

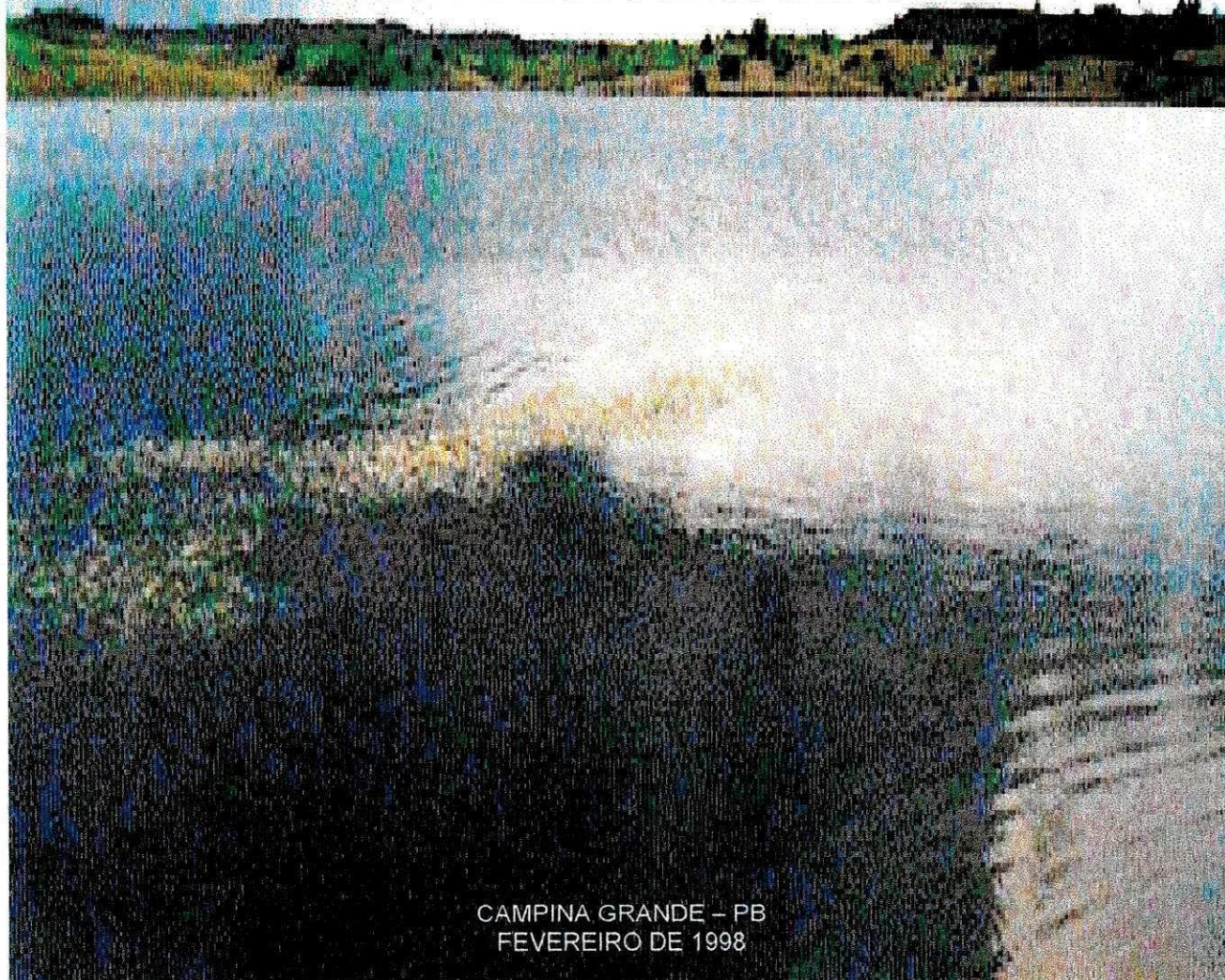
**ÁREA DE ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – CAMPUS II**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

**TÍTULO: ESTUDOS HIDROLÓGICOS DE UM RESERVATÓRIO FLUVIAL  
COM VISTAS À AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE ASPECTOS  
QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS**

**ALUNO: JEAN LEITE TAVARES**

**ORIENTADOR: RAIMUNDO SÉRGIO SANTOS GÓIS**



CAMPINA GRANDE – PB  
FEVEREIRO DE 1998



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
ÁREA DE ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

**PERÍODO DO ESTÁGIO: 7 DE OUTUBRO DE 1997 A 31 DE JANEIRO DE 1998**

**CARGA HORÁRIA TOTAL: 365 HORAS**

**ALUNO:** Jean Leite Tavares.  
**JEAN LEITE TAVARES**

**ORIENTADOR:** Raimundo Sérgio Santos Góis  
**RAIMUNDO SÉRGIO SANTOS GÓIS**

**CAMPINA GRANDE – PB  
FEVEREIRO DE 1998**



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

1.0 - INTRODUÇÃO .....	2
2.0 - OBJETIVOS .....	5
3.0 - MATERIAIS E MÉTODOS .....	7
3.1 - Aspectos Geomorfológicos e Fisiográficos da Área Estudada .....	8
3.2 - Aspectos Climatológicos .....	8
3.3 - Descrição do local amostrado .....	8
3.4 - Pontos de Amostragem .....	9
3.5 - Período e Freqüência de Amostragem .....	14
3.6 - Procedimento de Coleta e Preservação das Amostras .....	14
3.7 - Variáveis Analisadas e Métodos Analíticos .....	15
3.7.1 - Variáveis Físico-químicas .....	15
3.7.1.1 - Temperatura da água .....	15
3.7.1.2 - Potencial hidrogeniônico .....	15
3.7.1.3 - Oxigênio dissolvido .....	16
3.7.1.4 - Condutividade elétrica .....	17
3.7.1.5 - Sólidos totais e frações .....	17
3.7.1.6 - Sólidos suspensos e frações .....	18
3.7.2 - Variáveis Microbiológicas .....	18
3.7.2.1 - Coliformes fecais .....	18
3.7.3 - Variáveis Hidrológicas .....	19
3.7.3.1 - Precipitação .....	20
3.7.3.2 - Temperatura do ar .....	22
3.7.3.3 - Umidade Relativa .....	22
3.7.3.4 - Velocidade do vento .....	22
3.7.3.5 - Volume afluente .....	23
3.7.3.6 - Evaporação .....	23
3.7.4 - Análise Estatística .....	24
4.0 - RESULTADOS .....	25
4.1 - Análises dos Resultados .....	26
4.2 - Gráficos e Tabelas .....	29
5.0 - CONCLUSÕES .....	31
6.0 - RECOMENDAÇÕES .....	33
7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35

**1.0 - INTRODUÇÃO**

## 1.0 - INTRODUÇÃO

A terra possui aproximadamente  $1,36 \times 10^{18}$  metros cúbicos de água. No entanto 97% é água salgada (mares); 2,2% formam as calotas polares e apenas 0,8% estão sob a forma de água doce; sendo que destes, 97% são águas subterrâneas e 3% são águas superficiais, de extração mais fácil. Daí a necessidade de se preservar os recursos hídricos existentes na terra (VON SPERLING, 1995).

