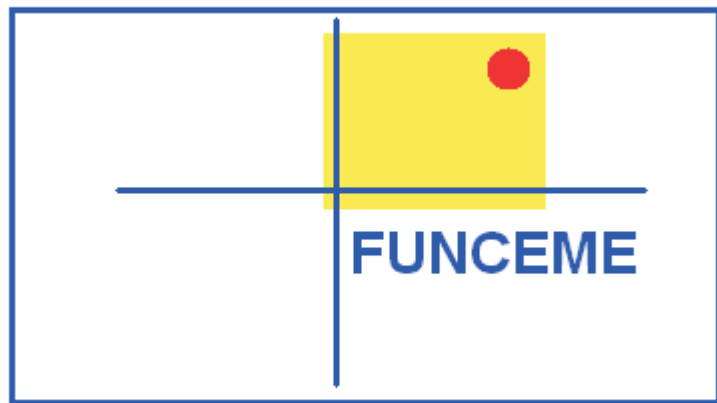


GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

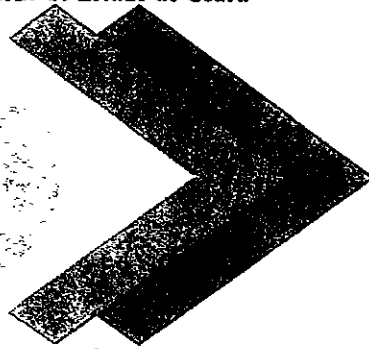


**ESTUDO INTEGRADO
DA BACIA DO RIO MUNDAÚ - CE**

**ESTUDOS BÁSICOS - TOMO I
RELATÓRIO PARCIAL**

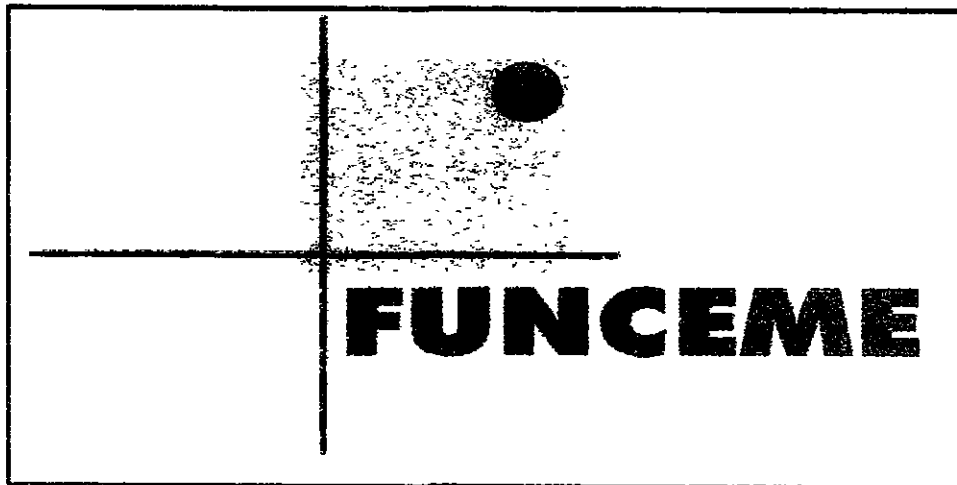
**FORTALEZA- CE
JULHO DE 1995**

Governo do Estado do Ceara



CLARÁ

Avançando nas Mudanças



ESTUDO INTEGRADO
DA BACIA DO RIO MUNDAÚ - CE

ESTUDOS BASICOS - TOMO I
RELATORIO PARCIAL

Lote. 02247 - Prep Scan Index ()

Projeto N° 0205/01

Volume

Qtd A4 131 Qtd A3

Qtd A2 Qtd A1

Qtd A0 Outros

0205/01

SUMÁRIO

- LISTA DE QUADROS
- LISTA DE TABELAS
- LISTA DE FIGURAS
- APRESENTAÇÃO

I INTRODUÇÃO

II HIDROLOGIA

1. ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS

1.1 Caracterização Climatológica

1.1.1- Principais parâmetros

- a Temperatura
- b Umidade relativa
- c Insolação média
- d Ventos
- e Evaporação média
- f Evapotranspiração

1.1.2 Balanço hídrico

1.1.3 Classificação do Clima

- a Classificação segundo Koeppen
- b Classificação segundo Thornthwaite

1.1.4 Estudos pluviométricos

- a. Dados utilizados
- b Caracterização do regime pluviométrico
 - Nível anual
 - Nível mensal
 - Nível diário
 - Chuvas intensas

2 ESTUDOS DOS DEFLÚVIOS

2.1. Metodologia

2.2. Dados necessários

2.3 Ajustamento do modelo e resultados obtidos

2.4 Geração da série de vazões

3 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3.1 Curvas de regulação do reservatório

3.1.1 Metodologia

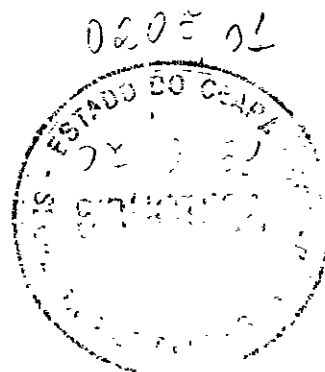
3.1.2. O Diagrama triangular de regularização

3.1.3 Resultados

3.2 Estudos adicionais

3.2.1 Estudo da disponibilidade hídrica

3.2.2 A curva de esvaziamento do reservatório



- 3.3 Serviços e instrumentação para fins de estudos hidrológicos e do transporte de sedimentos
 - 3.3.1 Reconhecimento físico da bacia e planejamento da distribuição espacial do sistema de equipamentos de coleta de dados
 - 3.3.2 Instrumentação da bacia
 - 3.3.3 Levantamento topográfico

III- HIDROGEOLOGIA

1 SINOPSE METODOLÓGICA

1.1 1ª Fase

- 1.1.1. Trabalhos preliminares de escritório
- 1.1.2. Trabalhos preliminares de campo

1.2 2ª Fase

- 1.2.1. Trabalhos de escritório
- 1.2.2. Trabalhos de campo

1.3 3ª Fase

- 1.3.1. Tratamento de dados
- 1.3.2. Rede de monitoramento permanente
- 1.3.3. Apresentação dos resultados

2 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

2.1. Trabalhos preliminares de escritório

- 2.1.1. Levantamento bibliográfico detalhado
- 2.1.2. Atualização e consistência de dados do banco de dados
- 2.1.3. Confecção dos mapas básicos

2.2. Trabalhos preliminares de campo

- 2.2.1. Inventário dos pontos d'água e coleta de dados
- 2.2.2. Levantamento geológico
- 2.2.3. Sondagens geofísicas
- 2.2.4. Discussão dos resultados do levantamento geofísico
- 2.2.5. Atividades em desenvolvimento

IV - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

1 TRABALHOS REALIZADOS

1.1. Localização dos pontos e procedimentos de coleta de amostras de água do rio Mundaú

1.2. Levantamento de fontes pontuais e não pontuais de poluição hídrica potencial

- 1.2.1. Pesquisa bibliográfica
- 1.2.2. Levantamento em campo

1.3. Levantamento das propriedades irrigadas

2. RESULTADOS OBTIDOS

2.1. Análise de laboratório

2.2. Classificação da água para uso na irrigação

- 2.2 1 Concentração total de sais
- 2.2 2 Relação de absorção do sódio (RAS)
- 2.2 3 Concentração de elementos tóxicos
- 2.2.4 Concentração de bicarbonatos
- 2.2 5 Classificação de água para irrigação no rio Mundaú
- 2.3 Avaliação da qualidade da água
 - 2.3 1 Alcalinidade
 - 2.3 2 Nitrogênio
 - 2.3 3 Silica
 - 2.3 4 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO/5dias), demanda química de oxigênio (DQO/5dias) e oxigênio dissolvido (OD)
 - 2.3 5 Fósforo
- 2.4 Conclusões e recomendações

V - ANÁLISE GEOAMBIENTAL E ZONEAMENTO

- 1 Reconhecimento geomorfológico da área breve caracterização das unidades de relevo
- 2 Levantamento de reconhecimento de média intensidade e aptidão agrícola das terras
- 3 Cobertura vegetal e uso atual do solo
- 4 Metodologia a ser aplicada na elaboração do zoneamento geoambiental
 - 4.1 Sistemática operacional
 - 4.2. Análise Visual
 - 4.3 Geoprocessamento

VI - BIBLIOGRAFIA

VII - EQUIPE TÉCNICA

VIII - ANEXOS

- ANEXO 1 - Estudos hidroclimatológicos
- ANEXO 2 - Hidrogeologia
- ANEXO 3 - Levantamento geofísico de eletrorresistividade
- ANEXO 4 - Avaliação da qualidade da água

LISTA DE QUADROS

- Quadro I 1 Temperaturas máximas, mínimas e compensadas ($^{\circ}$ C) na estação de Sobral
- Quadro I 2. Umidade relativa na estação de Sobral
- Quadro I 3 Insolação média na estação de Sobral
- Quadro I 4 Velocidade do vento média na estação de Sobral
- Quadro I 5 Evaporação média na estação de Sobral
- Quadro I 6 Evapotranspiração potencial (Thorntwaite & Mather) na estação de Sobral
- Quadro I 7 Balanço hídrico segundo Thorntwaite & Mather na estação de Sobral
- Quadro I 8 Postos utilizados consistidos pelo método do vetor regional
- Quadro I 9 Análise de frequência dos totais anuais (mm) - Distribuição Log - Pearson III
- Quadro I 10 Índices de concentração fluviométrica Série de valores médios mensais
- Quadro I 11 Análise de frequência - Nível mensal (mm) - Distribuição Log - Pearson III
- Quadro I 12 Análise de frequência - Nível diário (mm) - Distribuição Log - Pearson III
- Quadro I 13 Parâmetros utilizados pelo modelo MODHAC - CALIBRAÇÃO
- Quadro I 14 Estudo incremental de capacidades do reservatório Mundaú
- Quadro I 15 Limite em volume, dos estudos de reserva
- Quadro I 16 Análise probabilística do esvaziamento do reservatório na fase transiente Reservatório inicialmente seco
- Quadro I 17 Análise probabilística de esvaziamento e enchimento - fase de equilíbrio
- Quadro I 18 Equipamentos para coleta de variáveis hidro-meteorológicas da bacia do rio Mundaú
- Quadro II 1 Espaçamentos dos eletrodos de corrente e potencial com as respectivas embreagens
- Quadro II 2. Descrição resumida das SEVs
- Quadro II 3 Comparação entre o perfil litológico e a SEV realizada em Bastões
- Quadro II 4 Comparação entre o perfil litológico e a SEV realizada em Córrego dos Cajueiros

LISTA DE TABELAS

- Tabela I 1 SEVs realizadas nas duas etapas de campo do levantamento geofísico
- Tabela II.1 Parâmetros de qualidade da água medidos em campo
- Tabela II 2. População (hab) dos municípios e distritos da bacia hidrográfica do rio Mundaú (1991), conforme Anuário Estatístico do Ceará - 1994
- Tabela II 3 Percentual de abastecimento de água tratada (1992) nos municípios da bacia hidrográfica do rio Mundaú, conforme Anuário Estatístico do Ceará - 1994
- Tabela II 4 Produtividade agrícola (kg/ha) dos municípios da bacia hidrográfica do rio Mundaú, conforme Anuário Estatístico do Ceará - 1994
- Tabela II.5 Indústrias na bacia hidrográfica do rio Mundaú, conforme Cadastro Industrial do estado do Ceará - 1992
- Tabela II 6 Relação de agrotóxicos mais comuns utilizados na bacia hidrográfica do rio Mundaú
- Tabela II 7 Coordenadas geográficas das fontes pontuais de poluição
- Tabela II 8 Ligações de água e extensão da rede de distribuição de água tratada nos municípios da bacia hidrográfica do rio Mundaú
- Tabela II 9 Levantamento de propriedades irrigadas Bacia do rio Mundaú
- Tabela II 10 Parâmetros de qualidade de água
- Tabela II.11. Classes de salinidade da água de irrigação, pelo Laboratório de Salinidade dos estados Unidos da América (Pizarro, 1984)
- Tabela II.12 Riscos de alcalinização pela água de irrigação, proposta pelo Laboratório de Salinidade dos E.U.A. (Pizarro, 1994)
- Tabela II 13 Classificação da água do rio Mundaú

LISTA DE FIGURAS

- Figura I 1 Temperaturas máximas, mínimas e médias compensadas na estação de Sobral
- Figura I 2 Umidade relativa na estação de Sobral
- Figura I 3 Insolação média na estação de Sobral
- Figura I 4 Velocidade de vento média na estação de Sobral
- Figura I 5 Evaporação média na estação de Sobral
- Figura I.6 Balanço hídrico
- Figura I 7 Curvas Intensidade - Duração - Frequência
- Figura I 8 Representação esquemática do MODHAC
- Figura I 9 Resultados da calibração do Modelo MODHAC para a bacia do Rio Curu (estação São Luiz do Curu)
- Figura I 10 Curvas de regulação do reservatório Mundaú
- Figura I 11 Diagrama triangular de regularização para $CV=1,10$
- Figura I 12 Espaço de definição dos estados de reserva
- Figura I 13 Análise probabilística da garantia do reservatório - fase transiente Garantia = $1 - P [Z = \text{seco}]$
- Figura I 14 Análise probabilística de esvaziamento e enchimento - fase de equilíbrio
- Figura I 15 Curvas de esvaziamento do reservatório Mundaú para várias condições iniciais
- Figura I.16. Distribuição espacial do sistema de equipamentos
- Figura II.1 Tipos litológicos na área do projeto - escala 1.500 000 (fonte DNPM, 1983)
- Figura II.2. Localização geográfica e orientação das SEVs
- Figura II.3 Relevo do embasamento
- Figura III 1 Localização dos pontos de coleta de amostras
- Figura III 2. Evolução histórica da produção pesqueira do açude Mundaú
- Figura III 3 Valores do C E (mmhos/cm) ao longo do rio Mundaú
- Figura III 4 Valores do RAS ao longo do rio Mundaú
- Figura III 5 Valores de Na e Cl- ao longo do rio Mundaú
- Figura III 6 Classificação da água para irrigação na bacia do rio Mundaú
- Figura III 7 Valores de alcalinidade em bicarbonato e pH ao longo do rio Mundaú
- Figura III.8 Valores de compostos nitrogenados ao longo do rio Mundaú
- Figura III.9 Teores de sílica ao longo do rio Mundaú
- Figura III 10 Valores de DQO e DBO ao longo do rio Mundaú
- Figura III 11 Valores de OD e DQO ao longo do rio Mundaú
- Figura III.12. Relação entre OD e DQO ao longo do rio Mundaú
- Figura III 13 Fósforo total e fósforo dissolvido ao longo do rio Mundaú

APRESENTAÇÃO

O presente Relatório Técnico que trata do "Estudo Integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú - Ceará", consubstancia os resultados das pesquisas realizadas ao longo de parte do 2º semestre do ano de 1995

Houve a participação de equipe técnica multi-interdisciplinar da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e o Projeto é fruto de convênio celebrado entre esta Instituição Estadual e o Ministério da Ciência e Tecnologia. O Convênio em epígrafe foi firmado em 19 07 95 e publicado no Diário Oficial da União em 23 07 95 sob nº 137 - seção 3

A liberação dos recursos financeiros, por parte do Ministério, deu-se a partir de 17 08 95 e, por parte do Governo do Estado do Ceará, em 14 09 95

Os resultados técnicos até aqui alcançados, são parciais e alguns estudos foram apenas iniciados através do levantamento do acervo bibliográfico, geocartográfico e de sensoriamento remoto

Diversas expedições de campo foram operacionalizadas, de acordo com as discriminações, por grupos de estudos, feitas a seguir

(1) **HIDROLOGIA SUPERFICIAL** - 04 (quatro) expedições, atendendo aos seguintes propósitos: visita de reconhecimento da área, juntamente com pesquisadores da Universidade do Arizona (EUA), testes de aplicação de questionário para o cadastro de irrigantes, coleta de amostras de água para análise em laboratório, levantamento sanitário e de propriedades de irrigantes

Sobre os serviços e instrumentação, foram realizadas inúmeras expedições, tendo em vista o reconhecimento da bacia e a procura de estruturas hidráulicas capazes de viabilizar a medição de vazão. Estas medições serão intensificadas durante o período de estação chuvosa que se aproxima, tendo por meta a determinação das curvas-chaves nas diversas secções de observações

(2) **HIDROGEOLOGIA** - 06 (seis) expedições de campo, com os objetivos assim especificados: verificação dos dados já existentes e coleta de novos dados sobre poços para a atualização do Banco de Dados de Poços, checar dados de fotointerpretação geológica, realização de sondagens de eletroresistividade como forma de parametrizar as sondagens posteriores, desenvolvimento de sondagens elétricas verticais, verificação dos contatos geológicos fotointerpretados e locação de poços de pesquisas

(3) **ANÁLISE GEOAMBIENTAL E ZONEAMENTO** - 04 (quatro) expedições com as seguintes proposições: 02 (duas) operações de campo do Grupo de Solos, tendo em vista o reconhecimento das classes e associações de solos dominantes na área, 01 (uma) expedição do Grupo de Vegetação, com vistas ao reconhecimento de padrões fisionômicos

e florísticos da vegetação, do seu estado de conservação e do seu enquadramento em unidades fito-ecológicas, 01 (uma) expedição do Grupo de Geomorfologia e Zoneamento Ambiental, para fins de identificação da compartimentação geomorfológica e das condições morfogénéticas e morfodinâmicas da área, reconhecimento das unidades geoambientais oriundas de combinações próprias entre fatores de potencial ecológico e da exploração biológica

Uma parte significativa dos equipamentos foi adquirida ou está em fase de aquisição. Produtos considerados chaves para o andamento das pesquisas foram solicitados em tempo hábil, mas ainda não estão à disposição dos Grupos Técnicos. Neste caso se incluem as imagens de sensoriamento remoto, atualizadas, que serão imprescindíveis para a elaboração do mapeamento temático, tanto no que tange aos recursos hídricos como aos temas geoambientais.

Ao longo do ano de 1996, as pesquisas serão intensificadas por todos os Grupos de Trabalhos, dando-se efetivo cumprimento ao cronograma de execução do Projeto Mundaú. Os dados levantados no diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Mundaú, serão disponibilizados através de um sistema de informações geográficas interligado a um banco de dados georeferenciado. Pretende-se, igualmente, dar início as atividades relacionadas com o diagnóstico sócio-econômico da área.

I. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem caráter preliminar e aborda alguns dos objetivos propostos pelo Projeto que trata do "Estudo Integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú - Ceará"

Apesar do caráter de estudo integrado, os assuntos estudados enfatizam os recursos naturais renováveis, especialmente os recursos hídricos de superfície e subterrâneos, além dos estudos geoambientais

Por ordem e de acordo com os Grupos de Estudos organizados para o Projeto, serão considerados os setores de **HIDROLOGIA, HIDROGEOLOGIA, AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E ANÁLISE GEOAMBIENTAL E ZONEAMENTO**

Em **HIDROGEOLOGIA** tratou-se, inicialmente, da análise hidroclimatológica, onde as questões de natureza climática são tratadas de modo a fornecer subsídios às etapas subsequentes dos estudos, principalmente àqueles que centralizam seus objetivos no aproveitamento dos recursos hídricos. A caracterização climática faz análise dos principais parâmetros meteorológicos, incluindo temperatura, umidade relativa, insolação média, ventos, evaporação média e evapotranspiração. Discutiu-se, a seguir, dados quantitativos de balanço hídrico e com base nos parâmetros enquadrado-se o clima local em critérios adotados em classificações consagradas, como as de Koeppen e de Thornthwaite. Ênfase maior, por sua importância, foi conferido aos estudos pluviométricos, onde o regime foi tratado a níveis anual, mensal e diário, particularizando-se os casos de chuvas intensas

Tratou-se, de modo subsequente, a respeito do estudo dos deflúvios, com apresentação dos procedimentos metodológicos a serem adotados, dos dados necessários, do ajustamento do modelo e da geração da série de vazões

Os estudos hidrológicos, de caráter parcial, culminam com a análise dos reservatórios e as condições de regularização, além de um enfoque sobre a disponibilidade hídrica e a curva de esvaziamento do reservatório

Sob o ponto de vista operacional, tratou-se dos serviços e instrumentação para fins de estudos hidrológicos e de transporte de sedimentos. Para isso foi feito o reconhecimento físico da bacia e proposto o planejamento da distribuição espacial do sistema de equipamentos de coleta de dados, bem como a localização das estruturas hídricas para medição de vazão

Em **HIDROGEOLOGIA**, deram-se início aos trabalhos preliminares de escritório, envolvendo levantamento bibliográfico, atualização do banco de dados de poços e confecção de mapas básicos. Após esta fase, passou-se aos trabalhos de campo, onde foram realizados o inventário de pontos d'água, a coleta de dados sobre os poços da região ainda não cadastrados, o levantamento geológico (escala 1:60000) e as sondagens geofísicas. Com base nestes dados foram feitas locações para a perfuração de poços de pesquisa,

visando a parametrização do aquífero do Grupo Barreiras Está em andamento a perfuração dos poços e os testes de bombeamento

Na AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA foi feita a localização dos pontos e coleta de amostras de água na área da bacia Foi procedido um inventário de fontes pontuais e não pontuais de poluição hídrica potencial e das propriedades irrigadas Com base nos resultados obtidos através daqueles procedimentos e das análises de laboratório, classificou-se a água para uso na irrigação e avaliou-se a qualidade da água

Os estudos sobre ANÁLISE GEOAMBIENTAL E ZONEAMENTO foram apenas iniciados, pretendendo-se sua intensificação ao longo do 1º semestre de 1996

O reconhecimento geomorfológico, através de pesquisas de campo, possibilitou a identificação das principais unidades de relevo da área Esse estudo deverá cumprir, em etapa subsequente, os seguintes objetivos apresentar a distribuição das formas de relevo, suas condições de evolução e principais implicações derivadas da ocupação antrópica

A análise dos solos, basicamente, identificou a distribuição dos solos existentes sob a forma de grandes grupos Com o material de sensoriamento remoto disponível, deu-se início às operações de fotopedologia e pretende-se, no desenvolvimento do Projeto, atingir metas que permitam a caracterização física, química e mineralógica dos solos, de modo a permitir a avaliação do potencial de fertilidade natural

Para a vegetação foi efetuada uma operação de campo que possibilitou apenas um reconhecimento genérico das unidades fitoecológicas da área da bacia Este estudo oportunizará a análise dos diversos ecossistemas do espaço geográfico local, sob o prisma de vegetação e do seu estado atual de conservação

Sob o ponto de vista de zoneamento geoambiental, tratou-se, essencialmente, dos preceitos normativos e metodológicos a serem adotados para a sua realização Este zoneamento representa o resultado da integração de estudos setoriais que tratam do potencial ecológico - fatores abióticos do meio e de sua exploração biológica

II. HIDROLOGIA

1. ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS

1.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

A abordagem da climatologia aqui desenvolvida visa dar subsídios às etapas subsequentes dos estudos realizados na bacia do Rio Mundaú, principalmente àquelas relacionadas ao aproveitamento dos seus recursos hídricos

Na sub-bacia do Rio Mundaú, compreendida do encontro deste rio com o seu afluente mais importante o Rio Cruxati até um pouco além das proximidades da localidade de Uruburetama, perfazendo 650 km², não existe nenhuma estação hidroclimatológica, sendo por isso utilizada como estação representativa a de Sobral, com exceção dos registros pluviométricos os quais foram utilizados os dados disponíveis na região (Capítulo II), com denominação homônima de sua localidade (INEMET, 1991)¹

1.1.1 - Principais Parâmetros

a Temperatura

A distribuição temporal das temperaturas diárias mostra pequenas variações para os três pontos discretos de monitoramento (12 00, 18 00 e 24 00 TMG - Tempo Médio de Greenwich), sendo tais flutuações processadas, sob uma visão contínua no tempo, com pequenos gradientes

A temperatura média compensada é obtida por ponderação entre as temperaturas observadas nas estações meteorológicas T_{12} e T_{24} TMG, T_{MAX} e T_{MIN} do dia, pela seguinte fórmula estabelecida pela OMM (Organização Meteorológica Mundial)

¹ INEMET, 1991. INVENTÁRIO DE ESTAÇÕES HIDROCLIMATOLÓGICAS.

$$T_{\text{comp}} = \frac{T_{12} + 2 T_{24} + T_{\text{MAX}} + T_{\text{MIN}}}{5}$$

onde,

T_{comp} - Temperatura média compensada

T_{12} - Temperatura observada às 12 00 TMG

T_{24} - Temperatura observada às 24 00 TMG

T_{MAX} - Temperatura máxima do dia

T_{MIN} - Temperatura mínima do dia

A temperatura compensada apresenta uma pequena variação de 2,6 °C, isso para os meses de abril (27,5 °C) e junho (24,9 °C) As médias máximas e mínimas extremas ocorrem respectivamente nos meses de Outubro (35,9 °C) e Julho (21,2 °C), conforme se observa no quadro I 1 e figura I 1

Quadro I 1 - Temperaturas Máximas, Mínimas e Compensadas (°C)
na estação de Sobral

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máxima	33,8	32,9	30,1	31,1	31,2	31,6	33,0	34,8	35,8	35,9	35,6	34,0
Comp	26,7	27,1	26,2	27,5	26,2	24,9	26,4	27,2	26,3	26,7	27,1	27,1
Mínima	23,6	22,0	22,5	22,6	21,3	21,5	21,2	21,4	21,5	21,5	22,0	23,3

FONTE INEMET (1991)

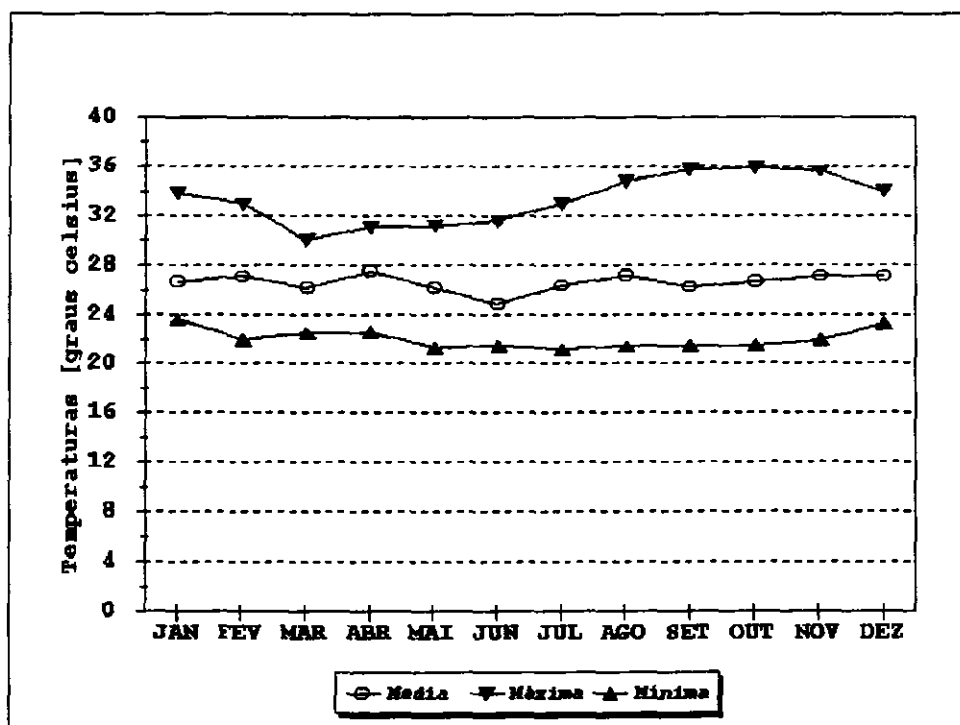


Figura I 1-Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas na estação de Sobral

b Umidade Relativa

A umidade relativa média apresenta uma variação máxima de 30%, referente aos meses de Abril (85%) e Agosto/Setembro (55%), como pode-se verificar no quadro I 2 e figura I 2

Quadro I 2 - Umidade Relativa na estação de Sobral

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
%	69,0	74,0	81,0	85,0	80,0	74,0	66,0	55,0	55,0	58,0	57,0	61,0

FONTE INEMET (1991)

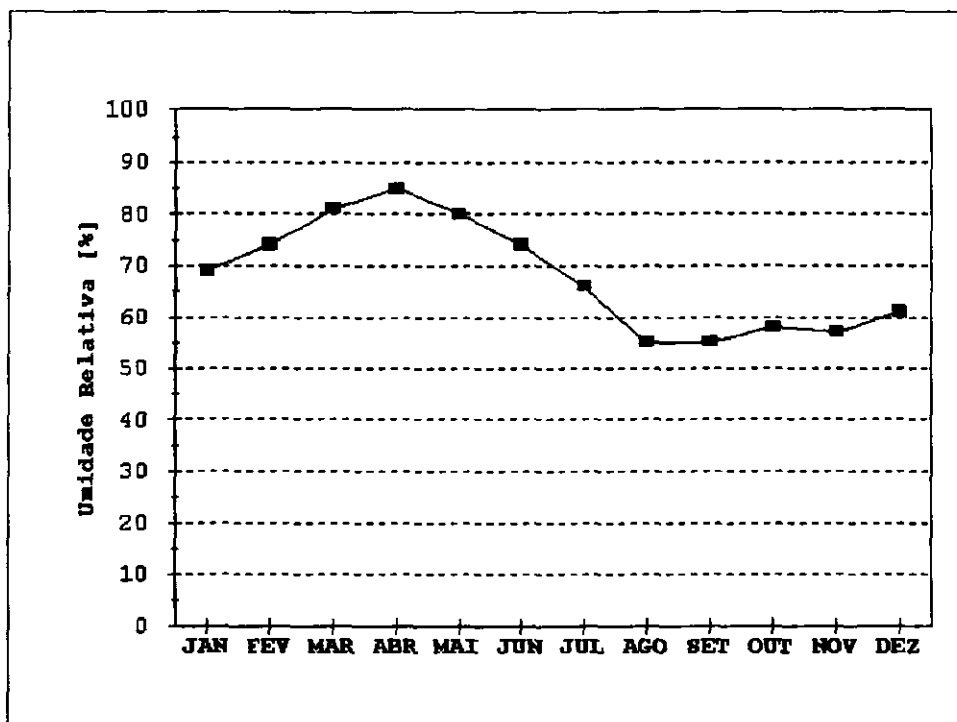


Figura I 2-Umidade Relativa na estação de Sobral

Os índices de umidade medidos resultam de uma composição de efeitos climatológicos, levando-se em conta, entre estes, a pluviometria que se constitui como o principal componente do fenômeno. Assim, considerando-se a inexistência de outras estações hidroclimatológicas nas proximidades da área de estudo, a umidade é resultante da homogeneidade pluviométrica, além das pequenas oscilações dos demais parâmetros influentes.

c Insolação Média

O quadro I 3 e a figura I 3 mostram, respectivamente, o número de horas de exposição no local da estação de Sobral e sua distribuição mensal. Em termos atuais, no mesmo período, tem-se 2416,6 horas de exposição, podendo-se concluir de maneira

aproximada que cerca de 55% dos dias do ano possuem incidência solar direta. O trimestre fevereiro/março/abril, apresenta, por razões óbvias, os menores valores

Quadro I 3 - Insolação Média na estação de Sobral

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
horas	188,1	143,5	155,0	151,7	189,3	195,5	234,7	268,2	232,2	233,4	221,8	203,2

FONTE INEMET (1991)

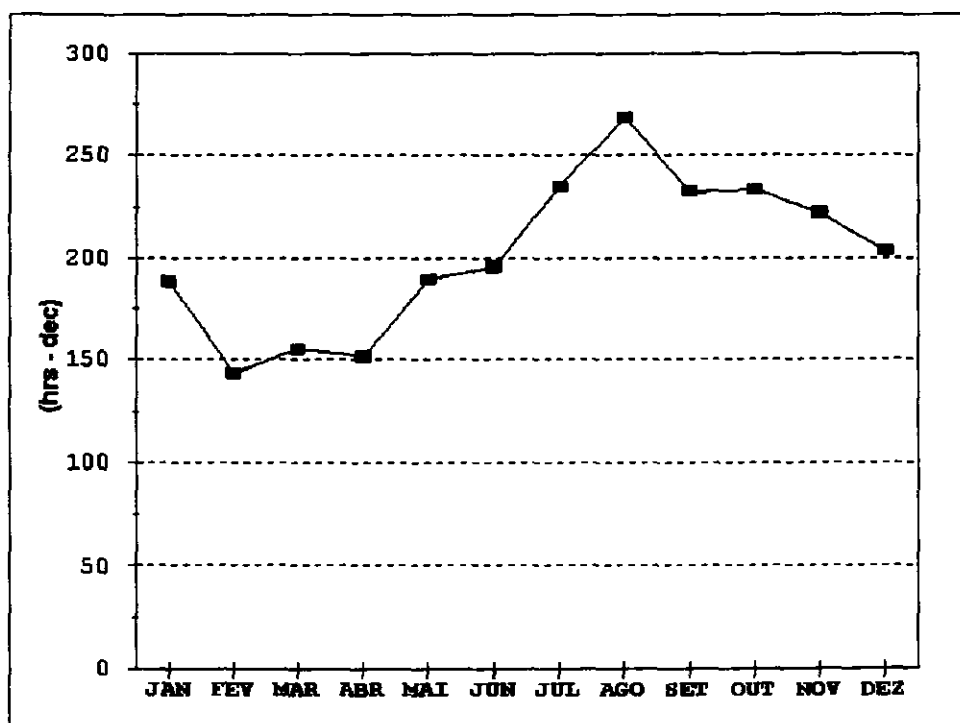


Figura I 3-Insolação Média na estação de Sobral

d Ventos

A intensidade do vento é medida nos horários sinóticos de observação, a uma altitude de 10 m em relação a estação. Da mesma forma, a direção do vento também é medida nos três horários sinóticos, indicando a direção de onde o vento se origina.

