



## **Folha de Dados**

**IDGED:**

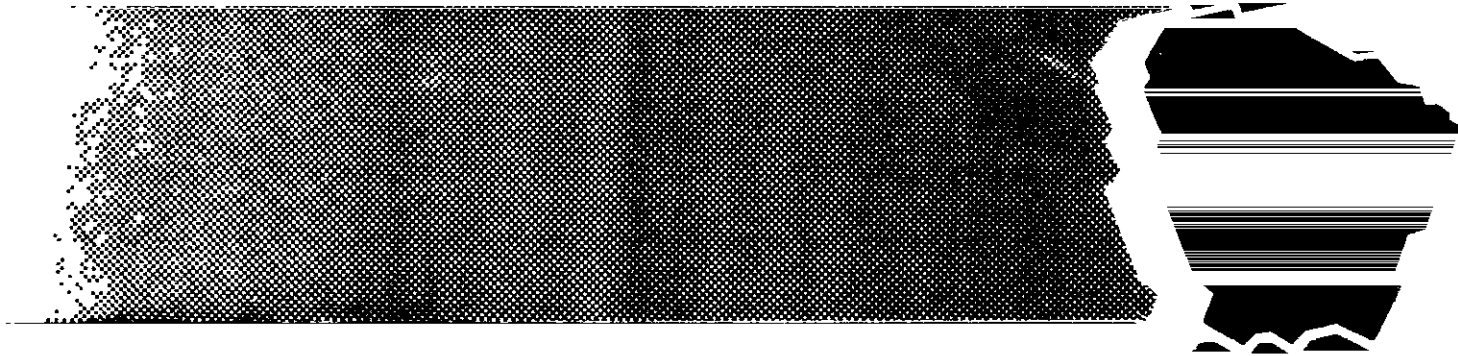
0002810003

**TÍTULO:**

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

**SUBTÍTULO:**

ESTUDOS DE BASE II



# PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

Lote 02749 - ~~Fisco~~ Scan 1 1 Index 1  
Projeto Nº 0285/02/02  
Volume \_\_\_\_\_  
Qtd A4 \_\_\_\_\_ Qtd A5 \_\_\_\_\_  
Qtd A2 \_\_\_\_\_ Qtd A1 \_\_\_\_\_  
Qtd A0 \_\_\_\_\_ Outros \_\_\_\_\_



**GOVERNO DO ESTADO**



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
Governador CIRO FERREIRA GOMES

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS  
Secretário HYPÉRIDES PEREIRA DE MACEDO

ENTIDADES VINCULADAS

SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS HIDRÁULICAS - SOHIDRA  
Superintendente NEY FONSECA BARROSO

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA - FUNCEME  
Presidente FRANCISCO LOPES VIANA

# PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS



## ESTUDOS DE BASE I I





# EQUIPE DE ELABORAÇÃO

## **VBA CONSULTORES – ENGENHARIA DE SISTEMAS HÍDRICOS LTDA.**

*Eng<sup>o</sup> Ednardo Fernandes Cardoso*  
MS em Recursos Hídricos

*Eng<sup>o</sup> Francisco Jácome Sarmiento*  
MS em Recursos Hídricos

*Eng<sup>o</sup> Pedro Antônio Molinas*  
MS em Recursos Hídricos

*Geól. Mário Fracolassi Junior*  
Especialista em Hidrogeologia

*Eng<sup>a</sup> Francineire Sombra Bastão*  
Especialista em Hidrologia

## **SIRAC – SERVIÇOS INTEGRADOS DE ASSESSORIA E CONSULTORIA LTDA**

*Eng<sup>o</sup> Sila Xavier Gouveia*  
Especialista em Recursos Hídricos

*Eng<sup>o</sup> Adonar de Sousa Porto*  
Especialista em Recursos Hídricos

*Eng<sup>o</sup> João Fernandes Vieira Neto*  
MS em Recursos Hídricos

*Geól. Itabaraci Nazareno Cavalcante*  
MS em Hidrogeologia

*Eng<sup>o</sup> Francisco de Assis Aurélio Soares*  
Especialista em Informática

## **AGUASOLOS – CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA**

*Eng<sup>o</sup> Hypêndes Pereira de Macedo*  
MS em Hidráulica

*Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Antonio Bezerra Peixoto*  
MS em Economia Rural

*Eng<sup>o</sup> José Nilson Beserra Campos*  
PhD em Recursos Hídricos

*Adv. Cid Tomanik Pompeu*  
Prof. Titular da USP

*Adv. José Adriano Pinto*  
Prof. Adjunto da UFC

*Eng<sup>a</sup> Lívia Cristina Holmo Villela Oliva*  
MS em Saúde Pública

## **ASSESSORIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

*Prof. Vicente de Paula B. Vieira*  
PhD em Recursos Hídricos – Coordenador

*Prof. Walter Ferreira Martins*  
PhD em Recursos Hídricos

*Prof. Luís Bianchi*  
MS em Hidrogeologia

## **ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO**

*Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Antônio Martins da Costa*  
MS em Irrigação e Drenagem – Coordenador

*Eng<sup>a</sup> Nise Sanford Fraga*  
MS em Recursos Hídricos

*Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Clóvis Eduardo de Alencar Matos Neto*  
Especialista em Recursos Hídricos

*Eng<sup>o</sup> Jackson Sávio de Vasconcelos Silva*  
Especialista em Processamento de Dados

*Geól. Maria Amélia Souza Menezes*  
Especialista em Hidrogeologia

*Geól. Goretti de Fátima Ximenes Nogueira*  
Especialista em Hidrogeologia

*Eng<sup>o</sup> Júlio César Machado*  
Especialista em Recursos Hídricos

*Geól. Maria Alice Guedes Marques*  
Especialista em Hidrogeologia

*Geól. Roberto Carneiro Leitão*  
Especialista em Planejamento e Administração de Recursos Naturais

*Adv. Valério Augusto Cella Menescal*  
Assessor Jurídico



000005



# **RECONHECIMENTO**

*A Equipe do Governo anterior,*

**TASSO RIBEIRO JEREISSATI**

*Governador do Estado*

**JOSÉ LIBERATO BARROSO FILHO**

*Secretário de Recursos Hídricos*

*e*

**ANTONIO MARTINS DA COSTA**

*Diretor do Departamento de Recursos Hídricos e Obras Hidráulicas,*

*pela decisão inovadora de elaborar o Plano Estadual dos Recursos Hídricos, com a visão de organizar as funções da água no território cearense, estabelecendo a unidade hidrográfica como princípio do planejamento hídrico e definindo uma nova síntese na hidrologia do semi-árido cearense*

*pelo compromisso com esta visão, ensejando que a atual Administração Estadual possa dar um passo decisivo, através da implantação do Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos, concebido para operacionalizar a política de oferta, uso e preservação da água como centro gerador de bem-estar social e riqueza produtiva.*

## **AGRADECIMENTOS**

*A Antonio Nunes de Miranda, pelo seu empenho e determinação na coordenação inicial e montagem do Grupo de Trabalho para elaboração do Projeto do Plano e acompanhamento de sua execução.*

*Valiosa colaboração foi prestada pelo Presidente da FUNCEME, Francisco Lopes Viana, e pelos Superintendentes da SOHIDRA, Ney Fonseca Barroso, e, posteriormente, Olga Valéria B Teixeira Pinheiro.*

*A proposta do aparato jurídico-institucional do Plano recebeu a significativa cooperação da autoridade nacional em legislação das águas, Cid Tomanik Pompeu, bem como do consultor jurídico Dimas Macedo*

*Referência especial cabe a Francisco Suetônio Bastos Mota e Antônio Praxedes, pela colaboração que deram aos estudos de impacto ambiental e engenharia sanitária, respectivamente.*

*Quanto às empresas AGUASOLOS – Consultora de Engenharia Ltda., SIRAC – Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda. e VBA Consultores – Engenharia de Sistemas Hídricos Ltda., contratadas para a elaboração do Plano, destaque-se a competência com que asseguraram o rigor e a qualidade dos trabalhos, através de suas equipes técnicas.*

*As instituições a seguir declinadas, que sempre responderam prontamente às solicitações de estatísticas e informações, sem as quais os estudos básicos do Plano não teriam a precisão e profundidade obtidas, o reconhecimento desta Secretaria. São elas Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Banco do Nordeste do Brasil S/A (BNB), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Estadual do Ceará (UECE), Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), Fundação de Serviço de Saúde Pública (FSESP), Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SDU), Secretaria da Agricultura e Reforma Agrária (SEARA), Secretaria do Trabalho e Ação Social (SAS), Secretaria do Planejamento e Coordenação (SEPLAN), Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), Superintendência de Desenvolvimento Urbano do Estado do Ceará (SEDURB), Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), Companhia Estadual de Desenvolvimento Agrário e de Pesca (CEDAP), Empresa de Assistência e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE), Fundação Comissão Estadual de Planejamento Agrícola (CEPA), Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE) e Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC).*



*Na revisão, computação gráfica e comunicação visual trabalharam com responsabilidade e dedicação os profissionais Ana Maria Vidal Menezes Lima, Antônio Bezerra Peixoto, Francisco Benício Albuquerque, Vera Lúcia Barreira Uchoa, José Júlio Martins Torres, Carlos Alberto Carolino da Cunha e Francisco Eulálio Santiago Costa, respectivamente*

*Enfim, a todos quantos, nos mais diversos níveis e áreas de atuação, mobilizaram energias para a realização do presente documento, a gratidão desta Secretaria.*

*[Handwritten signature]*  
**HYPERIDES PEREIRA DE MACEDO**  
Secretário dos Recursos Humanos

*"Infelizmente, é difícil vencermos no Brasil o vezo tradicional de preferir proteções indefinidas a soluções de conjunto, malbaratando assim, por dilatados anos, dinheiro e esforços, sem orientação segura, em trabalhos dispersivos e improficuos. E mais do que qualquer outro tem sido o grande problema das secas vítima dessa fatalidade nacional"*

*Aarão Reis, em agosto de 1913*

000009

# APRESENTAÇÃO

*A água é um dos elementos básicos à vida. Nas regiões semi-áridas da Terra os recursos hídricos são fundamentais, seja para o atendimento das demandas populacionais, seja como indutores da produção e da geração de emprego e renda, principalmente no campo. Constituído-se um bem público, deve merecer do Estado tratamento social, planejamento técnico, organização institucional e estrutura jurídica própria.*

*No Ceará, importantes mananciais hídricos intermitentes estão distribuídos em seu território. A irregularidade da sua pluviosidade e, sobretudo, a periodicidade das águas superficiais, em face da geologia do seu solo, impõem a necessidade de um programa de implementação de reservas permanentes para regularização do abastecimento de água por seus usuários atuais e pelas gerações futuras, nos níveis estratégico e regional. Para tanto, o Governador Tasso Jereissati decidiu elaborar um Plano Estadual dos Recursos Hídricos.*

*Refendo Plano contempla, essencialmente, os aspectos técnicos e os aspectos jurídico-institucionais dos recursos hídricos do Estado.*

*Relativo aos aspectos técnicos, o Plano apresenta o estudo em três fases, caracterizadas por: a) Diagnóstico da Situação Atual, contendo levantamentos e análises de dados e informações hídricas, bem como as metodologias que permitiram o dimensionamento dos recursos existentes; b) Estudos de Base que, dentre outros, abordam aqueles relacionados com secas e inundações, definem as demandas atuais e futuras e formulam um modelo de síntese hidrológica padrão que identifica as "zonas críticas" do Estado; c) Planejamento, que enfoca o balanço hídrico atual e planejado e concebe alternativas de infraestrutura hídrica adequada. Finalmente, todas as informações foram sintetizadas no ATLAS DOS RECURSOS HIDRICOS, apresentadas em nível de cada Município.*

*Os aspectos jurídico-institucionais, igualmente, foram estudados nas fases de Diagnóstico, Estudos de Base e Planejamento, cujos resultados serviram de base à concepção do Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado.*



**CIRO FERREIRA GOMES**  
Governador do Estado do Ceará

000010

# SUMÁRIO

## DIAGNÓSTICO

### PARTE I – ASPECTOS JURÍDICOS

#### 1. INTRODUÇÃO

#### 2. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA

- 2.1. Regime pluviométrico
- 2.2. Regime dos Rios
- 2.3. Ocorrência de Águas Superficiais
- 2.4. Ocorrência de Águas Subterrâneas
- 2.5. As Secas
- 2.6. As Cheias

#### 3. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

- 3.1. Os Primeiros Passos
- 3.2. A Política de Açudagem e Irrigação
  - 3.2.1. Considerações Iniciais
  - 3.2.2. Açudagem em Cooperação
  - 3.2.3. As Bacias Hidráulicas
  - 3.2.4. Postos Agrícolas
  - 3.2.5. Os Perímetros de Irrigação
  - 3.2.6. A Pesca Continental e outros Usos da Água

#### 4. A CONSTITUIÇÃO FEDERAL – RECURSOS HÍDRICOS

- 4.1. Dos Bens da União – Art. 20
- 4.2. Da Competência da União – Art. 21
- 4.3. Da Competência Privativa da União – Art. 22
- 4.4. Competências Comuns da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios – Art. 23
- 4.5. Dos Bens dos Estados – Art. 26

#### 5. O CÓDIGO DE ÁGUAS E A LEI NACIONAL DE IRRIGAÇÃO

- 5.1. Histórico
- 5.2. Classificação das Águas
- 5.3. As Águas Pluviais

#### 6. LEGISLAÇÃO SOBRE DERIVAÇÃO DE ÁGUAS PÚBLICAS

- 6.1. *Abordagem Segundo o Código de Águas*
  - 6.1.1. Formas de Outorga. Concessão, Autorização e Permissão
  - 6.1.2. A Transferência do Direito de Derrivação de Águas
  - 6.1.3. Os Prazos de Validade das Concessões, Autorizações e Permissões
- 6.2. *Abordagem Segundo a Lei de Irrigação*
  - 6.2.1. Formas de Outorgas: Concessão e Autorização
  - 6.2.2. A Transferência do Direito de Derrivação de Águas
  - 6.2.3. Os Prazos de Validade das Concessões e Autorizações
- 6.3. *A Outorga das Águas Estaduais*
  - 6.3.1. Da Competência do Estado
  - 6.3.2. A Legislação Básica do Estado do Ceará
  - 6.3.3. Formas de Outorga: Concessão, Autorização e Permissão
  - 6.3.4. Transferência do Direito de Derrivação de Águas
  - 6.3.5. Os Prazos de Validade das Concessões, Autorizações e Permissões

000011



## **7. NORMAS SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS**

- 7.1. A Portaria/GM/nº 0013 do MINTER
- 7.2. A Resolução CONAMA nº 20
- 7.3. As Leis Estaduais nº 10.147 e nº 10.148

## **8. PROBLEMAS ESPECIAIS NA LEGISLAÇÃO DE ÁGUAS**

- 8.1. A Outorga de Águas Públicas – CONFLITOS
- 8.2. A Questão do Abastecimento Público a partir de Reservatórios da União
- 8.3. Os Conceitos de Águas Permanentes e Eventuais
- 8.4. A Questão dos Aqüíferos Aluvionais
- 8.5. A Construção de Barragens pela União em Rios Estaduais
- 8.6. O Espaço para a Ação do Estado

## **PARTE II – ASPECTOS INSTITUCIONAIS**

### **1. INTRODUÇÃO**

### **2. METODOLOGIA**

- 2.1. Preliminares
- 2.2. Instituições a serem Pesquisadas
- 2.3. Funções – Caracterização
- 2.4. Documentos – Conteúdo

### **3. SISTEMA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – SERH**

- 3.1. Antecedentes
- 3.2. Malha Institucional
- 3.3. Análise

### **4. CONCLUSÕES**

### **5. APÊNDICE – QUADROS E MATRIZES**

## **PARTE III – ANÁLISE DAS PRINCIPAIS FUNÇÕES DE USO E PRESERVAÇÃO**

### **A. IRRIGAÇÃO**

#### **1. INTRODUÇÃO**

#### **2. AÇÕES DESENVOLVIDAS**

- 2.1. Ações a Nível Federal
- 2.2. Ações a Nível Estadual
- 2.3. Ações a Nível Comunitário

#### **3. INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS – 1988**

- 3.1. A Nível Federal
- 3.2. A Nível Estadual

#### **4. MODELOS INSTITUCIONAIS EXISTENTES**

- 4.1. *Modelo a Nível Federal*
  - 4.1.1. *Antecedentes*
  - 4.1.2. *Modelo Federal*
- 4.2. *Modelo a Nível Estadual*
  - 4.2.1. *Antecedentes*
  - 4.2.2. *Modelo Estadual*
  - 4.2.3. *Comentário Final*

### **B. PRESERVAÇÃO**

000012





## 1. INTRODUÇÃO

## 2. AÇÕES DESENVOLVIDAS

- 2.1. Ações a Nível Federal
- 2.2. Ações a Nível Estadual
- 2.3. Participação da População

## 3. MODELOS INSTITUCIONAIS EXISTENTES

- 3.1. Na Área Federal
- 3.2. Na Área Estadual

## C. SERVIÇOS BÁSICOS DE ÁGUA E ESGOTO

### 1. INTRODUÇÃO

### 2. ABASTECIMENTO URBANO

- 2.1. Abastecimento Público de Água de Fortaleza – Antecedentes
- 2.2. Sistema de Abastecimento de Água Atual
- 2.3. Os Serviços de Abastecimento de Água
- 2.4. Tarifas Públicas de Água
- 2.5. Ação do BNH na Política de Saneamento

### 3. ABASTECIMENTO RURAL

### 4. ABASTECIMENTO INDUSTRIAL

### 5. ASSIMILAÇÃO DE ESGOTOS/ESGOTAMENTO SANITÁRIO

### 6. INSTITUIÇÕES RESPONSÁVEIS PELO SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO

## PARTE IV – BACIA DO JAGUARIBE

### SÍNTESE DO DIAGNÓSTICO

#### 1. INTRODUÇÃO

#### 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

- 2.1. Clima
  - 2.1.1. Circulação Atmosférica
  - 2.1.2. Aspectos Pluviométricos
  - 2.1.3. Aspectos Térmicos
  - 2.1.4. Regime Xerotérmico
  - 2.1.5. Classificação Climática
- 2.2. Geologia
- 2.3. Solos
- 2.4. Vegetação
- 2.5. Relevo
- 2.6. Hidrografia
  - 2.6.1. Bacia do Alto Jaguaribe
  - 2.6.2. Bacia do Médio Jaguaribe
  - 2.6.3. Bacia do Baixo Jaguaribe
  - 2.6.4. Bacia do Salgado
  - 2.6.5. Bacia do Banabuiú
- 2.7. Aspectos Sócio-Econômicos
  - 2.7.1. A População
  - 2.7.2. Contribuição da Bacia do Rio Jaguaribe para a Formação do Produto Interno Bruto Estadual
  - 2.7.3. Importância das Atividades Agropecuárias na Economia da Bacia do Rio Jaguaribe

### 3. ESTUDOS EXISTENTES

- 3.1 Estudos Hidrológicos
  - 3.1.1. Estudos de Aproveitamento Integrado
  - 3.1.2. Estudos Específicos
- 3.2 Principais Estudos Hidrogeológicos
  - 3.2.1. Estudos de Âmbito Geral
  - 3.2.2. Estudos Localizados e Específicos
- 3.3. Principais Informações sobre o Nível de Açudagem
- 3.4. Principais Informações Fotocartográficas

### 4. DADOS PLUVIOMÉTRICOS

- 4.1. Dados Coletados
- 4.2. O Método do Vetor Regional
  - 4.2.1. Forma dos Gráficos Duplo-acumulativos
- 4.3. Critérios Utilizados na Correção de Desvios e no Preenchimento de Falhas
  - 4.3.1. Desvios Isolados
  - 4.3.2. Desvios Sistemáticos
  - 4.3.3. Preenchimento de Falhas
  - 4.3.4. Verificação da Qualidade dos Dados Resultantes
  - 4.3.5. Compatibilização dos Valores Diários
- 4.4. Aplicação da Metodologia
  - 4.4.1. Divisão dos Postos em Grupos Regionais
  - 4.4.2. Exemplos de Casos
- 4.5. Análise dos Resultados Obtidos
- 4.6. Conclusão

### 5. DADOS FLUVIOMÉTRICOS

- 5.1. Dados Coletados
- 5.2. Curvas de Descargas
  - 5.2.1. Rio Jaguarbe em Arneiroz
  - 5.2.2. Riacho da Conceição em Malhada
  - 5.2.3. Rio Canús em São Conceição
  - 5.2.4. Rio Bastões em São Poço Dantas
  - 5.2.5. Rio Canús em Carrús
  - 5.2.6. Rio Jaguarbe em Iguatu
  - 5.2.7. Riacho dos Porcos em São Otis
  - 5.2.8. Riacho dos Porcos em Podimirim
  - 5.2.9. Rio Salgado em Lavras da Mangabeira
  - 5.2.10. Rio Salgado em Icó
  - 5.2.11. Rio Jaguarbe em Jaguarbe
  - 5.2.12. Rio Jaguarbe em Peixe Gordo
  - 5.2.13. Rio Patu em Boqueirão do Patu
  - 5.2.14. Rio Banabuiú em Senador Pompeu
  - 5.2.15. Rio Quixeramobim em Quixeramobim
  - 5.2.16. Rio Sitá em Boqueirão de Pedras Brancas
  - 5.2.17. Rio Banabuiú em Morada Nova II
- 5.3. Análise da Consistência e da Homogeneidade dos Dados de Vazões
  - 5.3.1. Grupo Alto Jaguarbe
  - 5.3.2. Grupo Salgado
  - 5.3.3. Grupo Médio e Baixo Vale
  - 5.3.4. Grupo Banabuiú
  - 5.3.5. Balanço da Homogeneização
- 5.4. Recomendações quanto à Operação e à Instalação de Novos Postos
- 5.5. Conclusões e Recomendações

### 6. NÍVEL DE AÇUDAGEM

- 6.1. Metodologia para a Obtenção do Nível de Açudagem
  - 6.1.1. Classes de Risco
  - 6.1.2. Ordem dos Rios
  - 6.1.3. Ajuste das Relações Área x Volume
- 6.2. Resultados Obtidos
  - 6.2.1. Análise dos Resultados Obtidos

000014

## 7. INVENTÁRIO DE HIDROGEOLOGIA

- 7.1. Metodologia
- 7.2. Caracterização Geológica da Área de Estudo
  - 7.2.1. Rochas Cristalinas
  - 7.2.2. Rochas Sedimentares
- 7.3. Águas Subterrâneas na Bacia
  - 7.3.1. Aspectos Gerais
  - 7.3.2. Sistemas Aquíferos na Bacia do Jaguaribe
- 7.4. Avaliação dos Dados dos Poços Inventariados
  - 7.4.1. Número de Poços Existentes e Distribuição Espacial
  - 7.4.2. Aspectos Construtivos
  - 7.4.3. Nível de Confiabilidade das Informações

## PARTE V – BACIAS: COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL, CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA

### SÍNTESE DO DIAGNÓSTICO

#### 1. INTRODUÇÃO

#### 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

- 2.1. Preliminares
- 2.2. Descrição Fisiográfica
  - 2.2.1. A Bacia Coreaú
  - 2.2.2. A Bacia Acaraú
  - 2.2.3. A Bacia Litoral
  - 2.2.4. A Bacia Curu
  - 2.2.5. As Bacias Metropolitanas
  - 2.2.6. A Bacia Parnaíba
- 2.3. Caracterização Climática
- 2.4. O Meio Geológico
  - 2.4.1. Generalidades
  - 2.4.2. Geomorfologia e Geotectônica
  - 2.4.3. Caracterização Geológica dos Sistemas Aquíferos
- 2.5. Aspectos Sócio-Econômicos
  - 2.5.1. Demografia
  - 2.5.2. Atividades Econômicas

#### 3. ESTUDOS EXISTENTES

- 3.1. Preliminares
- 3.2. Estudos Hidrológicos
  - 3.2.1. Estudos de Âmbito Global
  - 3.2.2. Estudos da Bacia Coreaú
  - 3.2.3. Estudos da Bacia Acaraú
  - 3.2.4. Estudos da Bacia Litoral
  - 3.2.5. Estudos da Bacia Curu
  - 3.2.6. Estudos das Bacias Metropolitanas
  - 3.2.7. Estudos da Bacia Parnaíba
- 3.3. Principais Estudos Hidrogeológicos
  - 3.3.1. Estudos de Âmbito Geral
  - 3.3.2. Estudos Localizados
- 3.4. Principais Informações sobre o Nível de Açudagem
- 3.5. Principais Informações Fotocartográficas e Físicas

#### 4. PLUVIOMETRIA

- 4.1. Comentários Gerais sobre a Rede e sua Operação
- 4.2. Disponibilidade de Dados "In Natura"
- 4.3. Análise de Consistência
  - 4.3.1. Metodologia
  - 4.3.2. Agrupamento dos Postos
  - 4.3.3. Análise dos Resultados
  - 4.3.4. Balanço Final e Conclusões

## 5. OS DADOS FLUVIOMÉTRICOS

- 5.1. Considerações Básicas. A Rede Fluviométrica Utilizável
  - 5.1.1. Rede Fluviométrica segundo o Inventário do DNAEE
  - 5.1.2. A Rede Fluviométrica com Dados Disponíveis
  - 5.1.3. A Rede Fluviométrica Utilizável
- 5.2. Disponibilidade Real de Dados
  - 5.2.1. As Séries de Vazões Médias Existentes
  - 5.2.2. As Séries Determinadas no Plano
- 5.3. Análise de Consistência
  - 5.3.1. Metodologia Geral
- 5.4. Síntese dos Resultados: As Séries Confiáveis
  - 5.4.1. A Situação Geral para as Bacias. Coreaú, Acaraú, Litoral, Curu, Metropolitanas e Parnaíba
  - 5.4.2. Síntese da Situação de cada Bacia
  - 5.4.3. As Séries de Vazões

## 6. O NÍVEL DE AÇUDAGEM

- 6.1. Objetivos
- 6.2. O Processo Metodológico
- 6.3. Cadastramento dos Açudes e Amostra Básica
- 6.4. Zoneamento do Relevo
  - 6.4.1. Concertuação e Procedimento Metodológico
  - 6.4.2. Os Resultados Obtidos
- 6.5. Os Grupos RiO: As Relações Associadas
- 6.6. Volumes Acumulados com Açudagem
  - 6.6.1. Volumes Acumulados nos Principais Açudes (> 8 hm<sup>3</sup>) de Capacidade Conhecida
  - 6.6.2. Volumes Acumulados com Pequena e Média Açudagem
  - 6.6.3. Volume Total Acumulado
- 6.7. As Águas de Lagos e Lagoas

## 7. INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO

- 7.1. Metodologia
- 7.2. A Ficha de Características Gerais do Poço
- 7.3. Diagnóstico dos Poços Inventariados
- 7.4. Aspectos Construtivos
- 7.5. Nível de Confiabilidade das Informações
- 7.6. Testes de Aquíferos
- 7.7. Análises Químicas
- 7.8. Consideração Final

## ESTUDOS DE BASE

### PARTE VI – ASPECTOS JURÍDICOS E INSTITUCIONAIS

#### A. LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL

##### 1. INTRODUÇÃO

##### 2. GESTÃO DAS ÁGUAS – LEGISLAÇÃO

- 2.1. França
- 2.2. Estados Unidos da América
- 2.3. Canadá
- 2.4. Bélgica
- 2.5. Inglaterra e País de Gales
- 2.6. Suíça
- 2.7. República Federal da Alemanha
- 2.8. União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
- 2.9. Japão
- 2.10. Israel
- 2.11. Austrália
- 2.12. Checoslováquia
- 2.13. Hungria
- 2.14. Portugal

##### 3. CONCLUSÕES

#### B. MODELO INSTITUCIONAL FEDERAL

##### 1. INTRODUÇÃO

##### 2. MODELO ATUAL DE GESTÃO – PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS

- 2.1. Ministério de Minas e Energia
  - 2.1.1. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE)
  - 2.1.2. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)
- 2.2. Ministério da Agricultura
  - 2.2.1. Programa Nacional de Irrigação (PRONI)
  - 2.2.2. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS)
  - 2.2.3. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)
  - 2.2.4. Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS)
- 2.3. Ministério do Interior
  - 2.3.1. Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA)
  - 2.3.2. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE)
- 2.4. Órgãos Interministeriais
- 2.5. Outras Instituições Federais com Participação na Gestão de Águas Públicas

##### 3. DEFICIÊNCIAS NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

##### 4. MODELOS ALTERNATIVOS DE GESTÃO

- 4.1. Introdução
- 4.2. Modelos Alternativos
- 4.3. Comentário sobre as Alternativas de Gestão

##### 5. APÊNDICE

- 5.1. Alternativa 1 de Gestão Proposta pelo DNAEE
- 5.2. Alternativa 2 de Gestão Proposta pelo DNAEE
- 5.3. Modelo de Gerenciamento dos Recursos Hídricos para o Semiárido

#### C. MODELO INSTITUCIONAL ESTADUAL

000017

1. **INTRODUÇÃO**
2. **O MODELO DE GESTÃO PAULISTA**
3. **DECRETO Nº 27.576, DE 11/11/87 – COMENTÁRIOS**
4. **A ESTRUTURA INSTITUCIONAL E A ORGANIZAÇÃO DO PLANO**
5. **O PROGRAMA BÁSICO DE TRABALHO**
6. **OS ESTUDOS COMPLEMENTARES**
7. **PRIMEIROS DOCUMENTOS DE DIAGNÓSTICOS**
8. **A POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS**
  - 8.1. *Princípios Fundamentais*
  - 8.2. *Princípios de Aproveitamento*
  - 8.3. *Princípios de Controle*
9. **ESTRATÉGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS E DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO**
10. **OS RECURSOS HÍDRICOS NA CONSTITUIÇÃO PAULISTA**
11. **IDÉIA PAULISTA DO MODELO DE GESTÃO**
  - 11.1. *Princípios Básicos*
  - 11.2. *Atribuições*
12. **CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES**

## **PARTE VII – HIDROCLIMATOLOGIA**

### **A. BACIA DO JAGUARIBE**

1. **INTRODUÇÃO**
2. **CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E CLIMA**
  - 2.1. *Generalidades*
  - 2.2. *Aspectos Sinóticos e Dinâmicos da Atmosfera*
  - 2.3. *Análise de Elementos Climáticos na Bacia do Rio Jaguaribe*
    - 2.3.1. *Distribuição da Climatologia Anual da Precipitação*
    - 2.3.2. *Análise Estatística das Precipitações*
    - 2.3.3. *Distribuição da Temperatura*
    - 2.3.4. *Umidade e Insolação*
    - 2.3.5. *Velocidade e Direção do Vento*
    - 2.3.6. *Evaporação*
  - 2.4. *O Balanço Hídrico*
  - 2.5. *Classificação Climática*
    - 2.5.1. *Classificação Segundo Wilhelm Koeppen*
    - 2.5.2. *Thorntwaite*
3. **ZONAS HIDROLÓGICAS HOMOGÊNEAS**
  - 3.1. *Objetivos*
  - 3.2. *Generalidades*
  - 3.3. *Antecedentes*
  - 3.4. *Metodologia*
    - 3.4.1. *Fatores Físico-Climáticos Envolvidos*
    - 3.4.2. *Síntese Cartográfica da Precipitação*
    - 3.4.3. *Síntese Cartográfica da Permeabilidade*
    - 3.4.4. *Síntese Cartográfica do Relevo*

- 3.4.5. Síntese Cartográfica da Altitude
- 3.4.6. Síntese Cartográfica Parcial – Zonas Físicas Homogêneas
- 3.4.7. Síntese Cartográfica Final – Zonas Hidrológicas Homogêneas

#### **4. ESTUDOS DOS DEFLÚVIOS**

- 4.1. O Modhac
  - 4.1.1. Concepção Básica do Modelo
  - 4.1.2. Alteração da Concepção Original
- 4.2. Dados Disponíveis
  - 4.2.1. Séries Pluviométricas Diárias
  - 4.2.2. Séries Pluviométricas Mensais
- 4.3. Obtenção das Precipitações e Evapotranspirações Médias
  - 4.3.1. O Método de Thiessen
  - 4.3.2. Seleção dos Postos Pluviométricos por Bacia Hidrográfica
  - 4.3.3. As Precipitações e as Evapotranspirações Médias
- 4.4. Ajuste do Modelo às Séries de Vazões
  - 4.4.1. Seleção das Séries
  - 4.4.2. Seleção dos Períodos de Ajuste e Verificação
  - 4.4.3. Resultados dos Ajustes
  - 4.4.4. Verificação dos Ajustes
- 4.5. Extensão Temporal das Séries dos Postos Pluviométricos
- 4.6. Geração das Séries de Vazões Afluentes aos Grandes Açudes
  - 4.6.1. Parâmetros do MODHAC para cada Açude
  - 4.6.2. Séries Geradas
- 4.7. Avaliação das Potencialidades das Pequenas e Microbacias
  - 4.7.1. Regionalização do Volume Médio Afluente Anual
  - 4.7.2. Cálculo dos Volumes Afluentes
- 4.8. Conclusões
  - 4.8.1. Quanto às Séries dos Postos Pluviométricos
  - 4.8.2. Quanto aos Parâmetros do Modelo
  - 4.8.3. Quanto às Séries dos Açudes
  - 4.8.4. Quanto à Disponibilidade para a Pequena e Média Açudagem

#### **5. ESTUDO DE DEMANDAS**

- 5.1. Considerações Iniciais
- 5.2. Abastecimento Humano
  - 5.2.1. Divisão Populacional
  - 5.2.2. Projeção Populacional de 10 em 10 anos até o Ano 2020
  - 5.2.3. Dotações de Água
  - 5.2.4. Evolução das Demandas
- 5.3. Consumo Animal
- 5.4. Irrigação
- 5.5. Abastecimento Industrial
- 5.6. Demandas de Água para Outros Fins
  - 5.6.1. Piscicultura
  - 5.6.2. Geração de Energia Elétrica
  - 5.6.3. Navegação
- 5.7. Agregação das Demandas Totais de Água na Bacia do Rio Jaguaribe

#### **6. AVALIAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES**

- 6.1. Avaliação das Disponibilidades dos Grandes Açudes
  - 6.1.1. Modelo de Simulação Individual nos Açudes
- 6.2. Avaliação das Disponibilidades da Média e Pequena Açudagem
  - 6.2.1. Resumo da Metodologia
  - 6.2.2. Aplicação do Método
  - 6.2.3. Extrapolação dos Resultados para os Açudes Restantes

#### **7. ESTUDOS DE SECAS E INUNDAÇÕES**

- 7.1. Estudos de Secas
  - 7.1.1. Metodologia Adotada
  - 7.1.2. Resultados Obtidos

- 7.2. Estudos de Inundações
  - 7.2.1. Estação Pluviométrica Utilizada
  - 7.2.2. Análise dos Dados Disponíveis
  - 7.2.3. Dados Utilizados
  - 7.2.4. Caracterização do Regime de Cheias do Rio Jaguaribe em Peixe Gordo
  - 7.2.5. Resultados Obtidos

## **B. BACIAS: COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL, CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA**

### **SÍNTESE**

#### **1. INTRODUÇÃO**

#### **2. CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E CLIMATOLÓGICA**

- 2.1. Preliminares
- 2.2. Aspectos Meteorológicos
- 2.3. O Regime Pluviométrico
  - 2.3.1. Nível Anual
  - 2.3.2. Nível Mensal
  - 2.3.3. Nível Diário
- 2.4. Demais Parâmetros Climáticos
  - 2.4.1. Distribuição Temporal da Climatologia da Temperatura
  - 2.4.2. Umidade Relativa Média
  - 2.4.3. Insolação Média
  - 2.4.4. Ventos
  - 2.4.5. Evaporação Média
  - 2.4.6. Gráfico de Distribuição dos Parâmetros Climáticos
- 2.5. Classificação do Clima
  - 2.5.1. O Balanço Hídrico
  - 2.5.2. Classificação Climática de Thorntwaite

#### **3. ZONEAMENTO DA ÁREA**

- 3.1. Objetivos
- 3.2. Zoneamento do Relevo
- 3.3. Zoneamento da Permeabilidade
- 3.4. Zoneamento da Altitude
- 3.5. Zoneamento do Nível de Açudagem
- 3.6. Zoneamento Físico Homogêneo
- 3.7. Zoneamento Hidrológico Homogêneo

#### **4. ESTUDOS DOS DEFLÚVIOS**

- 4.1. Escopo do Estudo
- 4.2. O Modelo Chuva x Deflúvio e sua Calibragem
  - 4.2.1. O Modelo
  - 4.2.2. Parâmetros do Modelo
  - 4.2.3. Versões Alternativas do Modelo
  - 4.2.4. Dados Necessários
  - 4.2.5. Diretrizes do Processo de Ajustamento
  - 4.2.6. Análise do Processo de Ajustamento por Posto
  - 4.2.7. Síntese dos Ajustamentos
- 4.3. Gerações das Séries Fluviométricas
  - 4.3.1. Metodologia
  - 4.3.2. Séries dos Postos Fluviométricos
  - 4.3.3. Séries Fluviométricas dos Açudes de Grande Porte
- 4.4. Análise Final dos Resultados
  - 4.4.1. Aspectos Gerais
  - 4.4.2. Aspectos Específicos
- 4.5. Estudos de Regionalização dos Deflúvios
  - 4.5.1. Relação Convencional
  - 4.5.2. Relação com Permeabilidade
  - 4.5.3. Considerações Finais



## **5. ESTUDOS DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS**

- 5.1. Conceituação Básica
- 5.2. Regularização nos Açudes de Grande Porte
  - 5.2.1. Açudes Estudados
  - 5.2.2. Metodologia
  - 5.2.3. Dados de Entrada
  - 5.2.4. Resultados Obtidos
  - 5.2.5. Análise dos Resultados
  - 5.2.6. O Sistema Pacoti/Riachão/Gavião
- 5.3. Regularização na Pequena e Média Açudagem
  - 5.3.1. Metodologia
  - 5.3.2. Os Resultados Obtidos

## **6. ESTUDOS DE DEMANDAS**

- 6.1. Escopo do Estudo
- 6.2. Os Dados Básicos Disponíveis
- 6.3. O Estudo do Pirhine
- 6.4. Estudos de Projeção
  - 6.4.1. População Rural
  - 6.4.2. População Urbana
  - 6.4.3. Pecuária
  - 6.4.4. Irrigação
  - 6.4.5. Indústria
- 6.5. Coeficientes de Demanda
- 6.6. As Demandas

## **7. ESTUDOS DE SECAS E INUNDAÇÕES**

- 7.1. Preliminares
- 7.2. Estudo de Secas
  - 7.2.1. Concertuação Básica
  - 7.2.2. Metodologia Empregada
  - 7.2.3. Resultados Obtidos
- 7.3. Estudo de Inundações

## **PARTE VIII – HIDROGEOLOGIA**

### **A. BACIA DO JAGUARIBE**

- 1. INTRODUÇÃO
- 2. GENERALIDADES
- 3. METODOLOGIA DE TRABALHO
- 4. BANCO DE DADOS
  - 4.1. Poços
  - 4.2. Análises Físico-Químicas
- 5. SUB-BACIAS HIDROGEOLÓGICAS
  - 5.1. Sub-bacia do Salgado
    - 5.1.1. Características Gerais
    - 5.1.2. Unidades Aquíferas Sedimentares
    - 5.1.3. Estimativa de Reservas
  - 5.2. Sub-bacia do Alto Jaguaribe
    - 5.2.1. Características gerais
    - 5.2.2. Unidades Aquíferas Sedimentares
    - 5.2.3. Estimativa de Reservas
  - 5.3. Sub-bacia do Médio Jaguaribe
    - 5.3.1. Características Gerais

000021

- 5.3.2. Unidades Aquíferas Sedimentares
- 5.3.3. Estimativa de Reservas
- 5.4. Sub-bacia do Banabuiú
  - 5.4.1. Características Gerais
  - 5.4.2. Unidades Aquíferas Sedimentares
  - 5.4.3. Estimativas de Reservas
- 5.5. Sub-bacia do Baixo Jaguaribe
  - 5.5.1. Características Gerais
  - 5.5.2. Unidades Aquíferas Sedimentares
  - 5.5.3. Estimativa de Reservas

## **6. DOMÍNIO CRISTALINO**

- 6.1. Aspectos Gerais
- 6.2. Águas Subterrâneas no Domínio Cristalino
- 6.3. Estimativa de Reservas

## **7. HIDROQUÍMICA**

- 7.1. Generalidades
- 7.2. Metodologia de Trabalho
- 7.3. Tratamento dos Dados
  - 7.3.1. Nível de Confiabilidade
- 7.4. Caracterização das Águas Subterrâneas na Sub-bacia do Salgado
  - 7.4.1. Qualidade das Águas Subterrâneas na Sub-bacia do Salgado
  - 7.4.2. Uso das Águas Subterrâneas
- 7.5. Qualidade das Águas Subterrâneas no Domínio Cristalino

## **8. VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS**

- 8.1. Zona de Baixa Vulnerabilidade
- 8.2. Zona de Baixa a Média Vulnerabilidade
- 8.3. Zona de Média Vulnerabilidade
- 8.4. Zona de Média a Alta Vulnerabilidade
- 8.5. Zona de Alta Vulnerabilidade

## **9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **B. BACIAS: COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL, CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA**

#### **1. INTRODUÇÃO**

#### **2. METODOLOGIA**

#### **3. BANCO DE DADOS**

- 3.1. Poços
- 3.2. Análise Físico-Química
  - 3.2.1. Aspectos Gerais
  - 3.2.2. A Ficha de Hidroquímica
  - 3.2.3. Caracterização Hidroquímica

#### **4. CONFIGURAÇÃO HIDROGEOLÓGICA**

- 4.1. Aspectos Gerais
- 4.2. Geomorfologia e Geotectônica
- 4.3. Caracterização dos Domínios Hidrogeológicos
  - 4.3.1. Domínio Cristalino
  - 4.3.2. Domínio Sedimentar
- 4.4. A Base Hidrogeológica

#### **5. POTENCIALIDADES E DISPONIBILIDADES**

- 5.1. Antecedentes
- 5.2. Potencial Hidrogeológico
- 5.3. Disponibilidade de Águas Subterrâneas

## **6. HIDROQUÍMICA**

- 6.1. Aspectos Gerais
- 6.2. Tratamento dos Dados
  - 6.2.1. Nível de Confiabilidade dos Dados
  - 6.2.2. Caracterização das Águas Subterrâneas
  - 6.2.3. Discussão dos Resultados
- 6.3. Qualidade das Águas Subterrâneas
  - 6.3.1. Qualidade para Consumo Humano
  - 6.3.2. Qualidade para Irrigação
  - 6.3.3. Qualidade para Indústria

## **7. APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

- 7.1. Aspectos Gerais
- 7.2. Alternativas de Captação
- 7.3. Restrição ao Aproveitamento das Águas Subterrâneas
- 7.4. Bases para o Planejamento

## **8. VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS**

- 8.1. Generalidades
- 8.2. Origem da Contaminação de Aquíferos
- 8.3. Susceptibilidade à Poluição
- 8.4. Descontaminação de Aquíferos
- 8.5. Proteção de Aquíferos e Captações

## **9. CONCLUSÕES**

000023

## **PLANEJAMENTO**

### **PARTE IX – ASPECTOS JURÍDICOS E INSTITUCIONAIS**

#### **1. INTRODUÇÃO**

#### **2. POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS**

- 2.1. Considerações Gerais
- 2.2. Princípios
  - 2.2.1. Princípios Fundamentais
  - 2.2.2. Princípios de Aproveitamento
  - 2.2.3. Princípios de Gestão

#### **3. SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS – SIGERH**

- 3.1. Sistema de Gestão
  - 3.1.1. Subsistema de Planejamento
  - 3.1.2. Subsistema de Administração
  - 3.1.3. Subsistema de Regulamentação
- 3.2. Sistemas Afins
  - 3.2.1. Sistema de Oferta
  - 3.2.2. Sistema de Utilização
  - 3.2.3. Sistema de Preservação
- 3.3. Sistemas Correlatos
  - 3.3.1. Sistema de Planejamento e Coordenação Geral
  - 3.3.2. Sistema de Incentivos Econômicos e Fiscais
  - 3.3.3. Sistema de Ciência e Tecnologia
  - 3.3.4. Sistema de Defesa Civil
  - 3.3.5. Sistema do Meio Ambiente

#### **4. SISTEMAS AFINS E CORRELATOS – INSTITUIÇÕES E COMPETÊNCIAS**

- 4.1. Sistemas Afins
- 4.2. Sistemas Correlatos
- 4.3. Competências

#### **5. SISTEMA DE GESTÃO – MODELOS ALTERNATIVOS**

- 5.1. O Órgão Colegiado
- 5.2. O Órgão Gestor
- 5.3. Fundo Financeiro
- 5.4. Órgãos Regionais

#### **6. APARATO JURÍDICO**

- 6.1. Constituição Federal
  - 6.1.1. Competência da União, dos Estados e dos Municípios
  - 6.1.2. Competência Comum
  - 6.1.3. Competência Concorrente
- 6.2. Constituição Estadual
  - 6.2.1. Gerais
  - 6.2.2. Competência Comum
  - 6.2.3. Competência Concorrente
- 6.3. Conclusões
- 6.4. Recomendações

#### **7. INTERAÇÃO ENTRE SISTEMAS**

- 7.1. Sistema de Gestão e Sistemas Afins
- 7.2. Sistema de Gestão e Sistemas Correlatos
- 7.3. Sistema Estadual de Gestão e Instituições Federais
  - 7.3.1. Conflito Potencial na Dominalidade das Águas
  - 7.3.2. A Participação de Órgãos Federais no Conselho de Recursos Hídricos
  - 7.3.3. O Intercâmbio de Informações Hidrometeorológicas

000024



- 7.3.4. O Planejamento das Obras Hídricas
- 7.3.5. Inter-relacionamento Estado – União
- 7.4. Importância do Relacionamento DNOCS X Sistema de Gestão

## **PARTE X – PROGRAMAÇÃO DAS AÇÕES NO CAMPO JURÍDICO – INSTITUCIONAL**

### **1. INTRODUÇÃO**

### **2. CONTRIBUIÇÃO À CONSTITUIÇÃO ESTADUAL**

### **3. CONSOLIDAÇÃO DO APARATO JURÍDICO**

- 3.1. Projeto de Lei (MINUTA) – Altera Lei que Institui o Conselho de Recursos Hídricos do Ceará
- 3.2. Decreto (MINUTA) – Aprova Regimento Interno do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará
- 3.3. Projeto de Lei (MINUTA) – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, Institui o Sistema de Gestão dos Recursos Hídricos e dá outras providências

### **4. INSTRUMENTOS LEGAIS DE APOIO**

- 4.1. Decreto (Modelo)
- 4.2. Portaria (Modelo)

## **PARTE XI – BACIA DO JAGUARIBE**

### **1. INTRODUÇÃO**

### **2. O BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO**

- 2.1. Objetivos
- 2.2. Conceituação Básica do Balanço
  - 2.2.1. A Unidade de Balanço
  - 2.2.2. Princípios Básicos de Transferência
  - 2.2.3. Os Fluxogramas de Interdependência entre Unidades de Balanço
  - 2.2.4. A Matriz do Balanço
- 2.3. As Disponibilidades
  - 2.3.1. Deflúvio Superficial (DD)
  - 2.3.2. Perenização (DPER)
  - 2.3.3. Disponibilidade de Água Subterrânea (DS)
  - 2.3.4. Disponibilidade da Pequena Açudagem Anual (DPAA)
  - 2.3.5. Disponibilidade da Pequena e Média Açudagem Interanual (DPAI)
  - 2.3.6. O Caso das Sedes Municipais e Distritais
- 2.4. As Demandas
  - 2.4.1. Demanda Humana Urbana Concentrada (DHUC)
  - 2.4.2. Demanda Humana Urbana Difusa (DHUD)
  - 2.4.3. Demanda Humana Rural (DHR)
  - 2.4.4. Demanda Animal Rural (DAR)
  - 2.4.5. Demanda Industrial (DI)
  - 2.4.6. Demanda de Irrigação Pública (DIR)
  - 2.4.7. Demanda de Irrigação Privada (DIRP)
- 2.5. O Balanço
  - 2.5.1. O Programa do Balanço
- 2.6. Análise dos Resultados do Balanço
  - 2.6.1. O Nível de Satisfação à DHUC
  - 2.6.2. O Nível de Satisfação à DHUD
  - 2.6.3. O Nível de Satisfação à DHR
  - 2.6.4. O Nível de Satisfação à DAR
  - 2.6.5. O Nível de Satisfação à DI
  - 2.6.6. O Nível de Satisfação à DIR
  - 2.6.7. O Nível de Satisfação à DIRP

### **3. O BALANÇO HÍDRICO DO SISTEMA DE RESERVATÓRIOS DE PERENIZAÇÃO**

- 3.1. Objetivo
- 3.2. Metodologia – o HEC-3

000025

- 3.2.1. Regra Operativa
- 3.2.2. Adaptações Realizadas no Programa
- 3.2.3. Simulações Realizadas
- 3.3. Resultados para o Sistema Atual de Reservatórios

#### 4. PLANEJAMENTO DAS AÇÕES

- 4.1. Objetivos
- 4.2. Metodologias
  - 4.2.1. Planejamento Distribuído
  - 4.2.2. Planejamento do Sistema de Perenização
- 4.3. Resultados do Planejamento Distribuído
  - 4.3.1. Poços
  - 4.3.2. Pequena e Média Açudagem
  - 4.3.3. Perenização
- 4.4. Simulação da Infra-Estrutura Futura Programada
  - 4.4.1. Sistema Simulado
  - 4.4.2. Dimensionamento do Sistema Futuro
- 4.5. Caso Especial: A Barragem Castanhão
  - 4.5.1. Caracterização Hidrológica das Alternativas
  - 4.5.2. Análise Econômica e Social das Alternativas

#### 5. PLANEJAMENTO DE AÇÕES COMPLEMENTARES

- 5.1. Programa da Coleta de Dados Básicos
  - 5.1.1. Dados Fluviométricos
  - 5.1.2. Dados sobre Açudagem
- 5.2. Programa de Monitoramento dos Recursos Superficiais
- 5.3. Programa de Abastecimento das Sedes Municipais
- 5.4. Programa de Adutoras
- 5.5. Programa de Adutoras Rurais
- 5.6. Programa de Açudagem
- 5.7. Programa de Gerenciamento do Sistema de Perenização
- 5.8. Diretrizes Básicas para o Programa de Monitoramento e Recuperação de Poços
  - 5.8.1. Estratégia do Programa
- 5.8.2. Programa de Monitoramento de Poços
- 5.8.3. Programa de Recuperação de Poços

### PARTE XII – BACIAS: COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL, CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA

#### 1. INTRODUÇÃO

#### 2. O BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO

- 2.1. Objetivo
- 2.2. A Conceituação Básica do Balanço
  - 2.2.1. A Unidade de Balanço
  - 2.2.2. Os Fluxogramas de Inter-relacionamento das Unidades de Balanço
  - 2.2.3. A Matriz do Balanço
  - 2.2.4. Situações e Horizonte
- 2.3. As Disponibilidades Hídricas
  - 2.3.1. Disponibilidade de Deflúvio (DD)
  - 2.3.2. Disponibilidade de Perenização (DPER)
  - 2.3.3. Disponibilidade de Pequenos e Médios Açudes Interanuais ( $0,5 < V < 10 \text{ hm}^3$ ) e Lagoas (DPAI)
  - 2.3.4. Disponibilidade de Pequenos Açudes Anuais ( $V < 500 \times 10^3 \text{ m}^3$ ) (DPAA)
  - 2.3.5. Disponibilidade de Águas Subterrâneas (DS)
  - 2.3.6. O Caso Específico da Disponibilidade das Sedes Municipais e Distritais
- 2.4. As Demandas
  - 2.4.1. Demanda Humana Urbana Concentrada (DHUC)
  - 2.4.2. Demanda Humana Urbana Difusa (DHUD)
  - 2.4.3. Demanda Humana Rural (DHR)
  - 2.4.4. Demanda Animal (DA)
  - 2.4.5. Demanda Industrial (DI)
  - 2.4.6. Demanda de Irrigação (DIR)



- 2.5. O Modelo do Balanço Distribuído
  - 2.5.1. O Caso da Região Metropolitana de Fortaleza
- 2.6. Os Resultados do Balanço
  - 2.6.1. Formas Básicas de Apresentação
  - 2.6.2. Análise dos Resultados

### **3. O BALANÇO HÍDRICO DOS SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS DE PERENIZAÇÃO**

- 3.1. Objetivos
- 3.2. Metodologia Utilizada. O HEC-3
- 3.3. Os Sistemas Estudados
  - 3.3.1. Bacia do Acaraú
  - 3.3.2. Bacia do Curu
  - 3.3.3. Bacia do Poti
- 3.4. O Sistema da Região Metropolitana de Fortaleza

### **4. PLANEJAMENTO DAS AÇÕES DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA NECESSÁRIA**

- 4.1. Objetivo
- 4.2. Processos Metodológicos
  - 4.2.1. O Planejamento Distribuído
  - 4.2.2. A Simulação da Operação dos Reservatórios da Infra-Estrutura Futura
- 4.3. Análise dos Resultados
  - 4.3.1. Planejamento Distribuído
  - 4.3.2. Simulação da Operação dos Reservatórios
  - 4.3.3. O Sistema da Região Metropolitana de Fortaleza
  - 4.3.4. A Infra-Estrutura Futura do Bloco 2

### **5. PLANEJAMENTO DAS AÇÕES COMPLEMENTARES**

- 5.1. Preliminares
- 5.2. Programa de Coleta de Dados Fluviométricos
- 5.3. Programa de Coleta de Dados sobre Açudagem
- 5.4. Programa de Monitoramento e Gerenciamento dos Grandes Açudes
- 5.5. Programa de Abastecimento das Sedes Municipais e Distritais
- 5.6. Programa de Adutoras Rurais
- 5.7. Programa de Pequenas/Média Açudagem
- 5.8. Programa de Monitoramento e Recuperação de Poços
  - 5.8.1. Estratégia do Programa
  - 5.8.2. Programa de Monitoramento de Poços
  - 5.8.3. Programa de Recuperação de Poços
  - 5.8.4. Programa de Perfuração de Poços

000027

# NOTA EXPLICATIVA

Enquanto instrumento básico de viabilização da Política Estadual de Recursos Hídricos do Ceará, o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) perseguiu os seguintes objetivos

- 1) determinar, com apropriado grau de confiabilidade, quais as efetivas potencialidades e disponibilidades hídricas do Ceará, quase sempre avaliadas com nível bastante insatisfatório,
- 2) conceber e analisar, a nível de planejamento, quais as alternativas de infra-estrutura hídrica viáveis, tanto para os anos secos, como para os de pluviometria normal,
- 3) definir o aparato jurídico-institucional para criação de um Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos no Estado.

A estratégia de elaboração do PERH foi definida pelas seguintes condições

- a) quanto à abordagem abrangendo os aspectos técnicos, jurídicos e institucionais,
- b) quanto às etapas compreendendo três fases conforme discriminadas a seguir

1ª Etapa – DIAGNÓSTICO, na qual se buscou identificar e consolidar todas as informações e conhecimentos existentes sobre os recursos hídricos do Estado,

2ª Etapa – ESTUDOS DE BASE, onde se procurou estudar e determinar todos os elementos e fatores necessários às atividades de planejamento,

3ª Etapa – PLANEJAMENTO, na qual foram identificadas, concebidas e planejadas todas as ações associadas à infra-estrutura hídrica, modelo institucional e legislação das águas

c) quanto à realização dos serviços compreendendo três blocos distintos, com metodologias únicas e homogeneizadas quando pertinentes, quais sejam

Bloco 1 – Aspectos técnicos da Bacia do Jaguaribe com 75 966Km<sup>2</sup> de extensão, através da empresa SIRAC – Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda

Bloco 2 – Aspectos técnicos das Bacias do Coreaú, Acaraú, Litoral, Curu, Metropolitanas e Parnaíba, totalizando 74 212Km<sup>2</sup>, através da empresa VBA CONSULTORES – Engenharia de Sistemas Hídricos Ltda

Bloco 3 – Aspectos Jurídicos e Institucionais, através da empresa AGUASOLOS – Consultora de Engenharia Ltda

Quanto ao conteúdo do PERH, perfazendo um total de 50 volumes, optou-se pelo agrupamento Diagnóstico – Estudos de Base – Planejamento – Atlas, com subdivisão em partes, conforme tratar-se de aspectos jurídicos e institucionais ou aspectos técnicos e, neste último caso, segundo as bacias reunidas por bloco. Dessa forma, obteve-se a distribuição apresentada no quadro a seguir, com 18 Relatórios Gerais ora publicados e 32 Anexos, estes disponíveis para consulta na Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH)

De conformidade com a estratégia de desenvolvimento do PERH, todos os dados coletados e produzidos estarão armazenados no Banco de Dados da SRH, encontrando-se em memória eletrônica na Unidade de Informática do Órgão.

