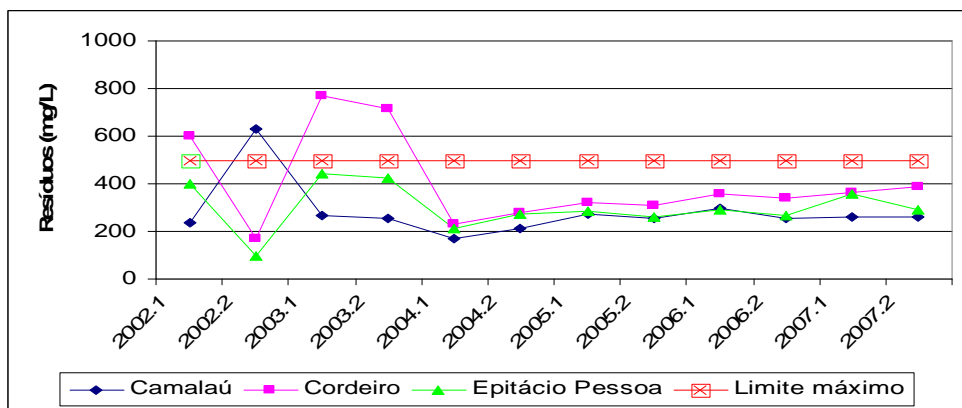
No Sertão, em 2007 os reservatórios apresentaram valores de resíduos totais próximos do limite, de 464mg/L em Coremas e de 453mg/L em Lagoa do Arroz durante a estação seca. Esses números ultrapassaram a média histórica, como podem ser vistos na figura 73. Os reservatórios do Cariri apresentaram valores próximos dos 300 mg/L (Figura 74).

Cinco dos nove reservatórios analisados apresentaram maiores índices de resíduos totais durante a estação seca. A série histórica mostra que os valores de resíduos totais chegaram próximo do limite e por vezes o ultrapassaram nos três reservatórios do Cariri Paraibano, onde os mesmos apresentaram as maiores médias do estado (Quadro 19).



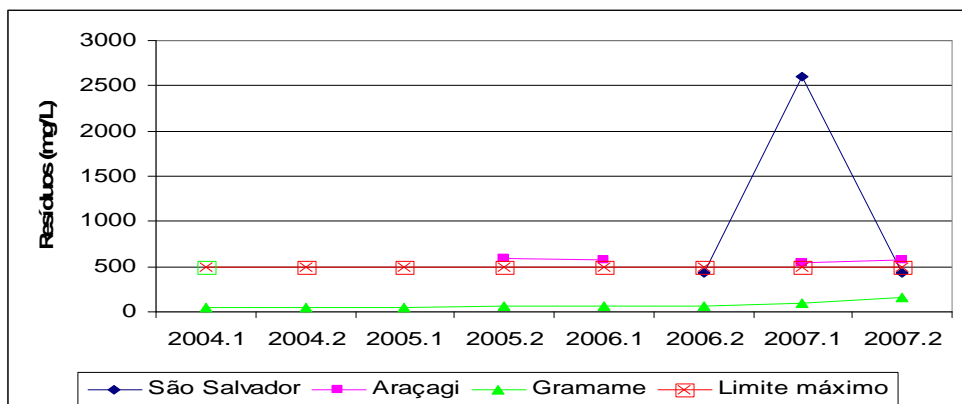
.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 73: Série histórica dos níveis de Resíduos totais nos reservatórios do Sertão (período 2004 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 74: Série histórica dos níveis de Resíduos totais nos reservatórios do Cariri (período 2002 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 75: Série histórica dos níveis de Resíduos totais nos reservatórios da zona da Mata (período 2004 a 2007)

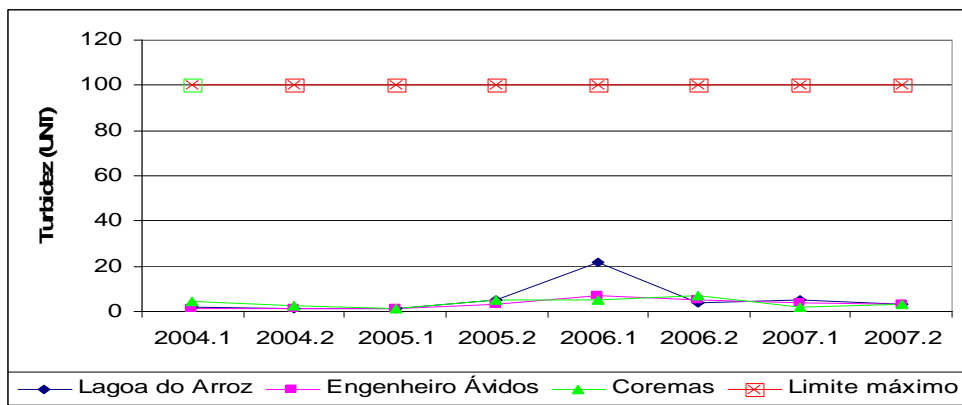
Quadro 19: Média aritmética e desvio padrão da série histórica dos Resíduos totais dos reservatórios estudados

Reservatório	Lagoa do Arroz	Engenheiro o Ávidos	Coremas-Mãe Dágua	Camalaú	Cordeiro	Epitácio Pessoa	Gramame Mamuaba	São Salvador	Araçagi
Resíduos Média	203,75	144,75	179,88	280,17	403,42	300,00	74,38	-----	-----
Desvio padrão	102,80	21,51	115,38	114,23	188,92	95,57	39,79	-----	-----

A turbidez, todavia foi baixa em todos os reservatórios obedecendo aos limites da resolução CONAMA em 2007, mesmo assim, esta se mostrou maior nos reservatórios da zona da mata (figuras 76 a 78). A turbidez não apresentou um padrão sazonal nos reservatórios estudados. Observando os gráficos da série histórica expostos abaixo, pode-se notar um pico alto de turbidez no reservatório Epitácio Pessoa, que quase atingiu o limite permitido durante a estação chuvosa no ano de 2004 (Figura 77).

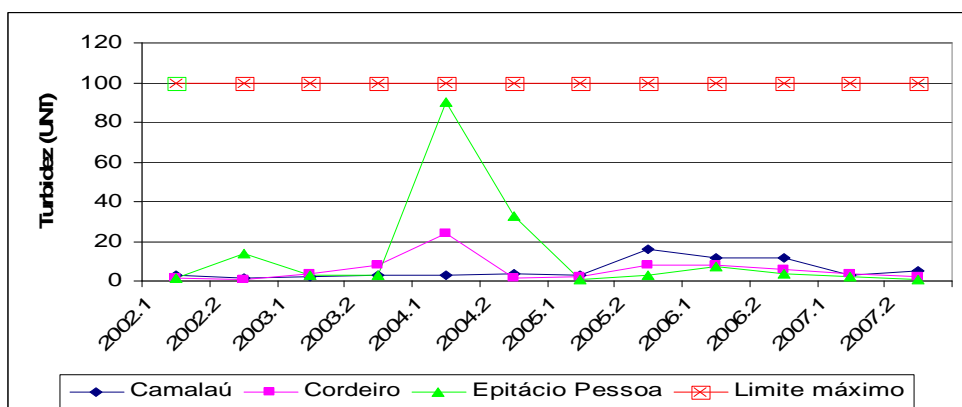
O fato de o desvio padrão ter sido maior que a média em 3 de 7 reservatórios mostra a existência de grande variabilidade nos resultados, fato que pode ser observado nos gráficos da série histórica. A amplitude da variação na turbidez leva a médias aritméticas e desvios intrigantes, pois tanto a média quanto o desvio padrão são influenciados por valores extremos ou por uma distribuição enviesada de dados. Vejamos o caso do reservatório Epitácio Pessoa, por exemplo: a média aritmética foi 13,55 e o desvio padrão 25,73, dando a entender que os valores se encontram entre -12,18 (média menos desvio padrão) e 39,28 (média mais desvio padrão), quando a turbidez começa a ser medida a partir do número zero, não podendo dar

resultados negativos. Neste caso, a média e o desvio padrão foram influenciados por um número apenas (90) que está muito afastado dos demais, que variam entre 1 e 33, como pode ser visto como um pico na figura 77.