É de fundamental importância para a saúde e progresso de qualquer comunidade que esta possua água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para todas as suas necessidades (OLIVEIRA, 1987).

Esses fatores mostram a urgência em se considerar a água como um recurso natural relativamente escasso, não completamente renovável e que deve ser preservado, evitando-se sua contaminação, particularmente da pequena fração mais facilmente disponível.

Com o aumento das populações ocorre conseqüentemente um maior consumo dos recursos hídricos para fins domésticos, industriais e agrícolas. No entanto, o uso indiscriminado dos mananciais resulta na degradação de corpos hídricos e no comprometimento das reservas futuras.

Para suprir a crescente demanda de água surgiu a construção de reservatórios para fins múltiplos. Represas e açudes, inicialmente, foram construídos como pequenos sistemas de acumulação de água com o propósito de irrigação, controle de inundações e abastecimento. Posteriormente foram substituídos por grandes empreendimentos destinados à produção de energia elétrica e para recreação, transporte, produção de biomassa, irrigação e suprimento de água (TUNDISI et al., 1988).

No nordeste brasileiro, é comum encontrar água acumulada em represas ou açudes, devido aos freqüentes períodos de estiagem. Nesta região, pode-se observar a real importância dos reservatórios para a população que utiliza suas águas.

Devido às condições climáticas estes açudes estão submetidos à intensa evaporação, a qual acelera o processo de salinização das águas acumuladas.

Em regiões áridas como o nordeste do Brasil a escassez dos recursos hídricos leva a múltiplos usos das águas de represas (dessedentação de animais, banho, lavagem de vestuário, etc.). A utilização destes recursos de forma desordenada acarreta problemas com a qualidade das águas, devido à poluição com produtos causadores da eutrofização do corpo aquático, além da contaminação com fezes o que pode provocar doenças de veiculação hídrica.

Daí, a necessidade de se tomar decisões para o manejo mais adequado destes reservatórios, seja para tentar a recuperação dos já alterados ou para manter as características qualitativas dos que possuem pouca ou nenhuma contaminação. Para isso, faz-se necessário a integração de estudos hidrológicos com aspectos da quantidade e qualidade da água represada, associando estes às variações climáticas regionais.

**2.0 - OBJETIVOS**



## 2.0 - OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são:

- Estudar as relações entre as variáveis de quantidade e qualidade da água da represa São Salvador;
- Avaliar o grau de interação dos fatores hidrológicos no processo de eutrofização na represa São Salvador.

### **3.0 - MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.0 - MATERIAIS E MÉTODOS**

#### ***3.1 - Aspectos Geomorfológicos e Fisiográficos da Área Estudada***

O açude São Salvador e seu principal tributário, o rio do mesmo nome, estão localizados na região nordeste do Brasil, no estado da Paraíba, no município de Sapé (7° 06'S; 35° 14' 5" W) e inseridos na Bacia Inferior do Rio Paraíba, na microregião homogênea do agreste paraibano (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985).

O solo se compõe de rochas cristalinas (baixa infiltração e alto escoamento superficial) parcialmente cobertas por sedimentos do grupo Barreiras. As rochas não alteradas são gnaiss, migmatitos e granitos (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985).

#### ***3.2 - Aspectos Climatológicos***

O tipo de clima predominante é o Bsh de Köpen: quente e seco no verão e úmido no inverno. A temperatura média oscila entre uma máxima de 34°C e uma mínima de 18°C. A precipitação média anual é em torno de 991 mm, concentrados em 7 meses (março-setembro). Foram registrados verões com balanço hídrico anual negativo, quando a evaporação supera a precipitação. A taxa média de evaporação é de 700 mm/ano (ATECEL, 1990).

#### ***3.3 - Descrição do local amostrado***

O açude São Salvador começou a ser formado em 1992 pelo represamento do riacho São Salvador. Atingiu sua cota máxima em julho-agosto de 1993. O terreno inundado não foi previamente desmatado (ATECEL, 1990).

Dados do projeto (ATECEL, 1990) indicam que o açude faz parte de uma bacia hidrográfica de 109 Km<sup>2</sup>, possui uma bacia hidráulica de 1.953.800 m<sup>2</sup> e uma capacidade de armazenamento de 12.627.520 m<sup>3</sup>.

O objetivo da construção da barragem foi a regularização da vazão do riacho e o suprimento de água potável para quatro municípios: Sapé, Mari, Caldas Brandão e Mulungu. Foi estimado que até o ano 2.030 a represa terá capacidade de abastecimento para 177.800 habitantes, quando atingirá sua capacidade de armazenamento. A perenização do riacho deverá satisfazer às necessidades da população ribeirinha de consumo humano, dessedentação de rebanhos, irrigação e pesca.

### **3.4 - Pontos de Amostragem**

As amostragens das águas da represa São Salvador foram feitas em 7 pontos, sendo 4 nas margens e 3 no centro (Figura 3.1 e 3.2).

Nestes pontos foram analisadas as seguintes variáveis hidrológicas qualitativas e quantitativas: temperatura da água; potencial hidrogeniônico; oxigênio dissolvido; condutividade elétrica; sólidos totais e frações; sólidos suspensos e frações; coliformes fecais; precipitação diária; temperatura do ar; umidade relativa; volume afluente; velocidade do vento e evaporação.

Os critérios utilizados para a escolha dos pontos foram: presença/ausência de atividades humanas e agrícolas, facilidade de acesso e proximidade com a barragem/sangradouro. Os três pontos centrais da represa foram determinados com um distanciamento médio aproximado de 2,5 Km entre eles. Este distanciamento permitiu cobrir uma extensão de 5 Km ao longo do eixo longitudinal (de aproximadamente 8 Km de extensão).