Os levantamentos realizados pelas três empresas que elaboraram o PERH, sob a coordenação da SRH e assessoramento da Universidade Federal do Ceará, coletaram dados até o ano de 1988. O PERH, com um todo, foi elaborado no período janeiro/88 a fevereiro/91

## DISTRIBUIÇÃO DO CONTEÚDO DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (PERH)

### 1. DIAGNÓSTICO

PARTE	CONTEÚDO	EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO
I Aspectos Jurídicos	Relatório Geral	AGUASOLOS
II Aspectos Institucionais	Relatório Geral Anexo I – Instituições Públicas Estaduais Anexo II – Instituições Públicas Federais e Universidade de Fortaleza	AGUASOLOS
III Análise das Principais Funções de Uso e Preservação		AGUASOLOS
A – Irrigação	Relatório Geral	
B – Preservação	Relatório Geral	
C – Serviços Básicos de Água e Esgoto	Relatório Geral	
IV Bacia do Jaguaribe	Relatório Geral Anexos – Tomo II.1 – Pluviometria – Tomo II.2 – Fluviometria – Tomo II.3 – Nível de Açudagem – Tomo II.4 – Inventário Hidrogeológico	SIRAC





## 1. DIAGNÓSTICO

PARTE	CONTEÚDO	EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO
V. Bacias Coreaú, Acaraú, Litoral, Curu, Metropolitanas e Parnaíba	Relatório Geral Anexo I – Mapas e Figuras Anexo II – Pluviometria – Tomo I – Vetor Regional das Séries Históricas – Tomo II – Vetor Regional das Séries Consistidas Anexo III – Fluviometria Anexo IV – Nível de Açudagem Anexo V – Águas Subterrâneas – Tomo I – Parâmetros Hidrogeológicos Profundidade, Níveis Estático e Dinâmico – Tomo II – Parâmetros Hidrogeológicos Rebaixamento, Vazão Específica – Tomo III – Manual de Preenchimento das Fichas Cadastrais	VBA

## 2. ESTUDOS DE BASE

PARTE	CONTEÚDO	EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO
VI Aspectos Jurídicos e Institucionais A – Legislação Internacional B – Modelo Institucional Federal C – Modelo Institucional Estadual	Relatório Geral Relatório Geral Relatório Geral	AGUASOLOS
VII. Hidroclimatologia A – Bacia do Jaguaribe	Relatório Geral Anexo I – Desenhos – Tomo I – Climatologia – Tomo II – Zonas Hidrológicas Homogêneas Anexo II – Deflúvios Anexo III – Análise Estatística das Precipitações Anexo IV – Estudos de Secas e Inundações	SIRAC
B – Bacias Coreaú, Acaraú, Litoral, Curu, Metropolitanas e Parnaíba	Relatório Geral Anexo I. A – Mapas Anexo II. A – Estudos Pluviométricos (Tomos I e II) Anexo III. A – Estudos dos Deflúvios Anexo IV. A – Estudos das Disponibilidades Hídricas e de Secas Anexo V. A – Estudo de Demandas	VBA
VIII. Hidrogeologia A – Bacia do Jaguaribe	Relatório Geral Anexo I – Desenhos Anexo II – Hidrogeologia	SIRAC
B – Bacias Coreaú, Acaraú, Curu, Metropolitanas e Parnaíba	Relatório Geral Anexo I. B – Mapas Hidrogeológicos Anexo II. B – Características Gerais dos Poços Anexo III. B – Análise Estatística de Parâmetros Hidrogeológicos	VBA

000029



### 3. PLANEJAMENTO

PARTE	CONTEÚDO	EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO
IX Aspectos Jurídicos e Institucionais	Relatório Geral	AGUASOLOS
	X. Programação das Ações no Campo Jurídico Institucional	AGUASOLOS
XI Bacia do Jaguaribe	Relatório Geral	SIRAC
	Anexo I – Desenhos	
	Anexo II – Atlas de Recursos Hídricos(*)	
XII Bacias Coreaú, Acaraú, Litoral, Curu, Metropolitanas e Parnaíba	Relatório Geral	VBA
	Anexo I – Mapas	
	Anexo II – Atlas de Recursos Hídricos(*)	

(\*) Publicado neste Plano em Volume Especial

000030

**ESTUDOS DE BASE - HIDROGEOLOGIA**

**A. BACIA DO JAGUARIBE**

**Documento Elaborado pela Empresa SIRAC  
- Serviços Integrados de Assessoria e  
Consultoria Ltda.**

000031

---

## PARTE VIII - HIDROGEOLOGIA

### A. BACIA DO JAGUARIBE

#### 1 INTRODUÇÃO

Os Recursos Hídricos constituem um patrimônio público de imensurável valor para o progresso de qualquer região e em especial para o Nordeste do país, face aos longos períodos de aridez que, periodicamente, nele se estabelecem e inibem o desenvolvimento dos meios de produção, afetando, conseqüentemente, a qualidade de vida das populações que habitam o "Polígono das Secas"

Por outro lado, nestas mesmas áreas, enchentes periódicas, associadas ao uso indevido do solo, acentuam ainda mais os prejuízos econômicos e traumas sociais

O regime hidrológico das bacias que compõem o Estado é bastante crítico, já que, depende de um regime pluviométrico irregular, tanto a nível mensal quanto anual, da natureza geológica das rochas que é na sua grande maioria cristalina e de um clima megatérmico de alto poder evaporante

A integração dos fatores físico-climáticos supra-citados são diretamente responsáveis pelas características extremas do escoamento, ora se evidenciando cheias de grandes proporções, contrapondo-se a períodos de longa escassez

O Estado do Ceará, para desenvolver os seus setores estratégicos prioritários - agropecuário, energético e industrial, necessita de um planejamento global de utilização dos recursos hídricos, que mantenha um equilíbrio dinâmico do balanço demanda versus disponibilidades, impedindo, assim, que a água venha a ser um fator limitante ao desenvolvimento econômico e social

Consciente da situação, o Governo do Estado do Ceará em atendimento a uma das metas fundamentais de seu programa, decidiu elaborar, da forma mais apropriada, um plano de recursos hídricos para o Estado

São três as etapas de desenvolvimento do Plano, sendo a primeira chamada de Diagnóstico da Situação Atual, seguida dos Estudos de Base, na terceira etapa serão realizados os Estudos de Planejamento

Buscou-se, durante a 1ª etapa, como diz o próprio nome, realizar um diagnóstico o mais completo possível sobre o nível de conhecimento e organização do setor hídrico do Estado

Na 2ª etapa, que corresponde ao presente Relatório - Hidrogeologia, são desenvolvidos os estudos necessários a determinar os elementos e fatores que servirão de subsídios à etapa seguinte, de planejamento

Na 3ª etapa são concebidos, com relação aos aspectos técnicos, os principais elementos da infra-estrutura hídrica adequada

Especificamente são definidos os seguintes pontos

- zoneamento e disciplinamento do uso d'água,
- concepção das alternativas de infra-estrutura hídrica,
- seleção da infra-estrutura adequada

Os espaços físicos a serem abordados pelo PERH foram divididos, em uma primeira fase, nos seguintes

- BHP - bacias hidrográficas principais,
- BH - bacias hidrográficas mais importantes de cada principal,
- SBH - sub-bacias hidrográficas dos maiores afluentes do rio principal de cada BH,
- BHB - bacias contribuintes dos açudes considerados grandes, com capacidade acima de 10 hm<sup>3</sup>, e poder de regularização anual

Pleiteia-se com os Estudos de Base aplicar metodologias aos dados e informações colhidas por ocasião do Relatório do Diagnóstico a fim de se produzirem parâmetros que quantifiquem as principais características hidrogeológicas dos mananciais de água subterrânea do Estado

O presente relatório é composto de nove capítulos onde se abordam os seguintes temas

- metodologia utilizada no trabalho.
- banco de dados hidrogeológicos e hidroquímicos.
- características dimensionais e hidrodinâmicas dos sistemas aquíferos sedimentares por sub-bacia hidrogeológica,
- estimativas de reservas das águas subterrâneas,
- características hidrogeológicas do domínio cristalino,
- hidroquímica,
- vulnerabilidade dos aquíferos

Neste primeiro capítulo são mostrados os objetivos e abrangências do PERH, além de situá-lo no contexto espacial

O segundo capítulo mostra, sucintamente, a pesquisa hidrogeológica no Brasil

No terceiro tem-se a metodologia utilizada no decorrer do trabalho, visando basicamente a elaboração das bases hidrogeológicas

O Banco de Dados é abordado no capítulo quarto, onde se comenta, rapidamente, sua importância e seu desenvolvimento

As características dimensionais e hidrodinâmicas dos aquíferos porosos por sub-bacia, bem como a avaliação das reservas, são comentadas no quinto capítulo

O domínio cristalino, contido no sexto capítulo, é tratado separadamente por possuir características distintas dos aquíferos sedimentares porosos

O capítulo sétimo aborda as características qualitativas das águas subterrâneas e suas utilizações

A vulnerabilidade das formações aquíferas é comentada no capítulo oito, no qual se destaca o porquê da proteção e de conservação das formações que representam as unidades aquíferas

No último capítulo, são expostas as conclusões e recomendações necessárias ao estudo, uso, proteção e conservação do potencial hídrico subterrâneo

Conforme foi estabelecido anteriormente, a divisão de bacias adotada pelo PERH é aproximadamente a mesma utilizada pelo PEI - Plano Estadual de Irrigação (SRH-CE, 1988), onde os 148 016 km<sup>2</sup> de área do Ceará foram divididos em 11 unidades hidrográficas

O Bloco 1 do Plano, ora objeto de estudo, abrange toda a Bacia do Jaguaribe, com 75 966 km<sup>2</sup> de área drenada correspondente a quase 50 % do total do Estado

O mapa da figura 11 apresenta um esquema figurativo de abrangência da área do estudo

## 2 GENERALIDADES

A exploração das águas subterrâneas no Brasil remonta à época do próprio povoamento, onde estas eram captadas através de fontes e poços escavados

À sua importância para o Região Nordeste, principalmente em períodos de secas, é ressaltada desde o período colonial. Em 1931, a Regência Trina autorizou a abertura de poços tubulares como medida de combate aos problemas de falta d'água engendrados pelas secas que assolavam o Nordeste. Os primeiros equipamentos de perfuração movidos a vapor foram trazidos da Inglaterra para que, por volta de 1850, se perfurasse o primeiro poço tubular no Estado do Ceará (REBOUCAS, 1980)

A pesquisa hidrogeológica no Brasil cresceu nas últimas décadas e sempre associada à necessidade das comunidades. Isto é refletido no Mapa Hidrogeológico do Brasil (DNPM/CPRM, 1983, escala 1:5 000 000) onde, simplesmente, a Província

Hidrogeológica do Amazonas - por exemplo, sequer tem dados de poços tubulares, em comparação com o Nordeste do Brasil

Neste a necessidade vital de água fez com que a pesquisa para águas subterrâneas crescesse a partir da década de sessenta, com os primeiros trabalhos técnicos desenvolvidos pela SUDENE no contexto do Polígono das Secas. Surgiram projetos que geraram uma massa de dados significantes, tais como os Inventários Hidrogeológicos Básicos do Nordeste, e até mesmo uma Bacia Escola de Hidrogeologia - a Bacia Potiguar (RN)

O número de poços perfurados no Estado supera a ordem dos 10 000, porém, desde 1960 houve um incremento no setor de perfuração, fazendo com que nestes últimos vinte anos exista um percentual que supera todos os poços perfurados até então. Este fato ocorre pela necessidade cada vez maior de águas subterrâneas para o abastecimento público, agricultura e indústria, associado ao fator de desenvolvimento da tecnologia no setor de perfuração

No 2º Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste/6º Encontro Nacional de Perfuradores de Poços acontecido em Natal (RN) - setembro/89 - ficou evidente a preocupação das autoridades governamentais e do setor técnico hidrogeológico quanto ao uso e proteção do manancial hídrico subterrâneo

Evidenciou-se, mais uma vez, a urgente necessidade da implantação de um órgão nacional de gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos, de modo que estes fossem administrados e fiscalizados em conjunto com as águas superficiais

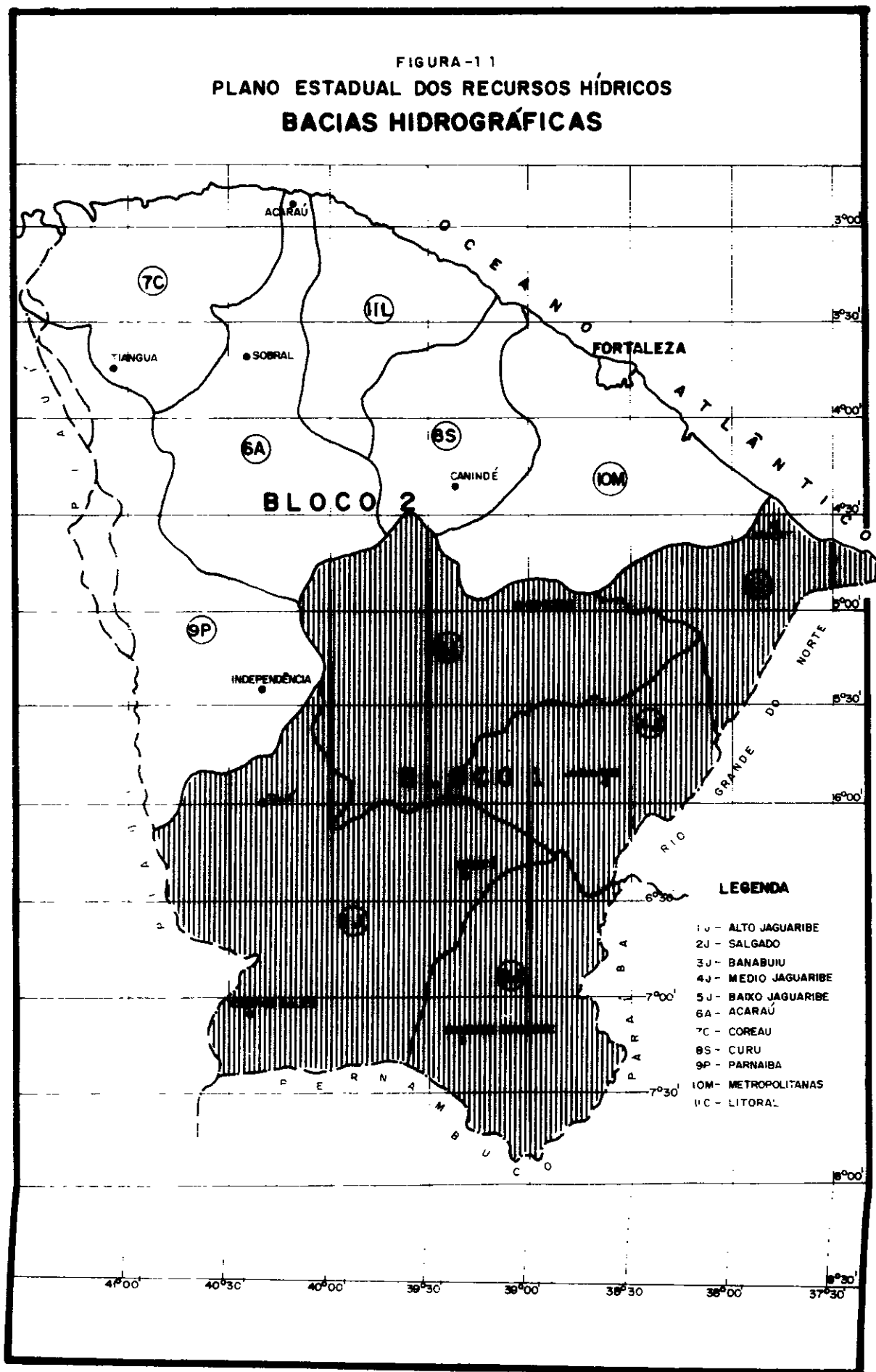
A nível estadual, o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM já iniciou esta tarefa, cadastrando e colocando à disposição da comunidade os dados de poços. Poucos Estados brasileiros possuem estudos hidrogeológicos específicos e o Estado do Ceará, através da Secretaria dos Recursos Hídricos, está sendo um dos primeiros a desenvolvê-lo

Este trabalho objetiva avaliar o potencial dos recursos hídricos subterrâneos da Bacia do Jaguaribe, concomitantemente ao aspecto qualitativo, a fim de que trabalhos posteriores afins à hidrogeologia, ou que dela necessitem, possam utilizá-lo como base para seus estudos

## 3 METODOLOGIA DE TRABALHO

A Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe possui 72 043 km<sup>2</sup>, representando aproximadamente 50% do Estado do Ceará. Desta área, 20,2% é representada por rochas sedimentares, 8% por domínio granítico e 71,8% pelas rochas metamórficas, ou seja, 79,8% da área da Bacia é ocupada por rochas cristalinas

FIGURA-11  
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**BACIAS HIDROGRÁFICAS**



Como o escopo do trabalho é hidrogeológico, optou-se por trabalhar com domínios litológicos que refletissem condições hidrogeológicas semelhantes, resultando na seguinte divisão domínio sedimentar, ígneo e metamórfico. Para o primeiro, devido à heterogeneidade dos litótipos, foi mantida a divisão em formações geológicas, salvo para aquelas que dentro de um mesmo grupo possuem características hidrogeológicas semelhantes, como no caso do Grupo Rio do Peixe (Klrp).

A partir deste raciocínio foi elaborada a base geológica à escala 1:250 000, utilizando-se as cartas geológicas ou metalogenéticas, no caso da falta das primeiras, dos Projetos Fortaleza, Rio Jaguaribe e Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais cuja articulação é mostrada na figura 3.1.

Ressalta-se que a base geológica é voltada para a hidrogeologia, conservando todos os aspectos importantes litológicos e estruturais, para este estudo.

Os poços tubulares que possuem coordenadas foram plotados em folhas planialtimétricas elaboradas pelo Ministério do Exército - Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) à escala 1:100 000, resultando no quadro a seguir.

SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS	POÇOS PLOTADOS
Baixo Jaguaribe	154
Médio Jaguaribe	78
Alto Jaguaribe	415
Banabuiu	270
Salgado	710
TOTAL	1.627

Assim, dos 3 500 poços cadastrados na fase anterior, 46,5% foram plotados. A seguir, estes foram transferidos para folhas planialtimétricas executadas pelo Ministério do Exército - DSG/Ministério das Minas e Energia - SG - Projeto RADAMBRASIL escala 1:250 000.

Para que as informações referentes aos poços ficassem vinculadas à geologia, a base geológica foi superposta à base de poços no que resultou na BASE HIDROGEOLÓGICA (Anexo II, figuras 49 a 55). Sempre que possível, a localização do poço era correlacionada ao perfil geológico do mesmo.

A Base Hidrogeológica foi elaborada na escala 1:250 000 e contém as informações gerais sobre geologia, drenagem, toponímia e a distribuição espacial dos poços tubulares.

Em virtude da escala adotada e do número de poços locados, inúmeras vezes coexistem muitos

deles. Neste caso, após o número de ordem, e entre parênteses, é ressaltada a quantidade de poços que ali existem, a exemplo do número 086 (Folha 6) que tem 25, ou seja, 086 (25).

Os pontos que contêm poço(s) com análise físico-química foram destacados, mostrando bem a distribuição espacial dos mesmos.

Uma listagem relacionando número de ordem x código de cadastro foi elaborada (Anexo II 1), de forma a facilitar ao usuário a identificação do poço, sendo que para aqueles que possuem análise (s) físico-química(s) foi colocado um "A" precedendo o código de cadastro.

Neste tópico, resalta-se os trabalhos realizados por BIANCHI et al (1982) e BIANCHI et al (1984), que cadastraram e localizaram em campo 170 e 276 poços tubulares, respectivamente.

O tratamento geral dos dados foi realizado por aquífero/sub-bacia. Para a hidroquímica foi elaborado um pacote computacional que faz o balanço iônico e gera relações e gráficos de caracterização das águas subterrâneas.

A metodologia de tratamento das análises físico-químicas é descrita no item 7.2.

#### 4 BANCO DE DADOS

A crescente necessidade da organização de um banco de dados hidrogeológicos/hidroquímicos sempre foi um ponto comum a todos os Estados brasileiros e arduamente solicitado pelos técnicos que atuam neste campo.

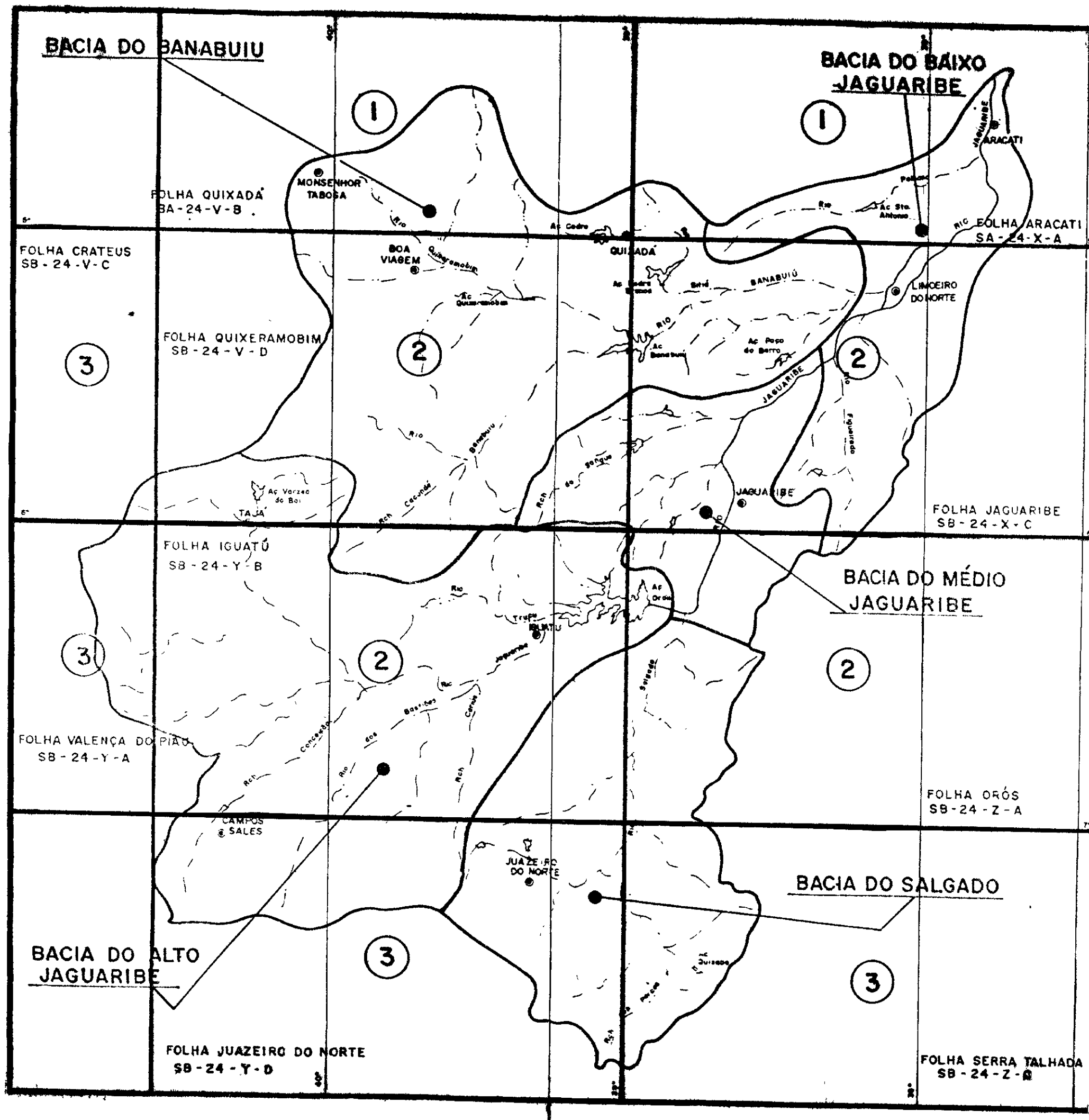
O Estado do Ceará está sendo um dos primeiros no Brasil a implantar este sistema, possuindo mais de 10 000 poços cujos dados remontam a décadas e que sempre ficaram dispersos nas companhias perfuradoras.

Existindo o banco de dados, a comunidade terá acesso às informações pertinentes às águas subterrâneas no âmbito de todo o território cearense com a extrema vantagem destas informações estarem disponíveis em um lugar comum.

#### 4.1 POÇOS

Os poços foram cadastrados em ficha-padrão codificada (figura 4.1), a fim de agilizar o cadastro e a digitação, contendo todas as informações técnicas do poço.

Os dados relativos a testes de bombeamento e testes de aquíferos não foram armazenados em fitas, apesar de cadastrados na fase do diagnóstico. O nível de informações que consta nas fichas técnicas dos poços é, no geral, precária e, muitas vezes, inexistente, exemplo disto é a ausência



**PROJETOS CONSULTADOS**

- 1 BRAGA, A. DE P.G. et al - 1981 - PROJETO FORTALEZA. DNPM / CPRM, RECIFE.
- 2 CAMPOS, M DE et al - 1979 - PROJETO RIO JAGUARIBE. DNPM / CPRM, RECIFE.
- 3 PROJETO MAPAS METALOGENÉTICOS E DE PREVISÃO DE RECURSOS MINERAIS (CARTAS METALOGENÉTICAS) - 1987 - DNPM / CPRM.



**FIGURA Nº 3.1**  
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS 1:250,000**





FIGURA 4.1  
FICHA CADASTRAL DE POÇO

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ				CODIGO DO POÇO	
PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS				N000001	
FICHA CADASTRAL DE POÇOS				CODIGO DE CAMPO	
				19/64	
MUNICÍPIO	DISTRITO	LOCAL		INÍCIO	CONCLUSÃO
2309201	01	NOVA OLÍNDIA		16/02/64	01/03/64
DADOS TÉCNICOS					
BASE CART	ALTITUDE	LATITUDE SUL		LONGITUDE OESTE	
1294		07 07 22		39 40 48	
COORDENADAS					
REAL			APROX		
MET	LOCA	AEROFOTO	RESPONSÁVEL	CREA	REGIÃO
NE				/	
BACIA	SUB-BACIA	USO	AQUIFE	SDM	TIPO
	JCB	INE		FEC	F
				ITOF	BASE
				21,0	87
DADOS CONSTRUTIVOS					
EXECUTOR		TIPO DE Sonda		PROPRIETÁRIO	
JANEF		42		SEVOME	
PERFORAÇÃO			REVESTIMENTO		
DIAM ( )	DE (m)	ATE (m)	MET	DIAM ( )	DE (m)
8	0,0	51,0	NE	6"	0,0
6	51,0	114,0	NE		
FILTROS NE					
ZONAS FENDILHADAS (CRISTALINO)					
DIAM	DE (m)	ATE (m)	TABERT (m)	DE (m)	ATE (m)
6	20,0	51,0			
PROFUNDIDADE FINAL 114,00 m					
FILTRO			DESENVOLVIMENTO		
NE			CIMENTAÇÃO		
GRANULOMETRIA (mm)	VOLUME (%)	METODO	DURAÇÃO	INTERVALO (m)	VOLUME (M3)
2		NE		a	

000037



FIGURA 4.1

FICHA CADASTRAL DE POÇO

TESTES DE PRODUÇÃO						
DATA	CRIVO (m)	DURACAO (h)	VAZAO (m <sup>3</sup> /h)	ESTATICO (m)	DINAMICO (m)	
29/02/64	55,0	12,0	3,0	11,5	4	55,0
01/03/64	55,0	12,0	2,0			
05/03/64	55,0	10,0	3,4			

PERFILAGEM	ANALISE QUIMICA		SITUALAO	CONDICOES DE EXPLORACAO		
TIPO N	SIM	NAO	SI	Q=	m <sup>3</sup> /h	ND=

INSTALACAO

MOTOR

FONTE ENERGETICA	MARCA	MODELO	POTENCIA

BOMBA

TIPO N	MARCA	MODELO	DS	FC	DD		
E P F C L O T O L O G I C O							
INTERVALO	m	LITOLOGIA	COE	GRAN/FORMA/TEX	ALTERACAO	U I	INTERC
0,0	a	35,0	NT	G	FI	0	CG
35,0	a	43,0	AG	V	00	0	00
35,0	a	43,0	AG	V	00	0	00
43,0	a	57,0	NT	Q	AF	0	00
57,0	a	77,0	SI	Q	00	0	MA
77,0	a	82,0	AC	V	00	0	00
82,0	a	110,0	GN	Q	00	0	00
	a						
	a						
	a						
	a						

PARAMETROS HIDRODINAMICOS

TRANSMISSIBILIDADE (T)	PERMEABILIDADE (K)	COEF. ARMAZENAMENTO (S)
× 10 <sup>-4</sup> - m <sup>2</sup> /s	× 10 <sup>-4</sup> - m/s	× 10 <sup>-1</sup>

000038

dos dados relativos às características hidrodinâmicas dos aquíferos

Este fato dificulta a caracterização hidrodinâmica das formações aquíferas, bem como a avaliação das reservas hídricas subterrâneas

O usuário ao solicitar a informação, terá em mão todos os dados decodificados. Esta solicitação poderá ser feita simplesmente sabendo os dados referentes à sub-bacia, município e proprietário

#### 4.2 Análises Físico-Químicas

Foi idealizada uma ficha-padrão codificada em alguns campos onde constam as características físicas e organolépticas, químicas, biocidas orgânicos sintéticos e dados bacteriológicos

Ela contém uma gama variada de elementos físico-químicos usuais às águas subterrâneas e elementos não-comuns que poderão ocorrer no caso de poluição antrópica

A fim de permitir ao usuário a compreensão das características físico-químicas da água, foi elaborado um pacote computacional (HIDROQS), que emitirá relatório sob forma de quadros e gráficos com as seguintes características

#### 4.2 a) QUADRO I - BALANÇO IÔNICO (quadro 4.2 a)

O programa listará os elementos maiores em mg/l transformará para meq/l e fará o balanço iônico que dará o erro (%). Isto será realizado para análises que tenham resultados de até sete (7) elementos maiores, pois, abaixo disto, a análise poderá ter sido feita parcialmente e isto não implicará, necessariamente, que esta seja considerada inaceitável

#### 4.2 b) QUADRO II - RELAÇÕES IÔNICAS (quadro 4.2 b)

Mostra relações iônicas comumente utilizadas em interpretações hidroquímicas. Será mais restrito às informações de cunho técnico-científico

#### 4.2 c) QUADRO III - CARACTERÍSTICAS GERAIS (quadro 4.2 c)

Retrata as características mais importantes para as águas subterrâneas, indo desde a dureza até à classificação das águas para irrigação

Os dados referentes à potabilidade, pH de saturação para cálculo do Índice de Saturação pelos métodos de LANGELIER e RYSNAR, classificação de PIPER (fácies hidroquímica) e Classificação Para Irrigação, são obtidos dos diagramas das figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5, respectivamente

A solicitação destas informações poderá ser realizada da seguinte maneira

- análise individual o requerimento é feito através do código da análise. Este segue uma ordem numérica para cada município

Exemplo JUN 0001

JUN 0002, etc

JUN = Juazeiro do Norte,

- através do código da fonte o usuário dirá se a análise pertence a poço tubular (T), poço escavado (E), fonte (F) ou água superficial (S),

- por município (1),

- por base cartográfica (2),

- por bacia hidrográfica (3),

- por sub-bacia hidrográfica (4),

- por aquífero (5),

- por dupla combinação o usuário usará combinações, tais como

(1,2) (1,3) (1,4) (1,5)

(2,3) (2,4) (2,5)

(3,4) (3,5)

(4,5)

Exemplo aquífero/sub-bacia (5,4)

base cartográfica/aquífero (2,5)

Para esclarecer quaisquer dúvidas a respeito da utilização do Programa, recomenda-se consultar o guia do usuário no final deste relatório

### 5 SUB-BACIAS HIDROGEOLÓGICAS

As cinco sub-bacias hidrogeológicas que constituem a Bacia do Jaguaribe serão tratadas, individualmente, como sub-bacias hidrogeológicas

#### 5.1 Sub-Bacia do Salgado

##### 5.1.1 Características Gerais

Esta sub-bacia está situada no extremo sul do Estado, abrangendo uma área de 12.216 km<sup>2</sup> dos quais 47% são ocupados por rochas sedimentares que se situam, predominantemente, na porção sul da bacia, constituindo a feição morfológica denominada Chapada do Araripe, com altitudes de até 900 metros

Esta área tem sido objeto de um grande número de trabalhos desde SPIX & VON MARTIUS, 1820 (in SUDENE/ASMIC, 1967). Porém, dentre todos ressalta-se o estudo desenvolvido pelo Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe - GVJ

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO-I - BALANÇO IÔNICO

QUADRO-4.2.a

Aquífero  
Sub-Bacia

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l - meq/l - X meq/l)									SOMA DOS SOMAS DOS				
			Na	K	Ca	Mg	HCO3	CO3	SO4	Cl	NO3	CATIONS	ANIONS	ESD		
			(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)

SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO-II RELAÇÕES IÔNICAS (meq/l)

QUADRO-4.2.b

Aquífero  
Sub-Bacia

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	TR	TR	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Na/No)	(Na/(Ca+Mg))	(Cl) <sup>2</sup> /P3	(Cl)/SO4

SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO-III - CARACTERÍSTICAS GERAIS

QUADRO-4.2.c

Aquífero  
Sub-Bacia

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	CALCINIDADE TOTAL	DUREZA CaCO3	STP (mg/l)	Resíduo Sólido (mg/l)	Cond Eletr (µS/cm)				pH	pH	Class	POTABILIDADE Schoeller & Berkaloff	ÍNDICE DE SATURAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO					
							Campo	25°C	Campo	Lab					PIPER	LANCELOT	RYZMAR	SAR	Classe	Risco	Risco	
																VALOR	CARATER	VALOR	CARATER		de	de



**FIGURA 4.1A**  
**DIAGRAMA DE Schoeller & Berkaloff PARA CLASSIFICAÇÃO**  
**DAS ÁGUAS QUANTO A POTABILIDADE**

**SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA**  
**PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS**  
**DIAGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DE POTABILIDADE**  
**(Schoeller & Berkaloff)**

Diagrama de Potabilidade (meq l<sup>-1</sup>)

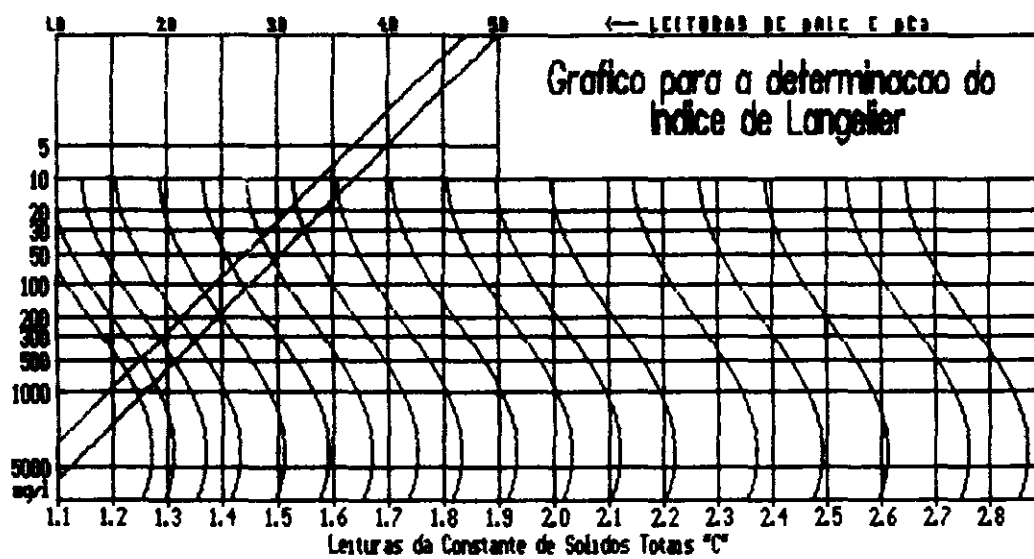
BOA	PARSUAEL	MEDIOCRE	MA	NOBENT.	NAO POTAVEL
	10				100
					Ca <sup>++</sup>
					Mg <sup>++</sup>
					K <sup>+</sup> + Na <sup>+</sup>
					Cl <sup>-</sup>
					SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
					CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>
					NO <sub>3</sub>

Aquífero  
 Sub-bacia  
 No de Amostras

000041

**FIGURA 4.2**  
**DIAGRAMA PARA O CÁLCULO DO pH DE SATURAÇÃO**

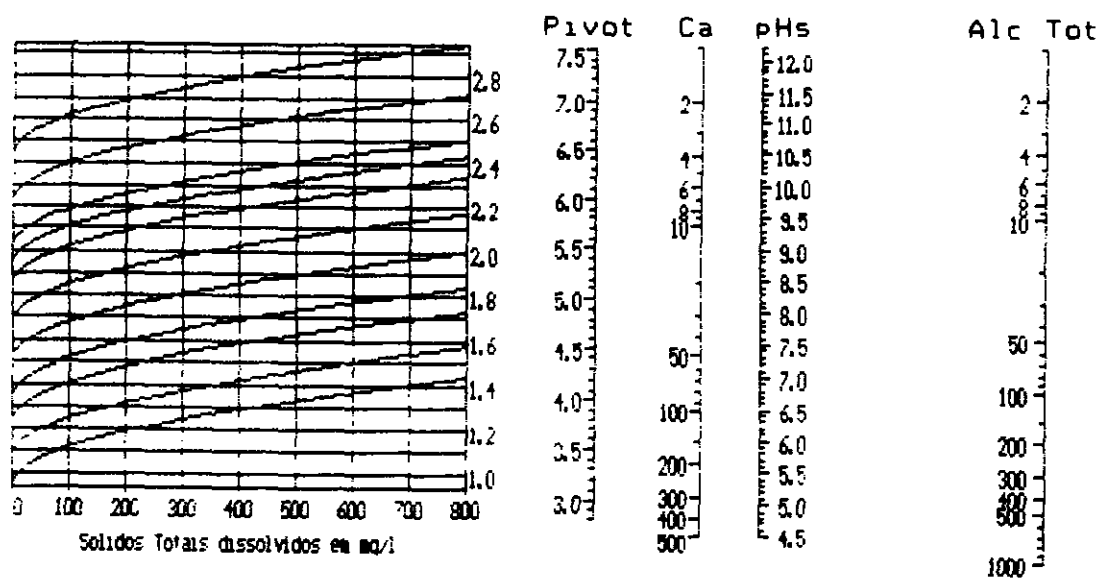
SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE LANGELIER



Aquífero  
 No de Amostras

**FIGURA 4.3**  
**DIAGRAMA PARA CÁLCULO DO pH DE SATURAÇÃO**

**SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA**  
**PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**DETERMINAÇÃO DO pH DE SATURAÇÃO (FÓRMULA DE LANGELIER)**



Aquífero  
Sub-bacia  
No de Amostras

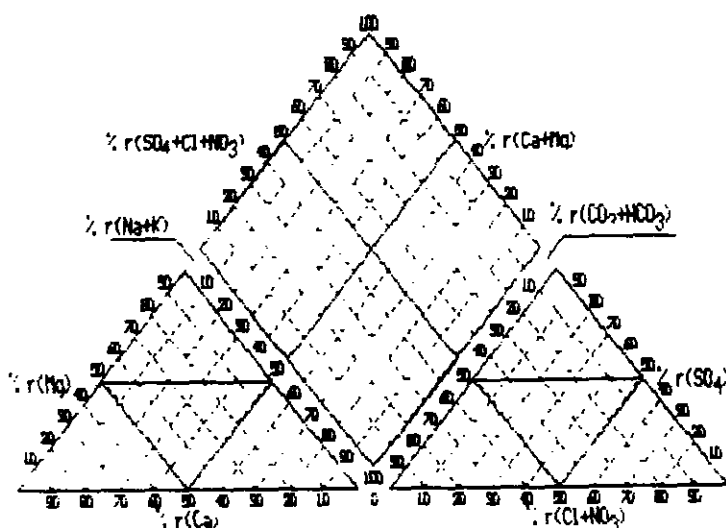
FIGURA 4.4

DIAGRAMA DE Piper (CLASSIFICAÇÃO DO FÁCIES  
HIDROQUÍMICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS)

SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

DIAGRAMA DE PIPER

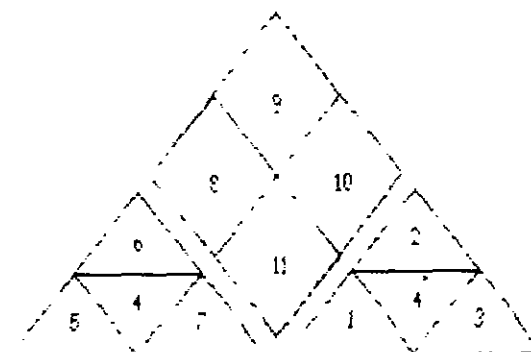


Aquífero

Sub-bacia

No de Amostras

- 1 Bicarbonatada
- 2 Sulfatada
- 3 Clorurada
- 4 Mista
- 5 Calcica
- 6 Magnesiana
- 7 Sodica
- 8 Bicarbonatada Calcica e/ou Magnesiana
- 9 Sulfatada Calcica e/ou Clorurada Calcica e/ou Magnesiana
- 10 Clorurada Sodica e/ou Sulfatada Sodica
- 11 Bicarbonatada Sodica



000044

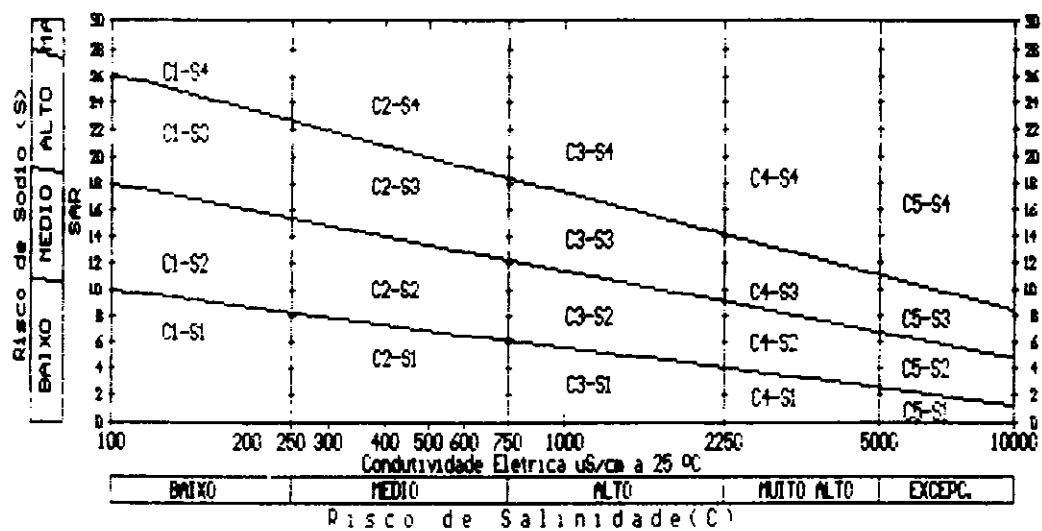


**FIGURA 4.5**  
**DIAGRAMA PARA CLASSIFICAÇÃO DAS**  
**ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO**

SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

DIAGRAMA DO U S Salinity Laboratory PARA A CLASSIFICAÇÃO DE ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO



Aquífero  
 Sub-bacia  
 No de Amostras

000045

(SUDENE/ASMIC, op cit) pela sua abrangência, cuja denominação faciológica foi aqui conservada e é utilizada comumente pelos órgãos públicos e empresas particulares que trabalham com hidrogeologia

A Formação Feira Nova (KISfn), denominada por outros autores de Formação Exu (in FRACALOSSI Jr, 1986), situa-se no topo da chapada, sendo constituída por uma sequência de arenitos friáveis, vermelhos a róseos, granulometria média no geral, e algumas vezes caulínticos. Na base destes arenitos encontra-se a Formação Santana (KIs), representando a encosta da chapada e constituída por margas, argilas, calcários e gipsitas. A depressão periférica é ocupada pela Formação Missão Velha (JSmv) formada predominantemente por arenitos, geralmente grosseiros, sotopostos à Formação Santana, que recobrem os argilitos, folhelhos, siltitos, margas e arenitos finos da Formação Brejo Santo (JSbs) e, em parte, os arenitos conglomeráticos da Formação Mauriti (SDm), também denominada de Formação Cariri.

Sobrepondo-se a toda sequência sedimentar mais antiga, existem os aluviões, algumas pequenas manchas de sedimentos terciários e uma faixa de colúvios ao longo da base da escarpa da chapada, sendo que, exceto os aluviões, os outros não aparecem no mapa devido à escala adotada.

No extremo norte da bacia aparecem manchas esparsas do Grupo Rio do Peixe (Klrp) composto por arenitos, conglomerados, siltitos, folhelhos e níveis carbonáticos.

No centro-norte e no extremo sudeste da bacia aflora o embasamento Pré-cambriano constituído por rochas metamórficas diversas e ígneas.

A região do Cariri detém as melhores unidades aquíferas do Estado. A importância que a água subterrânea assume no abastecimento público é demonstrada no fato de que só a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) abastece quinze (15) dos dezesseis (16) municípios localizados na bacia, através de poços tubulares ou fontes da escarpa do Araripe (FRACALOSSI Jr, op cit), sem contar outros municípios que também utilizam água subterrânea porém não da CAGECE como por exemplo Crato.

Segundo o GVJ (SUDENE/ASMIC, op cit), 65 fontes drenam para o Cariri Ocidental, vertente norte do Araripe, onde, se encontram os Municípios de Crato e Juazeiro do Norte, uma vazão média de 740 l/s, ou seja, um volume de  $2,33 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano que drenam para o aquífero Missão Velha, e também alimentam os rios que ali nascem pertencentes à Bacia do Rio Salgado.

Estima-se que existam mais de 1 200 poços tubulares na sub-bacia do Salgado. Porém, somente 710 poços puderam ser plotados em mapa, face a inexistência de coordenadas ou croquis de localização.

A distribuição anual dos poços perfurados pode ser visualizada na figura 5 1, demonstrando que na década de 80 foi que mais se perfurou nesta sub-bacia. Nela estão os poços mais profundos do Estado, atingindo até 250 metros e com vazões que alcançam 150 m<sup>3</sup>/h, trabalhando em regime de 24 h/dia.

## 5 1 2 Unidades Aquíferas Sedimentares

Como as formações sedimentares da sub-bacia do Salgado são distintas hidrogeologicamente, serão tratadas individualmente.

### 5 1 2 1 Aluviões (QHa)

As faixas aluviais ocupam 869,4 km<sup>2</sup> e possuem larguras, espessuras e permeabilidades variáveis.

As planícies aluviais mais importantes são as do Rio Salgado e dos Riachos dos Carás, Batateiras, da Vargem, Jenipapeiro e dos Porcos, onde podem atingir larguras da ordem de 2,5km. Da análise de 22 poços localizados sobre esta unidade, BIANCHI et al (1984) determinaram uma espessura média de 4,3m, com um mínimo e máximo de 3 e 10m, respectivamente.

A figura 5 2 mostra que os poços tubulares perfurados em aluviões restringem-se a década de 70 e que as profundidades no geral não ultrapassam os 20m (figura 5 3), com média de 8m (13 poços).

As capacidades específicas desta unidade são elevadíssimas, com 40% acima de 5 (m<sup>3</sup>/h)/m (figura 5 4), e média de 18,39 (m<sup>3</sup>/h)/m (13 poços), vazão média de 11 m<sup>3</sup>/h (13 poços), nível estático médio de 3,5 m (13 poços) e dinâmico de 5,9 m (13 poços).

Do estudo realizado por BIANCHI et al (1984), onde foram cadastrados 61 poços tubulares sobre esta unidade, verifica-se que 51 (94,4%) possuem vazões acima de 3m<sup>3</sup>/h. Dos 61 poços, 10 encontravam-se obstruídos, ou abandonados, 9 sem destinação específica e 42 (68,9%) eram utilizados para abastecimento público, doméstico, pecuária e irrigação.

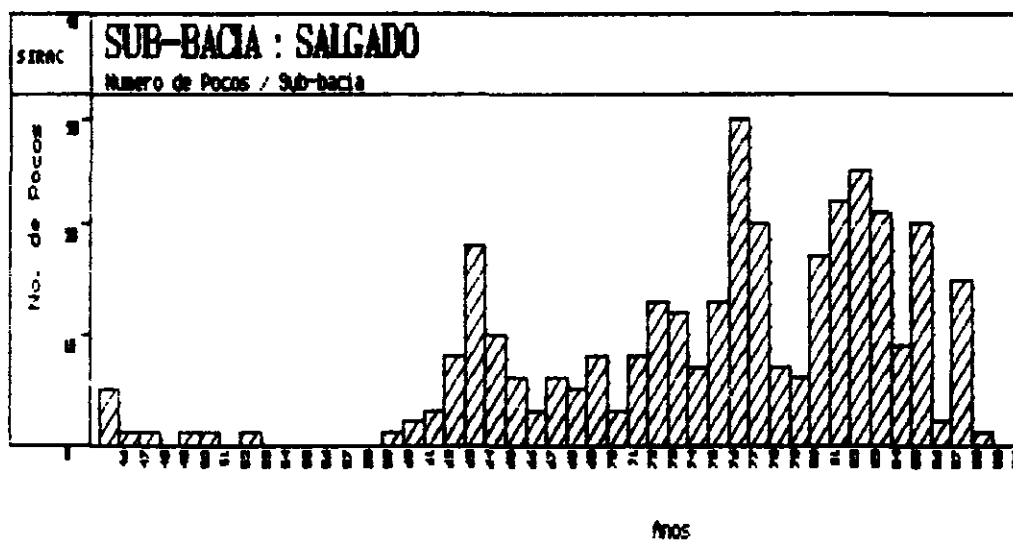
### 5 1 2 2 Formação Feira Nova (KISfn)

A rede hidrográfica no topo da chapada é praticamente inexistente, denotando a boa permeabilidade dos arenitos da Formação Feira Nova, que ostentam espessura de 300m (SUDENE/ASMIC, 1967) e ocupam uma área de 1 729,4km<sup>2</sup> na sub-bacia do Salgado e de 636,9km<sup>2</sup> na do Alto Jaguaribe, representando um aquífero do tipo livre.

No atual cadastro, somente dois poços foram plotados sobre esta unidade litológica. Dados obtidos pela SUDENE/ASMIC, op cit, baseados em estudos hidrogeológicos, deram para esta formação as seguintes características hidrodinâmicas:

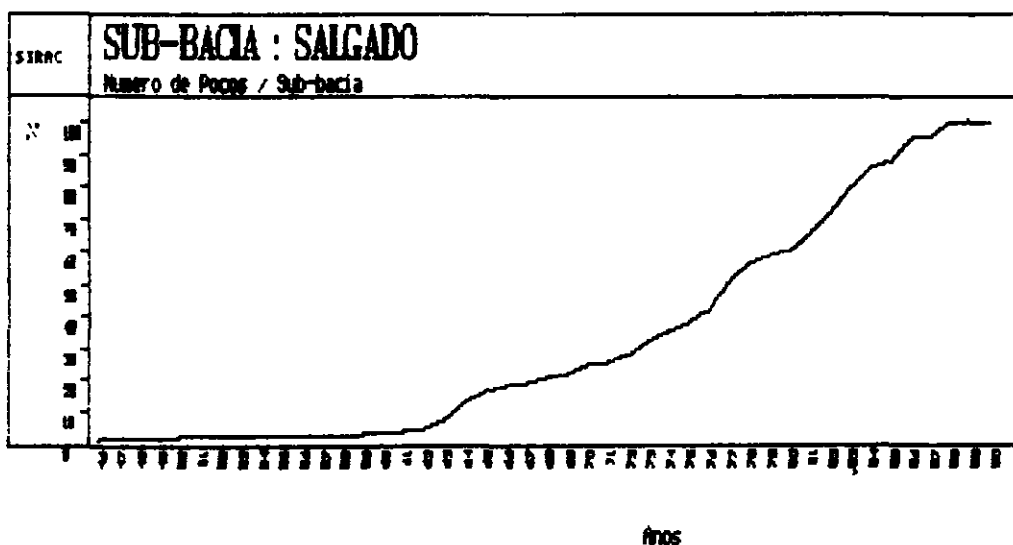
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 5.1**  
**DISTRIBUIÇÃO ANUAL DOS POÇOS TUBULARES**  
**PERFURADOS NA BACIA DO SALGADO**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Poços Analisados 331

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



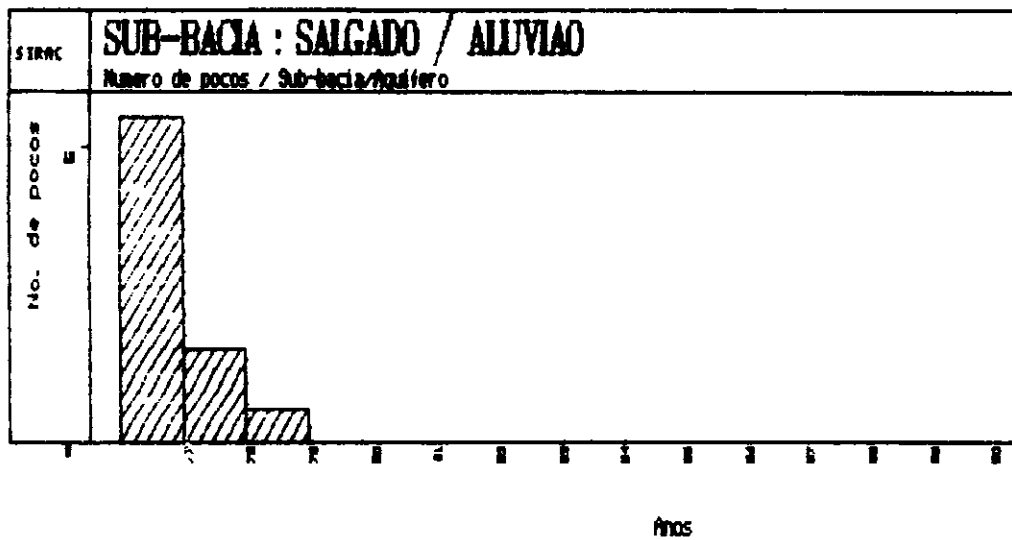
000047

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.2

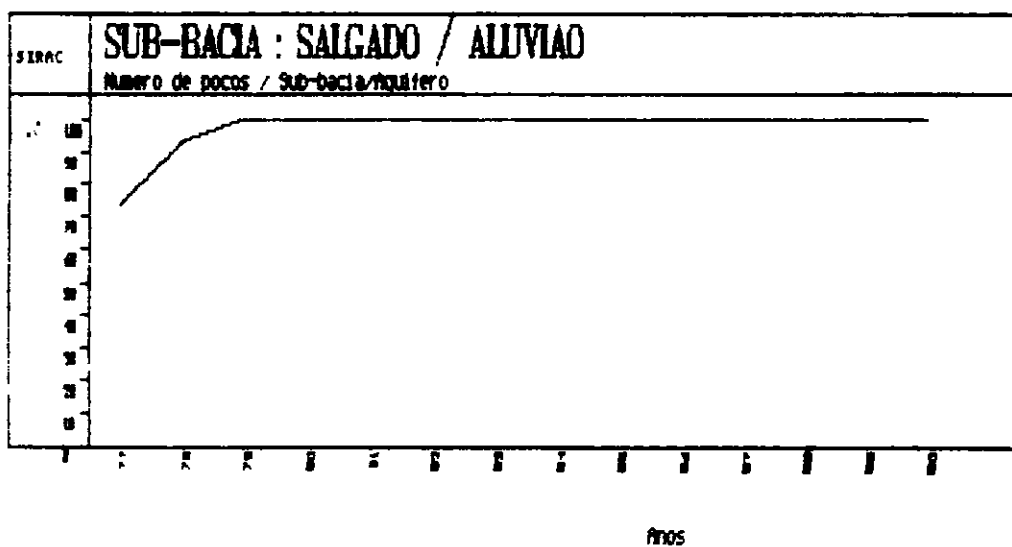
DISTRIBUIÇÃO DOS POÇOS TUBULARES  
PERFURADOS EM ALUVIÕES - BACIA  
DO SALGADO

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 15

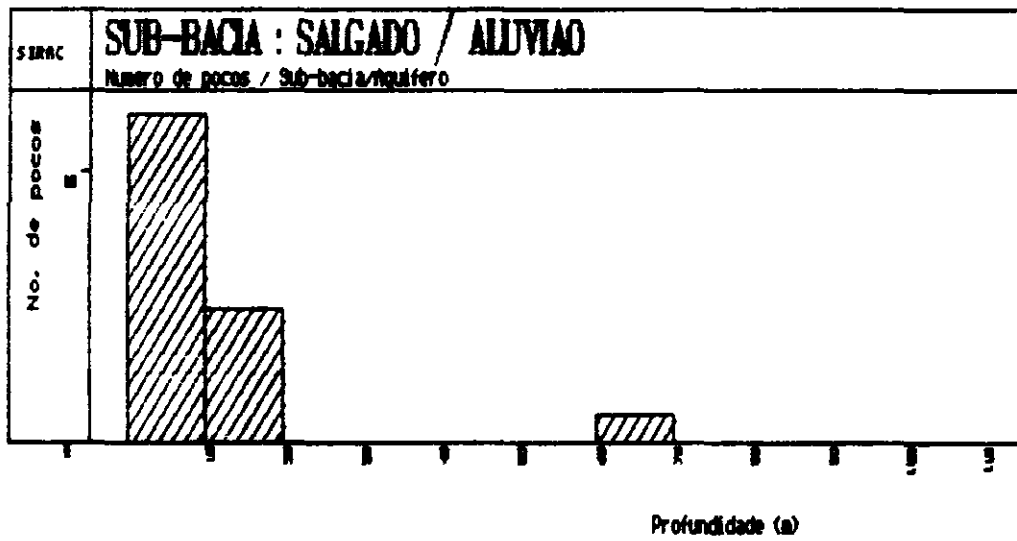
FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



000048

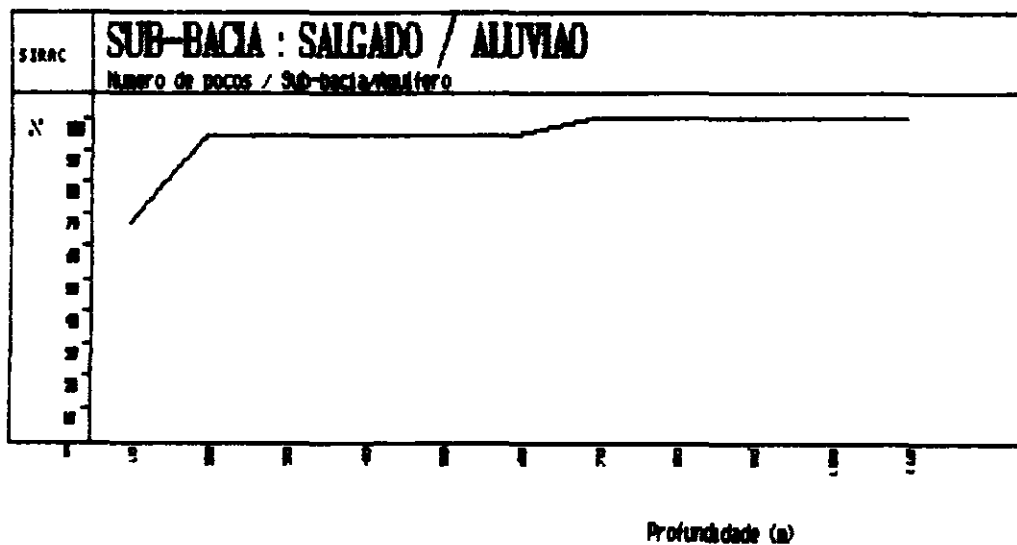
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 5.3**  
**PROFUNDIDADE DOS POÇOS TUBULARES NOS ALUVIÕES**  
**BACIA DO SALGADO**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados      18