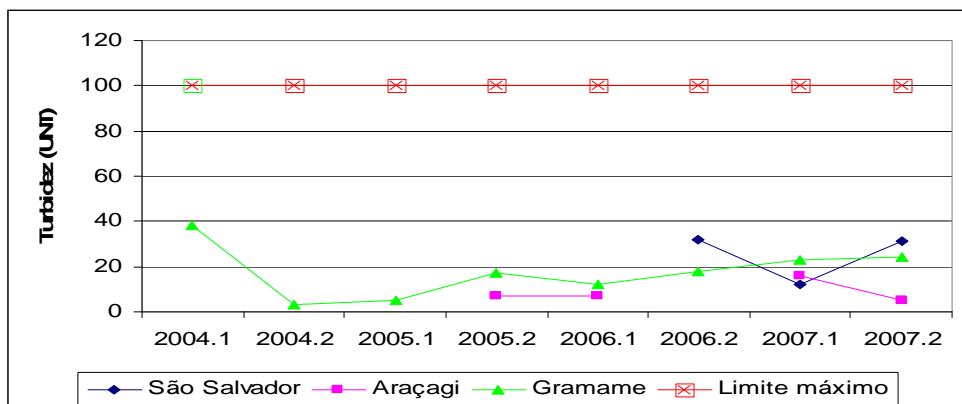
.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 76: Série histórica dos níveis de Turbidez nos reservatórios do Sertão (período 2004 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 77: Série histórica dos níveis de Turbidez nos reservatórios do Cariri (período 2002 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

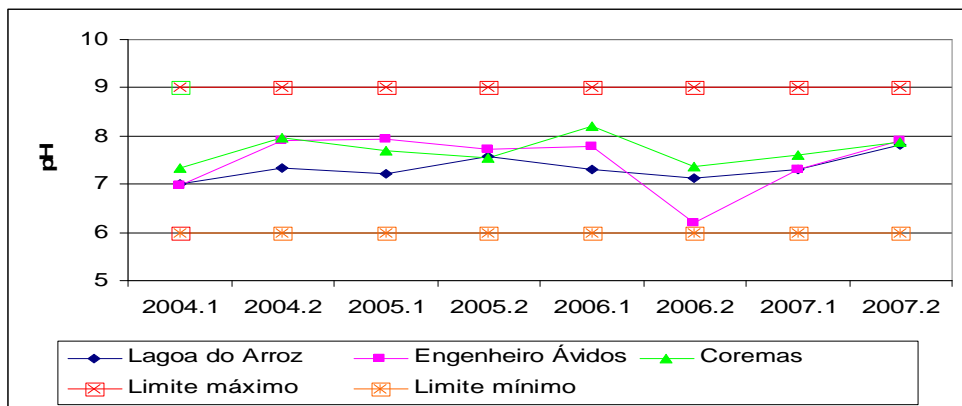
Figura 78: Série histórica dos níveis de Turbidez nos reservatórios da zona da Mata (período 2004 a 2007)

Quadro 20: Média aritmética e desvio padrão da série histórica da Turbidez nos reservatórios estudados.

Reservatório	Lagoa do Arroz	Engenheiro Ávidos	Coremas-Mãe D'água	Camalaú	Cordeiro	Epitácio Pessoa	Gramame-Mamuaba	São Salvador	Araçagi
Turbidez Média	5,38	3,19	3,73	5,57	5,82	13,55	17,53	-----	-----
Desvio padrão	6,91	2,10	2,00	4,87	6,33	25,73	11,24	-----	-----

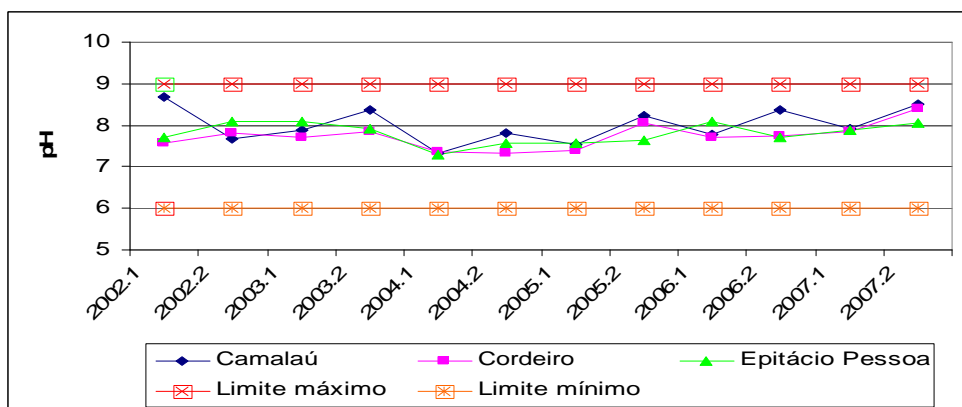
Exceto nos reservatórios Araçagi e Gramame da zona úmida do Litoral, todos os reservatórios apresentaram pH mais elevado durante a estação seca de 2007. Os valores de pH mais elevados foram encontrados no Cariri e durante a estação seca, todos acima de 8. Observando os dados de anos anteriores referentes ao pH dos reservatórios do Cariri, percebe-se um aumento deste durante a estiagem. De acordo com Esteves (1998), os reservatórios do Nordeste que se localizam em regiões com balanço hídrico negativo, podem ser considerados ecossistemas com predominância de valores elevados de pH, superiores a 8, principalmente na época da seca. Segundo este autor a intensa evaporação favorece a concentração de bicarbonatos no corpo aquático de regiões semi-áridas. Essas águas são ligeiramente alcalinas devido a presença de carbonatos e bicarbonatos naturalmente presentes no tipo de solo por onde a água percorre. Pedrosa (2005), citando alguns trabalhos realizados em reservatórios do estado da Paraíba, mostrou que no açude Soledade, localizado no semi-árido Paraibano, foi encontrado em 1973, pH de 8,9 na época da estiagem.

Diferentemente dos reservatórios do Cariri, o reservatório Gramame-Mamuaba apresentou valores mais baixos, mostrando uma tendência à acidez, como pode ser visto na figura 81 e no quadro 21. Os solos lateríticos onde se localiza o reservatório Gramame, são ácidos, podendo influenciar no potencial hidrogeniônico da água. Valores de pH ácidos são geralmente encontrados em lagos da Amazônia localizados principalmente sobre os sedimentos das formações barreiras indicando a abundância de ácidos húmicos (PEDROSA, 2005). Apesar dos reservatórios do Cariri apresentarem uma tendência à alcalinidade e do reservatório Gramame apresentar uma tendência à acidez, todos os resultados obtidos estiveram dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA (Figuras 79 a 81).