Os dados para a estação de Sobral de velocidade de vento encontram-se apresentados no quadro I 4 e figura I 4. Além disto, verifica-se para esta região, que a direção predominante está dentro do quadrante Nordeste/Sudeste.

Quadro I 4 - Velocidade de Vento Média na estação de Sobral

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
horas	2,8	2,6	2,3	1,7	1,7	2,0	2,5	2,7	3,7	3,3	3,5	3,3

FONTE INEMET (1991)

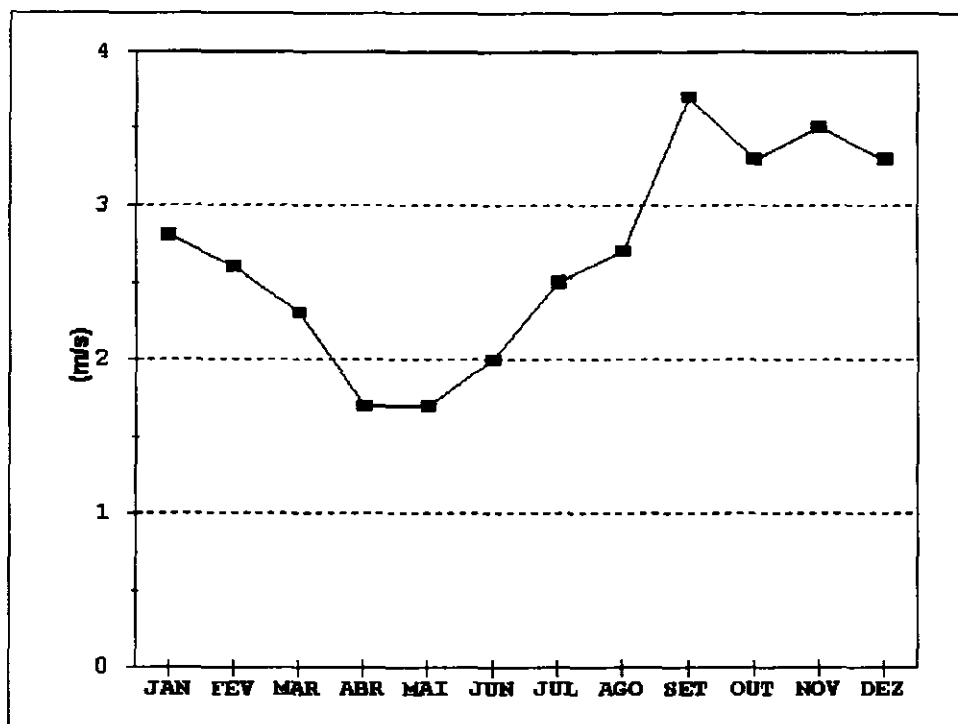


Figura I 4 - Velocidade de Vento Média na estação de Sobral

e. Evaporação Média

A evaporação anual observada em tanque-tipo classe "A" é de 1914,7 mm, distribuída ao longo dos meses segundo o quadro I 5 e figura I 5

Quadro I 5 - Evaporação Média na estação de Sobral

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	156,6	125,2	94,6	101,6	99,7	116,6	157,9	191,3	221,3	224,7	220,0	205,2

FONTE INEMET (1991)

O trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação corresponde a setembro/outubro/novembro, ocorrendo o máximo em outubro (224,7 mm) Deve-se

ressaltar, entretanto, que para adotar estes valores como representativos da evaporação em açudes, principalmente pequenos e médios, deve-se multiplicar estes valores por um coeficiente entre 0,70 e 0,80

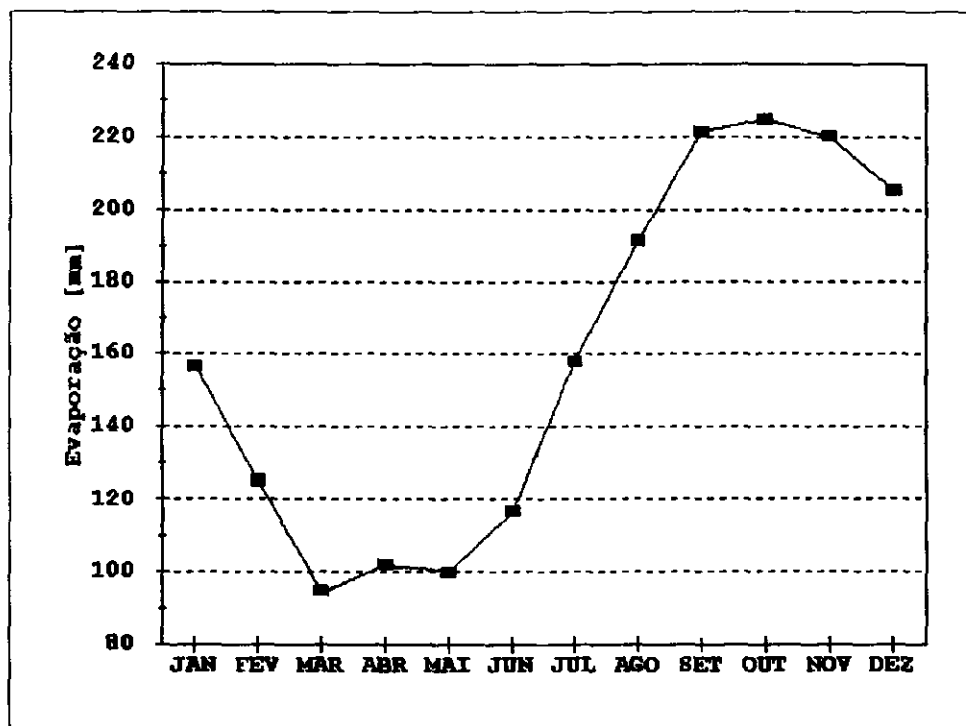


Figura I 5-Evaporação Média na estação de Sobral

f Evapotranspiração

O quadro I 6 apresenta a evapotranspiração potencial mensal obtida segundo Thornthwaite e Mather, totalizando 1657,2 mm. A figura I 6 confronta os valores do quadro I 6 com os valores da precipitação média. Percebe-se, como característica, o déficit hídrico em praticamente todo o ano, com exceção dos meses de março e abril. Este fato demonstra, como é conhecido qualitativamente para as regiões semi-áridas, a necessidade da aplicação artificial de água.

Quadro I 6 - Evapotranspiração Potencial (Thornthwaite & Mather) na estação de Sobral

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	142,1	137,3	132,3	152,7	129,8	104,0	133,6	150,9	129,1	143,5	148,8	153,1

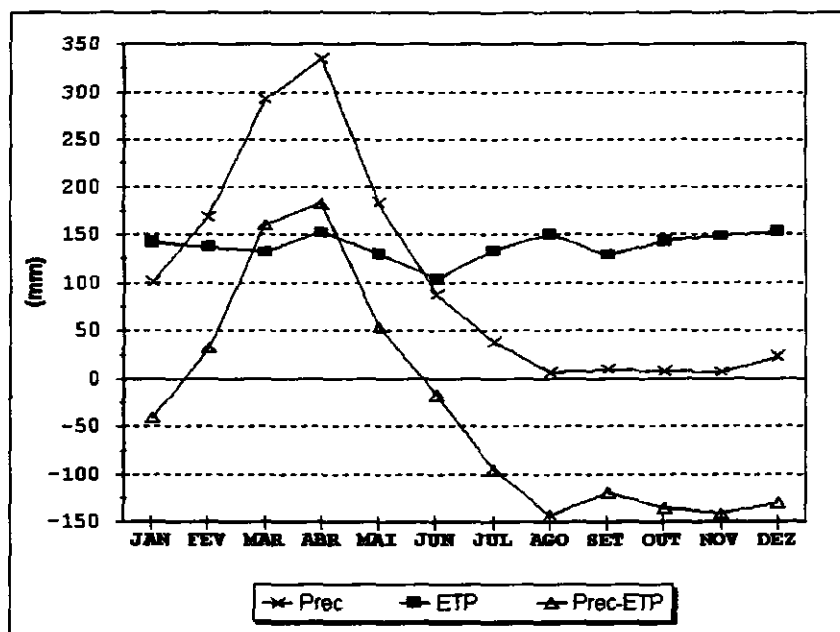


Figura I 6-Balanço Hídrico

1 1 2 - Balanço Hídrico

O princípio da conservação da massa à água aplicado a um determinado local ou área (em um dado volume de controle), nos fornece a diferença entre o ganho (precipitação) e o consumo (escoamento superficial e profundo, evaporação ou evapotranspiração) Este princípio é a base do balanço hídrico, concebido por Thornthwaite

& Mather em 1955, e tem sido utilizado amplamente quando não se dispõe de muitos dados para um estudo mais apurado

Aplicando-se a metodologia do balanço hídrico para a bacia em questão, supondo-se uma capacidade de armazenamento de 100 mm (PERH, 1990)², obtém-se o quadro I 6

Quadro I 7 - Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather

CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO = 100 mm

MÊS	T °C	P mm	ETP mm	P-ETP mm	ARM mm	ALT mm	ETR mm	EXC mm	DEF mm
JAN	26,7	101,1	142,1	-41,0	0,0	0,0	101,1	0,0	41,0
FEV	27,1	169,1	137,3	31,8	31,8	31,8	137,3	0,0	0,0
MAR	26,2	293,0	132,3	160,7	100,0	68,2	132,3	92,5	0,0
ABR	27,5	335,4	152,7	182,7	100,0	0,0	152,7	182,7	0,0
MAI	26,2	183,7	129,8	53,9	100,0	0,0	129,8	53,9	0,0
JUN	24,9	87,6	104,0	-16,4	85,0	-15,0	102,6	0,0	1,4
JUL	26,4	38,0	133,6	-95,6	32,0	-53,0	91,0	0,0	42,6
AGO	27,2	6,8	150,9	-144,1	7,0	-25,0	31,8	0,0	119,1
SET	26,3	9,9	129,1	-119,2	2,0	-5,0	14,9	0,0	114,2
OUT	26,7	8,0	143,5	-135,5	0,0	-2,0	10,0	0,0	133,5
NOV	27,1	7,0	148,8	-141,8	0,0	0,0	7,0	0,0	141,8
DEZ	27,1	22,8	153,1	-130,3	0,0	0,0	22,8	0,0	130,3
ANO	26,6	1262,4	1657,2	-394,8	457,8	0,0	933,3	329,1	723,9

1 1 3 Classificação do Clima

a - Classificação segundo Koeppen

Segundo Koeppen existem cinco zonas diferentes de clima na terra, associadas a valores de temperatura e precipitação de acordo com a vegetação

² PERH, 1990. PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ.

De acordo com esta classificação, a região do estudo encontra-se classificada como Zona de Climas Secos, tipo B. As chuvas são classificadas como do tipo Bwx', uma vez que a distribuição temporal da precipitação da área abrangem o verão e o outono. O clima, segundo o aspecto térmico, é do tipo muito quente, ou megatérmico.

b. Classificação segundo Thornthwaite

Segundo esta classificação, o elemento determinante do clima é a evapotranspiração, além da característica pluviométrica e térmica. Os dados para a área de estudo, mostram um clima semi-árido, tipo D, com índice de umidade variando entre -20% e -40%, sub-tipo d, com pequeno ou nenhum excesso de água, tipo A', megatérmico e sub-tipo a', baixa variação estacional (DdA'a')

1 1 4 Estudos Pluviométricos

A pluviometria do Estado foi detalhadamente analisada por ocasião do PERH (Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, 1990), sendo esta análise iniciada com a coleta dos registros inventariados e atualizados até 1988 pela SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste) Esta etapa foi seguida por várias outras, entre as quais destaca-se, para os fins deste trabalho a caracterização do regime pluviométrico em vários intervalos de tempo e o estabelecimento de série pluviométrica média para as bacias hidrográficas dos açudes de médio e grande porte

a Dados Utilizados

A série pluviométrica bruta utilizada neste estudo foi inicialmente tratada pelo método do Vetor Regional (HIEZ, 1978) por ocasião do PERH (1990), destinado à identificação de inconsistências nas séries históricas Estas inconsistências podem ser originadas por erros de observação, podendo tais erros ocorrerem sistematicamente ou isoladamente em um certo período

Foram utilizados onze postos neste estudo, estando a grande maioria na bacia do Rio Mundaú, com 650 km² Na estimativa dos dois vetores regionais, um a nível anual e o outro a nível mensal, estes postos foram separados em 4 grupos, a saber Icarai, Paracuru, Uruburetama e Uruoca, denominados grupos regionais, (PERH, 1990), por apresentarem médias dos totais anuais mais próximas, além de estarem localizados em regiões de pouca variação de altitude

Inicialmente foi considerado o intervalo anual, para o qual analisou-se as duplas massas entre a pluviometria anual e a série sintética obtida a partir do vetor regional associado Esta análise permite a identificação de anomalias, ou seja, valores que divergem

do padrão, este definido com base na informação de todos os postos pelo princípio da máxima verossimilhança

A seguir prossegue-se com a análise, à nível mensal, utilizando o vetor regional mensal, buscando os meses que apresentam desvios consideráveis para aqueles anos de desvios consideráveis em relação ao valor sintético, sendo corrigidos os de maior contribuição para o desvio a nível anual. Os valores diários são compatibilizados pelo princípio da desagregação nos meses que sofreram a correção. Para maiores detalhes, consultar o PERH - SRH, 1990 - Relatório Geral - Diagnóstico. O quadro I 8 mostra os postos pluviométricos utilizados no presente estudo que compõem os grupos regionais mencionados anteriormente, ou seja, aqueles utilizados na formação do Vetor Regional

Quadro I 8 - Postos utilizados consistidos pelo método do Vetor Regional

POSTO	CÓDIGO	COORDENADAS		ALTITUDE m
		LATITUDE	LONGITUDE	
GRUPO ICARAI				
Aracatiara	2860355	03°10'	39°44'	15
Cruzeiro	2860572	03°22'	39°39'	60
GRUPO PARACURU				
Mundaú	2861329	03°11'	39°22'	5
Trairi	2861553	03°17'	39°15'	20
Cemoaba	2861917	03°27'	39°25'	80
GRUPO URUBURETAMA				
S B Amontada	2870049	03°23'	39°50'	180
Itapipoca	2870084	03°30'	39°35'	98
Assunção	2870175	03°34'	39°38'	150
Aç Rajada	2871109	03°35'	39°28'	---
Uruburetama	2871202	03°37'	39°30'	330
GRUPO URUOCA				
Amontada	2860736	03°22'	39°50'	180

Fonte DNAEE (1983)

b Caracterização do Regime Pluviométrico

- Nível Anual

As isoietas, linhas de mesma precipitação média, e iso-cv's (coeficientes de variação) estão apresentadas na figura I 7, que mostram a região da bacia do rio Mundau e onde se acha assinalada a área do estudo. A área de estudo apresenta, segundo análise destas figuras, média pluviométrica entre 800 e 1200 mm com um coeficiente de variação em torno de 0,45.

Uma análise frequencial foi realizada para os postos do quadro I 8 com uma extensão adequada para esta análise, sendo testadas várias distribuições, e escolhida a Log-Pearson III como a de melhor ajuste, tendo seus parâmetros estimados pelo método dos momentos. Apenas o posto 2871109 não apresentou disponibilidade de dados adequada para a referida análise. O quadro I 9 resume esta análise de frequência.

Quadro I 9 - Análise de Frequência dos Totais Anuais (mm)-Distribuição Log-Pearson III

CÓDIGO	N	PERÍODOS DE RETORNO					
		10	50	100	200	500	1000
2860355	23	1735,82	2572,30	2998,56	3479,45	4219,82	4876,20
2860572	22	2457,96	4459,04	5631,01	7066,23	9493,82	11858,22
2860736	43	1444,58	2134,02	2464,60	2821,76	3341,73	3776,74
2861329	53	1733,28	2164,97	2325,07	2474,19	2657,25	2786,56
2861553	12	2214,03	3339,45	3943,51	4652,82	5804,46	6888,64
2861917	24	2012,73	2954,64	3415,62	3922,08	4676,20	5323,11
2870049	14	1929,56	2893,14	3382,34	3934,16	4783,82	5539,04
2870084	49	1656,15	2017,59	2146,85	2264,83	2406,38	2504,09
2870175	42	1725,37	2278,99	2494,80	2700,99	2961,09	3149,52
2871202	44	2079,41	2827,62	3143,57	3460,33	3883,20	4207,76

- Nível Mensal

A análise da distribuição temporal mostra a concentração do total precipitado no primeiro semestre do ano, correspondendo a mais de 90% do total anual

A nível trimestral nota-se mais ainda a gravidade da concentração temporal, onde constata-se que entre 60 e 75% do total anual precipita-se em apenas três meses do ano, no trimestre Fevereiro/Março/Abril ou no trimestre Março/Abril/Maio Neste trimestre o mes de março ou de abril corresponde ao mais chuvoso, com cerca de 25% do total anual

No quadro I 10 mostra-se um resumo dos índices nos três níveis (mensal, trimestral e semestral), enquanto que no quadro I 11 apresenta-se um resumo da análise de frequência utilizando a série de totais mensais para o mês mais chuvoso nos postos considerados Os períodos de retorno utilizados variam de 10 a 1000 anos, com totais pluviométricos obtidos por ajustamento da distribuição Log-Pearson III

Quadro I 10 - Índices de Concentração Fluviométrica Série de Valores Médios Mensais

CODIGO	MÊS	VALOR	% TOT	TRIMES	VALOR	%	SÉM	VALOR	%
2860355	ABRIL	295 2	27 9	MAM	730 5	69 1	1	1020 3	96 5
2860572	ABRIL	335 4	26 6	MAM	808 0	64 0	1	1165 4	92 3
2860736	ABRIL	218 6	26 9	MAM	537 4	66 1	1	760 2	93 5
2861329	ABRIL	277 7	24 2	FMA	712 1	62 1	1	1039 1	90 7
2861553	ABRIL	367 1	24 3	MAM	906 6	60 0	1	1321 3	87 5
2861917	MARCO	342 7	27 7	MAM	819 5	66 2	1	1119 6	90 5
2870049	ABRIL	373 5	33 9	MAM	808 6	73 3	1	1059 6	96 1
2870084	MARCO	307 4	27 6	FMA	782.8	70 3	1	1060 4	95 3
2870175	MARCO	281 9	26 7	FMA	709 8	67 3	1	990 1	93 8
2871109	MARCO	349 2	26 9	FMA	913 8	70 5	1	1206 5	93 0
2871202	MARCO	322 4	25 9	FMA	804 0	64 6	1	1143 2	91 8

Quadro I 11 - Análise de Frequência-Nível Mensal (mm)-Distribuição Log-Pearson III.

CODIGO	N	PERÍODOS DE RETORNO					
		10	50	100	200	500	1000
2860355	24	610,94	1021,00	1219,67	1433,65	1741,93	1995,65
2860572	26	841,18	1511,18	1831,32	2169,28	2641,16	3014,95
2860736	46	397,54	617,04	726,29	846,79	1026,27	1179,73
2861329	70	498,91	687,00	758,34	825,00	906,70	964,02
2861553	20	756,40	1351,45	1674,18	2048,56	2639,36	3173,77
2861917	25	562,41	770,50	859,07	948,31	1068,12	1160,53
2870049	15	667,81	1111,70	1363,83	1669,18	2181,98	2680,66
2870084	53	499,24	649,90	706,52	759,46	824,59	870,60
2870175	45	492,80	682,02	757,37	829,98	922,29	989,56
2871202	46	556,78	723,54	784,58	840,69	908,29	954,97

- Nível Diário

Os principais tipos de precipitações da região são em decorrência da elevação brusca das massas de ar por efeito térmico ou lenta, neste caso quando a massa de ar encontra obstáculos topográficos

A probabilidade de ocorrência de dias chuvosos no período úmido é considerável. Em regiões de influência orográfica a ocorrência de até vinte dias chuvosos no mês não são incomuns.

Na análise hidrológica de prováveis obras hidráulicas, os eventos de alta frequência assumem uma importância maior com relação aos de baixa. Aqui foram utilizadas séries anuais de máximos diários.

Diversas distribuições podem ser utilizadas como teóricas para as frequências observadas. Depois de comparar diversas distribuições, foi escolhida a Log-Pearson III, cujas estimativas para vários períodos de retorno encontram-se no quadro I 12. O ANEXO 1 (A3) apresenta a análise de frequência para a série de máximos diários, mostrando através

de estatísticas a melhor adequacidade da distribuição Log-Pearson III em relação a outras distribuições analisadas. Em anexo também estão os resultados da comparação das diversas distribuições para os outros dois níveis aqui abordados: mensal (ANEXO 1/A-2 mês mais chuvoso) e anual (ANEXO 1/A-1 totais anuais).

Quadro I 12 - Análise de Frequência-Nível Diário (mm)-Distribuição Log-Pearson III

CÓDIGO	N	PERÍODOS DE RETORNO					
		10	50	100	200	500	1000
2860355	24	124,63	192,94	231,54	278,05	355,63	430,49
2860572	25	135,97	192,37	219,29	248,45	291,18	327,27
2860736	43	83,97	114,67	129,22	144,87	167,62	186,66
2861329	67	112,17	136,29	145,51	154,27	165,31	173,32
2861553	18	130,58	186,30	214,40	246,02	294,65	337,91
2861917	25	150,31	228,26	268,11	313,07	382,15	443,31
2870049	15	144,20	215,08	252,53	295,97	365,37	429,60
2870084	51	110,30	144,58	159,24	174,07	194,14	209,77
2870175	45	115,11	159,46	180,00	201,79	232,89	258,44
2871202	44	114,23	170,19	200,11	234,74	289,51	339,38

- **Chuvas Intensas**

Para projetos de obras hidráulicas em geral é importante a caracterização do regime pluviométrico em intervalos de tempo inferiores a 24 horas. A definição da vazão de projeto, por exemplo de canais integrantes da rede de drenagem, obras d'arte, está vinculada a determinação da relação intensidade-duração-frequência pluviométrica.

Na área em estudo existem registros de pluviógrafos, sendo o aparelho mais comum em estações pluviométricas o pluviômetro, capaz de registrar a "precipitação máxima de 1 dia". Isto impossibilita o uso da metodologia convencional, na qual, a partir de chuvas intensas de várias durações registradas em pluviogramas, estabelece-se uma equação que relaciona intensidade, duração e frequência para a área de representatividade do aparelho.

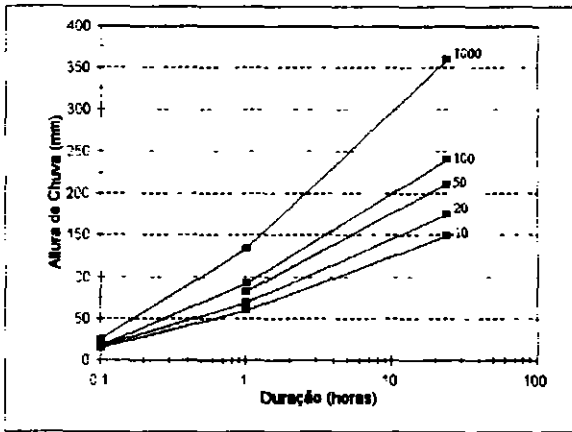
Como alternativa ao método tradicional, tem-se o Método das Isozonas (TORRICO, 1975)³, que partindo da transformação da chuva de 1 dia em 24 horas, permite estimar valores para intervalos de menor duração

A desagregação da chuva de 24 horas em chuvas de menores duração consiste nas seguintes etapas de cálculo descritas a seguir

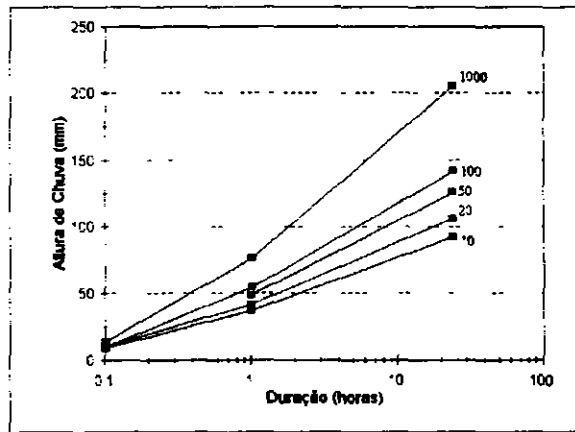
- 1 multiplicar a chuva de um dia por 1,10 para obter-se a chuva pontual de 24 horas,
- 2 determinar a isozona onde está localizado o centro de gravidade da bacia hidrográfica - isozona C para a área em estudo, sendo adotado D apenas para o posto 2871202,
- 3 estimar, para os diversos períodos de retorno, a chuva de 1 hora de duração a partir da chuva de 24 horas, através da multiplicação pelo fator R_{1h} ,
- 4 plotar os valores P_{24h} e P_{1h} em papel probabilístico para obtenção de chuvas de durações intermediárias

O método das isozonas apresenta diferenças bem significativas quando comparado com o método tradicional, conforme mostra Silva, Kern e Henrique (1989), o que sugere que os resultados obtidos pelo método das isozonas sejam observados com certas restrições

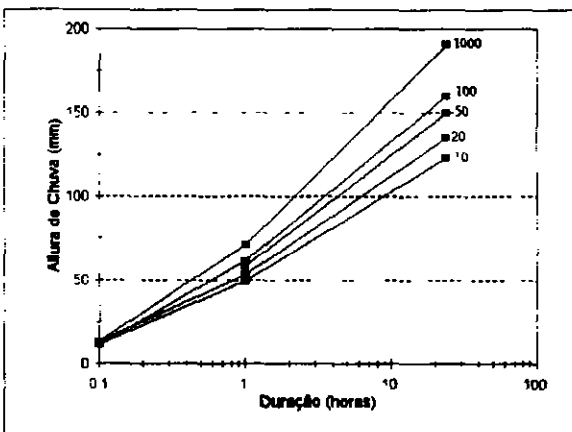
³ TORRICO, J.T., 1975. PRÁTICAS HIDROLÓGICAS, 2a. EDIÇÃO, TRANSCOM, RIO DE JANEIRO.



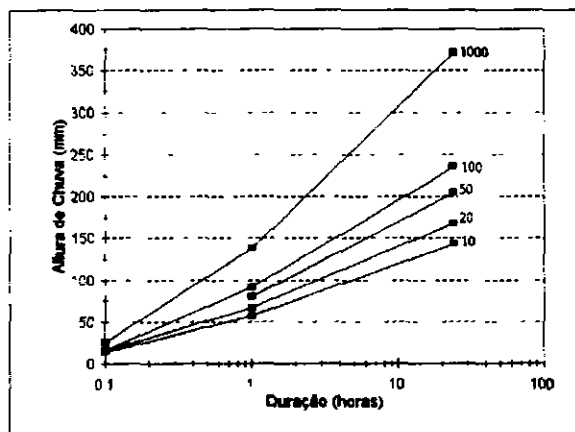
2860572



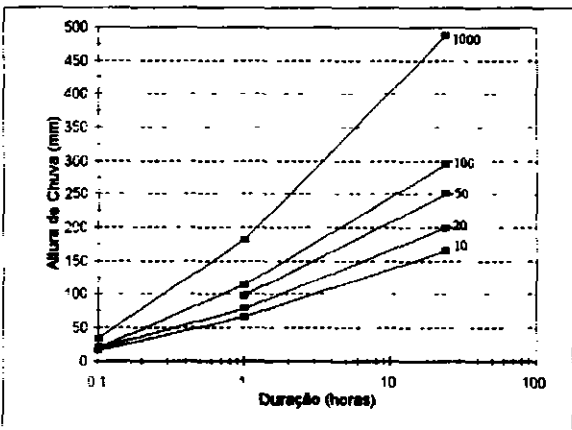
2860736



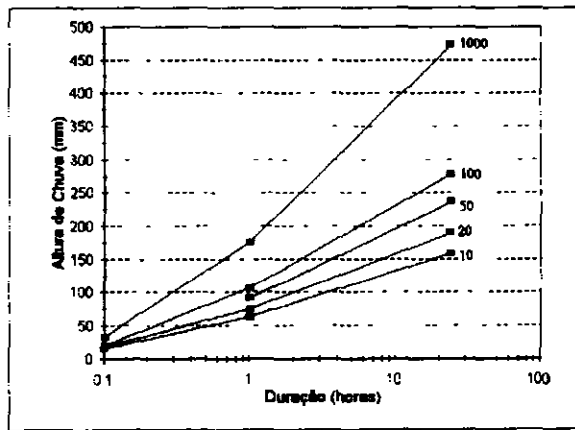
2861329



2861553

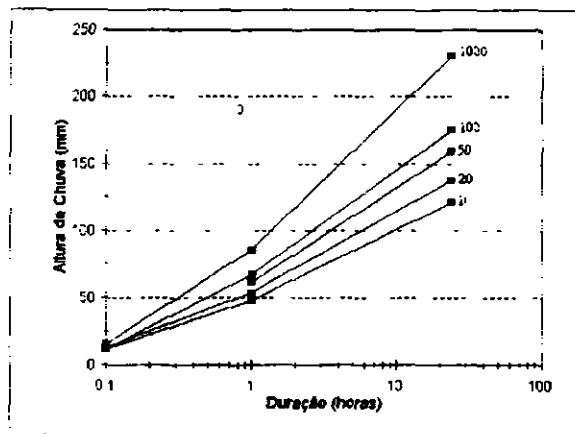


2861917

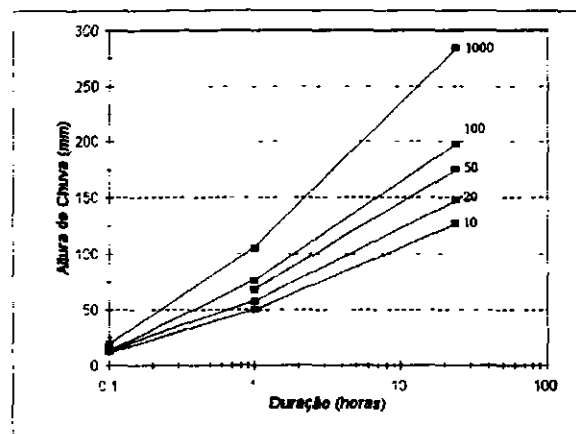


2870049

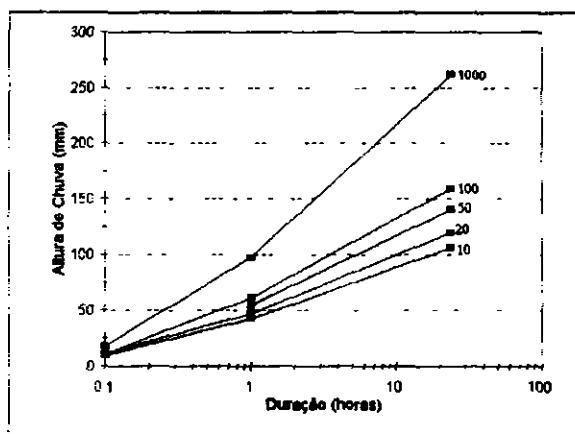
Figura I 7 - Curvas Intensidade-Duração-Frequência



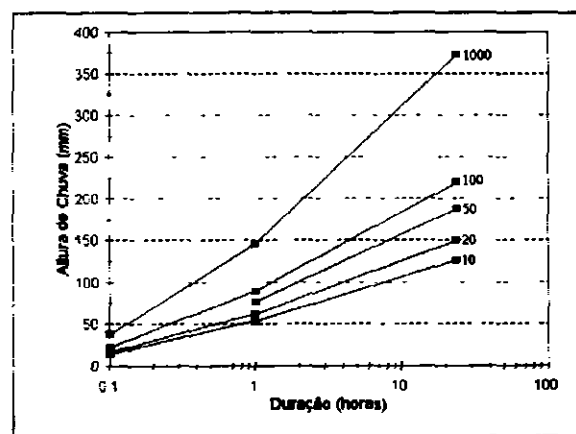
2870084



2870175



2871109



2871202

Figura I 7 - Curvas Intensidade-Duração-Frequência (Cont)

2. ESTUDO DOS DEFLÚVIOS

O objetivo básico deste capítulo consiste na definição das séries de vazões afluentes ao Rio Mundaú, produto das chuvas que ocorrem em sua cabeceira na serra de Uruburetama até a confluência com o principal afluente do Rio Mundaú, o Rio Cruxati. Estas séries fluviométricas podem ser utilizadas como base para estudos direcionados à construção de pequenos e médios açudes e para avaliação de alternativas para projetos de irrigação na área.