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



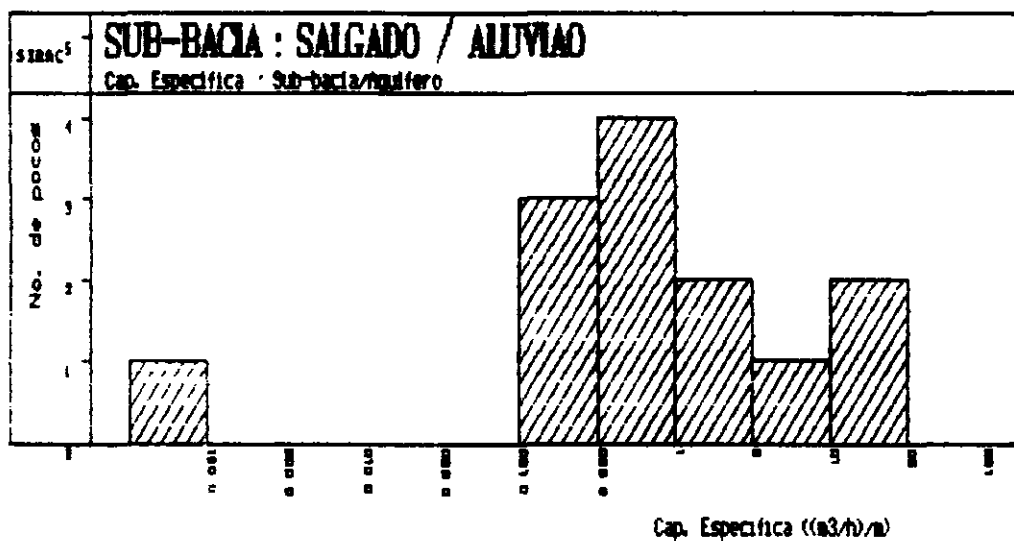
000049

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.4

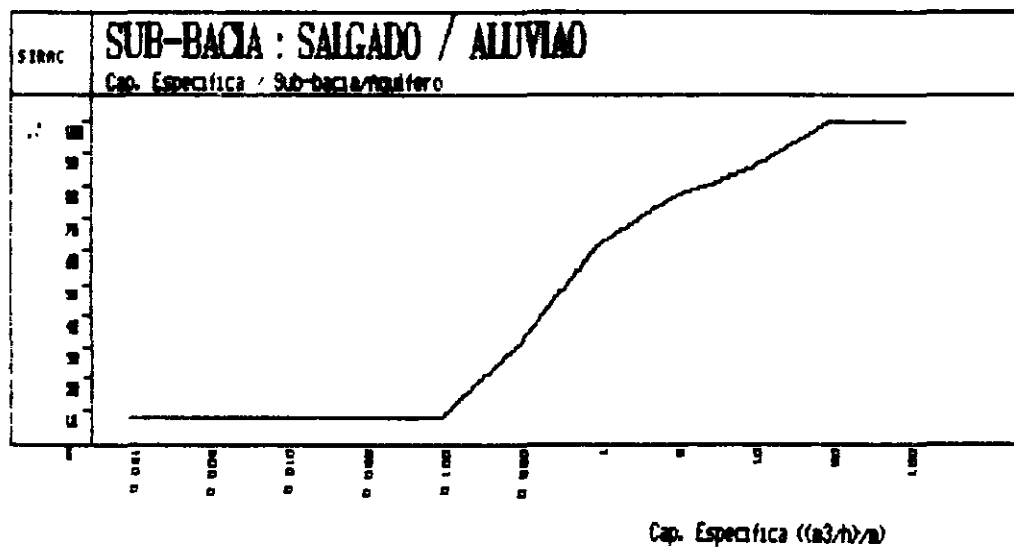
CAPACIDADE ESPECÍFICA DOS ALUVIÕES -  
BACIA DO SALGADO

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 13

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA





Transmissibilidade (T) =  $2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

Permeabilidade (K) =  $3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

O valor obtido para a permeabilidade é muito baixo, refletindo uma granulometria muito fina e uma grande compactação destes arenitos em profundidade

Das informações contidas nas fichas de cadastro de 2 poços localizados sobre este aquífero, obtiveram-se as seguintes características médias para o Feira Nova

- Vazão (Q)	= 11,80 (m <sup>3</sup> /h)
Nível estático (N.E.)	= 14,70 (m)
- Nível dinâmico (N.D.)	= 45,00 (m)
Capacidade específica (C.E.)	= 0,42 (m <sup>3</sup> /h)/m
- Profundidade do poço	= 75,00 (m)

A alimentação deste aquífero é exclusivamente pluvial, sendo que a precipitação média é da ordem de 700 mm/ano. Exceto a diminuta parte desta precipitação que se perde por escoamento superficial ou por evapotranspiração, o restante infiltra-se para a base dos arenitos até encontrar as camadas semi-impermeáveis da Formação Santana, ponto em que escoam lateralmente até aflorar e formar as fontes, exutório visível das águas subterrâneas da Chapada do Araripe

Existem aproximadamente 120 fontes ao redor da chapada, produzindo um volume aproximado de 900 l/s, correspondente ao mínimo estipulado após medições do GVJ (SUDENE/ASMIC, op cit), e para as quais se atribuem entre 5 a 10% das vazões dos rios que nascem no sopé da escarpa

Outro exutório das águas subterrâneas são as infiltrações através dos estratos da Formação Santana, que, apesar de terem uma baixa permeabilidade, possuem espessuras consideráveis, da ordem de 250 a 300m, e uma superfície de 643,2km<sup>2</sup>. Estas águas migram para o aquífero Missão Velha, sotoposto à Formação Santana

#### 5 1 2 3 Formação Santana (KIs)

As características litológicas desta formação não a colocam como aquífero e sim como um aquíclodo e as fontes de contato entre esta e o Feira Nova bem demonstram o fato

No âmbito da sub-bacia do Salgado ela aflora em 336,9km<sup>2</sup>, e 306,3km<sup>2</sup> no Alto Jaguaribe, totalizando 643,2km<sup>2</sup>

Raros são os poços perfurados nesta formação. As características de um poço neste domínio são mostradas abaixo

BIANCHI et al (1984) cadastraram 10 poços perfurados nesta formação, sendo que 5 eram utilizados para abastecimento doméstico e 5

- Vazão (Q)	= 1,30 (m <sup>3</sup> /h)
- Nível estático (N.E.)	= 11,50 (m)
- Nível dinâmico (N.D.)	= 41,00 (m)
- Capacidade específica (C.E.)	= 0,04 (m <sup>3</sup> /h)/m
- Profundidade do poço	= 75,00 (m)

encontravam-se abandonados

Os dados obtidos por estes autores corroboram os atuais, sendo que dos 10 poços 44% possuíam vazões entre 1 e 3m<sup>3</sup>/h

Apesar de funcionar como um filtro entre o Feira Nova e o Missão Velha, a Formação Santana não se apresenta como reservatório

#### 5 1 2 4 Formação Missão Velha (JSmv)

Esta formação se constitui no aquífero mais importante do Cariri Ocidental e do Estado do Ceará, ocupando uma superfície aflorante de 1 069,4km<sup>2</sup>, dos quais 1 058,2km<sup>2</sup> pertencem à sub-bacia do Salgado e o restante ao Alto Jaguaribe

Esta unidade vem sendo explorada há anos (figura 5 5), porém, nas últimas duas décadas ocorreu um aumento significativo de perfuração de poços devido a um maior crescimento populacional, e, conseqüentemente, maior consumo de água, e pelo fato da CAGECE ter pesquisado e definido o abastecimento público de vários municípios da região através de água subterrânea

Atualmente é o aquífero mais perfurado no contexto da Bacia do Salgado

A unidade compreende um complexo sistema aquífero no qual se destaca um membro inferior arenoso, entremeado por margas e argilitos, contendo água sob pressão, e um membro superior também arenoso, em sua maior parte freático, mas que pode apresentar confinamentos locais e mesmo poços surgentes. Este membro superior é explorado pela CAGECE para os abastecimentos de Juazeiro do Norte, Barbalha, Missão Velha, Brejo Santo e pelo SAECC da cidade do Crato

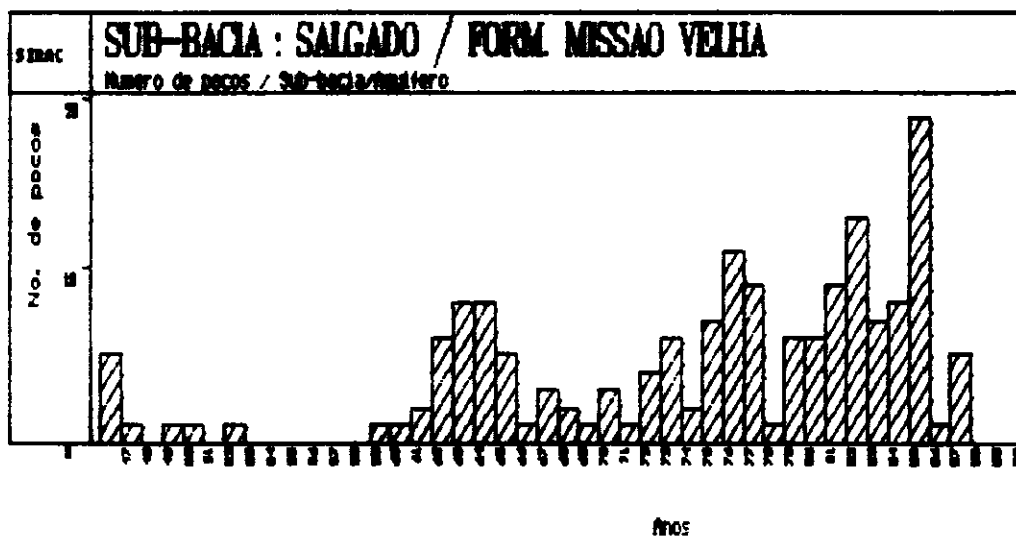
O GVJ (SUDENE/ASMIC, 1967) estimou espessuras de 250 a 300m para o Missão Velha, enquanto (CRUZ & FRANÇA, 1970) estimaram na ordem de 200m. Os estudos realizados pela CAGECE (FRACALOSSO Jr, 1986) demonstram uma espessura média de 130m, com mínima de 70 m e máxima de 195 metros, utilizando dados de 27 poços. A recarga do aquífero é realizada através das infiltrações profundas das águas do Feira Nova que percolam a Formação Santana, estimadas em  $2 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$ , além do potencial que as fontes liberam para o Cariri Ocidental, gerando uma vazão média de 740 l/s, ou seja,  $23,3 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$ , que além de reabastecer a rede de drenagem ali oriunda, reabastece superficialmente o aquífero Missão Velha (SUDENE/ASMIC, op cit). Ainda mais, a infiltração

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.5

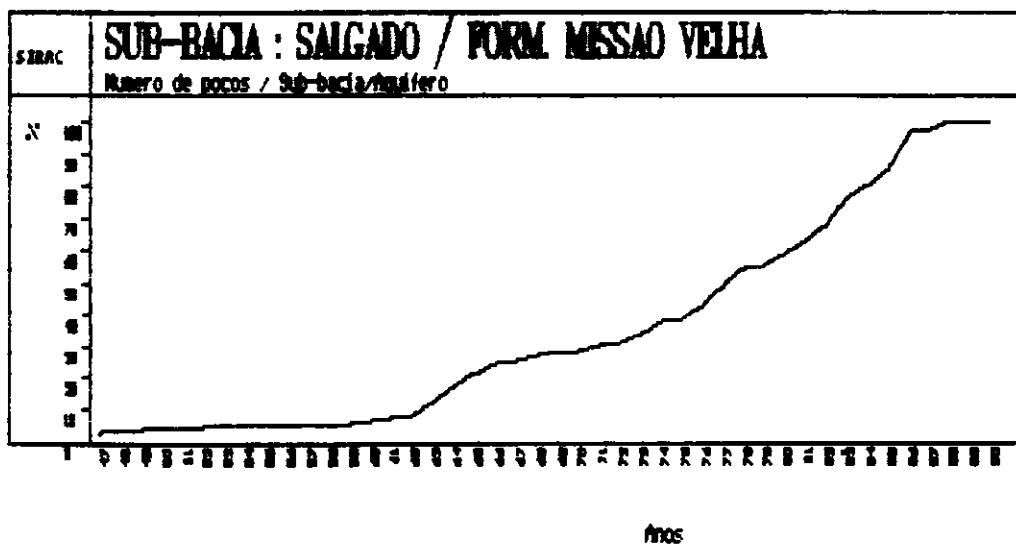
DISTRIBUIÇÃO ANUAL DOS POÇOS TUBULARES  
PERFURADOS NO MISSÃO VELHA -  
BACIA DO SALGADO

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Poços Analisados 165

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA





pluvial direta ocorre em toda a extensão subárea desta unidade aquífera

Os exutórios das águas do Missão Velha são, essencialmente, os rios e a evapotranspiração

A figura 5 6 mostra que as profundidades dos poços perfurados sobre esta unidade é muito variável, porém sobressai o intervalo de 80 a 110m, sendo que BIANCHI et al (1984) citam poço com até 250m perfurado no Município de Barbalha

O quadro 5 1 mostra as características médias dos poços para o aquífero Missão Velha

FONTE CONSUL	Q (m <sup>3</sup> /h)	N.E. (m)	N.D. (m)	CAP. ESP. (m <sup>3</sup> /h)/m	PROF.DOS POÇOS(m)
A	15,8 (57)	23,6 (68)	33,8 (68)	2,01 (57)	75,7 (68)
B		6,8 (23)	-	7,40 (23)	133 (25)
C	8,4 (20)	23,3 (20)	39,4 (20)	1,26 (20)	68,2 (20)

( ) Número de parâmetros utilizados para o cálculo da média

A = BIANCHI et al. 1984  
B = FRACALOSSI Jr 1986  
C = PERH. 1990

Ressalta-se que os dados utilizados por BIANCHI et al, op cit , e no PERH, são oriundos do cadastro de poços em órgãos públicos e firmas particulares, enquanto que FRACALOSSI Jr (op cit ) utilizou dados exclusivos da CAGECE Os dados de BIANCHI et al e os utilizados pelo PERH são muito semelhantes, com exceção da vazão média, e isto pode ser reflexo do número de poços utilizados para o cálculo

Admitindo que a capacidade específica oscila entre 1,26 e 7,40 (m<sup>3</sup>/h)/m, verifica-se que cerca de 50% dos poços possuem valores acima de 5 (m<sup>3</sup>/h)/m (figura 5 7), demonstrando um grau de eficiência muito alto para os poços que captam água deste aquífero

Os testes de bombeamento realizados pela CAGECE no dimensionamento de suas baterias de poços em Juazeiro do Norte (7 poços), Barbalha (2 poços), Missão Velha (1 poço) e Brejo Santo (3 poços), forneceram valores de permeabilidade cuja média é  $K = 4,99 \times 10^{-5}$  m/s e para a transmissibilidade um valor médio de  $T = 4,93 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (FRACALOSSI Jr, op cit.) Os valores de permeabilidade (k) e transmissividade (T) são mais altos do que aqueles obtidos pelo GVJ (SUDENE/ASMIC, op cit.) estabelecidos em  $K = 1,6 \times 10^{-5}$  m/s e  $T = 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s após a interpretação de dois ensaios de bombeamento realizados em Juazeiro do

Norte e Missão Velha, porém refletem um maior número de testes e são aqui adotados

Os valores encontrados pela CAGECE (in BIANCHI et al, op cit ) para o coeficiente de armazenamento ( $S = 1,0 \times 10^{-3}$ ,  $S = 2,5 \times 10^{-4}$ ) e pelo GVJ ( $S = 8 \times 10^{-3}$ ,  $S = 8 \times 10^{-4}$ ) mostram dispersão de dados, porém, o valor médio  $S = 2,5 \times 10^{-3}$  mostra-se compatível com a condição aquífera e é, desta forma, adotado neste trabalho

#### 5 1 2 5 Formação Brejo Santo (JSbs)

Ocupa uma área de 553,8km<sup>2</sup> na sub-bacia do Salgado, sendo constituída por argilitos e folhelhos com intercalações de níveis arenosos e margas Esta composição litológica a exclui da classificação de aquífero

Esta formação separa o aquífero Missão Velha do Mauriti (CRUZ & FRANÇA, 1970) e são raros os poços existentes nela, e, conseqüentemente, não existem dados hidrogeológicos que possam caracterizá-la

#### 5 1 2 6 Formação Mauriti (SDm)

Os arenitos de granulometria média a conglomerática, esbranquiçados e com um nível de silicificação que aumenta em profundidade, constituem a segunda formação aquífera mais explorada na sub-bacia do Salgado, principalmente pela CAGECE, que através de poços tubulares captando esta formação abastece as cidades de Abaiara, Barro, Jati, Mauriti, Milagres, Nova Olinda e Penaforte (FRACALOSSI Jr, 1986)

Aflorando em uma área de 987,5km<sup>2</sup>, é ainda pouco estudada hidrogeologicamente, a não ser pela CAGECE, que dela necessita para suprir as demandas das cidades que lhe estão sobrepostas

A figura 5 8 evidencia o pequeno número de poços perfurados sobre esta unidade

A profundidade média dos poços neste aquífero é de 95m, sendo que cerca de 70 % situa-se entre 70 e 110m (figura 5 9) Porém, a profundidade média obtida dos poços perfurados para a CAGECE é de 130m, com espessura saturada média do aquífero de 82, sendo de 30 e 150m as espessuras mínima e máxima, respectivamente (FRACALOSSI Jr, op cit )

O quadro 5 2 sintetiza as características médias dos poços perfurados no âmbito deste aquífero

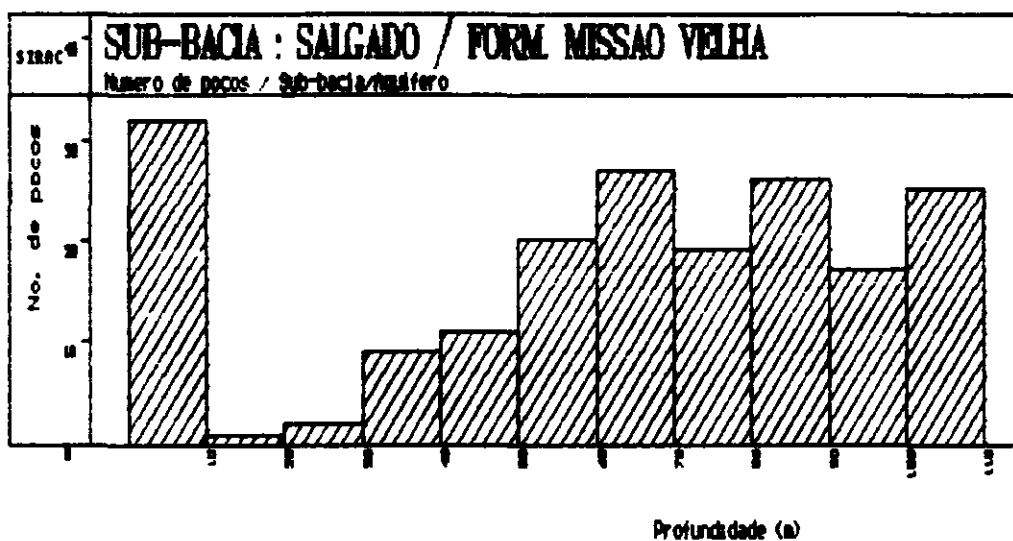
FONTE	Q (m <sup>3</sup> /h)	N.E. (m)	N.D. (m)	CAP. ESP. (m <sup>3</sup> /h)/m	PROF.DOS (m)
A	8,6(7)	12,1(7)	37,2(7)	0,407(7)	65,2(7)
B	-	-	7,3(21)	1,030(21)	130,0(22)
C	10,5(11)	12,0(11)	28,7(11)	0,68(11)	95,0(11)

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.6

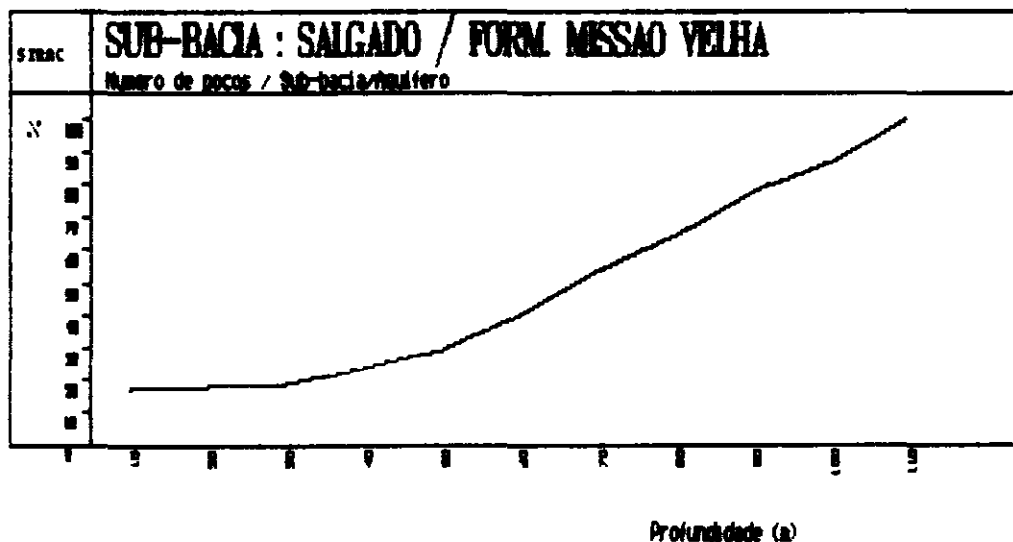
PROFUNDIDADE DOS POÇOS TUBULARES NO  
MISSÃO VELHA - BACIA DO SALGADO

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 189

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



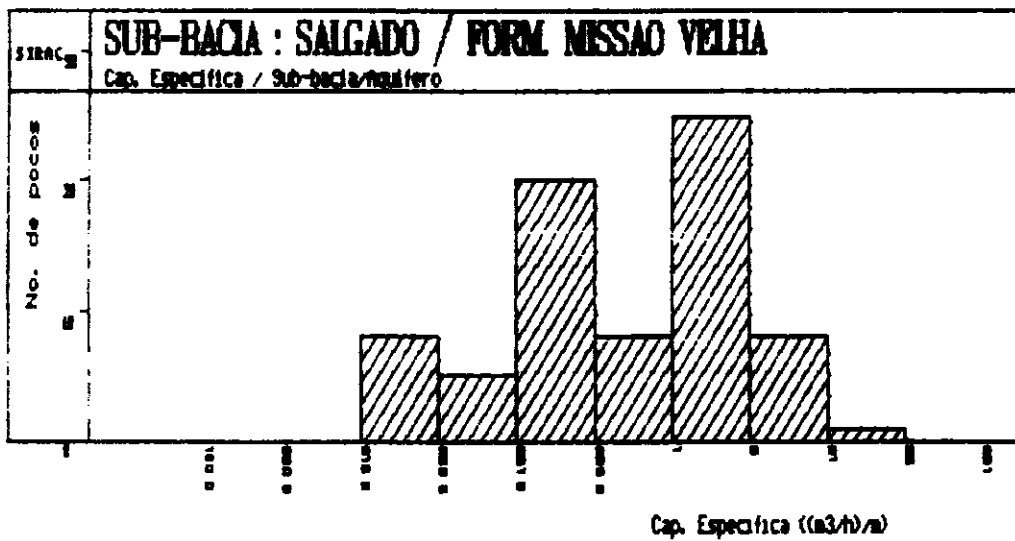


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.7

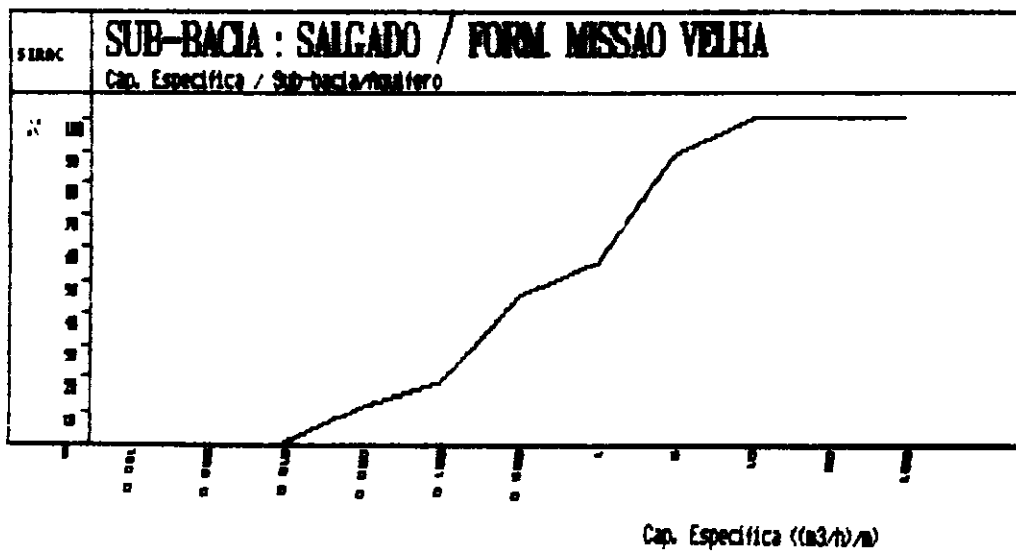
CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS  
TUBULARES DO MISSÃO VELHA -  
BACIA DO SALGADO

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 75

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



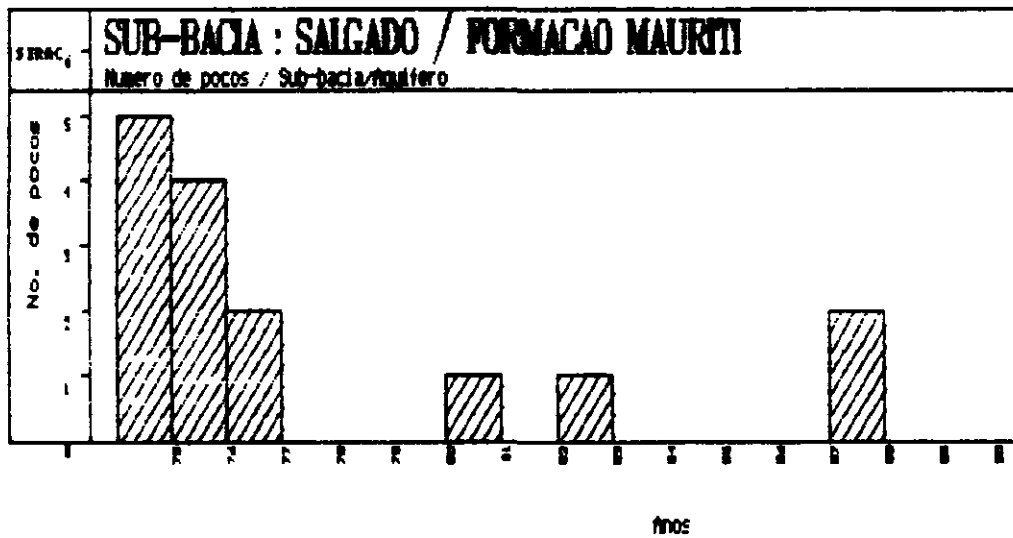
000055

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.8

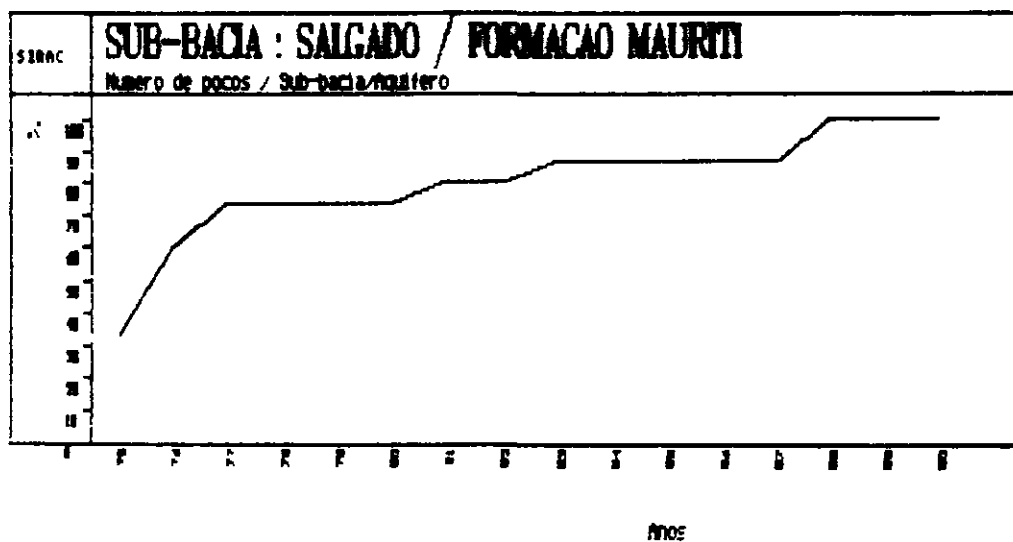
DISTRIBUIÇÃO DOS POÇOS TUBULARES  
NA FORMAÇÃO MAURITI -  
BACIA DO SALGADO

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Pocos Analisados 15

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



( ) Número de parâmetros utilizados para o cálculo da média

A = BIANCHI et al, 1984  
 B = FRACALLOSSI Jr, 1986  
 C = PERH, 1990

Ressalta-se que os valores apresentados por FRACALLOSSI Jr, op cit, são oriundos de poços perfurados e acompanhados pela CAGECE

As capacidades específicas mais comuns situam-se entre 2 e 10 (m<sup>3</sup>/h)/m (figura 5 10) Isto parece incongruente quando se atenta para o fato de que a capacidade específica média obtida foi de 0,68 (m<sup>3</sup>/h)/m, porém, reflete que poços possuindo pequenos rebaixamentos, consequentemente maiores capacidades específicas, foram englobados no cálculo da média Possivelmente são poços localizados sobre manchas aluvionares e que alcançam o Mauriti

Nesta avaliação hidrogeológica, o aquífero Mauriti é considerado como um aquífero livre em sua área aflorante, muito embora se tenha possibilidades de confinamento superior através de níveis argilosos da Formação Missão Velha (BIANCHI et al, op cit)

Valores médios de permeabilidade (K) igual a  $2,97 \times 10^{-6}$  m/s e transmissibilidade (T) de  $2,43 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (FRACALLOSSI Jr, op cit) parecem baixos comparados com as vazões médias obtidas Os poços no geral, estão sendo subutilizados, pois se considerarmos a espessura saturada média obtida nos poços da CAGECE, que é de 82m, com mínima de 30m e máxima de 150m, o rebaixamento pode facilmente duplicar e, considerando a capacidade específica de 0,68 (m<sup>3</sup>/h)/m, ter-se-á uma vazão média de 22,7 m<sup>3</sup>/h Por outro lado, permite um uso racional do aquífero no caso da utilização de baterias de poços

BIANCHI et al (op cit) propuseram para a porosidade eficaz um valor de  $5 \times 10^{-3}$ , face o caráter freático do aquífero associado, ainda, à granulometria

#### 5 1 2 7 Grupo Rio do Peixe (Klrp)

É composto pelas Formações Piranhas, Sousa e Antenor Navarro, porém, em face da composição litológica (arenitos, siltitos, folhelhos e níveis carbonáticos), praticamente comum a todas, para a hidrogeologia elas foram englobadas e receberam a designação do Grupo e ocorrem nas Bacias sedimentares de Iguatu, Icó, Lavras da Mangabeira, Lima Campos e Rio do Peixe (CAMPOS et al. 1979)

Na sub-bacia do Salgado esta unidade ocupa faixas esparsas na porção centro-norte, totalizando uma área de 200km<sup>2</sup> Foram plotados em mapa somente 5 poços, número diminuto levando-se em conta a existência de quase 100 poços cadastrados para o Grupo Rio do Peixe

No geral, tem-se o quadro abaixo

SUB-BACIA	ÁREA OCOR km2	Nº DE POÇOS	Q m3/h	N.E. (m)	N.D. (m)	C.E. (m3/h)/m	PROF. POÇOS (m)
SALGADO MÉDIO	200,0	5	1,9	7,3	38,2	0,06	62,2
JAGUARIBE ALTO	101,3	85	13,3	12,5	44,8	4,36	76,0
JAGUARIBE	267,5	-	-	-	-	-	-

As características litológicas mostram que, no geral, as sequências areno-silto-argilosas com níveis carbonáticos das formações que compõem o Grupo Rio do Peixe pertencem mais à classificação de aquíferos, com exceção das camadas mais superficiais, compostas por arenitos grosseiros e conglomeráticos que possuem condições de maior permeabilidade e porosidade efetiva, gerando, consequentemente, boas probabilidades de exploração das águas subterrâneas

A alimentação das águas subterrâneas é feita por infiltração pluvial (média em Iguatu de 717mm) e através dos rios e açudes existentes na região, tal como o Açude Lima Campos

Os exutórios das águas subterrâneas são a evapotranspiração, açudes e o Rio Salgado

Do quadro 5 3 observa-se que a vazão média de 13,3m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média de 4,36 (m<sup>3</sup>/h)/m são muito elevadas para esta unidade O GVJ (SUDENE/ASMIC, op cit) obteve valores para capacidade específica que variam de 0,108 (m<sup>3</sup>/h)/m a 0,36 (m<sup>3</sup>/h)/m com média de 0,144 (m<sup>3</sup>/h)/m, portanto totalmente discrepantes dos valores observados anteriormente, e característicos de formações pouco permeáveis

Pode-se explicar os elevados valores obtidos, se existirem poços explorando o aquífero aluvial que recobre o Rio do Peixe em alguns locais, gerando parâmetros hidrodinâmicos bastante elevados

Não foi possível se estimar valores para permeabilidade, transmissibilidade, coeficiente de armazenamento ou porosidade efetiva face à dispersão dos dados obtidos

#### 5 1 3 Estimativa de Reservas

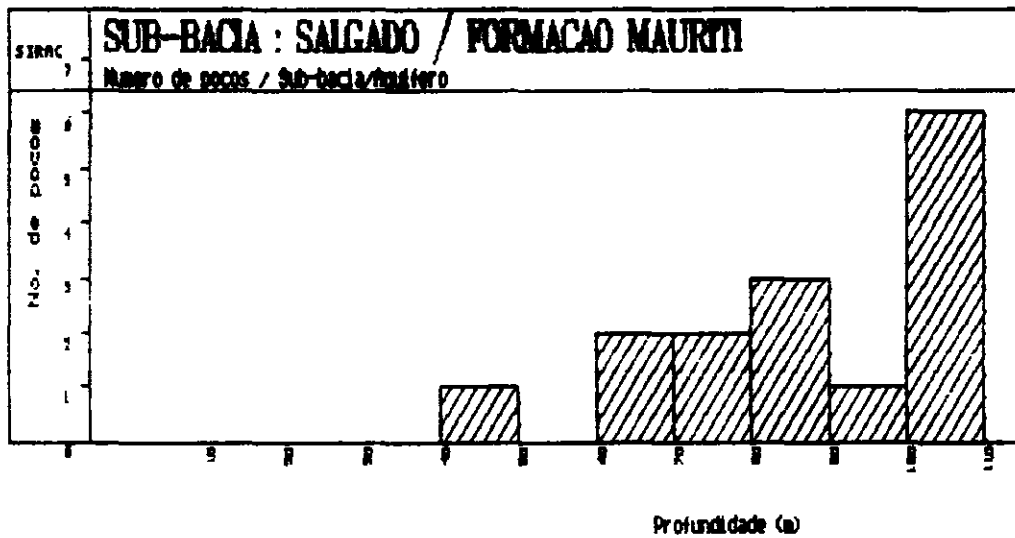
A estimativa de reservas de águas subterrâneas foi baseada nas características dimensionais e hidrodinâmicas de cada unidade

Ressalta-se que, em função da disponibilidade de dados, nem sempre foi possível estimar-se o potencial de cada formação, a exemplo das Formações Santana e Brejo Santo e do Grupo Rio do Peixe

000057

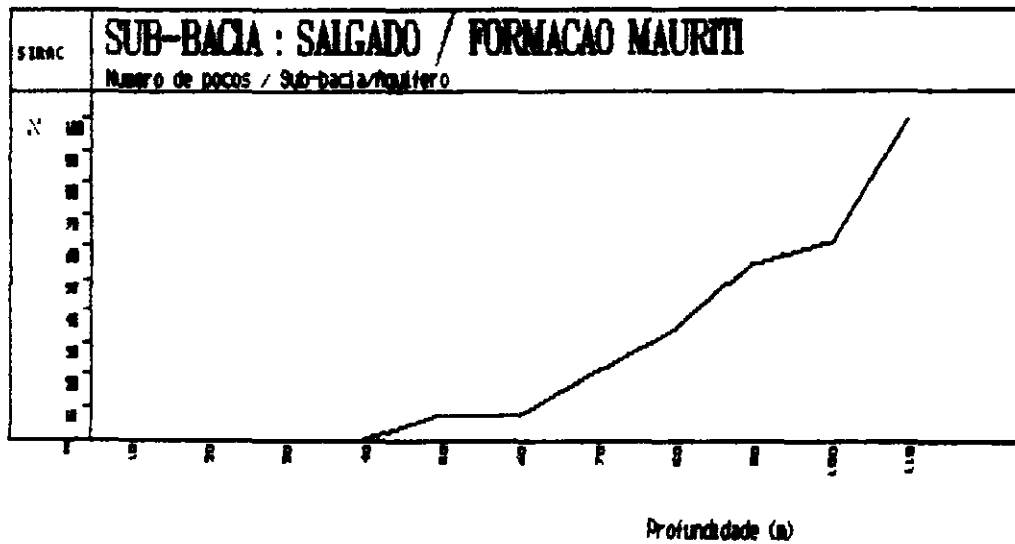
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 5.9**  
**PROFUNDIDADE DOS POÇOS TUBULARES**  
**NA FORMAÇÃO MAURITI -**  
**BACIA DO SALGADO**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados    15

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

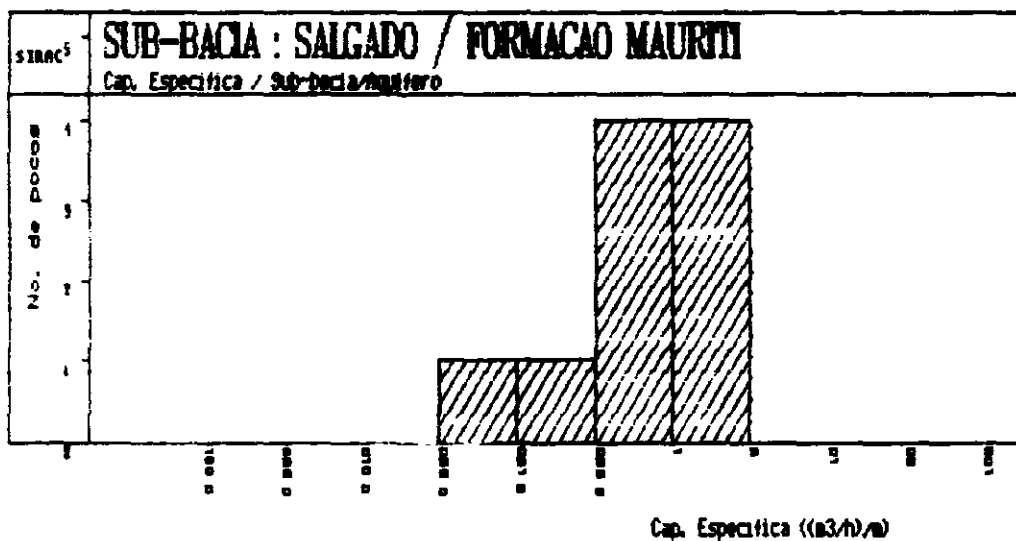


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.10

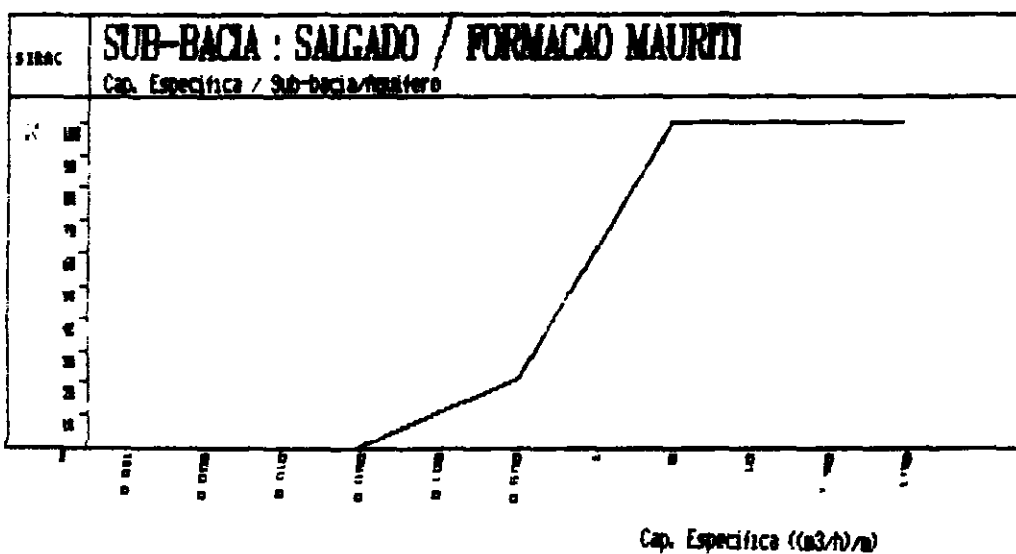
CAPACIDADE ESPECÍFICA DOS POÇOS  
TUBULARES NO AQUIFERO MAURITI -  
BACIA DO SALGADO

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Poços Analisados 10

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



000059



### 5 1 3 1 Aluviões (QHa)

A faixa aluvial cobre 869,4km<sup>2</sup> da sub-bacia do Salgado, predominando na Região do Cariri Ocidental, sul da região

Considerando uma precipitação média de 700mm/ano, tem-se um volume anual precipitado de 600 x 10m<sup>3</sup> sobre esta unidade. Adotando-se o valor de 5 % para a porosidade eficaz, obtém-se um volume de recarga da ordem de 30 x 10m<sup>3</sup>/ano que irão constituir as reservas periódicas ou renováveis e que refletem uma amplitude de variação anual do nível piezométrico das águas subterrâneas dos aluviões de 0,7m. ou seja, uma lâmina d'água de 700 mm/ano

O volume obtido para as reservas renováveis constitui 5 % do volume total precipitado sobre este aquífero. Uma minúscula parcela é extraída por obras de captação e uma grande parte se perde por evapotranspiração, já que o nível estático é praticamente subaflorante (média de 3,5m) e outra escoia como fluxo de base dos rios

Os índices de evapotranspiração (80 - 88%) e escoamento (8 - 12%), obtidos pela Hidrologia, demonstram que somente uma pequena parte do volume precipitado flui para os aquíferos. O resultado obtido é compatível com estes dados

Adotando-se uma espessura média saturada de 5,0m para o aquífero aluvionar, as reservas permanentes serão de 220 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Partindo do princípio de que a alimentação anual do aquífero é sempre assegurada, admite-se que as reservas renováveis são susceptíveis de exploração e constituem-se em reservas efetivamente capazes de serem exploradas

### 5 1 3 2 Formação Feira Nova (KISfn)

Ocupa uma área de 1 729,4km<sup>2</sup> na sub-bacia do Salgado e de 636,9km<sup>2</sup> no Alto Jaguaribe, totalizando 2 366,3km<sup>2</sup>. Admitindo-se uma pluviosidade média de 700mm/ano precipitam-se anualmente sobre esta área 1,65 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

A vazão de escoamento total anual do aquífero Feira Nova é o potencial hídrico subterrâneo fornecido pelas 120 fontes que bordejam a Chapada do Araripe, estimado em 900 l/s, ou seja, 28,38 x 10m<sup>3</sup>/ano. Destes, 870 l/s escoam para o Vale do Jaguaribe, dos quais 830 l/s (26,17 x 10m<sup>3</sup>/ano), fluem para o Cariri Ocidental (SUDENE/ASMIC, op cit)

É importante que seja levado em conta o volume que infiltra através da Formação Santana, recarregando o Missão Velha, que o GVJ estimou na ordem de 2 x 10m<sup>3</sup>/ano, resultando, ao todo, em um volume de 30,4 x 10m<sup>3</sup>/ano de água subterrânea liberada pelo aquífero em toda sua extensão (7 500 km<sup>2</sup>), correspondendo a 0,6 % do potencial que precipita sobre esta unidade

Adotando valores médios anuais para a evapotranspiração e escoamento de 88 % e 10 %, respectivamente, e que parecem altos para o topo da Chapada do Araripe, infiltra-se nos arenitos do Feira Nova no contexto da Bacia do Jaguaribe (2 366km<sup>2</sup>) um volume de 30 x 10m<sup>3</sup>/ano, que constituirão as reservas renováveis, dos quais parte filtra para as fontes e parte migra para o Missão Velha através da Formação Santana

Considerando um coeficiente de porosidade eficaz de 1,8 % e uma espessura saturada de 30m, as reservas permanentes na área do Jaguaribe são da ordem de 1,27 x 10m<sup>3</sup>. Desta forma, as reservas totais atingem 1,30 x 10m<sup>3</sup>

O volume hídrico subterrâneo que constitui as reservas renováveis é considerado como sendo um potencial explorável, caso contrário será reincorporado ao ciclo hidrológico numa escala de tempo anual. Porém, este aquífero está posicionado em área de recarga, o que torna extremamente difícil esta exploração

### 5 1 3 3 Formação Missão Velha (JSmv)

A superfície aflorante do aquífero Missão Velha ocupa 1 069,4km<sup>2</sup> na Bacia do Jaguaribe, dos quais 99 % pertencem à sub-bacia do Salgado e 1 % ao Alto Jaguaribe

Estimando uma precipitação média de 700 mm/ano, evapotranspiração de 88 % e escoamento superficial de 10 %, tem-se um volume da ordem de 748 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano caindo sobre este aquífero, dos quais 15 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano infiltram-se, indo constituir as reservas renováveis de água subterrânea

As espessuras saturadas máxima e mínima encontradas pela CAGECE foram de 195m e 70m, respectivamente, com nível estático médio de 6,8m. Com uma espessura média saturada de 100m para todo o Missão Velha e um coeficiente de porosidade eficaz de 2 % obtém-se para as reservas permanentes um valor de 2,1 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Observa-se que foi desprezada a contribuição anual ao aquífero, liberada do Feira Nova através da Formação Santana, estimada pelo GVJ em 2 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano

Ressalta-se que um volume da ordem de 26,2 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano também escoia do Feira Nova, através das fontes, para o Cariri Ocidental, indo alimentar o Missão Velha

O potencial hídrico subterrâneo que constitui as reservas renováveis é passível de ser explorado, desde que existam critérios técnicos e construtivos para as obras de captação. Verifica-se que somente os Municípios de Juazeiro do Norte, Barbalha, Missão Velha e Brejo Santo, que são abastecidos por poços tubulares da CAGECE explorando o Missão Velha, retiram anualmente um volume de 24,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, muito acima das reservas renováveis estimadas.



Sendo assim, é lógico que estas obras de captação estão explorando uma parcela das reservas permanentes e, por isso, acrescentam-se 10% das reservas permanentes às reservas exploráveis, totalizando um volume de  $225 \times 10^6 \text{ m}^3$  efetivamente capaz de ser retirado do sistema aquífero

#### 5 1 3 4 Formação Mauriti (SDm)

Esta formação ocupa  $987,5 \text{ km}^2$  da sub-bacia do Salgado e está começando a ser pesquisada hidrogeologicamente, principalmente pela CAGECE, à medida que aumenta a necessidade de água subterrânea para o abastecimento público

Adotando-se a precipitação média de 700mm/ano, cai sobre esta unidade um volume anual de  $691 \times 10^6 \text{ m}^3$ , dos quais entre 90 - 98 % serão reintegrados ao ciclo hidrológico através da evapotranspiração e escoamento superficial

Admitindo-se para o coeficiente de porosidade eficaz um valor de 0,5 % face as características litológicas, concordando com BIANCHI et al (1984), existe um volume da ordem de  $3,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  que constituirão as reservas renováveis

Com uma espessura média saturada de 50m para este aquífero, obtém-se para as reservas permanentes um potencial de  $247 \times 10^6 \text{ m}^3$ . O somatório das reservas permanentes e renováveis resultará no potencial das reservas totais

O potencial hídrico subterrâneo explorado do Mauriti supera as reservas renováveis estimadas, deixando claro que uma parcela das reservas permanentes está sendo retirada. Assim, as reservas exploráveis serão consideradas como sendo as reservas renováveis acrescidas de 10% das permanentes, o que totaliza  $28,5 \times 10^6 \text{ m}^3$

## 5 2 Sub-Bacia do Alto Jaguaribe

### 5 2 1 Características Gerais

Possui uma superfície de  $24.538 \text{ km}^2$  e representa a maior das sub-bacias hidrográficas que constituem a Bacia do Jaguaribe

Desta área, somente 14,6% é ocupada por rochas sedimentares, sendo estas representadas por aluviões ( $665 \text{ km}^2$ ), coberturas terció-quadernárias ( $1.214,4 \text{ km}^2$ ), pelas Formações Feira Nova ( $637 \text{ km}^2$ ), Santana ( $306 \text{ km}^2$ ), Serra Grande ( $276 \text{ km}^2$ ), Missão Velha ( $11 \text{ km}^2$ ) e Mauriti ( $4 \text{ km}^2$ ) e pelo Grupo Rio do Peixe ( $267 \text{ km}^2$ ). O embasamento cristalino ocupa 85,4% da sub-bacia do Alto Jaguaribe

Dados obtidos pelo setor de Hidrologia para os postos de Iguatu e Arneiroz resultam em médias anuais de 470mm para a precipitação, taxa de escoamento da ordem de 10% e uma evapotranspiração de 88 - 90%

O gráfico da figura 5 11 mostra que, desde o começo da década de 70, existe uma pequena variação na quantidade de poços perfurados anualmente, sobressaindo-se o ano de 1980, possivelmente devido às consequências do longo período de estiagem ocorrido nesta época

As profundidades dos poços predominam entre 50 - 80m (70%) (figura 5 12) e as capacidades específicas variam bastante, porém com moda no intervalo de 0,002 a 0,05 ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ ) (figura 5 13)

Dentre os trabalhos hidrogeológicos realizados sobre esta bacia, destaca-se o realizado pela SUDENE/ASMIC (1967) por sua abrangência e objetividade

Em todos os estudos hidrogeológicos realizados, as formações sedimentares que ocorrem na Chapada do Araripe, ao sul da área, por manterem um comportamento igual, são tratadas como extensão da sub-bacia do Salgado e neste trabalho se manteve o mesmo raciocínio. As Formações Feira Nova (KISfn), Santana (KIs), Missão Velha (JSmv) e Mauriti (SDm) foram discutidas no item 5 1 2

Somente para os aluviões foi possível se fazer um cálculo estimativo médio para vazão, níveis estático e dinâmico, capacidade específica e profundidade de poços

### 5 2 2 Unidades Aquíferas Sedimentares

#### 5 2 2 1 Aluviões (QHa)

Os aluviões margeiam o Rio Jaguaribe na Bacia de Iguatu, nordeste da área, e seguem bordejando o Rio dos Bastiões, com direção geral NE - SW, até próximo à Chapada do Araripe, ocupando uma área de  $665 \text{ km}^2$

São compostos por sedimentos clásticos de granulometria variada, desde argilas até areias grosseiras, e as espessuras não são conhecidas. Segundo o GVJ (SUDENE/ASMIC, 1967), estas espessuras não ultrapassam, em média, alguns metros

Os dados obtidos do cadastramento de 2 poços sobre esta unidade revelam as seguintes características médias

- Vazão (Q) =  $8,9 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- Nível estático (N E) = 7m,
- Nível dinâmico (N D) = 32m,
- Capacidade específica (C E) = 2,72 ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ ),
- Profundidade dos poços = 34,5m

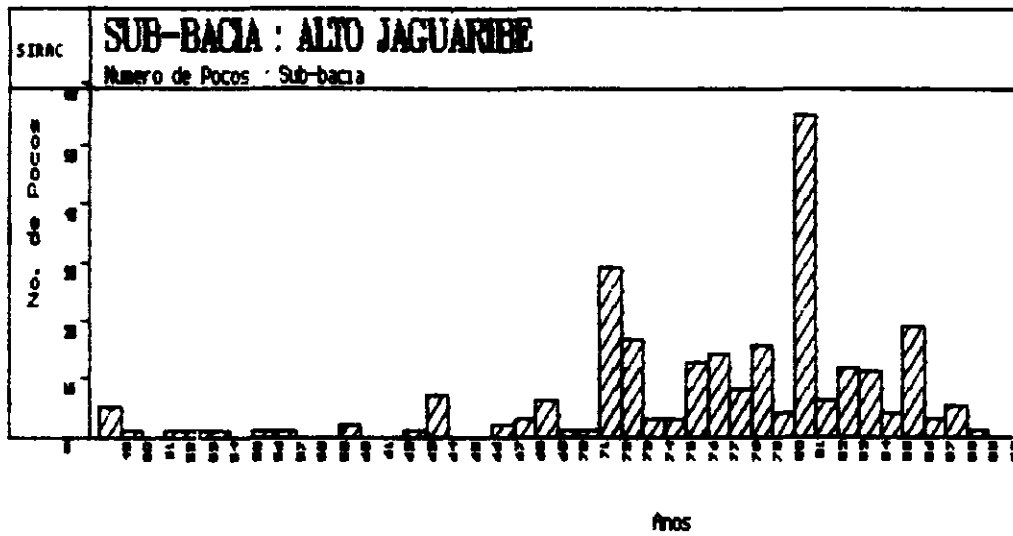
Estes resultados mostram uma capacidade específica média muito abaixo das médias obtidas para o Baixo/Médio Jaguaribe e Salgado, e é um pouco similar à do Banabuiú. Possivelmente isto reflete a natureza das rochas-matrizes, que na do Alto Jaguaribe e Banabuiú são essencialmente rochas

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.11

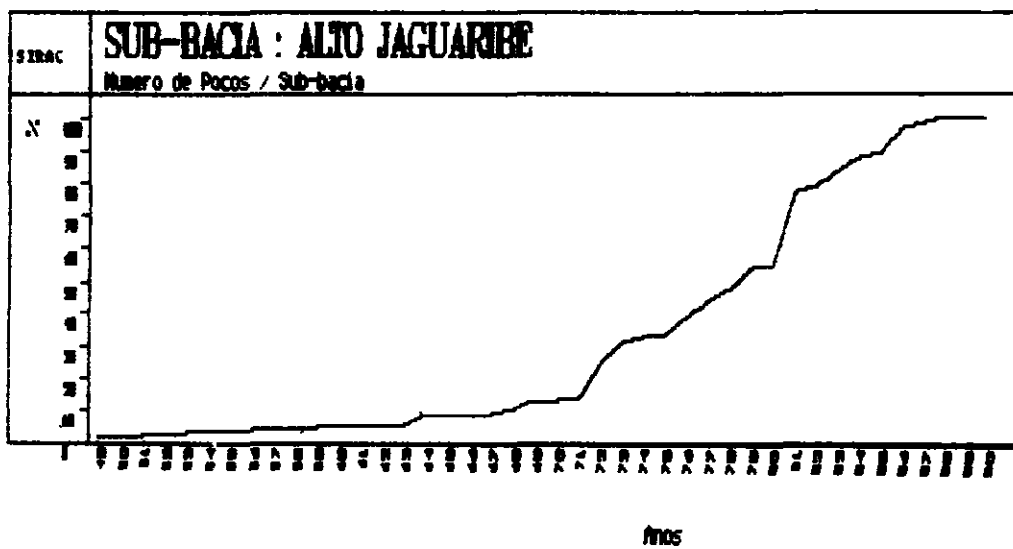
DISTRIBUIÇÃO ANUAL DOS POÇOS TUBULARES  
PERFURADOS NA BACIA DO ALTO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 257

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

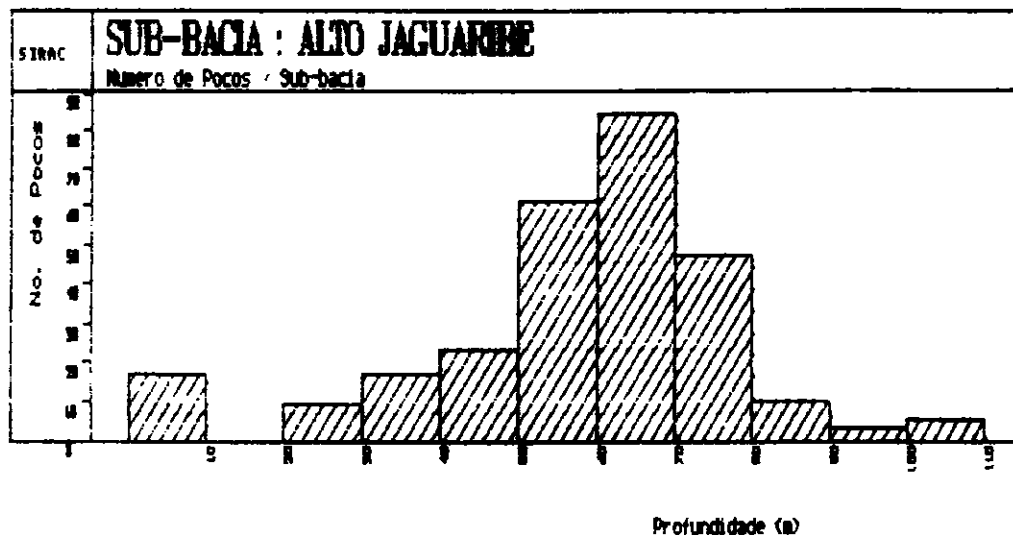


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 5.12

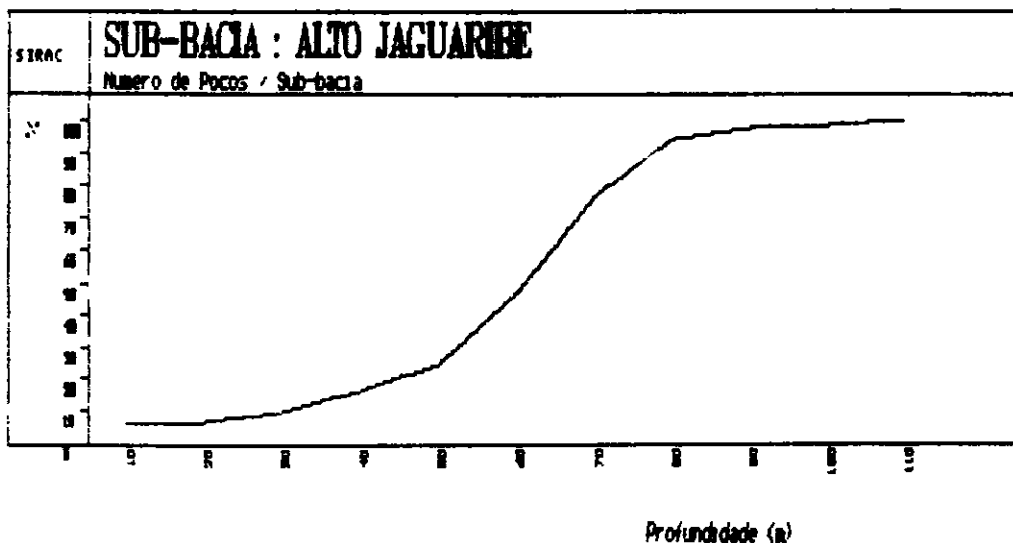
PROFUNDIDADE DOS POÇOS TUBULARES DA  
BACIA DO ALTO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Poços Analisados 276