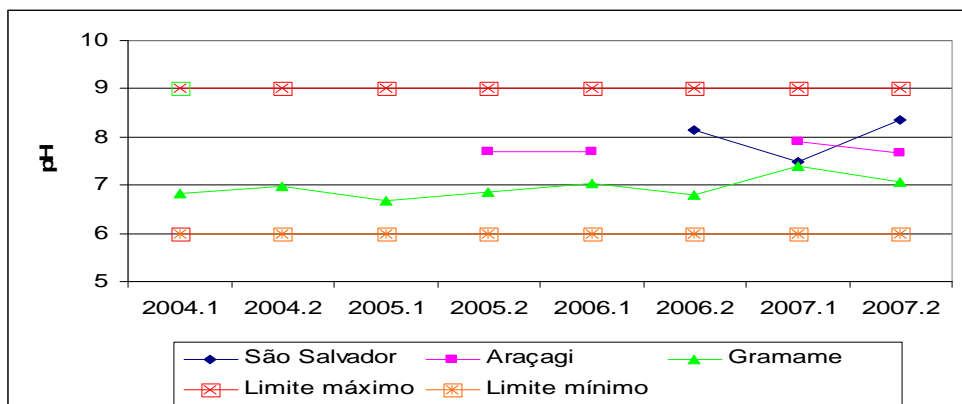
.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 79: Série histórica dos níveis de pH nos reservatórios do Sertão (período 2004 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 80: Série histórica dos níveis de pH nos reservatórios do Cariri (período 2002 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 81: Série histórica dos níveis de pH nos reservatórios da zona da Mata (período 2004 a 2007)

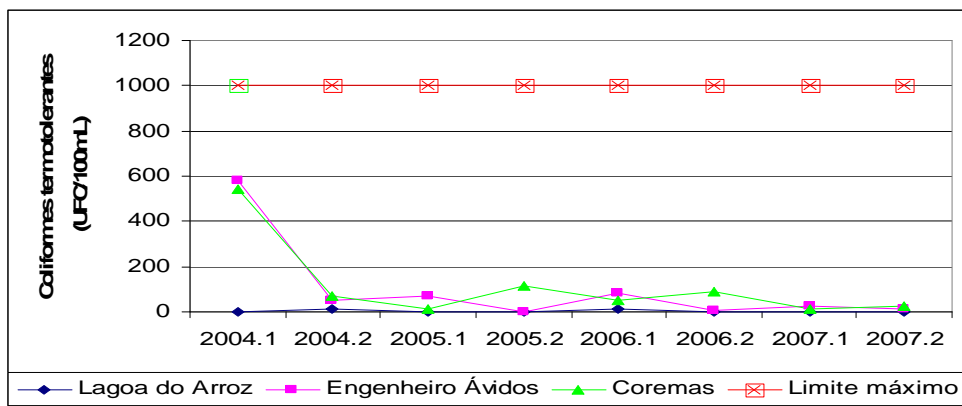
Quadro 21: Média aritmética e desvio padrão da série histórica do Potencial Hidrogeniônico dos reservatórios estudados.

Reservatório	Lagoa do Arroz	Engenheiro Avidos	Coremas-Mãe D'água	Camalaú	Cordeiro	Epitácio Pessoa	Gramame-Mamuaba	São Salvador	Araçagi
pH Média	7,34	7,46	7,70	8,01	7,73	7,80	6,95	-----	-----
Desvio padrão	0,25	0,61	0,29	0,41	0,30	0,26	0,22	-----	-----

Os valores obtidos para coliformes termotolerantes nos nove reservatórios estiveram dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA durante 2007. A quantidade maior de coliformes foi encontrada no reservatório Gramame com 620 UFC/100ml não ultrapassando o limite de 1000 UFC/100ml. Os reservatórios do Cariri apresentaram o menor número de coliformes termotolerantes. Observando os gráficos e o quadro com médias e desvio padrão (figuras 82, 83 e 84 e quadro 22), pode-se observar que, exceto no reservatório Camalaú, nos últimos anos um ou outro reservatório em determinado momento apresentou um pico elevado de coliformes, este pico aparece principalmente durante a estação chuvosa, porém em Gramame-Mamuaba não se observa um só pico e sim vários e o gráfico e a média apresentam sempre um número mais alto de coliformes do que qualquer outro açude aqui estudado.

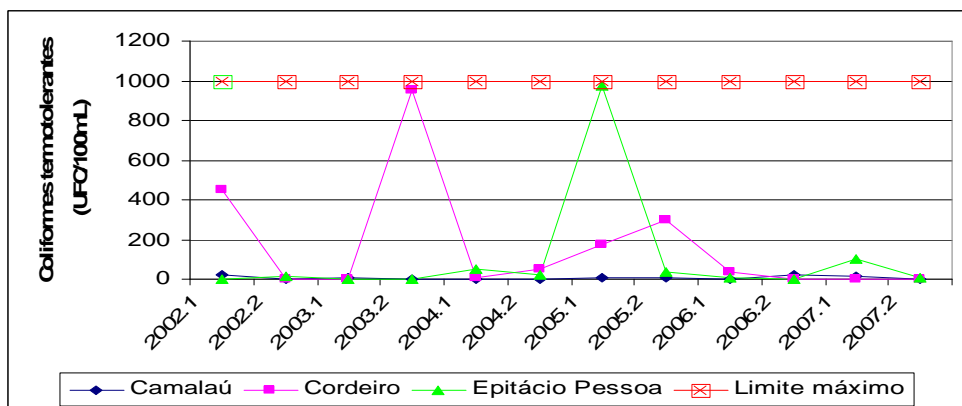
O desvio padrão calculado foi maior que a média em 6 de 7 reservatórios. A ampla variação nos níveis de coliformes termotolerantes são a causa de o desvio padrão ter sido maior que a média aritmética, sendo tanto a média quanto o desvio padrão influenciados por

valores extremos. Caso semelhante ocorreu na variável turbidez, como já foi explicado anteriormente.



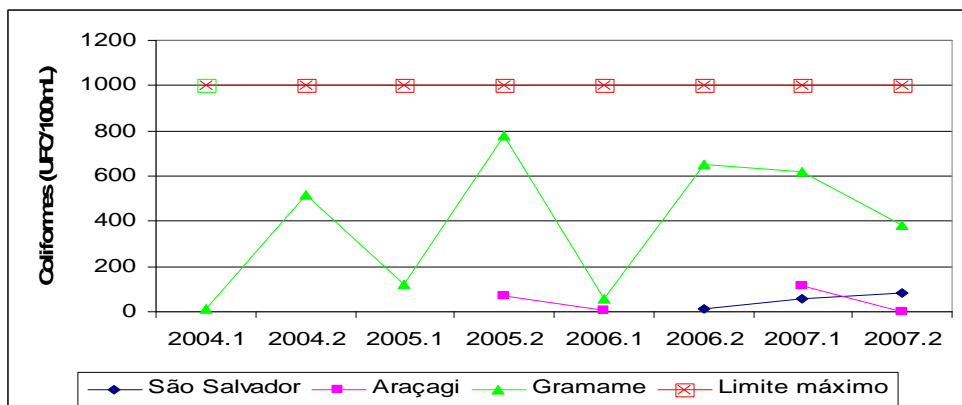
.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 82: Série histórica dos níveis de coliformes termotolerantes nos reservatórios do Sertão (período 2004 a 2007)