2.1. METODOLOGIA

A execução de projetos, tais como, o dimensionamento de reservatórios, requer a utilização de dados de séries fluviométricas. Devido ao elevado custo de implantação e manutenção das estações fluviométricas, o número destas é inferior ao de pluviométricas. No caso particular da bacia do Rio Mundaú, não existe nenhum posto fluviométrico, tendo sido utilizado para a pluviometria, os onze postos apresentados na seção anterior. Resta então fazer uso de modelos de transformação chuva-vazão, os quais permitem, a partir de séries pluviométricas e de valores dos parâmetros destes modelos, determinados em uma região de características semelhantes, gerar séries de dados fluviométricos para a região de interesse.

Como foi descrito anteriormente, na bacia ou na suas proximidades existem dados pluviométricos de uma estação próxima à área de estudo que foram consistidos e utilizados por ocasião da elaboração do PERH-CE. Estas informações serão utilizadas para o modelo MODHAC⁴, o qual utiliza dados de precipitação média diária. O esquema do referido modelo está apresentado na figura I 8.

4 MODHAC - Modelo Hidrológico Auto Calibrável - A.E.L. Lanna & M. Schwarzbach - 1989. Publicação de Recursos

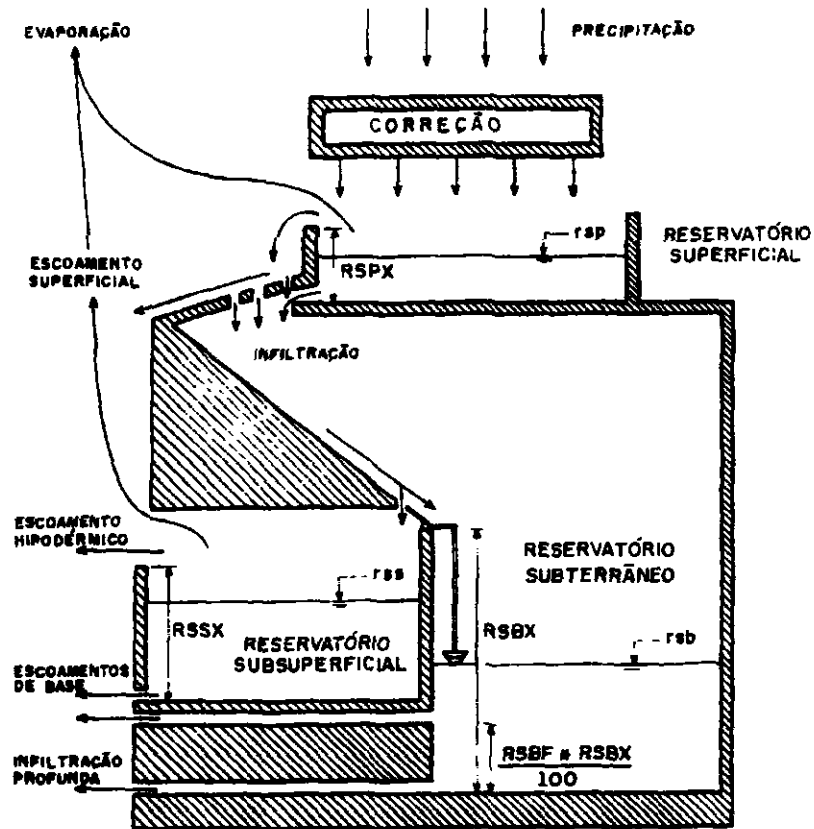


Figura I 8 - Representação esquemática do MODHAC

O modelo MODHAC é composto de três reservatórios fictícios dispostos em séries, cada um com seus parâmetros de ajuste próprios. Estes reservatórios fictícios serão descritos, resumidamente, a seguir.

RESERVATÓRIO SUPERFICIAL permite simular os processos de interceptação da água pela vegetação, o armazenamento nas depressões impermeáveis e semi-permeáveis do solo. Seus parâmetros são

RSPX: capacidade máxima do reservatório superficial, e

ASP: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional à permeabilidade do reservatório

RESERVATÓRIO SUB-SUPERFICIAL: permite representar a água armazenada dentro do solo, desde a superfície do terreno até a profundidade radicular das plantas. A recarga deste reservatório é a infiltração e as descargas são o escoamento hipodérmico, evaporação do solo e a evapotranspiração das plantas. São seus parâmetros

RSSX: capacidade máxima do reservatório sub-superficial, e

ASS: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional a permeabilidade das camadas mais superficiais do solo

RESERVATÓRIO SUBTERRÂNEO: representa o armazenamento da água nas camadas mais profundas do solo onde não existe nem evapotranspiração das plantas, nem evaporação do solo. A recarga deste reservatório é a percolação profunda do reservatório sub-superficial e a descarga é o escoamento de base. Seus parâmetros são

RSSB: capacidade máxima do reservatório subterrâneo, e

ASB: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional à transmissividade das camadas mais profundas do solo

Alem destes coeficientes próprios de cada reservatório fictício, existem outros que permitem representar as características do solo e da evaporação. São eles

IMIN: infiltração mínima observada,

IMAX: representa a capacidade de percolação de todo o horizonte do solo,

IDEC: parâmetro que permite representar uma gama de valores compreendida entre o ponto onde não existe infiltração e o ponto que representa toda a água infiltrada, e

CEVA: parâmetro da lei de evapotranspiração do solo

2.2. DADOS NECESSÁRIOS

Os dados necessários para a calibração do MODHAC são pluviometria diária, séries fluviométricas mensais/ diárias e evapotranspiração potencial. Devido a inexistência de estações fluviométricas na bacia do Rio Mundaú, optou-se pela transposição de dados de uma região próxima. A realização desta transposição de dados foi abordada de duas maneiras

- calibração do MODHAC em uma bacia vizinha, e utilização dos parâmetros obtidos nesta calibração para a geração de séries de vazões na bacia do Rio Mundaú,
- obtenção de uma série de vazões para o Rio Mundaú através de proporção de áreas, e a partir desta é realizado um ajuste do modelo MODHAC para a bacia do Rio Mundaú

Estas hipóteses simplificadoras assumem, respectivamente, que

- os parâmetros utilizados são representativos para simular os processos de transformação chuva-vazão que ocorrem na bacia do Rio Mundaú,
- a bacia vizinha é hidrologicamente semelhante a bacia de interesse

2.3. AJUSTE DO MODELO E RESULTADOS OBTIDOS

A partir dos valores dos parâmetros obtidos pela calibração do MODHAC para postos vizinhos é possível gerar séries de vazões a partir de séries de precipitações, e com extensão igual destas últimas. No caso em estudo foi utilizado duas estações, a saber

- posto situado em São Luis do Curu, pertencente ao município do mesmo nome, na bacia do Rio Curu. A qualidade do ajuste para esta estação pode ser observada no gráfico da figura I 9,

- posto situado em Patos-Sobral na bacia do Rio Aracatiaçu

O quadro I 13 apresenta os parâmetros obtidos na calibração automática do modelo MODHAC em ambas estações. Na tentativa de garantir que o mínimo obtido pelo método de Rosebrook seja um mínimo global, o processo de calibração foi repetido várias vezes com diferentes condições iniciais para estes parâmetros. Como função objetivo foi empregada a função objetivo modulada $\sum | Q_{obs} - Q_{ger} |$, a qual é recomendada para a aplicação deste modelo em regiões do Nordeste Brasileiro.

Para as estações utilizadas, São Luis do Curu e Patos-Sobral, foi obtido na fase de calibração as seguintes características:

São Luis do Curu lâmina média escoada = 69,7 mm
 coeficiente de deflúvio = 9,35 %

Patos-Sobral lâmina média escoada = 41,0 mm
 coeficiente de deflúvio = 8,04 %

Quadro I 13 - Parâmetros Utilizados pelo Modelo MODHAC - CALIBRAÇÃO

RSPX	RSSX	RSBX	RSBF	IMAX	IMIN	IDEC	ASP	ASS	ASB	PRED	CEVA
mm	mm			mm/ dia	mm/ dia						
São Luis do Curu											
Função Objetivo		479	Coef Deflúvio = 9,35%			Lâmina Média Escoada = 69,7 mm					
31,5	263,1	0,0	0,0	30,8	5,2 e-3	7,0 e-2	4,0 e-2	8,5 e-4	0,49	999,0	0,0
Patos-Sobral											
Função Objetivo		580	Coef Deflúvio = 8,04%			Lâmina Média Escoada = 41,0 mm					
46,3	147,1	0,0	0,0	99,98	1,988	6,1 e-2	0,1	3,9 e-3	8,6 e-3	999,0	4,1 e-3
Transposição de área - Curu											
Função Objetivo		3,2 e4	Coef Deflúvio = 51,9%			Lâmina Média Escoada = 633,75 mm					
60,0	264,4	0,0	0,0	40,07	4,1	0,46	4,6 e-4	7,0 e-3	0,531	999,0	1,1 e-3



000037

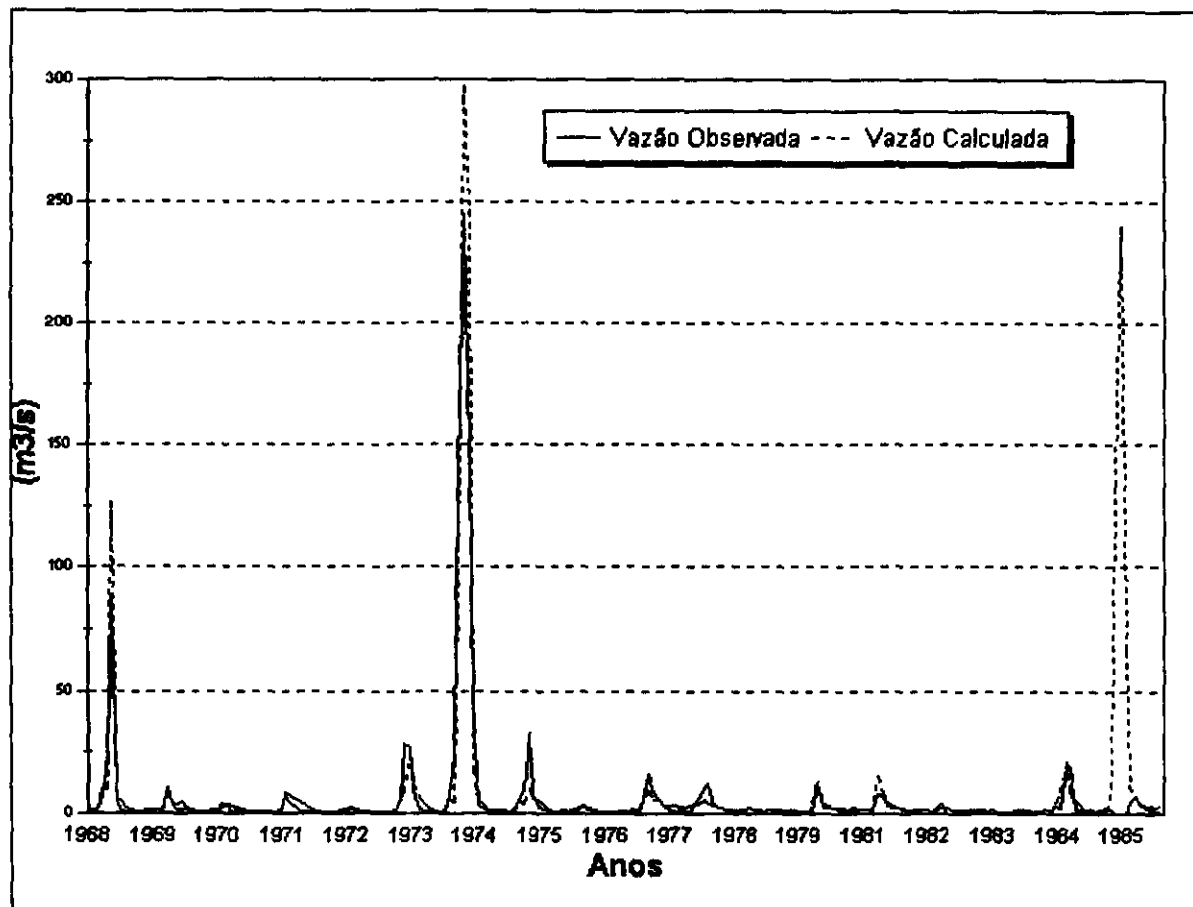


Figura I 9 - Resultados da Calibração do Modelo MODHACX para a Bacia do Rio Curu (Estação São Luis do Curu)

2.4. GERAÇÃO DA SÉRIE DE VAZÕES

Utilizando os parâmetros obtidos na fase de calibração (quadro I 13) para as duas estações acima, gerou-se com o MODHAC série de vazões para a bacia em estudo correspondente à série de precipitação média desta bacia. As características da série gerada a partir dos parâmetros do MODHAC obtidos na calibração com as duas alternativas (São Luis do Curu e Patos-Sobral) são as seguintes

São Luis do Curu	lâmina média escoada = 469,8 mm
	coeficiente de deflúvio = 42 %
Patos-Sobral	lâmina média escoada = 553,9 mm
	coeficiente de deflúvio = 49,7 %

Como pode-se observar pelos valores acima, os coeficientes de deflúvio variam de 42% a quase 50% o que é inaceitável para uma bacia rural no semi-árido, podendo-se observar ainda o alto valor obtido para a lâmina média escoada

Alternativamente à transposição de parâmetros, optou-se pela transposição de vazões por proporção de área, utilizando-se como bacia base a do Rio Curu. A partir da série obtida por proporção de área procedeu-se com a calibração do MODHAC, mas os resultados foram bem piores, a saber

lâmina média escoada = 633,75 mm
coeficiente de deflúvio = 51,9 %

Diante dos valores acima, decidiu-se não proceder com a extensão da série. Os parâmetros obtidos nas calibrações estão apresentados no quadro I 13

Assim, com base na qualidade dos resultados obtidos (coeficiente de deflúvio e lâmina média escoada) na etapa de extensão da série, aconselha-se utilizar para caracterização do escoamento os valores obtidos pelo balanço hídrico distribuído (PERH, 1990) para o município de Itapipoca (região de interesse), a saber

lâmina média escoada = 194 mm

deflúvio médio afluyente = 126 hm³/ano

coeficiente de variação dos deflúvios anuais = 0,73⁵

O uso destes valores sugere a aplicação de métodos de geração no dimensionamento do reservatório, objeto de estudo do próximo relatório

Em anexo estão os relatórios de saída do modelo MODHACX para o período de simulação, de 1940 a 1988, contendo informações acerca da lâmina precipitada e escoada, evapotranspiração e do armazenamento em cada reservatório. O coeficiente de deflúvio, calculado pela razão entre a lâmina escoada e a precipitada, situa-se em torno de 42%

3. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3.1. CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO

A importância do estudo da capacidade de regularização de um reservatório está ligada ao conhecimento das mudanças temporais e espaciais dos deflúvios naturais, visando o atendimento das demandas da sociedade. Busca-se aqui avaliar o tamanho que deve ser a obra de maneira que ganhos em regularização de águas justifique os investimentos a serem realizados

Hidrologicamente, os objetivos centrais deste capítulo são

- 1 análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade,
2. estimativa das perdas por evaporação e sangria

O traçado das curvas de regulação, incluindo-se aqui volumes evaporado (E), liberado (M) e sangrado (S) versus capacidade (K) e dM/dK versus K, traduzem os objetivos a serem alcançados neste capítulo

⁵ CAMPOS, J.N.B., VIEIRA, J.F. e MARTINS, E.S.P.R. (1995). "Política de Recursos Hídricos em Áreas Vulneráveis". In: Projeto Áridas-CEARÁ. Coordenação Geral: Secretaria de Planejamento.

O Reservatório objeto de estudo é o Mundau, com as seguintes características gerais.

- Nome. MUNDAU
- Município URUBURETAMA
- Rio Barrado: MUNDAU
- Capacidade 21 308 000 m³
- Volume disponível 19 175 000 m³
- Área da Bacia Hidrográfica 36,25 km²
- Área da Bacia Hidráulica 125 ha
- Profundidade Máxima 29 m

3.1.1 Metodologia

Na determinação das curvas de regulação do reservatório foi utilizado dois métodos, a saber

- solução direta da equação de balanço hídrico⁴,
- Diagrama Triangular de Regularização⁶

Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico

A equação do balanço hídrico de um reservatório pode ser dada por

$$Z_{t+1} = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M - S_t$$

com

⁶ CAMPOS, J N B 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMITENTES. TESE PARA CONCURSO DE PROF. TITULAR UFC

$$S_t = \max(B - K, 0)$$

$$B = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M$$

onde

Z_t = volume armazenado no início do ano t ,

I_t = volume afluente ao reservatório durante o ano t ,

A_t = área do espelho d'água no início do ano t ,

E = lâmina evaporada durante o ano t , suposta constante ao longo dos anos,

K = capacidade do reservatório,

S_t = volume perdido por sangria durante o ano t

Representando-se a bacia hidrográfica por

$$Z(h) = \alpha h^3 \quad \text{e} \quad A(h) = 3 \alpha h^2,$$

h - altura d'água α - fator de forma (obtido por regressão entre z e h^3)

supondo um modelo mutuamente exclusivo com volume contínuo e uma série de vazões afluentes com uma extensão de 2000 anos seguindo uma distribuição Gamma de 2 parâmetros, pode-se resolver a equação de balanço hídrico segundo o processo descrito por CAMPOS (1990), a saber

- 1 estabelece-se um valor inicial para a retirada M ,
- 2 considera-se um volume inicial igual $\text{MIN}(0,5 K, 0,5 \mu)$,
- 3 Calcula-se

$$\begin{array}{ll} Z_U = Z_t + I_t & \text{p/ } Z_t + I_t \leq K \\ Z_U = K & \text{caso contrário} \end{array}$$

$$D_S = \text{MAX}(Z_t + I_t - K, 0)$$

onde Z_U é o volume armazenado no final da estação e D_S o volume sangrado no ano t

- 4 Calcula-se o volume no fim da estação seca (início do próximo ano) por
 - a) divide-se M e E em L partes (no caso $L=6$),

b) retirada da reserva, se disponível, de M/L

ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

$$Z_2 = Z_1 - M / L \quad \text{se } Z_1 - M / L > Z_{MIN}$$

$$Z_2 = Z_{MIN} \quad \text{caso contrário (ANO FALHO)}$$

$$Z_{MIN} = \text{MAX}(0,05 K, 0,20 \mu)$$

VOLUME UTILIZADO

$$D_M = Z_1 - Z_2$$

ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO

$$h_2 = \left(\frac{Z_2}{\alpha} \right)^{1/3}$$

c) retirada da reserva, se disponível, de E/L

ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO

$$h_3 = h_2 - E / L \quad \text{se } h_2 - E / L \geq 0$$

$$h_3 = 0 \quad \text{caso contrário}$$

ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

$$Z_3 = \alpha h_3^3$$

VOLUME UTILIZADO

$$D_E = Z_3 - Z_2$$

d) retorna-se a b) até completar as L fases da integração

5 Prossegue-se com os passos 3 e 4 até que se complete os 2000 anos da série gerada, totalizando os volumes evaporado, sangrado e liberado,

6 Concluído os 2000 anos, verifica-se se a frequência de falha está entre 9,95 e 10,05 %, ou se o erro em retirada é menor do que 0,5 unidades. Caso afirmativo aceita-se o valor de M, caso contrário atribui-se novo valor de M e retorna-se a 1

3.1.2 O Diagrama Triangular de Regularização

O método do Diagrama Triangular baseia-se no balanço de massas de um reservatório para um período longo

$$\sum I = \sum M + \sum S + \sum E + Z$$

onde $\sum I$, $\sum M$, $\sum S$, $\sum E$ representam as somas dos volumes afluente, retirado, sangrado e evaporado, enquanto Z representa a diferença entre os volumes final e inicial do reservatório. Dividindo-se a equação de balanço de massas acima por N , N suficientemente grande, obtém-se

$$\mu = E\{M\} + E\{S\} + E\{E\}$$

onde $E\{.\}$ representa o operador valor esperado e μ o deflúvio afluente médio. Pela última equação verifica-se que o volume afluente divide-se em três componentes, o que sugere o uso do Diagrama Triangular para estabelecer como esta divisão se processa em função dos parâmetros estatísticos dos deflúvios e das características do reservatório (CAMPOS, 1990)

3.1.3 Resultados

Como a série obtida pelo MODHAC no Estudos dos Deflúvios (Hidroclimatologia) é relativamente curta para o estabelecimento da vazão regularizada com 90% de garantia, optou-se pelos métodos descritos anteriormente. Apesar disto, utilizou-se o volume afluente médio da série gerada pelo MODHAC (1967-76 e 1978-88) como representativo

- lâmina média escoada. 194,0 mm
- volume afluente médio escoado (μ) 7 032 500 m³

O coeficiente de variação de $CV = 1,10$ foi adotado com base no valor indicado por CAMPOS et al (1995)⁷, a saber $CV = 1,08$

Para aplicação dos dois métodos faz-se necessário a determinação do fator de forma α , lâmina evaporada e fator adimensional de evaporação e capacidade. No caso do fator adimensional de capacidade, este é variável uma vez que pretende-se analisar o ganho na regularização em função do aumento da capacidade. Assim,

$$\alpha = 401,16 \text{ (ver ANEXO 1/A-4)}$$

$$E = 0,80 \text{ (116,6 + 157,9 + 191,3 + 221,3 + 224,7 + 220,0 + 205,2)}$$

$$E = 1069,6 \text{ mm}$$

$$f_E = \frac{3 \alpha^{1/3} E}{\mu^{1/3}}$$

$$f_E = 0,12$$

Com base nestes valores utilizou-se a solução direta da equação do balanço hídrico para o estudo incremental de capacidades do Reservatório Mundau. No quadro I.14 apresenta-se o percentual e seu valor correspondente dos volumes regularizados, evaporados e sangrados em função de f_k . A figura I.10 apresenta as curvas de regulação para o reservatório de Mundau, que nada mais é que a graficação dos valores apresentados no quadro I 14.

Quadro I 14 - Estudo incremental de capacidades do Reservatório Mundau

$f_k = K/\mu$	K hm ³	%REG	REG hm ³ /ano	%EVAP	EVAP hm ³ /ano	%SANG	SANG hm ³ /ano	dM/dK
0,71	5,000	27,4	1,904	6,5	0,451	66,1	4,589	-----
1,42	10,000	40,8	2,829	10,4	0,724	48,8	3,386	0,185
2,13	15,000	50,2	3,479	13,5	0,936	36,3	2,521	0,130
2,73	19,175*	56,3	3,903	15,5	1,073	28,2	1,957	0,102
3,55	25,000	62,0	4,299	17,8	1,238	20,2	1,398	0,068
4,27	30,000	64,5	4,472	19,7	1,366	15,8	1,095	0,035

* Volume Disponível do Reservatório Mundau

⁷ CAMPOS, J N B., VIEIRA, J F e MARTINS, E.S.P R. 1995. POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS EM ÁREAS VULNERÁVEIS. In: PROJETO ÁRIDAS - CEARÁ. COORDENAÇÃO GERAL. SECRETARIA DE PLANEJAMENTO

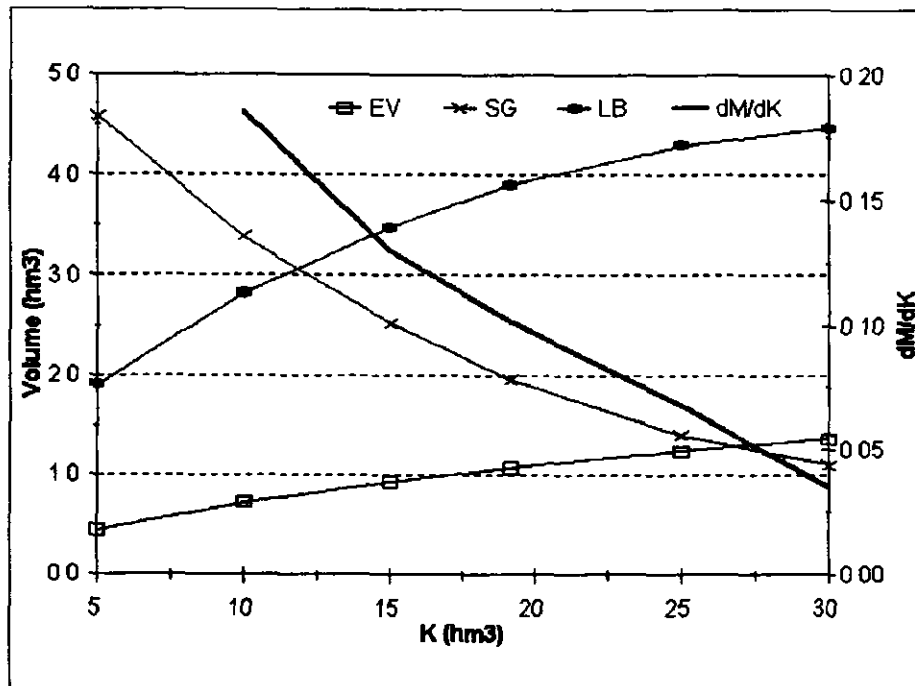


Figura I 10 - Curvas de Regulação do Reservatório Mundau

A análise da figura I 10 e quadro I 14 sugere que um volume adequado para o reservatório é inferior a 15 hm³. Para a capacidade de construção (hm³) o reservatório regulariza 56,3% do volume afluente médio anual, ou em termos de volume, 3,903 hm³/ano. Este volume regularizado anualmente corresponde a uma vazão regularizada com 90% de garantia de 0,12376 m³/s. O volume afluente anual ao reservatório Mundau reparte-se da seguinte maneira:

Liberado	3,903 hm ³ - 56,3%
Evaporado	1,073 hm ³ - 15,5%
Sangrado.	1,957 hm ³ - 28,2%

Utilizando-se o método do Diagrama Triangular de Regularização com $f_E = 0,12$ e $f_K = 2,73$, obtém-se. REG = 56%, EVAP = 15% e SANG = 29%. O percentual regularizado obtido corresponde a um volume de 3,903 hm³ anuais, ou em termos de vazão, $Q_{90} = 0,12488$ m³/s. Este valor está bem próximo ao valor obtido pela solução direta da equação do balanço hídrico. A figura I.11 apresenta o Diagrama Triangular (CV = 1,10) e nele o caso em estudo

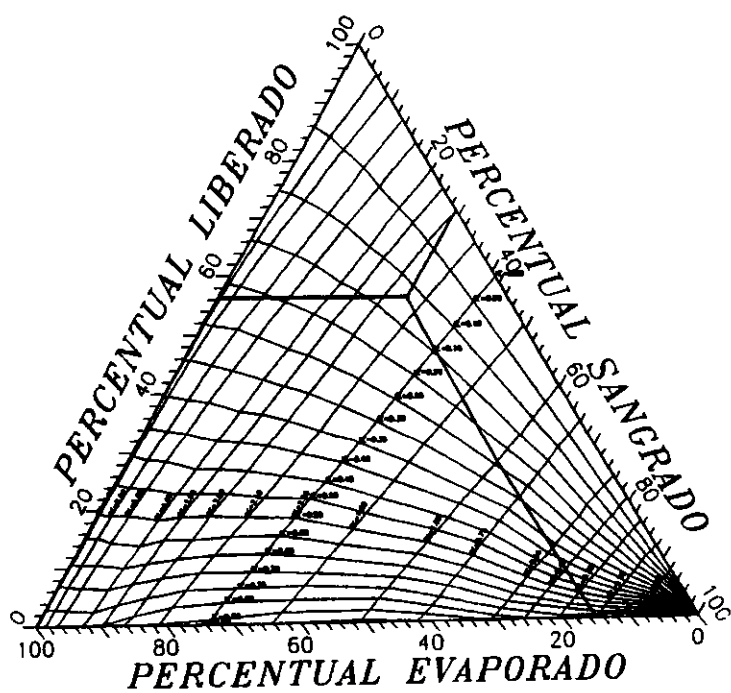


Figura I 11 - Diagrama Triangular de Regularização para $CV = 1,10$

3.2. ESTUDOS ADICIONAIS

Este capítulo apresenta estudos adicionais visando fornecer características do reservatório durante a fase de operação, sendo estudado

- a probabilidade de enchimento do reservatório na fase transiente,
- a probabilidade de esvaziamento do reservatório na fase de equilíbrio,
- a probabilidade de extravazamento do reservatório na fase de equilíbrio,
- a curva de esvaziamento do reservatório

3 2 1 Estudo da Disponibilidade Hídrica

O estudo da disponibilidade hídrica do reservatório Mundau compreende o estudo das probabilidades de enchimento, esvaziamento e extravazamento do reservatório. Este estudo pode ser realizado diante duas óticas na fase transiente, quando essa probabilidade depende do volume inicial do reservatório, na fase de equilíbrio, quando o processo estocástico de armazenamento torna-se ergódico. A metodologia aqui empregada tem suporte teórico na teoria estocástica de reservatórios ou Teoria de Moran⁸, apresentando como novidade a inclusão da matriz de evaporação para considerar as perdas por este processo - método de CAMPOS (1990)

As etapas de cálculo destas probabilidades para um reservatório de uma determinada capacidade e retirada são descritas a seguir

1 dividir o volume total do reservatório K , por 20, definindo 21 estados que podem ser atingidos pela reserva. A representação gráfica do espaço de definição destes estados de reserva é apresentada na figura I 12 e no quadro I 15

⁸ MORAN, P.A.P 1959 THE THEORY OF STORAGE. LONDON METHUEN & CO LTD, 111 p

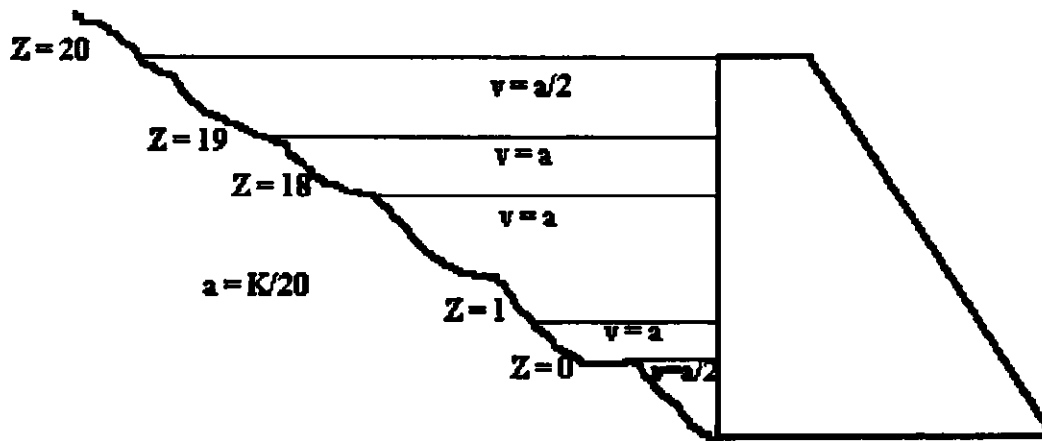


Figura I 12 - Espaço de definição dos estados de reserva

Quadro I 15 - Limite, em volume, dos estados de reserva

NÚMERO DO ESTADO (z)	LIMITES DE ARMAZENAMENTO	ARMAZENAMENTO NO ESTADO (2)
0	$0 < z \leq (1/2) \cdot a$	$z = \text{seco}$
1	$(1/2) a < z \leq (3/2) a$	$z = a$
2	$(3/2) a < z \leq (5/2) a$	$z = 2 a$
n-1	$(n-3/2) a < z \leq (n-1/2) a$	$z = (n-1) a$
n	$(n-1/2) a < z \leq K$	$z = \text{cheio}$