A seguir são descritos os pontos de coleta:

- RS1: localizado na margem sul da barragem a 500 m considerados em linha reta a partir do centro da mesma; é um local usado para lavagem de roupas e para recreação de contato primário;



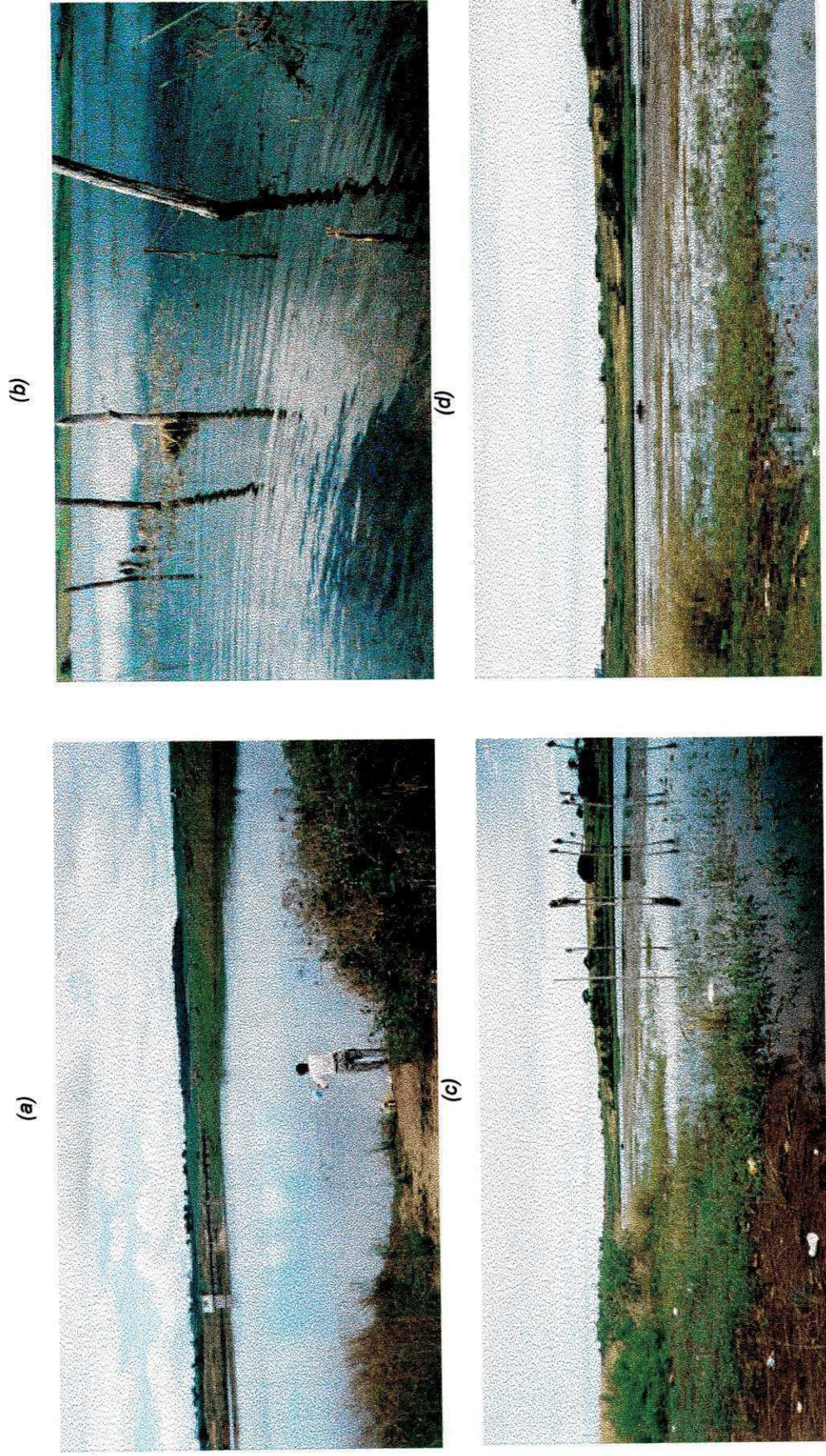


Figura 3.1 Visualização dos pontos amostrados na Represa São Salvador, Sapé (PB): (a) RS1; (b) RS2; (c) RS3 e (d) ponto RS4



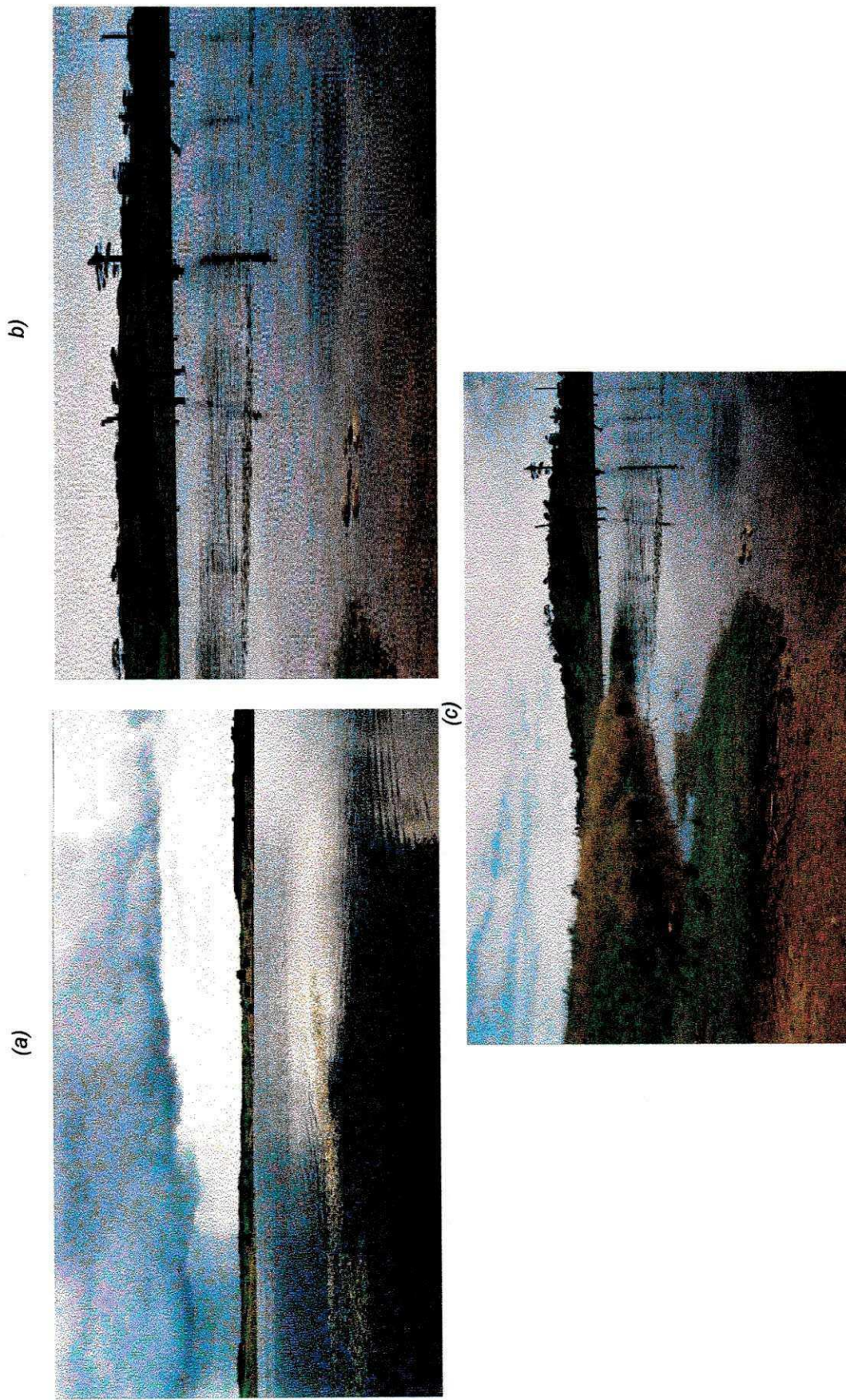


Figura 3.2 - Visualização dos pontos amostrados na Represa São Salvador, Sapé (PB): (a) RS5; (b) RS6 e (c) ponto RS7.