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 83: Série histórica dos níveis de coliformes termotolerantes nos reservatórios do Cariri (período 2002 a 2007)



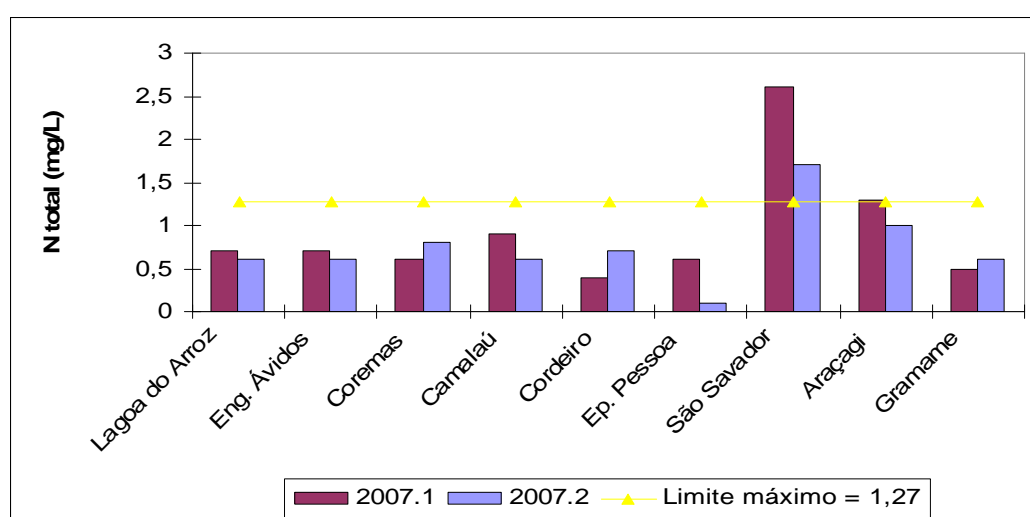
.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 84: Série histórica dos níveis de coliformes termotolerantes nos reservatórios da zona da Mata (período 2004 a 2007)

Quadro 22: Média aritmética e desvio padrão da série histórica de coliformes termotolerantes dos reservatórios estudados.

Reservatório	Lagoa do Arroz	Engenheiro Ávidos	Coremas-Mãe D'água	Camalaú	Cordeiro	Epitácio Pessoa	Gramame-Mamuaba	São Salvador	Araçagi
Coliformes termotolerantes Média	4,0	103,25	114,25	7,33	164,33	101,58	392,50	-----	-----
Desvio padrão	6,2	196,59	177,79	8,33	286,58	275,68	296,59	-----	-----

O nitrogênio total passou a ser analisado apenas neste ano de 2007 e, portanto não constam dados de anos anteriores. Analisando o ano de 2007, apenas nos reservatórios Araçagi e São Salvador foram encontrados níveis de nitrogênio total acima do permitido pelo CONAMA para águas doces da classe 2. O nitrogênio pode ter origem nos fertilizantes utilizados na agricultura, detergentes, esgotos domésticos e águas residuárias das estações de tratamento de esgoto (KELLER, 1996). Altas concentrações de nitrogênio também podem resultar no processo de eutrofização. Os reservatórios Araçagi e São Salvador apresentaram em 2007 índices acima do permitido pela resolução CONAMA não apenas quanto ao nitrogênio total, mas também em relação ao fósforo total e aos resíduos totais (Figura 85).



.1=estação chuvosa, .2=estação seca

Figura 85: Níveis de Nitrogênio total encontrado nos nove reservatórios durante as estações chuvosa e seca de 2007.

6.3. Síntese comparativa dos resultados

Podemos afirmar que 2007 foi um ano típico em relação às chuvas em todos os nove reservatórios estudados. A precipitação total anual esteve um pouco abaixo da média em cinco de nove reservatórios, mas a distribuição das chuvas se deu em conformidade sazonal com cada tipo de clima. Nos reservatórios do Sertão e do Cariri as precipitações praticamente cessaram no segundo semestre de 2007, enquanto que no litoral, apesar dos picos mais altos de chuva terem ocorrido durante os meses de inverno, nenhum mês obteve zero milímetros, havendo precipitação o ano inteiro.

No entorno dos reservatórios do Sertão de clima sub-úmido e do Cariri de clima semi-árido, a paisagem mostrou-se bem distinta entre as estações chuvosa e seca de 2007, cabendo principalmente à vegetação esse efeito contrastante na paisagem. Também no Sertão e Cariri os reservatórios perderam maior volume de água no decorrer do ano. Segundo Ab Sáber (2003), o predomínio de um clima sazonalmente seco projeta derivas radicais para o mundo das águas e no mundo das Caatingas.

Diferentemente das regiões semi-áridas e sub-úmidas, na zona da mata paraibana de clima tropical úmido, a paisagem manteve-se praticamente igual durante todo o ano. Isso se deve não só ao fato de haver maiores precipitações naquela região, mas por sua distribuição ocorrer durante quase todo o ano, permitindo a perenidade dos rios e a estabilidade no aspecto da vegetação. Independente da região climática, todos os nove reservatórios apresentaram um padrão sazonal no volume de água que acompanha as precipitações, com máximo de volume na época das chuvas e mínimo de volume na época da estiagem. Dos reservatórios estudados, os únicos que sangraram em 2007 foram São Salvador, Araçagi e Gramame-Mamuaba localizados na região úmida do Litoral paraibano. Os que apresentaram maior declínio no volume de água foram os dois maiores do estado: Coremas, localizado no Sertão e Epitácio Pessoa localizado no Cariri paraibano.

Quanto à qualidade da água, durante 2007, tanto na estação chuvosa quanto na seca os nove reservatórios apresentaram, através do cálculo do IQA, qualidade entre boa e ótima. Estes resultados são bastante positivos, pois demonstram que a qualidade da água de importantes reservatórios do estado da Paraíba encontra-se adequada aos padrões exigidos para amostras ambientais, sem oferecer riscos à saúde da população.

Estudos realizados em corpos hídricos de outros estados do Brasil, por exemplo, apontam uma baixa qualidade da água, se comparando aos resultados aqui obtidos. Medeiros

et al. (2004), encontrou em 2002, IQA menor que 19 qualificando a água como de péssima qualidade em três reservatórios localizados na bacia hidrográfica do rio Salitre, no estado da Bahia. Rino *et al.* (2001), realizando estudos sobre a qualidade da água do rio Bauru durante os anos de 1999 e 2000, encontrou, através do IQA, em sete de treze pontos analisados ao longo do rio, águas de péssima qualidade. Já Silva & Jardim (2006), analisando a qualidade da água do rio Itibaia-SP, durante os anos de 2000 à 2003, encontrou IQA bom para 27 amostras, IQA regular para 42 amostras e IQA ruim para 1 amostra dentre 70 amostras analisadas. Leite & Matsumoto (2004), analisando em abril de 2004 a qualidade da água do reservatório de Ilha Solteira, que se localiza entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, obteve resultados em seis pontos analisados, águas de boa qualidade, sendo que em nenhum dos trabalhos acima citados a qualidade da água foi ótima.