- 2 Calcular a matriz de transição de probabilidades devido aos deflúvios anuais [W]
Supõe-se que os deflúvios seguem uma distribuição Gamma de dois parâmetros na estação úmida e com uma massa de probabilidades para a estação seca
- 3 Calcular a matriz de transição de probabilidades devido à metade da evaporação (E), supondo que a relação cota x área x volume é determinada por

$$Z(h) = \alpha h^3 \quad \text{e} \quad A(h) = 3 \alpha h^2,$$

onde h - altura do espelho d'água, α - fator de forma (obtido por regressão entre z e h^3), A - área do espelho d'água a altura h e V - volume acumulado a altura h

- 4 Calcular a matriz de transição de probabilidades para uma retirada anual de M unidades de água $[M]$,
- 5 Calcular a matriz de transição de probabilidade anual através do produto das matrizes parciais

$$[Q] = [E] [M] [E] [W]$$

- 6 Formar o sistema de equações para determinar a probabilidade de interesse

$$q_{00} \pi_0 + q_{01} \pi_1 + \dots + q_{0N} \pi_N = \pi_0$$

$$q_{10} \pi_0 + q_{11} \pi_1 + \dots + q_{1N} \pi_N = \pi_1$$

$$q_{N0} \pi_0 + q_{N1} \pi_1 + \dots + q_{NN} \pi_N = \pi_N$$

onde q_{ij} = probabilidade da reserva passar do estado i ao j em um ano e π_i = probabilidade da reserva atingir o estado i em condições de equilíbrio. Como o sistema acima não é homogêneo, uma de suas equações deve ser substituída por

$$\pi_0 + \pi_1 + \dots + \pi_N = 1$$

- 7 Resolver o sistema acima e calcular π_0 e π_N , respectivamente, a probabilidade do reservatório estar seco e cheio em condições de equilíbrio

Através desta metodologia foram determinadas as curvas de probabilidade de esvaziamento do reservatório (inicialmente seco) na fase transiente considerando as retiradas de 0, 1,9515 e 3,903 hm³ anuais (quadro I 16). Como pode-se observar pela figura I 13, a retirada de 3,903 hm³ tem uma garantia de um pouco menos de 90%, valor compatível com os resultados anteriores (volume anual regularizado com 90% de

garantia) Na figura I 13 apresenta-se as curvas de garantia para as retiradas de 0, 1,9515 e 3,903 hm³ anuais, ou seja, a plotagem de $1-P[Z=\text{seco}]$

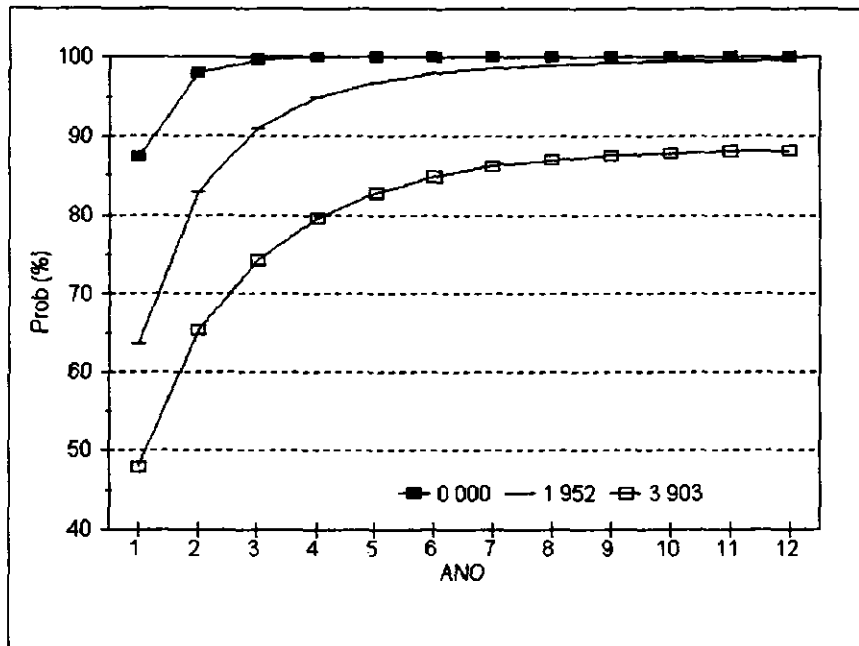


Figura I 13 - Análise Probabilística da Garantia do Reservatório - fase transiente
Garantia = $1 - P[Z = \text{seco}]$

Quadro I 16 - Análise Probabilística do Esvaziamento do Reservatório na Fase Transiente Reservatório inicialmente seco

ANO	PROBABILIDADE DE EsvaziAMENTO		
	%		
	M = 0,000	M = 1,9515	M = 3,903
1	12,74	36,41	52,14
2	1,98	17,01	34,61
3	0,35	9,01	25,67
4	0,07	5,19	20,41
5	0,02	3,18	17,15
6	0,00*	2,05	15,11
7	0,00	1,38	13,82
8	0,00	0,97	13,01
9	0,00	0,71	12,50
10	0,00	0,54	12,17
11	0,00	0,43	11,97
12	0,00	0,36**	11,76***

M = Retirada anual (hm³)

3,903 hm³ = volume anual regularizado com 90% de garantia

* início do estado de equilíbrio (independência das condições iniciais)

** início do estado de equilíbrio no ANO 19 com Prob Esv = 0,22%

*** início do estado de equilíbrio no ANO 21 com Prob Esv = 11,62%

Também foi realizada a análise probabilística de esvaziamento e de enchimento na fase de equilíbrio. A última análise mostra que, em equilíbrio, cerca de 25% dos anos ocorrem sangria para uma retirada anual de 3,903 hm³. A figura I 14 apresenta as duas curvas probabilísticas (esvaziamento e enchimento), enquanto que o quadro I 17 os seus valores correspondentes.

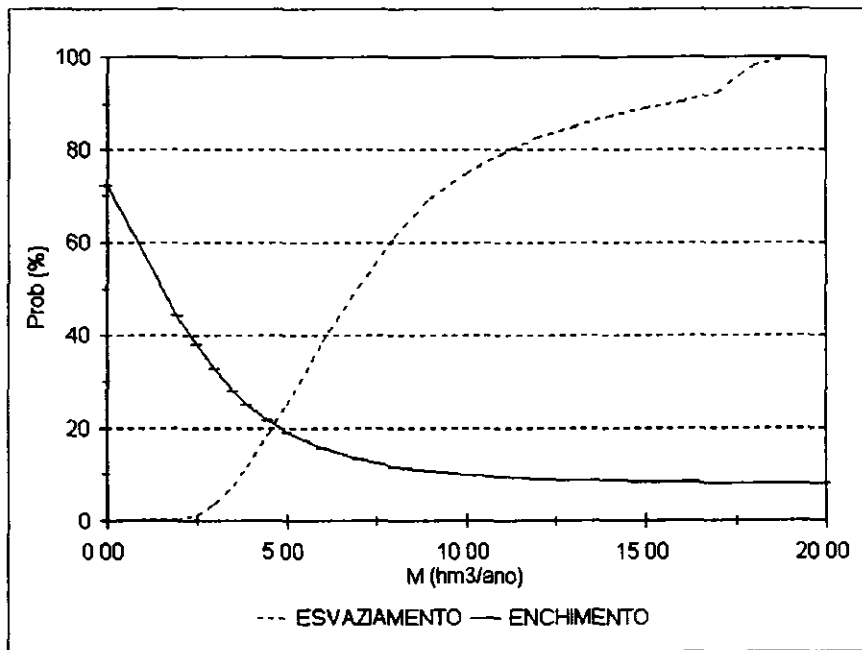


Figura I 14 - Análise Probabilística de esvaziamento e enchimento - fase de equilíbrio

Quadro I 17 - Análise Probabilística de esvaziamento e enchimento - fase de equilíbrio

RETIRADA hm ³ /ano	PROBABILIDADE %	
	ESVAZIAMENTO	ENCHIMENTO
0,000	0,0	72,4
1,952	0,2	44,3
3,903	11,6	25,2
5,000	25,4	19,1
6,000	38,6	15,6
7,000	50,5	13,3
8,000	61,2	11,7
9,000	69,5	10,7
10,000	75,0	10,0
11,000	79,1	9,6
12,000	82,5	9,1
13,000	85,1	8,8
14,000	87,2	8,6
15,000	89,0	8,4
16,000	90,4	8,3
17,000	92,3	8,2
18,000	98,4	8,1
19,000	100,0	8,1
20,000	100,0	8,1

3 2 2 A Curva de Esvaziamento do Reservatório

A natureza intermitente dos rios do Estado do Ceará, com escoamento apenas na estação úmida, sugere a necessidade de um estudo da evolução do armazenamento do reservatório diante uma dada retirada e nenhuma entrada. Ou seja, faz-se necessário estudar a evolução temporal do armazenamento diante de longos períodos de seca.

Diante desta visão, traçou-se as curvas de esvaziamento (figura I 15) do reservatório Mundau para várias condições de volume inicial com base no método convencional do balanço de massa. Assim, foram graficadas 5 curvas correspondentes aos volumes iniciais de 3, 5, 9, 15 e 21,31 hm³ para retiradas que variam de 0 a 0,25 m³/s. Com base nas curvas de esvaziamento é possível estabelecer um tempo de permanência adequado das águas a partir do final de junho e início de julho, mês em que a decisão da quantidade de água a ser liberada geralmente é tomada aqui no Ceará.

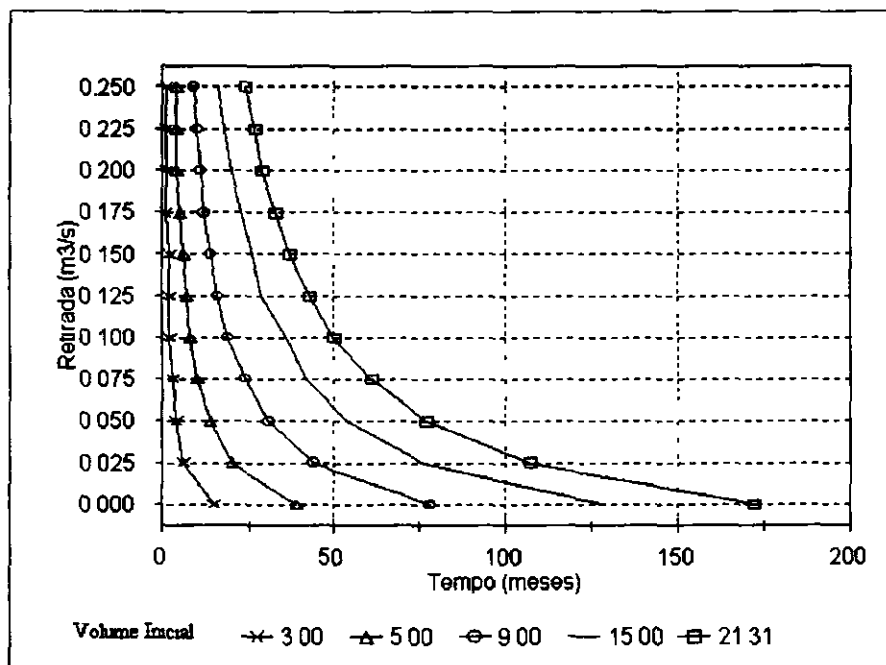


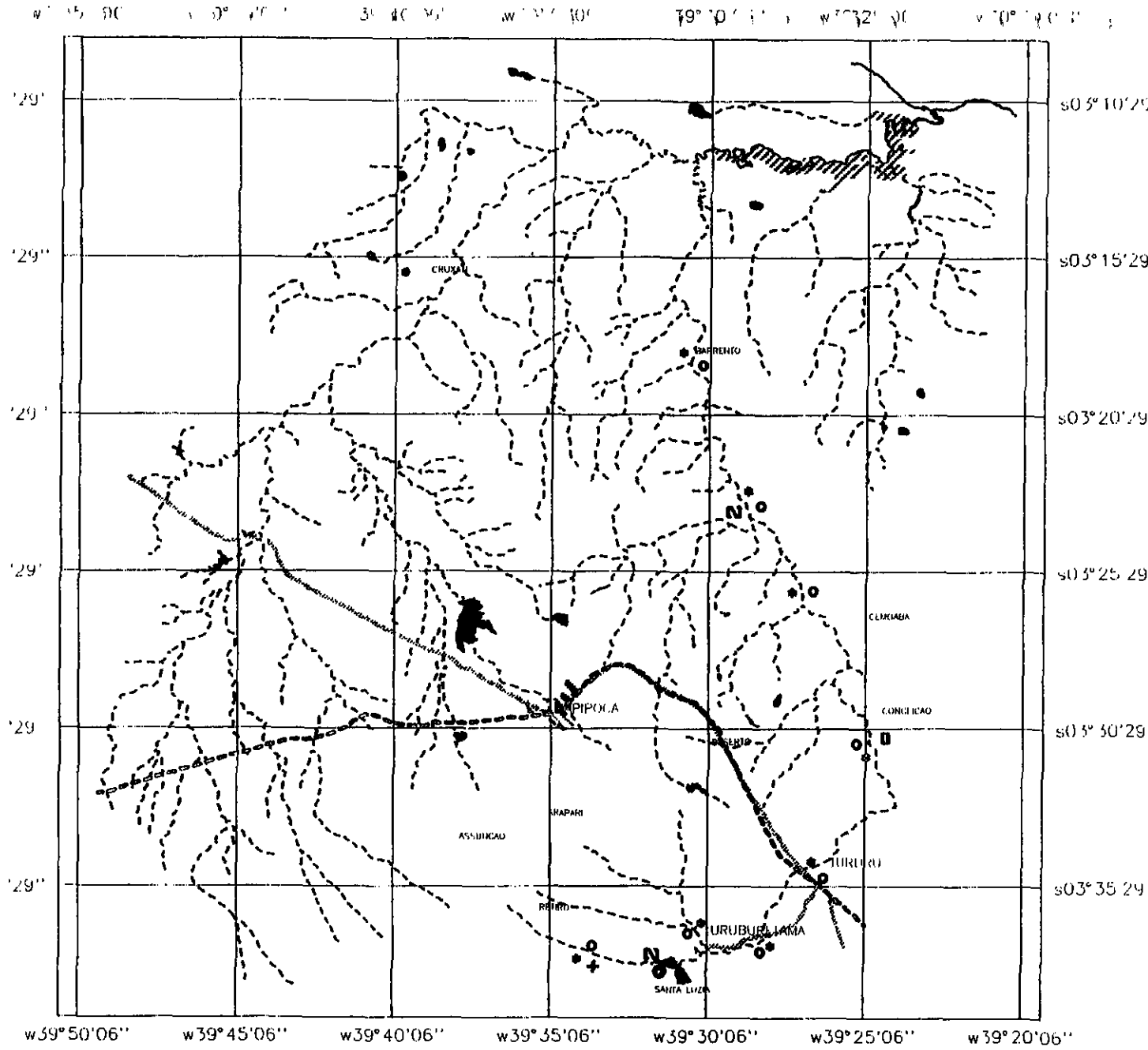
Figura I 15 - Curvas de esvaziamento do Reservatório Mundau para várias condições iniciais

3.3. SERVIÇOS E INSTRUMENTAÇÃO DA BACIA DO MUNDAÚ PARA FINS DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

3.3.1 Reconhecimento Físico da Bacia e Planejamento da Distribuição espacial do Sistema de Equipamentos de Coleta de Dados

Inicialmente lançou-se, em cartas da SUDENE, todos os equipamentos de coleta de variáveis hidro-meteorológicas e estruturas hidráulicas de medição de níveis e vazão, previstos no Projeto. Nesse lançamento, que contou com a participação dos técnicos pertencentes às divisões de Águas Superficiais e Hidráulica, procurou-se a melhor distribuição espacial.

O reconhecimento físico da bacia, realizado a partir de várias e exaustivas viagens ao campo, teve como objetivo a calibração da configuração do sistema definido em carta. Na escolha das seções do rio, que seriam postos de observação, considerou-se não apenas a facilidade de acesso, condição da seção e distribuição espacial, mas principalmente a existência de obras, tais como pontes e barragens, que poderiam facilitar a instalação e operação dos equipamentos. Com esta visão, e a partir de trocas de opiniões entre os técnicos da Instituição e o engenheiro Moacir de Aquino (membro da equipe do prof. Podalyro/CTH-USP) chegou-se ao posicionamento definitivo dos equipamentos a serem instalados na bacia. A distribuição final dos equipamentos na bacia está representada na Figura I 16.



Presidência da República
 Ministério da Ciência e Tecnologia-MCT
 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq
 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE

**DRENAGEM DA BACIA
 HIDROGRAFICA DO RIO MUNDAU-CE**

3 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000

ESCALA 1 350 000

LEGENDA

- PCD
- LIMNIGRAFO
- ◐ REGUA LIMNIMETRICA
- + VERTEDOURO
- N EST METEOROLOGICA COMPLETA
- EST METEOROLOGICA INCOMPLETA

- Sinias Convencionais**
- Rodovia
 - - - Estrada de Ferro
 - Acude, Lagoa
 - Rio Perene
 - Rio Intermitente

Elaborado pelo geógrafo da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos- FUN, EME Manuel Rodrigues de Farias Filho utilizando o software SPRING/INPE 1.0. 01/1/94

Figura I.16 – Distribuição espacial do sistema de equipamentos

000056

3 3 2 Instrumentação da Bacia

A bacia do Mundaú deverá ser instrumentada com os equipamentos descritos a seguir

- PCD (Plataforma de Coleta de Dados)

Estação telemétrica de coleta de dados, sua transmissão é feita através de linha telefônica compartilhada

- Linígrafo Convencional

Medidor de nível de registro contínuo cujo funcionamento (rotação do tambor do gráfico) é decorrente de um mecanismo de relógio. Estes equipamentos, deverão ser instalados em todas as seções de observação, em ponte ou à margem do rio. No segundo caso será construída uma estrutura em concreto sobre a qual se instalará o equipamento

- Bateria de Régua linimétrica

São réguas graduadas, em alumínio anodizado, apoiadas em suportes de madeira (barrotes de 1,50m de comprimento com proteção betuminosa e afixada ao solo em base de concreto 40x40x40cm). Em cada seção de observação instalou-se uma bateria de régua linimétrica com lances de 01(m) metro. Estas réguas serão necessárias para calibração e detecção de erros nos linígrafos e, no caso do Projeto Mundaú, tornarão possíveis as determinações das curvas-chave no próximo período de chuvas independentemente da conclusão das instalações dos linígrafos

- Vertedouro de Medição

Este vertedouro ficará encaixado nas estruturas de um pontilhão e terá soleira mista, de acordo com croqui abaixo. Para vazões abaixo de 3,0 m³/s o vertedouro funcionará como triangular, para vazões acima deste valor funcionará como misto (triangular + retangular). Será construído em concreto ciclópico sobre fundação em alvenaria de pedra

000057

- Rede Pluviométrica

A rede pluviométrica na bacia do Mundaú será composta por 08(oito) pluviômetros, já instalados nos lugares descritos no quadro a seguir. Do total apresentado, três já pertenciam à rede estadual operada pela FUNCEME

- Estações Meteorológicas

As estações meteorológicas serão do tipo automática. Deverão ser instaladas 02 (duas) completas e 02 (duas) incompletas nos lugares indicados na Figura I.16 e no quadro I 18

3 3 3 Levantamento Topográfico

As aplicações de modelagem hidrodinâmica e de transporte de sedimentos, objetivos deste Projeto, requerem o conhecimento da morfologia do rio, determinação da sua geometria (declividade do leito e seções transversais tipo), meandros, etc. O levantamento topográfico fornecendo estas informações está sendo desenvolvido pela empresa R & M - Planejamento e Consultoria Agropecuária Ltda

O estudo topográfico contratado, abrangendo o trecho Açude Mundaú - Barrento, fornecerá as seguintes informações

- Alinhamento e nivelamento do talveg do rio Mundaú
- Levantamento de seções transversais, de 2 em 2km
- Implantação de marcos de cotas e coordenadas, de 2 em 2km

O Quadro I 18 agrupa todos os equipamentos a serem instalados na bacia do Mundaú, com suas localizações e situação atual de implantação

Quadro I 18 - Equipamentos para Coleta de Variáveis Hidro-Meteorológicas da Bacia do Mundaú

Tipo de Equipamento	Localização	OBS
PCD (*)	Açude Mundaú	
Limnígrafos (*)	Itacolomi/Rio Mundaú Uruburetama/Rio Mundaú Uruburetama/Riacho Angelim Fazenda CBR/Rio Mundaú Faz. Conceição/Rio Mundaú Barragem Rio do Inácio/ Rio Mundaú Riacho Salgado Ponte de Barrento	
Vertedouro de Medição (*)	Itacolomi/ Rio Mundaú	
Baterias de Réguas Limnimétricas (**)	Itacolomi/Rio Mundaú Uruburetama/Rio Mundaú Uruburetama/Riacho Angelim Fazenda CBR/Rio Angelim Faz. Conceição/Rio Mundaú Barragem Rio do Inácio/ Rio Mundaú Riacho Salgado Ponte de Barrento	4 Réguas 3 Réguas 3 Réguas 2 Réguas 3 Réguas 2 Réguas 3 Réguas 4 Réguas
Pluviômetros (**)	Sítio Itapicu/Uruburetama Faz. Conceição/Itapipoca Deserto/Itapipoca Fazenda Mala/Itapipoca Barrento/Itapipoca Praia da Baleia/Itapipoca	
Estações Meteorológicas (***)	Uruburetama Faz. Conceição Fazenda Mala Barrento	Completa Incompleta Completa Incompleta

III - HIDROGEOLOGIA

1. SINOPSE METODOLÓGICA

A bacia do Rio Mundaú, localizada na porção extrema norte-noroeste do Estado do Ceará, é constituída por tipos litológicos de natureza sedimentar (aluviões e Grupo Barreiras) e ígnea-metamórfica (Complexo Tamboril - Santa Quitéria e Granitóides), tendo as últimas uma pequena predominância, em termos de afloramento, em relação as primeiras. Em função disto, o estudo hidrogeológico da bacia contempla as seguintes áreas técnicas: geologia, geologia estrutural, geomorfologia, geofísica e hidrogeologia propriamente dita.

As atividades foram divididas em 3 fases principais. O cronograma resumido das atividades programadas para cada fase é apresentado abaixo.

1.1. 1ª FASE

Nesta fase serão compilados os dados que darão subsídio a pesquisa propriamente dita. Constitui-se na etapa preliminar do projeto.

1.1.1. Trabalhos Preliminares de Escritório

Levantamento bibliográfico detalhado,

Atualização e consistência de dados do banco de dados,

Confecção dos mapas básicos,

1.1.2. Trabalhos Preliminares de Campo

Inventário de pontos d'água,

Coleta de dados;

Levantamento geológico;

Sondagens elétricas verticais,

1.2. 2ª FASE

1 2 1 Trabalhos de Escritório

Banco de dados,
Tratamento dos dados,
Interpretação dos resultados,
Seleção de áreas-chaves,

1 2 2 Trabalhos de Campo

Perfuração de poços de pesquisa e de piezômetros,
Levantamentos geofísicos de detalhe,
Testes de bombeamento,
Coleta de dados,

1.3. 3ª FASE

1 3 1 Tratamento dos Dados

Análise e tratamento dos dados,
Modelação do sistema,
Interpretação dos resultados,
Elaboração dos produtos finais ,

1 3 2 Rede de monitoramento permanente

Seleção dos parâmetros e das áreas de monitoramento,
Seleção dos métodos de amostragem e escolha dos instrumentos,
Instalação da rede de monitoramento,

1 3 3 Apresentação dos resultados

Os trabalhos até agora desenvolvidos cobrem parcialmente as duas primeiras fases, tendo algumas das atividades já sido concluídas. A seguir será apresentado todos os trabalhos já realizados, e em andamento, desenvolvidos pela Divisão de Hidrogeologia

2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

2.1. TRABALHOS PRELIMINARES DE ESCRITÓRIO

Nesta primeira etapa os trabalhos foram direcionados no sentido de dar sustentação aos trabalhos de campo. A seguir é apresentado um breve relato das atividades desenvolvidas nesta fase.

2.1.1 Levantamento Bibliográfico Detalhado

A pesquisa bibliográfica procurou contemplar aspectos acerca da geologia (regional e local), geoestrutural, geofísica, geomorfologia, geoquímica, hidrogeologia e hidrologia. Foram também levantados todos os produtos cartográficos existentes e disponíveis sobre a região da bacia do Rio Mundaú (ANEXO 2).

Também é nesta fase que foram adquiridos produtos de sensoriamento remoto (fotografias aéreas, imagens de satélite e mapas) para a confecção dos mapas bases (geologia, geomorfologia, estrutural, etc.)

2.1.2 Atualização e Consistência de Dados do Banco de Dados

Foram levantadas todas as fichas cadastrais de poços dos municípios de Itapipoca, Trairi, Uruburetama e Tururu existentes juntos aos principais órgãos e empresas responsáveis pela perfuração de poços no Estado do Ceará. Os dados contidos em tais fichas foram passadas para o banco de dados. Os poços já existentes no banco foram checados com as fichas. Houve uma análise de consistência subjetiva dos dados cadastrados, procurando-se assim eliminar erros que possam ter ocorridos nas informações. Houve a tabulação dos dados dos poços em planilha eletrônica, com a finalidade de se efetuar o tratamento dos dados e orientar os trabalhos de campo.

2.1.3 Confecção dos Mapas Básicos

A partir de mapas geológicos já existentes, escalas 1:500000 (DNPM) e 1:250000 (Projeto Fortaleza), e de fotointerpretação geológica, em fotografias aéreas na escala 1:32500, foram confeccionados mapas preliminares acerca da geologia e estrutural da região da bacia do rio Mundaú. A escala desses mapas foi a mesma das fotografias aéreas.

Também foram confeccionados "overlay" contendo as seguintes informações: limites da Bacia do rio Mundaú, rede hidrográfica e poços existentes na região. Foi elaborado um mosaico não controlado com base nas cópias das fotografias aéreas na escala 1:32500, assim como um mapa-índice das fotografias aéreas adquiridas.

2.2. TRABALHOS PRELIMINARES DE CAMPO

São quatro os aspectos principais que foram observados nesta etapa.

2.2.1 Inventário de Pontos D'água e Coletas de Dados

O inventário de pontos d'água cobriu, dentro do possível, todos os poços (já cadastrados ou não) da região. Desses poços (tubulares, de ponteira e escavados) foram coletados, em campo, informações sobre suas características construtivas, de produtividade, aspectos sanitários e condições dos níveis estático e dinâmico das águas subterrâneas.

Junto aos pontos d'água foram também analisadas algumas características das águas (pH e condutividade elétrica). Este procedimento foi realizado para que se possa ter uma idéia sobre as características dessas águas, o que permitira a seleção de pontos futuros para coleta de amostras de água para uma análise completa das suas características físico-químicas.

Foram feitas duas campanhas de coleta de dados. A primeira, realizada em julho, cobriu o município de Itapipoca e a sede do Município de Tururu. A segunda, realizada no mês de setembro, cobriu os Municípios de Uruburetama e Tururu e parte oeste de Itapipoca. A região de Trairi e a porção sul de Itapipoca foram inventariadas durante os trabalhos de campo de mapeamento geológico e de geofísica.

Os objetivos dessas viagens, além do cadastro dos pontos de captação de água subterrânea e reconhecimento dos aspectos gerais de geologia e geomorfologia, foram de conhecer e apresentar o projeto a potenciais agentes (Prefeitura, órgãos federais, estaduais e municipais - ANEXO 2) interessados.

Foram inventariados aproximadamente 100 (cem) pontos, entre poços e cacimbas, com ampla distribuição espacial na bacia. Foi verificado que um grande número de poços encontram-se desativados, ora por problemas hidráulicos, ora por simples abandono. Alguns poços estão totalmente obstruídos e, provavelmente, incapazes de serem reutilizados. Estes poços não se prestam para a obtenção de dados. Dado a esta realidade, deverá haver uma mudança na estratégia de coleta de dados de água subterrânea na região da bacia.

A princípio, os poços visitados confirmaram o comportamento hidrogeológico esperado. Uma grande parte dos poços localizados na região de ocorrência das rochas cristalinas Pré-Cambrianas (Complexo Tamboril - Santa Quitéria e Granitóides) apresentaram um baixo rendimento (baixíssimas vazões) e altos teores de sais (inferido pelos altos valores lidos da condutividade elétrica). À medida que se aproxima dos terrenos sedimentares verificou-se uma inversão desses resultados, ou seja, as águas apresentavam valores de condutividade elétrica mais baixos ($< 600 \mu\text{s}$) e os poços tinham maiores vazões ($> 2 \text{ m}^3/\text{h}$).

No ANEXO 2 encontram-se listados os pontos inventariados.

2.2.2 Levantamento Geológico

A Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú é composta basicamente de 4 (quatro) unidades litológicas: aluviões, dunas, Grupo Barreiras e um Complexo litológico constituído de rochas ígneas e metamórficas.

No tocante aos trabalhos de geologia, foi realizada uma verificação das informações já obtidas (fotointerpretação geológica) acerca das unidades litológicas presentes na área, dando ênfase a correta delimitação das fronteiras dessas unidades. Na região do embasamento cristalino (Complexo Tamboril-Santa Quitéria e Granitóides) deu-se ênfase ao estudo dos aspectos estruturais, com o levantamento de medidas de atitudes de fraturas e a observação das condições dessas fraturas. A geomorfologia local também foi alvo de estudo. Na área de ocorrência das rochas sedimentares (Grupo Barreiras) o estudo foi orientado no sentido de verificar a homogeneidade ou não do pacote sedimentar e na detecção correta do contato dessa litologia com o embasamento cristalino.

Para tanto foram feitas duas campanhas de campo para o mapeamento geológico. A primeira, ocorrida entre os dias 16 a 21 de outubro, mobilizou 3 equipes (c/2 pessoas em cada equipe de campo). O levantamento cobriu toda a área do projeto. Na segunda campanha foram mobilizadas somente uma equipe, cuja principal função foi de fazer checagem de campo em alguns pontos. Durante os trabalhos de geofísica também foram feitas algumas diligências a pontos específicos.

Foram descritos 95 afloramentos e coletadas 111 amostras de rocha para a identificação das unidades mapeadas, visando a compreensão dos domínios hidrogeológicos que ocorrem na região da bacia hidrográfica do Rio Mundaú. A escala cartográfica de trabalho foi de aproximadamente 1:60.000. A seguir é apresentado um breve comentário sobre o verificado em campo. O mapa aqui usado para orientação do texto foi extraído do Mapa Geológico do Estado do Ceará, escala 1:500.000 (DNPM, 1983), uma vez que o mapa do projeto encontra-se ainda na fase de elaboração.