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

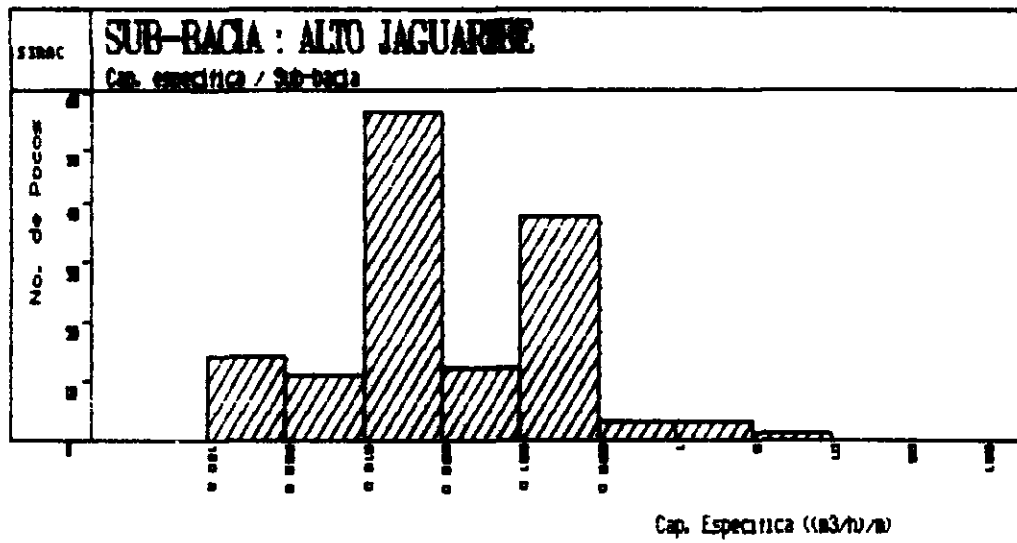


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 5.13

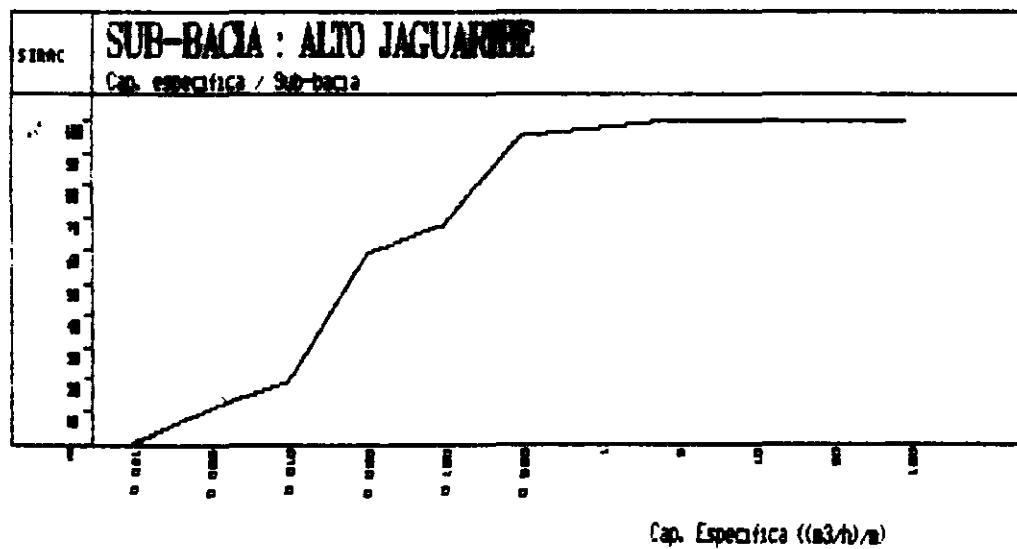
CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS  
TUBULARES DA BACIA DO ALTO  
JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 138

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



crystalinas, que cedem um alto teor de argilas diminuindo a permeabilidade

### 5 2 3 Estimativa de Reservas

Os cálculos aqui realizados procuram estimar valores de reservas de águas subterrâneas para as unidades sedimentares baseando-se em dados das sub-bacias vizinhas, devido à escassez dos mesmos para o Alto Jaguaribe

O Cristalino, que é predominante espacialmente, será discutido no Capítulo 6

#### 5 2 3 1 Aluviões (QHa)

Considerando-se uma precipitação média anual de 700 mm, sobre esta unidade precipita-se um volume de  $451,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$

Ao estimar-se uma porosidade eficaz de 6% para os aluviões obtém-se  $27,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ , que constituem as reservas renováveis

Com uma espessura saturada de 5m, as reservas permanentes são de  $193 \times 10^6 \text{ m}^3$

Para efeito de exploração efetiva, as reservas exploráveis são consideradas como sendo iguais às renováveis, ou seja,  $27,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  muito embora uma determinada parcela das permanentes possa ser explorada pelas obras de captação

#### 5 2 3 2 Formações Moura, Barreiras (TQb) e Coberturas Coluvionares (TQc)

Com precipitação média anual de 700mm, um volume de  $1\,000 \times 10^6 \text{ m}^3$  precipita-se anualmente sobre os  $1\,429,4 \text{ km}^2$  ocupados por esses sedimentos

Estimando-se uma porosidade eficaz de 0,5%, obtém-se para as reservas renováveis um potencial de  $5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ , que também representam as reservas efetivamente capazes de serem exploradas

Não existem dados sobre espessura saturada dessas formações e, desta forma, não foi possível fazer uma estimativa das reservas permanentes

### 5 3 Sub-Bacia do Médio Jaguaribe

#### 5 3 1 Características Gerais

Esta sub-bacia ocupa uma área de  $10\,509 \text{ km}^2$ , dos quais somente 7,6 % são cobertos por rochas sedimentares. Destas, as coberturas aluvionares ao longo do Rio Jaguaribe e seus afluentes representam 52 %, sendo o restante distribuído entre as rochas da Formação Açú, Grupo Rio do Peixe, e Coberturas Tércio-Quaternárias, na ordem decrescente de ocorrência

A precipitação média é pouco superior a 700mm/ano. A evaporação em Tanque Classe A é de 2 550mm/ano, admitindo-se 70% deste valor para a evapotranspiração potencial

Os trabalhos de cunho geológico e hidrogeológico realizados nesta bacia são os mesmos citados para a sub-bacia do Baixo Jaguaribe

Dos poços cadastrados para este estudo, somente 79 foram plotados nesta sub-bacia através de coordenadas geográficas

O comportamento da perfuração de poços tubulares é semelhante a todo o restante do Estado, onde somente após 1970 é que ocorreu um aumento significativo (figura 5 14). As profundidades são variáveis, predominando o intervalo de 50 a 90m (figura 5 15), resultado do número de poços perfurados no cristalino, cujas profundidades oscilam em torno de 60 - 70 m. As capacidades específicas variam de 0,002 a 2 ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ ) (figura 5 16), refletindo mais uma vez a litologia perfurada, com os valores mais altos correspondendo aos poços que exploram os aluviões

#### 5 3 2 Unidades Aquíferas Sedimentares

##### 5 3 2 1 Aluviões (QHa)

São restritos praticamente a uma única faixa de direção N - S que bordeja o Rio Jaguaribe até o Rio Salgado, ocupando uma área de  $401 \text{ km}^2$ , possuindo largura média da ordem de 2km

O GVJ (SUDENE/ASMIC, 1967) estima cerca de 15m para a espessura média destes corpos e faz referência a espessuras entre 6 e 16m, próximo a Icó

O cadastramento de poços nos mostra que 29 encontram-se localizados nesta unidade, com profundidades variáveis, porém predominando o intervalo de poucos metros a 30m (figura 5 17). As capacidades específicas são elevadas (figura 5 18)

Resultados obtidos da análise de 22 poços mostram as seguintes características médias

- Vazão (Q) =  $20,4 \text{ m}^3/\text{h}$
- Nível estático (N E) = 7,3m
- Nível dinâmico (N D) = 16,7m
- Capacidade específica (C E) = 23,9 ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ )
- Profundidade dos poços = 33,6m

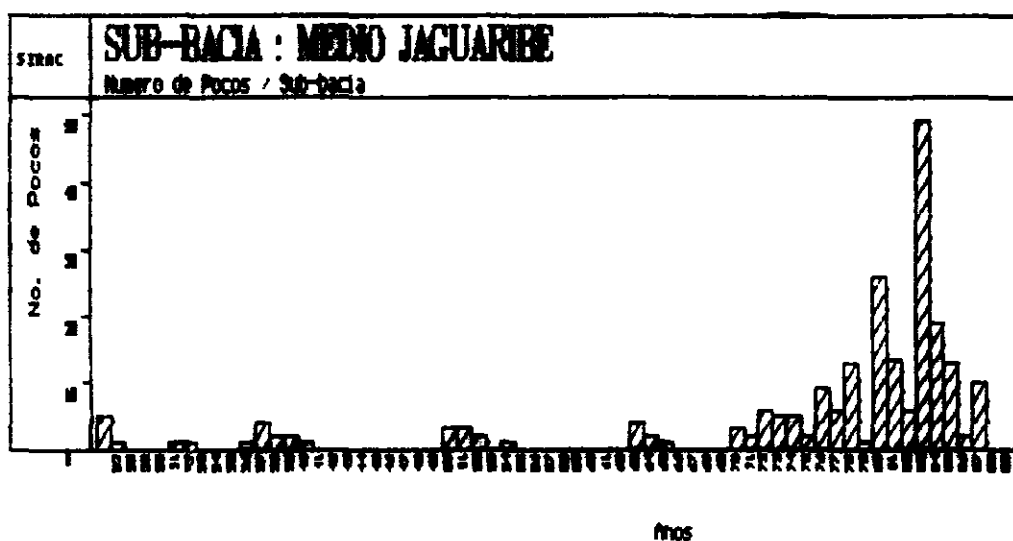
A alimentação das águas subterrâneas é realizada principalmente pela chuva e, secundariamente, através da rede hidrográfica. Os exutórios são a rede de drenagem e, predominantemente, a evapotranspiração

##### 5 3 2 2 Formação Faceira (TQb)

Ocorre somente em uma diminuta área de  $88 \text{ km}^2$  no extremo norte da sub-bacia

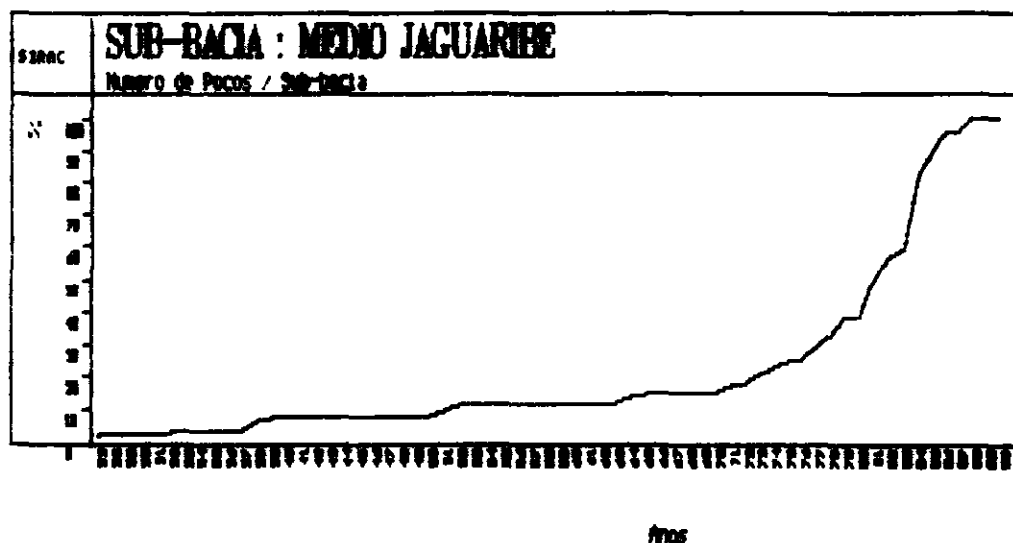
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA - 5.14  
 DISTRIBUIÇÃO ANUAL DAS PERFURAÇÕES DOS  
 POÇOS TUBULARES NA BACIA DO MÉDIO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 225

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

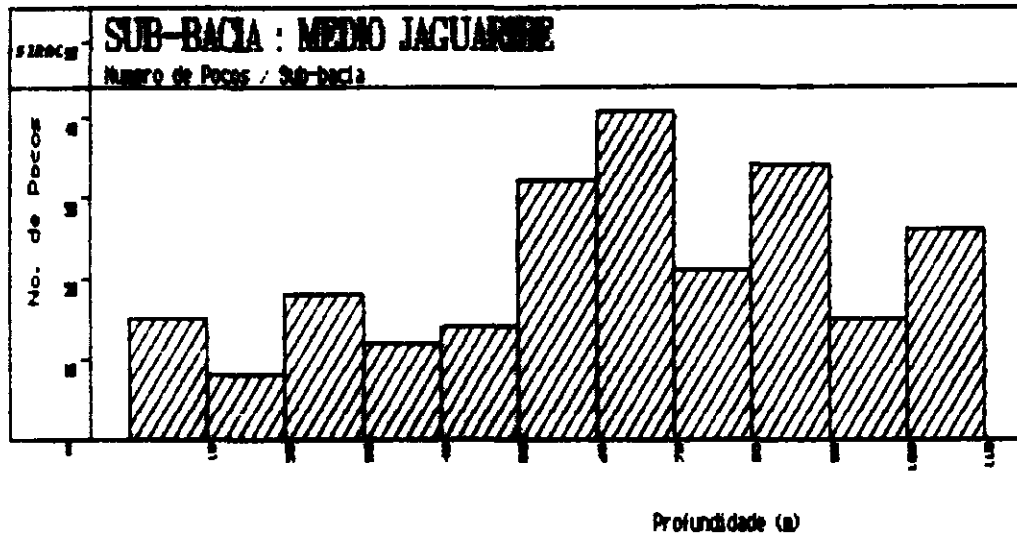


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.15

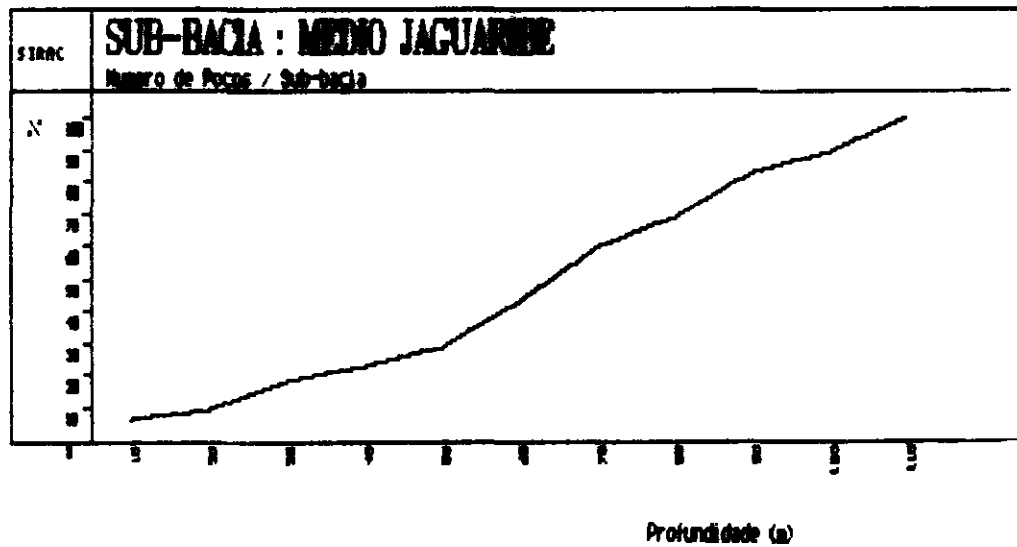
PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NA  
BACIA DO MÉDIO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 236

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

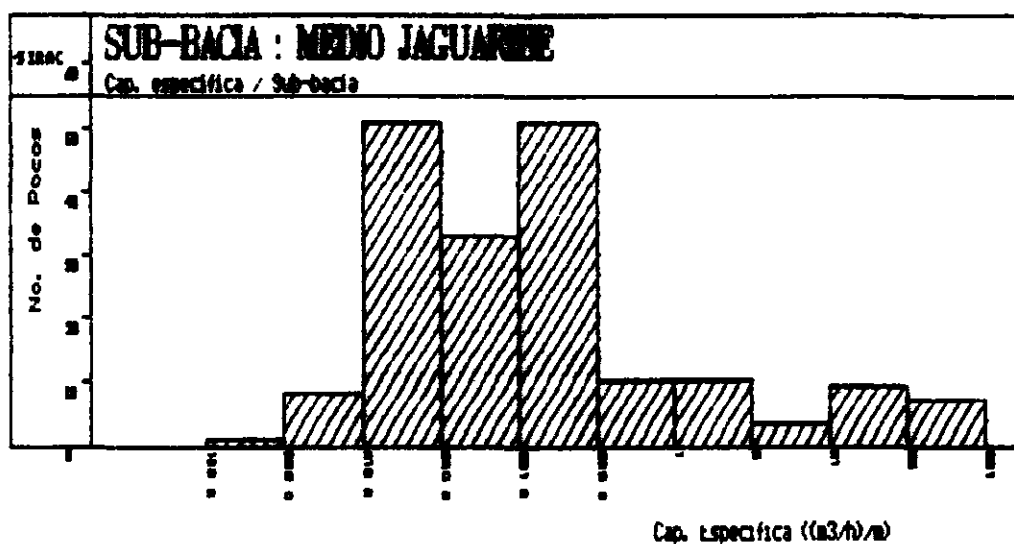


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.16

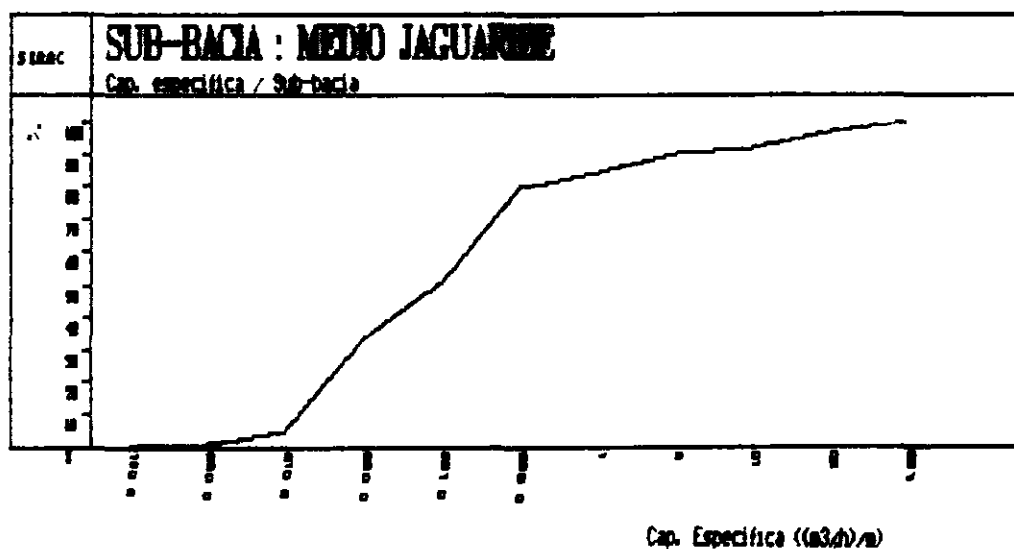
CAPACIDADES DOS POÇOS TUBULARES  
DA BACIA DO MÉDIO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Pocos Analisados 183

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



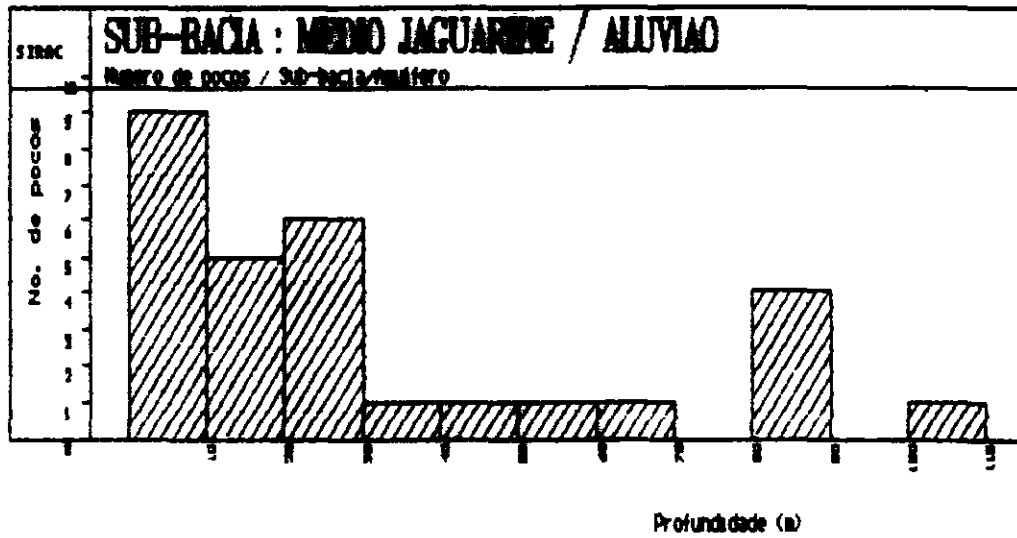


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.17

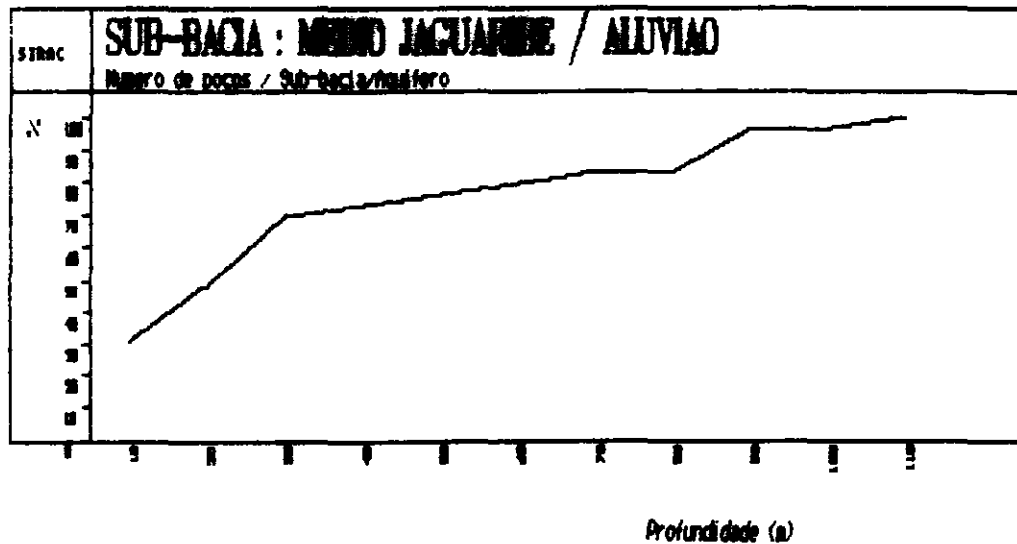
PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NOS  
ALUVIÕES - MÉDIO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



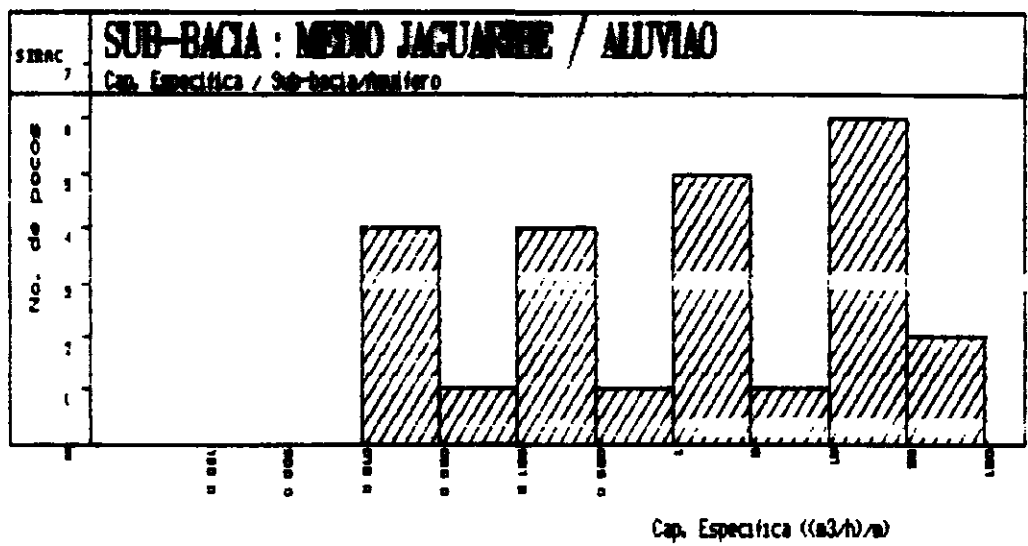
Número de Poços Analisados 29

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



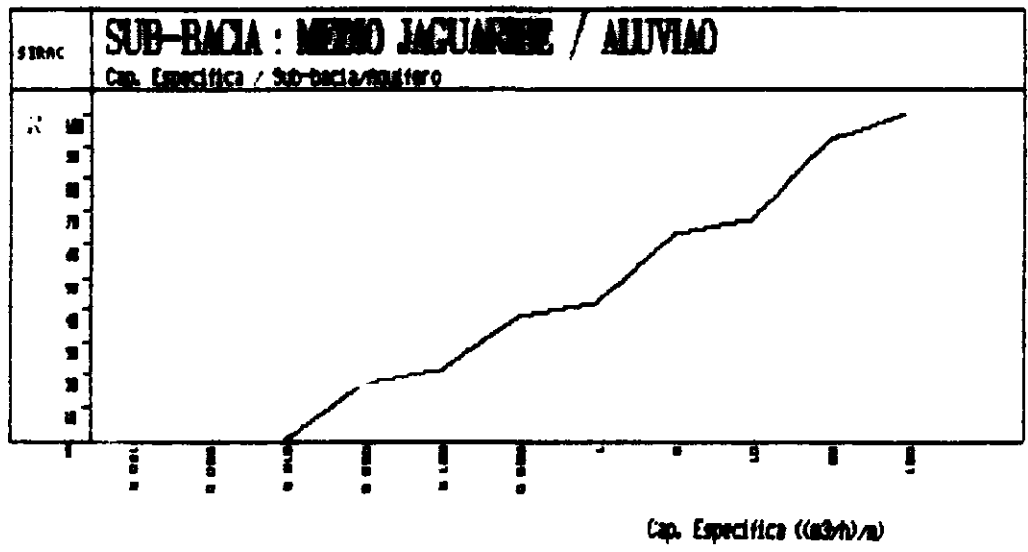


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
FIGURA - 5.18  
CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS TUBULARES  
EM ALUVIÕES - MÉDIO JAGUARIBE  
HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 24

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



Não existem poços locados sobre esta unidade no âmbito desta sub-bacia e, assim, comentários maiores são desnecessários

#### 5 3 2 4 Formação Açú (KSaa)

Ocorre na porção nordeste da sub-bacia, abrangendo uma área de 178 km<sup>2</sup>

Esta formação teve suas características definidas, dentro do possível, no contexto da sub-bacia do Baixo Jaguaribe, onde recobre uma significante superfície

#### 5 3 2 5 Grupo Rio do Peixe (Klrp)

Ocupa uma área de 101 km<sup>2</sup> no extremo sul da sub-bacia. É constituído por sedimentos clásticos finos, intercalados por calcários e margas

Devido à sua composição litológica, sua vocação hidrogeológica é limitada

A figura 5 19 mostra que as profundidades dos poços perfurados nesta unidade situam-se predominantemente entre 80 e 110m (65 %), com capacidades específicas mais comuns da ordem de 0.002 a 2 (m<sup>3</sup>/h)/m (figura 5 20)

Cálculos realizados para 85 poços resultaram nas seguintes características médias

- Vazão (Q) = 13,3m<sup>3</sup>/h
- Nível estático (N E) = 12,5m
- Nível dinâmico (N D) = 44,8m
- Capacidade específica (C E) = 4,36 (m<sup>3</sup>/h)/m
- Profundidade dos poços = 76m

Os resultados para vazão e capacidade específica são discrepantes em relação às características litológicas do Grupo Rio do Peixe e merecem ser revistas. Possivelmente são de poços captando o aquífero aluvionar, já que este o recobre em grande parte. Necessária se faz uma análise dos perfis litológicos, posicionamento dos filtros, etc

A alimentação das águas subterrâneas é essencialmente realizada através de precipitações pluviométricas ou através dos rios. Os exutórios são a rede hidrográfica, o substrato cristalino, desde que fraturado, e a evapotranspiração

No âmbito do Médio Jaguaribe não existem dados para o cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos

#### 5 3 3 Estimativa de Reservas

Neste tópico somente foi possível fazer-se uma estimativa, em função dos dados existentes, para o aquífero aluvionar

##### 5 3 3 1 Aluviões (QHa)

Sobre a área deste aquífero livre, a precipitação anual média é de 280 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano, dos

quais uma grande parte evapotranspira, outra escoar e parte infiltra, podendo atingir o lençol freático

Considerando um coeficiente de porosidade eficaz, da ordem de 6 %, tem-se para as reservas renováveis um volume de 17 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano. Considerando a espessura saturada média desta unidade aquífera em torno de 5m, estima-se para as reservas permanentes um valor de 120 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

As reservas exploráveis foram consideradas como sendo iguais às reservas renováveis, no que resulta em um volume de 11 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano

#### 5 3 3 2 Formação Faceira (TQb) e Coberturas Coluvionares (TQc)

Considerando uma precipitação média de 700mm/ano, um volume de 67,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano cai sobre a área ocupada por esses sedimentos. Estimando-se uma porosidade eficaz da ordem de 0,5% para esta unidade, tem-se um volume de 0,3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano, que constituem as reservas renováveis

Por falta de dados sobre espessura saturada e, considerando, ainda, que existem multiníveis litológicos, além dos poços quase sempre captando água do cristalino, fica difícil estimar-se espessura saturada para este caso, e por isso não foram realizados cálculos para as reservas permanentes

As reservas exploráveis são consideradas como sendo o potencial calculado para as renováveis, ou seja, 0,3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

### 5 4 Sub-Bacia do Banabuiú

#### 5 4 1 Características Gerais

É a segunda maior sub-bacia hidrográfica da região estudada, ocupando uma superfície de 19 810 km<sup>2</sup>

A característica geológica marcante desta sub-bacia é a predominância quase que total de rochas cristalinas, sendo que somente 4 % são ocupados por sedimentos Tércio - Quaternários que totalizam 814 km<sup>2</sup>. Esta parte sedimentar ocupa estritamente a porção N - NE da sub-bacia, no limite com a Baixo/Médio Jaguaribe

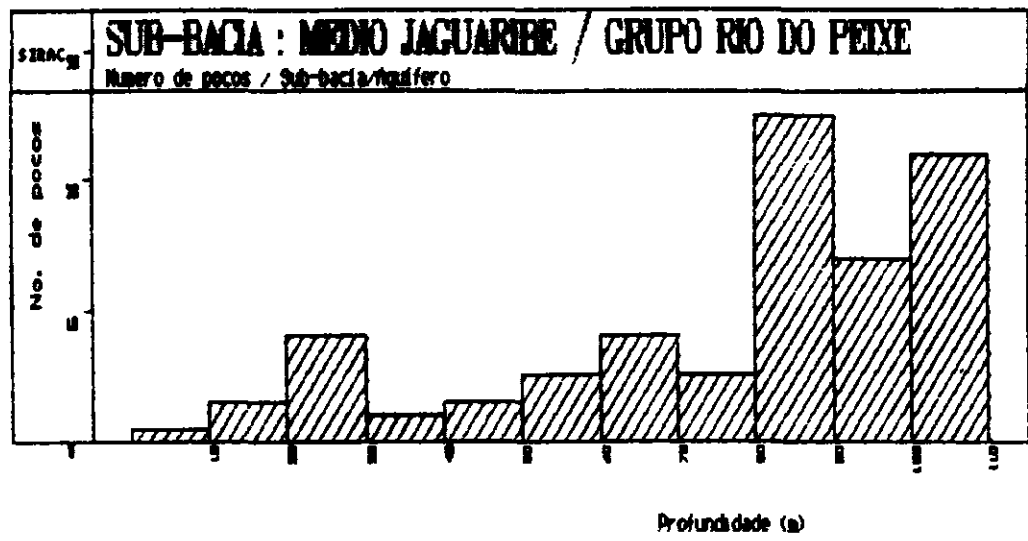
Utilizando dados dos postos pluviométricos/pluviométricos de Senador Pompeu, Quixeramobim e Pedras Brancas, obtêm-se os seguintes parâmetros médios anuais

- Precipitação (P) = 500mm
- Escoamento superficial (Q) = 15,5 %
- Evapotranspiração total (E T) = 84 %

Dos poços cadastrados no âmbito da Bacia do Jaguaribe, somente foi possível se plotar 270 poços nesta sub-bacia através de coordenadas geográficas

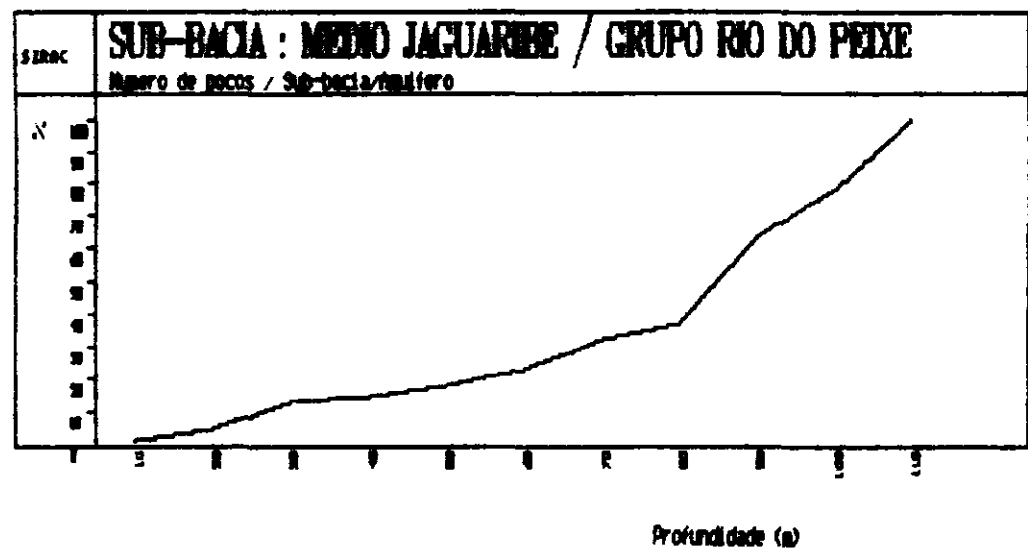


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
FIGURA - 5.19  
PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NO GRUPO  
RIO DO PEIXE - MÉDIO JAGUARIBE  
HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Pocos Analisados 96

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

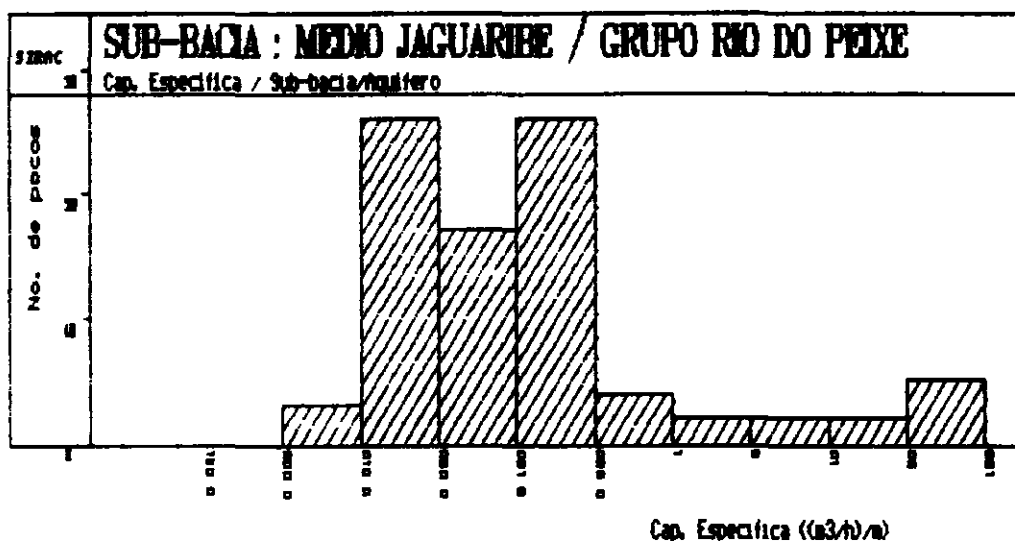


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.20

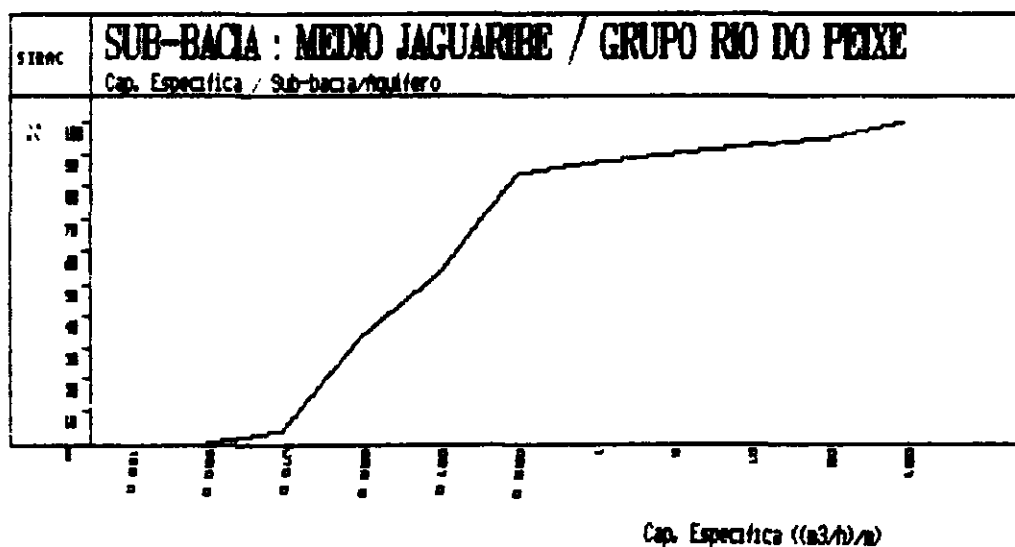
CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS TUBULARES  
NO GRUPO RIO DO PEIXE - MÉDIO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 87

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



000073

A perfuração de poços nesta sub-bacia é bastante intensa face à escassez de águas superficiais, e teve seu apogeu entre os anos de 1978 e 1985 (figura 5 21), em função do período de seca que atingiu o Estado e principalmente esta região

Em consequência da abrangência do domínio de rochas ígneas e metamórficas, a profundidade dos poços oscila, predominantemente, entre 50 - 80m (figura 5 22), que detém 75%, as menores profundidades se devem aos poços perfurados nos aluviões e nos sedimentos Tércio-Quaternários

Em face do caráter heterogêneo e anisotrópico do sistema cristalino, não é possível se estimar uma capacidade específica média, a figura 5 23 mostra que existe uma variação desde 0,001 até valores superiores a 2 (m<sup>3</sup>/h)/m Naturalmente, os valores abaixo de 1 (m<sup>3</sup>/h)/m devem pertencer aos poços perfurados no cristalino, por suas vazões baixas e grandes rebaixamentos, enquanto que aqueles perfurados em aluviões apresentam valores geralmente acima de 1 (m<sup>3</sup>/h)/m

Não existem trabalhos hidrogeológicos abrangendo somente esta sub-bacia No geral ela é tratada como cristalino

#### 5 4 2 Unidades Aquíferas Sedimentares

No contexto desta sub-bacia, somente os aluviões têm condições plenas de se comportarem como unidades aquíferas Porém, não existem dados específicos sobre as características dimensionais e hidrodinâmicas destes corpos para que se possa tecer comentários hidrogeológicos

A alimentação se faz quase que exclusivamente pela chuva O exutório principal é a intensa evapotranspiração, responsável por absorver 84 % do potencial precipitado

Da análise de 16 poços que foram cadastrados como pertencentes a esta unidade, os seguintes parâmetros médios foram calculados

- vazão (Q) = 4,9 m<sup>3</sup>/h,
- nível estático (N E) = 10,7m,
- nível dinâmico (N D) = 29,8m,
- capacidade específica (C E) = 1,65 (m<sup>3</sup>/h)/m,
- profundidade dos poços = 45,3m

Através do valor médio estimado para profundidade, fica fácil observar que estes poços possivelmente ultrapassam o corpo aluvionar, que pelas suas características espaciais não deve ultrapassar a espessura média de 15m

#### 5 4 3 Estimativa de Reservas

A estimativa de reservas para a sub-bacia do Banaburú será realizada para os aluviões e coberturas sedimentares Tércio-Quaternárias O

embasamento cristalino será tratado separadamente, no Capítulo 6.

#### 5 4 3 1 Aluviões (QHa)

Sobre esta formação aquífera existe uma precipitação média anual de 202 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, dos quais, certamente, uma grande parte será evaporada

Com um coeficiente de porosidade eficaz de 6%, tem-se para as reservas renováveis um volume de 12 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano Considerando que exista uma espessura saturada de 5 m, estima-se um volume de 86,7 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> para as reservas permanentes

As reservas efetivamente capazes de serem exploradas são consideradas como sendo de 12 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

#### 5 4 3 2 Formações Barreiras, Faceira, Moura e Coberturas Coluvionares (TQc)

Com precipitação média anual de 700 mm, um volume de 367,5 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> precipita-se anualmente sobre a área ocupada por estas coberturas

Com um coeficiente de porosidade eficaz de 0,5%, estima-se para as reservas renováveis um potencial hídrico de 1,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano

Por não se disporem de dados sobre espessura saturada destas formações, não foi possível fazer o cálculo de reservas permanentes

As reservas exploráveis são consideradas como sendo o mesmo volume das reservas renováveis, pois, não sendo este potencial explorado, parte irá constituir o fluxo de base dos rios e parte será evapotranspirado

### 5.5 Sub-Bacia do Baixo Jaguaribe

#### 5 5 1 Características Gerais

A sub-bacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe ocupa uma área de 4 970 km<sup>2</sup>, dos quais 68 % são cobertos por rochas sedimentares e, destas, 70% pertencem ao Tércio - Quaternário (Formações Barreiras, Faceira e Moura - TQb) e Quaternário (Aluviões (QHa) e Dunas (QHd))

Porém, para efeito de totalização da área do Estado, a parte leste, não inserida nos 4 970 km<sup>2</sup>, aqui foi considerada, resultando, no total, em uma superfície de 8 893 km<sup>2</sup>

Ela é caracterizada por um relevo suave a pouco ondulado, destacando-se ao leste a escarpa da Chapada do Apodi

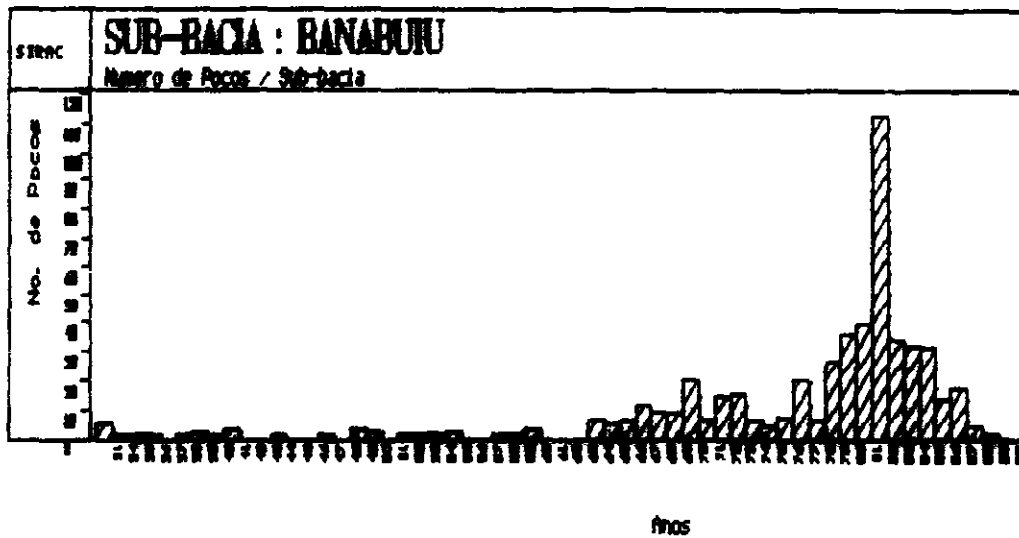
Dados pluviométricos coletados em Aracati, para um período de 40 anos, refletem uma média de 931 mm/ano A evaporação em Tanque Classe A é de

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 5.21

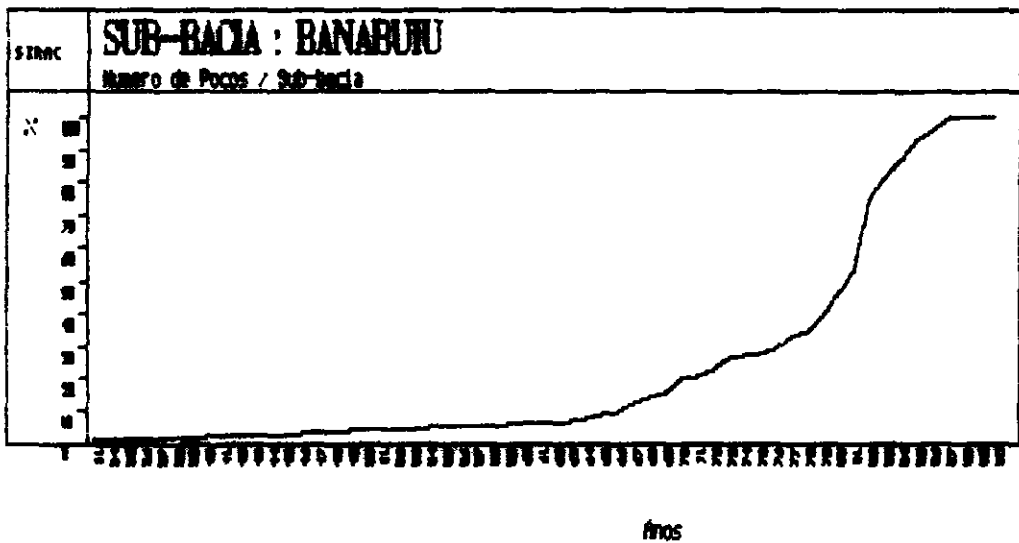
EVOLUÇÃO ANUAL DA PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES NA BACIA DO BANABUIÚ

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 523

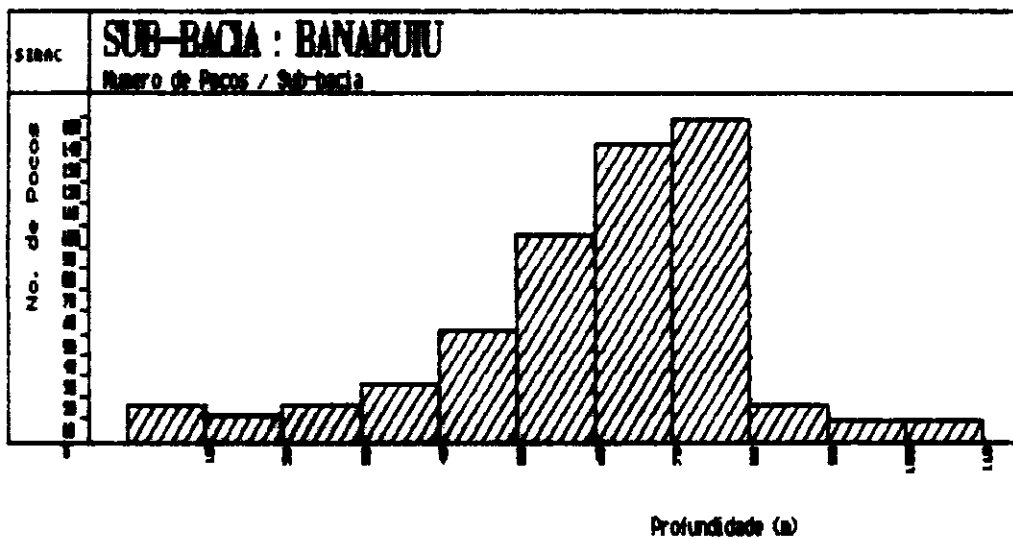
FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



0011075

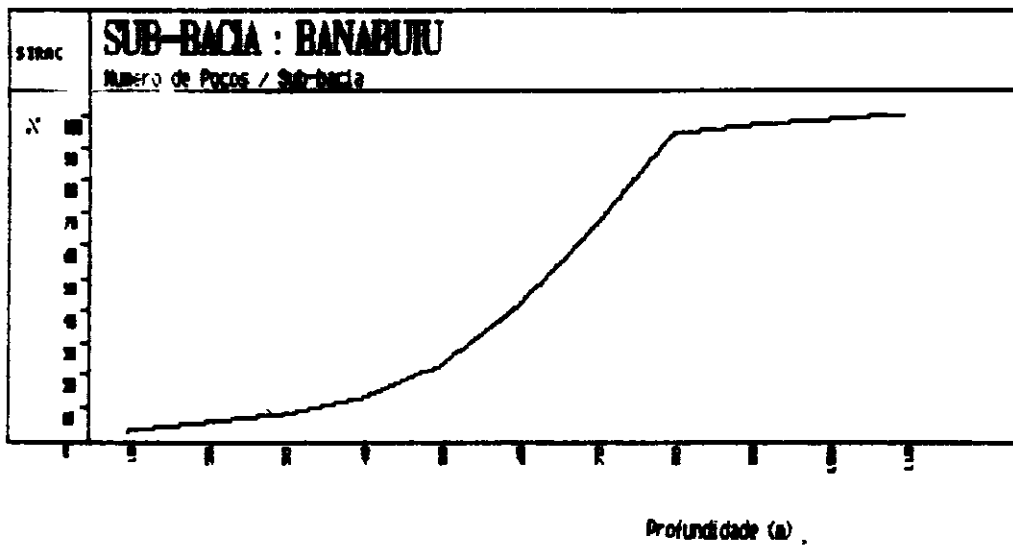
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 5. 22  
 PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NA  
 BACIA DO BANABUIÚ

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados - 538

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



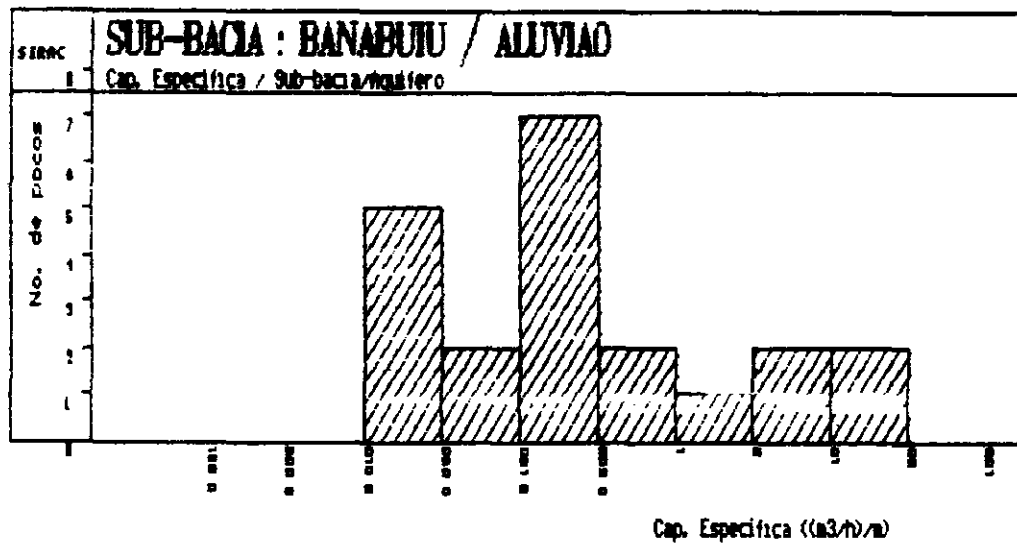


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 5.23

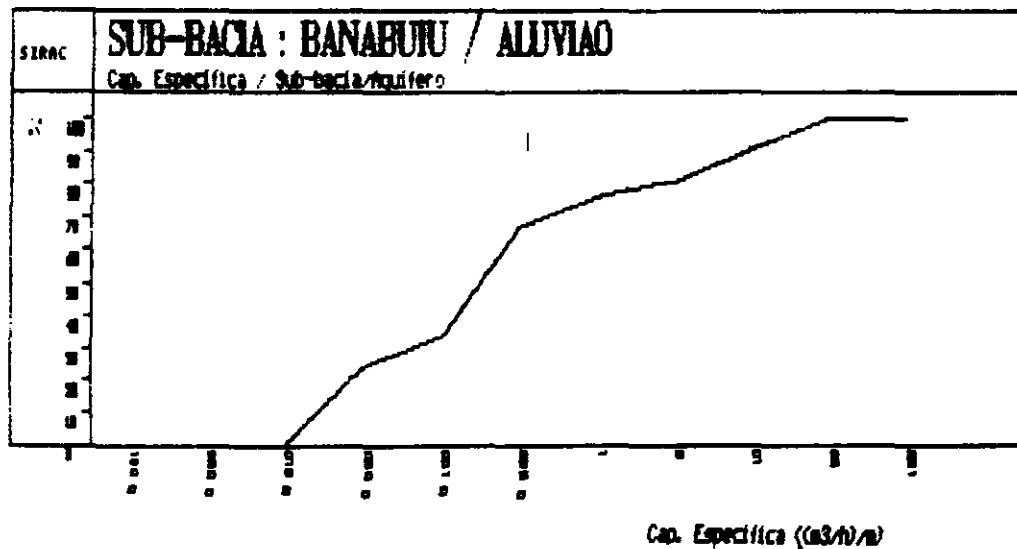
CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS  
TUBULARES DA BACIA DO BANABUIÚ

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Poços Analisados 21

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



000077

2 550 mm/ano, admitindo-se uma evapotranspiração potencial de 70% deste valor (BIANCHI et al, 1982)

A literatura mostra que desde 1910, quando CRANDALL (in BIANCHI, op cit) realizou o primeiro trabalho de cunho geológico sobre esta área, esta bacia vem sendo estudada. Porém, somente em 1967 foi realizado o primeiro trabalho de cunho hidrogeológico, desenvolvido pela SUDENE/ASMIC. Posteriormente, foram elaborados pela SUDENE os Inventários Hidrogeológicos Básicos do Nordeste, e o Baixo Jaguaribe foi novamente alvo de estudo (LEAL, 1970, ALBUQUERQUE, 1970, MANOEL FILHO, 1970 e CRUZ & FRANÇA, 1970)

Daf em diante poucos trabalhos de cunho hidrogeológico foram desenvolvidos, ressaltando-se o de BIANCHI et al (1982) que estudaram as regiões do Baixo e Médio Jaguaribe, cadastrando "in situ" 140 poços tubulares

Mantendo um comportamento similar às outras bacias, observa-se que o número de perfurações de poços tubulares sobressaiu-se da década de 70 em diante (figura 5 24), detendo aproximadamente 80% das perfurações até hoje realizadas

Dos poços cadastrados para este estudo, 236 foram plotados em mapa no âmbito desta sub-bacia

As profundidades dos poços variam em função de fatores como a litologia perfurada e o local onde foi locado o poço. Por isso, é nítida a grande variação, desde menos de 10 m até 110m (figura 5 25)

## 5 5 2 Unidades Aquíferas Sedimentares

### 5 5 2 1 Aluviões (QHa)

As manchas aluvionares do Baixo Jaguaribe são as mais expressivas do Estado e ocupam nesta bacia uma área de 1 005 km<sup>2</sup>. A nordeste de Russas, a faixa aluvial atinge uma largura máxima de 14,5 km

A figura 5 26 mostra que a perfuração de poços tubulares nesta unidade foi bem desenvolvida entre os anos de 1976 a 1983, quando praticamente estacionou, e somente em 1987 voltou à retomada, principalmente através da CAGECE

A profundidade mais comum para os poços neste contexto é entre 10 - 20 m (figura 5 27). Logicamente, pela pequena espessura apresentada pelo aquífero, além deste limite será alcançado, no geral, o substrato cristalino ou qualquer outra formação litológica sotoposta

Litologicamente esta unidade é composta por sedimentos clásticos com granulometria variada, desde frações silto-argilosas até areias grosseiras, em função do regime torrencial do Rio Jaguaribe

A espessura dos aluviões é variável e foi estimada pelo GVJ (SUDENE/ASMIC, 1967), através de sondagens geofísicas utilizando eletrorresistividade, em torno de 5m no geral, porém atingindo 20m próximo a Jaguaruana, menos de um metro no estrangulamento desta unidade em Itaíçaba e ultrapassando 50m em Aracati. No último caso, deve-se levar em conta o avanço das dunas sobre a faixa aluvionar na região litorânea

A alimentação das águas subterrâneas é assegurada pela precipitação e pela infiltração dos rios

Na rede hidrográfica, os exutórios constituem-se dos açudes, lagoas, o mar, evapotranspiração e as infiltrações para as formações sotopostas

As seguintes características médias foram calculadas utilizando-se 19 poços

- Vazão (Q) = 10,3 m<sup>3</sup>/h,
- Nível estático (N E) = 9,7m,
- Nível dinâmico (N D) = 15,5m,
- Capacidade específica = 11 (m<sup>3</sup>/h)/m,
- Profundidade dos poços = 31m

O nível estático médio não condiz com as condições sub-aflorantes do nível estático neste domínio. Muito provavelmente representa o nível encontrado para as formações litológicas sotopostas

Observa-se que as capacidades específicas são bastante elevadas (figura 5 28), demonstrando claramente o grau de eficiência dos poços que captam este aquífero

A profundidade média encontrada reflete o avanço da perfuração para as formações sotopostas aos aluviões

Vazões da ordem de 20 m<sup>3</sup>/h foram encontradas em Jaguaruana, sendo que a maior vazão encontrada é de 26 m<sup>3</sup>/h, em Tabuleiro do Norte, com nível estático a 6,4 m e profundidade de 20,5 m, em um poço de propriedade da CAGECE

As características hidrodinâmicas médias encontradas pelo GVJ (SUDENE/ASMIC, op cit) foram

- Transmissibilidade (T) = 10<sup>3</sup> m<sup>2</sup>/s
- Permeabilidade (K) = 2 X 10<sup>4</sup> m/s
- Porosidade eficaz (u) = 0,1 ou 10%

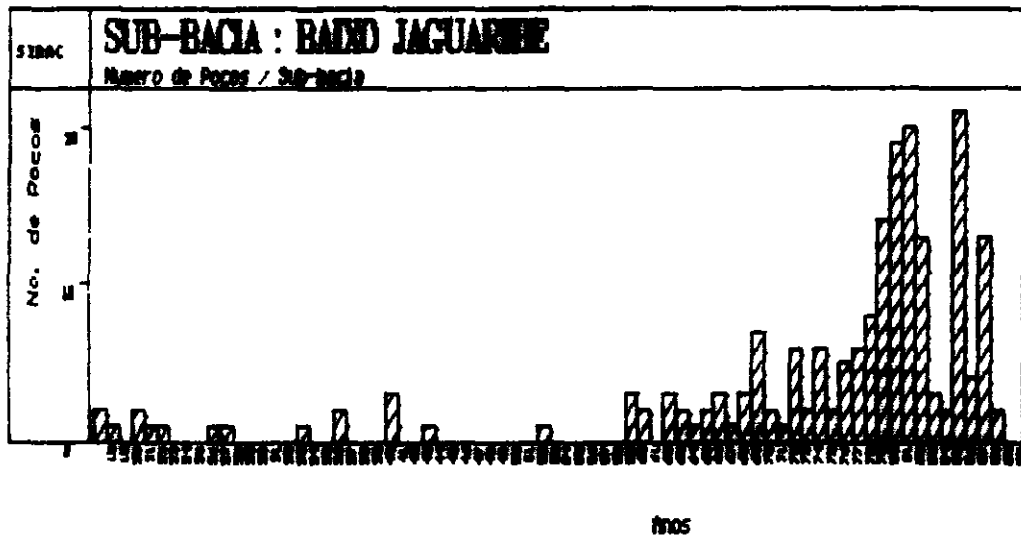
Ressalta-se que tais valores foram obtidos em poucos ensaios de bombeamento, portanto, devem ser utilizados com precaução

### 5 5 2 2 Dunas (QHd)

As formações dunares ocupam uma superfície de 80 km<sup>2</sup> no Baixo Jaguaribe, constituindo uma faixa paralela à costa, de poucos quilômetros de largura e com 50 km de extensão.