Porém, há uma ressalva a se fazer, é que a faixa do IQA proposta pela CETESB, na qual nos baseamos neste trabalho, acaba por beneficiar a qualidade da água se comparada a outros níveis de qualidade. Por exemplo, na faixa de valores do IQA utilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, os níveis de qualidade são mais exigentes do que o proposto pela CETESB, no momento em que a água passa a ser considerada de boa qualidade quando o resultado quantitativo do IQA for igual ou acima de 71, e não de 52 como mostra a tabela 2.

Tabela 2: Nível de qualidade da água segundo o IGAM e a CETESB.

Nível de qualidade	Faixa (IGAM)	Faixa (CETESB)
ÓTIMA	91 a 100	80 a 100
BOA	71 a 90	52 a 79
REGULAR	51 a 70	37 a 51
RUIM	26 a 50	20 a 36
PÉSSIMA	0 a 25	0 a 19

Fonte: IGAM, 2008; CETESB, 2008.

Se com os resultados obtidos dos reservatórios aqui estudados seguíssemos a faixa dos valores de qualidade proposta pelo IGAM, teríamos em 2007 os seguintes resultados: das 18 análises de IQA, 6 IQAs seriam regular e 12 seriam bons, sendo que em nenhum dos resultados a qualidade da água dos reservatórios seria ótima. Enquanto que obtivemos em

2007, 7 IQAs ótimos e 11 IQAs classificados como bons, adotando a faixa de qualidade da CETESB. Como neste trabalho, optou-se pelo IQA proposto pela CETESB, nos cabe agora analisar e comparar por região climática e com os níveis de antropismo os bons resultados obtidos entre os reservatórios.

Analisando os resultados dos IQAs por região climática, percebe-se através das médias que os IQAs mais altos ocorreram nos reservatórios do Cariri paraibano de clima semi-árido e Sertão de clima sub-úmido e os mais baixos nos reservatórios da zona da mata de clima úmido. Apesar de em 2007 os IQAs de todos os nove reservatórios terem sido satisfatórios, os mais baixos se deram nos reservatórios da região do Litoral nas duas estações do ano, como mostra o figura 86.

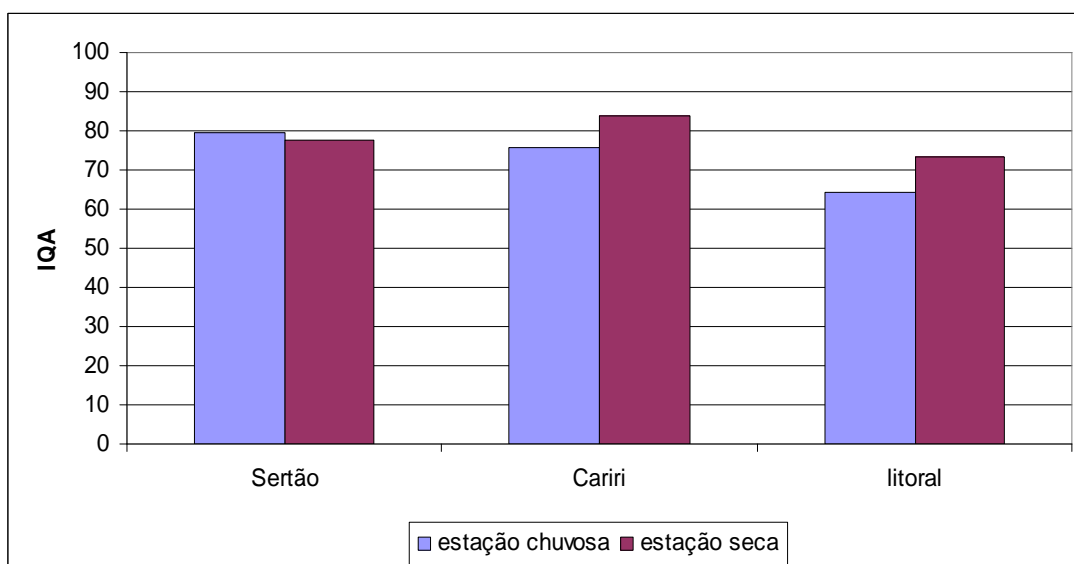


Figura 86: Médias dos IQAs por região climática dos nove reservatórios analisados durante as estações chuvosa e seca de 2007.

Quanto à sazonalidade, sete dos nove reservatórios aqui analisados apresentaram os melhores IQAs durante a estação seca. Estão inclusos os reservatórios Coremas e Epitácio Pessoa que apresentaram maior perda de volume de água durante esta estação e, no entanto, a qualidade da água dos dois reservatórios passou de boa na estação chuvosa para ótima na seca, havendo uma considerável melhora na qualidade da água na época da estiagem.

Toledo & Nicolella (2002), analisando através do IQA a qualidade da água em microbacias sob uso urbano e agrícola obtiveram como resultado uma influência pouco significativa do clima sobre a qualidade das águas, no entanto, segundo estes autores, as

análises do IQA indicaram que houve uma pequena deterioração da qualidade da água durante o período chuvoso.

É normal que alguns dos parâmetros que compõem o IQA apresentem maiores valores na época das chuvas, degradando a qualidade da água nesta estação frente à estação seca. Alguns desses parâmetros são a turbidez, a DBO, o nitrogênio e o fósforo total. Como exemplo, podemos citar alguns trabalhos como o de Arcova e Cicco (1999), que analisando a qualidade da água em microbacias com uso agrícola na região do Cunha - São Paulo, registraram os maiores picos de turbidez no período das chuvas. Neff *et al.* (2000), em estudo realizado nos Estados Unidos, afirma que há razões para acreditar que o aumento nos níveis de chuva poderia aumentar os fluxos de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo dos solos para os corpos aquáticos. Pedrosa (2005), em estudo realizado no reservatório Epitácio Pessoa no estado da Paraíba, observou que no ano de 2002 as maiores concentrações de DBO foram registradas na época das chuvas, indicando arrasto de material orgânico da bacia de drenagem enquanto as menores concentrações de DBO ocorreram na estiagem, influenciadas pela redução do escoamento superficial. Donádio *et al.* (2005), analisando a água de nascentes no estado de São Paulo obteve de maneira geral, médias superiores das variáveis fósforo, nitrogênio e DBO no período chuvoso.

Contudo, Medeiros *et al.* (2004) analisando a qualidade das águas na bacia do rio Salitre – Bahia, em oito pontos amostrados, que incluíam rios e reservatórios, durante a estação chuvosa e seca de 2002, observou através do IQA, que a qualidade das águas caiu do período úmido para o seco. Os únicos reservatórios aqui estudados que apresentaram esse padrão foram Lagoa do Arroz e Eng. Ávidos, sendo que no reservatório Engenheiro Ávidos a qualidade da água passou de ótima na estação chuvosa para boa na seca, enquanto que em Lagoa do Arroz esta se manteve em ótima nas duas estações.

Dessa forma, na média dos IQAs, por região climática, o Sertão foi a única região que apresentou melhor IQA na época das chuvas, enquanto que no Cariri e no Litoral esses IQAs foram melhores na época da seca (ver figura 86). Vale ressaltar que a estação seca no litoral é praticamente indiferente aos outros períodos do ano, em oposição às regiões semi-áridas e sub-úmidas do Cariri e Sertão paraibanos. De modo geral, todos os reservatórios apresentaram IQAs próximos, não havendo grandes discrepâncias entre as estações do ano e as regiões climáticas do estado.