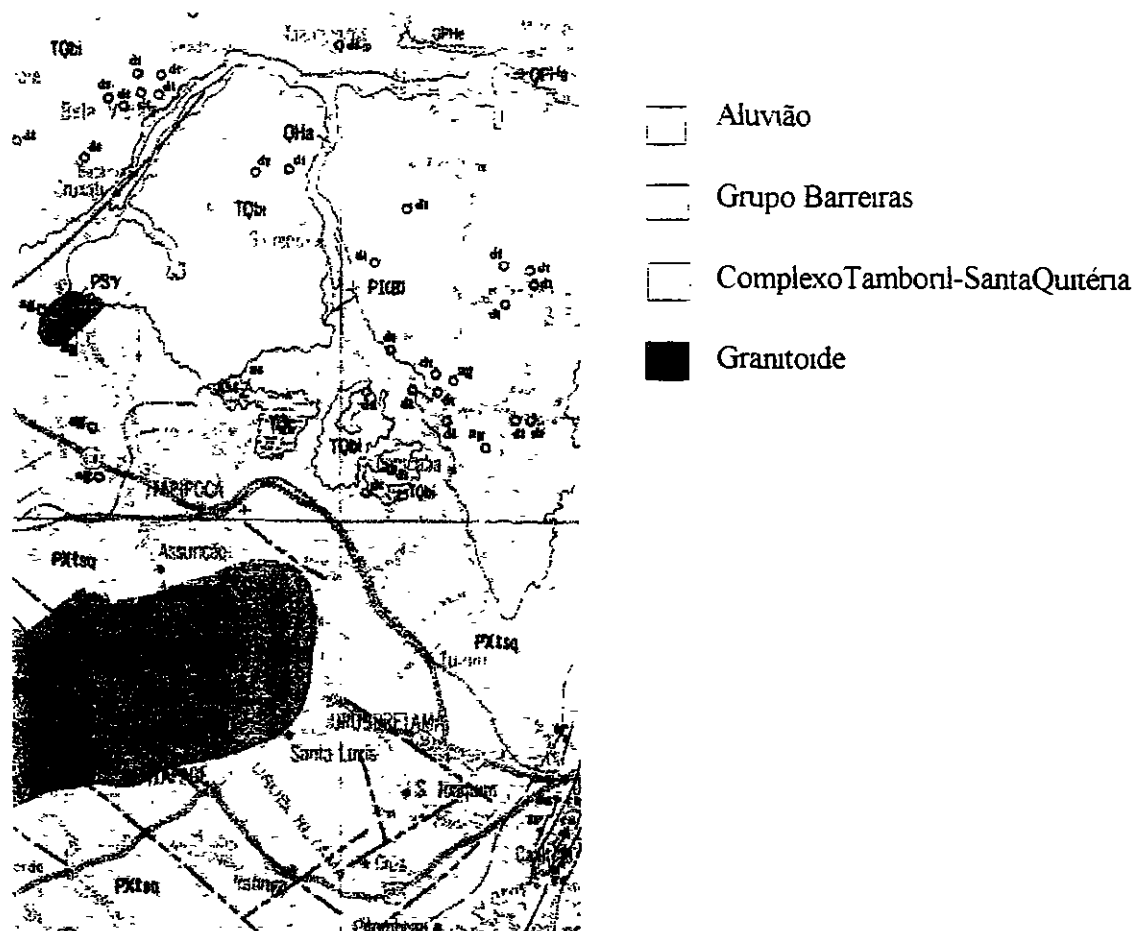
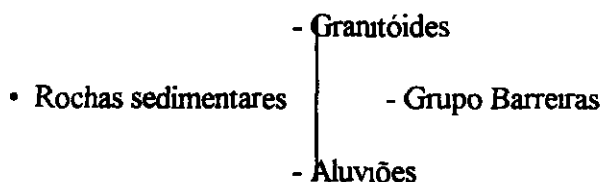


Figura II 1 - Tipos litológicos na área do projeto - escala 1 500 000 (fonte DNPM, 1983)

Os principais domínios litológicos identificados foram na porção sul e grande parte da faixa central, encontram-se as rochas cristalinas Pre-cambrianas (embasamento), estando por vezes recobertas por sedimentos. Os sedimentos Cenozóicos abrangem toda a porção norte, parte da porção sudeste e, por vezes, também na porção central. Os aluviões encontram-se isolados entre os vales ao longo dos leitos dos rios e rachos ao sul da área, mas ocorrem com maior expressão nas margens do rio Mundau, na porção norte, próximo a confluência desse com o rio Cruxati (Figura II 1)

As unidades litoestratigráficas estudadas para a cartografia geológica da área foram

- Rochas do embasamento - Complexo Tamboril - Santa Quitéria (Complexo Nordestino)



A seguir é apresentado uma breve descrição das Unidades mapeadas

- Complexo Tamboril - Santa Quitéria Incluído dentro do Complexo Nordestino (RADAMBRASIL, 1981), individualiza-se litologicamente por ser constituído predominantemente por granitos e migmatitos

Esta unidade ocupa aproximadamente 55% da área total da bacia estudada São extensas áreas com a predominância de rochas migmatíticas e graníticas Estas rochas ocorrem como um complexo antigo Pré-cambriano, eminentemente metassomático Apresentam estruturas do tipo Schlieren, Flebítica e Estromática. Os paleossomas são em parte constituídos por rochas migmatíticas, resultantes da fusão parcial, recristalização e intrusão de material granítico Evidenciam-se também estruturas em "augem" de diferentes tamanhos, algumas possivelmente são paleossomas São frequentes nestas litologias granitizadas enclaves de natureza, classificação e dimensões diversas, podendo ser migmatítica ou diorítica e, mais raramente, anfibolítica Os termos mais migmatíticos apresentam, com frequência, xenólitos máficos em veios félsicos Muitas vezes estes veios cortam a massa migmatítica de maneira a truncar as estruturas impressas na rocha.

Morfologicamente, tais litologias apresentam-se, na área pesquisada, aflorantes nas partes mais deprimidas, onde a rede de drenagem instalou-se segundo as direções de fraturamento. De forma regional, este complexo aparentemente esta inserido na unidade morfológica denominada Superfície Sertaneja (AB'SABER, 1969), de idade atribuída como sendo Pleistocênica, que se caracteriza por extensas áreas relativamente planas e deprimidas em relação às circunvizinhas

Os contatos dessa unidade com as unidades circunjacentes são bruscos, quando com os sedimentos do Grupo Barreiras e Aluviões que a recobrem de forma discordante, e transicionais, com os granitóides variados. A cobertura vegetal é típica de caatinga, com ocorrência de grandes plantações de cajueiros.

• **Granitóides** Perfazem aproximadamente 15% do todo da área pesquisada, concentrando-se mais na porção sudoeste da bacia.

São Corpos plutônicos ácidos, onde se agrupam as associações graníticas equigranulares ou porfiróides, de difícil individualização. A textura varia de local para local, ora dominando o tipo porfiróide ora o tipo equigranular. A granulometria dos cristais também varia muito, desde fina até grossera. Aporte pegmatóide, de ascendência migmatítica, são frequentes, devido a associações dos mesmos com os fenômenos metamórficos metassomáticos. As rochas normalmente apresentam coloração rosa a esbranquiçada.

Regionalmente, resultam em formas de relevo residual, modeladas sobre as litologias mais resistentes, constituindo campos de "Inselbergs" de grande porte. Localmente, encontram-se concentradas em formas de morrotes alongados, atingindo altitudes consideráveis.

Os contatos com os migmatitos circunjacentes são gradacionais, apesar de haver uma quebra de relevo acentuada nestes contatos. Nesta unidade ocorrem várias fontes de água natural, dentre elas a nascente do Rio Mundaú. Pelo fato de se constituir numa "serra", a cobertura vegetal é densa, com espécies vegetais de grande porte.

• **Grupo Barreiras** É o tipo sedimentar de maior expressão na área do projeto, cobrindo aproximadamente 27% da superfície da bacia. O uso do termo "grupo" dá-se devido a não ter-se subsídios suficientes para a distinção das formações que a compõe. Em função disso, alguns autores denominam esta unidade como Grupo Barreiras Indiviso.

Litologicamente, o Grupo Barreiras é constituído desde termos conglomeráticos até argilas de diversas matizes. O tipo litológico de maior ocorrência é representado por arenitos argilosos de coloração variegada, com tons avermelhados nos mais diversos matizes. A matriz argilosa é predominantemente caulinitica, com cimento argiloso ferruginoso. A granulometria varia de fina a média ocorrendo horizontes ou lentes conglomeráticas. Aparentemente a granulação tende a ser mais fina a medida em que se aproxima do mar (sentido norte). Em termos de espessuras, pouco se pode observar, mas supõem-se que também ocorra uma tendência de aumentar em direção a costa.

Morfologicamente, a área de ocorrência dessa unidade apresenta-se com caráter plano ondulado, quase monótono. Encontra-se em cotas mais elevadas que os migmatitos do Grupo Tamboril-Santa Quitéria, mas não ultrapassando a cota de 80 m. Um critério interessante na distinção da forma de relevo com as unidades adjacentes é o aumento da densidade de vegetação, mas que continua sendo típica de caatinga.

O contato com os migmatitos subjacentes sempre ocorre de forma discordante, dado a própria natureza litológica das duas unidades. Na porção mais ao norte, na zona litorânea, o Grupo Barreiras é capeado discordantemente pelas dunas. O mesmo ocorre próximo ao leito do Rio Mundaú, na região que se estende da comunidade de Barrento até o encontro com o Rio Cruxatí.

• **Aluviões.** Constituem-se nos depósitos fluviais recentes que, apesar de sua pequena representatividade na área do presente projeto, algo em torno de 3%, constituem uma importante unidade hidrogeológica. Sua ocorrência é restrita na porção sudoeste, em pequenas áreas, e na porção norte, ao longo do Rio Mundaú, próximo ao encontro com o Rio Cruxatí. Junto as demais drenagens se constituem em depósitos pouco expressivos e não mapeáveis, mesmo na escala de trabalho (1:60 000).

Litologicamente, os aluviões estão representados por cascalhos, areias, argilas e termos intermediários. Assim como suas dimensões superficiais, a espessura dos aluviões é geralmente pequena, não ultrapassando a 10 m.

Os aluviões não apresentam uma morfologia expressiva na área do projeto, constituindo pequenos terraços ao longo da planície fluvial do Rio Mundaú, ou fundo de vales na região sudoeste da bacia.

O contato com as demais unidades da área, sejam ígnea-metamórficas (Granitóides e migmatitos), sejam sedimentares (Grupo Barreiras e Dunas), é discordante, dado ao fato de serem depósitos recentes. A cobertura vegetal é de pequeno porte, predominantemente, apesar da ocorrência frequente de carnaubeiras. Na região sudoeste, tais terrenos são explorados, de forma mais intensiva, para atividades agrícolas.

2.2.3. Sondagens Geofísicas.

Foi realizado um levantamento geofísico de reconhecimento para selecionar áreas de estudos e detalhá-las, visando principalmente dar apoio aos trabalhos de hidrogeologia propriamente dito, mais especificamente na locação dos poços para caracterização hidráulica do meio aquífero sedimentar. Este levantamento, empregando o método da eletrorresistividade, se constituiu na primeira etapa dos trabalhos geofísicos programados para a área do projeto. Em função da litologia envolvida e o alvo a ser determinado, deverá ser empregado, além das sondagens de eletrorresistividade nas áreas de sedimentos aflorantes, nas áreas do cristalino e de pouca cobertura sedimentar, serão empregados métodos eletromagnéticos de prospecção geofísica tais como VLF (Very Low Frequency) e CSAMT (Controlled Source Audio Magnetotelluric).

A seguir são apresentadas as atividades desenvolvidas nesta etapa de levantamento de campo.

No levantamento geofísico de eletrorresistividade executado até o momento na Bacia do Mundaú , foi utilizada uma técnica para investigação em profundidade de um único ponto por vez, ou seja, sondagens elétricas verticais (SEV)

O Terrameter, equipamento utilizado durante a execução dos trabalhos de campo, trabalha com injeção de corrente através de eletrodos e mede a diferença de potencial entre dois pontos. Para o cálculo da resistividade aparente em um determinado ponto e com uma determinada configuração de eletrodos, o equipamento utiliza uma técnica conhecida como 'stacking' (empilhamento de resultados no mesmo ponto). Embora essa técnica torne a medida mais confiável, aumenta o tempo de realização do levantamento. A unidade básica do Terrameter é conectada a um computador de campo (Polycorder) que fornece a média das leituras, o erro (%), o espaçamento $AB/2$ (m) e plota os dados obtidos para cada abertura de $AB/2$ no visor em escala bilogarítmica. Ao final de cada leitura, o Terrameter emite um sinal sonoro ('bip') e é mostrado no visor a razão V/I .

A primeira fase do levantamento foi dividida em 2(duas) etapas

Primeira Etapa

A primeira etapa do levantamento geofísico foi realizada no período de 07 a 10 de novembro visando familiarizar os técnicos com o equipamento, já que o fabricante que o não forneceu treinamento necessário. As áreas selecionadas são apresentadas na Tabela I 1

Essa etapa foi considerada insatisfatória pelos técnicos visto que produzia perfis de difícil interpretação

1ª ETAPA DE CAMPO				
Data	Localização	Coordenadas	Tempo	Direção
07/11	Timbaúba	S 03° 11,69' / W 39° 33,19'	2 50	N - S
07/11	Uruauba	S 03° 33,19' / W 39° 33,46'	3 00	E - W
08/11	Sangrada	S 03° 17,40' / W 39° 31,37'	2 12	E - W
08/11	Vieira	S 03° 14,49' / W 39° 29,82'	2 15	N - S
09/11	Tigipió	S 03° 14,05' / W 39° 25,39'	2.20	E - W
09/11	Angelim	S 03° 17,98' / W 39° 26,49'	2.00	E - W
2ª ETAPA DE CAMPO				
Data	Localização	Coordenadas	Tempo	Direção
21/11	Uruauba	S 03° 12,29' / W 39° 33,50'	2 10	E - W
22/11	Bacumixa de Baixo	S 03° 16,45' / W 39° 29,04'	6.10	N - S
23/11	Vieira dos Carros	S 03° 14,01' / W 39° 30,16'	4 50	E - W
24/11	Marnheiros	S 03° 10,27' / W 39° 28,75'	5:50	N - S
25/11	Cedro	S 03° 13,26' / W 39° 39,82'	5.30	E - W
27/11	Córregos dos Cajueiros	S 03° 19,79' / W 39° 32,80'	3.10	N - S
27/11	Bastões	S 03° 18,64' / W 39° 36,98'	2.45	N - S
28/11	Tanques	S 03° 16,64' / W 39° 34,69'	3 10	N - S
28/11	Tabocal	S 03° 13,63' / W 39° 33,52'	3 50	N - S
29/11	Mergulhão	S 03° 16,03' / W 39° 32,90'	5 20	N - S
30/11	Angelim	S 03° 17,98' / W 39° 26,49'	3 50	N - S

Tabela I 1 - SEVs realizadas na duas etapas de campo do levantamento geofísico

Segunda Etapa

A segunda etapa de campo na Bacia do Mundaú foi precedida por um teste de campo, ainda em Fortaleza, onde foi utilizado um segundo equipamento para comparação dos resultados

No que diz respeito ao procedimento de campo da segunda etapa propriamente dito, 3(três) pontos merecem destaque

- i) os eletrodos de corrente foram fincados em buracos previamente cavados por trabalhadores contratados na região. A profundidade dos buracos variava de 20 a 40 cm,
- ii) foram utilizados eletrodos não-polarizáveis como eletrodos de potencial. O conjunto era preenchido por uma solução de sulfato de cobre que vazava lentamente através da ponta porosa dos eletrodos de potencial,
- iii) Em alguns levantamentos, a abertura máxima dos eletrodos atingiram 600 m

Os perfis gerados na segunda etapa deste levantamento foram considerados satisfatórios, permitindo a interpretação dos dados coletados das áreas estudadas

2.2.4 Discussão dos Resultados do Levantamento Geofísico

Muitos dos locais aonde foram realizadas as SEVs possuem uma cobertura arenosa superficial de sedimentos inconsolidados o que dificulta a injeção de corrente. Esse problema foi bastante atenuado colocando-se os eletrodos dentro dos buracos anteriormente mencionados na segunda etapa do procedimento de campo.

Com a injeção de correntes mais intensas, a curva de campo mostrou-se mais estável. Alguma instabilidade era notada por ocasião da virada da curva quando se atingia o embasamento. O melhor espaçamento de eletrodos no Arranjo Schlumberger é mostrado a seguir no Quadro II 1

MN / 2	AB / 2
0,5	1,5 a 5,0
1,5	5,0 a 25
8,0	25 a 100
20,0	80 a 200
30,0	200 a 500

Quadro II 1- Espaçamentos dos Eletrodos de Corrente e Potencial com as respectivas embreagens

Um dos pontos positivos da operação do equipamento é a técnica do 'Stacking' (soma de medidas no mesmo ponto como forma de minimizar o ruído e melhorar a resposta) Ao final de várias medidas no mesmo ponto, ele ainda tira automaticamente a média das leituras

Todo esse procedimento é transparente ao usuário e, como resultado, temos uma medida mais confiável Como desvantagem, o stacking torna a sondagem mais lenta. Com uma abertura máxima de 600 m dos eletrodos de corrente, dificilmente será possível executar 3 SEVs ao longo de um mesmo dia

Foi testado também a resposta quanto a utilização de eletrodos de potencial de aço inoxidável e eletrodos não-polarizáveis contendo solução de sulfato de cobre Como não houve diferença, mais dois eletrodos de aço foram utilizados para injetar corrente agilizando o levantamento Desde já recomenda-se a aquisição de mais 5 pares de eletrodos de aço inoxidável de ¾ " e 1,20m de comprimento

O ANEXO 3 contém as curvas de campo de eletrorresistividade obtidas com o Terrameter, os diversos modelos equivalentes e a estimativa para o melhor modelo Essas curvas foram construídas utilizando-se o software Resix Plus e a localização geográfica e orientação das SEVs pode ser vista na Figura II.2

O ANEXO 3 contém os perfis construídos com base nos dados da estimativa do melhor modelo O quadro abaixo mostra uma descrição resumida das SEVs onde podemos observar a profundidade do embasamento, o número de secções geoeletricas acima do embasamento e o nível estático obtido de cacimbas nas proximidades do local da sondagem

73 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ORIENTAÇÃO DAS SEVs.

FIG. 02

0 1 2km
ESCALA HORIZONTAL



TABOCAL

VIEIRA DOS CARROS

TIGIPIÓ?

MERGULHÃO

TANQUES

BACUMIRÁ DE BAIXO

BASTIÕES

ANGELIM

BARRENTO

CÓRREGO DOS CAJUEIROS

W 39° 30'
+ S 03° 20'

ITAPIPOCA

LEGENDA

- ⊙ - SEV NA DIREÇÃO N.-S
- ⊙ - SEV NA DIREÇÃO E.-W

000075

Local	Profundidade (m)	Sec Geométrica	Nível Estático (m)
Bacumixá de Baixo	50	5	----
Vieira dos Carros	34	4	6,80
Cór dos Cajueiros	25	4	----
Bastiões	19	4	9,50
Tanques	22	6	----
Tabocal	65	5	4,50
Mergulhão	38	4	----
Angelim	38	4	9,00

Quadro II 2 - Descrição resumida das SEVs

Prof(m)	Descrição do Perfil Litológico	Prof (m)	Resist. (ohm . m)
0 - 6	Material areno-argiloso de granulometria muito fina	0 - 0,5	8152
		0,5 - 2,3	1139
		2,3 - 10,8	375
6 - 18	Material arenítico de granulometria média apresentando grãos de quartzo de tamanhos heterogêneos e de forma sub-arredondada		
18 - 21	Material argiloso de granulometria muito fina e coloração avermelhada	10,8 - 19,7	19
21 - 27	Rocha cristalina muito alterada, fraturada, granulação média destacando-se o quartzo em alta percentagem, boa percentagem de muscovita, feldspatos e biotita em segundo plano e óxido de ferro como acessórios Vazão 3600 l/h	19,7 - ∞	257

Quadro II.3 - Comparação entre o Perfil Litológico e SEV realizada em Bastiões

A Figura II-2 embora mostre 9 SEVs, a sondagem de T1gipió faz parte da primeira etapa e necessita ser refeita

As localidades de Bastiões e Córrego dos Cajueiros possuem poços profundos e a comparação entre os perfil litológico e a respectiva SEV pode ser observada nos Quadros II-3 e II-4. O pacote sedimentar de Bastiões apresenta inicialmente um material arenoso com algum teor de argila, passando para um material arenoso de granulometria maior que o anterior e, finalmente, um material argiloso sobre o embasamento o que sugere um contacto gradacional. Pela presença do contacto gradacional, é de se esperar uma certa falta de correlação entre as camadas geológicas e as secções geoeletricas o que de fato ocorre. Admitindo a espessura do pacote sedimentar sobre o embasamento (do perfil) como correta, o erro entre a SEV e o perfil é de aproximadamente 6%.

Já o pacote sedimentar de Córrego dos Cajueiros apresenta inicialmente um material argiloso com alguma areia que passa gradualmente para um arenito que aumenta de granulometria com a profundidade. O pacote sedimentar é mais espesso e observa-se uma melhor correlação entre as camadas mais profundas e as secções geoeletricas.

Prof (m)	Descrição do Perfil Litológico	Prof (m)	SEV
0 - 5	Material argilo-arenoso com pedregulhos de quartzo	0 - 0,8	283
		0,8 - 1,3	2263
		1,3 - 15	114
5 - 15	Arenito de granulometria média, de constituição quartzosa, apresentando relativa cimentação		
15 - 20	Arenito de granulometria grosseira, de constituição quartzo-feldspática, cor variegada, boa cimentação	15 - 25	26
20 - 22	Rocha alterada constituída essencialmente de quartzo e feldspato caulinzado com pequenas pontuações de biotita		
22 - 42	Material rochoso compacto constituído principalmente de quartzo e biotita e em seguida observa-se feldspato e pirita	25 - ∞	18 x 10 ³

Quadro II 4 - Comparação entre o Perfil Litológico e a SEV realizada em Córrego dos Cajueiros

000077

As SEVs de Tabocal e Mergulhão exemplificam bem o Princípio da Equivalência. As curvas são bastante semelhantes e, no entanto, representam secções geoelectricas bem distintas (espessura e resistividade). Tabocal tem geralmente resistividades mais altas e maior número de secções que Mergulhão. A terceira camada que apresenta um salto na resistividade (ver curva do modelo ao lado da SEV) constitui provavelmente uma lente de argila. No que diz respeito a esse salto na resistividade, esse comportamento pode ser observado em Vieira dos Carros (2ª camada), Córrego dos Cajueiros (2ª camada), Tanques (3ª camada) e Bacumixá de Baixo (3ª camada).

Outro importante aspecto a ser observado é que dos locais aonde foi medido o nível estático (NE) nas proximidades da SEV, apenas Tabocal (com o menor NE) não apresentou inflexão na curva do modelo em uma profundidade próxima a registrada com o medidor de nível.

A partir dos perfis (secções transversais) foi construído o mapa de isolinhas do relevo do embasamento, ou seja, se retirássemos toda a sobrecarga sedimentar, tal mapa seria semelhante a uma carta batimétrica do fundo oceânico (Figura II.3). Os números das isolinhas indicam a profundidade em relação ao plano de 50m de altitude. Podemos observar que a linha que une as SEVs de Bastiões-Tanques-Mergulhão-Vieira dos Carros constitui uma espécie de talvegue onde o bloco abaixo dessa linha mergulha para SE com um ângulo de aproximadamente $0,2^\circ$ e o bloco acima mergulha para NW com um ângulo de aproximadamente $0,6^\circ$ ($\theta_2 / \theta_1 \cong 3$). Atenção especial deve ser dada a Bacumixá de Baixo por representar o ponto mais profundo de uma superfície côncava adequado, portanto, para o acúmulo de água. Conta ainda a seu favor a espessa cobertura de sedimentos.

2.2.5 Atividades Em Desenvolvimento

Encontram-se em fase de conclusão alguns dos trabalhos iniciados na 1ª fase do projeto, dentre eles pode-se citar a confecção do mapa geológico da área da bacia do

Rio Mundaú Este mapa poderá ainda vir a sofrer modificações no transcorrer do projeto, fruto das novas informações que por certo aparecerão Já foram selecionadas amostras de rochas para a confecção de lâminas

Ainda na área da geologia, esta sendo tratado os dados cartografados no mapa de lineamentos A técnica a ser empregada baseia-se em estudos geomatemáticos O objetivo é tentar obter o padrão de ocorrência dessas estruturas na área, informação valiosa para a compreensão da hidrogeologia da região cristalina

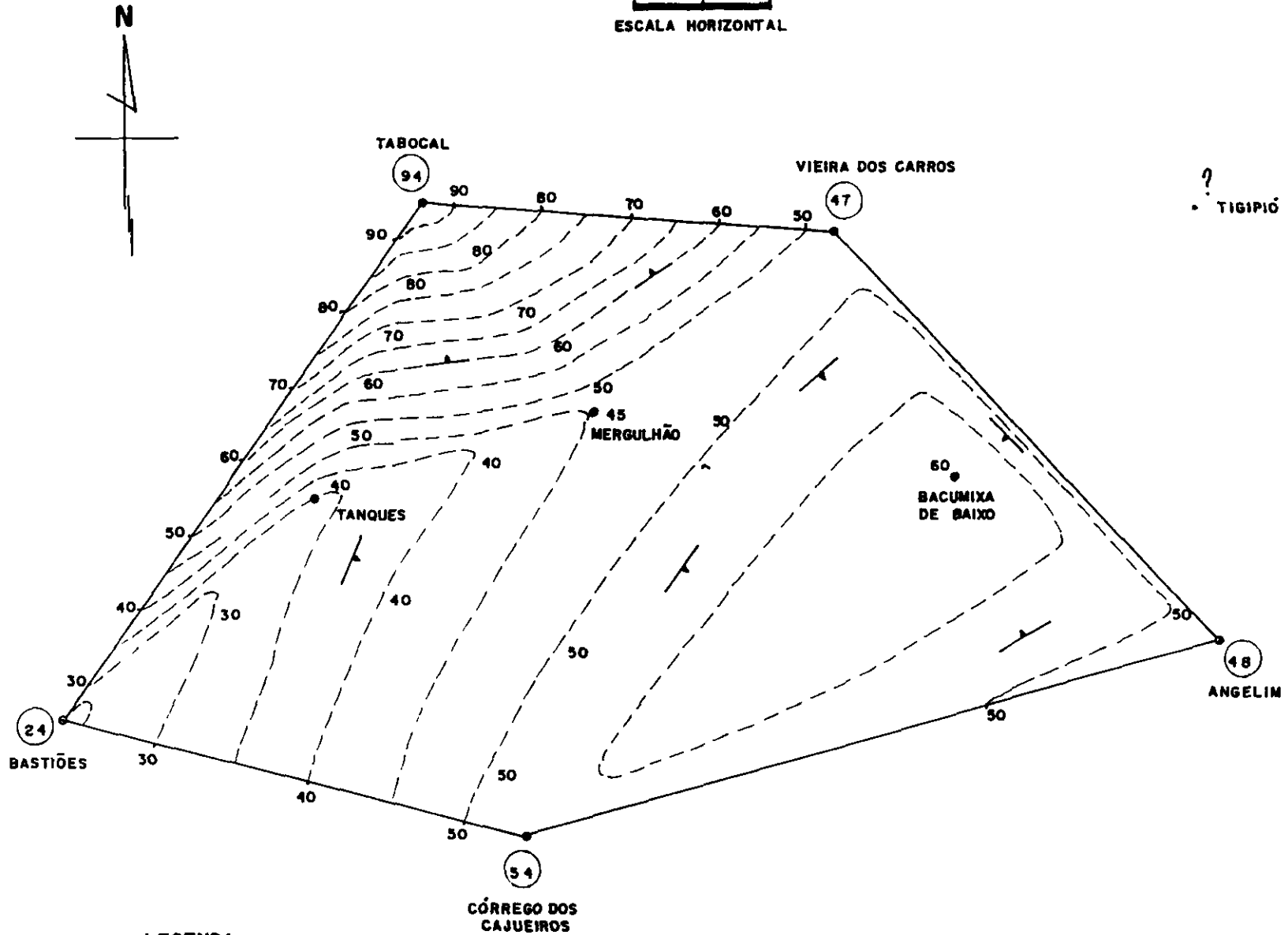
Dos trabalhos geofísicos já realizados estão sendo interpretados os dados e confeccionados os perfis geológicos Novas campanhas estão previstas para o início do próximo ano, com confecção de novas sondagens, de modo a gerar perfis transversais e longitudinais, que darão subsídios a modelação hidrogeológica da região Estão somente sendo esperados as aberturas dos poços de pesquisas para a realização dessa segunda fase dos trabalhos geofísicos

Em relação aos poços de pesquisa, onde serão estudadas as características hidráulicas do meio aquífero granular, já foi feita a seleção das prováveis áreas onde deverão ser perfurados os poços. Este trabalho envolveu a análise dos dados já disponíveis, verificação em campo e os já mencionados trabalhos de geofísica Esta sendo esperado a abertura de 4 (quatro) poços tubulares profundos para atender os trabalhos de hidrogeologia em terreno sedimentar As especificações técnicas de tais poços, elaborado quando da abertura de licitação para a realização dessas obras hidráulicas, encontram-se no ANEXO 3 As perfurações e os ensaios de bombeamento estão sendo esperados para a primeira quinzena de janeiro de 1996, e deverão se prolongar por aproximadamente três meses

Com base nos dados obtidos nas campanhas de amostragem de pontos d'água serão elaborados mapas de apoio a área de hidrogeoquímica, principalmente no tocante a eleição de pontos para amostragem da qualidade das águas subterrâneas

FIGURA 03 - RELEVO DO EMBASAMENTO

0 1 2 km
ESCALA HORIZONTAL



- LEGENDA
- MURGULHO DO EMBASAMENTO
 - ISOLINHAS

IV - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A água, um componente essencial à vida terrestre, vem sendo degradada através da ação antrópica, tanto na sua qualidade como quantidade. O uso inadequado e irracional da água, durante muitos anos, por falta de maiores conhecimentos, vem afetando as atividades humanas relacionadas à mesma (agricultura, produção de água potável, piscicultura, geração de energia, lazer, etc)

A bacia hidrográfica do rio Mundaú está inserida em uma região classificada como clima seco, tipo B, segundo Koeppen e clima semi-árido, tipo D, segundo Thornthwaite. A precipitação pluviométrica anual média sobre a bacia, varia entre 800 e 1 200 mm e a evaporação média anual é aproximadamente 1 900 mm. Os municípios contidos nesta bacia são Uruburetama, Tururu , Trairi e Itapipoca

A vegetação nativa predominante na região é a caatinga arbustiva densa, matas secas e matas úmidas (serra de uruburetama). É uma região caracterizada pela produção de banana, na serra de Uruburetama e a castanha de caju, nas demais áreas. A água é utilizada para o abastecimento humano, piscicultura (açude Mundaú) e para a irrigação. O saneamento básico e educação sanitária na bacia quase inexistem e a economia é exclusivamente agrícola

Com estas características, as águas da bacia hidrográfica do rio Mundaú é um bem precioso para o crescimento da região, a utilização inadequada e a degradação deste recurso acarretará consequências não mensuráveis para a economia regional

A prática inadequada da irrigação pode comprometer, a longo prazo, as características do solo e da própria água. A qualidade da água para a irrigação pode variar significativamente segundo o tipo e quantidade de sais dissolvidos, estes são transportados pelas águas e depositados no solo, onde se acumulam a medida em que a água se evapora ou é consumida pelas culturas. Para evitar a degradação do solo, durante a prática da irrigação, é preciso avaliar-se parâmetros de qualidade de água relacionados com seus efeitos da água no solo, na planta e manejo da irrigação

A degradação da água é resultante de ações antrópicas predatórias, tais como, despejo de dejetos sólidos e líquidos nos rios ou em lugares sem qualquer tipo de controle, utilização de fertilizante e agrotóxicos de maneira irracional, práticas inadequadas de irrigação, construção de estruturas hidráulicas sem avaliar seu efeito na qualidade da água e industrialização descompromissada com a manutenção da qualidade ambiental

Para se avaliar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Mundaú, é necessário um levantamento detalhado da situação do saneamento ambiental, procurando detectar pontos de despejo de dejetos sólidos e líquidos, oriundos de residências ou de indústrias, manejo de fertilizantes e agrotóxicos, sistemas de abastecimento de água potável e levantamento de propriedades irrigadas e práticas utilizadas, bem como a coleta de amostras de água em pontos representativos. Com este objetivo foi realizada uma campanha durante os dias 24 a 26/10/95 de maneira a caracterizar previamente a água da bacia hidrográfica

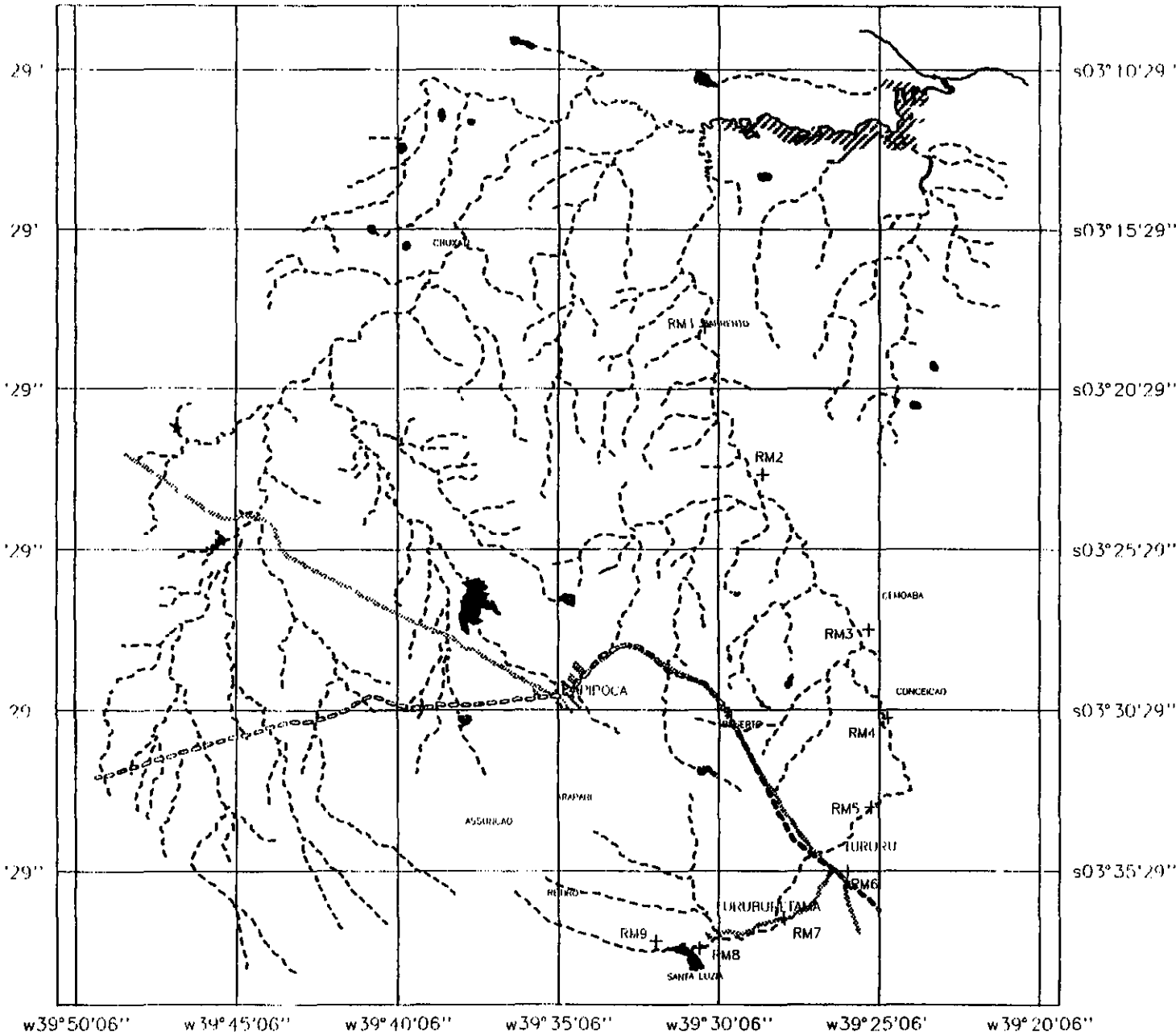
1. TRABALHOS REALIZADOS

1.1. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS E PROCEDIMENTO DE COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA DO RIO MUNDAÚ

A definição dos locais de coleta de amostra e parâmetros a serem analisados é uma etapa fundamental para a caracterização da qualidade da água na bacia hidrográfica.