### **3.5 - Período e Frequência de Amostragem**

O período de amostragem foi iniciado em 26 de fevereiro e finalizado em 10 de dezembro de 1996, abrangendo seis meses do período de chuva (fevereiro-julho) e cinco de estiagem (agosto-dezembro). As coletas de amostras eram realizadas a cada 15 dias.

### **3.6 - Procedimento de Coleta e Preservação das Amostras**

A coleta de amostra foi feita nos primeiros 30 cm de profundidade. Foi realizada com o auxílio de um balde atado a um cordão de nylon ou mergulhando o frasco de coleta diretamente na água. A amostragem dos pontos centrais foi feita com o auxílio de um barco a remo, devidamente equipado.

As amostras destinadas às análises físico-químicas foram coletadas em garrafas plásticas com capacidade de 2 litros, exceto para oxigênio dissolvido. Para este parâmetro a coleta era efetuada diretamente nos frascos padrões de DBO e imediatamente se procedia a fixação do oxigênio dissolvido segundo a técnica de Winkler (APHA, 1989).

Para as análises microbiológicas, as amostras eram coletadas em frascos de vidro cor âmbar de um litro de capacidade, estéreis (170°C - 2 horas em estufa) de boca larga e protegida com papel de alumínio. Após as coletas, as amostras eram preservadas em caixas de isopor com gelo, a uma temperatura inferior a 10°C e transportadas ao Laboratório de Saneamento da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental DEC/CCT/UFPB, onde foram executadas as análises. O tempo transcorrido entre a coleta e o processamento não excedeu as 8 horas.

### **3.7 – Variáveis Analisadas e Métodos Analíticos**

#### **3.7.1 - Variáveis Físico-químicas**

##### **3.7.1.1 - Temperatura da água**

A temperatura é um parâmetro importante pois influencia nos processos metabólicos de catabolismo e anabolismo celular e portanto na respiração dos microrganismos. Desta forma tem um efeito direto nos processos oxidativos de decomposição biológica da matéria orgânica. Observa-se ainda que para aumentos de 10°C na temperatura ocorre uma duplicação da taxa metabólica (ESTEVES, 1988). Portanto, quanto maior for a temperatura, maior será a eficiência metabólica, maior será a velocidade dos processos de biodegradação da matéria orgânica e conseqüentemente maior será o consumo de oxigênio dissolvido na massa de água (ESTEVES, 1988; VON SPERLING, 1995).

A elevação da temperatura diminui a solubilidade dos gases e portanto a concentração dos mesmos na massa de água. Assim, quanto maior a temperatura, menor a concentração de oxigênio dissolvido e dióxido de carbono.

Na pesquisa este parâmetro foi determinado diretamente na massa de água com um termômetro de filamento de mercúrio (marca INCOTERM, escala de 0 a 60°C).

##### **3.7.1.2 - Potencial hidrogeniônico**

O pH pode ser considerado como um dos parâmetros ambientais mais importantes, ao mesmo tempo que é um dos mais difíceis de se interpretar. Esta complexidade advém do grande número de fatores que o influenciam, por exemplo gases dissolvidos como o dióxido de carbono. A decomposição da



matéria orgânica, através do metabolismo heterotrófico e as atividades fotossintéticas provocam variações do pH que se refletem diretamente nas próprias atividades metabólicas dos microrganismos que participam do processo (BRANCO, 1986). Em águas naturais o pH predominante se apresenta na faixa de 6,5 a 8,7. A biota em geral está melhor adaptada a pH em torno do neutro, assim quando as variações de pH ficam próximas a 4,5 ou superiores a 8,5 ocorrem restrições à diversidade de espécies.

Este parâmetro foi avaliado pelo método potenciométrico em um aparelho marca ORION RESERCH, modelo SA 210, calibrado com padrões 4, 7 e 9).

#### 3.7.1.3 - Oxigênio dissolvido

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização dos ecossistemas aquáticos. Suas principais fontes são: o ar atmosférico através da reaeração mecânica e da turbulência causada pela ação dos ventos e a fotossíntese. Esta última é a responsável, em horas de máxima insolação, por níveis de super saturação. As diminuições são causadas pela respiração da biota nos processos de biodegradação aeróbia da matéria orgânica e perdas químicas com a oxidação de íons metálicos como por exemplo ferro e manganês (BRANCO, 1986). O oxigênio dissolvido tem sido utilizado tradicionalmente para a determinação do grau de poluição e de autodepuração em cursos d'água. Em corpos aquáticos o seu decréscimo é considerado o principal efeito da poluição orgânica (VON SPERLING, 1995).

As concentrações de oxigênio dissolvido foram determinadas pelo método titulométrico de Winkler, modificação da azida sódica em amostras pré-fixadas no campo (APHA, 1989).

#### 3.7.1.4 - Condutividade elétrica

A condutividade da água é a medida da sua capacidade de conduzir corrente elétrica. Esta propriedade está diretamente relacionada com a concentração total de substâncias ionizadas e com a temperatura na qual foi realizada a medição. Sendo assim, torna-se um bom indicador da concentração total dos sais presentes na água (APHA, 1989).

Este parâmetro foi medido no campo, com um condutivímetro portátil marca CORNING PS 17 previamente calibrado. No laboratório, o valor da condutividade elétrica do campo foi confirmada em um condutivímetro de bancada marca ANALYSER calibrado com uma solução de KCl de concentração conhecida e fornecida pelo fabricante.

#### 3.7.1.5 - Sólidos totais e frações

Os sólidos totais são definidos como o material residual deixado numa cápsula de porcelana após evaporação da amostra e subsequente secagem à temperatura constante. O parâmetro inclui os sólidos suspensos totais e os sólidos totais dissolvidos. Segundo VON SPERLING (1995), todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos.

Os sólidos totais são compostos das frações de sólidos fixos e voláteis. Seu valor é obtido pelo peso do resíduo total na cápsula de porcelana após evaporação da amostra em banho-maria e secagem em estufa a 103 - 105°C, até peso constante. Sólidos fixos é um termo aplicado ao resíduo total após ignição em mufla da cápsula de porcelana durante 20 minutos a 500°C. Os sólidos voláteis são obtidos pela diferença entre os sólidos totais e os sólidos fixos. A quantificação de sólidos fixos ou voláteis não indica determinação de material orgânico e inorgânico, devido a inclusão nestas perdas da decomposição e/ou volatilização de alguns minerais (APHA, 1989).