O IQA foi utilizado pela CETESB de 1975 à 2001. A partir de 2002, com a crescente poluição dos corpos hídricos do estado de São Paulo, a CETESB passou a utilizar índices mais específicos, tais como o IAP (índice de qualidade para águas destinadas ao

abastecimento público) e o IVA (índice de qualidade para águas destinadas à proteção da vida aquática) (CETESB, 2008). No Estado da Paraíba, o IQA começou a ser realizado no ano de 2007 pela SUDEMA (Superintendência de Desenvolvimento e Meio Ambiente).

Entre as principais vantagens do IQA estão: a maneira simples e prática de se estimar a qualidade das águas; a facilidade na comunicação de resultados para o público não-técnico; o status maior do que o de parâmetros individuais; o fato de representarem uma média de diversas variáveis em um único número; pode dar uma idéia de tendência de evolução da qualidade da água ao longo do tempo; e permite comparações entre os diferentes corpos de água (RINO *et al.*, 2001; ABRAHÃO, 2006). Entre as desvantagens do IQA estão: o fato de sintetizar em um único número uma realidade complexa, onde inúmeras variáveis ambientais têm influencia; o fato de trabalhar com apenas nove parâmetros de qualidade, excluindo análises importantes, como de metais pesados; e o efeito eclipse, que resulta do processo de agregar inúmeras variáveis ambientais em um único número, o que pode produzir a atenuação do impacto negativo de uma das variáveis frente ao comportamento das outras (SILVA, 2006). A determinação de outros parâmetros, além dos estabelecidos pelo IQA, é muito importante na análise da qualidade dos corpos hídricos, pois eles podem indicar um grau de poluição não observado pelo cálculo de IQA (CARVALHO & STAPELFELDT, 2004).

Os reservatórios são detectores sensíveis de impactos antropogênicos, visto que são ecossistemas artificiais que integram as conseqüências do uso e ocupação do solo dentro dos limites de sua bacia de drenagem e por isso devem ser monitorados e geridos de modo a terem a melhor qualidade da água possível (MARIANI, 2006). As análises de qualidade da água dos reservatórios podem indicar impactos dos mais diversos tipos, a exemplo do lançamento de esgotos domésticos *in natura* no ambiente. Diversos estudos comprovaram que as atividades antrópicas têm comprometido seriamente a qualidade dos mais diversos corpos de água, sejam rios ou reservatórios através do desmatamento, da agricultura, da mineração, da urbanização, das indústrias, entre outras atividades (BRANCO, 2003). Segundo Mota (1995), quase todos os usos que o homem faz da água resultam na produção de resíduos, os quais são novamente incorporados aos corpos de água gerando a poluição que vem contribuindo com a degradação de corpos hídricos e alterando elementos importantes para a manutenção da vida e da qualidade da água. Perante esses fatos, achamos oportuno comparar os resultados dos IQAs realizados em 2007 com os níveis de antropismo calculados a 1Km das margens dos reservatórios estudados (quadro 23).

Observando os resultados expostos no quadro 23, percebe-se que os reservatórios com áreas mais modificadas no entorno se localizam na Zona da Mata ou Litoral paraibano, com

100% de área antropizada. Os reservatórios Araçagi e São Salvador foram os que apresentaram maior número de parâmetros em desacordo com a resolução CONAMA 375/2005. Em ambos os reservatórios os níveis de fósforo total e nitrogênio total estiveram acima dos limites permitidos.

Quadro 23: Qualidade da água e níveis de antropismo na área do entorno dos nove reservatórios inseridos nas distintas zonas climáticas do estado.

Reservatório	Tipo de clima	IQA (chuva)	Parâmetros em desacordo (chuva)	IQA (seca)	Parâmetros em desacordo (seca)	% de Área antropizada 1 Km (entorno)
Lagoa do Arroz	Aw'	ÓTIMA	Fósforo total	ÓTIMA	Fósforo total	77,1%
Engenheiro Ávidos	Aw'	ÓTIMA	Fósforo total	BOA	Fósforo total	85,95%
Coremas-Mãe D'água	Aw'	BOA	OD, Fósforo total	ÓTIMA	Fósforo total	98,79%
Camalaú	Bsh	BOA	Fósforo total	BOA	Fósforo total	23,94%
Cordeiro	Bsh	BOA	Fósforo total	ÓTIMA	Fósforo total	31,34%
Epitácio Pessoa	Bsh	BOA	Fósforo total	ÓTIMA	Fósforo total	78,11%
São Salvador	As'	BOA	Resíduos totais, Fósforo total, Nitrogênio total	BOA	Nitrogênio total, Fósforo total	100%
Araçagi	As'	BOA	OD, Resíduos totais, Nitrogênio total, Fósforo total	ÓTIMA	Resíduos totais, Fósforo total	100%
Gramame-Mamuaba	As'	BOA	Fósforo total	BOA	Fósforo total	100%

Vários trabalhos associam a presença de fósforo e nitrogênio na água às atividades agrícolas que empregam fertilizantes, uma vez que a lavagem dos solos agrícolas leva esses nutrientes aos corpos de água (ESTEVEZ, 1998; NEFF *et al.*, 2000; SANT'ANNA *et al.*,

2006), neste caso concordamos com esses trabalhos já que o entorno destes reservatórios encontra-se com forte atividade agrícola como a monocultura da cana-de-açúcar.

As atividades antrópicas mais desenvolvidas no entorno dos reservatórios da Zona da Mata são a monocultura da cana-de-açúcar, a agricultura irrigada, a pecuária e há também áreas desmatadas e habitações. No Sertão, as áreas de antropismo no entorno dos reservatórios apresentam as seguintes atividades: a policultura, a agricultura irrigada, áreas desmatadas e habitações incluindo vilarejos e pequenas cidades, a exemplo de Engenheiro Ávidos e Coremas. No Cariri, região que apresentou menores níveis de antropismo, as atividades mais desenvolvidas são a agricultura, a pecuária de caprinos e habitações. Os reservatórios do semi-árido, Camalaú e Cordeiro foram os que apresentaram menor porcentagem de áreas antropizadas e nas visitas *in loco* não foi observada nenhuma atividade agrícola intensa no entorno e sim a presença de vegetação Caatinga arbustivo-arbórea aberta.

Quanto a relação entre os resultados do IQA e o número de parâmetros que apresentaram desacordo com a resolução CONAMA, pôde-se notar que os reservatórios com águas de ótima qualidade tiveram apenas 1 parâmetro em desacordo com a norma e os reservatórios com água de boa qualidade, por vezes apresentaram mais parâmetros fora do limite, apenas no reservatório Araçagi, durante a estação seca, o IQA foi ótimo quando neste reservatório dois parâmetros estiveram acima do limite permitido pelo CONAMA.

Em relação aos IQAs e os níveis de antropismo, o reservatório Lagoa do Arroz foi o que apresentou melhor IQA em 2007 e, no entanto 77,1% da área do entorno está antropizada, enquanto que Camalaú, com 23,94% de área antropizada no entorno, teve qualidade boa nas duas estações. Como foi dito acima, apesar de estar com dois parâmetros em desacordo com a norma, o reservatório Araçagi apresentou na estação seca de 2007, água de ótima qualidade.