Através de pesquisa bibliográfica levantou-se aspectos relacionados com a situação do saneamento básico, indústrias, rotas de acesso, população e principais culturas e práticas agrícolas nos municípios e distritos localizados na bacia. Esta pesquisa foi complementada com visita às prefeituras locais, órgãos de saúde pública, órgãos de extensão rural e levantamento de propriedades irrigadas, além de ter sido percorrida a região para verificar as rotas de acesso mapeadas.

w39°50'06" w39°45'06" w39°40'06" w39°35'06" w39°30'06" w39°25'06" w39°20'06"



Presidência da República
 Ministério da Ciência e Tecnologia-MCT
 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq
 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE

**DRENAGEM DA BACIA
 HIDROGRAFICA DO RIO MUNDAU-CE**

0 5 10 14km
 ESCALA 1:350 000

Sinais Convencionais

- Rodovia
- - - Estrada de Ferro
- Acude, Lagoa
- Rio Perene
- Rio Intermitente

Elaborado pelo geógrafo da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCENC Manuel Rodrigues de Freitas Filho utilizando o software SPRING/INPE 10 OUT/94

Figura III.1 - Localização dos pontos de coleta de amostra de água ao longo do rio Mundau-CE

000083

Em função das informações obtidas em bibliografias e no local, definiu-se os pontos de coleta ao longo do rio, levando em consideração a acessibilidade, tomadas para irrigação, despejo de dejetos sólidos e líquidos, locais de lavagem de roupas, localização das sedes municipais e uso de agrotóxicos e fertilizantes. Procurou-se, ainda, colocar os pontos nos locais onde seriam feitas medições de vazão. Por fim, foram selecionados 09 pontos de coleta de amostra, com a denominação de RM1 a RM9, ao longo do Rio Mundaú. Na Figura III.1 estão localizados os pontos de coleta de amostra d'água. Em anexo encontram-se fotografias de cada ponto, permitindo maior visualização das condições em que foram efetuadas as coletas.

RM1 Entrada do açude Mundaú. Ponto mais a montante da bacia, próximo ao distrito de Itacolomi. Foi escolhido para avaliar a qualidade da água que está entrando no açude. Existem dois grandes afluentes do açude, mas apenas este ponto foi possível acessar,

RM2 Saída do açude, aproximadamente 200 m da descarga d'água de fundo. Com este ponto pretende-se avaliar a qualidade da água que está saindo do açude,

RM3 Entre os municípios de Tururu e Uruburetama. É uma região com bastante concentração de propriedades agrícolas que utilizam irrigação. Por estar a jusante de Uruburetama, poder-se-á avaliar o poder de depuração do rio após as descargas orgânicas deste município. Neste ponto o rio apresentava pequeníssima profundidade,

RM4 Sob a ponte que liga Tururu ao distrito de Deserto, logo após a sede do município de Tururu. Existe grande concentração de lavadeiras no local e recebe a carga orgânica do município,

RM5 Mulungu, próximo a uma passagem molhada sob o rio Mundaú. Assentamento de agricultores (Associação Mulungu) e uso de agricultura irrigada,

RM6. Conceição. Coleta realizada sob uma ponte de madeira. Possui concentração de propriedades com áreas irrigadas,

RM7 Cemoaba. Pequena comunidade e possível fonte de poluição e concentração de propriedades com áreas irrigadas,

RM8 Fazenda Mala Confluência com o principal afluente do rio Mundaú, o rio Salgado, e concentração de propriedades com áreas irrigadas,

RM9 Barrento Pequeno povoado, sendo uma possível fonte de poluição Neste ponto inicia a área alagadiça do rio Mundaú que se prolonga até a confluência com o rio Cruxati

As amostras foram coletadas em frascos plásticos de cor branca com 1000 ml, hermeticamente fechados, com exceção da amostra para o oxigênio dissolvido, onde se utilizou frascos de vidro de 500 ml, com tampa esmerilhada e a amostra para o fósforo, onde se utilizou frasco de vidro com rosca, especialmente preparado para a análise deste parâmetro

O procedimento para a coleta foi o seguinte procurou-se enxaguar os frascos plásticos, duas a três vezes, com a água do rio, antes de enche-los com a amostra, de modo a preservar as características químicas da água e evitar sua contaminação Nas amostras para a análise de oxigênio dissolvido foram adicionados 2,0 ml de soda cáustica e 2,0 ml de ácido sulfúrico para fixar o oxigênio da água Para a amostra do fósforo, coletou-se diretamente sem enxaguar o frasco Enchia-se completamente os frascos dentro da água, a uma profundidade de aproximadamente 4,0 cm, de maneira cuidadosa, evitando a formação de bolhas de ar Sempre que possível, evitava-se a coleta na margem do rio, procurando coletar no centro da seção

As amostras coletadas foram devidamente marcadas e colocadas em caixas de isopor com gelo para refrigerar, preservando ao máximo as características físico-química da água local Em cada ponto de coleta procurava-se identificar características como. coordenadas geográficas, temperatura do ar, temperatura da água, situação do tempo e do vento, hora e data (Tabela II 1)

Com o auxílio de uma sonda da HACH, emprestada da SEMACE, determinou-se no local os seguintes parâmetros. condutividade elétrica, temperatura da água, temperatura do ar e sólidos totais dissolvidos (STD) Alguns destes parâmetros foram determinados em laboratórios e serviram para comparação

Tabela II 1 - Parâmetros de qualidade da água medidos em campo

Ponto	Local	Latitude	Longitude	Data	Hora	Tempo	Vento	T _{ar} (°C)	T _{H2O} (°C)	TDS mg/l	C.E mS/cm
RM1	Barrento	03°18'44,4"	39°30'44,4"	26/10/95	8 40	Aberto c/ Nuvens esparsas	Moderado	30,3	27,9	0,17	0,34
RM2	Fz Mala	03°23'19,8"	39°28'55,2"	26/10/95	10 15	Aberto	Moderado	31,0	29,0	0,14	0,27
RM3	Cemoaba	03°28'10,2"	39°25'37,8"	26/10/95	11 35	Aberto	Moderado	32,4	29,8	0,12	0,24
RM4	Conceição	03°30'55,8"	39°25'1,8"	26/10/95	12 20	Aberto c/ Nuvens esparsas	Moderado	30,2	29,9	0,11	0,21
RM5	Mulungu	03°33'40,8"	39°25'31,8"	26/10/95	13 04	Aberto c/ Nuvens esparsas	Moderado a fraco	31,0	29,3	0 09	0,18
RM6	Tururu	03°35'40,8"	39°26'17,4"	26/10/95	13 25	Aberto c/ Nuvens esparsas	Moderado a fraco	32,3	28,9	0,08	0,16
RM7	Estr Tururu- Urub	03°37'09"	39°28'15,6"	26/10/95	13 54	Aberto c/ Nuvens esparsas	Moderado	32,3	31,7	0,08	0,16
RM8	Saída do açude	03°38'4,8"	39°30'53,4"	26/10/95	15 00	Aberto	Forte	30,1	25,8	0,07	0,13
RM9	Entrada do açude	03°37'51"	39°32'15"	26/10/95	14 30	Aberto	Fraco	30,1	28,4	0,07	0,14

Tabela II 2 - População (hab) dos municípios e distritos da bacia hidrográfica do rio Mundaú (1991), conforme Anuário Estatístico do Estado do Ceará - 1994

Município	Urbana (hab)	Rural (hab)	Total (hab)
Itapipoca	34646	42579	77225
Itapipoca	29049	9458	38507
Arapari	1032	5556	6588
Assunção	1072	6571	7643
Barrento	509	3563	4072
Bela Vista	10	2309	2319
Cruxati	616	4584	5200
Deserto	2024	6371	8395
Marinheiros	334	4167	4501
Tururu	3651	6565	9916
Tururu	3123	4117	7240
Cemoaba	528	2148	2676
Uruburetama	8300	5230	13530
Uruburetama	7979	4250	12229
Santa Luzia	321	980	1301

Tabela II 3 - Percentual de Abastecimento de água tratada (1992) nos municípios da bacia hidrográfica do rio Mundaú, conforme Anuário Estatístico do Estado do Ceará - 1994

Município	Valor Percentual de Abastecimento (%)
Itapipoca	27,7
Tururu	0,00
Uruburetama	7,99

Tabela II 4 - Produtividade agrícola (kg/ha) dos municípios da bacia hidrográfica do rio Mundaú, conforme Anuário Estatístico do Estado do Ceará - 1994

Municípios	Produto	Produtividade (Kg/ha) (1992)
Itapipoca	Alg. Arbóreo	87
	Alg. Herbáceo	160
	Banana	850
	Batata Doce	5 000
	Café	90
	Castanha de Caju	50
	Cana	19 800
	Côco	4 100
	Feijão	98
	Mamona	600
	Mandioca	4 500
	Manga	68 000

Tabela II 4- Continuação

Municípios	Produto	Produtividade (Kg/ha) (1992)
	Milho	291
Tururu	Alg Arbóreo	160
	Alg Herbáceo	400
	Arroz	345
	Banana	686
	Castanha de Caju	100
	Cana	25 000
	Côco	4 000
	Feijão	88
	Mamona	600
	Mandioca	6 400
	Milho	195
Uruburetama	Alg Arbóreo	125
	Alg Herbáceo	350
	Arroz	567
	Banana	690
	Cafê	460
	Castanha de Caju	100
	Cana	25 000
	Côco	4 000
	Feijão	143
	Laranja	40 000
	Mamona	1.000
	Mandioca	5.600
	Milho	265

1.2. LEVANTAMENTO DE FONTES PONTUAIS E NÃO PONTUAIS DE POLUIÇÃO HÍDRICA POTENCIAL

1.2.1 Pesquisa Bibliográfica

A população, percentuais de abastecimento de água tratada e produção agrícola dos municípios e distritos da bacia hidrográfica foram obtidos no Anuário Estatístico do Estado do Ceará 1994 (Tabelas II.2, II 3, II.4)

Conforme LEVANTAMENTO EXPLORATÓRIO DE SOLOS DO ESTADO DO CEARÁ 1973, os tipos de solos predominantes na região são PE6 e

PE32, ambas associações de solos. Em anexo encontra-se a localização, em mapa, dos solos na bacia hidrográfica do Rio Mundaú. O PE6 é uma associação de solos Podzólicos Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico com solos Litólicos Eutróficos e o PE32 é uma associação de Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico com Planosol Solódico e Latente Hidromorfo.

A vegetação predominante na bacia é o Complexo Vegetacional da Zona do Litoral, Caatinga Arbustiva Densa, Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (matas secas) e Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular (matas úmidas), conforme ATLAS DO CEARÁ - 1986 (ver ANEXO 4).

A caracterização dos tipos de solos, relevo, vegetação e principais culturas agrícolas existentes na bacia hidrográfica é importante para identificar a textura e a composição química dos solos, áreas desmatadas e utilização de fertilizantes e agrotóxicos. Estes fatores implicarão na tendência para a erosão e, conseqüentemente, transporte de sedimentos e componentes químicos (elementos do próprio solo, fertilizantes e agrotóxicos) para os rios e açudes.

As principais culturas agrícolas da região são a banana, o caju, o algodão e culturas de subsistência como o feijão e o milho. Cada uma destas culturas exigem tratamento específico para o controle de pragas. As pragas que mais afetam a produção da banana e da castanha de caju são os fungos. A produção do algodão é afetada pelos insetos (Bicudo) e a produção do milho e feijão é afetada por insetos e fungos.

A princípio, o emprego de agrotóxicos para o combate de pragas, com a finalidade de aumentar a produção, não é uma prática condenável, no entanto, o uso indiscriminado destes produtos vêm ocasionando contaminação aguda e involuntária do solo e das águas superficiais e profundas, devido a sua permanência no meio ambiente. Para se poder avaliar o impacto da utilização de agrotóxicos sobre a água na bacia hidrográfica, será necessário um levantamento da utilização e do manejo destes produtos na região e uma análise laboratorial da presença dos mesmos na água.

Tabela II 11- Classes de salinidade da água de irrigação, pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (Pizarro, 1984)

Classe	Risco de Salinidade	C.E a 25°C (µmhos/cm)	Concentração de sal (g/l)
C1	Baixo	0-250	<0,2
C2	Moderado	250-750	0,2-0,5
C3	Alto	750-2250	0,5-1,5
C4	Muito Alto	2250-5000	1,5-3,0

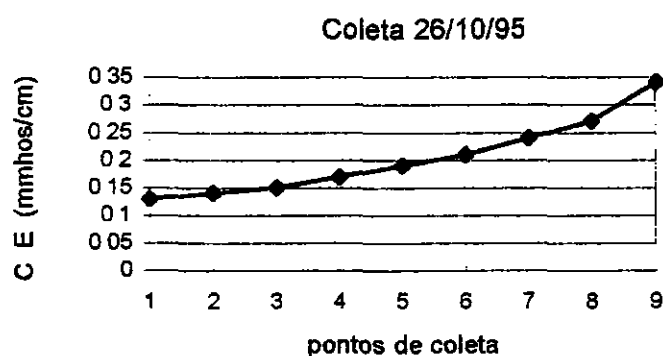


Figura III.3 - Valores de C E (mmhos/cm) ao longo do Rio Mundaú, em 26/10/95

2.2.2 Relação de Adsorção do Sódio (RAS)

A sodicidade se refere ao efeito relativo do sódio na água de irrigação, tendendo a elevar a percentagem de sódio trocável no solo (PST), com danos nas suas propriedades físico-químicas, provocando problemas de infiltração. Valores altos de PST do solo, especialmente sob condições de baixa salinidade, causam a dispersão de partículas, com redução na condutividade hidráulica do solo.

Os cations intercambiáveis dos colóides dos solos estão em equilíbrio com os ions da solução do solo. Ao aumentar as proporções de sódio nas águas de irrigação, a tendência à alcalinidade do solo é aumentar.

O perigo do sódio não pode ser enfocado, mensurando-se, isoladamente, a sua percentagem nas áreas de irrigação, mas sim, na correlação entre o sódio, por um

O nível de industrialização na bacia hidrográfica foi obtida no Cadastro Industrial do Estado do Ceará - 1992, publicado pela Secretaria Estadual da Indústria e Comércio (Tabela II 5) Verifica-se que nesta região não existem indústrias com alto potencial de poluição das águas

Tabela II 5- Indústrias na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, conforme Cadastro Industrial do Estado do Ceará - 1992

Município	Nº de Indústrias	Gênero da Indústria
Itapipoca	03	Produtos de minerais não metálicos
	04	Metalúrgica
	01	Materiais de Transporte
	04	Madeira
	03	Mobiliário
	01	Borracha
	07	Vestuário, Calçados, Confecção e Couro
	11	Produtos Alimentares
	01	Bebidas
	01	Editorial e Gráfica
	01	Ind e/ou Serv de Construção
Tururu	01	Produtos Alimentares
Uruburetama	02	Produtos de minerais não metálicos
	02	Madeira
	01	Química
	02	Vestuário, Calçados, Confecção e Couro
	03	Produtos Alimentares
	01	Bebidas

Outro aspecto importante a ser abordado é o uso da água na bacia hidrográfica. Verificou-se que o principal uso é para o abastecimento humano e piscicultura no açude Mundaú e a irrigação ao longo de todo o curso do rio. A Figura III.2 mostra um histórico da produção pesqueira desde o enchimento do açude. Observa-se que em 1993 houve uma diminuição sensível da produção, devido à epidemia de cólera que ocorreu no Estado, sendo este mais um aspecto da poluição hídrica que prejudica o crescimento econômico da região.

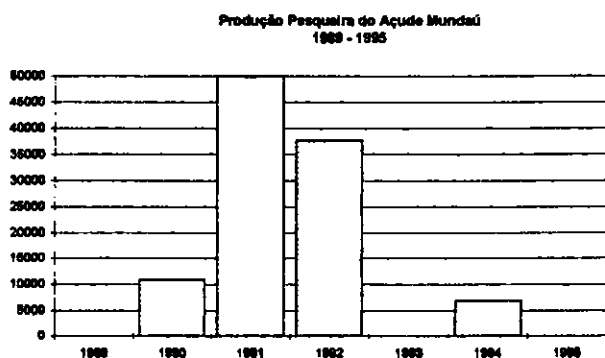


Figura III 2 - Evolução histórica da produção pesqueira do açude Mundaú

1.2.2. Levantamento em Campo

Como fontes pontuais de poluição das águas da bacia hidrográfica pode-se destacar o esgoto sanitário, resíduos sólidos, matadouros, cemitérios e indústrias. Como fontes não pontuais pode-se destacar a lixiviação de fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura.

Os esgotos sanitários e matadouros são caracterizados por possuírem alto teor de matéria orgânica e organismos causadores de doenças, resultando em pontos potenciais de poluição do corpo d'água. A poluição orgânica nos rios diminui o teor de oxigênio dissolvido devido à ação da biota aquática para a sua decomposição. A matéria fecal pode causar doenças como o cólera, hepatite e diarreias diversas, quando não existe fornecimento de água tratada. O destino final dos esgotos sanitários pode ser fossa, rede pública de esgotos com ou sem tratamento ou despejo diretamente nos corpos d'água.

Para se conhecer a situação real de fontes pontuais e não pontuais da região, contatou-se as prefeituras de Itapipoca, Tururu e Uruburetama, bem como órgãos de extensão rural (EMATERCE - Regional), de saúde pública e de tratamento e distribuição de água potável e tratamento e destino final de esgotos sanitários (CAGECE, FNS).

Observou-se nas cidades de Tururu e Uruburetama a inexistência de rede de coleta de esgoto, sendo o esgoto doméstico despejado a céu aberto ou em fossas ou diretamente nos rios. Os matadouros de Tururu e Uruburetama foram visitados e

constatou-se descontrole total da carga poluidora, sendo observado que a localização dos mesmos é próximo a rios

Em Itapipoca existe um sistema de coleta de esgotos, no entanto, ainda funciona de forma precária. O destino final dos esgotos é lagoa de estabilização. Visitou-se o sistema e observou-se, também, falta de controle do processo, inclusive a lagoa servindo de local de pesca. Este ponto foi locado em um mapa e verificou-se que não entrava na bacia hidrográfica do Mundaú.

Quanto ao destino final dos dejetos sólidos verificou-se que em Tururu e Uruburetama eram despejados a céu aberto nas margens das estradas estaduais e federais, já em Itapipoca existe um local destinado para este fim que, no entanto, consiste em um "Lixão", sem controle nenhum. Estes locais são fontes de poluição da água subterrânea, através de infiltração e de poluição de rios, através da lixiviação.

Quanto ao abastecimento de água tratada, observou-se que todas as sedes municipais possuíam distribuição de água tratada. A água distribuída em Tururu e Uruburetama é oriunda do açude Mundaú com tratamento por coluna de carvão ativado. A água distribuída em Itapipoca é oriunda dos açudes Quandu e Poço Verde e possui duas estações convencionais de tratamento de água.

Quanto ao uso de fertilizantes e agrotóxicos na região procurou-se a EMATERCE regional, obteve-se informações sobre os tipos de pesticidas utilizados para as principais culturas agrícolas da região. A Tabela II.6 sintetiza estas informações.

A Tabela II.7 mostra as coordenadas de fontes pontuais de poluição hídrica e a Tabela II.8 mostra o número de economias servidas e extensão da rede de distribuição de água potável. Em anexo encontra-se a localização das fontes pontuais de poluição do corpo hídrico.

Tabela II 6 - Relação de agrotóxicos mais comuns utilizados na bacia hidrográfica do rio Mundaú

Agente Patológico	Nome Comercial
Inseticida	AZODRIN
	NUVRACON
	FOLIDOL
	FOLISUPER
	DIPTEREX
	FORMICIDOL
	TERMICIDOL
	MIREX
Fungicida	ESPURGAN
Herbicida	CUPRAVIT
Fertilizantes	TORDA
	NPK
	Orgânico
	Uréia

Tabela II.7- Coordenadas geográficas das fontes pontuais de poluição

Descrição	Local	Latitude	Longitude	Observações
Lagoa de Estabilização	Itapipoca	03°29'26,4"	39°35'41,4"	Sem controle da matéria orgânica
Lixão	Itapipoca	03°28'18,6"	39°38'50,4"	Lançado a céu aberto
Matadouro	Tururu	03°35'42"	39°26'03"	Resíduos a céu aberto a 500m do rio
Lavadeiras	Tururu	03°35'38,4"	39°26'16,8"	Sobre a ponte Tururu-Itapipoca
Matadouro	Uruburetama	03°37'13,8"	39°29'49,2"	Lado esq sentido açude-foz
Itacolomi	Uruburetama	03°37'49,2"	39°32'40,2"	Vila na Serra de Uruburetama
Mundaú	Uruburetama	03°37'13,2"	39°34'34,2"	Vila na Serra de Uruburetama
Mulungu	Tururu	03°32'52,8"	39°25'47,4"	Área de Assentamento

Tabela II 8 - Ligações de água e extensão da rede de distribuição de água tratada nos municípios da bacia hidrográfica do rio Mundaú

Município	Número de Ligações	Extensão (m)	Volume (m ³ /dia)	Manancial
Itapipoca	6 175	48 289	5 964	Aç Poço Verde Aç Quandú
Tururu	420	-	138	Aç Mundaú
Uruburetama	1322	-	2.180	Aç Mundaú

1.3 LEVANTAMENTO DAS PROPRIEDADES IRRIGADAS

O ponto de partida para a identificação das propriedades irrigadas na bacia do rio Mundaú foi uma viagem à mesma, objetivando, não só o reconhecimento físico da região, mas também a obtenção de maior número de informações a respeito de como a irrigação tem sido praticada

De modo a facilitar a inserção de pesquisadores na região, contatou-se, a priori, as prefeituras e as sedes locais da EMATERCE dos municípios de Itapipoca, Tururu e Uruburetama. Solicitou-se destes órgãos a disposição de um técnico que conhecesse a região e que servisse de intermediador no contato entre os pesquisadores e os proprietários de áreas irrigadas

No INCRA (Fortaleza) obteve-se uma relação das propriedades de imóveis rurais, em cada um dos três municípios, facilitando assim, a identificação daqueles que empregam a irrigação

Junto ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) de Itapipoca conseguiu-se uma listagem de propriedades que receberam financiamento para irrigação, constando também, informações outras, como área irrigada, sistema de irrigação, culturas irrigadas, etc. Visando, ainda, abranger ao máximo o universo de irrigantes na bacia hidrográfica, fez-se informalmente, um levantamento de informações junto a lojas de produtos agropecuários

Finalmente, percorreu-se exaustivamente as estradas ao longo do rio Mundaú, marcando-se as coordenadas geográficas e nomes de proprietários, daqueles que empregavam a irrigação

Na tabela II.9 encontram-se listados os nomes dos proprietários de áreas irrigadas levantados na bacia.

Tabela II 9 - Levantamento de propriedades irrigadas. Bacia do rio Mundaú

Proprietário	Município	Referência
João Mesquita Teixeira	Itapipoca	Barrento
José Mesquita Teixeira	Itapipoca	Barrento
Remo	Itapipoca	EMATER
Laércio	Uruburetama	BNB
José Teixeira		Nova Assis
Hélio Guedes Barros	Itapipoca	Fz Conceição
Associação Mulungu	Tururu	Mulungu
Aderbal	Itapipoca	Caíta
CBR	Tururu	Fz São Benedito- Est Tururu- Cemoaba
Benedito	Tururu	
José Gumercindo Vasconcelos	Tururu	
Fco Alves Maia	Uruburetama	Est Tururu- Uruburetama
Manoel de Almeida Bernardo	Uruburetama	
Getúlio Feijão	Uruburetama	
Nilton Pinheiro Guerra	Itapipoca	Corrego dos Cajueiros
Antônio Rodrigues de Sousa		
João de Deus Martins	Itapipoca	Bairro Coqueiro
Associação Sítios Novos	Itapipoca	Sítios Novos
Juarez Marques Medeiros	Itapipoca	Deserto
João Damasceno P. Marques	Itapipoca	Deserto
Manoel Ferreira Matos	Tururu	Est. Tururu-Cemoaba
Abelardo Pinto Marques		Ipu Mazargão
Louro dos Ovos	Itapipoca	Bairro Coqueiros
Francisco Pires de Sousa	Itapipoca	Cáritas
Rogaciano Montenegro	Itapipoca	IBGE
Raimundo Moura		
Colasso	Itapipoca	Fz Mala
Jeová	Itapipoca	Associação Sítios Novos
Manoel Barroso	Tururu	Est. Tururu-Cemoaba
Pedro Batista Filho	Tururu	
José Sulier Cavalcante	Tururu	

Tabela II 9- Continuação

Proprietário	Município	Referência
Diniz	Tururu	
Francisco Costa de Sousa	Tururu	
Bonfim	Tururu	
Wilson	Tururu	
Ari	Tururu	
José Guilherme	Tururu	
Major César	Tururu	
Edimar Marinho	Uruburetama	Est Tururu-Uruburetama
Geraldo Tomé	Uruburetama	Est Tururu-Uruburetama
João Udson	Uruburetama	Est. Tururu-Uruburetama
Zilá Barroso	Uruburetama	Est Tururu-Uruburetama
Sebastião Lopes	Uruburetama	Est Tururu-Uruburetama
Dório	Uruburetama	Uruburetama
Gilvan	Uruburetama	Uruburetama
Vicente Felix	Tururu	Fz. Gavião
Davi Barroso	Itapipoca	Posto SEFAZ entre Tururu e Itapipoca
Raimundo Pedro	Itapipoca	Barrento
José Coelho	Uruburetama	

2. RESULTADOS OBTIDOS

2.1. ANÁLISE DE LABORATÓRIO

As amostras coletadas nos vários pontos do rio Mundaú foram encaminhadas a dois laboratórios para análises distintas. A análise de parâmetros para classificar a água para a irrigação foi feita no Laboratório de Solos da FUNCEME/UFC. As análises dos parâmetros convencionais para avaliar a qualidade de água foram realizadas pelo laboratório da SEMACE. A Tabela II 10 mostra os parâmetros e os respectivos laboratórios onde foram feitas as análises.

Tabela II 10 - Parâmetros de qualidade da água

Parâmetro	Unidade	RM1	RM2	RM3	RM4	RM5	RM6	RM7	RM8	RM9	Lab.
Alcalinidade Total	mg/l caco	70,18	61,92	51,60	53,66	49,54	45,41	41,28	37,15	33,02	SEMACE
Alcalinidade Hidroxido	mg/l caco	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	SEMACE
Alcalinidade em Carbono	mg/l caco	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	SEMACE
Alcalinidade em Bicarbonato	mg/l caco	70,18	61,92	51,60	53,66	49,54	45,51	41,28	37,15	33,02	SEMACE
Nitratos	mg/l NO	0,00	0,88	1,76	1,76	1,76	1,32	2,20	0,88	2,64	SEMACE
Nitratos	mg/l NO	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,04	0,04	0,01	SEMACE
Amônia	mg/l NH ₄	0,65	0,50	0,89	1,95	0,44	0,60	0,48	0,68	0,52	SEMACE
Ca	me/l	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,35	0,65	FUNCEME
Mgf	me/l	0,25	0,35	0,35	0,25	0,35	0,35	0,35	0,6	0,45	FUNCEME
Na	me/l	0,8	0,7	0,78	0,97	1,06	1,15	1,35	1,3	2,13	FUNCEME
K+	me/l	0,06	0,08	0,1	0,08	0,09	0,15	0,1	0,09	0,13	FUNCEME
Cl-	me/l	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	1	1,4	1,4	2	FUNCEME
SO ₄	me/l	0,14	0,11	0,14	0,15	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	FUNCEME
HCO ₃	me/l	0,62	0,78	0,68	0,84	1	1,1	1,22	1,38	1,52	FUNCEME
CE	mmho/m	0,13	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21	0,24	0,27	0,34	FUNCEME
RAS		1,7	0,57	0,57	1,7	1,74	1,88	2,21	1,88	2,88	FUNCEME
pH		7	7,2	7,2	7	6,9	7,1	7,2	7,3	7,4	FUNCEME
STD	mg/l	90	100	110	150	150	150	150	220	220	FUNCEME
Condutividade	mS/cm	0,34	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,16	0,13	0,14	CAMPO
Silica	mg/l	5,74	9,43	16,20	28,50	27,30	30,00	1,60	47,80	23,80	SEMACE
DQO	mg/l	5,12	5,76	21,76	12,80	4,48	3,20	2,56	3,76	3,84	SEMACE
DBO 5 dias	mg/l	3,35	0,52	1,80	2,58	1,58	0,51	1,11	1,92	0,83	SEMACE
Fósforo total	mg/l PO ₄	0,03	0,05	0,05	0,09	0,20	0,13	0,23	0,12	0,26	SEMACE
Fósforo dissolvido	mg/l PO ₄	0,02	0,05	0,02	0,08	0,07	0,09	0,15	0,04	0,23	SEMACE
OD	mg/l O ₂	9,47	3,99	7,64	8,20	5,84	8,30	8,42	8,28	7,43	SEMACE
pH		7,77	8,10	8,13	7,88	7,67	7,84	7,65	7,75	7,92	SEMACE
Côr	mg/l Pt	30,00	30,00	30,00	40,00	40,00	50,00	50,00	30,00	50,00	SEMACE
Temperatura H ₂ O	°C	27,9	29	29,8	29,9	29,3	28,9	31,7	25,8	28,4	CAMPO
Temperatura ar	°C	30,3	31	32,4	30,2	31	32,3	32,3	30,1	30,1	CAMPO
STD	mg/l	0,17	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	CAMPO
hora	h	8 40	10 15	11 35	12 20	13 04	13 25	13 54	15 00	14 30	CAMPO

FUNCEME Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Laboratório de Solos)

SEMACE Superintendência Estadual do Meio Ambiente - CE

CAMPO Medida feita em campo

2.2. CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA PARA USO NA IRRIGAÇÃO

A análise química das águas é o fator básico para sua classificação. Como parâmetros usados para caracterizar a qualidade da água para irrigação, tem-se

- Concentração total de sais (salinidade)

000098₂

- Proporção relativa de sódio, em relação aos outros cátions (sodicidade)
- Concentração de bicarbonatos
- Concentração de elementos tóxicos (toxicidade)

2 2 1 Concentração Total de Sais

A concentração total de sais solúveis nas águas de irrigação, é, geralmente, expressa em termos de sua condutividade elétrica (C E) a 25° C, medida em micromhos/cm ou dS/m, uma vez que este parâmetro apresenta facilidade e rapidez de determinação.