Os sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos totais voláteis foram determinados pelo método gravimétrico segundo APHA (1989).

#### 3.7.1.6 - Sólidos suspensos e frações

O termo sólidos suspensos é usado em substituição de resíduo não filtrável e é definido como o material que fica retido em um filtro padrão de fibra de vidro (marca Whatman - GF/C, 7 cm de diâmetro) .

Quando os sólidos suspensos são de origem natural (partículas de rochas, argilas, siltes, algas e outros microrganismos) não trazem inconvenientes sanitários diretos. Porém são esteticamente desagradáveis na água potável e podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos, pois diminuem a eficiência da desinfecção. Quando são de origem antropogênica (despejos domésticos e industriais) podem estar associados a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Qualquer que seja a origem, as partículas de sólidos reduzem a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese em corpos de água.

Os sólidos suspensos foram determinados pelo método gravimétrico (APHA,1989).

### 3.7.2 - Variáveis Microbiológicas

#### 3.7.2.1 - Coliformes fecais

A presença de coliformes fecais no ambiente aquático está associada à poluição por fezes ou esgotos. Portanto indica risco de contaminação por microrganismos patogênicos de veiculação hídrica. Crescem bem a 44,5°C, por isso são chamados de coliformes termotolerantes.

Os coliformes fecais foram quantificados pelas técnicas de tubos múltiplos e de membrana filtrante segundo APHA (1995).

**3.7.2.1.a - Técnica dos tubos múltiplos** - esta técnica constou de: (1) teste presuntivo, onde foi feita a inoculação de alíquotas das amostras e de suas diluições em caldo lactosado e incubação a 37°C durante 24 e 48 horas; (2) teste confirmativo, através da transferência de alíquotas dos tubos positivos (turbidez e gás) do teste presuntivo para o meio EC, seguido de incubação a 44,5°C durante 24 horas. A leitura do NMP foi efetuada seguindo as tabelas APHA (1995). Por último, o teste completo foi feito pela inoculação (dos tubos positivos) de uma alça de material de cada um dos tubos positivos em ágar nutriente e m-Endo Less. As colônias isoladas em cada um destes meios foram submetidas a coloração de Gram e a reinoculação em caldo lactosado com incubação a 37°C para realizar o teste completo.

**3.7.2.1.b - Técnica da membrana filtrante** - Os CF foram quantificados por esta técnica usando-se membranas MILLIPORE tipo HAWG 047 SO com diâmetros de 47mm e poros de 0,45µm. O meio de cultura utilizado foi o ágar m-FC (DIFCO) incubado a 44,5°C durante 24 horas. As colônias típicas eram contadas e, posteriormente, feito o cálculo para 100mL de amostras.

### **3.7.3 - Variáveis Hidrológicas**

A Hidrologia é a ciência natural que trata dos fenômenos relativos à água em todos os seus estados, da sua distribuição e ocorrência na atmosfera, na superfície terrestre e no solo e da relação desses fenômenos com a vida e com as atividades do homem (OLIVEIRA, 1987).

A Hidrologia é fundamental no controle da poluição pois, a partir da determinação das variáveis hidrológicas, pode-se saber a capacidade de recebimento de corpos receptores dos efluentes de sistemas de esgotos.



A seguir são apresentados os conceitos das variáveis hidrológicas utilizadas neste trabalho:

### 3.7.3.1- Precipitação

A precipitação é definida como toda a água que cai da atmosfera na superfície da terra (VON SPERLING, 1995).

Segundo LENCASTRE e FRANCO (1984), para que a precipitação se inicie é necessário que as micro-gotas que constituem as nuvens (10 a 30  $\mu\text{m}$  de diâmetro) cresçam cerca de  $10^6$  vezes, para que seus pesos sejam suficientes para caírem.

O crescimento das micro-gotas ocorre de dois modos:

a) por coalescência: processo no qual as micro-gotas se aglomeram por vários mecanismos – atração eletrostática, indução magnética, atração hidrodinâmica, colisões de microturbulência ou arrastamento pela queda de gotas já formadas.

Esses mecanismos não têm ação suficiente para o engrossamento necessário às gotas para dá origem às chuvas.

b) por condensação do vapor d'água: que pode ocorrer quando a nuvem contiver simultaneamente gotículas de água e cristais de gelo (fato que explica a maior parte das chuvas das zonas temperadas); quando há uma diferença de temperatura acentuada entre as gotículas da mesma nuvem (o que explica o início das chuvas tropicais); ou quando uma nuvem tiver uma proporção conveniente de gotas formadas por uma solução salina, resultante da condensação do vapor d'água atmosférico sobre núcleos higroscópicos de sal.

Ambos os processos explicam o início da precipitação na nuvem, mas não a abundância das chuvas de longa duração, para que isto ocorra é necessário que exista um movimento geral atmosférico que permita a renovação das massas de ar úmido.

Pode-se citar como causa da condensação do vapor d'água atmosférico a presença de topografia abrupta.

Os principais tipos de precipitação são:

*Chuva frontal* : precipitações ocorrentes ao longo da superfície de descontinuidade que separa massas de ar de características diferentes: são provocadas, freqüentemente, por massas de ar frio vindas de regiões de maior altitude. São estas chuvas que atingem grandes áreas.

*Chuva orográfica*: induzidas por barreiras de montanhas, quando sobre estas, massas aéreas são forçadas a passar. O andamento das chuvas (intensidade) segue aproximadamente o relevo do terreno (altitude).

*Chuva por convecção térmica*: causadas por diferenças locais de aquecimento nas camadas atmosféricas, as quais por falta de movimentação de ar, assumem temperaturas mais altas junto à superfície de massas d'água ou solo, tornando-se menos densas e mais carregadas de vapor d'água que as camadas superiores; resulta assim uma estratificação em equilíbrio estável que perturbada em um dado ponto, dá origem a uma brusca ascensão local do ar menos denso, cujo resfriamento subsequente gera uma precipitação de água.

As chuvas de alta intensidade, bem como os tufões e furacões, geralmente têm origem associada a esta causa. Estas chuvas são as que interessam às pequenas áreas.

As precipitações além de se apresentarem na forma de chuvas, podem ocorrer também nos seguintes modos:

- granizo ou chuva de pedra: quando as gotas d'água formadas na condensação do vapor atmosférico atravessam zonas de temperatura inferior à de congelação;
- neve: ocorre quando a condensação do vapor d'água atmosférico se dá sob temperatura inferior à de congelação;
- orvalho ou geada: ocorre quando a condensação tiver lugar diretamente sobre uma superfície mais fria que o ar no entanto, com temperatura superior à de congelação;
- nevoeiro: ocorre quando as partículas, muito finas, mantêm-se em suspensão junto à superfície do solo;

- sereno: resulta do resfriamento da atmosfera após o por do sol.