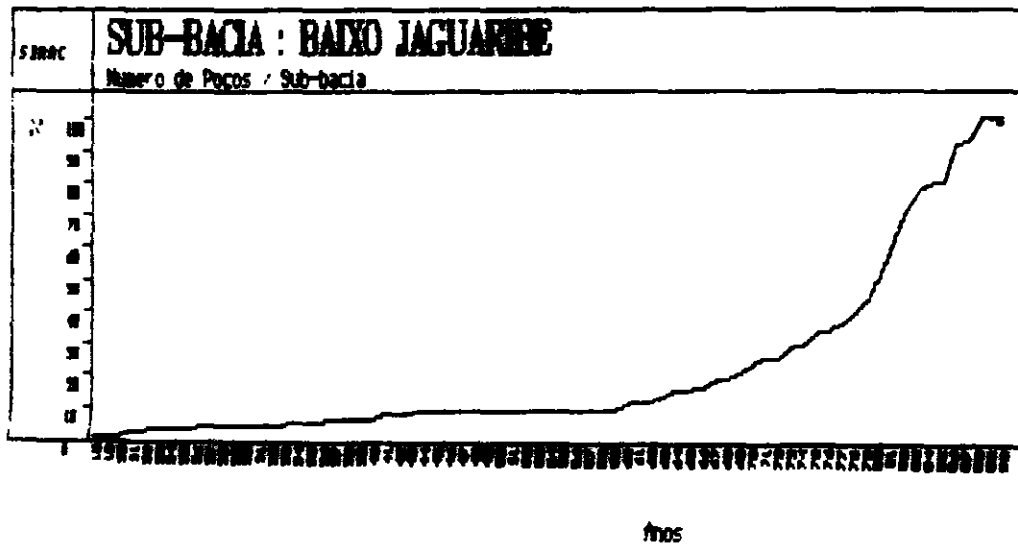
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA - 5.24  
 EVOLUÇÃO DA PERFURAÇÃO DE POÇOS  
 TUBULARES NA BACIA DO  
 BAIXO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analizados 193

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



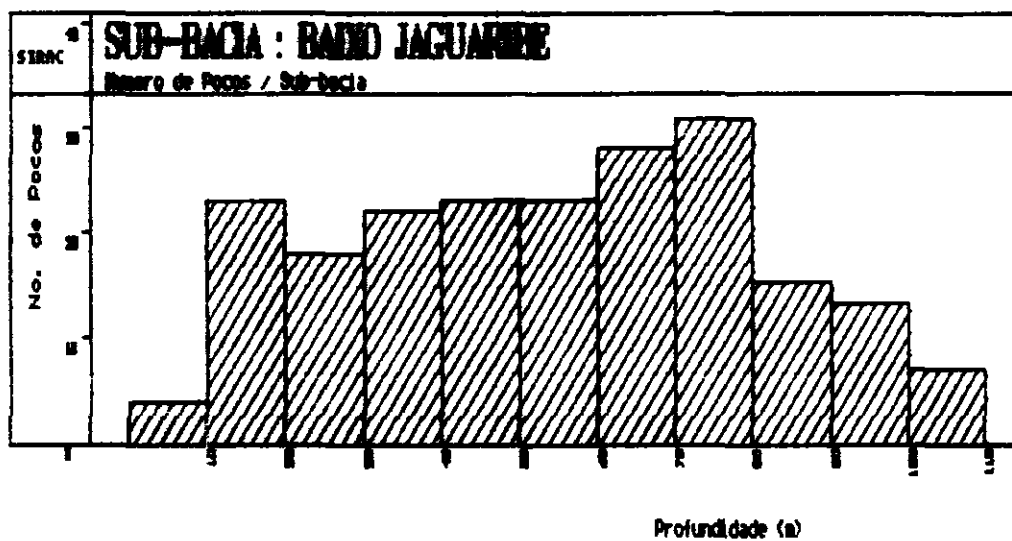
000079

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.25

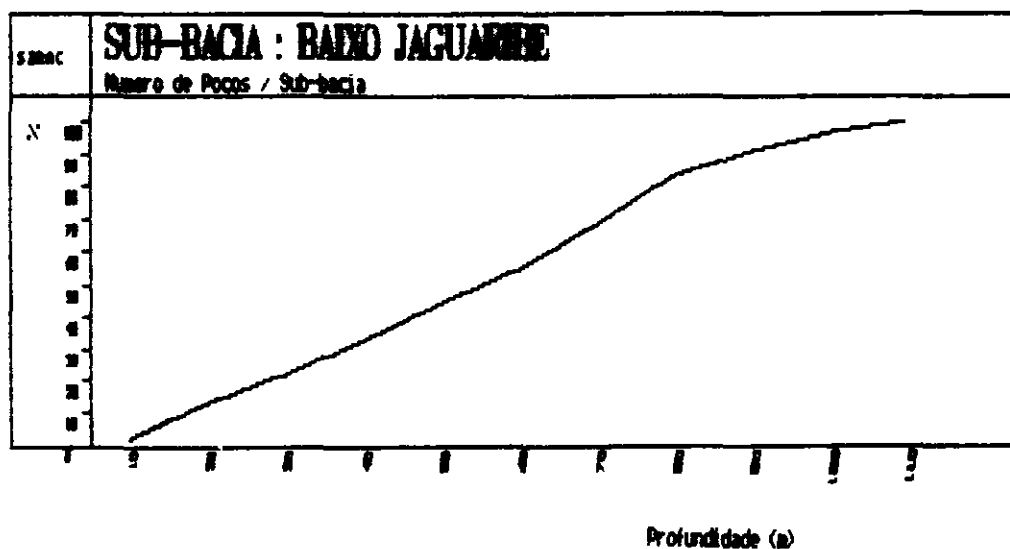
PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NA  
BACIA DO BAIXO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 207

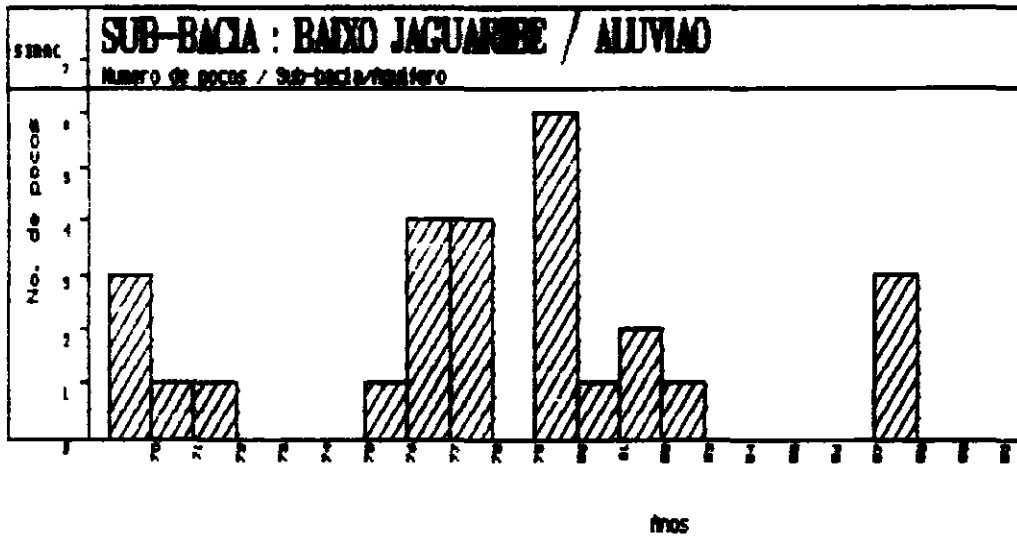
FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



000080

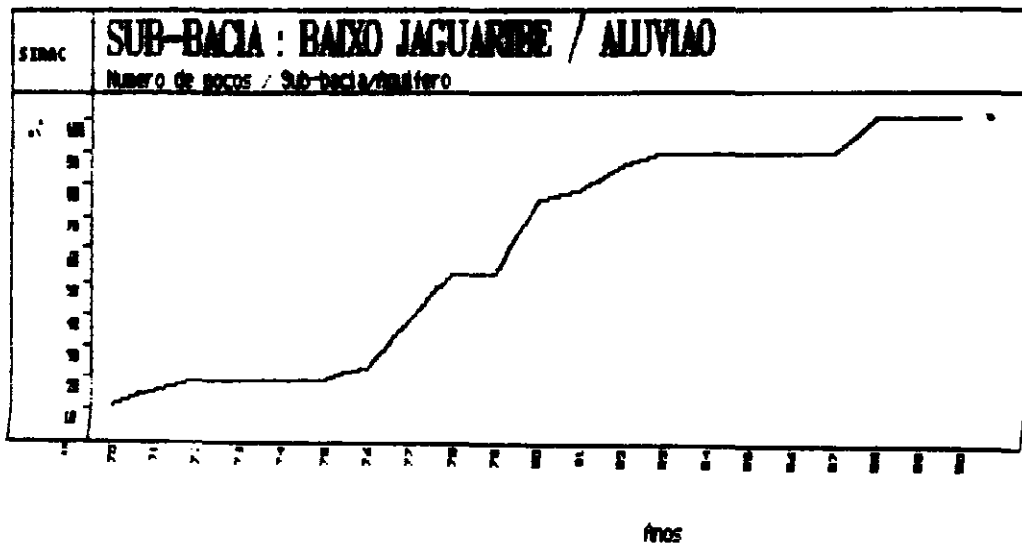
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA - 5.26  
 EVOLUÇÃO ANUAL DAS PERFURAÇÕES DE POÇOS  
 TUBULARES NO AQUIFERO ALUVIONAR -  
 BAIXO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 27

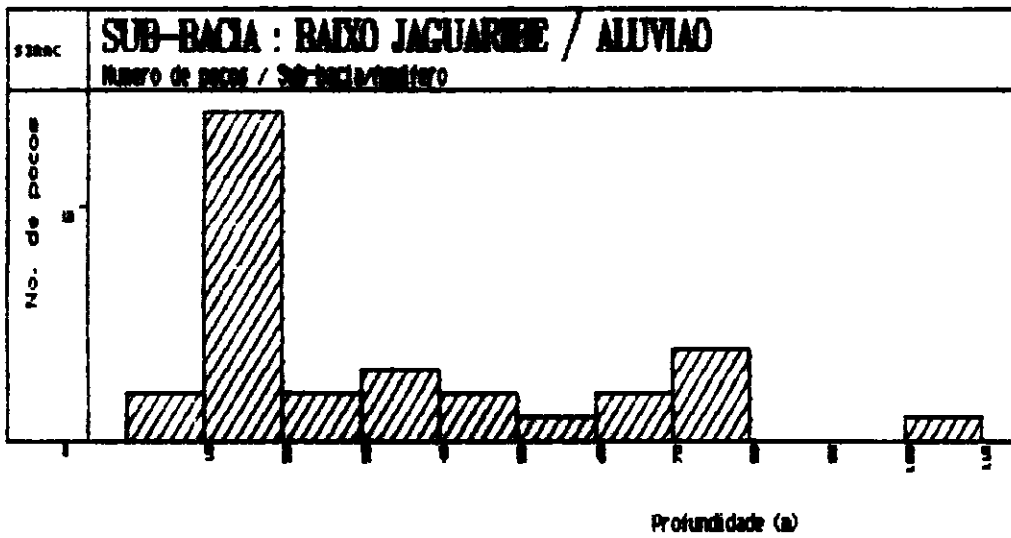
FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



000081

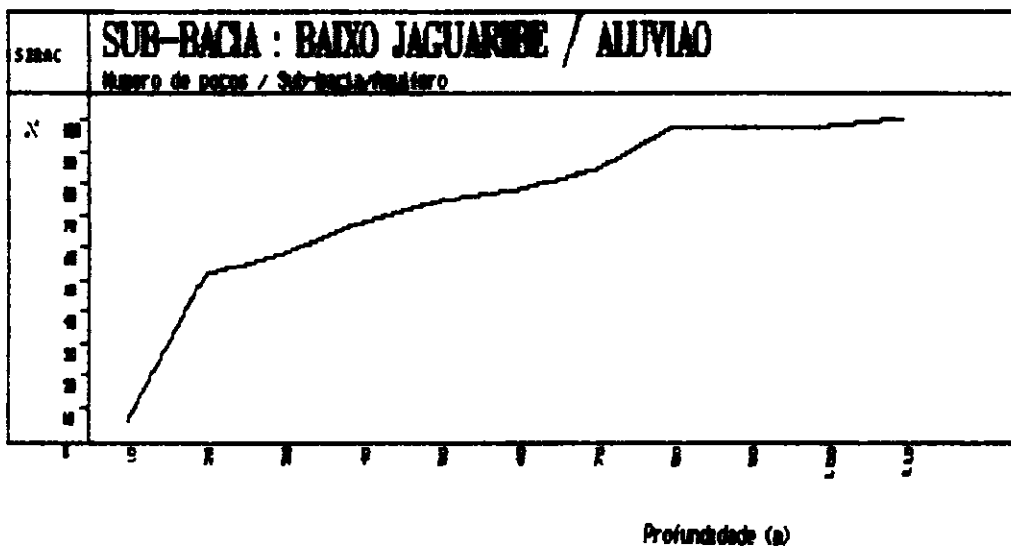
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA - 5.27  
 PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NO  
 ALUVIÃO - BAIXO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 31

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

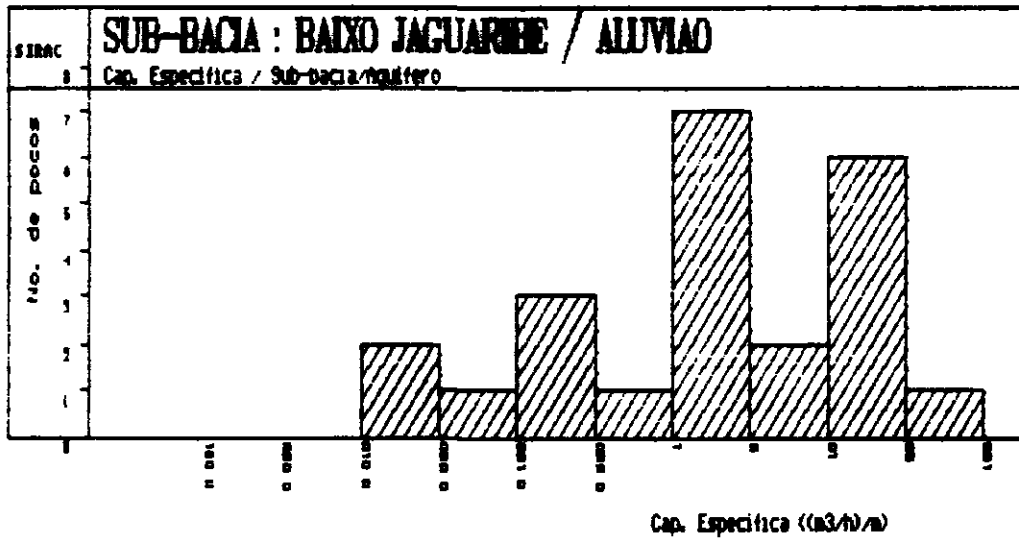


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.28

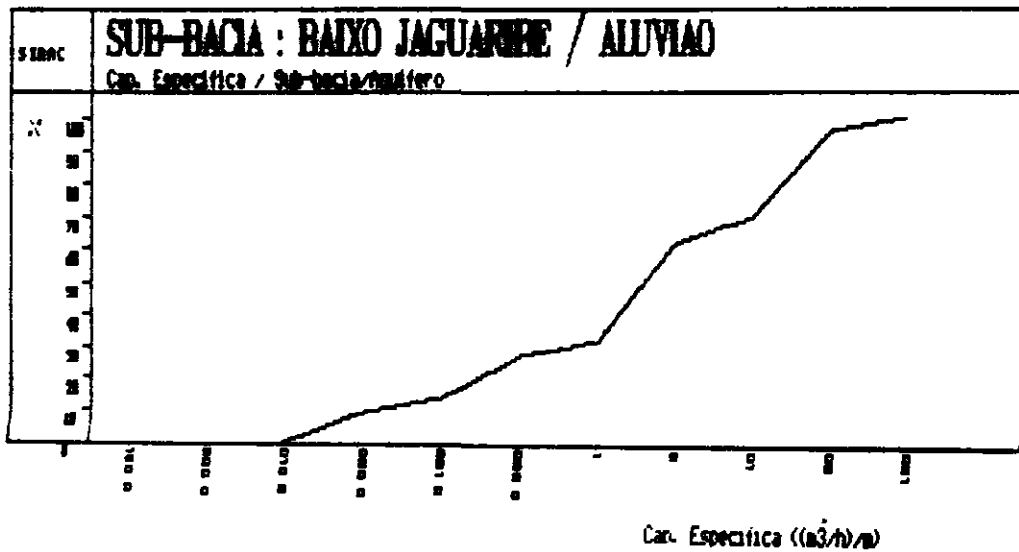
CAPACIDADE ESPECÍFICA DOS POÇOS  
TUBULARES EM ALUVIÃO -  
BAIXO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



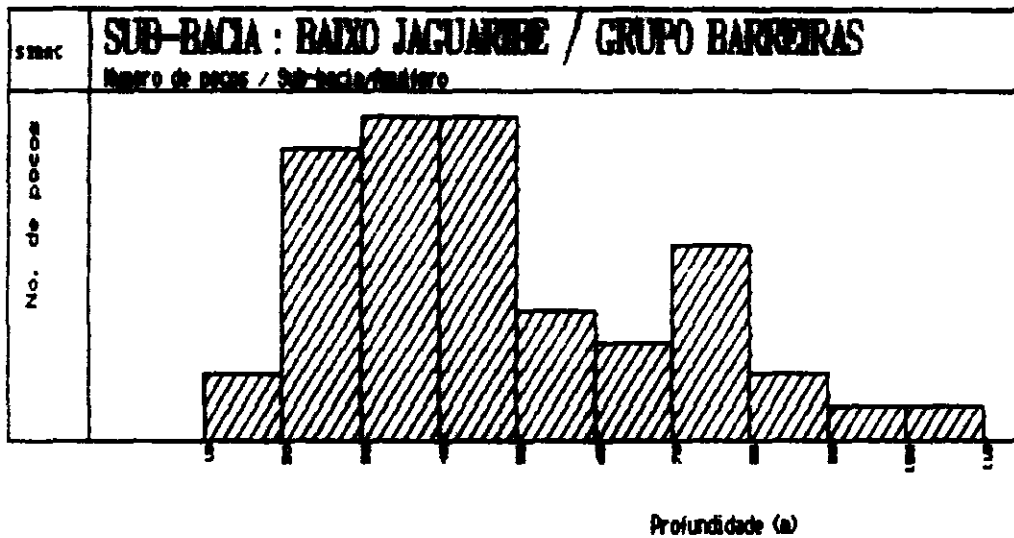
Número de Poços Analisados 23

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



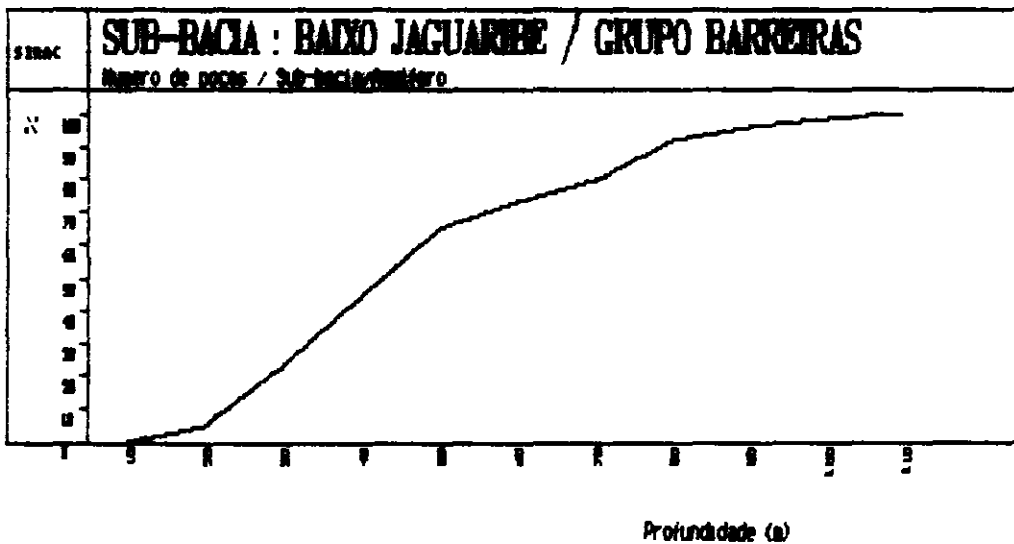
000083

**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 5.29**  
**PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES**  
**NAS FORMAÇÕES BARREIRAS, FACEIRA E MOURA - BAIXO JAGUARIBE**  
**HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA**



Número de Poços Analisados      48

**FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA**







São formadas por sedimentos arenosos inconsolidados, repousando sobre a Formação Barreiras

A recarga das águas subterrâneas é realizada predominantemente pela infiltração pluvial. Os exutórios são a rede hidrográfica, o mar, infiltração profunda para as formações sotopostas e a evapotranspiração.

Apesar de terem sido cadastrados dezenas de poços que exploram este sistema aquífero, muito poucos foram plotados em mapa.

A espessura das paleodunas estimada pelo GVJ (SUDENE/ASMIC, op cit) é em média de 5m, raramente atingindo 10 m, ao contrário das dunas recentes que possuem até 30m, especialmente na foz do Jaguaribe.

BIANCHI et al (1982) cadastraram 60 poços, dos quais 49 possuíam registro de vazão, e estimaram os seguintes valores médios:

- Vazão (Q) = 5 m<sup>3</sup>/h
- Rebaixamento = 15,9 m

A vazão máxima encontrada foi de 15 m<sup>3</sup>/h, com rebaixamento de 3,8 m. A espessura máxima encontrada para as dunas foi de 55,0 m.

Não foram calculados os parâmetros hidrodinâmicos para este aquífero. O GVJ em um único teste de bombeamento determinou uma transmissibilidade (T) de  $3 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, permeabilidade (K) de 10<sup>-4</sup> m/s e um coeficiente de porosidade eficaz de 12%.

Tais valores são muito baixos em função dos volumes explorados e necessária se faz uma reavaliação destes dados através de interpretação de ensaios de bombeamento.

#### 5 5 2 3 Formações Barreiras, Faceira e Moura (TQb)

Por se entender que estas formações possuem, no geral, um comportamento hidrogeológico semelhante, foram elas tratadas como uma só.

Ocupam uma superfície de 1 990,6 km<sup>2</sup> e são constituídas de sedimentos clásticos variados, desde argilas até areias, porém predominando os silto-argilosos, o que diminui sensivelmente a permeabilidade.

Estas formações sempre foram perfuradas, principalmente porque abrangem uma extensa área. As profundidades dos poços oscilam entre 20 - 80 m (figura 5 29), com média de 56,6m (10 poços).

Uma análise dos dados referentes a 10 poços perfurados nessas unidades fornecem os seguintes resultados médios:

- Vazão (Q) = 6,2 m<sup>3</sup>/h,
- Nível estático (N E) = 12,4 m,

- Nível dinâmico (N.D) = 31,2 m,
- Capacidade específica (C E) = 0,74 (m<sup>3</sup>/h)/m

As médias de vazão e capacidade específica são altas para este contexto. Isto também é observado na figura 5 30, porém estes dados mais parecem refletir as características do aquífero aluvionar e isto é possível levando-se em conta que existem áreas onde é difícil distinguir-se o material aluvionar dos clásticos terciário-quadernários.

Tal observação seria comprovada verificando-se a localização destes poços, em campo, o que não foi possível se fazer no curto espaço de tempo destinado a este estudo.

As espessuras reais destas unidades ainda são desconhecidas, sendo variáveis em função do grau de erosão.

A recarga das águas subterrâneas é realizada essencialmente pela pluviometria, podendo existir contribuição a partir da drenagem que recorta este domínio. Os exutórios são os rios e riachos, o mar e a evapotranspiração.

Como estas litologias recobrem o substrato cristalino, logicamente podem ocorrer perdas para este, desde que esteja fraturado e as fraturas sejam abertas.

Com os dados disponíveis não foi possível se estimar os parâmetros hidrodinâmicos.

#### 5 5 2 4 Formação Jandaíra (KSaj)

Esta formação é constituída por sedimentos carbonáticos intercalados por argilitos e evaporitos e representa a unidade superior do Grupo Apodi, repousando sobre os clásticos da Formação Açu e abrangendo uma área aflorante de 1 498,7 km<sup>2</sup>.

As espessuras variam de poucas dezenas de metros, como próximo à cidade de Limoeiro do Norte, onde tem aproximadamente 70 m (SUDENE/ASMIC, op cit), até 450 m na Bacia Potiguar (REBOUÇAS et al, 1967).

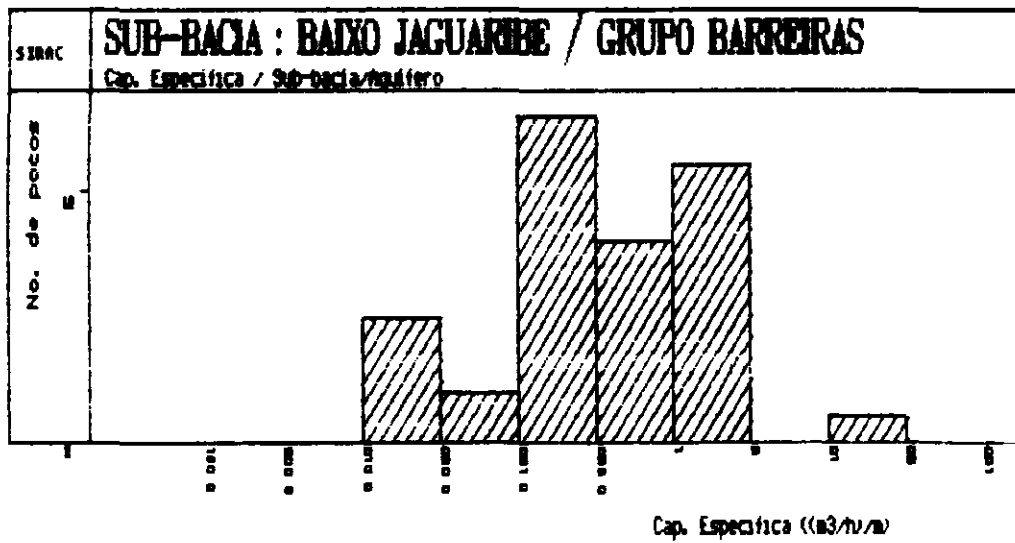
Por suas características litológicas e posicionamento topográfico é uma unidade pouco perfurada, como mostra a figura 5 31. As profundidades dos poços oscilam, chegando até 110 m (figura 5 32), sendo que acima de 60 m tem-se 50% dos poços.

A figura 5 33 mostra que aproximadamente 80% dos poços possuem capacidade específica acima de 0,05 (m<sup>3</sup>/h)/m. Este fato parece discrepante considerando-se as características litológicas desta unidade.

Dados referentes a 12 poços forneceram os seguintes valores médios:

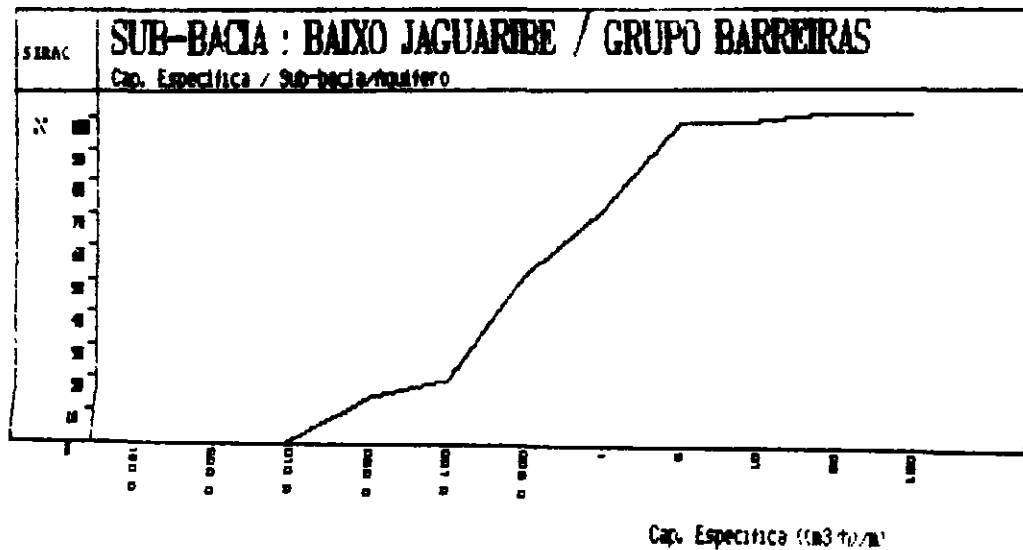
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 5.30**  
**CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS**  
**NAS FORMAÇÕES BARREIRAS, FACEIRA E MOURA**  
**BAIXO JAGUARIBE**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Poços Analisados 40

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

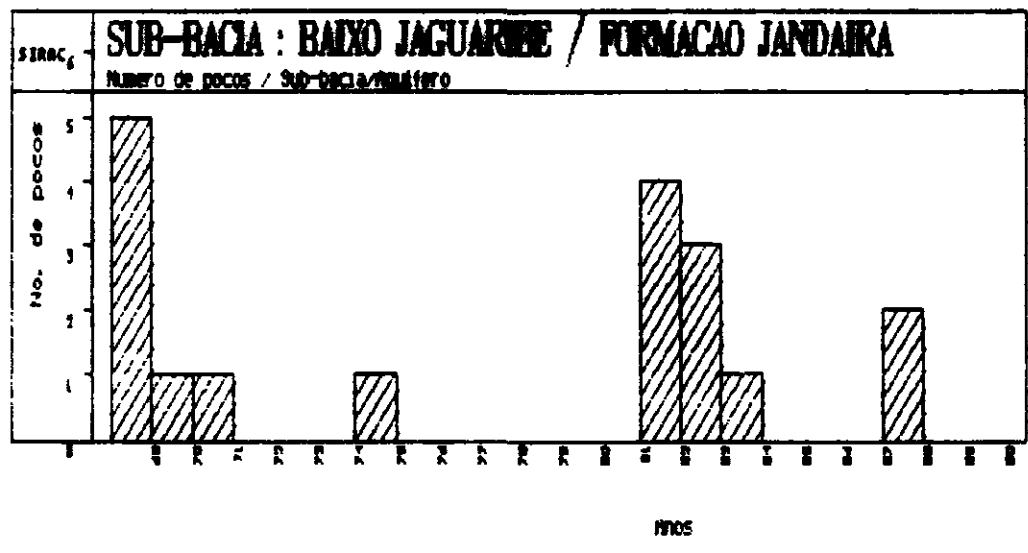


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.31

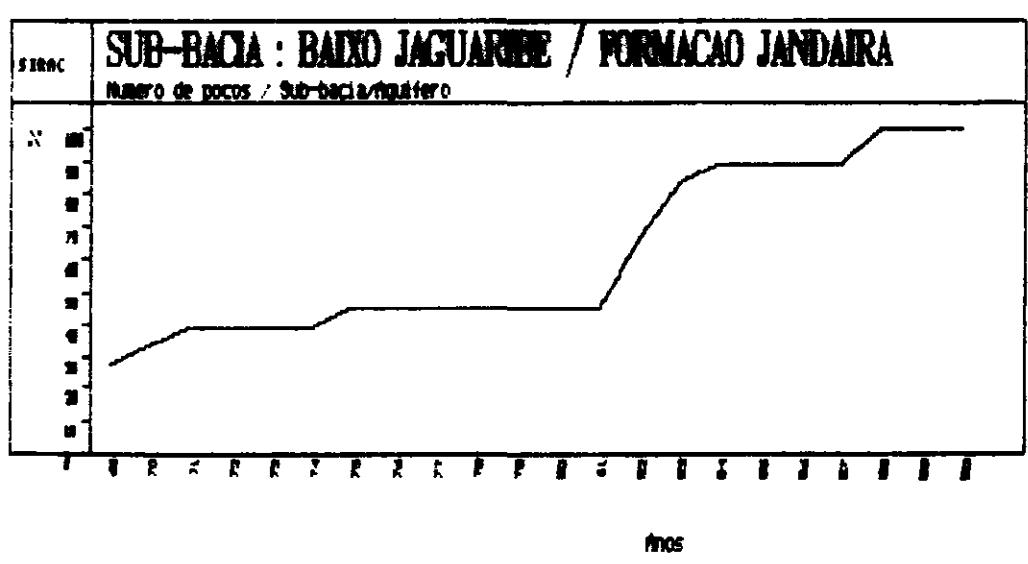
DISTRIBUIÇÃO ANUAL DA PERFURAÇÃO  
DE POÇOS TUBULARES NA FORMAÇÃO  
JANDAÍRA - BAIXO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 18

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



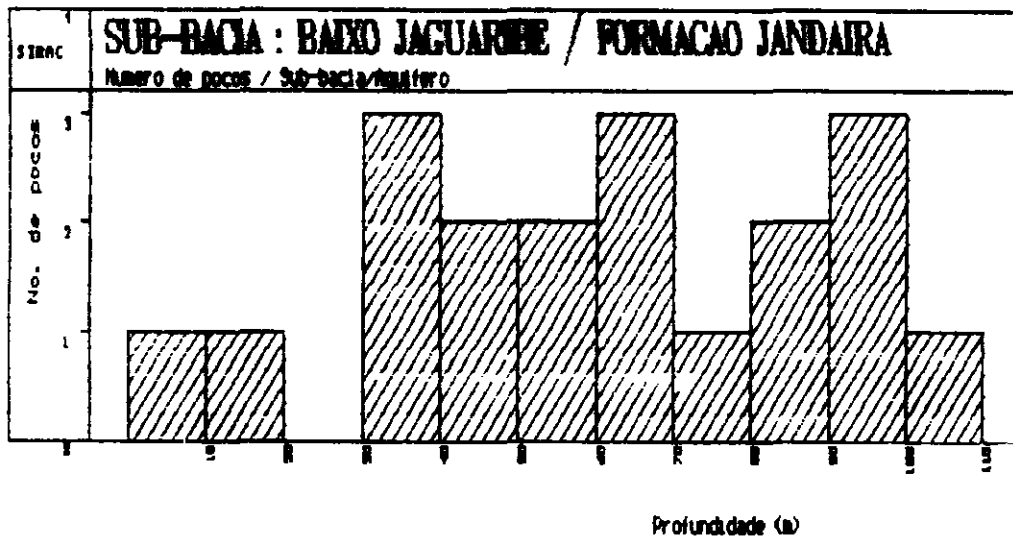
000087

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.32

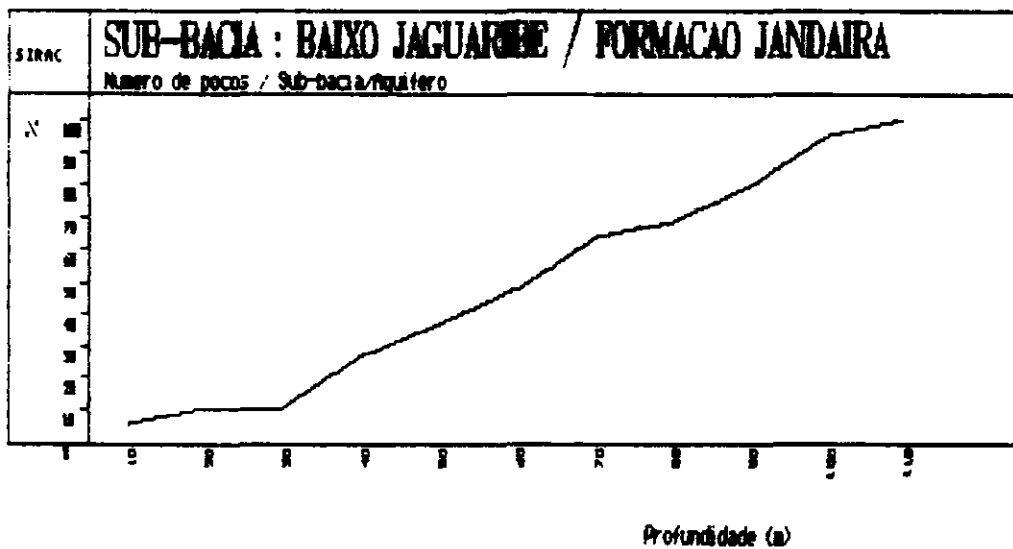
PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES  
NA FORMAÇÃO JANDAIRA -  
BAIXO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



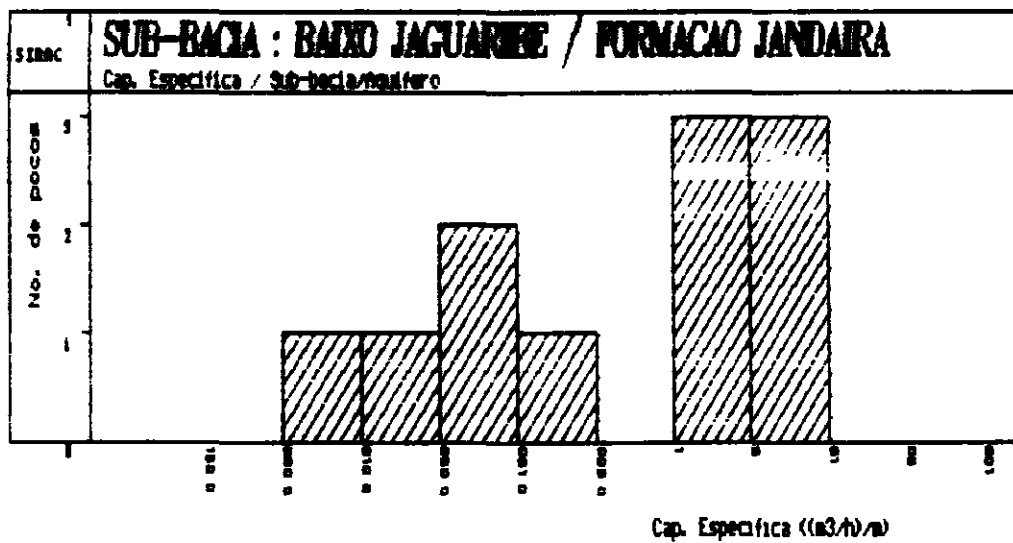
Número de Poços Analisados 19

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



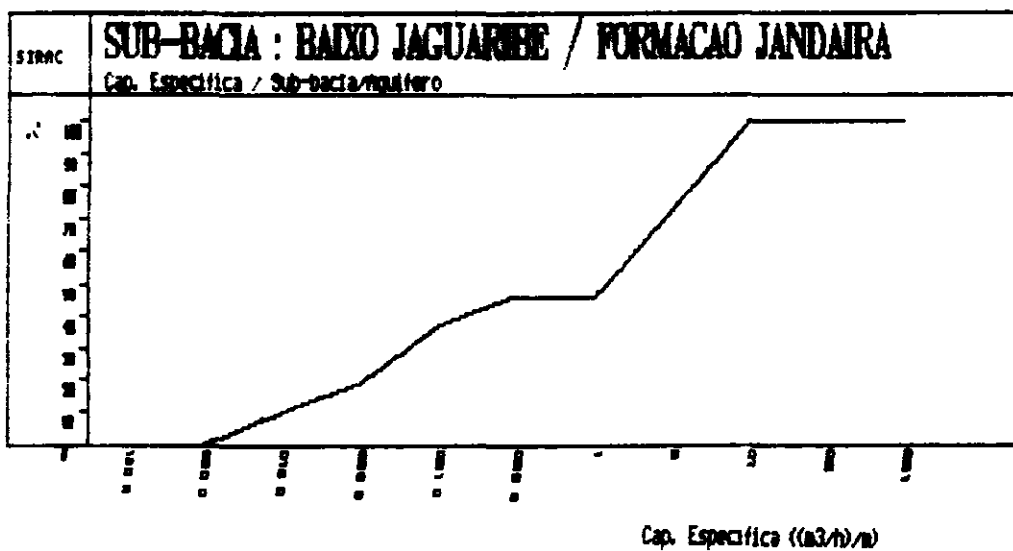
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 5.33**  
**CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS**  
**TUBULARES NA FORMAÇÃO JANDAIRA -**  
**BAIXO JAGUARIBE**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Pocos Analisados 11

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



000089

- Vazão (Q) = 9,2 m<sup>3</sup>/h,
- Nível estático (N E) = 18,9 m,
- Nível dinâmico (N D) = 34,5 m,
- Capacidade específica (C E) = 2,57 (m<sup>3</sup>/h)/m,
- Profundidade dos poços = 65,2 m

As médias de vazão e capacidade específica refletem condições muito altas para esta formação. Possivelmente dados de poços que captam outro sistema aquífero foram considerados como pertencentes ao Jandaíra. Uma análise dos perfis litológicos e verificação "in situ" dos poços pode demonstrar tal fato.

A alimentação do Jandaíra é realizada pelas águas das chuvas e pelas infiltrações verticais através do nível confinante do aquífero Açú (REBOUÇAS et al, op cit). Os exutórios são as fontes e ressurgências diversas, o aquífero inferior, os rios e a evapotranspiração.

A grande heterogeneidade do meio, com predominância de uma permeabilidade fissural, torna difícil o dimensionamento de suas características hidrodinâmicas. No contexto do Baixo Jaguaribe não foram estimados estes parâmetros.

Na Bacia Potiguar (RN), REBOUÇAS et al calcularam valores de  $1,5 \times 10^4$  m/s para a permeabilidade (K),  $5 \times 10^2$  m<sup>2</sup>/s para a transmissibilidade (T) e de  $5 \times 10^2$  para porosidade eficaz.

O valor de permeabilidade obtido por estes autores demonstra o caráter semi-impermeável para as litologias da Formação Jandaíra e corrobora a afirmação de que uma vazão média de 9,2 m<sup>3</sup>/h é muito alta para tal unidade.

#### 5 5 2 5 Formação Açú (KSaa)

Os arenitos com níveis silto-argilosos constituintes desta formação recobrem uma extensão de 1 095 km<sup>2</sup> e pertencem ao Grupo Apodi, ocorrendo na Chapada do Apodi, porção leste do Baixo Jaguaribe, e em grande parte constituem zona de recarga para as águas subterrâneas da Bacia Potiguar (RN).

A figura 5 34 mostra que esta unidade sempre foi perfurada, embora contendo um pequeno número de poços. As profundidades dos poços oscilam, predominantemente, entre 60 e 100 m (figura 5 35), com média de 76,7 m (30 poços).

A capacidade específica oscila desde  $10^3$  até 20 (m<sup>3</sup>/h)/m, com moda ocorrendo entre 1 e 2 (m<sup>3</sup>/h)/m (figura 5 36), e média de 0,76 (m<sup>3</sup>/h)/m (30 poços).

Dados referentes a 30 poços deram as seguintes médias:

- Vazão (Q) = 4,7 m<sup>3</sup>/h,
- Nível estático (N E) = 39,9 m,

- Nível dinâmico (N D) = 56,2 m

Através de observações de campo e geofísica, o GVJ (SUDENE/ASMIC, op cit) distinguiu 3 níveis, calculando espessuras de 70 m para o nível superior, 30 a 50 m para o médio e não apresentando dados para o nível inferior. Portanto, a espessura total desta formação no âmbito da área de estudo ainda não é totalmente conhecida. Na Bacia Potiguar (RN), REBOUÇAS et al (1967) estimaram uma espessura média da ordem de 180 m para esta formação.

A contribuição principal para a recarga do meio aquífero é representada pelas precipitações pluviométricas que caem na zona de afloramento. Os exutórios, principalmente na zona de recarga, são constituídos pelos rios e a evapotranspiração.

REBOUÇAS et al (op cit) mostraram que esta unidade constitui, na Bacia Potiguar, o mais importante sistema aquífero da região, com condições de apresentar artesianismo sobre aproximadamente 70% do domínio continental da bacia. Foram obtidos valores médios de  $10^6$  m/s para a permeabilidade (K),  $3 \times 10^4$  para o coeficiente de armazenamento (S) e de  $3 \times 10^2$  para o coeficiente de restituição.

#### 5 5 3 Estimativa de Reservas

##### 5 5 3 1 Aluviões (QHa)

Considerando uma precipitação média de 700 mm/ano, obtém-se um volume de  $700 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano precipitado sobre o aquífero aluvionar.

Admitindo-se um coeficiente de porosidade eficaz de 6%, tem-se  $42 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano para as reservas renováveis de águas subterrâneas, o que indica que uma lâmina d'água de 700 mm é eliminada anualmente, seja através de evapotranspiração ou por meio de transferência para unidades litológicas sotopostas.

Uma estimativa para as reservas permanentes, com uma espessura saturada de 12 m, revela um potencial de  $723 \times 10^6$  m<sup>3</sup>.

É aconselhável que um volume igual ao das reservas renováveis seja explorado, o que equivale a um potencial de  $42 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano.

É necessário que se tenha em mente a possibilidade de intrusões de cunhas salinas, o que irá diminuir o potencial de águas subterrâneas explorável, e isto faz com que se aplique maior rigor no controle da exploração destas águas.

##### 5 5 3 2 Dunas (QHd)

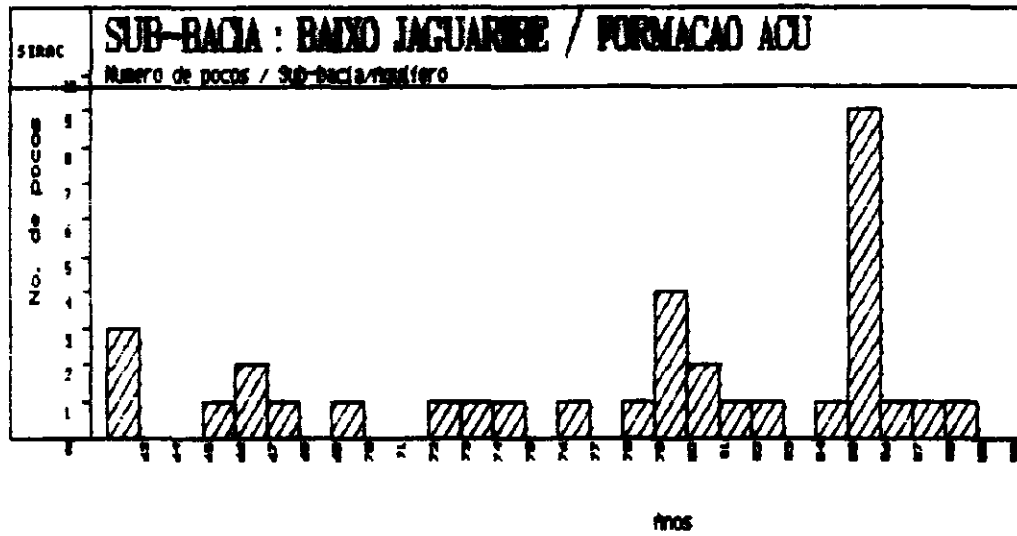
Apesar da pequena área ocupada pelas dunas, este sistema aquífero é importante, haja vista o número de captações e os volumes explorados de águas subterrâneas.