O efeito da salinidade é de natureza osmótica podendo afetar diretamente o rendimento das culturas, as quais se comportam diferentemente quanto à tolerância aos sais na água. Em geral, águas com C E menor que 750µmhos/cm são satisfatórias para a irrigação, embora algumas culturas mais sensíveis possam ser afetadas por águas com C E entre 250 e 750µmhos/cm.

As águas cuja C E varia de 750 a 2250µmhos/cm, são comumente utilizadas, obtendo-se com as mesmas, crescimento adequado das culturas, desde que haja um bom manejo do solo e drenagem eficiente. O emprego de águas com C E maior que 2250µmhos/cm é uma exceção e raramente se obtém bons resultados. Unicamente cultivos muito tolerantes conseguem se desenvolver, e para isso é necessário que se aplique água em abundância e a drenagem do subsolo seja adequada.

O Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos propôs uma classificação da água quanto à salinidade (Tabela II 11)

Com relação as amostras coletadas ao longo do Rio Mundaú, observa-se que do ponto 1 ao 7 os valores de C E mantiveram-se abaixo de 250µmhos/cm, apresentando, portanto, baixo risco de salinização. No entanto, os pontos 8 e 9, devido a maior proximidade da foz do rio, mostram maiores valores de C E (270 e 340µmhos/cm, respectivamente), passando o risco de salinização a ser moderado. A variação da C E ao longo do rio pode ser verificada na Figura III 3.

lado, e o cálcio e o magnésio, por outro Segundo o Laboratório de Salinidade dos E U A, a proporção relativa de sódio, em relação a outros sais, pode ser expressa em termos da Razão de Adsorção de Sódio (RAS), a qual pode ser calculada pela seguinte fórmula

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

onde as concentrações de Na^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , são expressas em me/l (miliequivalente por litro)

Segundo o Laboratório de Salinidade dos E U A, as águas são classificadas quanto ao perigo de alcalinização pelo sódio em quatro classes (Tabela II 12)

Tabela II 12 - Riscos de alcalinização pela água de irrigação, proposto pelo Laboratório de Salinidade dos E U A (Pizarro, 1994)

Classe	Riscos de alcalinização	RAS
S1	pouco	0-10
S2	médio	10-18
S3	elevado	18-26
S4	Muito elevado	26-30

Na Figura III 4 observa-se que em todos os pontos onde foram feitas coletas d'água no rio Mundaú, os valores do RAS mantiveram-se abaixo de 10, representando portanto, pouco risco para alcalinização do solo

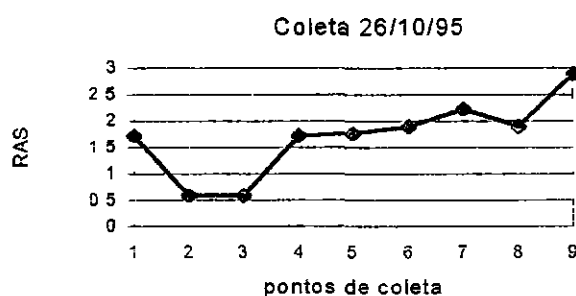


Figura III 4 - Valores do RAS ao longo do Rio Mundaú

2 2 3 Concentração de Elementos Tóxicos (Toxicidade)

A toxicidade diz respeito ao efeito específico de certos ions (boro, sódio e cloretos) sobre as plantas, afetando o rendimento, independente do efeito osmótico. Em algumas situações, o efeito iônico pode se manifestar em forma de desequilíbrio nutricional.

O boro é um elemento essencial às plantas, sendo necessário em quantidades muito pequenas para um perfeito desenvolvimento vegetal. No entanto, o boro pode tornar-se facilmente tóxico, quando sua concentração no solo atinge certos valores.

Trabalhos recentes publicados pela FAO evidenciam que águas de irrigação com quantidades de boro menores que 0,7 mg/l não causam problemas à maioria das plantas cultivadas. Entre 0,7 e 2,0 mg/l, começam a surgir problemas, e em quantidades superiores à 2,0 mg/l os efeitos tornam-se mais graves.

Nesta avaliação preliminar da qualidade de água na Bacia do Rio Mundaú, não foram feitas determinações das quantidades de boro presentes nas diversas amostras.

Outro tipo de toxicidade frequente é aquela provocada pelo cloreto contido na água de irrigação. O cloreto não é retido ou adsorvido pelas partículas do solo, através do qual se desloca com a água deste, porém, é absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração. Se sua concentração excede a tolerância da planta, produzem-se danos, com sintomas característicos, como necrose e queimaduras nas folhas. A toxicidade do cloreto também pode ocorrer por absorção direta, através das folhas, nas culturas irrigadas por aspersão.

A toxicidade do sódio é mais difícil de ser diagnosticada do que a do cloreto, porém tem sido identificada como resultado de altos valores de RAS. O sódio intercambiável exerce um efeito sobre a condição física do solo, teores relativamente altos reduzem a velocidade com que a água de irrigação atravessa a sua superfície. Esta redução pode alcançar tal magnitude, de modo que as raízes das plantas não recebem suficiente água entre as irrigações. Por outro lado, culturas sensíveis a este elemento

podem sofrer danos, como consequência do acúmulo do sódio em seus tecidos. Os sintomas típicos aparecem em forma de queimaduras ou necroses ao longo das bordas, surgindo primeiro nas folhas mais velhas.

Segundo AYERS e WESTCOT (1991), os valores normais de sódio e cloreto em águas de irrigação, situam-se entre 0-40 e 0-30 me/l, respectivamente. Sendo assim, observa-se que nos pontos estudados da bacia (Figura III 5), os valores destes íons mantiveram-se abaixo destes limites, não implicando, portanto, em maiores problemas.

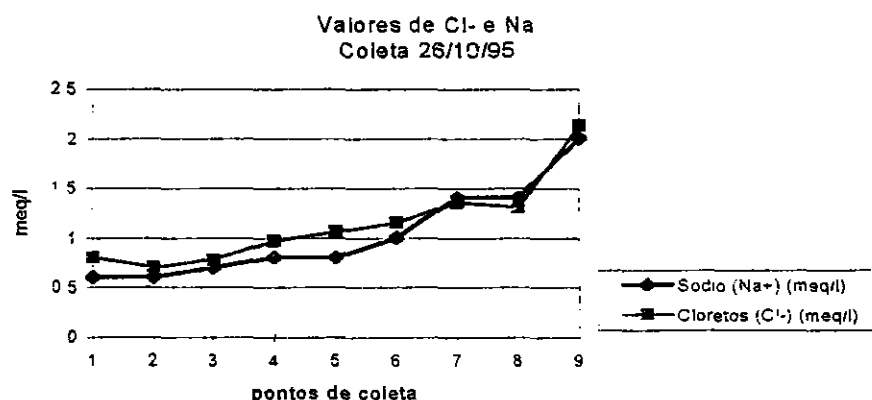


Figura III 5 - Valores de Na e Cl⁻ ao longo do Rio Mundaú

2.2.4 Concentração de Bicarbonatos

Constata-se que os carbonatos e bicarbonatos têm um efeito indireto sobre a qualidade das águas de irrigação. Este efeito se dá através da precipitação do Cálcio (Ca) e magnésio (Mg), aumentando, portanto, a relação de Adsorção de Sódio (RAS), uma vez que a solubilidade do carbonato de sódio é superior à dos carbonatos de cálcio e magnésio.

AYERS e WESTCOT (1991) salientaram que valores de carbonatos e bicarbonatos entre 0 a 0,1 e 0 a 10 me/l são considerados normais em águas de irrigação. As amostras de água coletadas ao longo do rio Mundaú, por permanecerem dentro destes limites, podem ser, portanto, consideradas sem riscos para a irrigação, quanto a ação de carbonatos e bicarbonatos.

2.2.5 Classificação da Água para Irrigação no Rio Mundaú

Com base nos conceitos acima, procedeu-se à classificação da água no Rio Mundaú. A partir da Tabela II 13 e da Figura III 6, verifica-se que predomina na bacia água do tipo C1S1. A excessão ocorre nos pontos 8 e 9, nos quais a água passou a ser C2S1. Este fato é perfeitamente justificável devido a maior proximidade da foz e, conseqüentemente, maior percepção dos efeitos da maré, o que implica num aumento da concentração de sais.

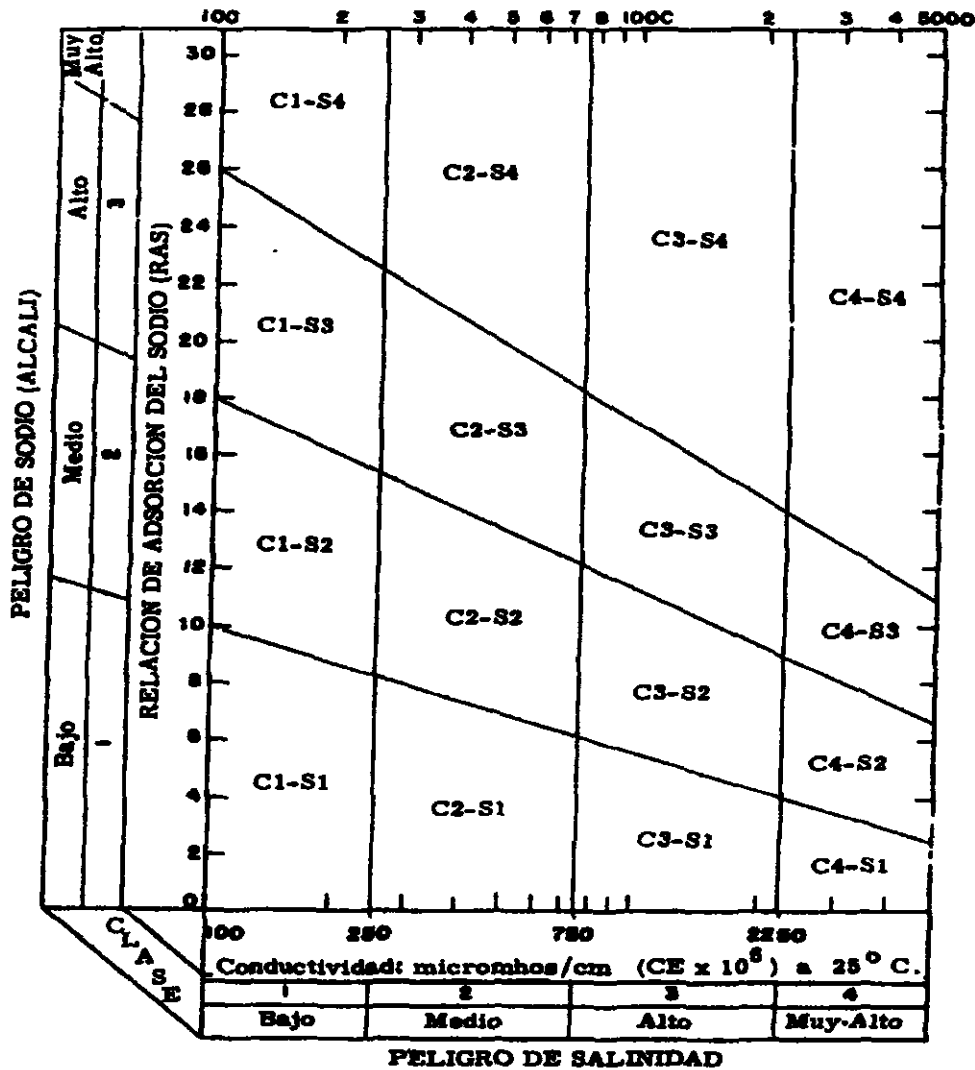


Figura III 6. - Classificação da água para irrigação na Bacia do Rio Mundaú

Tabela II 13 - Classificação da água no rio Mundaú

Pontos de coleta	Classes
RM1	C1S1
RM2	C1S1
RM3	C1S1
RM4	C1S1
RM5	C1S1
RM6	C1S1
RM7	C1S1
RM8	C2S1
RM9	C2S1

As águas do tipo C1S1 são águas que podem ser usadas para a irrigação da maioria das culturas, em quase todos os tipos de solo, com pouca probabilidade de surgimento de problemas de sais e de alcalinização do solo. Necessita-se fazer a lixiviação, no entanto, esta é feita em condições normais de irrigação, exceto em solos com baixa permeabilidade. Algumas culturas mais sensíveis, podem acumular quantidades prejudiciais de sódio.

As águas C2S1 podem ser usadas sempre que haja um grau moderado de lixiviação dos sais no solo. Culturas moderadamente tolerantes aos sais podem ser irrigadas, sem necessidade de práticas especiais para controle da salinidade. Existe pouca probabilidade de aparecimento de problemas de acúmulo de sódio no solo.

2.3. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

O CONAMA (1986) estabelece padrões de qualidade de água conforme as diversas classes por ele estabelecida. Estas classes são em número de nove, sendo elas

- Classe Especial, destinada ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção e à preservação do ambiente aquático,
- Classe 1 a 3, destinadas ao abastecimento doméstico com restrições ao tipo de tratamento, à irrigação e preservação da vida aquática,
- Classe 4, destinada a navegação e outros usos menos exigentes na qualidade,

- Classe 5 e 6, são águas salinas destinadas à recreação e proteção do ecossistema aquático,
- Classe 7 e 8, são águas salobras, destinadas à navegação e contato primário e preservação do ecossistema aquático

Na mesma resolução, que estabelece normas de classificação de águas doces, salgadas e salobras, considera que toda água doce que ainda não foi classificada será considerada como Classe 2, as águas salgadas serão consideradas de classe 5 e as salobras serão consideradas de classe 7. No caso do rio Mundaú, onde não foi feito nenhum estudo pelo órgão estadual competente (SEMACE) para seu enquadramento e classificação, será considerado Classe 2, por ser um corpo de água doce, até ser devidamente enquadrado. Para isto será necessário analisar parâmetros de qualidade de água juntamente com o estudo de autodepuração do corpo da água, de maneira sazonal e definindo seus principais usos

Com a finalidade de se fazer uma avaliação prévia da qualidade da água do rio Mundaú determinou-se a concentração de alguns parâmetros que serão avaliados a seguir. A coleta foi realizada no dia 26/10/95, durante o dia todo, sendo anotado a hora do dia e aspectos do clima em cada ponto (Tabela II 1)

2.3 1 Alcalinidade

Este parâmetro mede a capacidade que a água possui de neutralizar ácidos. Nas águas naturais, ela é consequência, principalmente, de sais de ácidos fracos, mas bases fortes e fracas, também, contribuem.

Muitos elementos contribuem para a alcalinidade das águas, mas a maior contribuição é devido a presença de (1) Hidróxidos (OH^-), (2) Carbonatos (CO_3^{2-}) e (3) Bicarbonatos (HCO_3^-), em ordem de importância

Sobre certas condições, as águas naturais podem ter considerável quantidade de alcalinidade em hidróxido e carbonato, em especial, locais com grande quantidade de

algas. Estes organismos removem o CO₂ livre e combinado da água, produzindo hidróxidos e carbonatos, e consequentemente, aumentando o pH da água (entre 9 e 10)

No rio Mundaú observou-se o aumento da alcalinidade da nascente à foz. Por outro lado, a variação do pH, que está diretamente relacionado com a alcalinidade, não acompanha a mesma evolução, com pouca variação (0,13 apenas), como mostra o gráfico da Figura III 7. O aumento da alcalinidade pode ser resultante do aumento da concentração de algas ao longo do curso do rio.

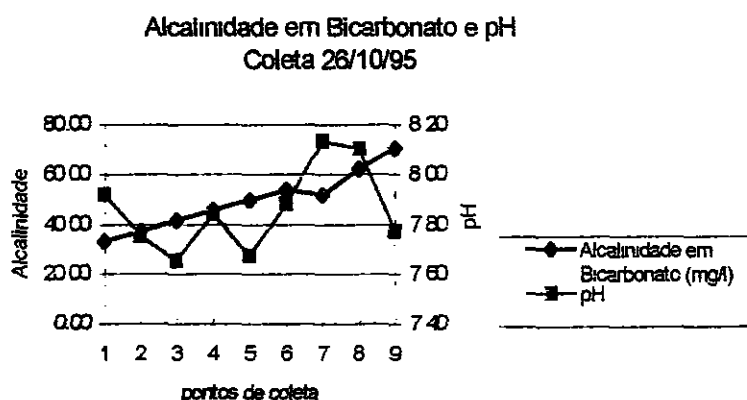
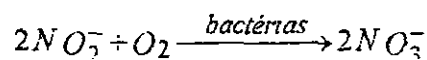
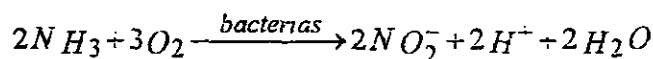


Figura III 7 - Valores de Alcalinidade em Bicarbonato e pH ao longo do rio Mundaú

2.3.2 Nitrogênio

As principais formas de nitrogênio no ambiente aquático estão nas formas de Amônia, Nitrato, Nitrito e Nitrogênio Orgânico. A oxidação da Amônia, em condições aeróbicas, pode gerar o Nitrito, que quando oxidado, em condições aeróbicas, gera o Nitrato.



Os Nitratos servem de nutrientes para o desenvolvimento da flora aquática. O excesso deste elemento, sob condições anaeróbicas, sofre um processo chamado de

denitrificação, o qual transforma o nitrato em amônia. Os processos de transformação do nitrogênio consomem oxigênio, podendo ocorrer anaerobiose nos corpos d'água.

A presença de amônia (NH_3) em padrões acima do recomendado, significa poluição recente da água, indicando risco de poluição por bactérias causadoras de doenças. A algum tempo atrás, a amônia era analisada para verificar se existia matéria fecal na água, pois este elemento pode ser originário da decomposição de esgotos domésticos por organismos safrófitos, onde convertem a uréia em amônia. Atualmente, com os testes de coliformes, deixou-se de examinar este parâmetro com esta finalidade.

No caso do rio Mundaú, verificou-se que a amônia ficou, praticamente, acima do padrão recomendado de 0,5 mg/l, conforme mostra a Figura III 8. No ponto 6 (RM6), em particular, este valor resultou muito alto (1,95 mg/l). Este ponto localiza-se em uma região de baixa concentração populacional, mas grande quantidade de propriedades agrícola, logo estes teores podem ser explicados pelo uso da uréia como fertilizante.

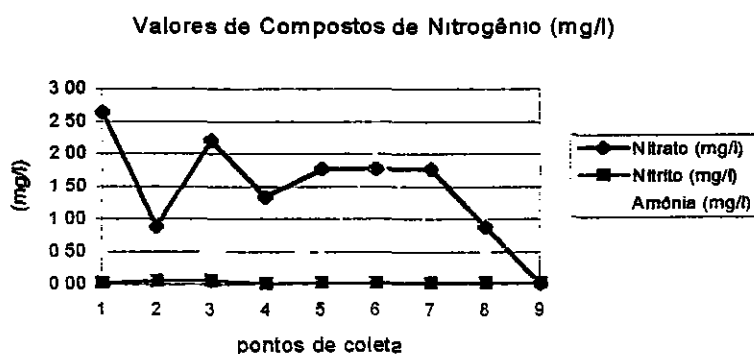


Figura III 8 - Valores de compostos nitrogenados ao longo do rio Mundaú

Quanto ao nitrito e nitrato, observa-se que estes parâmetros ficaram abaixo do padrão recomendado de 54,0 mg/l para o nitrato e 1,00mg/l para o nitrito. O nitrato, quando ingerido constantemente, pode provocar uma doença chamada Metemoglobinemia, portanto, recomenda-se que as águas potáveis não ultrapassem 10 mg/l. E nas águas subterrâneas onde se encontram os teores mais altos de nitrato, pois os nutrientes em excesso percolam o solo, que não possuem capacidade de retenção dos mesmos, até chegarem as águas subterrâneas, permanecendo aí por muito tempo. A água

de poço na bacia do Mundaú, utilizadas para abastecimento humano, não é tratada, podendo provocar doenças na população. Seria necessário analisar teores de Nitrato nestas águas para verificar sua potabilidade.

2.3.3 Sílica

A sílica presente na água tem origem da decomposição de minerais de silicato de alumínio (feldspato), que são encontrados, mais frequentemente em rochas sedimentares do que magmáticas. Ela apresenta-se em três formas fundamentais na água:

- Solúvel - como íon $SiO_4^{0}(aq)$
- Sílica Coloidal
- Sílica Particulada - incorporada ao fitoplâncton (sílica biogênica = SiO_2) ou aos detritos orgânicos, sob a forma de quartzo e minerais de silicatos em suspensão e ainda adsorvida a compostos orgânicos ou inorgânicos, como hidróxido de alumínio e hidróxido de ferro.

A sílica na água é um elemento fundamental para o desenvolvimento de determinados tipos de organismos, sendo considerada um micronutriente. Alguns autores pesquisaram a sílica em vários lagos distribuídas ao longo do território nacional e verificaram concentrações consideráveis deste elemento na água, mas concluíram que esta concentração é devida à abundância da sílica nos solos tropicais decorrentes da frequência de aluminossilicatos.

A Figura III 9 mostra um gráfico com a evolução dos teores de sílica ao longo do rio Mundaú. Verifica-se que sua concentração diminui da nascente para a foz. O ponto RM2 apresentou elevado teor deste elemento, isto pode ser consequência do acúmulo de sílica no sedimento de fundo do açude Mundaú, e que é carregado para o rio através da descarga d'água.

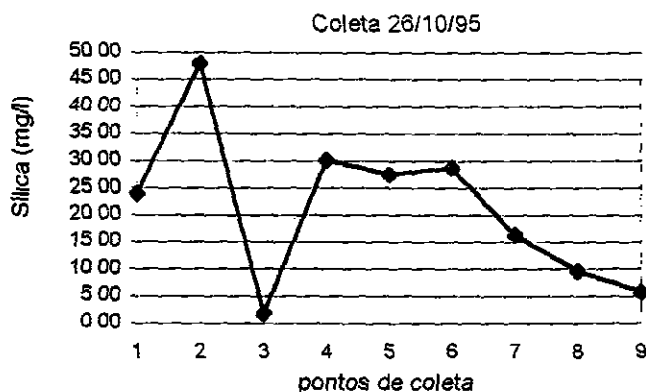


Figura III 9 - Teores de Silica ao longo do rio Mundaú

2.3.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Oxigênio Dissolvido (OD)

Estes parâmetros serão analisados conjuntamente por apresentarem grande correlação. A DBO 5 é geralmente definida como a quantidade de oxigênio requerida por bactérias para estabilizar matéria orgânica sob condições aeróbicas. A DQO tenta medir a quantidade total de oxigênio requerida para a oxidação do dióxido de carbono (CO_2) e água. Ela é baseada no fato de que todos os compostos orgânicos, com poucas exceções, podem ser oxidados pela ação de agentes oxidantes fortes e condições ácidas.

Os valores de DQO são, geralmente, maiores que os valores de DBO 5, e será tanto maior quanto for a quantidade de matéria orgânica resistente biologicamente presente na água. Uma das limitações no uso de dados de DQO é que esta não diferencia entre matéria orgânica oxidável biologicamente e matéria orgânica inerte biologicamente. No entanto, testes de DQO são mais rápidos que os de DBO, que levam no mínimo 5 dias. Em alguns casos, os testes de DQO podem substituir os testes de DBO, principalmente quando o corpo aquático apresenta baixos valores destes parâmetros. Mas é recomendável que se substituam estes valores após uma grande quantidade de testes para se fazer uma correlação entre eles.

Uma comparação entre DBO e DQO é mostrada na Figura III 10, verifica-se que seus valores resultaram relativamente baixos, com exceção do ponto RM7, onde se observa grande diferença de matéria orgânica de difícil oxidação.

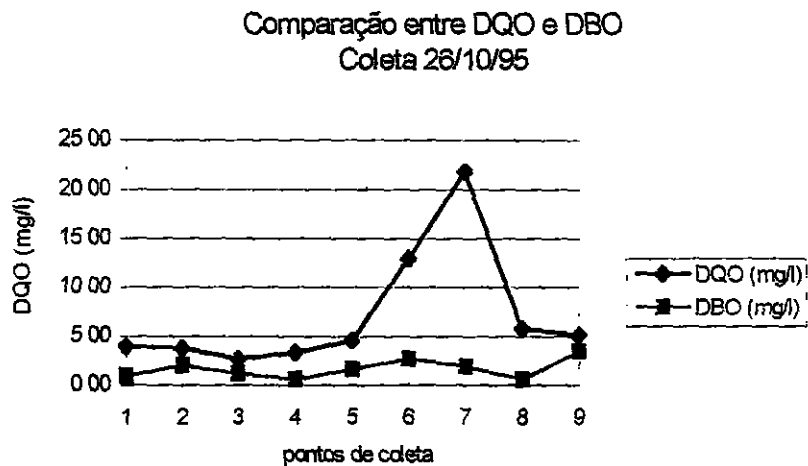


Figura III 10 - Valores de DQO e DBO ao longo do Rio Mundaú

O oxigênio dissolvido na água é um elemento essencial para dinâmica do ecossistema aquático. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, existem perdas pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos, como o ferro e o manganês. A inexistência de oxigênio dissolvido na água indica que a água está rica em matéria orgânica e a atividade biológica é alta. Esta condição é favorável aos organismos decompositores saprófitos, que podem causar gosto e odor nas águas devido a liberação de gases e provocando a mortalidade da biota aquática.

No caso do rio Mundaú, como era de se esperar, os teores de oxigênio resultaram altos, este fato se deve à baixa profundidade dos locais onde foram coletadas as amostras, facilitando a reaeração. As Figuras III 11 e III 12 mostram uma comparação entre OD / DQO e OD / DBO, respectivamente. Apenas no ponto RM8 o oxigênio dissolvido apresentou um valor relativamente baixo, provavelmente por estar localizado próximo a uma concentração de população.

A relação entre a DBO / DQO e o Oxigênio Dissolvido (OD) é, teoricamente, inversamente proporcional, pois quanto maior for a demanda por oxigênio, menor é a quantidade de oxigênio na água. Para saber se o comportamento do rio Mundaú acompanha aspectos teóricos, seria necessário quantificar as cargas orgânicas.

poluidoras que entram no rio e avaliar o processo de autodepuração do mesmo. Observa-se que nas Figuras III 11 e III 12 que a relação entre DQO/DBO com o oxigênio dissolvido não está inversamente proporcional, pois provavelmente estejam entrando cargas orgânicas que não foram quantificadas.

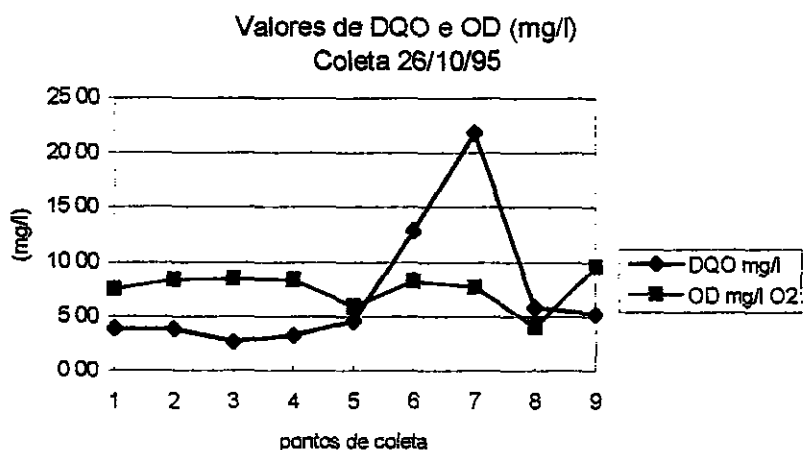


Figura III 11 - Valores de OD e DQO ao longo do Rio Mundaú

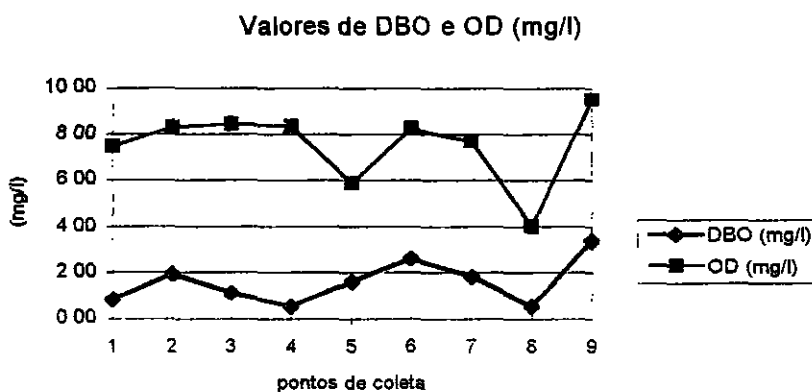


Figura III 12 - Relação entre OD e DBO ao longo do rio Mundaú

2.3.5 Fósforo

Este elemento é reconhecido como essencial para o crescimento de todas as plantas, inclusive as algas. É componente dos ácidos nucleicos e ATP que se caracterizam como base para a síntese enzimática e da transferência de energia em todos os níveis celulares.

As formas de fósforo de maior interesse para a avaliação da qualidade da água são os fósforos particulado ou dissolvido, que podem ser dissolvidos orgânicos ou inorgânicos. O fósforo dissolvido pode ser utilizado pelos plânctons, enquanto que o fósforo particulado pode ser adsorvido por partículas de sedimento e precipitar, sendo liberado à coluna d'água quando ocorrerem condições ambientais favoráveis (temperatura, pH, etc.)

No rio Mundaú observa-se que os valores de fósforo (figura III 13) diminuíram da nascente para a foz e que os valores não são muito altos. No entanto, deve-se ter cuidado com os teores de fósforo que entram no reservatório, pois sendo ele um nutriente limitante ao crescimento biológico, pode provocar excesso de algas no açude Mundaú e, conseqüentemente, provocar sua eutrofização. Uma avaliação sazonal é necessária para se poder avaliar a entrada de fósforo no açude.

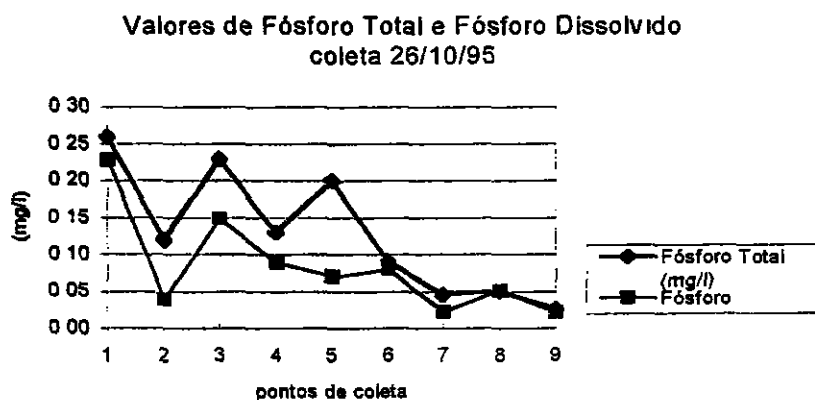


Figura III 13 - Fósforo Total e Fósforo Dissolvido ao longo do rio Mundaú

2.4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De maneira geral a água do rio Mundaú apresenta-se de boa qualidade, não implicando em maiores problemas para seu uso na agricultura ou abastecimento urbano. No entanto, alguns parâmetros como os teores de Amônia, coliforme fecal e total, devem ser analisados com maiores detalhes.