### 3.7.3.2 - Temperatura do ar

Esta variável é de grande importância pois um aumento da temperatura do ar influi favoravelmente na intensidade de evaporação, porque torna maior a quantidade de vapor d'água que pode estar presente no mesmo volume de ar ao se atingir o grau de saturação deste. Para cada 10°C de elevação de temperatura, a pressão do vapor d'água de saturação se torna aproximadamente o dobro (OLIVEIRA, 1987).

A temperatura do ar também influi na estratificação térmica dos lagos e reservatórios através dos processos de trocas condutivas de calor entre a água armazenada e a atmosfera (BRANCO et al., 1991).

### 3.7.3.3 - Umidade Relativa

É uma relação entre a quantidade de vapor d'água presente e a quantidade de vapor d'água que o mesmo volume de ar conteria se estivesse saturado (geralmente expresso em %), quanto maior for o grau de umidade, menor será a intensidade de evaporação.

### 3.7.3.4 - Velocidade do vento

O vento intervém ativamente no fenômeno da evaporação, aumentando a intensidade desta ao afastar, do local, as massas de ar que já tenham grau de umidade elevado.

O vento juntamente com a precipitação são importantes no fenômeno da estratificação térmica nos lagos e reservatórios. Alguns autores demonstram que nas regiões tropicais esses dois fatores – vento e precipitação – são reguladores efetivos dos fenômenos de estratificação (BRANCO et al., 1991).

### 3.7.3.5 - Volume afluente

Nos reservatórios, ao contrário dos rios, a velocidade longitudinal é nula ou desprezível, daí a análise dos fenômenos físicos, químicos e biológicos, bem como suas complexas interações, se dê apenas ao longo da direção vertical, sem a necessidade de considerações mais detalhadas de sua hidrodinâmica (HENDERSON-SELLERS, 1984 citado por BRANCO et al., 1991).

Assim, nesses ambientes lênticos, com algumas exceções, o seu tamanho e a sua profundidade fazem com que as vazões afluentes e efluentes sejam, em geral, de importância reduzida.

No entanto, BRANCO et al. (1991) cita que uma importante característica física de um lago natural ou artificial é seu tempo de detenção hidráulico, fundamental na determinação da qualidade da água.

Este tempo de detenção hidráulica é função da vazão afluente e o volume do lago:  $\text{Tempo de detenção} = \text{Volume} / \text{Vazão afluente}$

### 3.7.3.6 - Evaporação

Designa-se por evaporação o processo de passagem da água do estado líquido ao estado gasoso.

Com o aumento do número de reservatórios, observado nos últimos anos, torna-se cada vez mais significativa a parcela do balanço hídrico que resulta da evaporação dos reservatórios (LENCASTRE e FRANCO, 1984).

A evaporação tem uma dependência direta da área da superfície do espelho d'água e indireta da profundidade do reservatório.

As grandezas que caracterizam a evaporação são:

- Perdas por evaporação: é a quantidade de água evaporada, por unidade de superfície horizontal, durante um intervalo de tempo fixado; usualmente é medida pela altura de líquido que se evaporou e é expressa, no Brasil, em milímetros.

- Intensidade de evaporação: é a velocidade com que se dão as perdas por evaporação, é expressa, no Brasil, em milímetros por hora ou milímetros por dia.

Os fatores que intervêm na evaporação são (OLIVEIRA, 1987):

- Grau de umidade relativa do ar atmosférico;
- Temperatura;
- Vento;
- Irradiação solar (Insolação): é o calor radiante fornecido pelo sol para o fenômeno da evaporação (transformação endotérmica);
- Salinidade da água: a intensidade de evaporação se reduz com o aumento do teor de sais na água. Assim, em igualdade das demais condições, tem-se uma diminuição de 2% a 3% na intensidade da evaporação, ao se passar da água doce para a água do mar.

#### **3.7.4 - Análise Estatística**

Este trabalho, devido ao pouco tempo e à indisponibilidade de dados, utilizou como únicas variáveis correlacionadas os índices pluviométricos da cidade de Sapé e a concentração de coliformes fecais obtidas nos pontos de coleta durante o período estudado.

Como medida de dispersão entre essas duas variáveis, usou-se o coeficiente de correlação linear, que é uma medida que mede o grau de associabilidade linear entre variáveis.

Esta medida varia de -1 a 1 e quanto mais próxima destes valores maior a associabilidade (valores próximos a -1 indicam uma associação indireta entre as variáveis e valores próximos a 1 representam uma associação direta).

Valores próximos a zero representam uma associabilidade não significativa, ou seja que as variáveis em estudo não estão correlacionadas linearmente (BUSSAB e MORETTIN, 1987).

Para a análise da correlação entre as concentrações de coliformes fecais e os índices pluviométricos foi utilizado o utilitário EXCEL for Windos 5.0.

**4.0 - RESULTADOS**

#### **4.1 - Análises dos Resultados**

Devido à indisponibilidade de resultados referentes a outras variáveis hidrológicas, neste trabalho serão analisados somente os dados referentes aos índices pluviométricos do período em estudo.

Para a análise da correlação foram estudados os valores de coliformes fecais encontrados nos pontos amostrados e a pluviometria, que foi analisada de dois modos: PLUVIOMETRIA (a) – referente aos índices pluviométricos dos dias de coleta e PLUVIOMETRIA (b) – referente ao somatório dos índices pluviométricos do dia da coleta e dos dois dias anteriores a este. Esta forma de análise foi realizada para se avaliar a influência das interferências das chuvas dos dias anteriores nas concentrações de coliformes fecais obtidas no dia da coleta. BEYRUTH (1989) estudando um corpo aquático em Embu-Mirim, estado de São Paulo, observou que as alterações da qualidade da água pela chuva persistiam de 2 a 3 dias após ter ocorrido a precipitação.

As figuras 4.1(a) e 4.1(b) mostram a variação mensal das concentrações de CF (expressas em logaritmo do número de UFC/100 mL) encontradas nos pontos amostrados.

A figura 4.2 mostra a variação mensal dos índices pluviométricos na cidade de Sapé durante o período estudado.

Pode-se observar que os maiores valores de bactérias coliformes foram obtidos nos pontos situados próximos às margens da represa (RS1, RS2, RS3 e RS4). Os valores mais elevados se devem ao fato que esta região litorânea é a principal receptora dos impactos da área terrestre. De fato, MARGALEF (1981) observa que as margens constituem uma zona de transição entre os compartimentos terrestre e aquático, onde se desenvolve uma biota rica e diversificada diferente da zona pelágica (centro do lago). No caso particular da represa São Salvador, estes valores mais elevados nas margens são devido à maior atividade humana (banhos, piqueniques, lavagem de roupas, etc.), assim como a presença constante de animais que ali defecam, resultado numa maior poluição fecal.