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 5.34

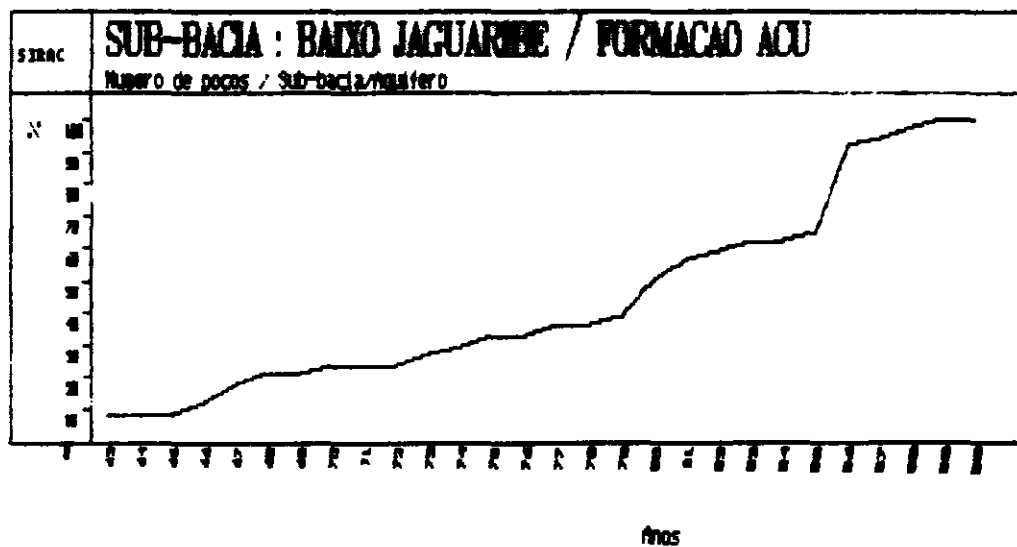
DISTRIBUIÇÃO ANUAL DA PERFURAÇÃO  
DE POÇOS TUBULARES NA FORMAÇÃO  
AÇU - BAIXO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 34

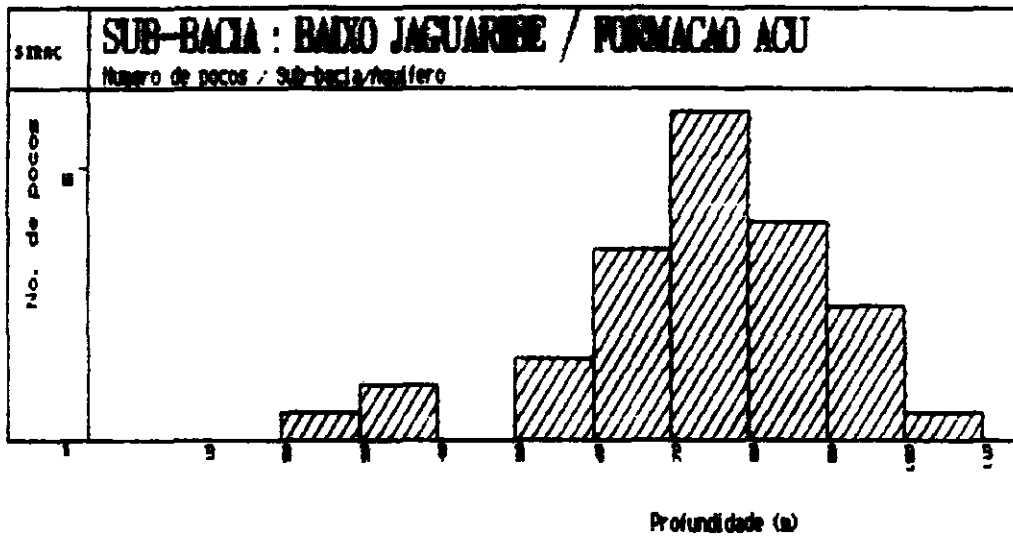
FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



660991

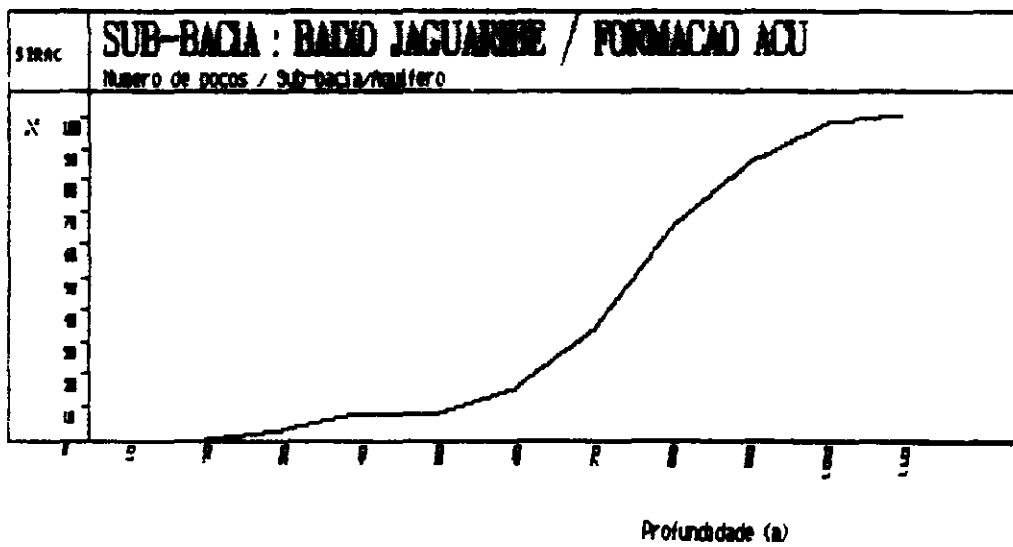
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 5.35**  
**PROFUNDIDADE DOS POÇOS TUBULARES**  
**NA FORMAÇÃO AÇU - BAIXO JAGUARIBE**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 39

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



000092



Cerca de  $55 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  de chuva caem sobre esta área, sendo que grande parte evapotranspira, outra drena para a rede hidrográfica e o mar e parte migra para o aquífero

Adotando-se o valor de 12 % para a porosidade eficaz (SUDENE/ASMIC, 1967) obtém-se para as reservas renováveis cerca de  $6,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ . Com uma espessura saturada da ordem de 16m, média para as dunas, estima-se um volume de  $150 \times 10^6 \text{ m}^3$  para as reservas permanentes

As reservas renováveis podem constituir o potencial hídrico subterrâneo efetivamente capaz de ser explorado. Porém, é necessário lembrar que as dunas formam um cordão paralelo à costa e podem sofrer influência direta de intrusão de águas do mar, resultando em uma perda das características exploráveis do aquífero. Por isso, necessário se faz um monitoramento dos volumes explorados por poços tubulares neste domínio, a fim de que se preserve o potencial do mesmo

#### 5 5 3 4 Formações Barreiras, Faceira e Moura (TQb)

Mesmo abrangendo uma área de 1990,6  $\text{km}^2$ , as características hidrodinâmicas destas formações dentro do contexto do Baixo Jaguaribe são ainda desconhecidas, e as suas possibilidades hidrogeológicas ficam restritas aos níveis arenosos que são intercalados por níveis argilosos

Considerando-se uma precipitação média anual de 700 mm, verifica-se que um volume de  $1.393,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  cai sobre a área ocupada por estas coberturas sedimentares

Admitindo-se um coeficiente de porosidade eficaz de 0,5%, obtém-se para as reservas renováveis um potencial de  $6,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$

Para se ter uma estimativa de reservas permanentes, é necessário ter-se dados sobre espessura saturada do aquífero. Como se trata de formações com diferentes níveis litológicos e, além do mais, quase sempre os poços perfurados nesse contexto penetram no embasamento cristalino, fica muito difícil se estimar uma espessura saturada que seja representativa e, assim sendo, não é possível o cálculo das reservas permanentes

As reservas exploráveis são consideradas como sendo o potencial das reservas renováveis, ou seja,  $6,9 \times 10^6 \text{ m}^3$

#### 5 5 3 5 Formação Jandaíra (KSaj)

A alimentação das águas subterrâneas por infiltração direta provenientes das precipitações foi avaliada por REBOUÇAS et al (1967), na Bacia Potiguar, em 1,3 % da pluviometria

A análise das curvas piezométricas realizada por REBOUÇAS et al (op cit) mostra que as águas subterrâneas acumuladas nos calcários Jandaíra se escoam normalmente para o mar. Sendo assim, é

improcedente fazer uma estimativa de reservas de águas subterrâneas desta unidade no Baixo Jaguaribe, principalmente, ainda, com a escassez de dados presente

#### 5 5 3 6 Formação Açú (KSaa)

Esta formação possui características de aquífero livre em sua zona de recarga e confinado onde sobreposto pela Formação Jandaíra, suas características hidrodinâmicas, espessura saturada, porosidade efetiva e coeficiente de armazenamento não são conhecidas na Bacia do Baixo Jaguaribe

Não existem dados suficientes para o cálculo de suas reservas no Baixo Jaguaribe, por isso elas não são aqui expressas

### 6 DOMÍNIO CRISTALINO

As rochas ígneas e metamórficas afloram em 76,8% da superfície da Bacia do Jaguaribe, sendo que as primeiras abrangem uma área de 8% deste total. A associação destas litologias constitui o domínio cristalino

#### 6 1 Aspectos Gerais

O domínio cristalino é tratado pela hidrogeologia como um tópico à parte, devido às suas características litológicas, este meio possui baixíssima porosidade integranular, às vezes nula, e a pesquisa para água subterrânea restringe-se às zonas fraturadas

Porém, necessário se faz observar que não basta estas zonas serem fraturadas para que se encontre água. É preciso que estas fraturas sejam abertas, interconectadas e estejam ligadas a uma área de recarga

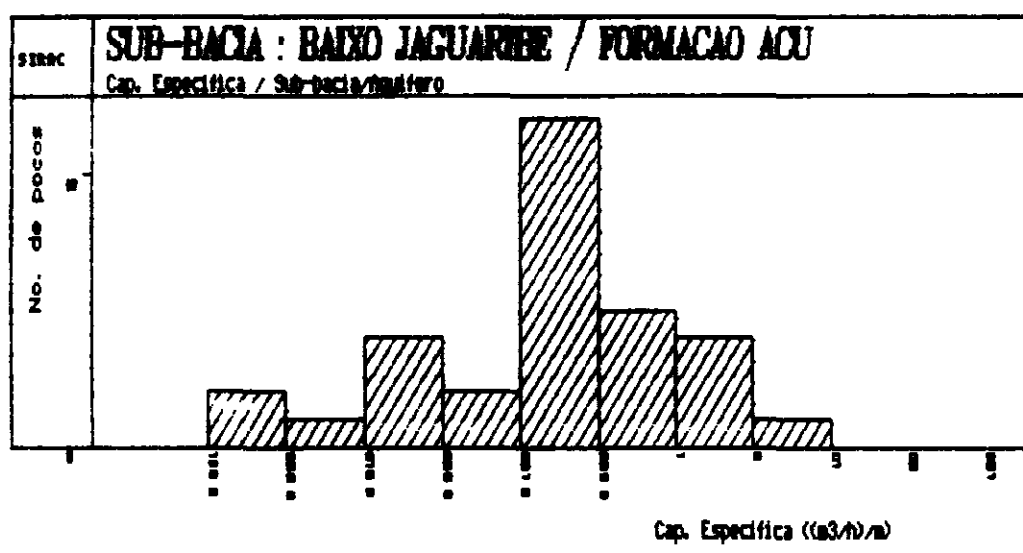
Situações diversas são encontradas em perfurações de poços, onde muitas vezes se tem um grande número de fraturas porém o volume d'água é praticamente nulo, face à inexistência de zonas de alimentação para o aquífero fraturado. A figura 6 1 ilustra muito bem estes casos, onde em princípio se tem um poço sobre um cristalino são, onde a vazão deverá ser nula, e gradativamente vai se observando fraturamento, interconecção de fraturas e zona de recarga, onde, finalmente, associando os fatores, obtém-se a melhor condição para a locação do poço

O meio aquífero é heterogêneo e anisotrópico e isto faz com que as características de vazão, nível estático, nível dinâmico, profundidade dos poços e parâmetros hidrodinâmicos não possam ser generalizados. Por estas razões, dificilmente se fazem estimativas de reservas para esta unidade

Trabalhos pioneiros como os de SIQUEIRA (1963), COSTA (1965), CRUZ (1968), entre outros,

**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 5.36**  
**CAPACIDADE ESPECÍFICA PARA OS POÇOS**  
**TUBULARES DA FORMAÇÃO AÇU -**  
**BAIXO JAGUARIBE**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados      31

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

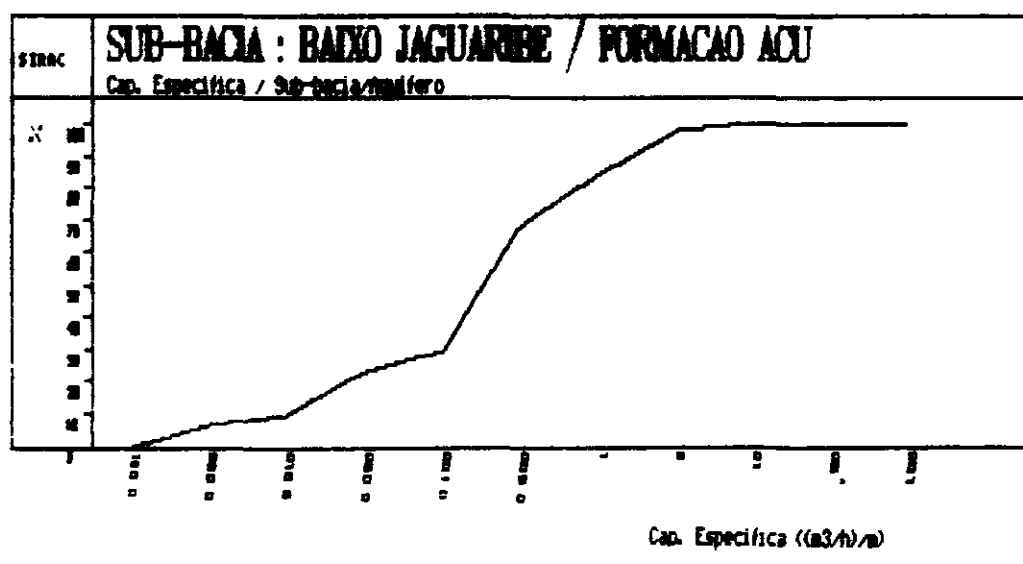
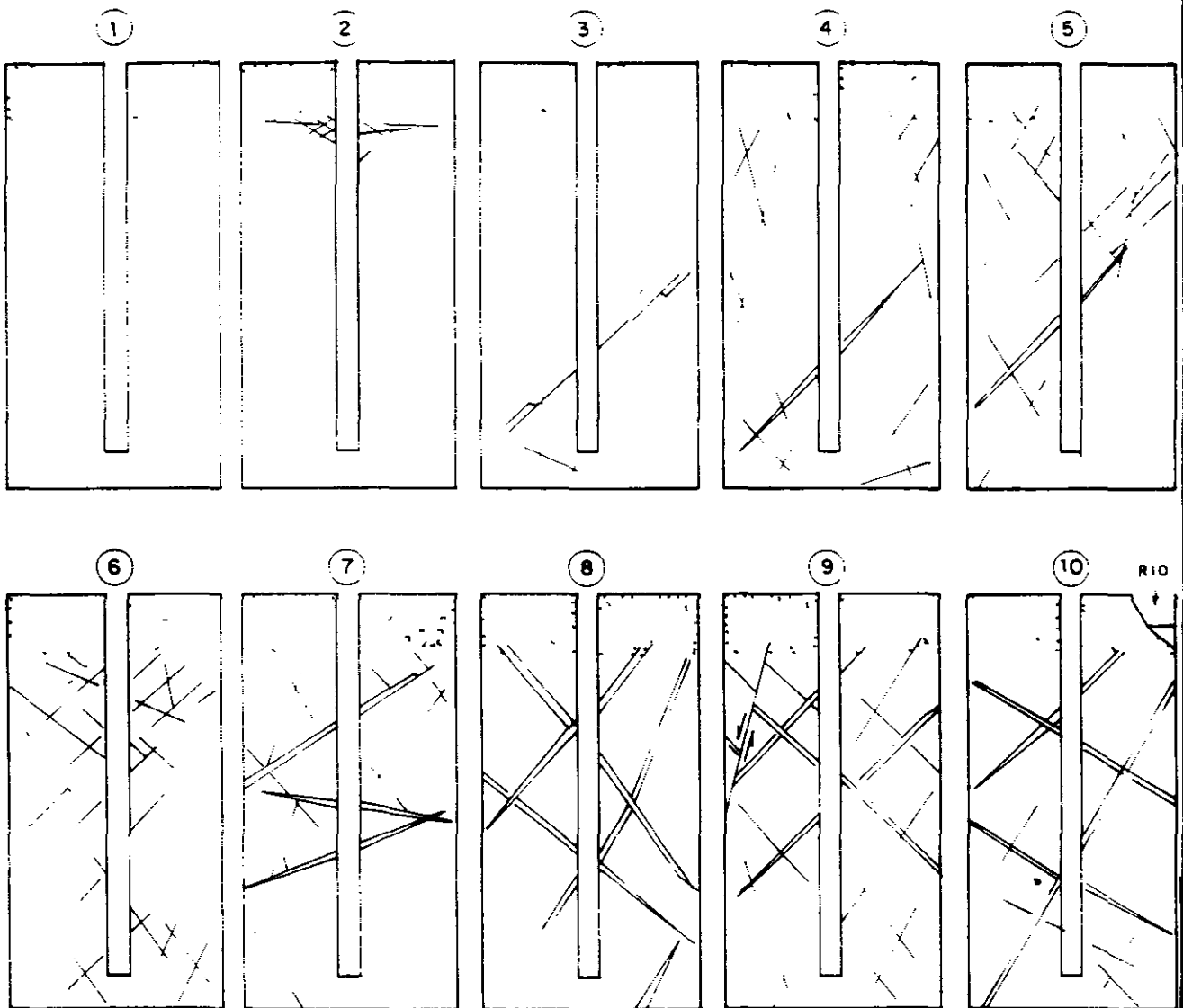





FIGURA - 6.1

## SITUAÇÕES ENCONTRADAS NA PERFURAÇÃO DE UM POÇO NO CONTEXTO CRISTALINO

( IN DUARTE, 1985 )



-  - MANTO DE ALTERAÇÃO
-  - ROCHA SÃ
-  - FRATURA

① e ⑩ — CONDIÇÕES EXTREMAS DE EXPLORAÇÃO

fundamentam concertos que aos poucos são analisados à luz de novos conhecimentos

## 6.2 Águas Subterrâneas no Domínio Cristalino

Como as rochas cristalinas possuem diminuta, ou mesmo inexistente, porosidade primária ou intergranular, a pesquisa hidrogeológica volta-se para as zonas fraturadas

As quantidades de água capazes de serem exploradas destas rochas são bastante limitadas, no geral de 1 a 3 m<sup>3</sup>/h, porém, muitas vezes constituem a única opção disponível dentro de uma extensa área, como ocorre normalmente em quase toda a Região Nordeste do Brasil

Assim, as ocorrências de água em fraturas assumem um papel relevante como fonte de abastecimento para pequenas comunidades rurais e para a agropecuária de pequeno porte

A África, por exemplo, mantém projetos governamentais para exploração de águas subterrâneas no domínio cristalino visando o abastecimento de pequenas comunidades, onde a vazão requerida oscila em torno de 1 - 1,5 m<sup>3</sup>/h

A alimentação deste tipo de aquífero, por infiltração direta nas fraturas, é praticamente inexistente na área onde o escoamento superficial e a intensa evapotranspiração prevalecem totalmente

Desta forma, esta recarga se faz efetivamente através dos cursos d'água superficiais nos pontos de congruência entre fratura x drenagem, ou indiretamente através dos leitos aluviais, em que estes funcionam como aquífero de transferência

A recarga a partir da Formação Barreiras e coberturas colúvio-eluviais não é estimada, porém, em virtude do caráter silto-argiloso destas unidades, presume-se que seja ínfima

A circulação das águas subterrâneas neste meio se faz exclusivamente através de fraturas e, desta forma, somente em áreas de intenso fraturamento e desde que as fraturas sejam abertas, interconectadas e associadas a uma área de alimentação, se pode esperar vazões promissoras para este sistema aquífero

O principal exutório destas águas é a evapotranspiração. Devido ao caráter heterogêneo e anisotrópico do meio é difícil se estabelecerem relações entre drenagem subterrânea e águas superficiais

A figura 6.2 mostra que existem períodos onde a perfuração de poços cresce acentuadamente, a exemplo de 1980 - 1981. Isto também reflete os períodos de maior aridez e criação de projetos governamentais que visam a perfuração de poços para amenizar este problema. Na verdade, o que se observa são "buracos", onde o principal é a

quantidade de metros perfurados, sem nenhum critério técnico de locação ou acompanhamento da obra

A evolução anual da perfuração de poços nas Bacias do Salgado, Banabuiú, Baixo/Médio/Alto Jaguaribe mostra um comportamento similar, onde a moda abrange o período de 1979 - 1984 (figuras 6.3 a 6.7)

As profundidades dos poços oscilam predominantemente entre 50 - 80 m (figura 6.8). Isto é decorrência da prática, onde usualmente se considera uma profundidade média ideal em torno dos 60 m. Acima desta, as fraturas são consideradas fechadas em virtude da pressão de carga existente, embora estudos mais recentes, envolvendo os Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, estimem profundidades médias ideais entre 35 - 45 m (COSTA, 1986; ALBUQUERQUE, 1987)

As profundidades por sub-bacia hidrográfica refletem o observado no geral, ou seja, entre 50 - 80 m (figuras 6.9 a 6.12)

As capacidades específicas dos poços perfurados neste domínio são baixíssimas, decorrentes das pequenas vazões e dos grandes rebaixamentos encontrados. Geralmente são inferiores a 0,5 (m<sup>3</sup>/h)/m

A figura 6.14 mostra capacidades específicas variáveis, predominando o intervalo de 0,002 a 2,0 (m<sup>3</sup>/h)/m. Estes números refletem vazões exploradas do aquífero sobrejacente, possivelmente dos aluviões. A moda situa-se entre 0,002 a 0,05 (m<sup>3</sup>/h)/m, valores mais aceitáveis para o meio cristalino

As capacidades específicas dos poços perfurados neste domínio, no âmbito da Bacia do Salgado, reforçam a observação de valores da ordem de 0,002 a 0,5 (m<sup>3</sup>/h)/m, enquanto que para as outras, apesar de existir no geral uma predominância deste intervalo, os valores são mais variáveis (figuras 6.15 a 6.19)

Dos poços cadastrados observaram-se as características médias a seguir

Portanto, as vazões médias oscilam em torno de 3 m<sup>3</sup>/h, nível estático de aproximadamente 10 m, nível dinâmico de 39 m e capacidade específica variando de 0,17 a 1,01 (m<sup>3</sup>/h)/m

Não foram estimados os parâmetros hidrodinâmicos médios em função das características particulares do meio, que impedem estimativas médias para as características hidrodinâmicas deste aquífero

## 6.3 Estimativa de Reservas

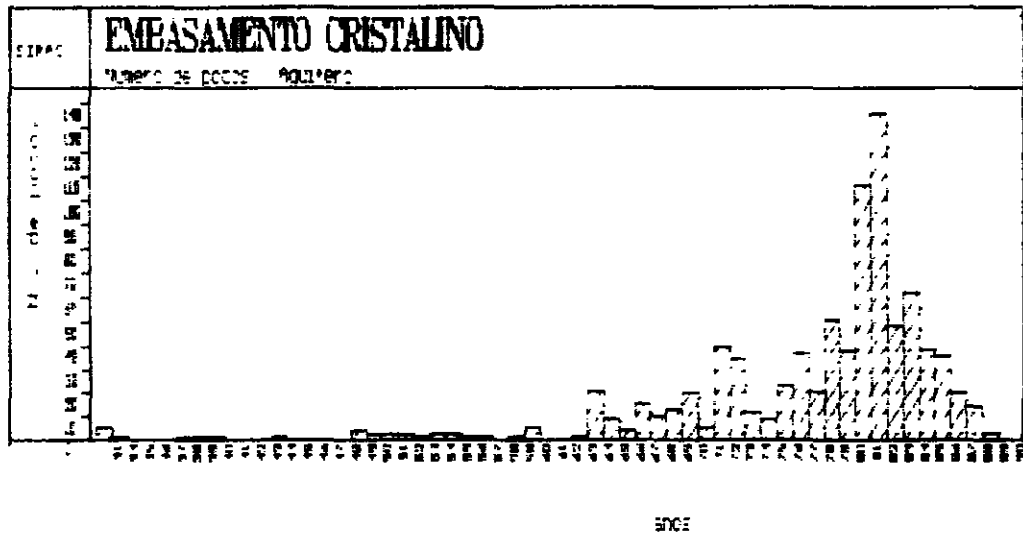
O embasamento cristalino aflora em 63 489,7 km<sup>2</sup> da Bacia do Jaguaribe. Considerando uma precipitação média de 700 mm/ano, um volume

**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**FIGURA - 6.2**

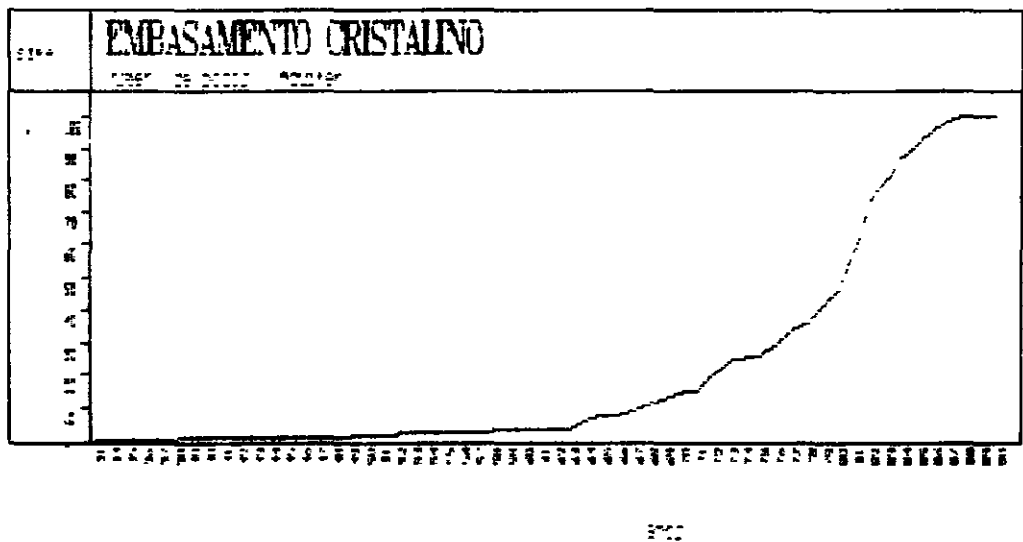
**EVOLUÇÃO ANUAL DOS POÇOS PERFORADOS NO CRISTALINO  
BACIA DO JAGUARIBE**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Poços Analisados 854

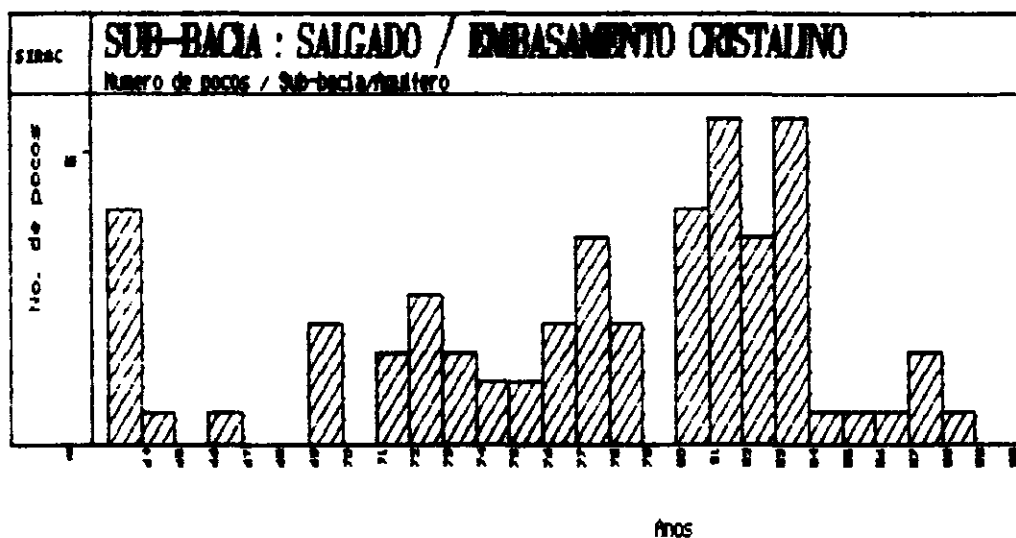
FREQUENCIA RELATIVA ACUMULADA



000097

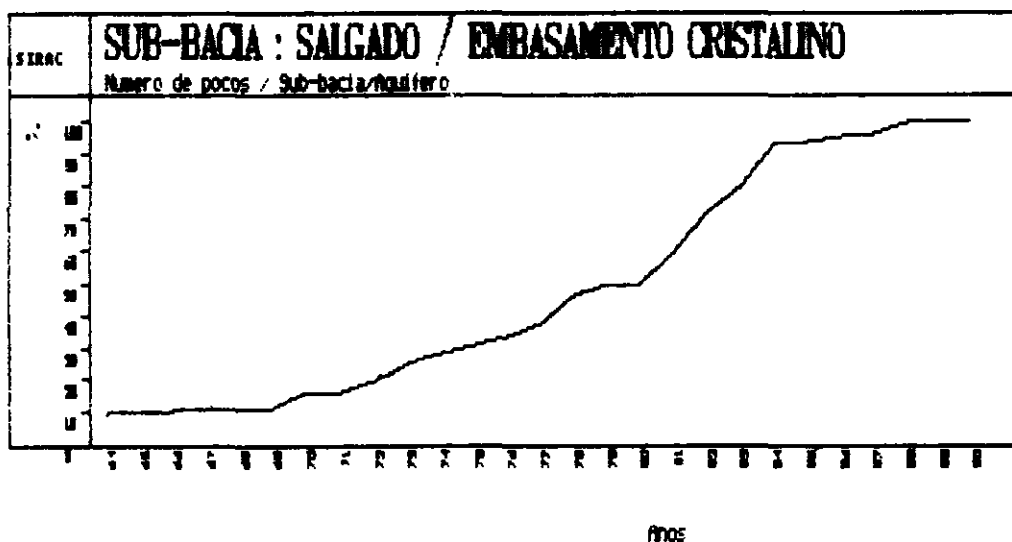
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 6.3**  
**EVOLUÇÃO ANUAL DAS PERFURAÇÕES DE POÇOS**  
**TUBULARES NO CRISTALINO - BACIA DO SALGADO**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



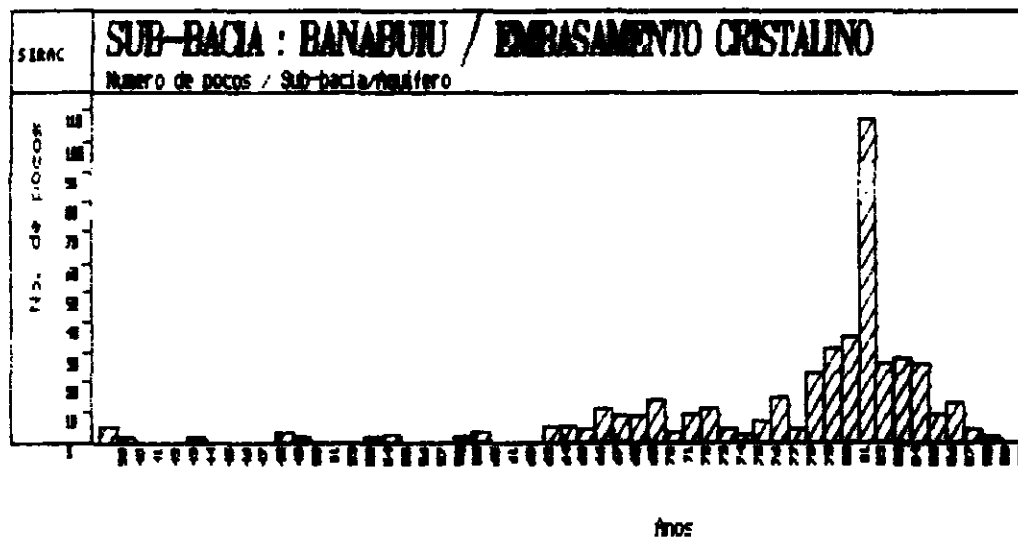
Numero de Pocos Analisados      88

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



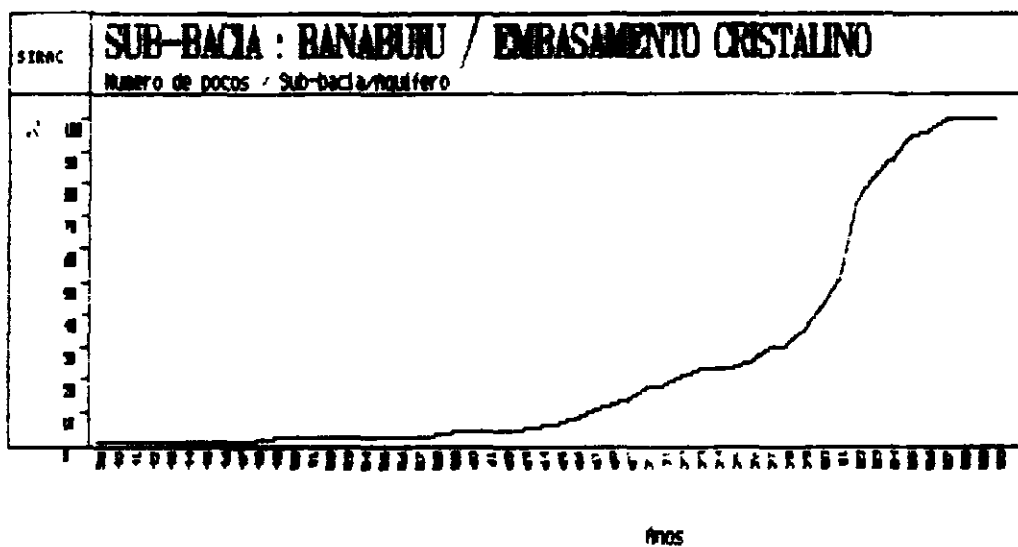
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 6.4**  
**EVOLUÇÃO ANUAL DAS PERFURAÇÕES DE POÇOS**  
**TUBULARES NO CRISTALINO - BACIA DO BANABUIÚ**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados      432

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

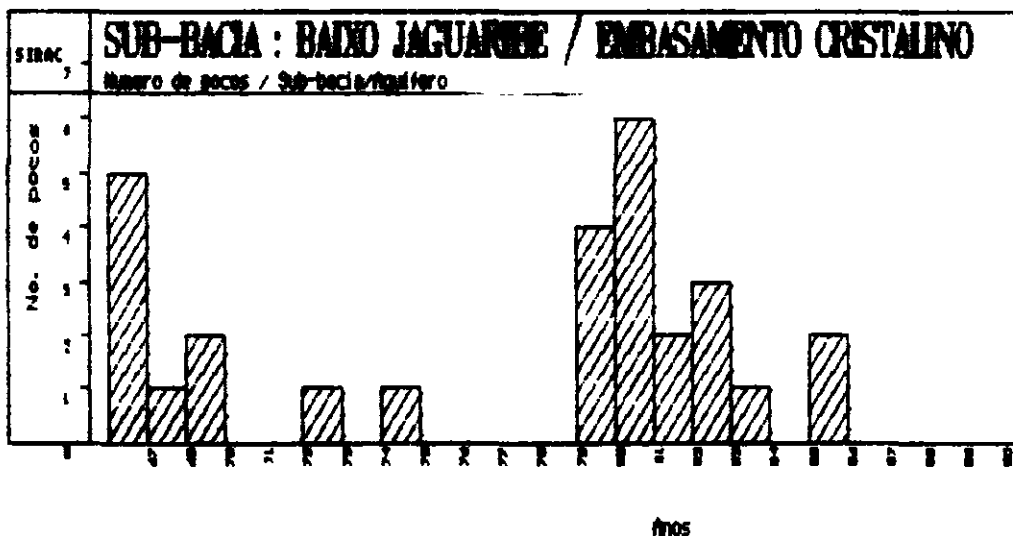


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 6.5

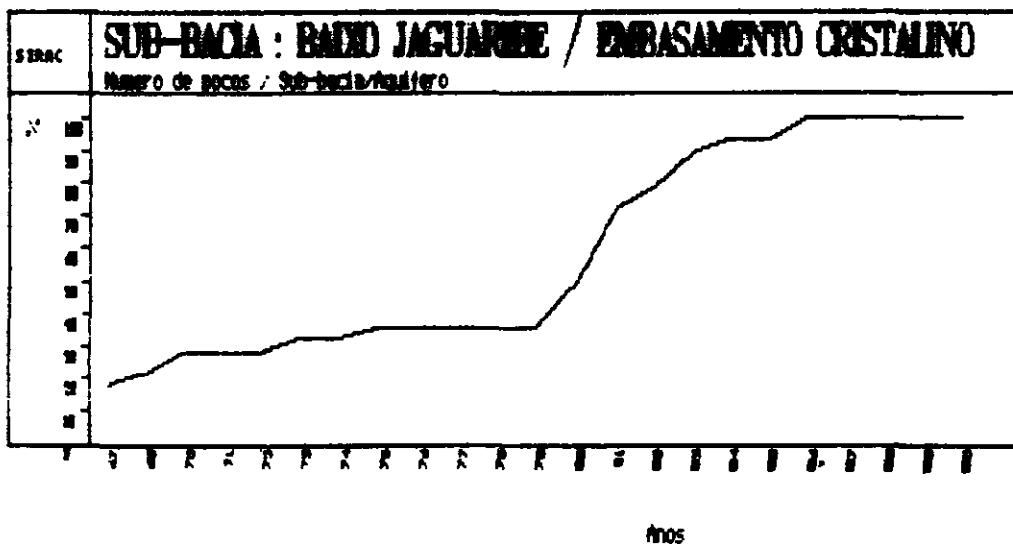
EVOLUÇÃO ANUAL DAS PERFURAÇÕES DE POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO - BACIA DO BAIXO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Pocos Analisados 28

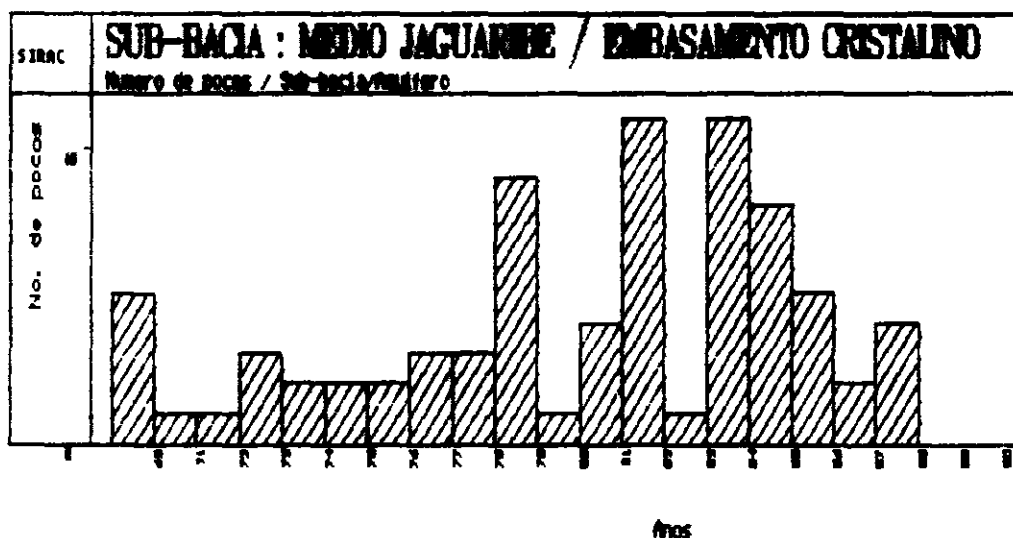
FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA





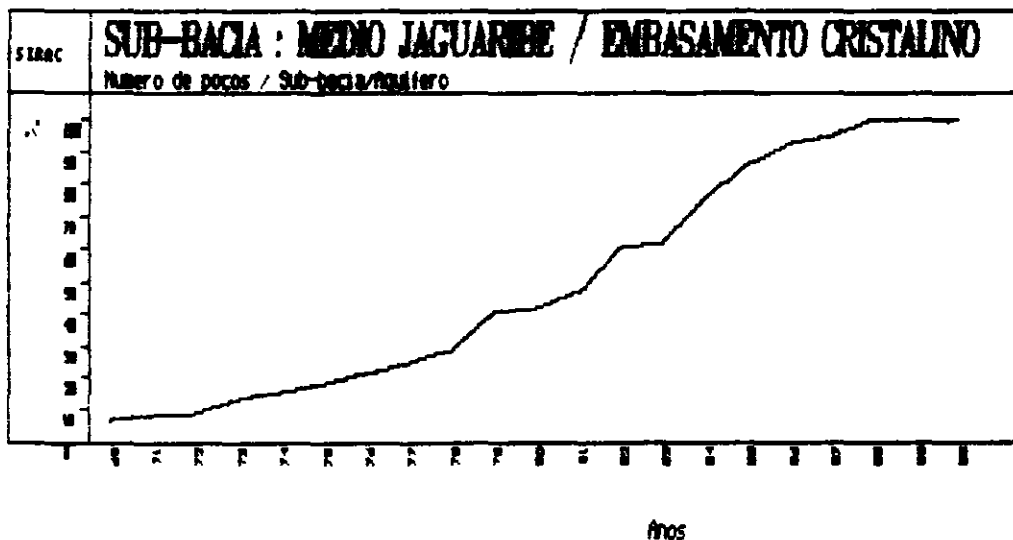
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 6.6**  
**EVOLUÇÃO ANUAL DAS PERFURAÇÕES DE POÇOS**  
**TUBULARES NO CRISTALINO - BACIA DO MÉDIO JAGUARIBE**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados      78

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



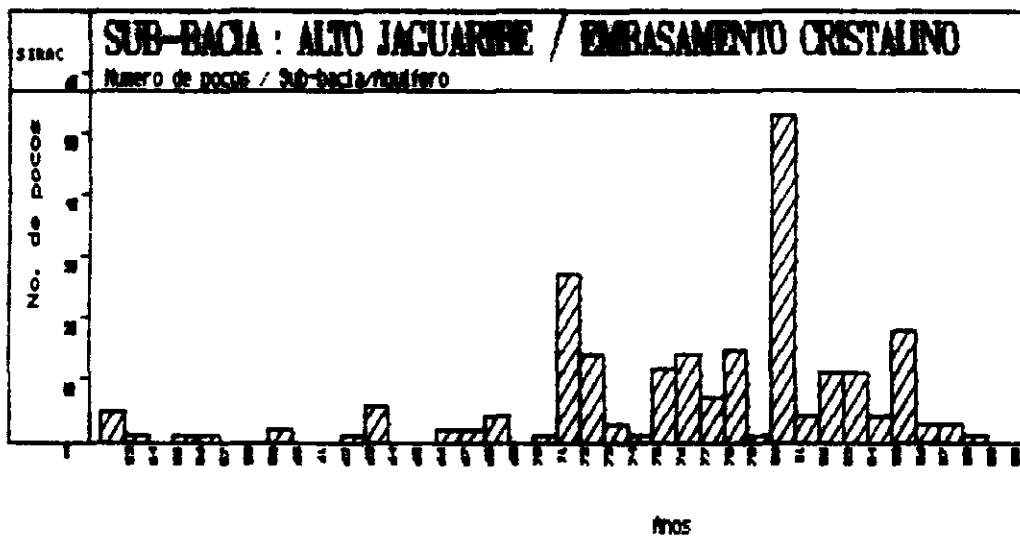
000101

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 6.7

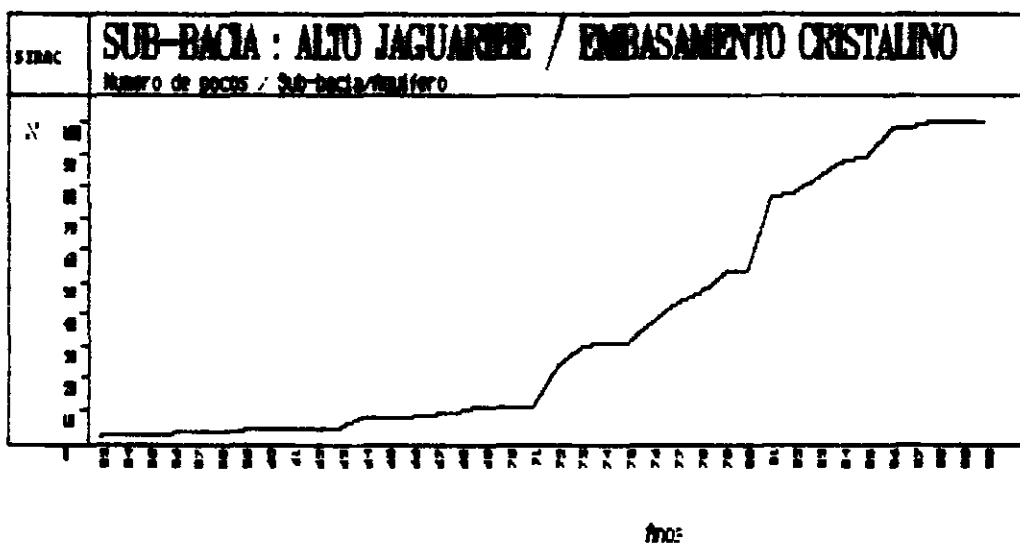
EVOLUÇÃO ANUAL DAS PERFURAÇÕES DE POÇOS  
TUBULARES NO CRISTALINO - BACIA DO ALTO JAGUARIBE

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



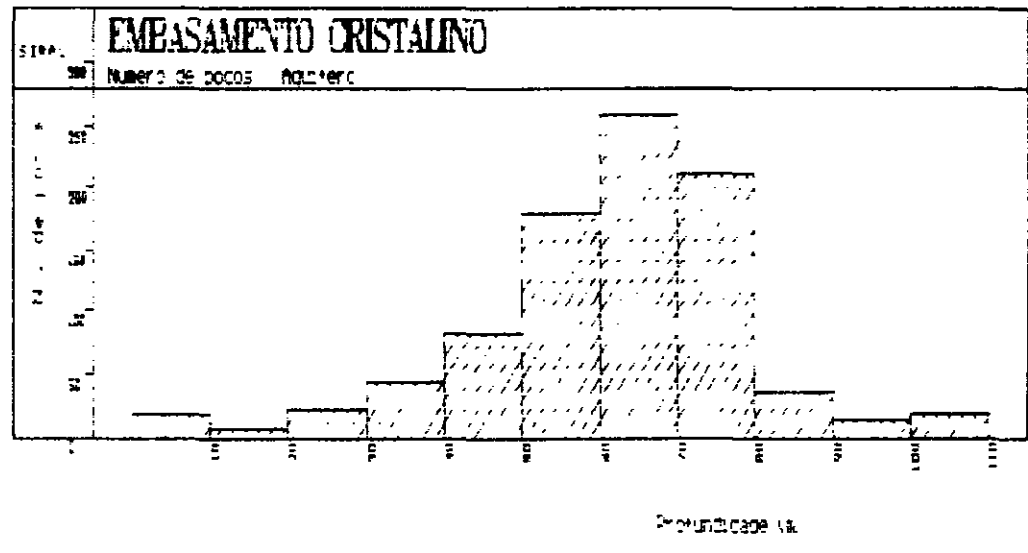
Número de Poços Analisados 228

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



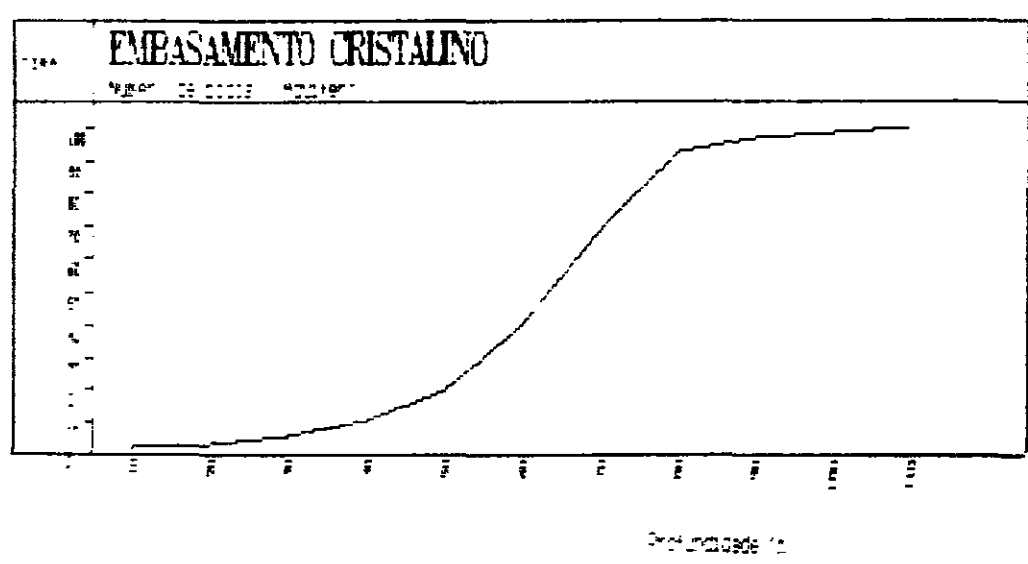
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
FIGURA - 6.8  
PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO  
- BACIA DO JAGUARIBE -

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Poços Analisados 890

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

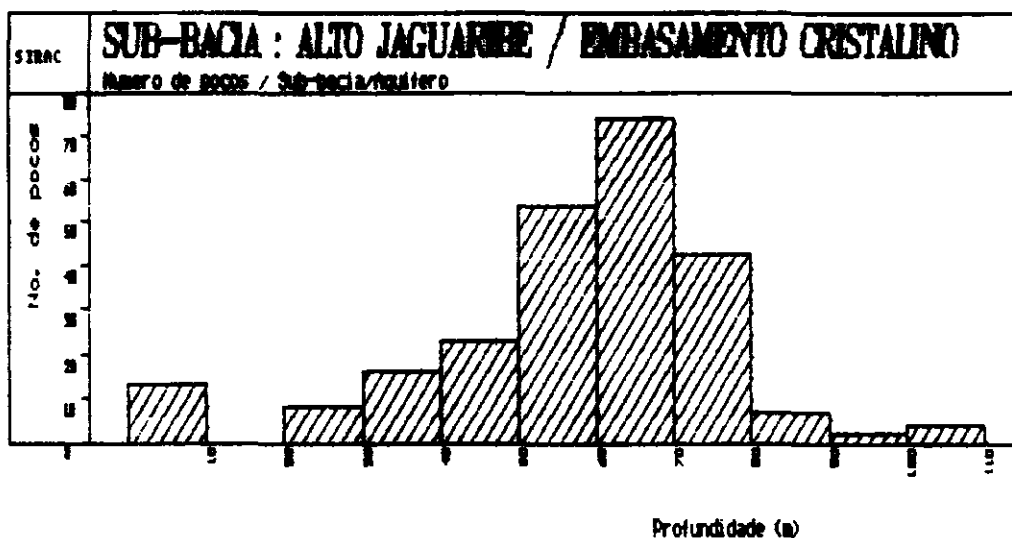


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 6.9

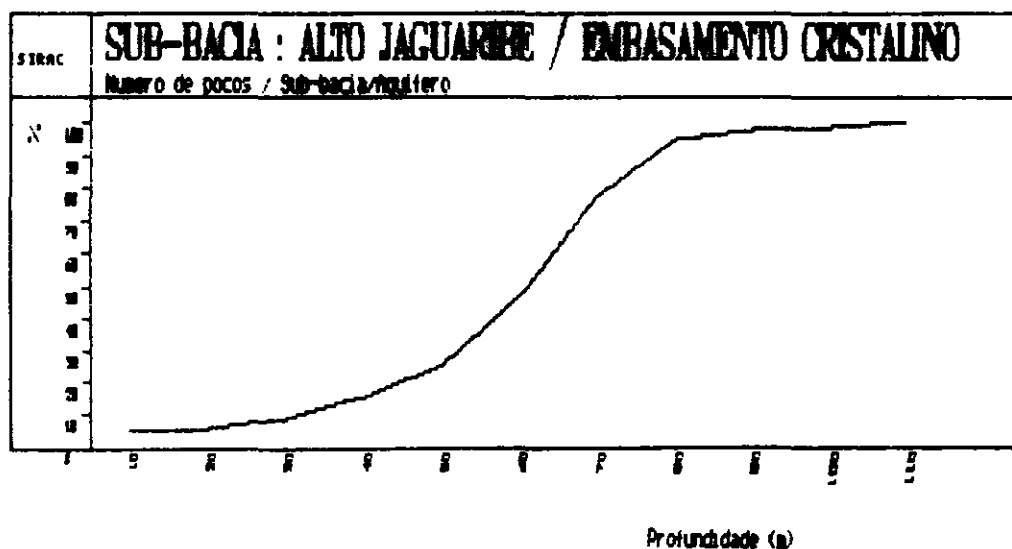
PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO  
- ALTO JAGUARIBE -

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



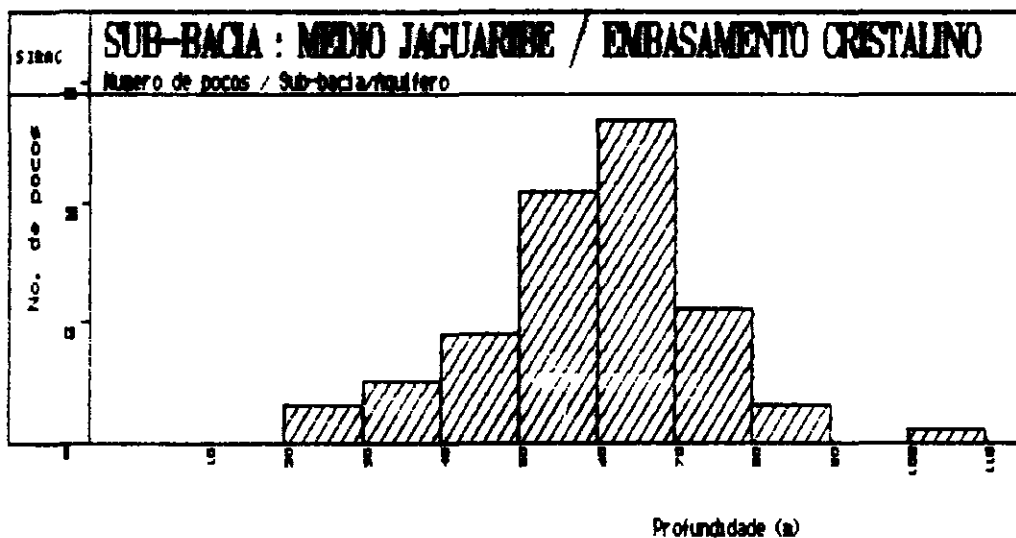
Número de Poços Analisados 242

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



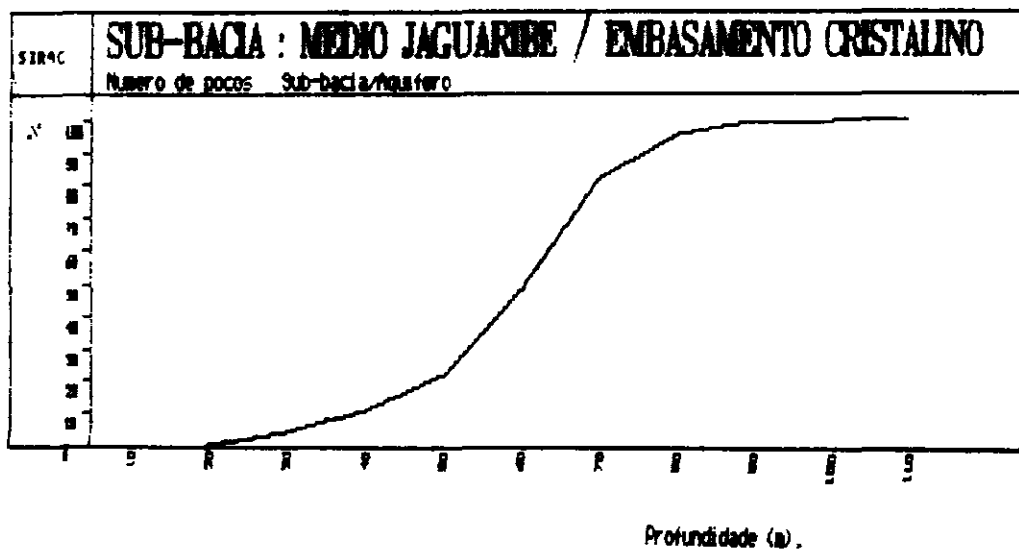
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 6.10**  
**PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO**  
**- MÉDIO JAGUARIBE -**

**HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA**



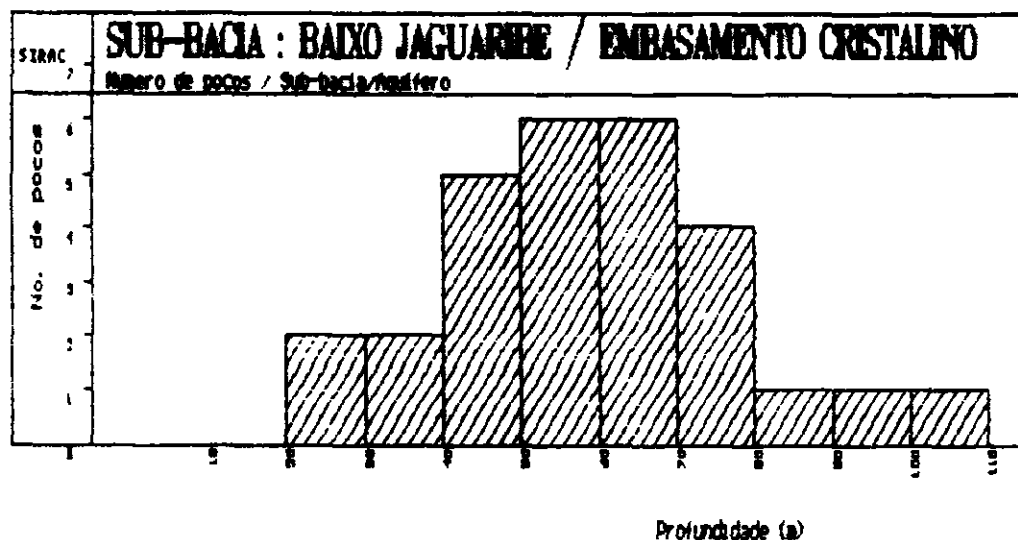
Número de Poços Analisados      80

**FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA**



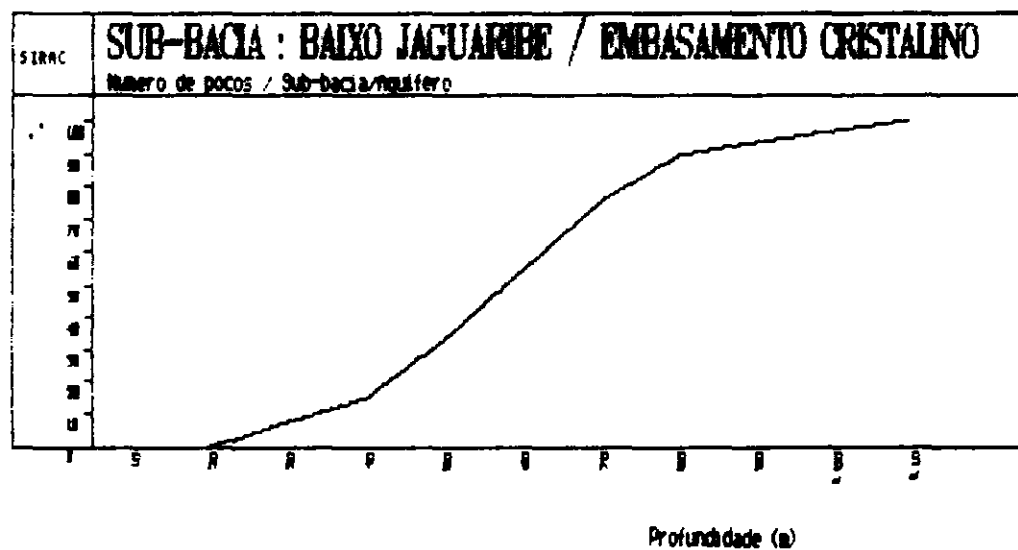
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 6.11**  
**PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO**  
**- BAIXO JAGUARIBE -**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



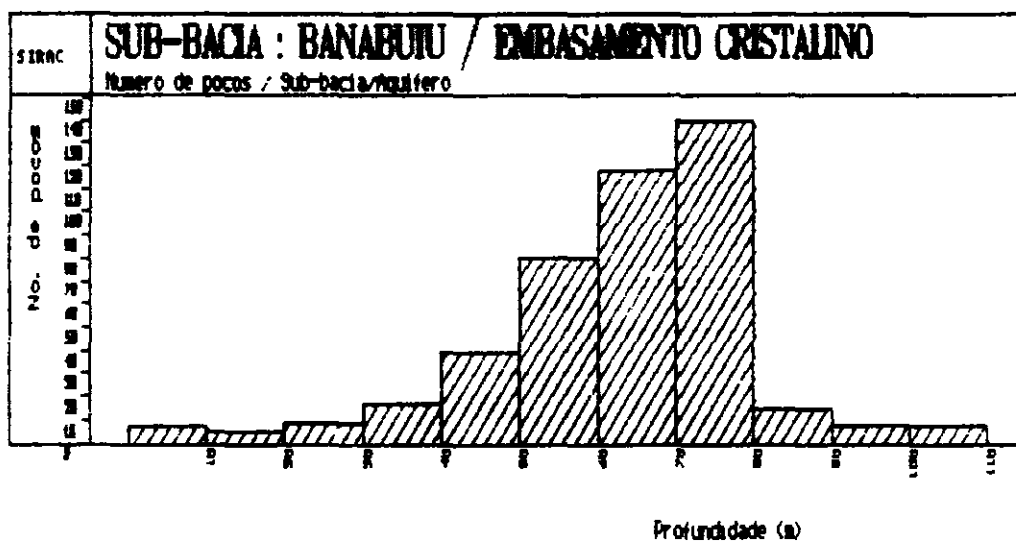
Número de Poços Analisados      28

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



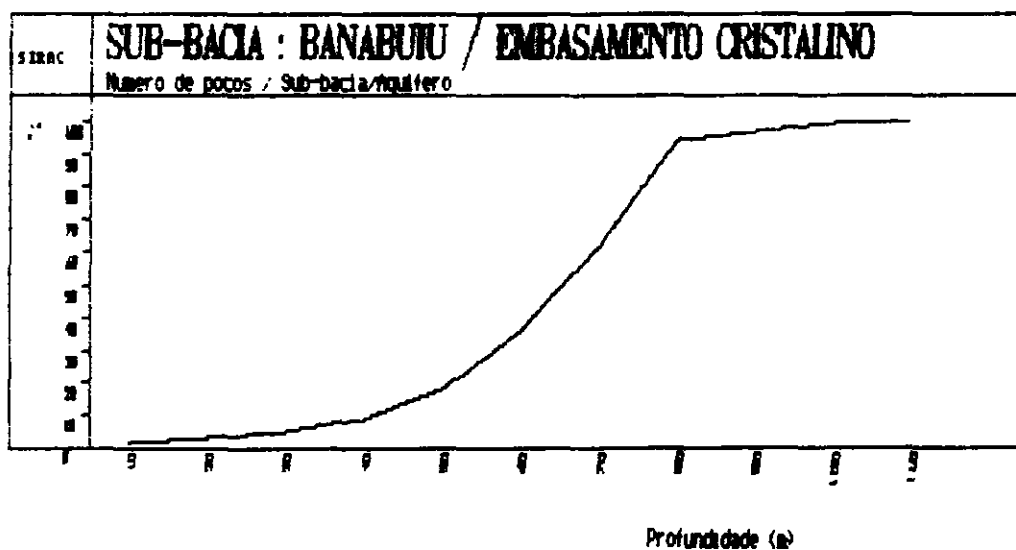
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 6.12**  
**PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO**  
**- BANABUIÚ -**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Pocos Analisados      444

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

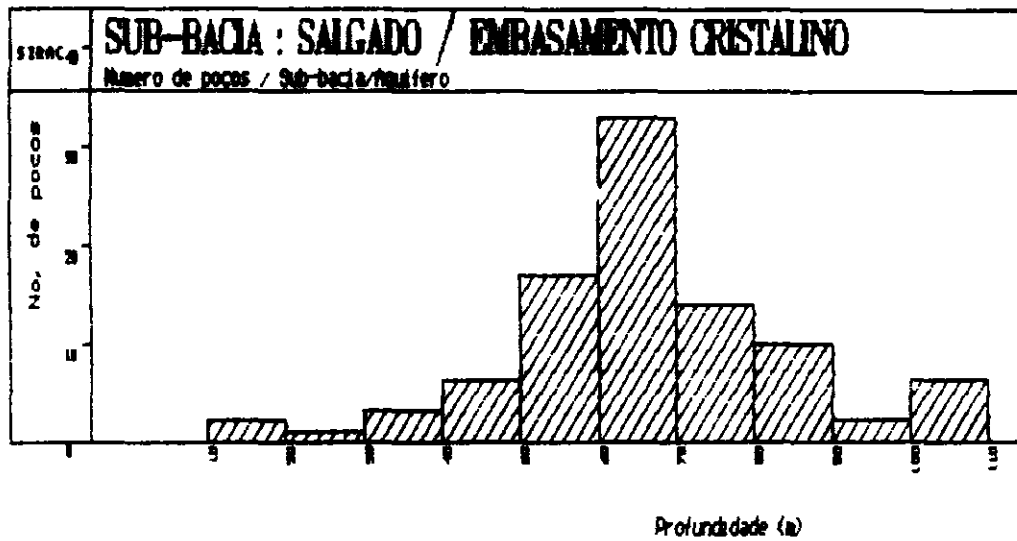


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 6.13

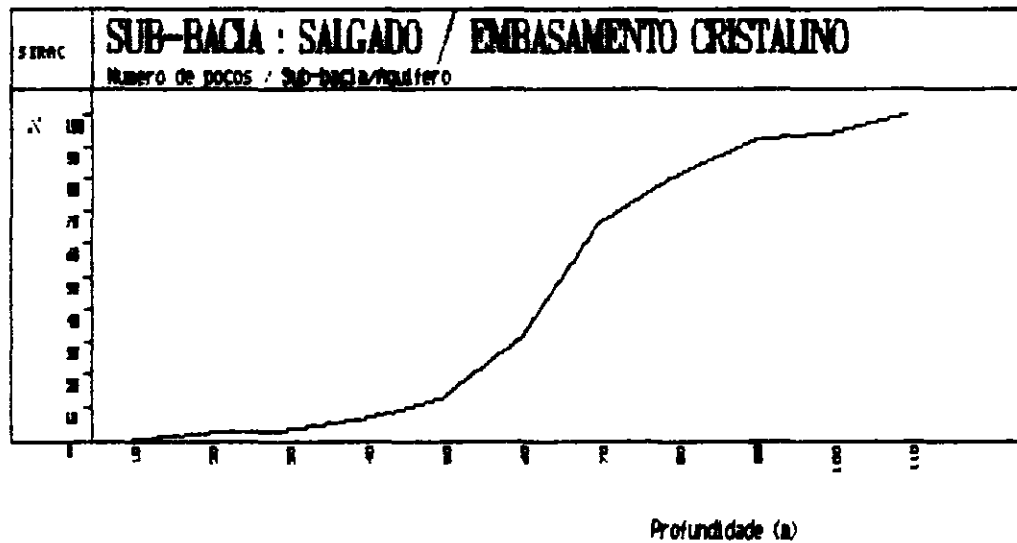
PROFUNDIDADES DOS POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO  
- SALGADO -