Para melhor conhecimento das condições de qualidade da água do rio Mundaú recomenda-se que sejam tomadas algumas providências como

- Avaliação sazonal da qualidade da água da bacia hidrográfica de forma a enquadrá-la nos padrões CONAMA/86 Para fins de irrigação esta avaliação deve ser feita com maior periodicidade,
- Determinação dos teores de Boro para avaliar a toxicidade deste ion na água usada para a irrigação,
- Realização de análise da presença de pesticidas na água, como resultado do emprego de agrotóxicos na agricultura
- Análise da presença de coliformes fecais e totais na água, para avaliar a sua potabilidade,
- Avaliação detalhada da qualidade da água do açude Mundaú,
- Levantamento mais detalhado dos aspectos sanitários da região e propriedades irrigadas da bacia hidrográfica

IV - ANÁLISE GEOAMBIENTAL E ZONEAMENTO

1. RECONHECIMENTO GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA: BREVE CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES DE RELÊVO

A geomorfologia da área da bacia hidrográfica do rio Mundaú depende da ação combinada de diversos fatores. Dentre esses se incluem as condições litostruturais, paleoclimáticas, eustáticas e a morfodinâmica atual.

De acordo com a compartimentação geomorfológica do Ceará (Souza, 1983 e 1988) a área integra parte do domínio dos depósitos sedimentares Cenozóicos e do domínio dos escudos e dos maciços antigos onde se incluem as depressões sertanejas e os planaltos residuais.

O primeiro domínio apresenta duas unidades geomorfológicas que são os "glacis" pré-litorâneos dissecados em tabuleiros e a planície litorânea que comporta uma maior variedade de feições de relevo.

Os "glacis" têm desenvolvimento nas exposições Plio-pleistocênicas da Formação Barreiras. Têm níveis altimétricos entre 25-40m, apresentando caimento topográfico suave em direção da orla litorânea. O aspecto da morfologia é o de uma rampa suavemente inclinada e com baixos declives, geralmente inferiores a 5%. A rede de drenagem, que tem o rio Mundaú como coletor principal, diseca a superfície de modo incipiente, justificando a formação dos tabuleiros pré-litorâneos. Estes interflúvios tabulares não chegam a apresentar um aspecto muito nítido em função do fraco entalhamento da drenagem. Isto justifica a pequena amplitude altimétrica entre os fundos de vales e o topo dos tabuleiros.

Os depósitos da Formação Barreiras, onde os tabuleiros são modelados, são sedimentos correlativos de origem continental, compondo uma superfície de agradação que antecede a planície litorânea em direção ao mar.

A planície litorânea é formada, basicamente, por sedimentos quaternários que repousam em discordância sobre a Formação Barreiras. As feições morfológicas que a integram são bastante diversificadas. Elas incluem as faixas de praias, os campos de dunas, as planícies flúvio-marinhas e as planícies lacustres.

A maioria das feições aludidas resulta de processos de acumulação que são condicionados pelas ações marinhas, eólicas, fluviais e/ou combinadas.

Nossa primeira etapa da pesquisa, onde se fez um reconhecimento preliminar, as feições foram identificadas mas não delimitadas e caracterizadas. Isso será cumprido na etapa subsequente de desenvolvimento do projeto.

A área de abrangência do domínio dos escudos e dos maciços antigos, compreendendo os planaltos residuais e as depressões sertanejas, tem maior expressão territorial.

A serra de Uruburetama, onde o rio Mundaú tem suas nascentes, apresenta-se como um planalto residual mediano e fortemente dissecado. Apresenta-se como um compartimento compacto com quase 1000km² de área e desenvolvido em rochas do complexo migmatítico-gnássico. As formas de dissecção incluem cristais e colinas com orientação NW-SE. Os vales, em posição transversal se superimpõem na superfície, expondo, eventualmente, planícies alveolares na medida em que o gradiente topográfico se suaviza. A rede de drenagem tem padrões dendríticos e subdendríticos. Quando o controle estrutural se faz notar, a drenagem tem modelo dendritico-retangular. Nas encostas que limitam a área serrana é comum a ocorrência de passagens de sedimentação que tem os mesmos níveis altimétricos das depressões sertanejas e isolam esporões e "inselbergs".

A serra é o mais importante dispersor de drenagem de porção centro-norte do estado do Ceará. O rio Mundaú tem seu curso superior situado a Nordeste da área serrana, no município de Uruburetama.

A depressão sertaneja, com níveis altimétricos inferiores a 200m, estende-se para norte a partir dos contrafortes terminais da serra de Uruburetama

Apresenta lipotipos muito variados, que são truncados, indistintamente, por uma superfície pediplanada condicionada por morfogênese mecânica típica de ambientes climaticamente secos/semi-áridos. Prevaecem topografias planas ou suavemente onduladas. Eventualmente os interflúvios têm feições colinosas, tabuliformes ou em lombas alongadas.

Esta unidade têm, em superfície, uma grande variedade de solos que são indistintamente recobertos por caatingas que ostentam também variados padrões fisionômicos e florísticos.

As questões referentes à morfodinâmica atual e estabilidade de ambiente serão oportunamente enfocados em função do aprofundamento das expedições de campo e da interpretação das imagens de sensoriamento remoto.

2. LEVANTAMENTO DE RECONHECIMENTO DE MÉDIA INTENSIDADE E APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS

O presente estudo objetiva conhecer as propriedades físicas, químicas e morfológicas dos solos na área de influência da bacia do rio Mundaú.

Atendendo ao cronograma proposto e aos preceitos metodológicos procederam-se as seguintes etapas.

- levantamento e coleta de todo o acervo bibliográfico necessários ao desenvolvimento dos estudos propostos,
- aquisição de fotografias aéreas e imagens orbitais, para formação do mosaico fotográfico. Esta fase falta ser completada com cerca de treze fotos, ainda não adquiridas, que cobrem faixa próxima ao litoral,
- efetivada a compra de equipamentos e implementos indispensáveis a execução do projeto, bem como, material de expediente, cartográfico e de campo,

- concluída esta primeira fase, a equipe de pedologia reuniu-se, discutiu, esquematizou e traçou sua estratégia de ação com intuito de melhor desenvolver o trabalho,

Deu-se, então, início à fotointerpretação das aerofotos na escala de 1:32.500, aproximadamente, com auxílio de estereoscópio de espelho, gerando uma primeira base cartográfica (overlay), em seguida foi transferida para o Sistema de Informações Geográficas (SGI), através de um computador PC-486 e de uma mesa digitalizadora, gerando um mapa em escala de 1:50.000 que servirá de apoio para a execução dos trabalhos de campo.

Procedeu-se as viagens a campo nas quais fez-se um reconhecimento geral da área, através de caminhamento, onde procurou-se registrar as características morfológicas, através de exames de mini-trincheiras, corte de estradas, barrancos de erosão e sondagens com trado, quando possível, até uma profundidade de dois metros. Foram anotados, também, dados referentes aos diversos fatores que compõem o meio ambiente, tais como relevo, vegetação, material originário, litologia, clima, drenagem, erosão, altitude, declividade e uso agropastoril, procurando verificar a correspondência entre estes e os solos. Concomitantemente, coletou-se amostras de solos de horizontes e camadas para análises em laboratório com a finalidade de melhor identificar os caracteres de horizontes e diagnósticos para posterior estabelecimento da subdivisão das classes de solos e fases empregadas.

Feitas estas verificações em campo passou-se a efetuar a reinterpretação das fotografias aéreas visando a delimitação das unidades cartográficas e definição, em uma primeira aproximação, dos seguintes grupos de solos:

- LATOSSOLOS
- PODZÓLICOS
- PLANOSSOLOS
- SOLOS ALUVIAIS
- SOLOS LITÓLICOS

Esta etapa do trabalho permitiu um grande avanço nos estudos propostos adiantando em muito o cronograma. No entanto, deve-se salientar que para conclusão do mesmo, se faz necessário mais seis viagens a campo onde poderão ser realizadas a caracterização e delimitação das unidades de mapeamento, coleta de amostras superficiais e subsuperficiais para análises de laboratório, descrição e coleta de perfis, coleta de amostras de rochas para correlação com o material originário, observações dos aspectos relativos a relevo, vegetação e uso atual. Além disto, faz-se necessário ainda a elaboração da legenda definitiva com base nas observações de campo, elaboração do mapa pedológico em escala 1:100 000, organização e estudo dos perfis descritos e analisados, classificação dos solos, avaliação da aptidão agrícola, confecção de relatório final e discussão dos resultados. Estas atividades serão empreendidas ao longo do ano de 1996.

3. COBERTURA VEGETAL E USO ATUAL DO SOLO

A primeira viagem de campo realizada com o objetivo principal de propiciar o reconhecimento da área em estudo, possibilitou a identificação dos padrões vegetacionais e a diversificação florística da bacia do Mundaú.

A observação "in loco" permitiu chegar-se aos seguintes resultados: a vegetação é constituída preponderantemente por plantas xerófilas das caatingas (Sabiá, Marmeleiro, Mofumbo, Jurema Preta, Mororó, Jurema-branca, catingueiras, burra leiteira, entre outras).

Nas várzeas, entretanto, divisaram-se ingás, oiticica, e carnaubas, enquanto no interflúvio encontram-se angico, xique-xique, mandacarú, viuva-alegre e pau-brando.

Na localidade de Cemoaba há indicativo de manchas de cerrado, com ocorrência de paraíba, murici, pau-terra e alguns cipós de bignoniaceae, tudo fazendo crer que, a partir daí se dá início às manchas de cerrado encontradas no tabuleiros, talvez ligada a determinadas feições de terrenos da série barreiras.

A mata ciliar (mata que margeia o rio) do rio Mundaú é constituída das seguintes plantas nativas pajeú, croatá, sabonete, ingá, tatajuba, e mutamba-barba. Nas várzeas do rio Mundaú à esta altura, observou-se a presença de babaçu, possivelmente transportada pelas águas a partir da população que ocorre sobre a serra de Uruburetama, de onde se originam os cursos d'água para esta área.

Nas áreas elevadas, de difícil acesso, resistem as matas, como no caso do "Serrote Monte" ou "Serrote Capitão" localizado no distrito de Mulungu, exemplo do pau-branco. Nas áreas situadas a níveis inferiores há uma vegetação secundária, indicativa de mata seca, atualmente bastante degradada, reconhecida apenas por alguns testemunhos, quais sejam mulungu, oiti, timbaúba, feijó. Nesta área já se observa o uso intensivo do solo com caju. O uso do solo nas proximidades do município de Uruburetama já se fez de modo extensivo com a cultura de banana, se estendendo até a localidade de Santa Luzia, que se encontra sobre a serra de Uruburetama a 500m de altitude. Observou-se que, nos pontos mais elevados há populações com babaçu, mas até esta resistente palmeira, que se fixa como invasora em seus densos povoamentos, esta sendo vencida pelas plantações de banana.

Entretanto observou-se que no outro lado da Serra de Uruburetama a oeste em relação a cidade do mesmo nome ainda há mata nativa. À altitude de 630m na localidade de Capirema encontra-se barrigudas, babaçu além de árvores que não se pode reconhecer ao longe, coroando os picos dos relevos ao lado da estrada. Nesta área onde se tem notícia da existência de altas matas, está ocorrendo corte indiscriminado destas, as quais estavam sendo transportadas por estradas vicinais abertas em áreas de forte declive. Nesta ocasião viu-se a presença por toda a serra de pau-d'arco amarelo em plena floração, onde ainda tem floresta.

Descendo-se a serra em direção ao município de Itapipoca vai desaparecendo a vegetação nativa e começam as grandes plantações de Cajueiro nas áreas dos tabuleiros. Nos tabuleiros pré-litorâneos situados nesta área, precisamente nas localidades de Preguiça e Trapiá existe vegetação formada pelas seguintes espécies: mulungu, pau-brando, mofumbo, marmeleiro, catinqueira, angico, imburana de cheiro, genipapo-brando, oiticica, burra-leiteira, tatajuba (pouca, mais na serra), João-mole, pau

d'arco roxo e amarelo, cocão, aroeira, juazeiro, pajéu, tiririca, angeuca, cataduva e timbaúba. Esta vegetação é denominada pelo povo local de "caatinga da praia".

Em toda a região dos tabuleiros pré-litorâneos, onde a vegetação natural foi retirada, foi dado lugar aos grandes plantios de caju. Entretanto à medida que se aproxima do litoral observa-se sobre as dunas as seguintes espécies vegetais: batipitá, ubaia, pau de ferro do litoral, pinhão amarelo, mutamba-preta.

4. METODOLOGIA A SER APLICADA NA ELABORAÇÃO DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

O zoneamento geoambiental será organizado de modo a subsidiar a ordenação do território segundo suas características potenciais e de limitações dos atributos naturais. Isso será feito através do agrupamento de áreas dotadas de condições específicas quanto às relações daqueles atributos, cujos conjuntos formam unidades espaciais homogêneas.

Parcelas significativas do vale do Mundaú apresentam sérios problemas de ocupação do território em função dos aspectos negativos gerados por essa ocupação. Os geossistemas, que representam as unidades de terra relativamente homogêneas e dependentes de um mesmo sistema de relação apresentam níveis variados de deterioração ambiental. Eles serão analisados e delimitados de acordo com critério geomorfológico que representa fator básico de integração por refletir as condições mais "estáveis" do ambiente.

O geossistema acentua o complexo geográfico e a dinâmica do conjunto geoambiental. Representa dados ecológicos oriundos, inicialmente, de combinações parciais de fatores morfo-estruturais e climato-hidrológicos. Das relações mútuas entre esses dados resulta o potencial geoecológico onde se estabelece uma topologia biótica do espaço integrando o solo, a cobertura vegetal e a fauna. De acordo com Bertrand (1969) o geossistema é um complexo dinâmico mesmo numa perspectiva têmpero-espacial muito breve, por exemplo histórica. Desse modo, o potencial geológico e a exploração biológica e a ocupação antrópica vão constituir dados instáveis com efetiva

variação no tempo e no espaço. Por essa dinâmica interna, o geossistema não apresenta, necessariamente, uma homogeneidade ficionômica. Na maior parte dos casos ele é formado por paisagens diferentes que, via de regra, representam os estágios de evolução do geossistema. As unidades paisagísticas fisionomicamente mais homogêneas constituem as unidades internas dos geossistemas e serão concebidas como geofácies.

O zoneamento terá como pressuposto básico a concepção global do ambiente. Sob esse prisma, a avaliação dos recursos, de suas condições potenciais e de suas limitações será feita com base no conjunto dos atributos dos componentes ambientais e não no valor isolado de cada um deles.

Cada geossistema/geofácies será analisado de acordo com suas condições ecodinâmicas, de sustentabilidade e de vulnerabilidade.

A classificação ecodinâmica dos geossistema/geofácies, será realizada conforme critérios de Tricart (1977), com adaptações às características locais do meio natural. Serão consideradas as seguintes categorias e ambientes.

- (1) Ambientes Estáveis
- (2) Ambientes de Transição (Integrados)
- (3) Ambientes Instáveis
- (4) Ambientes Fortemente Instáveis

Cada categoria de ambiente será avaliada de conformidade com os seguintes características naturais dominantes:

(1) Ambientes Estáveis - Possuem estabilidade morfogenética antiga, solos espessos e bem evoluídos, franca predominância da pedogênese em relação aos processos morfogenéticos e a cobertura vegetal tende a condições climáticas

(2) Ambientes de Transição - Há ação simultânea dos processos morfogenéticos e dos processos pedogenéticos; a incidência dos processos erosivos areolares é moderada, predominância da pedogênese evidencia tendência à estabilidade; predominância da morfogênese demonstra tendência à instabilidade.

(3) Ambientes Instáveis - Há intensificação dos processos morfogenéticos, os relevos são fortemente dissecados e as vertentes têm classe de declives superiores a 20%, as condições climáticas imprimem aceleração aos processos de erosão e é baixa a capacidade protetora da vegetação sobre os solos, há nítida preponderância da morfogênese sobre a pedogênese

(4) Ambientes Fortemente Instáveis - A ação da pedogênese é praticamente nula, há ausência ou extrema rarefação da cobertura vegetal e uma incidência generalizada dos processos erosivos

Com a finalidade de melhor enquadrar os geossistemas em função das condições de ocupação antrópica, serão estabelecidos os graus de artificialização da paisagem, de acordo com critérios do C E P E. do Montpelier (Apud SEMA, 1988) adaptados à realidade local

USO	GRAU DE ARTIF	OCUPAÇÃO	EXEMPLO
Vegetação Natural	0	Vegetação/original "virgem" ou meios sub-abióticos em estado natural	Caatinga arbórea densa preservada; afloramentos rochosos desprovidos de cobertura vegetal aparente.
	1	Vegetação original medianamente alterada ou em franca recuperação.	Mata ciliar de carnaúbaus onde houve relativo extrativismo
	2	Vegetação original sob manejo intensivo e/ou vegetação natural degradada.	Caatinga sob pastoreio extensivo

Silvicultura	3	Vegetação natural sob manejo intensivo visando a recomposição da vegetação natural original ou a produção comercial	Caatinga em processo de repouso duradouro floresta de eucaliptos
	4	Atividades agrícolas semi-intensivas	Pastagem/culturas de ciclo longo/agricultura nômade.
	5	Atividades agrícolas intensivas e muito intensivas	Culturas anuais; hortifrutigranjeiros, pomares irrigados
Mineração	6	Atividades de exploração dos recursos naturais não renováveis	Pedras ornamentais, extração de areias e argilas
Urbano/Rural	7	Atividades relacionados com lazer fruticultura e atividades urbanas pouco intensas	Chácaras de lazer; jardins
Urbano	8	Áreas praticamente sem vegetação, muito artificializadas e com atividades urbanas muito nítidas	Meio urbano

A análise da sustentabilidade atual e futura, partirá de uma concepção aeminentemente dinâmica, considerando as necessidades das gerações atuais sem

comprometimento da capacidade produtiva dos recursos naturais para as futuras gerações

A sustentabilidade das unidades geoambientais sob o ponto de vista do meio ambiente e dos recursos naturais será considerada de acordo com os seguintes critérios (a) potencial geoambiental e limitações de uso dos recursos naturais disponíveis, (b) condições ecodinâmicas e vulnerabilidade ambiental (c) indicadores quanto ao uso compatível do solo de cada geossistema / geofácias

As categorias de sustentabilidade a considerar são as que se seguem

(I) SUSTENTABILIDADE MUITO BAIXA - Áreas em que a capacidade produtiva dos recursos naturais é mínima e onde os efeitos da degradação ambiental adquirem características praticamente irreversíveis, em função da devastação da cobertura vegetal, da ablação dos solos e dos índices negativos elevados do balanço hídrico

(II) SUSTENTABILIDADE BAIXA - Áreas com sérios problemas quanto à capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis incluindo-se pequeno potencial dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, irregularidade acentuada das condições climáticas, especialmente do regime pluviométrico semi-árido, balanço hídrico deficitário durante quase todo o ano, solos rasos, fortemente erodidos com freqüentes afloramentos rochosos e com baixa fertilidade natural.

(III) SUSTENTABILIDADE MODERADA - Áreas com razoável capacidade produtiva dos recursos naturais, em que se incluem condições satisfatórias quanto ao potencial hídrico, considerando o escoamento fluvial, os reservatórios com razoável a boa condições climáticas sub-úmidas a semi-áridas moderadas e com chuvas regularmente distribuídas; solos moderadamente profundos com média a alta fertilidade natural e em bom estado de conservação primária ou daquela cobertura derivada de sucessão ecológica com dinâmica progressiva

(IV) SUSTENTABILIDADE ALTA - Áreas dotadas de boa capacidade produtiva dos recursos naturais e com limitações que podem ser mitigadas com aplicações de tecnologias simples, incluindo-se condições climáticas úmidas e sub-úmidas, com chuvas bem distribuídas, solos moderadamente profundos com fertilidade natural média a alta, solos pouco susceptíveis à erosão em função do estado de conservação da vegetação

A vulnerabilidade às secas será avaliada de acordo com o potencial atual dos recursos naturais, segundo suas principais limitações e conforme seu estado de conservação

As categorias de vulnerabilidade são as que se seguem

(A) VULNERABILIDADE BAIXA - Áreas que apresentam características de sustentabilidade alta

(B) VULNERABILIDADE ALTA - Áreas cujas condições de sustentabilidade se enquadram nas categorias de sustentabilidade baixa e muito baixa

4.1. SISTEMÁTICA OPERACIONAL

Os trabalhos serão executados com base na utilização de produtos do sensoriamento remoto, especialmente imagens de satélite que serão visualmente interpretadas e, subsequentemente geo processadas.

A sequência de operações prevê a interpretação preliminar das imagens; a execução de trabalhos de campo com a finalidade de conferir os resultados das interpretações preliminares; a integração multidisciplinar que através das abordagens setoriais conduzirão à síntese com a consequente delimitação dos geossistemas/geofácies

4.2 ANÁLISE VISUAL

A interpretação visual será feita das imagens TM-LANDSAT-5 com papel, composição colorida, bandas 3,4 e 5, escala 1 50 000 e fotografias aéreas pancromáticas em escala 1 32 500

Serão feitos os seguintes "overlays" temáticos:

- vegetação e uso atual dos solos
- geologia
- solos
- geomorfológica

4.3. GEOPROCESSAMENTO

Os produtos gerados na fase de análise visual deverão ser convertidos par formato digital através da digitalização de "overlays" e dispostos em diferentes Planos de Informações em um sistema de informações geográficas, o SGI, sistema desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. Os temas extraídos das imagens orbitais referem-se ao uso atual da terra e cobertura vegetal

Além dos produtos gerados pela interpretação visual de imagens orbitais, deverá ser inserido no sistema um mapa de solos gerado a partir de fotografias aéreas e levantamento de campo, mapa de geologia, altimetria, base cartográfica, já digitalizada, contendo informações de drenagem, rodovias, limites administrativos e áreas urbanas

O projeto deverá ser criado na escala 1 100 000, na projeção UTM, e deverá integrar as informações contidas nos Planos de Informações, através de operações de análise geográfica disponíveis no sistema utilizado

A partir da integração dos dados, através de operações lógicas, deverão ser geradas novas informações relativas aos geossistemas, que por sua vez serão utilizadas

juntamente com os dados disponíveis para delimitar os ambientes com relação a sua estabilidade, vulnerabilidade e sustentabilidade

Nesta fase, serão gerados produtos cartográficos relativos aos temas de interesse, em papel e digital, bem como tabelas e relatórios

VI - BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, J M de, FERNANDES, A & FIGUEREDO, M A 1993 Nota prévia espécies de Bignoniaceae juro O corrente na vegetação de caatinga, no Estado do Ceará XVII Reunião Nordestina de Botânica Teresina PI Setembro
- ANDRADE, J M de, FERNANDES, A & FIGUEREDO, M A 1994 Listagem das plantas de caatingas- Estado do Ceará. XLV Congresso Nacional de Botânica São Leopoldo -RS.
- AYRES, R.S. & WESTCOT, D W A qualidade da água na agricultura Trad. GHEYI, H R ; MEDEIROS, J F , DAMASCENO, F A.V. Campina Grande, UFPB, 1991 218p (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1)
- BEROUTCHACHVILI, N C BERTRAND, G. Le grosystème ou système territorial naturel. Rev Geographie Pyrénées et Sud-Ouest, v 49 m.2, p 167-180, 1978.
- BERTRAND. G. Paisagem e geografia física global esboço metodológico. Caderno de Ciências da Terra. São Paulo, v 13, p 1-121, 1969
- BRASIL. SUDENE/EMBRAPA. Levantamento exploratório reconhecimento de solos do estado do Ceará Recife, 1973 (Boletim Técnico 28, série pedologia, 16)
- BRASIL. PROJETO RADAMBRASIL Levantamento de recursos naturais Folha SA 24 Fortaleza. Rio de Janeiro, 1981
- EMBRAPA. Crítérios para distinção de classes de solos e de fases de unidade de mapeamento. Normas para uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1988. 67 p
- EMBRAPA.CPATSA. Zoneamento agro-ecológico do Nordeste Uma proposta para o planejamento integrado do espaço rural Brasília,CPATSA/NLCS, 1991 (inédito)
- FELIX, L.P.; BARROS, I C L , PAULA. E.L e FIGUEREDO,M A. 1993 A flora pteridofítica da Serra de Maranguape-Ce./listagem preliminar XLIV Congresso Nacional de Botânica- São Luis-MA. Janeiro
- FIGUEREDO, M.A. 1988. As serras úmidas no Ceará e a produção alimentar para o semi-árido cearense Coleção Mossoroense Série B, nº 532, p 4-15 Mossoró- RN
- FIGUEREDO, M.A. 1989 Nordeste do Brasil- relíquias vegetacionais no semi- árido cearense (cerrados). Coleção Mossoroense. Mossoró- RN Série B - nº 646, 3-13, julho
- FIGUEREDO, M A et al 1992 Expedição Botânica ao semi-árido do Rio Grande do Norte. XLIII Congresso Nacional de Botânica Aracajú-SE. Janeiro
- FIGUEREDO, M.A & BARBOSA, M.A. 1990. A vegetação e a flora na Serra de Baturité - Ce Coleção Mossoroense Série B, nº 747, maio, 13p.
- FIGUEREDO, M A & RABELO, R. do Cássia. 1990 A vegetação da invernoada no litoral cearense. Coleção Mossoroense Série B, nº 748, maio, 08p.

- FIGUEREDO-GOMES, M A et al 1976 Vegetação In avaliação do potencial dos recursos naturais em áreas do litoral cearense DRN/SUDENE/SEPLAN/ Governo do Estado do Ceará p.99- 121
- FIGUEREDO-GOMES, M A 1978 O maciço de Baturité, uma abordagem ecológica. 3º Encontro Nacional de Geógrafos Fortaleza-Ce 19-27 de julho.
- FUNCEME. Redimensionamento da região semi-árida do Nordeste do Brasil Fortaleza, 1993.
- IPLANCE. Informações básicas municipais, Trairi Fortaleza, 1993 20 p.
- IPLANCE Atlas do Ceará 2 ed Fortaleza, 1986
- IPLANCE. Anuário Estatístico do Estado do Ceará, 1994
- LEITE, D.J.M, MEDEIROS, J.B L. de P. & FIGUEREDO, M.A Úmidas e Sertões Cearense. XVII Reunião Nordestina de Botânica. Teresina-PI.
- LEPSCH, I.F. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso Campinas, SBCS, 1983 175p.
- OLIVEIRA, J G B. et al Zonamento geoambiental da área do Sertão Central do Ceará. Relatório Técnico UFC/CNPq/PDCT, Fortaleza, 1987
- OLIVEIRA, M.R.L., FIGUEREDO, M.A., ARAÚJO, F S & FERNANDES, A. Floresta Úmida Serra de Baturité-CE. XLV Congresso Nacional de Botânica . São Leopoldo-RS
- PIZARRO, F. Drenage agrícola y recuperacion de suelos salinos. Madri, Editorial Española S A., 2ª ed , 1984 542p
- REGIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10, Rio de Janeiro, 1979 Súmula Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS, 1979 83p (SNLCS Série miscelânea, 1)
- RICHARDS, L.A. Diagnóstico e rehabilitación de suelos salinos y sódicos. México, editorial Limusa, 6ª ed , 1974 172p
- ROSS, J.L.S Geomorfologia ambiente e planejamento. 2ª ed São Paulo, ed. contexto, 1991
- SAMPAIO, EVERARDO, V S., ANDRADE-LIMA,. Dárdamo & FIGUEREDO-GOMES, M A 1981. O gradiente vegetacional das caatingas e áreas anexas Revista Brasileira de Botânica São Paulo, 4(1) 27-30
- SBCS. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2ª ed. Campinas, SBCS/EMBRAPA- SNLCS, 1984, 46p
- SEARA. Zonamento agrícola do Estado do Ceará. Fortaleza, 1983.

SEPLAN, Projeto Áridas Ceará 2020 Recursos naturais e meio ambiente v 2, Fortaleza, 1994

SIC Cadastro Industrial do Estado do Ceará, 1992

SILVA, E V Dinâmica da paisagem Estudo integrado de ecossistemas litorâneos em Huelva (Espanha) e Ceará -Brasil Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas UNESP, 1992

SILVA, M A da & FIGUEREDO, M A 1992 Check-list das plantas de caatinga do herbário Prisco Bezerra - UFC XLIII Congresso Nacional de Botânica Aracaju-SE. Janeiro

SNLCS. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979

_____ Modelo de aproveitamento y preservation de los mongleares de marisco y Barro Preto- Aquiraz- Ceará-Brasil Zaragoza (Espanha), Instituto Agronômico Mediterrâneo de Zaragoza, 1988

SOTCHAVA, V H O estudo dos geossistemas métodos em questões. São Paulo, IGEOG USP 1976

SOUZA, M J N Contribuição ao estudo das unidades morfo-estruturais do estado do Ceará. Rev de geologia , nº 1, p. 73, Fortaleza, 1988

_____ O Estado do Ceará: geomorfologia, ambiente e problemas conservacionistas (Tese para concurso de Professor Titular), Fortaleza, MNE-UFC, 1983

SUDECF Atlas do Ceará. 2ª edição Fortaleza, 1986

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro FIBGE/SUPREN, 1977

VII- EQUIPE TÉCNICA

TÉCNICOS	FORMAÇÃO
Adriana de Araújo Tajra	Especialista em Geologia Econômica
Ana Lúcia Góes d'Assumpção	Mestre em Agronomia
Ana Maria Lebre Soares	Especialista em Gerenc Costeiro e Sens Remoto
Antônio Ribeiro Zaranza	Geógrafo
Bolivar Antunes Matos	Mestre em Hidrologia
Brandina de Amorim	Especialista em Recursos Hídricos e San Ambiental
Caio Silvio Braz Peixoto	Especialista em Engenharia Ambiental
Carlos Eduardo Sobreira Leite	Especialista em Hidrogeologia
Eduardo Sávio Passos R. Martins	Mestre em Recursos Hídricos e San Ambiental
Eisenhower Carvalho Braga Gomes	Mestre em Agronomia
Elber Leite Braga	Agrônomo
Fernando Antônio Carneiro Fertosa	Mestre em Hidrogeologia, PhD em andamento
Fernando César Moura de Andrade	Mestre em Geofísica
Francisco de Assis Bezerra Leite	Agrônomo
Francisco Roberto Bezerra Leite	Especialista em Engenharia Agrícola
Gilberto Möbus	Mestre em Recursos Hídricos e San Ambiental
Gleuba Maria Borges de S. Carvalho	Especialista em Sens Remoto e Geoprocessamento
Goki Tsuzuky	Dr Hidráulica - MCT
José Nilton Marques	Especialista em Levantamento e Conserv de Solos
Luciana Cesar Torres	Mestranda em Recursos Hídricos e San Ambiental
Luciano Alvaro Maia Gomes	Mestre em Solos
Luis Carlos Brusa	Mestre em Recursos Hídricos e San Ambiental
Manoel Messias Saraiva Barreto	Agrônomo
Manuel Rodrigues Freitas Filho	Especialista em Sens Remoto e Geoprocessamento
Marcos José Nogueira de Sousa	Doutor em Geografia Física
Marcos Leandro Kazmierczak	Mestre em Sensoriamento Remoto
Maria Aldemisa Gadêlha de Almeida	Especialista em Sens Remoto e Geoprocessamento
Maria Angélica Figueiredo	Mestre em Botânica
Maria Aparecida Bezerra Sampaio	Especialista em Economia Rural e Sens Remoto
Maria Isabel Sobral Escada	Mestre em Sensoriamento Remoto
Maria Lúcia Ramalho Martins	Especialista em Planej Regional do Desenvolvimento
Nelson Paiva Raulino de Souza	Mestre em Geofísica
Osvan Menezes de Queiroz	Mestre em Hidráulica
Paulo Márcio Souza Vieira	Mestre em Engenharia Ambiental
Porfírio Sales Neto	Especialista em Geologia Exploratória
Raimunda Neuma Segundo da Costa	Agrônoma
Renato Carrá Lertão	Mestre em Hidráulica e Saneamento
Rinaldo Moreira Marques	Mestrando em Geofísica
Rogério Campos	Mestre em Hidráulica
Valdenor Nilo de Carvalho Jr	Mestre em Recursos Hídricos
Waldir Duarte Costa Filho	Mestrando em Hidrogeologia
Walter Pereira Vianna Jr	Mestrando em Recursos Hídricos e San Ambiental
Zilnice Maria Lebre Soares	Especialista em Planejamento e Administração de Recursos Naturais e Sensoriamento Remoto