Considerando todas as abordagens apresentadas neste trabalho, chama a atenção o fato de que os cálculos de IQAs, embora sejam rotineiramente empregados em análises de qualidade de água, mostram distorções quando distintos ambientes submetidos a diferentes intensidades de antropismo são comparados. Ainda, ambientes 100% antropizados e com água de boa e ótima qualidade, diferem entre si com relação à quantidade de parâmetros em desacordo com a resolução CONAMA. Enquanto que em ambientes com baixos níveis de antropismo, como nos reservatórios Camalaú e Cordeiro, deveríamos esperar uma ótima qualidade das águas. Por esse motivo deve-se considerar tanto o tipo de atividade antrópica praticada nas redondezas quanto as características geográficas locais, uma vez que esses resultados de qualidade podem estar intimamente relacionados a estes fatores.

Finalmente, é alarmante o fato de que todos os reservatórios estudados apresentaram níveis de fósforo total acima do limite permitido pela norma nacional, uma evidencia de que processos de eutrofização podem estar ocorrendo, a despeito dos reservatórios apresentarem água de boa ou ótima qualidade do ponto de vista do seu uso, para abastecimento público após tratamento convencional. Assim, entende-se que a adoção de outros índices de qualidade da água, além do IQA, tais como o IVA e o IAP nos programas de monitoramento poderiam fornecer melhores resultados no futuro.

7. Conclusões

- A partir da análise dos resultados, concluiu-se que as águas dos reservatórios estudados estão apropriadas ao fim que se destinam, seja ao abastecimento público após tratamento convencional, irrigação, piscicultura, pesca e recreação;
- Os IQAs em 2007 mostraram que a qualidade das águas se manteve entre boa e ótima em todos os reservatórios nas duas análises realizadas durante a estação chuvosa e seca;
- No que diz respeito a sazonalidade, exceto no Sertão, os reservatórios apresentaram qualidade da água ligeiramente melhor durante a estação seca de 2007;
- Entre as diferentes regiões climáticas do estado, os resultados dos IQAs foram melhores para os reservatórios do Cariri, seguidos pelos do Sertão, e os IQAs mais baixos foram encontrados nos reservatórios da zona da mata paraibana;
- Apesar de estarem submetidos a períodos de secas prolongados e a perderem maior volume de água devido ao efeito da evaporação, os reservatórios do Cariri e do Sertão apresentaram os melhores IQAs no ano de 2007;
- A quantidade de parâmetros em desacordo com a resolução CONAMA em 2007, foi maior nos reservatórios localizados na Zona da Mata paraibana;
- O fósforo total foi o único parâmetro que esteve acima do limite permitido pela resolução CONAMA em todos os nove reservatórios estudados;
- Houve uma relação entre o clima e o tipo de solo com o pH de alguns reservatórios. Os valores mais altos ocorreram nos reservatórios do Cariri de clima semi-árido sobre solos Bruno não cálcicos, e o valor mais baixo foi encontrado no reservatório Gramame que se localiza na região de clima quente e úmido sobre solos lateríticos da formação barreiras;

- Apesar de estar dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA, o número de coliformes termotolerantes foi bem maior no reservatório Gramame-Mamuaba do que em qualquer outro reservatório aqui estudado, não só em 2007, mas também nos anos anteriores;
- Os reservatórios da Zona da Mata apresentaram maiores níveis de antropismo, com 100% de sua área original modificada, num raio de 1Km da margem;
- A agricultura, com predomínio da monocultura da cana-de-açúcar, é a principal atividade praticada nas bordas e arredores dos reservatórios da zona da mata;
- Apesar de apresentarem água de boa qualidade, os reservatórios da zona da mata paraibana se encontram mais impactados no entorno e com maior número de parâmetros de qualidade da água fora dos limites estabelecidos;
- A conclusão que chegamos é que os IQAs mais baixos foram encontrados nos reservatórios mais impactados pela ação antrópica, independente das condições físicas ou climáticas da sua área de localização.

8. Perspectivas e recomendações

Os reservatórios aqui estudados apresentaram água de boa qualidade e servem aos mais diversos fins, sendo os principais o abastecimento público, a irrigação, a piscicultura, a pesca e as atividades de lazer. A manutenção da qualidade dessas águas deve ser prioridade tanto dos órgãos ambientais responsáveis quanto da população que delas tira proveito.

As análises de qualidade da água e a aplicação do IQA terão continuidade nos próximos anos através do programa de monitoramento desenvolvido pela SUDEMA. O cálculo das áreas de antropismo no entorno dos reservatórios também será realizado para mais doze açudes e esses resultados serão utilizados no projeto “Detecção de cianobactérias tóxicas e microcistina em reservatórios de água do estado da Paraíba”.

Segundo Branco (2003), medidas disciplinadoras devem ser tomadas visando a proteção da qualidade das águas, tais como: tratamento de esgotos e de águas residuárias antes que estes sejam lançados aos corpos receptores; manutenção da cobertura vegetal mínima que atenua os efeitos da erosão e de transporte de material da superfície para os corpos de água; restrições às atividades agropecuárias que utilizam fertilizantes químicos e agrotóxicos; restrições à implantação de determinados tipos de indústria; limites à densidade populacional,

uma vez que a população produz certa quantidade de lixo e esgoto. Deve-se alertar que não só o monitoramento das águas poderá garantir a proteção de sua qualidade, mas um planejamento adequado dos usos da água nos corpos hídricos e do solo nas redondezas.

De acordo com Calijuri *et.al.* (2006), as metodologias para corrigir a poluição de corpos hídricos são muito mais caras e de resultado relativo, enquanto que a prevenção, principalmente através da redução da entrada de nutrientes e o controle da eutrofização, além de mais barata é mais efetiva em longo prazo. Sendo o fósforo total o nutriente mais importante no processo de eutrofização, estudos devem ser realizados nos nove reservatórios aqui estudados visando evitar e/ou minimizar as conseqüências desse processo. Outra recomendação é que se façam estudos mais detalhados sobre as atividades antrópicas desenvolvidas no entorno desses reservatórios a fim de identificar quais são as atividades mais impactantes para o ambiente e para as águas.

Referências

ABRAHÃO, Raphael. **Impactos do lançamento de efluentes na qualidade da água do riacho Mussuré.** (Dissertação) PRODEMA UFPB/UEPB – João Pessoa, 2006.

AB SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.pb.gov.br/aesa>. Acesso em: 21 dez. 2007.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região do Cunha, estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, N^o 56, 125 – 134, dez. 1999.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos.** 8^a ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

BASIN – Boulder Area Sustainability Information Network. Disponível em: http://www.bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi_nsf.html. Acesso em: 05 jan. 2008.

BRANCO, Samuel Murgel. **Ecologia - Educação ambiental:** ciências do ambiente para universitários. São Paulo: CETESB, 1980.

BRANCO, Samuel Murgel. **Água:** origem, uso e preservação. 2^a ed. – São Paulo: Editora Moderna, 2003.

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Disponível em: <http://www.cagepa.pb.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2008.

CALIJURI, M. C.; ALVES, M. S. A.; SANTOS, A. C. A. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais.** São Carlos: RiMa, 2006.

CÂMARA, Eunice Porto. **Otimização da água do reservatório Coremas / Mãe D'Água para múltiplos usos.** (dissertação), Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 2000.

CARVALHO, F. C.; STAPELFELDT, F.. Qualidade das águas do Ribeirão Ubá – MG. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, 57 (3): 165 – 172, jul. set. 2004.

CARVALHO, Maria Gelza Fernandes de. **Estado da Paraíba - Classificação Geomorfológica**. João Pessoa: Editora Universitária, 1982.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 03 jan. 2008.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução número 357/2005**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 17 mar. 2005.