Com o auxílio da figura 4.2, pode-se observar que os maiores índices de coliformes fecais foram obtidos no período de maior pluviosidade que foi de fevereiro a julho de 1996, permanecendo aproximadamente constante nos meses seguintes. Este fator indica a importância do escoamento superficial no arrasto de fezes e de material poluente principalmente para os pontos próximos das margens da represa.

A tabela 4.1 apresenta os valores obtidos para o coeficiente de correlação linear ( $R^2$ ) as concentrações de coliformes fecais nos 7 pontos amostrados e os índices pluviométricos referentes ao dia de coleta [PLUVIOMETRIA (a)] e ao somatório das pluviometrias dos dois dias anteriores e do dia da coleta [PLUVIOMETRIA (b)].

Os valores encontrados indicam que há uma associabilidade entre as concentrações de coliformes e a pluviometria nos pontos situados nas margens. Os pontos localizados na parte central da represa apresentaram valores para o coeficiente de correlação que indicam não haver uma associabilidade linear significativa entre CF e a pluviometria. No entanto, é aconselhável o estudo de outras medidas de correlação que possam indicar uma associabilidade não linear, porém significativa entre estas e outras variáveis hidrológicas qualitativas e quantitativas.

Os maiores valores para o coeficiente de correlação foram obtidos nos pontos situados próximos às margens pois estes sofrem o impacto direto das águas do escoamento superficial ricas em matéria orgânica contaminada com fezes.

Os pontos situados mais ao centro (RS5, RS6 e RS7) apresentam correlações menores. Essas menores correlações, podem estar associadas com o efeito atenuante da massa de água sobre o impacto poluidor. Esse efeito de atenuação provoca a diminuição das concentrações de bactérias devido, entre outros fatores, à sedimentação dos sólidos que arrastam as bactérias para o fundo e também ao efeito sinérgico da luz do sol, altas concentrações de oxigênio dissolvido, aos altos valores de pH, etc.

Pode-se observar que quando se considera os valores das precipitações dos dias anteriores à coleta, os valores das correlações diminuem. Pode-se supor que os efeitos das chuvas são diminuídos ou absorvidos pelo ambiente ou que a quantidade de chuva não foi suficiente para a ocorrência do escoamento superficial.

Uma outra explicação é que os valores da variável pluviometria, quando se considera o efeito das chuvas dos dias anteriores, sejam bastante dispersos apresentando uma grande amplitude entre estes o que dificulta a obtenção de uma medida de correlação linear significativa com outras variáveis.

#### 4.2 - Gráficos e Tabelas

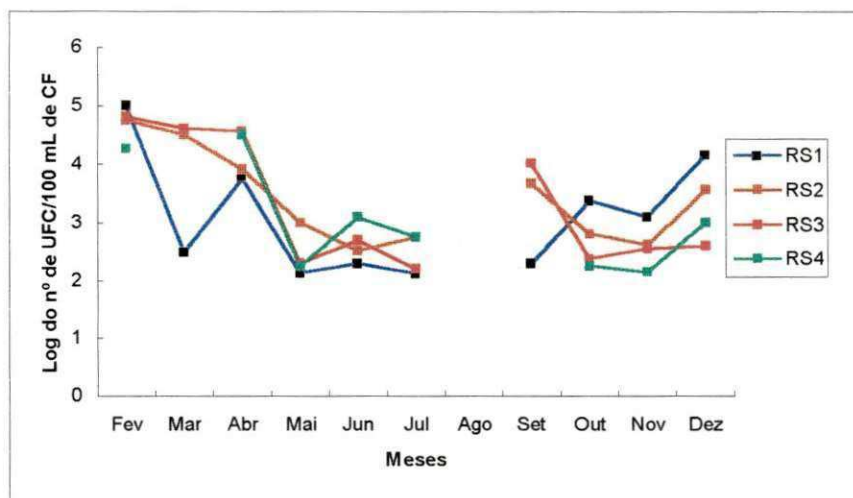


Figura 4.1(a) – Variação mensal do log do nº de UFC/100 mL durante o período de fevereiro a dezembro de 1996 nos pontos RS1, RS2, RS3 e RS4 situados nas margens da represa São Salvador município de Sapé-PB

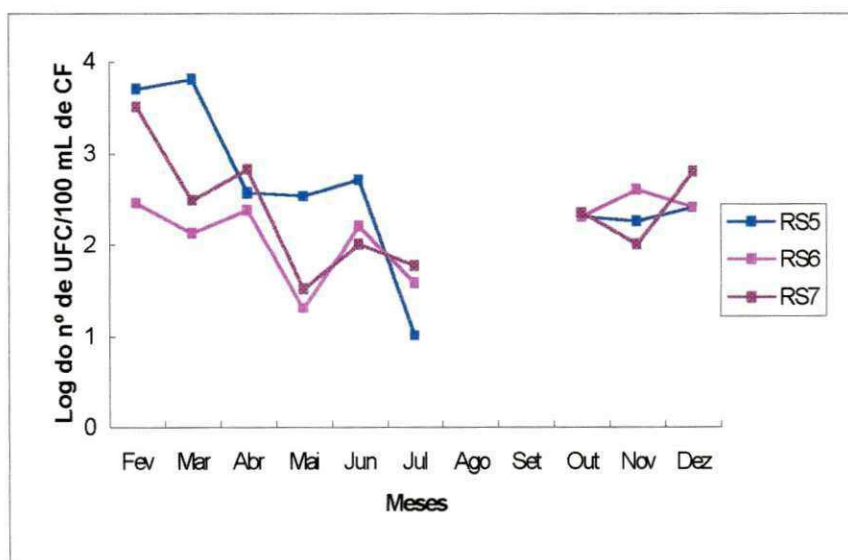


Figura 4.1(b) – Variação mensal do log do nº de UFC/100 mL durante o período de fevereiro a dezembro de 1996 nos pontos RS5, RS6 e RS7 situados no centro da represa São Salvador município de Sapé-PB