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 94

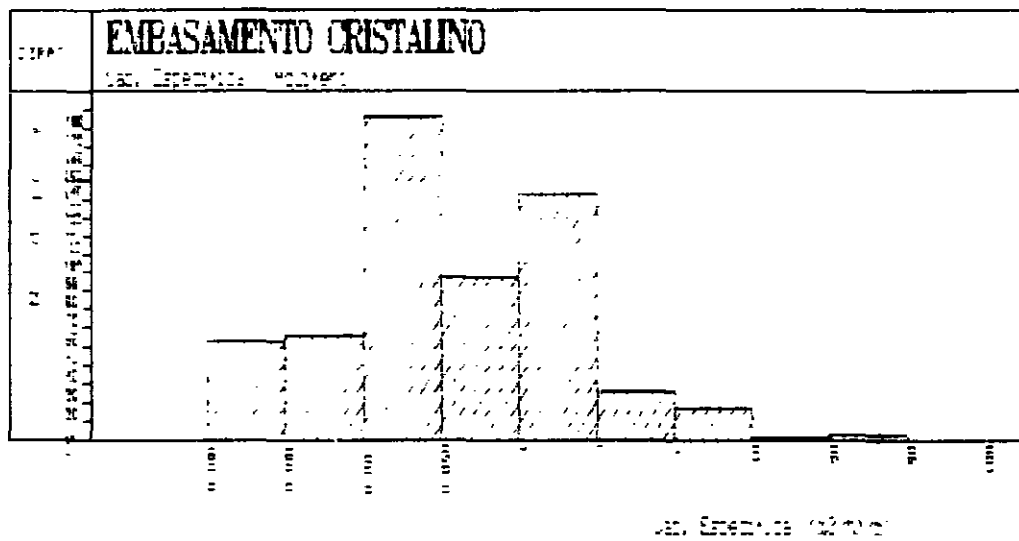
FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA





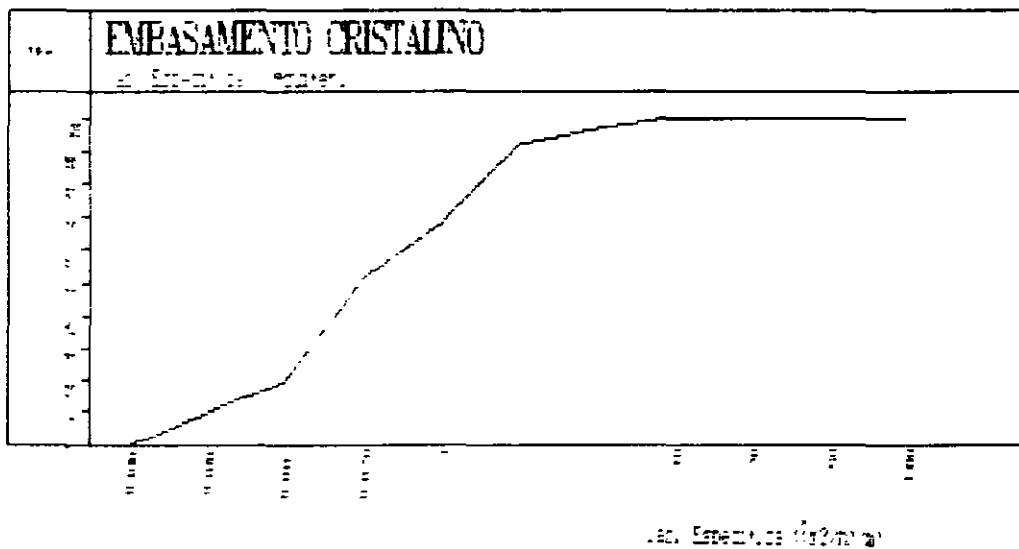
**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**FIGURA - 6.14**  
**CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS NO CRISTALINO**  
**- BACIA DO JAGUARIBE -**

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Pocos Analisados      551

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

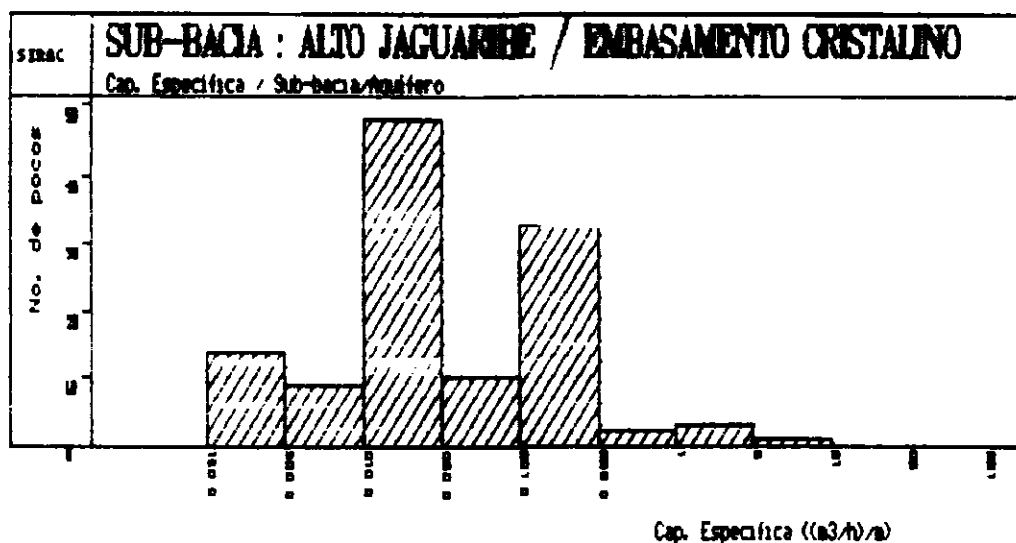


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 6.15

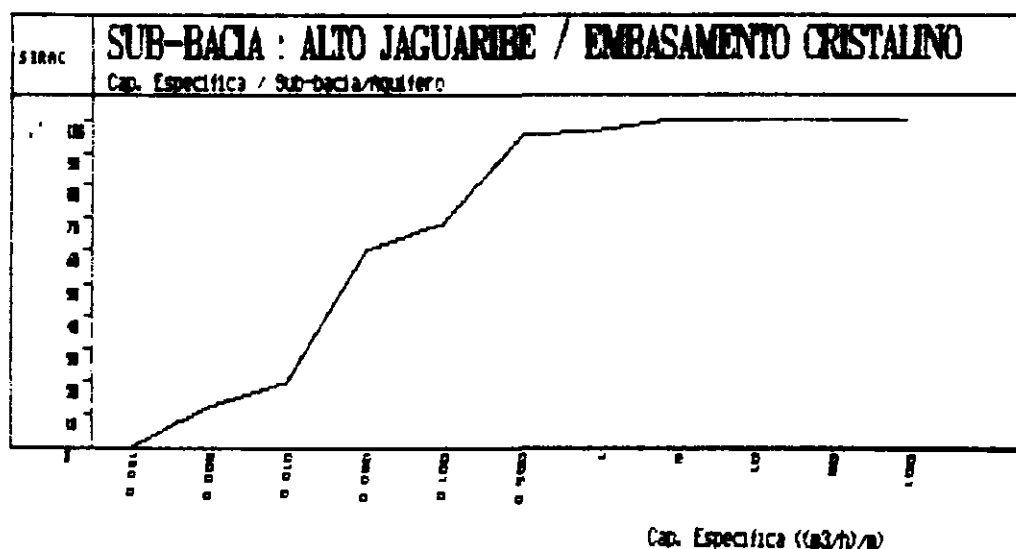
CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO  
- ALTO JAGUARIBE -

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Pocos Analisados 120

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

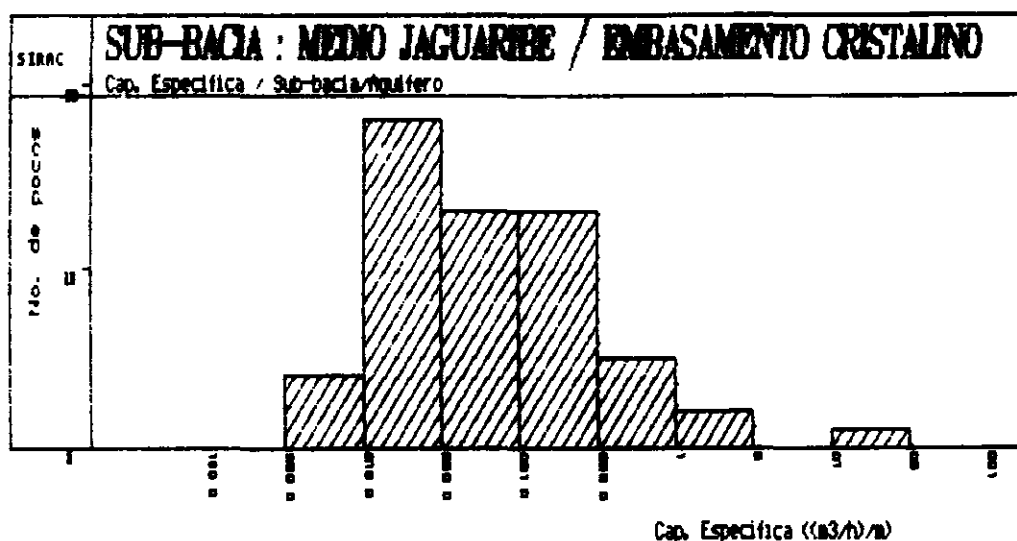


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 6.16

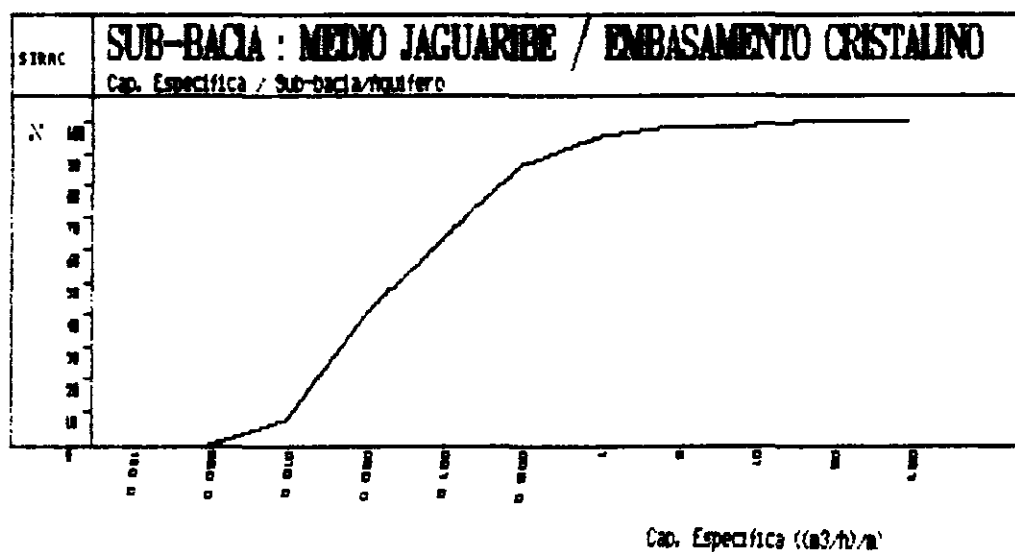
CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO  
- MÉDIO JAGUARIBE -

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 56

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



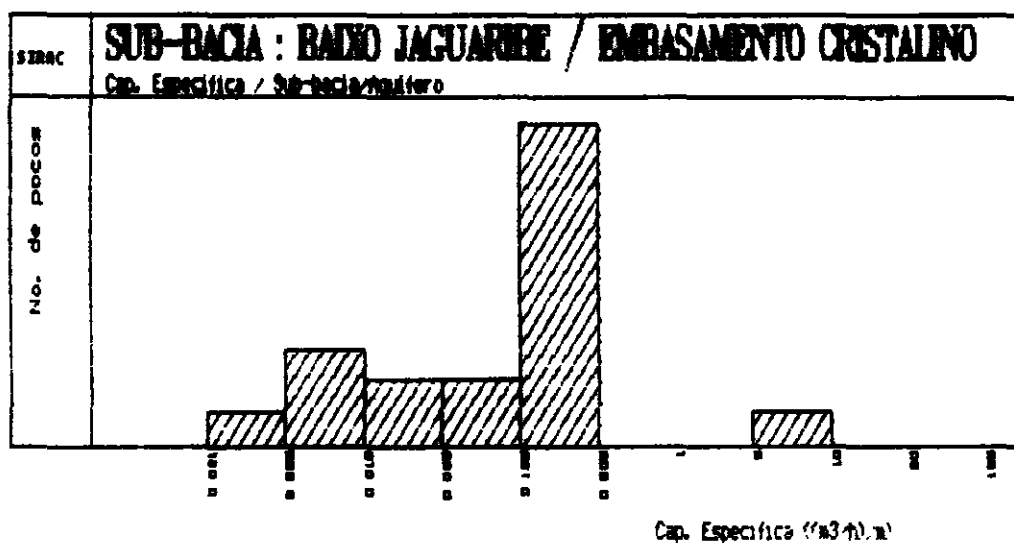
000111

**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**FIGURA - 6.17**

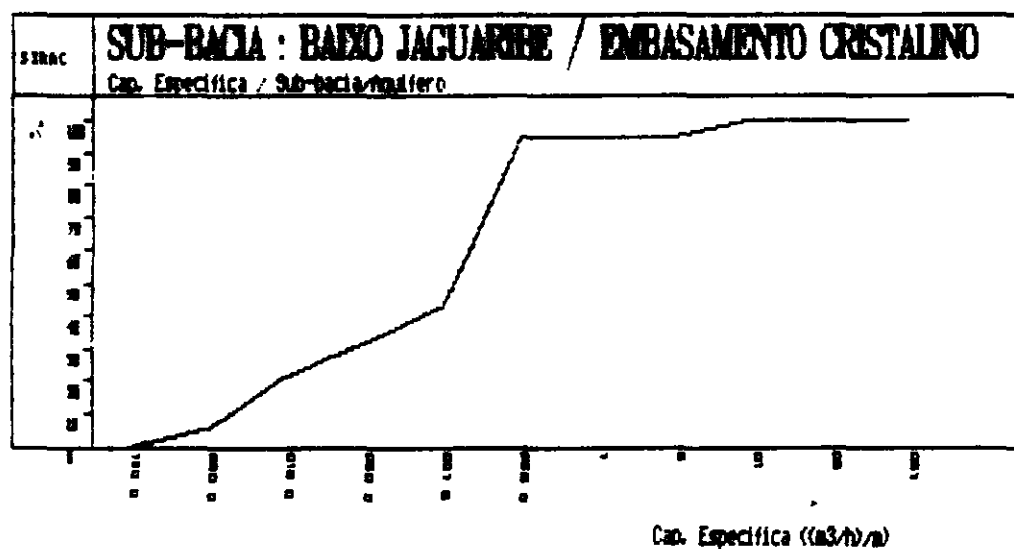
**CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO  
- BAIXO JAGUARIBE -**

**HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA**



Número de Poços Analizados      19

**FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA**



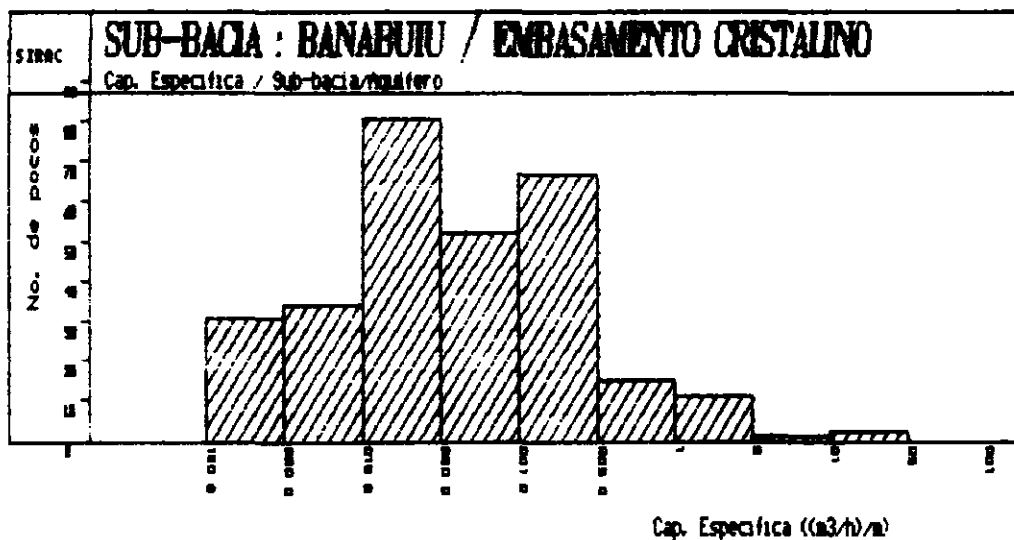
000112

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 6.18

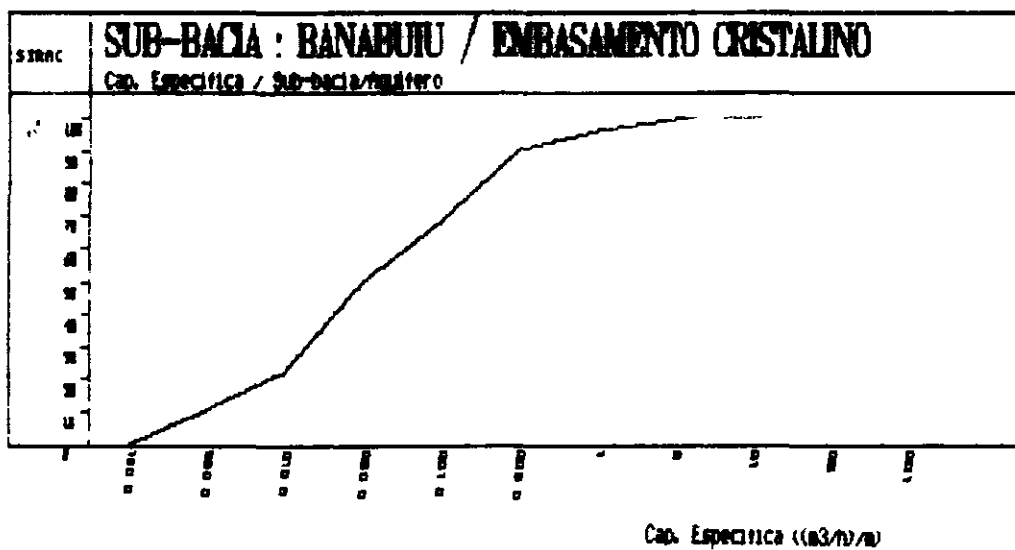
CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO  
- BANABUIÓ -

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 294

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



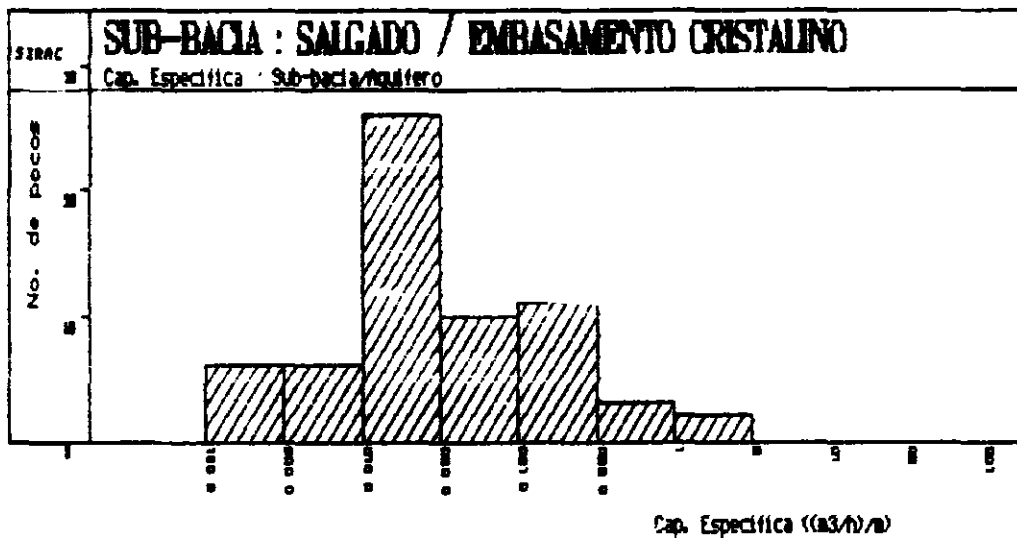
000113

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA - 6.19

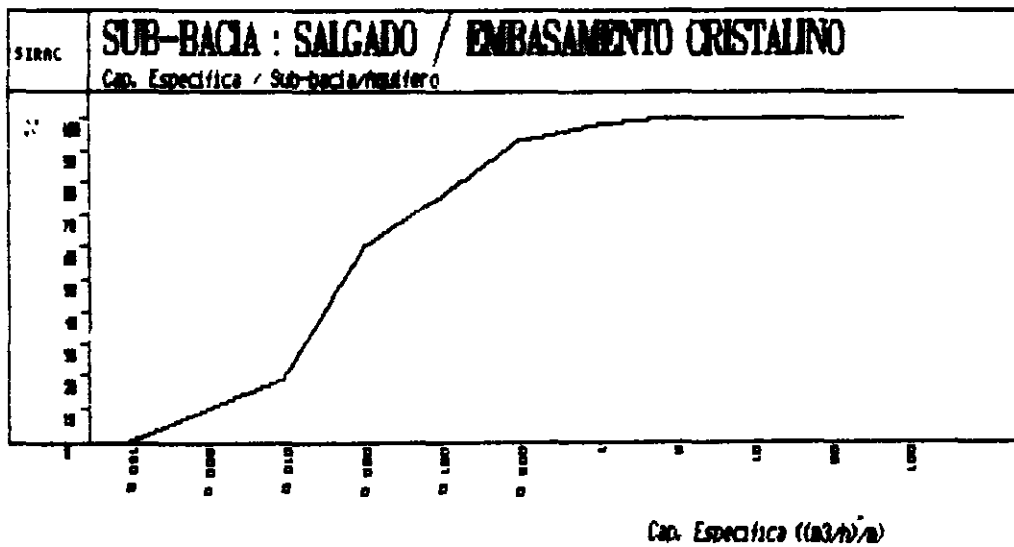
CAPACIDADES ESPECÍFICAS DOS POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO  
- SALGADO -

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Número de Poços Analisados 64

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



SUB-BACIA	VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	NÍVEL ESTÁTICO (m)	NÍVEL DINÂMICO (m)	CAPACIDADE ESPECÍFICA (m <sup>3</sup> /h)/m	PROFUNDIDADE DOS POÇOS (m)
Salgado (39)	2,4	5,3	41,7	0,17	63,7
Baixo Jaguaribe (8)	3,5	18,7	40,6	1,01	55,0
Médio Jaguaribe (52)	3,6	9,3	34,8	0,52	55,0
Alto Jaguaribe (73)	2,7	11,7	38,8	0,23	59,4
Banabuiú (84)	2,2	10,7	38,7	0,23	56,4

( ) Número de poços

de  $44,4 \times 10^9$  m<sup>3</sup> precipita sobre esta área

Porém, com uma taxa de evaporação altíssima para a região em contraste com a reduzida taxa de infiltração, face as características do embasamento rochoso, certamente somente uma ínfima parcela do volume precipitado constituirá um potencial hídrico subterrâneo

Como este meio se comporta de modo anisotrópico e heterogêneo, onde a acumulação e circulação de água se faz exclusivamente em fraturas, considerando-se que praticamente não existe manto de intemperismo na Bacia do Jaguaribe o cálculo de reservas de águas subterrâneas torna-se muito difícil

SIQUEIRA (in SIQUEIRA, 1967) propôs uma metodologia de cálculo de reservas para esse meio, porém de maneira empírica, comprovadamente falho em muitos pontos STAMFORD et al (1981), baseado em dados estatísticos dos poços perfurados no âmbito do cristalino, diz que existe uma espessura restituída média anual (variação sazonal) em torno de 1,8m, para um coeficiente de armazenamento médio de  $4 \times 10^{-3}$  (Projeto RADAMBRASIL, Vol 21, pág 166) e propõe que as reservas exploráveis para regiões cristalinas seja calculada pela seguinte fórmula

$$Re = CAS$$

onde

Re = volume de água restituído (m<sup>3</sup>/ano)

C = espessura restituída anualmente (m), considerada como sendo de 1,8 m

A = área enfocada (m<sup>2</sup>)

S = coeficiente de armazenamento, considerado como  $4 \times 10^{-3}$

Porém, sendo o cristalino anisotrópico e heterogêneo e com a prospecção e locação de poços voltada para regiões fraturadas, entre um dos critérios

de locação de poços, a área considerada não pode ser a área total, pois senão a região será tratada como homogênea e isotrópica

Desta forma, foram selecionadas folhas geológicas na Bacia do Jaguaribe, mapeadas em termos de fraturas, e as áreas mais susceptíveis à locação de poços foram delimitadas e planimetradas. As folhas utilizadas foram as de Orós, Jaguaretama, Pau dos Ferros e Iracema, do relatório de BIANCHI et al, (1982), e obteve-se um coeficiente médio de 20% em relação à área total da folha. Este coeficiente traduz um percentual de área, em relação à total, mais provável de se ter água subterrânea no meio cristalino

Assim, ao invés de se utilizar a área total considerada por STAMFORD et al (op cit), utiliza-se somente 20% deia. Além disso, em virtude das características físico-químicas das águas do cristalino, optou-se por estimar um coeficiente redutor de 15% baseado nas análises químicas do cadastro do PERH e nas experiências dos hidrogeólogos, que trabalham no cristalino

O cálculo de reservas foi efetuado por sub-bacia e se obteve os seguintes resultados

Sub-bacia	Reservas exploráveis (m <sup>3</sup> /ano)
Salgado	$5,3 \times 10^6$
Alto Jaguaribe	$17,0 \times 10^6$
Médio Jaguaribe	$7,9 \times 10^6$
Banabuiú	$7,7 \times 10^6$
Baixo Jaguaribe	$1,3 \times 10^6$

Por falta de parâmetros e considerando-se as características do meio, não é possível estimar-se as reservas permanentes



## 7 HIDROQUÍMICA

### 7.1 Generalidades

O estudo hidroquímico das águas subterrâneas da Bacia do Jaguaribe objetiva o conhecimento dos aspectos qualitativos voltados para o consumo humano, além da sua aplicabilidade para irrigação e indústria

Foram cadastradas 624 análises físico-químicas. Como, no geral, a utilização destas águas é para o consumo humano, os elementos analisados foram os íons maiores (cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloretos, sulfatos, nitratos, bicarbonatos e carbonatos), o pH e, mais raramente, a condutividade elétrica

A qualidade das águas naturais é reflexo de sua composição físico-química. A adequabilidade para cada uso varia em função da finalidade proposta e dos constituintes que podem afetá-la, existindo padrões com limites sugeridos (a exemplo das OMS, ABNT, dentre outros), que procuram reger a utilização para consumo humano, agrícola e industrial

Os processos e fatores influentes na evolução química das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero (figura 7.1). Normalmente a qualidade da água infiltrada muda à medida em que esta percola as diferentes litologias e, no geral, mantém-se dentro dos padrões de potabilidade, salvo quando submetida a mudanças drásticas de caráter antrópico, quando então sua composição básica é afetada

O estudo das águas subterrâneas da Região Nordeste começou com os trabalhos da SUDENE no início da década de 60, que geraram os trabalhos de CRUZ (1968) e CRUZ (1969), enfocando os aspectos geoquímicos das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil

### 7.2 Metodologia de Trabalho

Inicialmente foram plotadas, em mapa à escala 1:250.000, todas as análises correspondentes aos poços localizados, totalizando 345, ou seja, 55% do total cadastrado. A distribuição por sub-bacia ficou da seguinte forma:

Sub-bacias	Nº de análises
Salgado	194
Banabuiú	28
Baixo Jaguaribe	6
Médio Jaguaribe	8
Alto Jaguaribe	109
<b>TOTAL</b>	<b>345</b>

Em seguida procedeu-se ao tratamento destas análises

### 7.3 Tratamento dos Dados

Antes da utilização das análises é necessário se proceder a uma avaliação do nível de confiabilidade das mesmas, a fim de se verificar a qualidade dos dados e, desta forma, garantir o resultado das interpretações realizadas

Foi desenvolvido um pacote computacional (HIDROQS), objetivando agilizar todos os cálculos hidroquímicos, que fornece os dados necessários ao entendimento das análises, bem como quadros e gráficos que caracterizam as águas subterrâneas e o meio aquífero percolado pelas mesmas. Um guia de usuário deste pacote está no final deste capítulo

#### 7.3.1 Nível de Confiabilidade

Para os íons maiores, o programa faz a conversão de mg/l, unidade mais comum às análises químicas, para meq/l, efetua a soma dos cátions e ânions e realiza o balanço iônico através da equação

$$E (\%) = \frac{|\sum r \text{ cátions} - \sum r \text{ ânions}|}{\sum r \text{ cátions} + \sum r \text{ ânions}} \times 100$$

onde

E = erro percentual

r = elementos em meq/l

Assim, através do cálculo do equilíbrio iônico e estimando um erro máximo aceitável da ordem de 12%, em função dos valores encontrados para a condutividade elétrica, consequentemente para os sólidos totais dissolvidos (STD), foram selecionadas as análises a serem utilizadas

Ressalta-se que este cálculo não foi realizado para as análises que possuem menos de 7 elementos maiores, geralmente as análises parciais são realizadas para poucos elementos e um balanço iônico não pode ser feito

Das 624 análises, somente 76 possuíam 7 ou 8 elementos maiores e, destas, 71 apresentaram um erro  $\leq 12\%$ . Do total de 345 análises que foram plotadas em mapa, foram selecionadas 52 com erro  $\leq 12\%$  distribuídas do seguinte modo:

Sub-bacias	Nº de análises
Baixo Jaguaribe	05
Médio Jaguaribe	05
Alto Jaguaribe	14
Banabuiú	04
Salgado	24
<b>TOTAL =</b>	<b>52</b>

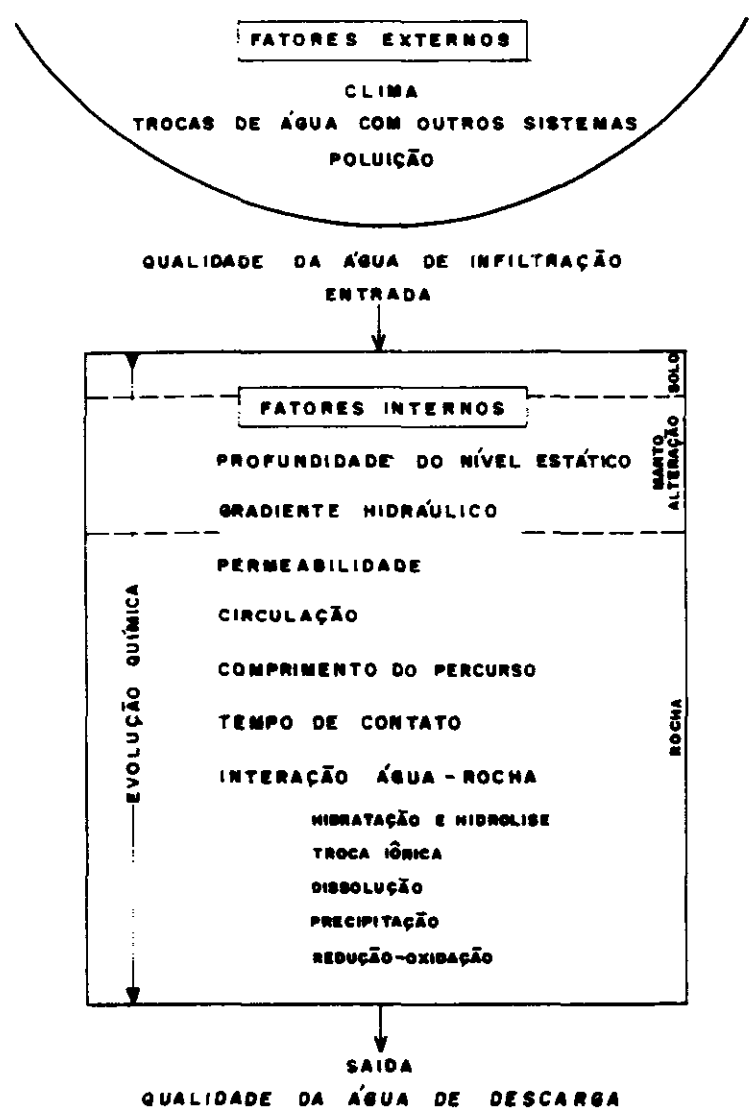
Assim, a elaboração de um mapa hidroquímico é totalmente impossível



FIGURA - 7.1

# FATORES QUE INFLUEM NA EVOLUÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

(CRUZ, 1985)



Apesar disto, o número de análises utilizáveis permite algumas considerações a nível de aquífero/sub-bacia que serão realizadas a seguir

#### 7.4 Caracterização das Águas Subterrâneas na Sub-Bacia do Salgado

Neste tópico serão abordados os aspectos hidroquímicos procurando-se caracterizar as águas subterrâneas quanto à sua concentração iônica, pH, fácies hidroquímica e potabilidade

##### 7.4.1 Qualidade das Águas Subterrâneas na Sub-Bacia do Salgado

###### 7.4.1.1 Formação Feira Nova (KISfn)

Dos resultados obtidos de apenas uma análise, observa-se que o bicarbonato predomina (317 mg/l), secundado pelo cálcio (85 mg/l) As características gerais estão no quadro 7.3

Tanto o STD (454,7 mg/l) quanto o pH (8,2) estão dentro dos limites impostos pelos padrões de potabilidade, embora o segundo já esteja próximo ao máximo (6,5 - 8,5) (quadros 7.1, 7.2 e 7.3)

Esta água é bicarbonatada cálcica (figura 7.2), com uma potabilidade boa, migrando para passável em função do alto conteúdo de bicarbonato (figura 7.3) e com características um pouco incrustantes

Estes resultados, em virtude do número de amostras, deve ser utilizado somente como informação geral, precisando de estudos posteriores

SANTIAGO et al (1988) mostram que as águas das fontes do Cariri Ocidental são bicarbonatadas sódicas ou cloretadas e as dos poços tubulares são predominantemente bicarbonatadas

###### 7.4.1.2 Formação Missão Velha (JSmv)

As águas do Missão Velha apresentam valores de STD variáveis (85 a 1471,4 mg/l), porém, predominando abaixo de 210 mg/l O pH oscila entre 6,9 - 8,5, denotando um caráter mais básico

As características gerais da composição química podem ser visualizadas nos quadros 7.4, 7.5, 7.6 e 7.7 O bicarbonato destaca-se com valores de até 466,2 mg/l As águas são predominantemente bicarbonatadas, sódicas, cálcicas ou magnesianas (figuras 7.4 e 7.5)

Em termos de potabilidade são boas, em sua grande maioria As águas que apresentam uma potabilidade passável a medíocre (figuras 7.6 e 7.7) contêm elevados valores de bicarbonatos, sódio e potássio, magnésio ou cloreto

A concentração dos íons maiores é resultado dos processos físico-químicos

particularmente da hidrólise e dissolução, que ocorrem durante a infiltração das águas provindas do Feira Nova e percolando a Formação Santana, recarregando o Missão Velha

A vegetação sendo abundante, como na área em questão, favorece o aparecimento de CO<sub>2</sub>, provindos da decomposição orgânica, que aumenta o caráter ácido das águas, ajudando a dissolver mais rapidamente os níveis carbonáticos existentes e, conseqüentemente, aumentando a concentração de cálcio e bicarbonato nas águas

##### 7.4.2 Uso das Águas Subterrâneas

###### 7.4.2.1 Consumo humano

As águas dos aquíferos da Bacia do Salgado, salvo exceções, não possuem características que impeçam seu uso para consumo humano

A dureza das águas do Feira Nova, considerando apenas uma amostra, é de 212,5 mg/l, acima da recomendada pela ABNT (100 mg/l), porém dentro de uma faixa tolerável, pH, STD e demais elementos químicos estão dentro dos padrões adotados pela ABNT e OMS

As águas do Missão Velha geralmente não possuem restrições para a potabilidade Com exceção de alguns poços que apresentam STD elevados (muito acima de 500 mg/l, nível recomendado), atingindo 1.471 mg/l, o restante está abaixo do permissível Ressalta-se que a OMS considera excessivo o valor de 1.500 mg/l

###### 7.4.2.2 Uso agrícola

A qualidade das águas para a irrigação deve ser analisada em conjunto com fatores agronômicos, tais como permeabilidade e tipo de solo, culturas a serem implantadas, métodos de irrigação, dentre outros

A maneira objetiva de se obter indicações da utilização das águas para irrigação é verificando-se o "risco de sódio" e o "perigo de salinidade", sendo que o primeiro refere-se à proporção relativa de sódio com outros cátions e o segundo ao grau de salinização

A concentração de sódio é importante, pois ele substitui o cálcio e se estiver em concentrações excessivas irá reduzir a permeabilidade do solo (FREEZE & CHERRY, 1979)

Os valores da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) situam-se abaixo de 9,2, denotando um baixo risco de sódio As condutividades elétricas possuem valores abaixo de 1.000  $\mu$ S/cm, indicando que estas águas possuem um perigo de salinidade de baixo a alto, como demonstra o gráfico da figura 7.8, que retrata 132 medidas realizadas em campo por BIANCHI et al (1984)

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-I - BALANCO IONICO

QUADRO 7.1

Aquifero Feira Nova

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANALISE	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l - meq/l X meq/l)										FORMA DOS		FORMA DOS																	
			Na	K	Ca	Mg	HCO3	CO3	SO4	Cl	NO3	CATIONS (meq/l)	ANIONS (meq/l)	ERRO																		
SAC0004	T	127/05/85	9.00	0.29	0.07	8.10	0.25	0.04	35.00	4.24	0.75	9.72	0.00	0.14	31.72	5.20	0.89	0.00	0.00	0.00	1.78	0.04	0.01	18.00	0.51	0.09	6.00	0.10	0.02	5.64	5.84	1.73

967

SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-II - RELACOES IONICAS (meq/l)

QUADRO 7.2

Aquifero Feira Nova

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANALISE	ITB +	ITB -	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Na/Mg)	(Na/(Ca+Mg))	(Cl/HCO3)	(Cl/SO4)
SAC0004	T	127/05/85	0.179	0.529	0.188	0.092	0.490	0.078	0.098	14.341	

000119



SIRAF - Serviço Integrado de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO-III - CARACTERÍSTICAS GERAIS

QUADRO 7.3

Aqüífero: Feira Nova

AMOSTRA	FONTE	DATA ANÁLISE	CALCINIDADE TOTAL	DUREZA CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	STD (mg/l)	IR-resíduo (mg/l)	Cond. Electr. (µS/cm)	pH	pH (Class)	POTABILIDADE	ÍNDICE DE SATURAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO							
											VALOR	CARATER	SAR (Class)	Risco de Sódic	Risco de Salinidade					
SAC00041	T	127/05/85	317,20	1212,50	454,72	299,20	0,00	0,00	0,00	B 20	08	Favável	0,35	INCÓSTANTE	0,1	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2	466		

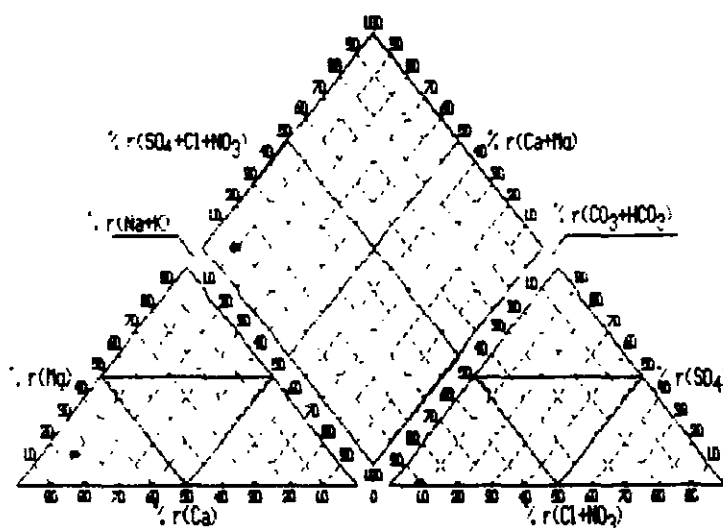
858



000120

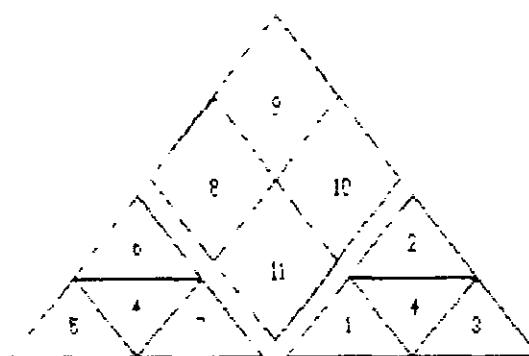
SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 7.2  
 DIAGRAMA DE PIPER



Aqüífero Feira Nova  
 No de Amostras 1

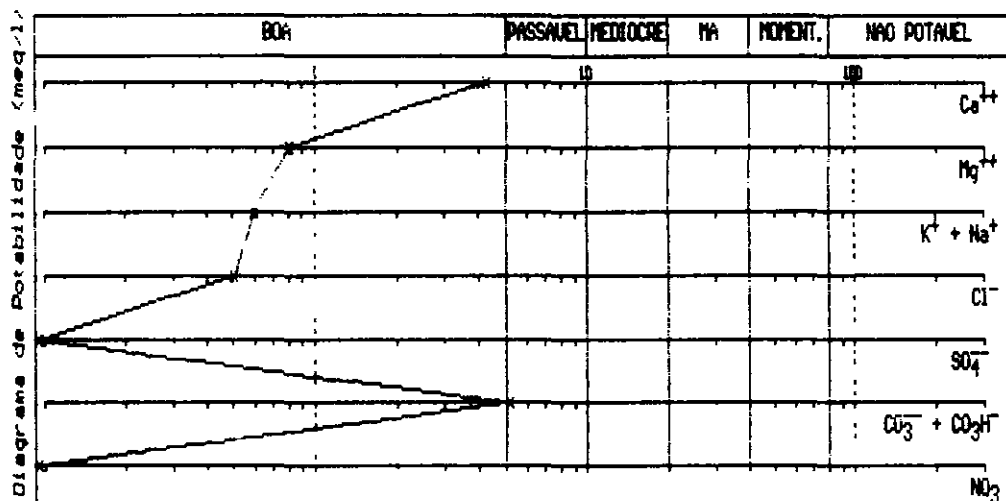
- 1 Bicarbonatada
- 2 Sulfatada
- 3 Clorretada
- 4 Mista
- 5 Calcica
- 6 Magnesiãna
- 7 Sodica
- 8 Bicarbonatada Calcica e/ou Magnesiãna
- 9 Sulfatada Calcica e/ou Clorretada Calcica e/ou Magnesiãna
- 10 Clorretada Sodica e/ou Sulfatada Sodica
- 11 Bicarbonatada Sodica



000121

SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 DIAGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DE POTABILIDADE  
 (Schoeller & Berkaloff)

FIGURA 7.3



Aquífero Feira Nova

No de Amostras 1

PERM PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO I - BALANÇO IONICO

QUADRO 7.4

Aquífero: Missão Velha

ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l)

FORMA DOS IONS POSITIVOS ANIONS ERRO

ANÁLISE	DATA	Ca	Mg	Na	Cl	S	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe	Mn	Zn	CATIONS	ANIONS	ERRO
U000001	12/05/81	150	40	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U000002	125	10	95	12	50	4	90	2	10	10	10	10	10	10	10	10	10
U000003	124	00	05	7	50	4	90	2	10	10	10	10	10	10	10	10	10
U000004	103	10	04	195	41	8	50	5	47	1	14	0	91	25	65	1	28
U000005	102	10	04	147	54	4	20	0	46	6	26	0	11	0	20	70	07
BAR0002	177	06	01	6	50	0	90	2	10	10	10	10	10	10	10	10	10
TR00001	11	03	01	7	50	4	90	2	10	10	10	10	10	10	10	10	10
AT00003	1	---	---	49	00	2	16	0	80	19	09	2	51	0	21	20	00
MA00004	110	00	77	26	70	1	14	0	47	6	50	0	17	0	00	16	00
MA00007	119	09	77	112	00	4	91	0	31	25	70	0	66	0	00	114	00
MA00004	1	---	---	145	14	7	10	0	76	10	50	0	27	0	03	12	00
MA00002	120	01	06	3	00	0	12	0	10	5	00	0	13	0	10	8	00
MA00001	102	01	06	21	00	0	91	0	20	5	00	0	17	0	00	24	00

001



000123



SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERN - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-II - RELACOES IONICAS (meq/l)

QUADRO 7.5

Aquifero Missão Velha

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ITE +	ITE -	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Na/Mg)	(Na/(Ca+Mg))	(Cl/HCO3)	(Cl/SO4)
JUN0001	T	109/12/85	0 239		1 960	0 841	0 082	0 097	0 044	0 258	1 451
JUN0002	T	125/10/85		1 864	0 188	0 772	0 332	0 430	0 188	0 094	0 967
JUN0003	T	124/09/85		1 609	0 353	0 809	0 248	0 306	0 137	0 081	0 542
JUN0014	T	103/10/84		3 645	0 016	0 594	6 641	11 184	4 167	0 243	0 560
JUN0017	T	103/10/84		2 419	0 026	0 878	3 780	4 306	2 013	0 500	0 511
BAR0002	T	129/06/81		0 438	0 452	0 269	0 236	0 877	0 186	0 189	2 405
BRS0001	T	113/03/86	0 418		0 157	1 648	0 908	0 551	0 343	1 277	11 126
JAT0003	T	-----	0 865		0 235	1 131	0 197	0 174	0 092	4 079	50 594
MAU0002	T	118/08/77		1 354	0 143	0 667	1 385	2 077	0 831	0 282	5 644
MAU0003	T	118/08/77	0 552		0 134	0 825	0 863	1 045	0 473	6 332	124 159
MAU0004	T	-----		0 823	0 038	2 067	11 247	5 442	3 668	0 682	25 876
MIU0003	T	128/01/86	0 167		0 900	1 255	0 297	0 237	0 132	0 315	3 386
MIU0004	T	102/01/86		4 276	0 140	0 659	0 763	1 157	0 460	0 102	0 602



PERM - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO III - CARACTERÍSTICAS GERAIS

QUADRO 7.6

Aquífero Missão Velha

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	CALCINIDADE TOTAL	DUREZA CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	STD (Resíduo)		Cond Eletr (uS/cm)		pH	pH (Class)	POTABILIDADE	ÍNDICE DE SATURAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO						
					Seco	úmido	Temp. 25°C	Temp. Lab				SAR	Classe	Risco de Sódio	Risco de Salinidade					
					(mg/l)	(mg/l)														
JUN00011	T	109/12/85	60 00	40 00	109 56	110 00	0 00	0 00	0 00	7 57	06	Boa	0 665	CORROSIVA	9 3	Muito Corrosiva	7 6122			
JUN00021	T	125/10/85	146 00	82 00	231 36	200 00	0 00	0 00	0 00	8 07	08	Boa	0 270	INCRUSTANTE	7 5	Corrosiva	4 5156			
JUN00031	T	124/09/85	128 00	66 00	202 81	160 00	0 00	0 00	0 00	7 70	08	Boa	0 227	CORROSIVA	8 2	Corrosiva	2 9887			
JUN00141	T	103/10/84	0 15	0 16	945 33	574 70	0 00	898 00	0 00	8 40	11	Passavel	-4 012	CORROSIVA	16 4	Muito Corrosiva	8 4161	C3-S2	Medio	Alto
JUN00171	T	103/10/84	0 00	0 20	692 12	586 10	0 00	916 00	0 00	8 50	10	Passavel	0 000		6 5	Corrosiva	4 9961	C3-S1	Baixo	Alto
BAR00021	T	127/06/81	72 00	40 00	147 73	160 23	0 00	0 00	0 00	7 73	08	Boa	0 200		7 7	Corrosiva	3 2433			
BRS00011	T	113-03/86	31 00	18 00	85 70	100 00	0 00	0 00	0 00	7 28	09	Boa	0 000		7 3	Moderadamente Corrosiva	4 7302			
JAT00031	T	1-----	312 04	550 00	1471 38	1635 00	0 00	0 00	0 00	7 10	09	Mediocre	0 000		7 1	Moderadamente Corrosiva	6 3181			
MAU00021	T	118/08/77	122 00	42 00	207 10	473 00	0 00	0 00	0 00	7 60	08	Boa	0 000		7 6	Corrosiva	1 3894			
MAU00031	T	118/08/77	119 56	285 00	973 96	1623 00	0 00	0 00	0 00	6 90	09	Mediocre	0 000		6 9	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2 1533			
MAU00041	T	1-----	385 20	32 00	742 32	577 00	0 00	0 00	0 00	8 30	11	Passavel	0 000		8 3	Corrosiva	7 2589			
MIV00031	T	128/01/86	60 00	22 00	100 40	180 00	0 00	0 00	0 00	7 40	08	Boa	0 000		7 4	Moderadamente Corrosiva	1 8547			
MIV00041	T	102/01/86	116 00	60 00	292 30	150 00	0 00	0 00	0 00	8 00	08	Boa	0 000		8 0	Corrosiva	9 1645			

236



PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-III - CARACTERISTICAS GERAIS

QUADRO 7.7

Aquífero Missão Velha  
Sub-bacia JSA

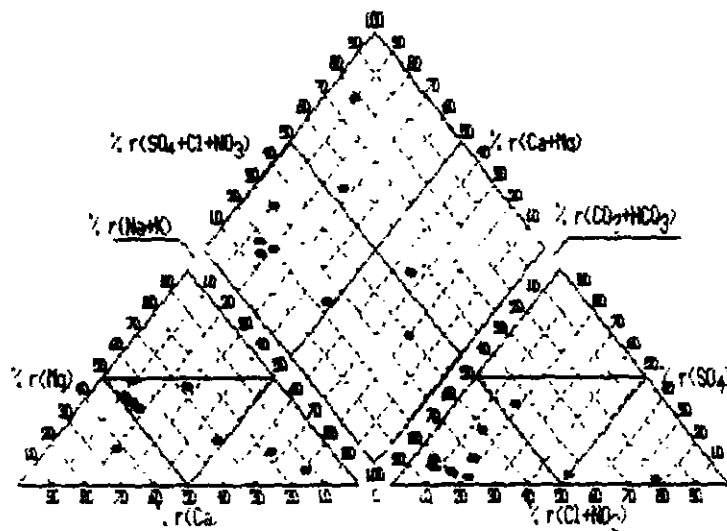
984

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANALISE	CALCINIDADE TOTAL	DUREZA CaCO3 (mg/l)	STD (mg/l)	Resíduo Seco (mg/l)	Cond Eletr (uS/cm)				pH	pH Class	POTABILIDADE	INDICE DE SATURACAO				CLASSIFICACAO PARA IRRIGACAO		
							Campo a 25°C		Campol Lab					LANGELIER		RYZMAR		SAR (Classe)	Risco de Sodio	Risco de Salinidade
							VALOR	CARATER	VALOR	CARATER				VALOR	CARATER	VALOR	CARATER			
BAR0002	T	129/06/81	92 00	60 00	147 93	168 23	0 00	0 00	0 00	7 70	08	Boa	-0 396	CORROSIVA	8 5	Corrosiva	3 243			
DRS0001	T	113/03/86	31 00	18 00	85 70	100 00	0 00	0 00	0 00	7 28	09	Boa	-1 747	CORROSIVA	10 8	Muito Corrosiva	4 730			
JAT0003	T	-----	312 04	550 00	11471 38	11635 00	0 00	0 00	0 00	7 10	09	Mediocre	0 188	INCRUSTANTE	6 7	Pouco Incrustante ou Corrosiva	6 318			
MAU0002	T	118/08/77	122 00	42 00	207 10	473 00	0 00	0 00	0 00	7 60	08	Boa	-0 581	CORROSIVA	8 8	Corrosiva	1 389			
MAU0003	T	118/08/77	119 56	285 00	973 96	1623 00	0 00	0 00	0 00	6 90	09	Mediocre	-0 288	CORROSIVA	8 3	Corrosiva	2 153			
MAU0004	T	-----	385 20	32 00	742 32	577 00	0 00	0 00	0 00	8 30	11	Passavel	0 288	INCRUSTANTE	7 7	Corrosiva	7 258			
MTU0003	T	128/01/86	60 00	22 00	100 40	180 00	0 00	0 00	0 00	7 40	08	Boa	-1 246	CORROSIVA	9 9	Muito Corrosiva	1 854			
MTU0004	T	102/01/86	118 00	60 00	202 30	150 00	0 00	0 00	0 00	8 00	08	Boa	-0 012	CORROSIVA	8 0	Corrosiva	9 164			



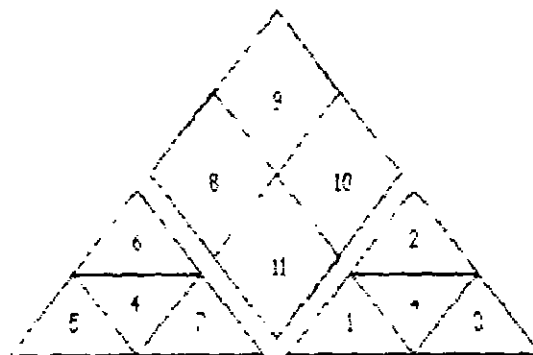
SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

DIAGRAMA DE PIPER  
 FIGURA 7.4



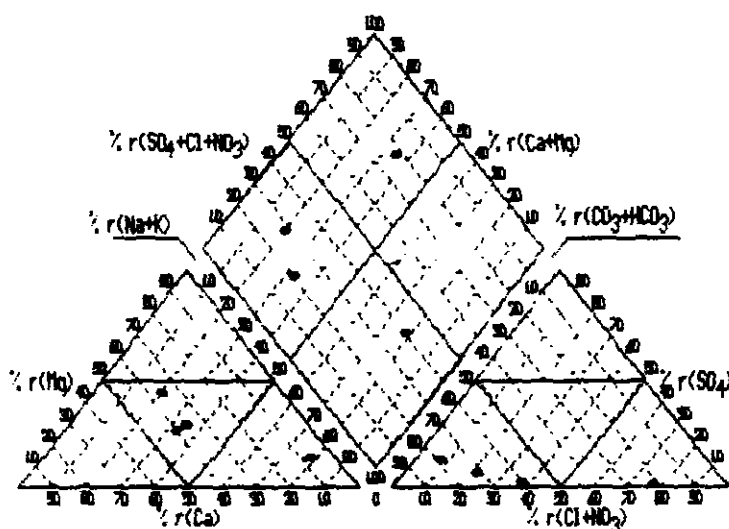
Aquifero Missão Velha  
 No de Amostras 9

- 1 Bicarbonatada
- 2 Sulfatada
- 3 Cloretada
- 4 Mista
- 5 Calcica
- 6 Magnesiã
- 7 Sodica
- 8 Bicarbonatada Calcica e/ou Magnesiã
- 9 Sulfatada Calcica e/ou Cloretada Calcica e/ou Magnesiã
- 10 Cloretada Sodica e/ou Sulfatada Sodica
- 11 Bicarbonatada Sodica



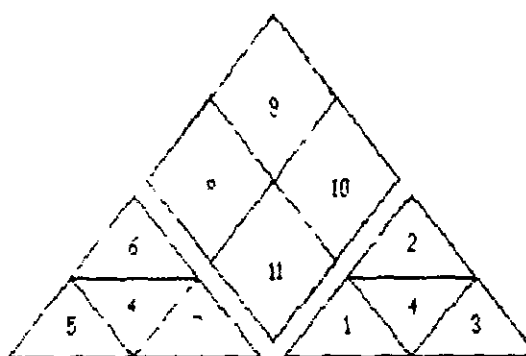
SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

DIAGRAMA DE PIPER  
 FIGURA 7.5



Aquífero Missão Velha  
 No de Amostras 4

- 1] Bicarbonatada
- 2] Sulfatada
- 3] Cloretada
- 4] Mista
- 5] Cálcica
- 6] Magnésiana
- 7] Sódica
- 8] Bicarbonatada Cálcica e/ou Magnésiana
- 9] Sulfatada Cálcica e/ou Cloretada Cálcica e/ou Magnésiana
- 10] Cloretada Sódica e/ou Sulfatada Sódica
- 11] Bicarbonatada Sódica