DNOCS – Departamento de Obras Contra a Seca. **Fichas técnicas dos reservatórios**. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br>. Acesso em: 28 out. 2007.

DONADIO, M. M. N.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R. C.. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, vol. 5, N^o 1, 115 – 125, jan/abr. 2005.

DREW, David. **Processos interativos homem - meio ambiente**. 6^a ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19^a ed. – Washington, DC: APHA, 1995.

EMBRAPA. **Aspectos climáticos e pluviométricos da Paraíba**. Comissão Estadual de planejamento agrícola. João Pessoa: CEPA, 1973.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. 2^a ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FATOS E NÚMEROS: BRASIL. Ano 1, Edição 1. **Paraíba**. P.85, 2004.

FELICIANO, M. L. M. & MELO, R. B. (Org.). **Atlas do estado da Paraíba – informação para gestão do patrimônio natural**. 1^a ed. João Pessoa: SEPLAN/IDEME, 2003.

GEOPORTAL AESA. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/sigaesa.html>. Acesso em: 10 jul. 2007.

GUERRA, Antonio Teixeira. **Novo dicionário geológico – geomorfológico**. 2ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

IDEME – Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba. Disponível em: <http://www.ideme.pb.gov.br>. Acesso em: 15 out. 2006.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Disponível em: http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/downloads/SCQA_final.pdf. Acesso em: 02 jan. 2008.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 08 ago. 2007.

KELLER, E.A. **Environmental geology**. 7ª ed - United States of America: Printice-Hall, 1996.

LEITE, Maurício Augusto; MATSUMOTO, Tsunao. Avaliação da Qualidade da água do reservatório de Ilha Solteira (Brasil) visando seu aproveitamento múltiplo. In: XXIX Congresso de la Asociacion Interamericana de Ingenieria Sanitaria y Ambiental (AIDIS). **Anais..** San Juan – Puerto Rico: AIDIS, 2004.

LUCENA, Rebecca Luna, VIANNA, P. C. G.; VIERA, I.; MADRUGA, A. G. C.. O Brejo e o Curimataú: contraste pluviométrico entre duas regiões vizinhas na Paraíba. In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Natureza, geotecnologias, ética e gestão do território: **Anais..** Natal – Rio Grande do Norte: CCHLA/UFRN, 2007.

MALONE, L. J. **Basic Concepts of Chemistry**. 5ª ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 1996.

MARIANI, C. F. **Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento**. (dissertação) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MARINHO, Livia de Souza. **Abastecimento de água em pequenos aglomerados urbanos do estado da Paraíba**. (dissertação) UFPB/CT, João Pessoa, 2006.

MCHARG, I. L. **Design with Nature**. Philadelphia: Eugene Feldman, The Falcon Press, 1972.

MEDEIROS, Y.D.P. (Coord.) **Gerenciamento dos recursos hídricos do semi-árido estado da Bahia**: enquadramento de rio intermitente – estudo de caso rio Salitre. (Projeto e subprojeto). Vol. 2, Cap. 6, Bahia: CT-HIDRO/UFBA, 2004.

MENDONÇA, Francisco. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

MENEZES, A. C. L. M.; GADELHA, C. L. M.; JÚNIOR, W. R. S.; MACHADO, T. T. V.; ALMEIDA, T. M. V.. Caracterização da água de lavagem de uma estação de tratamento de água, com vistas ao reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol. 9, 191-196, 2005.

MERRITTS, Dorothy J.; DE WET, Andrew & MENKING, Kirsten. **Environmental geology**: An Earth system science approach. Nova York: WH Freeman & Co, 1998.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Documento de introdução: Plano nacional de recursos hídricos – iniciando um processo de debate nacional**. Brasília: MMA, 2005.

MOREIRA, E.R.F. **Conhecendo a Paraíba**. João Pessoa, ano 1, N° 1, março, 2002.

MOREIRA, E.R.F. **Mesorregiões e microrregiões da Paraíba**: Delimitação e caracterização. João Pessoa: Gasplan, 1989.

MOTA, Suetônio. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2ª ed. – Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NEFF, Rob.; CHANG, Heejun.; KNIGHT, C. Gregory.; NAJJAR, Raymond. G.; YARNAL, Brent.; WALKER, Henry. A.. Impact of climate variation and change on mid-Atlantic Region hydrology and water resources. **Climate Research**, vol. 14, 207 – 218, may. 2000.

NIMER, Edmon. **Pluviometria e recursos hídricos dos estados de Pernambuco e Paraíba**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

PACHECO, Christina. **Utilização de métodos moleculares na detecção de *Microcystis spp.* potencialmente hepatotóxicas em reservatórios de água do Rio Grande do Norte**. (dissertação), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2006.

PARAÍBA, GOVERNO DO ESTADO. Secretaria de Educação. Universidade Federal da Paraíba. **Atlas Geográfico da Paraíba**. João Pessoa: Grafset, 1985.

PEDROSA, Andrezza de Sousa. **Atividades antropogênicas na Bacia de drenagem e qualidade das águas do açude Epitácio Pessoa - PB**. (dissertação). Campina Grande: UEPB/UFPB, PRODEMA, 2005.

REBOUÇAS, A. de C. (Org). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

RINO, C. A. F.; SAGGIORO, N. J.; HERCULIANI, L. A.. Avaliação da qualidade das águas do rio Bauru – determinação do IQA. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001 João Pessoa. **Anais..** Rio de Janeiro: ABES, 2001.

SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; AGUJARO, L. F.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, L. R.; SOUZA, R. C. R. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias plactônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Editora Interciência; São Paulo: SBFic, 2006.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F.. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia – SP. **Química Nova**, vol. 29, Nº 4, 689 – 694, 2006.

SILVA, Rita de Cássia Assis & ARAÚJO, Tânia Maria. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência e Saúde Coletiva**, vol. 8, n. 4, 2003.

SOBRINHO, J. F.; FALCÃO, C. L. da Costa. (orgs.). **Semi-árido: diversidade, fragilidades e potencialidades**. Sobral: Sobral Gráfica, 2006.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. Gerenciamento da qualidade de águas de represas. In: **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. São Carlos: ILEC, 2000.

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.sudema.pb.gov.br>. Acesso em: 05 ago. 2007.

SUDEMA. **Atualização do diagnóstico florestal do estado da Paraíba**. João Pessoa: SUDEMA, 2004.

SUDENE. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste:** estado da Paraíba. Série Pluviométrica 5. Recife: SUDENE, 1990.

SUDERHSA. **Qualidade das águas interiores do estado do Paraná:** 1987 – 1995. Curitiba: SUDERHSA, 1997.

TOLEDO, Luiz Gonzaga de; NICOLELLA, Gilberto. Índice de Qualidade da Água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, vol. 59, N° 1, jan./mar. 2002.

TOLENTINO, Mario. Romeu C. Rocha-Filho, Roberto Ribeiro da Silva. **O azul do Planeta:** um retrato da atmosfera terrestre. São Paulo: Moderna, 1995.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 2ª ed. – Porto Alegre: ABRH, 1997.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. da. Contribuição da cidade de Botucatu – SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. **Eclética Química**, São Paulo, vol. 22, p. 31-48, 1997.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Atlas climatológico do estado da Paraíba.** Campina Grande: UFPB/ Núcleo de Meteorologia Aplicada, 1987.

VENTURI, Luis Antonio Bittar (org.). **Praticando Geografia:** técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)