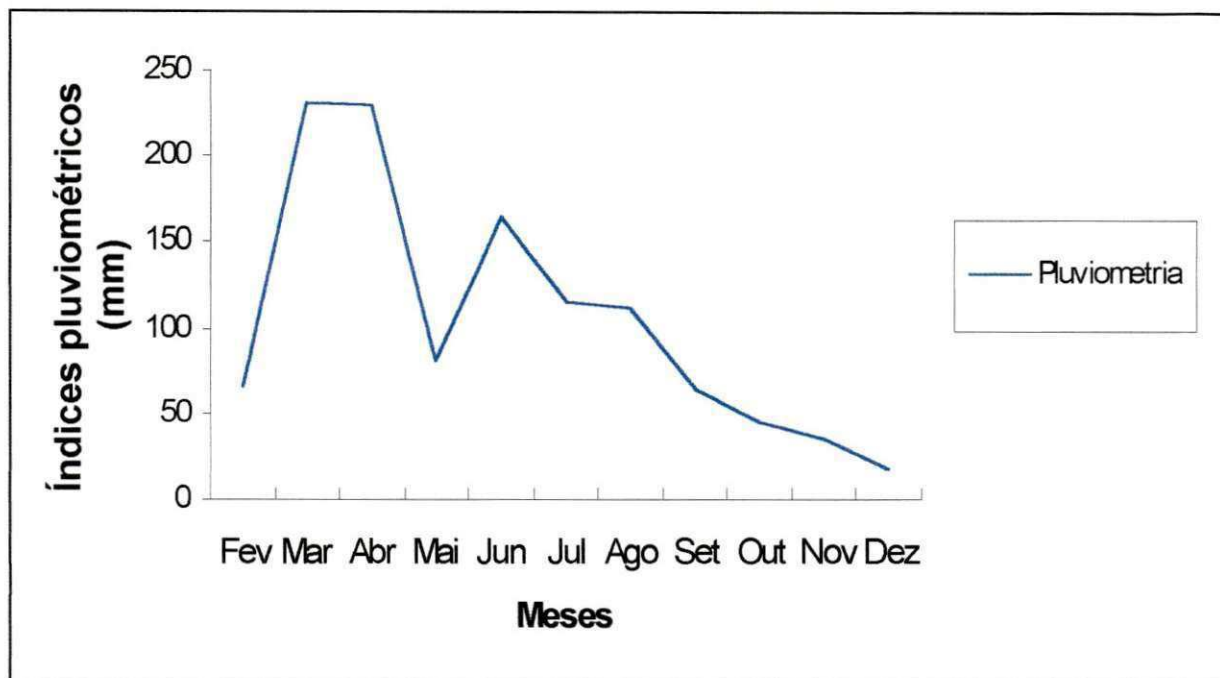


Figura 4.2 – Variação mensal dos índices pluviométricos durante o período de fevereiro a dezembro de 1996 do município de Sapé-PB.

FONTE: LMRS

Pontos Pluviométrias	CF-RS1	CF-RS2	CF-RS3	CF-RS4	CF-RS5	CF-RS6	CF-RS7
PLUVIOMETRIA (a)	$R^2 = 0,506$	$R^2 = 0,486$	$R^2 = 0,625$	$R^2 = 0,799$	$R^2 = 0,181$	$R^2 = 0,354$	$R^2 = 0,389$
PLUVIOMETRIA (b)	$R^2 = 0,333$	$R^2 = 0,403$	$R^2 = 0,538$	$R^2 = 0,748$	$R^2 = 0,226$	$R^2 = 0,321$	$R^2 = 0,298$

Tabela 4.1 – Valores dos coeficientes de correlação linear ( $r^2$ ) entre as concentrações de coliformes fecais nos pontos de coleta (RS1, RS2, RS3, RS4, RS5, RS6 e RS7) e os índices pluviométricos no município de Sapé PLUVIOMETRIA (a) e PLUVIOMETRIA (b).

## **5.0 - CONCLUSÕES**

## 5.0 - CONCLUSÕES

- Observando os valores obtidos concluímos que o aumento das concentrações de coliformes nas épocas mais chuvosas evidenciam a relação entre as variáveis hidrológicas de qualidade e quantidade.
  
- Os valores significativos obtidos para os coeficientes de correlação linear entre as variáveis coliformes fecais e índices pluviométricos nos pontos situados nas margens da represa indicam uma relação direta entre essas duas variáveis.
  
- Os resultados evidenciam um menor efeito do impacto poluidor oriundo do escoamento superficial sobre os pontos situados mais ao centro da represa, indicando a capacidade de resistência da massa de água aos efeitos dos contaminantes arrastados pelas chuvas.
  
- Os resultados evidenciam a importância de se fazer estudos mais profundos sobre as características do solo e da vegetação existente e como estas influem sobre o escoamento superficial.

## **6.0 – RECOMENDAÇÕES**



## 6.0 - RECOMENDAÇÕES

- Observando os valores das concentrações de coliformes fecais nos pontos situados no centro da represa e verificando que estes são geralmente menores que os valores obtidos para os pontos das margens, recomenda-se a captação de água nos pontos mais centrais.

- recomenda-se a utilização de outras medidas de dispersão que verifiquem se há uma possível correlação entre os índices pluviométricos e a concentração de coliformes fecais nos pontos centrais da represa.

- outra recomendação é o avanço no estudo da relação entre as variáveis hidrológicas qualitativas e quantitativas contando com outras medidas além das abordadas neste trabalho, principalmente quanto à evaporação e ao escoamento superficial.

- recomenda-se também, o estudo das características do solo e da vegetação em fenômenos importantes na manutenção da represa como por exemplo escoamento superficial e a erosão do solo das margens.

## **7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of water**. 17. ed. 1989. 1587 p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of water**. 19. ed. 1995. 953p.

ATECEL. **Relatório de Projeto: Açude Público São Salvador. Sapé, PB. Vol I**. Associação Técnico Científico E. Luís de Oliveira Jr. 1990. 56p.

BEYRUTH, Z. **Estudo ecológico sanitário de um lago marginal ao Rio Embu-Mirim, Itapeirica da Serra, São Paulo, e ensaio sobre a possibilidade de utilização da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* (mart.) Solms. Como indicadora de poluição**. São Paulo, 1989. 272 p. [Dissertação de Mestrado – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo].

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à Engenharia Sanitária**. Ed. 3a. São Paulo, CETESB / ASCETESB, 1986. 640p.

BRANCO, S. M. [et al.] **Hidrologia Ambiental** – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. – (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; vol.). 411 p.

BUSSAB, W. O. e MORETTIN, P. A. **Estatística Básica** – 4. Ed. – São Paulo: Atual, 1987. 321 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência/ FINEP, 575p. 1988a.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. **Atlas geográfico do estado da Paraíba**. João Pessoa, Paraíba, secretaria do Estado da Paraíba / UFPB, 1985. 100p.

LENCASTRE, A. e FRANCO, F. M. **Lições de Hidrologia**. Ed. da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa – Portugal, 1984. 449 p.

MARGALEF, R. **Características de las aguas de represa como indicadores del estado de los ecosistemas terrestres de las respectivas cuencas**. In: Reunión sobre Ecología e Protección de Aguas Continentales. São Carlos, São Paulo, OEA/UNESCO/MAB-USP, 1981, **Anais**, p.39-109.

TUNDISI, J. G.; MATSUMARA - TUNDISI, T.; HENRY, R.; ROCHA, O.; HINO, K. Comparação do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: eutrofização e manejo. In: **Tundisi, J.G. ed. Limnologia e manejo de represas**. São Paulo, Academia de Ciências, 1988, v.1 p.165-203 (Série Monografias em Limnologia).

OLIVEIRA, W. E. Importância do abastecimento de água. A água na transmissão de doenças. In: AZEVEDO NETTO, J. M. **Técnicas de abastecimento e tratamento de água**. São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1987, 549 p.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. In: **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 1995 Vol 1. 240p.