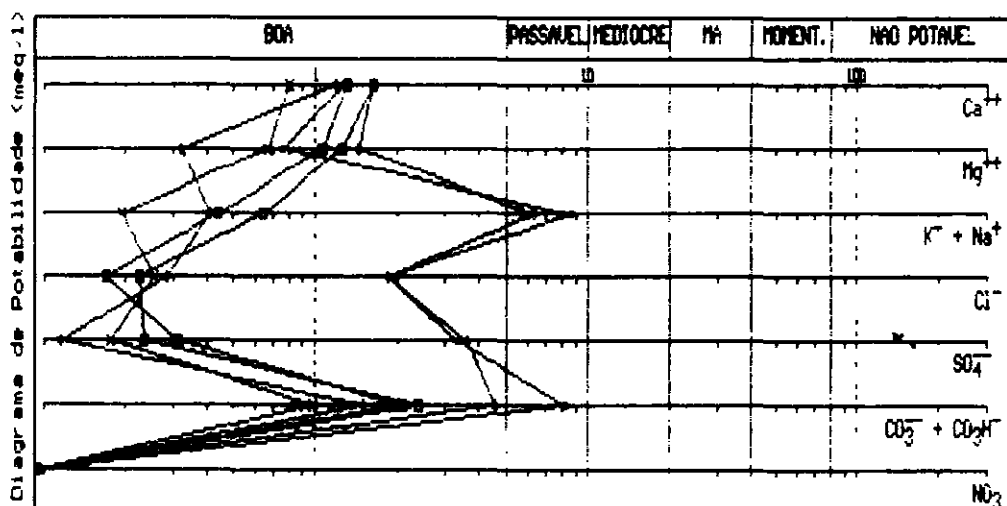
SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

DIAGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DE POTABILIDADE

(Schoeller & Berkaloff)

FIGURA 7.6

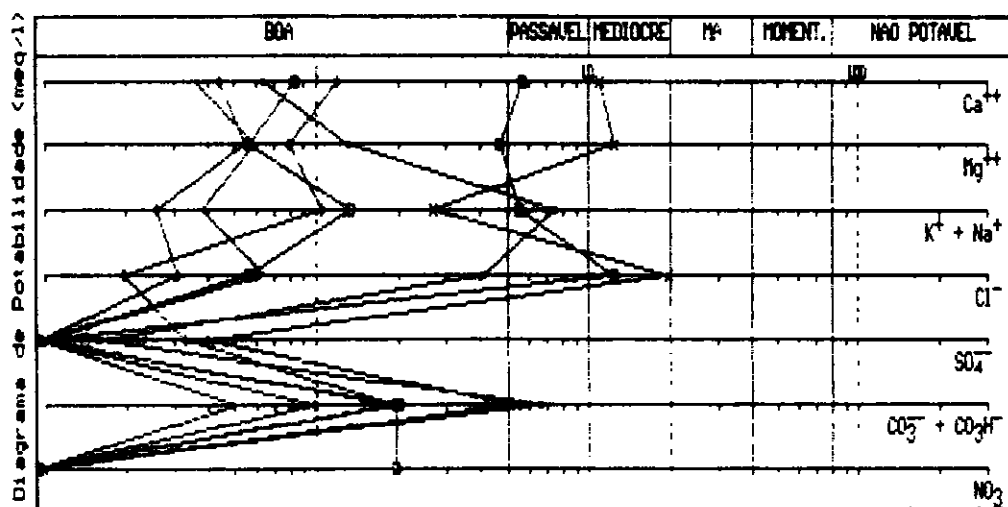


Aquífero Missão Velha

No de Amostras 6

SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS  
 DIAGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DE POTABILIDADE  
 (Schoeller & Berkaloff)

FIGURA 7.7



Aquífero Missão Velha  
 No de Amostras 7

Duas amostras analisadas para o Missão Velha mostram valores de baixo a médio risco de sódio e alto risco de salinidade

#### 7 4 2 3 Uso Industrial

A utilização das águas nas indústrias é regida por padrões que associam o tipo de atividade e os elementos que nesta encontram restrições, LOGAN (1965), CUSTÓDIO & LLAMAS (1976), MATTHESS (1982), DRISCOLL (1986) e SZIKSZAY (1986) mostram padrões com limites de tolerância para vários tipos de indústrias

As concentrações de cálcio nas águas do Missão Velha estão acima do limite considerado (10 mg/l) para as águas utilizadas em indústrias têxteis, chegando a atingir 220mg/l

Águas com alto conteúdo de sais, particularmente aqueles que influenciam na incrustação e corrosão devem ser evitadas

As águas de modo geral, são predominantemente bicarbonatadas com elevadíssimos teores deste radical. Para caldeiras, estas águas são desaconselháveis, pois o limite máximo aceitável é de 20 mg/l

A composição iônica da água não pode deixar de ser levada em consideração quando da escolha do material da obra de captação. Estudos específicos devem ser realizados nestes casos, pois os índices de LANGELIER e de RYZNAR mostram que as águas são um pouco corrosivas

Uma visão geral da composição química, balanço iônico e das relações iônicas das águas da sub-bacia do Salgado pode ser encontrada no Volume IV - Anexos - Tomo IV - Hidrogeologia

Como o número de amostras é bastante reduzido para as sub-bacias do Baixo/Médio/Alto Jaguaribe e Banabuiú e, sabendo-se que estas amostras distribuem-se entre o domínio cristalino e os aluviões, optou-se por tecer comentários somente sobre estes dois sistemas, procurando sempre observar se existem variações discrepantes por sub-bacia

As características referentes à composição química, balanço iônico e relações hidroquímicas das águas subterrâneas do Baixo/Médio/Alto Jaguaribe e Banabuiú podem ser encontradas no - Anexo - da Hidrogeologia

#### QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS ALUVIÕES (QHa)

As águas subterrâneas dos aluviões percolam diferentes litologias e suas composições químicas são as mais diversas

O bicarbonato é predominante em todas as águas, sempre superior a 34 mg/l e atingindo até 484

mg/l na região de Jaguaruana, sub-bacia do Médio Jaguaribe

Os intervalos abrangidos pelos outros íons são os seguintes

Sódio (Na)	-	6,5	-	85,0	mg/l
Cálcio (Ca)	-	11,2	-	130,0	mg/l
Potássio (K)	-	1,0	-	9,8	mg/l
Magnésio (Mg)	-	5,2	-	47,6	mg/l
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	-	4,0	-	24,6	mg/l
Cloreto (Cl)	-	21,0	-	152,0	mg/l
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	-	0,8	-	25,7	mg/l

Os sólidos totais dissolvidos (STD) variam entre 94 e 326 mg/l, com os maiores valores para as sub-bacias do Médio e Alto Jaguaribe

O pH oscila em torno de 7, sempre dentro do intervalo (6,5 - 8,5) adotado pelos padrões de potabilidade

A relação das composições químicas, balanço iônico e relações iônicas das águas subterrâneas do Baixo, Médio e Alto Jaguaribe encontram-se no Volume IV - Anexos - Tomo IV - da Hidrogeologia

O Diagrama de Piper (figura 7 9) mostra, para apenas 2 análises, que estas águas são bicarbonatadas mistas. Nestas amostras percebe-se que a potabilidade é boa transitando para passável em função dos níveis de concentração dos íons bicarbonato, cloreto, magnésio, sódio e potássio (figura 7 10). Finalmente, os diagramas das figuras 7 11 e 7 12 ressaltam que as águas dos aluviões do Alto Jaguaribe possuem um alto risco de salinidade e baixo risco de sódio

A grande variação composicional das águas dos aluviões é decorrente das litologias que elas percolam. Desta forma, percolando um domínio cristalino, irão se enriquecendo cada vez mais em bicarbonato, sódio, cálcio, potássio e magnésio

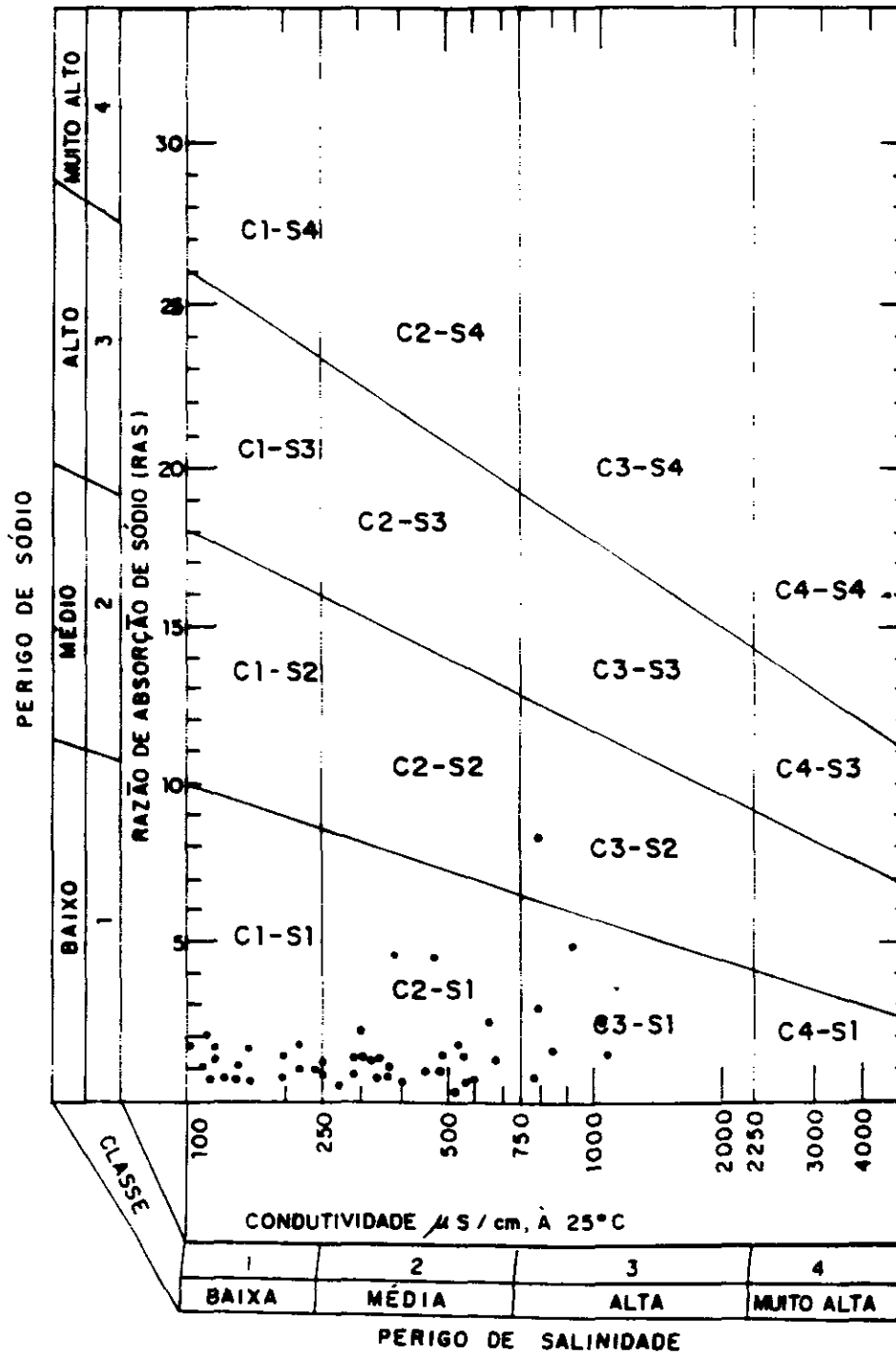
Como o nível estático é praticamente aflorante, ocorre uma intensa evapotranspiração que resulta em uma concentração dos elementos químicos

À medida que se aproxima da linha de costa na sub-bacia do Baixo Jaguaribe, certamente estas águas terão sua composição modificada em função da influência das marés. O GVJ (SUDENE/ASMIC, 1967) cita valores de resíduo seco da ordem de 3 000 mg/l em Aracati e de 5 000 mg/l em Jaguaruana

A aplicabilidade destas águas para consumo humano, agrícola ou industrial dependerá de um estudo específico

FIGURA - 7.8

### CLASSIFICAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO CARIRI OCIDENTAL



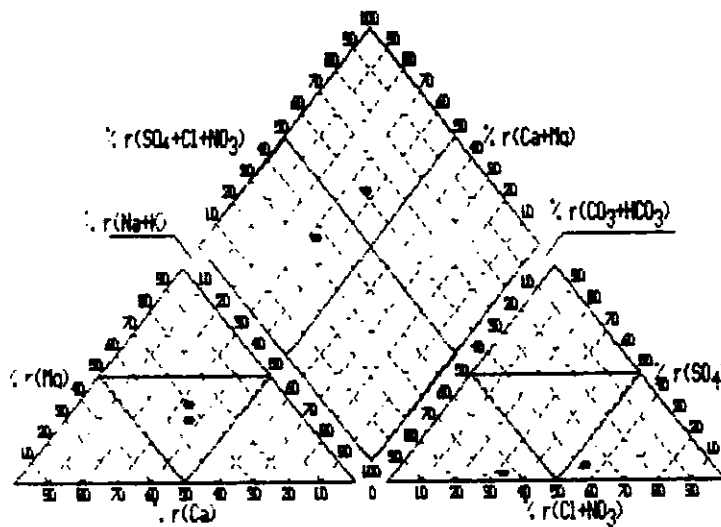
FONTE BIANCHI ET AL., 1984



SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

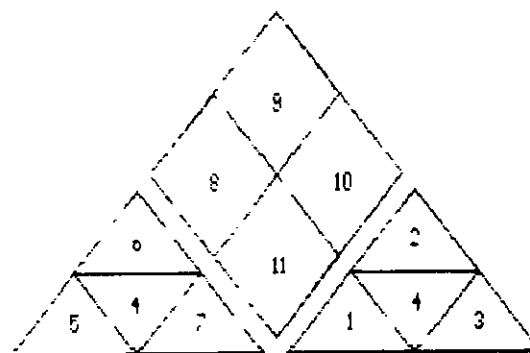
DIAGRAMA DE PIPER

FIGURA 7.9



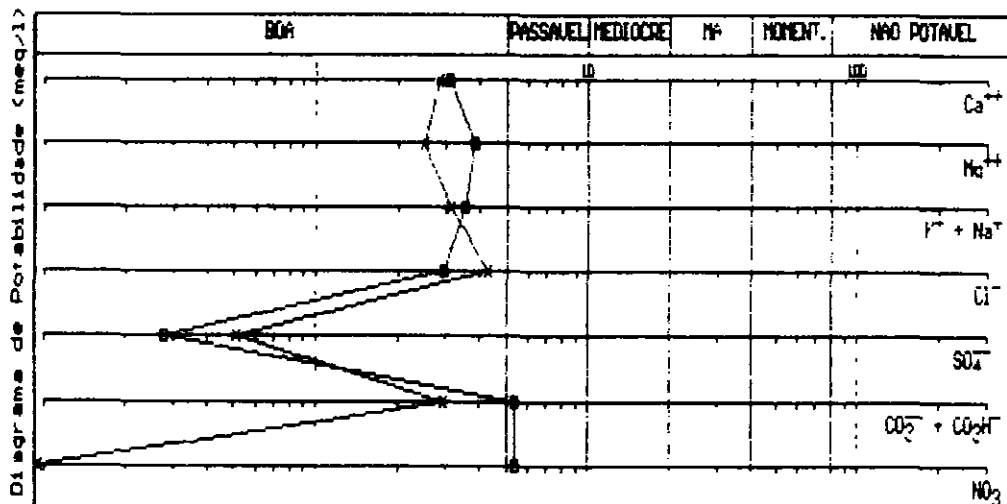
Aquífero QHa  
 Sub-bacia JAJ  
 No de Amostras 2

- 1] Bicarbonatada
- 2] Sulfatada
- 3] Cloretada
- 4] Mista
- 5] Calcica
- 6] Magnesiãna
- 7] Sodica
- 8] Bicarbonatada Calcica e/ou Magnesiãna
- 9] Sulfatada Calcica e/ou Cloretada Calcica e/ou Magnesiãna
- 10] Cloretada Sodica e/ou Sulfatada Sodica
- 11] Bicarbonatada Sodica



SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 DIAGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DE POTABILIDADE  
 (Schoeller & Berkaloff)

FIGURA 7.10

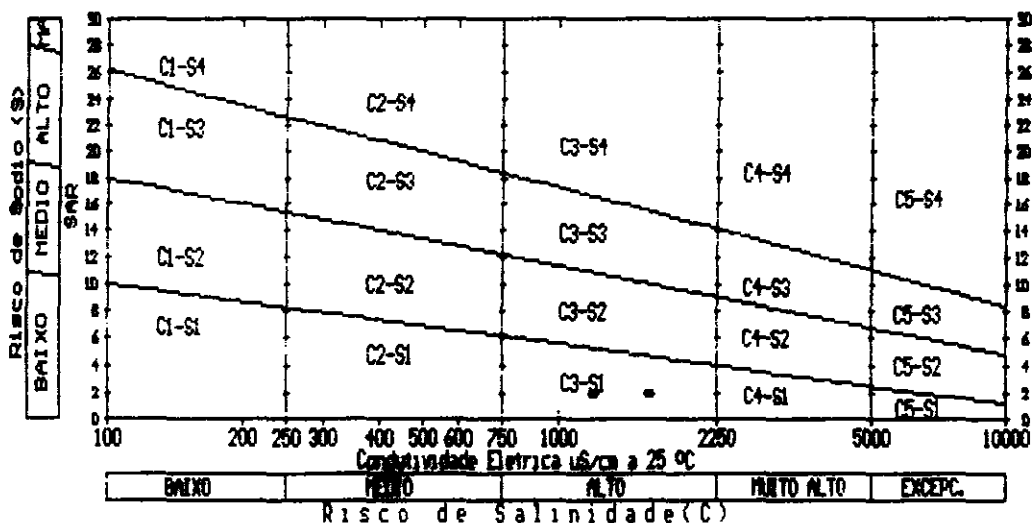


Aquífero QHa  
 Sub-bacia JAJ  
 No de Amostras 2

SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

DIAGRAMA DO U S Salinity Laboratory PARA A CLASSIFICACAO  
 DE AGUAS PARA IRRIGACAO

FIGURA 7.11

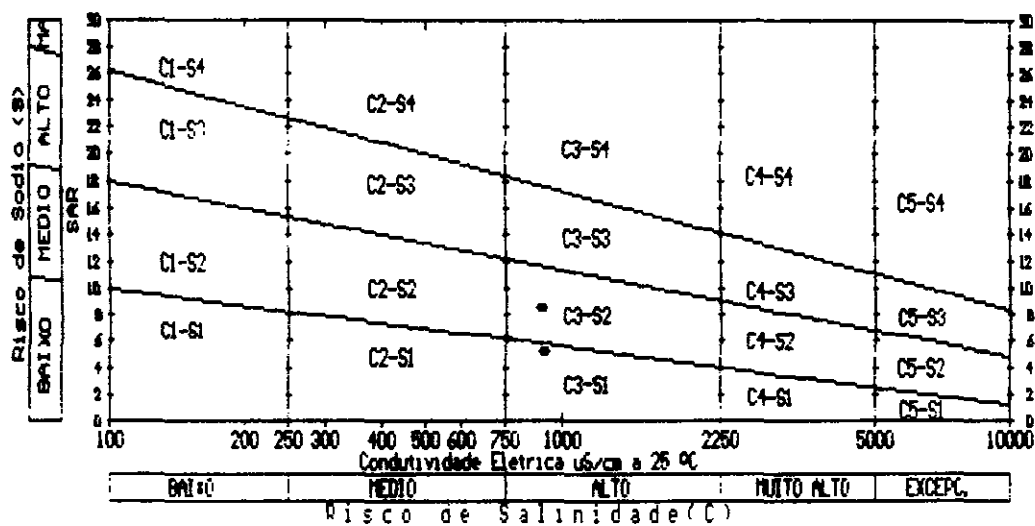


Aquifero QHa  
 Sub-bacia JAJ  
 No de Amostras 2

SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

DIAGRAMA DO U S Salinity Laboratory PARA A CLASSIFICAÇÃO DE ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

FIGURA 7.12



Aqüifero QHa  
 No de Amostras 2



## 7 5 Qualidade das Águas Subterrâneas no Domínio Cristalino

Em relação à qualidade de água, alguns aspectos diferenciam os aquíferos fraturados dos aquíferos sedimentares, tais como menor superfície específica de contato água-rocha, ou seja, no meio fraturado existe um menor contato entre a água e o meio percolado, comparativamente aos aquíferos porosos e, assim, existe uma menor contribuição de sais para o meio aquoso, litologias diversas, conseqüentemente, maior variação ineralógica e, finalmente, fluxos mais locais do que regionais e menos profundos em conseqüência da anisotropia e profundidade do meio

Uma visão geral dos elementos analisados, balanço iônico, relações iônicas e características gerais é mostrada nos quadros 7 7, 7 8 e 7 9

As águas do cristalino da sub-bacia do Salgado possuem STD elevados (entre 580 e 987 mg/l), pH em torno de 7,5 e dureza oscilando de 102 a 167,7 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  (quadros 7 9 a 7 11) Estes valores, exceto STD, encontram-se dentro dos limites de potabilidade

Estas águas são bicarbonatadas a cloretadas, mistas (figura 7 13), possuindo a seguinte composição iônica

Sódio (Na)	- 67,6 a 173,0 mg/l
Potássio (K)	- 2,7 a 9,4 mg/l
Cálcio (Ca)	- 40,8 a 102,6 mg/l
Magnésio (Mg)	- 24,6 a 65,0 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ )	- 328,0 a 372 mg/l
Carbonato ( $\text{CO}_3$ )	- 19,2 a 48,0 mg/l
Sulfato ( $\text{SO}_4$ )	- 7,6 a 28,0 mg/l
Cloreto (Cl)	- 45,0 a 295,0 mg/l

A potabilidade é variável, geralmente de boa até passável

O cálculo da Razão de Adsorção de Sódio (RAS), entre 2 e 3,7, situa estas águas como excelentes para a irrigação

O Cristalino do Baixo Jaguaribe não apresenta dados para a hidroquímica

As águas subterrâneas no domínio cristalino do Médio Jaguaribe possuem STD que variam de 641 a 2 450 mg/l, extrapolando ao limite máximo recomendado pela OMS (1500 mg/l) A dureza também é elevada, entre 122,5 e 500 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , e o pH situa-se em torno de 8,0

Elas são cloretadas e bicarbonatadas, mistas (figura 7 14), apresentando a seguinte composição (quadros 7 12, 7 13 e 7 14)

Sódio (Na)	- 87 a 140 mg/l
Potássio (K)	- 11,7 a 15,2 mg/l
Cálcio (Ca)	- 49,0 a 200 mg/l
Magnésio (Mg)	- 52,3 a 223,6 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ )	- 256,2 a 453,8 mg/l

Carbonato ( $\text{CO}_3$ )	- 0 a 9,6 mg/l
Sulfato ( $\text{SO}_4$ )	- 0 a 33,6 mg/l
Cloreto (Cl)	- 154,0 a 1100 mg/l
Nitrato ( $\text{NO}_3$ )	- 13,0 a 35,0 mg/l

No geral, oscilam em torno de uma potabilidade passável (figura 7 15), reflexo das altas concentrações iônicas

O cálculo da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) mostra valores abaixo de 2,5, dando um caráter excelente para estas águas

No Alto Jaguaribe as águas subterrâneas se apresentam com STD entre 533,4 a 2 720,0 mg/l, mostrando valores que, no geral, estão fora dos padrões de potabilidade A dureza também é bastante elevada, entre 169 e 465,0 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , extrapolando o nível tolerado pela ABNT (200 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ ), e o pH varia de 7,5 a 8,0 (quadros 7 15, 7 16 e 7 17)

São essencialmente cloretadas, mistas, e secundariamente bicarbonatadas (figura 7 16), apresentando a seguinte composição iônica

Sódio (Na)	- 57,0 a 740 mg/l
Potássio (K)	- 3,0 a 28,2 mg/l
Cálcio (Ca)	- 44,8 a 186,0 mg/l
Magnésio (Mg)	- 16,7 a 181,0 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ )	- 246,5 a 488,0 mg/l
Carbonato ( $\text{CO}_3$ )	- 0 a 21,6 mg/l
Sulfato ( $\text{SO}_4$ )	- 5,7 a 226,0 mg/l
Cloreto (Cl)	- 87,0 a 1 225,0 mg/l
Nitrato ( $\text{NO}_3$ )	- 0 a 16,5 mg/l

No quadro 7 16 estão as principais relações iônicas calculadas para o domínio cristalino do Alto Jaguaribe

A potabilidade varia de boa a má (figuras 7 17 e 7 18) devido à grande amplitude de variação das concentrações iônicas que quase sempre excedem os limites recomendados

A figura 7 19 mostra, apenas para duas amostras, que o risco de sódio é baixo, opostamente ao risco de salinidade que se situa de alto a excepcionalmente alto Os valores de RAS (ou SAR) situam-se abaixo de 5,5, dando um caráter excelente a estas águas no que se refere a este parâmetro

O domínio cristalino do Banabuiú armazena águas com STD altíssimos, atingindo 8 337,0 mg/l Os valores expostos no quadro 7 18 colocam estas amostras como não-potáveis A dureza também é altíssima (até 1101,5 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ), fora de qualquer limite recomendado para potabilidade, e o pH oscila em torno de 8,0

As águas são cloretadas mistas possuindo as seguintes concentrações iônicas (quadro 7 19)

Sódio (Na)	- 140,0 a 2 277,0 mg/l
Potássio (K)	- 14,2 a 46,8 mg/l
Cálcio (Ca)	- 126,8 a 440,6 mg/l

PERM - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-I - BALANCO IONICO  
QUADRO 7.7A

Aquifero	pec	AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANALISE	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l) (mEq/l)													ISOINA DISPONIVEL (mEq/l)	
					CATIONES ANIIONS (ERR)														
					Na	K	Ca	Mg	HCO <sub>3</sub>			SO <sub>4</sub>		Cl		NO <sub>3</sub>			
AC0002	T	116/05/83	98 001	4 261 0 411 8 220 0 210 0 021 55 001 2 791 0 271 37 900 1 121 0 101 427 001 7 001 0 671 0 001 0 001 0 001 22 001 0 421 0 041 166 001 2 991 0 281 4 401 0 071 0 011 10 301 10 521 0 6															
ALS0031	T	101/10/79	221 001	9 611 0 501 7 900 0 201 0 011 132 001 6 591 0 341 34 021 1 801 0 151 234 301 3 841 0 201 19 101 0 641 0 031 0 001 0 201 0 001 415 001 11 701 0 621 172 501 2 781 0 151 19 201 18 961 0 62															
ALS0035	T	101/10/79	100 501	7 851 0 741 9 201 0 241 0 021 26 001 1 701 0 121 14 501 1 201 0 111 278 161 4 561 0 471 11 091 0 401 0 041 0 001 0 001 0 001 170 001 4 791 0 491 5 001 0 001 0 011 10 501 9 831 0 67															
AR0001	T	126/11/80	114 001	4 961 0 351 7 501 0 191 0 011 97 601 1 871 0 341 50 401 1 141 0 291 230 001 4 751 0 411 2 001 2 301 0 001 102 001 2 061 0 101 165 901 4 401 0 411 2 001 0 031 0 001 14 701 1 551 0 19															
AU0002	T	---	95 681	4 161 0 321 6 191 0 211 0 021 55 601 1 471 0 271 62 991 5 101 0 401 290 401 6 401 0 481 8 401 1 201 0 101 17 411 0 301 0 031 105 001 5 221 0 391 0 001 0 001 0 001 13 001 13 261 0 89															
BA1001	T	---	115 001	5 001 0 511 4 501 0 121 0 011 25 601 1 201 0 131 43 701 1 431 0 351 304 771 5 001 0 501 0 741 0 291 0 031 14 401 0 301 0 031 153 001 4 301 0 431 5 001 0 001 0 011 9 821 9 981 0 79															
BA1002	T	---	05 001	3 701 0 401 13 301 0 341 0 041 41 601 2 001 0 271 36 931 3 041 0 331 450 231 7 511 0 811 0 001 0 001 0 001 14 401 0 141 0 041 40 001 1 251 0 151 5 501 0 091 0 011 9 101 5 291 0 70															
CAS001	T	---	57 961	2 521 0 341 6 021 0 171 0 021 67 001 1 301 0 451 16 661 1 371 0 101 261 001 4 201 0 571 4 001 0 161 0 021 20 001 0 641 0 001 07 501 2 471 0 371 0 001 0 001 0 001 7 401 7 511 0 60															
CAT0051	T	124/07/79	221 901	9 651 0 351 9 751 0 251 0 011 116 601 6 921 0 251 127 801 10 511 0 301 424 501 6 961 0 261 15 601 0 721 0 031 226 001 4 711 0 171 525 001 14 001 0 541 0 001 0 001 0 001 27 901 27 191 0 295															
CAT0061	T	124/07/79	182 101	7 921 0 411 8 631 0 171 0 011 134 001 6 721 0 341 56 701 4 661 0 241 302 501 4 961 0 201 21 601 0 721 0 041 49 301 1 331 0 061 400 001 11 201 0 631 0 001 0 001 0 001 19 471 17 991 0 96															
CAT0081	T	112/09/79	341 301	14 051 0 411 12 601 0 321 0 011 144 001 7 191 0 201 170 001 12 981 0 301 450 001 8 001 0 211 0 001 0 001 0 001 70 741 721 0 101 900 001 25 301 0 601 16 501 0 271 0 011 1 341 37 371 1 40															
ISC002	T	124/07/79	227 701	9 901 0 421 6 631 0 171 0 011 126 001 6 331 0 271 87 071 7 161 0 301 209 001 3 441 0 151 13 601 1 121 0 051 11 521 0 241 0 011 625 001 17 331 0 791 0 001 0 001 0 001 23 501 22 421 0 40															
IC0001	T	---	67 621	2 941 0 421 2 731 0 071 0 011 40 001 2 041 0 291 24 501 2 021 0 291 372 201 4 101 0 751 19 201 0 641 0 001 7 591 0 161 0 021 45 001 1 271 0 161 0 001 0 001 0 001 7 07 10 171 0 20															
JAT002	T	---	133 401	5 001 0 361 2 341 0 061 0 001 102 501 5 121 0 311 64 931 5 341 0 731 328 001 5 301 0 341 48 001 1 601 0 101 16 071 0 331 0 021 295 001 8 321 0 571 0 001 0 001 0 001 15 321 15 631 0 217															
LIM002	T	123/10/89	306 501	13 331 0 331 117 601 3 011 0 071 200 001 9 901 0 251 171 011 14 331 0 351 239 171 3 921 0 091 0 001 0 001 0 001 40 761 0 641 0 011 1427 001 40 241 0 901 0 601 0 01 0 001 40 451 44 011 5 11															
MAL006	T	---	172 961	7 521 0 471 9 361 0 241 0 021 67 001 3 351 0 211 50 371 4 001 0 301 372 001 6 101 0 411 44 001 1 471 0 101 20 121 0 591 0 041 235 001 6 631 0 451 0 001 0 001 0 001 15 311 14 701 0 67															
HEM003	T	124/07/79	12277 001	99 051 0 651 46 001 1 201 0 011 440 001 21 991 0 551 354 711 29 171 0 191 265 901 4 361 0 031 24 001 0 001 0 011 27 901 0 501 0 001 1900 001 10 101 0 901 0 001 0 001 0 001 151 401 143 921 0 25															
PIC001	T	115/10/79	140 001	6 091 0 291 14 201 0 361 0 021 152 001 7 501 0 361 82 621 6 791 0 331 453 041 7 441 0 301 4 001 0 161 0 011 0 001 0 001 0 001 1405 001 11 421 0 591 1 001 0 341 0 021 20 031 19 361 0 67															
PIC002	T	119/03/83	212 001	9 221 0 241 15 201 0 391 0 011 200 001 9 901 0 261 223 001 10 391 0 401 256 201 4 201 0 121 0 001 0 001 0 001 33 601 0 701 0 021 1100 001 31 021 0 061 13 001 0 211 0 011 37 901 36 131 0 50															
PIC003	T	115/10/79	140 001	6 091 0 291 14 201 0 361 0 021 152 001 7 501 0 361 82 621 6 791 0 331 453 041 7 441 0 301 4 001 0 161 0 011 0 001 0 001 0 001 1405 001 11 421 0 591 21 001 0 341 0 021 20 031 19 361 0 67															
PIC004	T	115/10/79	87 001	3 781 0 341 11 701 0 301 0 031 49 001 2 451 0 221 55 201 4 551 0 411 314 761 5 161 0 501 9 591 0 321 0 031 0 001 0 001 0 001 154 001 4 341 0 421 35 001 0 561 0 051 11 001 10 391 0 21															
PDE001	T	---	11030 401	44 021 0 441 213 901 5 471 0 051 567 001 20 201 0 201 270 501 22 251 0 221 412 301 6 761 0 071 14 401 0 401 0 011 49 101 1 021 0 011 13100 001 07 421 0 911 0 001 0 001 0 001 100 041 95 601 0 62															
PDE002	T	---	79 011	3 471 0 341 24 101 0 621 0 061 61 201 3 051 0 301 37 701 3 101 0 301 346 401 5 601 0 521 9 601 0 121 0 071 75 021 0 701 0 021 155 001 4 371 0 401 0 001 0 001 0 001 10 241 10 971 0 44															
QUE001	T	101/10/79	1593 901	69 331 0 521 17 941 0 461 0 001 431 201 21 321 0 161 525 001 43 241 0 321 346 501 6 601 0 051 24 001 0 001 0 011 270 701 5 641 0 051 4000 001 112 001 0 901 0 001 0 001 0 001 21 551 124 021 0 71															
QUE004	T	---	315 001	13 701 0 271 10 401 0 471 0 011 300 301 15 101 0 301 260 301 22 061 0 431 240 901 4 001 0 001 0 001 0 001 0 001 10 401 0 101 0 011 1625 001 45 071 0 691 1 501 1 011 0 021 51 201 51 321 0 30															
QUE005	T	---	1900 001	06 131 0 471 39 001 1 001 0 011 600 001 33 931 0 191 753 301 61 951 0 341 256 201 4 201 0 021 0 001 0 001 0 001 100 001 2 271 0 011 200 001 174 041 0 961 37 501 0 601 0 001 103 041 101 911 0 34															
SAC001	T	---	460 001	20 011 0 641 6 631 0 171 0 011 100 601 5 071 0 161 73 201 6 021 0 191 692 001 11 361 0 361 4 001 1 601 0 051 49 101 1 021 0 031 612 501 17 271 0 551 0 001 0 001 0 001 1 271 31 251 0 27															
SAC002	T	---	37 491	1 631 0 241 14 431 0 371 0 051 53 201 2 451 0 391 25 291 2 001 0 311 224 001 3 601 0 571 14 401 0 401 0 071 6 701 0 141 0 021 77 501 2 191 0 341 0 001 0 001 0 001 6 731 5 401 0 09															
SAC003	T	---	256 681	11 171 0 351 0 191 0 211 0 011 196 001 9 021 0 311 133 271 10 961 0 341 509 961 0 361 0 261 20 001 0 61 0 031 31 251 0 651 0 021 707 501 22 211 0 691 0 001 0 001 0 001 32 161 32 101 0 03															
TAL003	T	---	116 151	5 051 0 331 0 971 0 231 0 021 110 201 5 501 0 361 54 111 4 451 0 291 240 001 4 001 0 311 19 201 0 641 0 051 19 201 4 001 0 031 290 001 0 101 0 621 0 001 0 001 0 001 15 231 13 301 0 70															
TAL004	T	120/06/79	740 141	32 201 0 661 0 501 0 221 0 001 151 201 7 541 0 151 109 931 9 041 0 101 446 521 7 321 0 171 10 001 0 641 0 011 102 091 2 041 0 061 1125 001 31 721 0 751 0 001 0 001 0 001 42 421 30 151 0 50															
TAL006	T	124/07/79	227 001	9 901 0 391 19 091 0 511 0 021 153 001 7 651 0 301 09 131 7 331 0 291 246 441 4 041 0 191 19 201 0 641 0 031 151 721 3 161 0 151 475 001 13 391 0 631 0 001 0 001 0 001 25 101 21 271 0 93															
TAL008	T	110/08/77	424 401	10 461 0 431 20 201 0 721 0 021 106 001 9 201 0 211 101 001 14 091 0 341 470 921 7 721 0 101 0 001 0 001 0 001 5 761 0 121 0 001 1025 001 24 541 0 011 15 001 0 241 0 011 43 151 42 631 0 05															
TAL0013	T	---	06 001	3 741 0 291 20 501 0 521 0 041 99 201 4 951 0 301 45 601 3 751 0 291 305 001 5 001 0 401 0 001 0 001 0 001 13 201 0 271 0 031 174 001 4 911 0 471 15 501 0 251 0 021 12 971 10 431 0 04															
TAL0014	T	---	00 001	3 401 0 421 3 001 0 001 0 011 44 001 2 241 0 271 30 241 2 491 0 301 337 001 6 341 0 641 0 001 0 001 0 001 19 401 0 401 0 041 114 001 3 211 0 321 0 001 0 011 0 001 0 261 9 901 0 20															

978



SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-II - RELACOES IONICAS (mg/l)

QUADRO 7.8

Aquifero per

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANALISE	ITB +	ITB -	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Na/Mg)	(Na/(Ca+Mg))	(Cl/HCO3)	(Cl/SO4)
ACD0002	T	118/08/83		0 496	0 049	1 115	1 526	1 368	0 721	0 427	6 526
ALS0003	T	101/10/79	0 161		0 021	0 425	1 460	3 436	1 024	3 048	*****
ALS0005	T	101/10/79		0 687	0 030	0 924	6 052	6 548	3 145	1 052	*****
ARN0001	T	126/11/80		0 101	0 039	0 851	1 018	1 196	0 550	0 984	2 247
AUR0002	T	-----	0 162		0 050	1 492	1 198	0 803	0 481	0 815	14 393
BAI0001	T	-----		0 186	0 023	2 685	3 916	1 459	1 063	0 864	14 391
BAI0002	T	-----		1 963	0 092	1 465	1 781	1 217	0 723	0 180	3 964
CAS0001	T	-----		0 092	0 049	0 405	0 745	1 840	0 530	0 577	3 848
CAT0005	T	124/10/77	0 331		0 026	1 520	1 396	0 918	0 554	2 128	3 146
CAT0006	T	124/07/79	0 283		0 021	0 694	1 179	1 699	0 696	2 275	10 972
CAT0008	T	112/09/77	0 402		0 022	1 946	2 066	1 062	0 701	3 173	6 820
IBG0002	T	124/07/79	0 428		0 017	1 132	1 565	1 383	0 734	5 126	73 485
ICD0001	T	-----		1 373	0 024	0 992	1 445	1 456	0 725	0 208	8 030
JAT0002	T	-----	0 295		0 010	1 045	1 133	1 087	0 555	1 547	24 864
LIN0002	T	123/10/69	0 594		0 226	1 416	1 336	0 944	0 553	10 266	62 836
MAU0006	T	-----		0 171	0 032	1 425	2 248	1 567	0 924	1 087	11 319
MON0003	T	124/07/79	0 275		0 012	1 327	4 505	3 395	1 936	31 699	237 201
PIC0001	T	115/10/79	0 435		0 060	0 896	0 803	0 896	0 424	1 535	*****
PIC0002	T	119/03/83	0 690		0 042	1 843	0 924	0 501	0 325	7 387	44 343
PIC0003	T	115/10/79	0 435		0 060	0 896	0 803	0 896	0 424	1 535	*****
PIC0004	T	115/10/79	0 060		0 079	1 859	1 548	0 832	0 541	0 842	*****
POE0001	T	-----	0 425		0 122	0 786	1 584	2 014	0 887	12 935	85 516
POE0002	T	-----	0 064		0 178	1 015	1 137	1 120	0 564	0 770	7 234
QUE0001	T	110/10/79	0 381		0 007	2 010	3 222	1 603	1 071	19 862	20 000
QUE0004	T	-----	0 691		0 034	1 434	0 891	0 621	0 366	11 233	113 454
QUE0005	T	-----	0 502		0 012	1 826	2 538	1 390	0 898	41 637	77 040
SAC0001	T	-----		0 168	0 085	1 187	3 947	3 324	1 804	1 521	16 896
SAC0002	T	-----	0 085		0 226	0 780	0 614	0 784	0 344	0 594	15 667
SAC0003	T	-----	0 488		0 019	1 116	1 137	1 019	0 537	2 657	34 133
TAU0003	T	-----	0 354		0 045	0 800	0 919	1 135	0 508	2 005	20 458
TAU0004	T	28/06/79		0 022	0 007	1 198	4 267	2 561	1 941	4 335	12 481
TAU0006	T	124/07/79	0 220		0 051	0 955	1 294	1 351	0 661	3 316	4 241
TAU0010	T	18/08/77	0 445		0 039	1 604	1 989	1 240	0 764	4 476	288 050
TAU0012	T	-----	0 131		0 140	0 755	0 756	0 992	0 430	0 982	17 854
TAU0014	T	-----		0 106	0 022	1 115	1 557	1 309	0 727	0 507	7 950

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO-III - CARACTERÍSTICAS GERAIS

QUADRO 7.9

Equip. PEC

AMPL. FANT.	FONTE	DATA ANM. ISE	CALCINIDADE TOTAL	DUREZA CaCO3	pH (Med. local)	pH (Comp. Lab.)	SOLUBILIDADE Schaeffer & Berkaloff	TEMP. SATURADA		CLASSIFICAÇÃO FARR. IRRIGACAO							
								MAIOR	MINOR	SAF (Classe)	Risco de Salinização						
ALC0002	F	11/08/83	427 00	1 144 00	759 50	1 468 00	0 00	0 00	0 00	7 70	00	Passavel	7 0	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2 4796		
ALS0003	F	10/10/79	253 40	1 330 00	1 235 90	1 273 00	0 02	0 00	0 00	8 20	10	Mediocre	6 2	Pouco Incrustante ou Corrosiva	4 4380		
ALS0005	F	10/10/79	296 15	1 65 00	695 13	715 02	0 00	0 00	0 00	8 30	11	Passavel	7 3	Moderadamente Corrosiva	7 0277		
ARH0001	F	11/11/80	290 00	1 744 00	827 40	971 20	0 00	0 00	0 00	0 00	09	Passavel	7 292	CORROSIVA Muito Corrosiva	7 3357		
AUS0002	F		426 88	1 174 00	867 67	512 00	0 00	0 00	0 00	7 70	08	Passavel	6 8	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2 0009		
BAT0001	F		313 51	1 134 00	672 71	590 00	0 00	0 00	0 00	8 40	11	Passavel	7 1	Moderadamente Corrosiva	3 2400		
BAT0002	F		458 23	1 104 00	704 96	574 00	0 00	0 00	0 00	7 00	08	Passavel	7 0	Moderadamente Corrosiva	2 7125		
CAS0001	F		265 08	1 169 50	533 42	432 00	0 00	0 00	0 00	7 60	09	Bua	7 2	Moderadamente Corrosiva	1 1 6354		
CAT0005	F	12/10/77	446 16	1 346 50	1 695 27	1 469 00	0 00	0 00	0 00	7 60	09	Mediocre	6 3	Pouco Incrustante ou Corrosiva	3 2700		
CAT0006	F	12/07/79	324 16	1 336 50	1 153 57	1 151 00	0 00	0 00	0 00	8 00	09	Mediocre	6 2	Pouco Incrustante ou Corrosiva	3 3200		
CAT0008	F	12/07/77	480 00	1 360 00	1 225 14	1 255 00	0 00	0 00	0 00	7 00	09	Na	5 9	Moderadamente Incrustante	4 5636		
ENG0002	F	12/07/79	243 40	1 317 00	1 320 12	1 285 00	0 00	0 00	0 00	8 20	09	Mediocre	6 3	Pouco Incrustante ou Corrosiva	3 8141		
ICD0001	F		391 40	1 102 00	579 70	280 00	0 00	0 00	0 00	8 20	08	Passavel	6 7	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2 0655		
JAT0002	F		376 00	1 256 50	990 34	675 00	0 00	0 00	0 00	7 30	09	Passavel	7 0	Moderadamente Corrosiva	2 5374		
JHM0002	F	12/10/79	209 17	1 500 00	1 249 44	1 26 00	0 00	0 00	0 00	7 00	09	Montanea	7 1	Moderadamente Corrosiva	3 8400		
MAH0006	F		416 00	1 167 65	986 87	605 00	0 00	0 00	0 00	7 50	08	Passavel	7 1	Moderadamente Corrosiva	3 7270		
MOH0003	F	12/07/79	289 96	1 1101 50	1 837 05	1 215 00	0 00	0 00	0 00	7 70	10	Naio Potave	5 6	Moderadamente Incrustante	1 1 9584		
PTC0001	F	11/10/79	458 64	1 380 00	1 273 46	1 353 00	0 00	0 00	0 00	8 20	09	Mediocre	5 6	Moderadamente Incrustante	2 2742		
FIC0002	F	11/03/83	256 20	1 590 00	1 205 68	1 249 00	0 00	0 00	0 00	7 70	09	Na	4 4	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2 4480		
FIC0003	F	11/10/79	458 64	1 780 00	1 273 46	1 353 00	0 00	0 00	0 00	8 20	09	Mediocre	5 6	Moderadamente Incrustante	2 2742		
FIC0004	F	11/10/79	324 35	1 122 50	716 70	641 00	0 00	0 00	0 00	8 50	08	Passavel	6 5	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2 0241		
FOC0001	F		426 76	1 1417 50	1 657 72	1 484 00	0 00	0 00	0 00	7 00	09	Naio Potave	4 9	Muito Incrustante	0 9160		
POE0002	F		356 88	1 153 00	740 95	467 00	0 00	0 00	0 00	7 60	08	Passavel	7 1	Moderadamente Corrosiva	1 5701		
QUE0001	F	11/10/79	370 50	1 119 70	001 721 0	1 197 11 00	0 00	0 00	0 00	7 40	09 10	Naio Potave	5 7	Moderadamente Incrustante	1 1 2184		
QUE0004	F		248 90	1 770 75	1 2865 80	1 2950 00	0 00	0 00	0 00	7 00	09	Montanea	5 9	Moderadamente Incrustante	3 1566		
QUE0005	F		256 20	1 1700 00	1 0055 00	1 1200 00	0 00	0 00	0 00	7 50	09	Naio Potave	5 6	Moderadamente Incrustante	1 1 2439		
SAC0001	F		740 96	1 254 00	1 2043 99	1 1597 00	0 00	0 00	0 00	7 90	10	Na	5 8	Moderadamente Incrustante	1 8 4976		
SAC0002	F		238 08	1 133 00	453 49	386 00	0 00	0 00	0 00	7 30	08	Bua	7 7	Corrosiva	1 1 0599		
SAC0003	F		538 76	1 492 00	1 1952 45	1 1675 00	0 00	0 00	0 00	7 50	09	Na	5 9	Moderadamente Incrustante	1 5 4639		
TAU0003	F		268 08	1 275 50	866 71	540 00	0 00	0 00	0 00	8 00	09	Passavel	6 5	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2 2531		
TAU0004	F	12/06/79	463 32	1 378 00	1 2720 26	1 2000 00	0 00	0 00	0 00	7 60	10	Na	6 2	Pouco Incrustante ou Corrosiva	1 1 1180		
TAU0006	F	12/07/79	265 64	1 783 50	1 382 40	1 1600 00	0 00	0 00	0 00	7 70	09	Mediocre	6 5	Pouco Incrustante ou Corrosiva	3 6180		
TAU0010	F	11/08/77	470 92	1 465 00	1 2536 31	1 2996 00	0 00	0 00	0 00	7 50	09	Na	6 1	Pouco Incrustante ou Corrosiva	5 3102		
TAU0013	F		305 00	1 240 00	759 00	670 00	0 00	5000 00	0 00	7 53	08 09	Passavel	7 0	Pouco Incrustante ou Corrosiva	1 7741	L4 S11	Risco de Salinização Alto
TAU0014	F		387 00	1 112 00	679 32	610 00	0 00	1500 00	0 00	7 87	08	Passavel	7 1	Moderadamente Corrosiva	2 2651	C3 S11	Risco de Salinização Alto

978





PERM - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO-I BALANÇO IÔNICO

QUADRO 7.9A

Aquífero HIC  
Sub-bacia JSA

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l meq/l % meq/l)												SOMA DOS SOMA DOS																	
			Ca	Mg	K	Na	NO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	CATIONS	ANIONS	ERRO															
IC00001	T	17/02/81	2.941	0.421	2.731	0.071	0.011	0.001	2.041	0.291	24.561	2.021	0.291	372.201	6.101	0.751	19.201	0.641	0.081	7.591	0.161	0.021	45.001	1.271	0.161	0.001	0.001	0.001	7.071	8.171	7.22	
JAT0002	T	13/03/81	5.801	0.361	2.341	0.061	0.001	0.001	1.02.681	5.121	0.211	44.931	5.341	0.371	328.001	5.281	0.341	40.001	1.601	0.101	16.071	0.331	0.021	295.001	8.321	0.531	0.001	0.001	0.001	16.321	15.631	2.17
MAU0006	T	17/02/81	2.521	0.471	9.141	0.241	0.021	0.001	67.061	3.751	0.211	58.371	4.001	0.301	372.001	6.101	0.411	44.001	1.471	0.101	28.121	0.591	0.041	235.001	6.631	0.451	0.001	0.001	0.001	15.911	14.781	3.69

979

SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERM - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO-II - RELAÇÕES IÔNICAS (meq/l)

QUADRO 7.10

Aquífero PEC  
Sub-bacia JSA

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ITB	ITB	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Na/Mg)	(Na/(Ca+Mg))	(Cl/HCO <sub>3</sub> )	(Cl/SO <sub>4</sub> )
IC00001	T	17/02/81	0.373	0.024	0.992	1.445	1.456	0.725	0.208	8.030	
JAT0002	T	13/03/81	0.295	0.010	1.043	1.133	1.087	0.555	1.547	24.864	
MAU0006	T	17/02/81	0.171	0.032	1.435	2.248	1.567	0.924	1.087	11.319	



PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-III - CARACTERISTICAS GERAIS

QUADRO 7.11

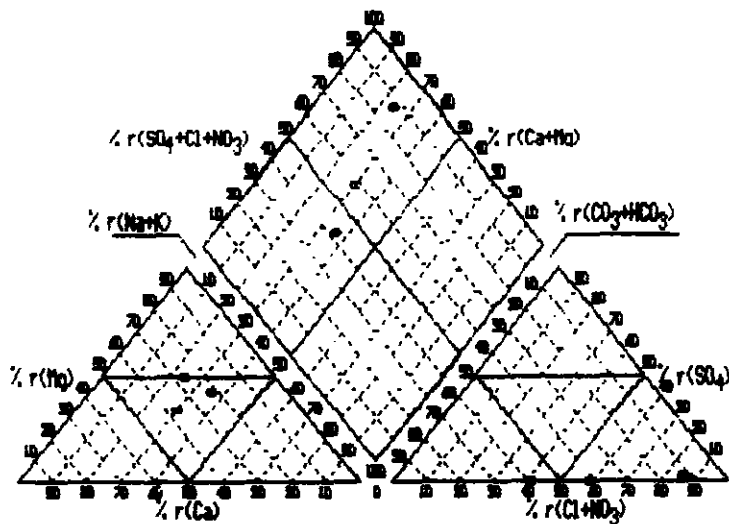
Aquifero PEC  
Sub-bacia JSA

AMOSTRA	FONTE	DATA ANALISE	CALCINIDADE TOTAL	DUREZA CaCO3	STD Residual	(Cond Eletr (uS/cm))		pH	pH Class	POTABILIDADE	INDICE DE SATURACAO		CLASSIFICACAO PARA IRRIGACAO					
						Seco	Campo				LABELIER	RYZMAR	SAR	Classe	Risco	Risco		
			(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)		± 25°C	(Campo)	(Lab)	Schoeller & Berkaloff	VALOR	CARATER	VALOR	CARATER		de	de	
JCD001	T		391.40	102.00	579.70	200.00	0.00	0.00	0.00	8.20	00	Passavel	0.738	INCRUSTANTE	6.7	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2.0655	
JAT002	T		376.00	256.50	990.34	675.00	0.00	0.00	0.00	7.30	09	Passavel	0.135	INCRUSTANTE	7.0	Moderadamente Corrosiva	2.5374	
MA0006	T		416.00	167.63	986.87	605.00	0.00	0.00	0.00	7.50	00	Passavel	0.208	INCRUSTANTE	7.1	Moderadamente Corrosiva	3.7276	



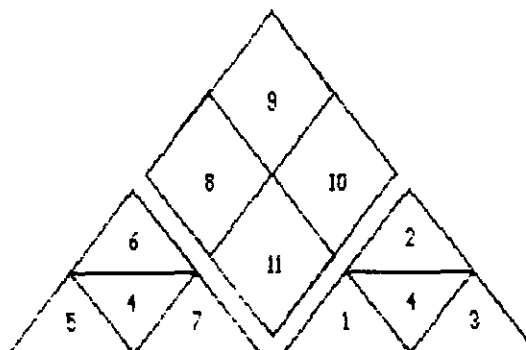
SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

DIAGRAMA DE PIPER  
 FIGURA 7.14



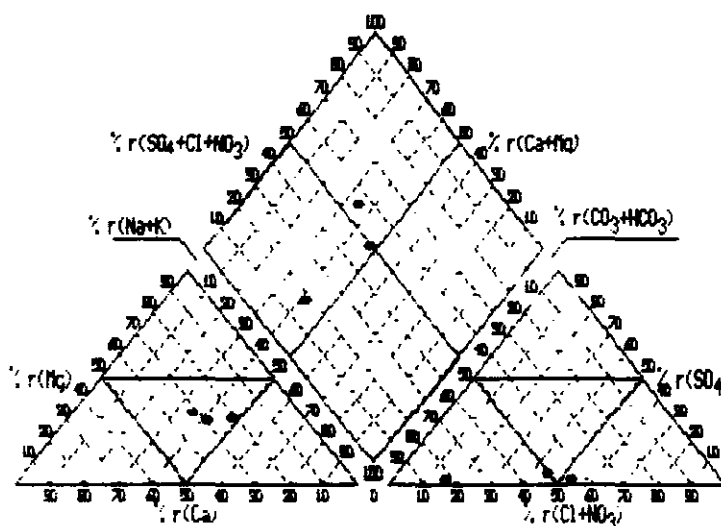
Aquifero PEC  
 Sub-bacia JMJ  
 No de Amostras 3

- 1 Bicarbonata
- 2 Sulfatada
- 3 Cloretada
- 4 Mista
- 5 Calcica
- 6 Magnesiana
- 7 Sodica
- 8 Bicarbonata Calcica e/ou Magnesiana
- 9 Sulfatada Calcica e/ou Cloretada Calcica e/ou Magnesiana
- 10 Cloretada Sodica e/ou Sulfatada Sodica
- 11 Bicarbonata Sodica



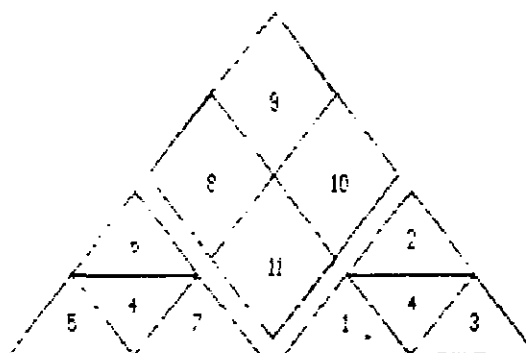
SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

DIAGRAMA DE PIPER  
 FIGURA 7.13



Aquífero PEC  
 Sub-bacia JSA  
 No de Amostras 3

- 1 Bicarbonatada
- 2 Sulfatada
- 3 Cloretada
- 4 Mista
- 5 Calcica
- 6 Magnesiana
- 7 Sodica
- 8 Bicarbonatada Calcica e/ou Magnesiana
- 9 Sulfatada Calcica e/ou Cloretada Calcica e/ou Magnesiana
- 10 Cloretada Sodica e/ou Sulfatada Sodica
- 11 Bicarbonatada Sodica



PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO-1 - BALANÇO IÔNICO

QUADRO 7.12

Aquífero PEC  
Sub-bacia JMJ

983

ANOS/RAI	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ELEMENTOS NATORES ANALISADOS (mg/l meq/l X meq/l)													ISOMIA DOS/ISOMIA DOS/																
			Na	K	Ca	Mg	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	CATIONS (meq/l)	ANIONS (meq/l)	ERRO (%)																		
PIC0001	T	115/10/79	140.001	6.091	0.291	14.201	0.361	0.021	152.001	7.581	0.561	82.621	6.791	0.331	453.841	7.441	0.381	4.801	0.161	0.011	0.001	0.001	0.001	485.001	11.421	0.591	21.001	0.341	0.021	20.831	19.361	3.67
PIC0002	T	119/03/83	212.001	9.221	0.241	15.201	0.391	0.011	200.001	9.981	0.261	223.601	10.391	0.481	256.201	4.201	0.121	0.001	0.001	0.001	33.601	0.701	0.021	1100.001	31.021	0.861	13.001	0.211	0.011	37.981	36.131	2.50
PIC0004	T	115/10/79	07.001	3.781	0.341	11.701	0.301	0.031	49.001	2.451	0.221	55.201	4.551	0.411	314.761	5.161	0.501	9.591	0.321	0.031	0.001	0.001	0.001	154.001	4.341	0.421	25.001	0.561	0.051	11.001	10.391	3.21

000145





SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-II - RELACOES IONICAS (meq/l)

QUADRO 7.13

Aquifero PEC  
Sub-bacia JMJ

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANALISE	ITB +	ITB -	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Na/Mg)	(Na/(Ca+Mg))	(Cl/HCO3)	(Cl/SO4)
PIC0001	T	115/10/79	0 435		0 060	0 896	0 803	0 896	0 424	1 535	*****
PIC0002	T	119/03/83	0 690		0 042	1 843	0 924	0 501	0 325	7 387	44 343
PIC0004	T	115/10/79	0 060		0 079	1 859	1 548	0 832	0 541	0 842	*****

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-III - CARACTERÍSTICAS GERAIS

QUADRO 7.14

Aqüifero PEC  
Sub-bacia JMJ

986

AMOSTRA	FONTE	DATA ANALISE	CALCINIDADE TOTAL	DUREZA CaCO3 (mg/l)	STD Resíduo (mg/l)	Cond Eletr (uS/cm)				pH	pH	Class	POTABILIDADE	INDICE DE SATURACAO				CLASSIFICACAO PARA IRRIGACAO			
						Seco		Campo						LANGELIER	RYZMAR	SAR	Classe	Risco de Sodio	Risco de Salinidade		
						Resíduo	Seco	Resíduo	Seco											VALOR	CARATER
FIC0001	T	115/10/79	458.64	380.00	1273.46	1353.00	0.00	0.00	0.00	8.20	09	mediocre	1.288	INCrustante	5.6	Moderadamente Incrustante	2.27	12			
FIC0002	T	119/03/83	256.20	500.00	2053.60	2450.00	0.00	0.00	0.00	7.70	09	Ha	0.662	INCrustante	6.4	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2.44	86			
FIC0004	T	115/10/79	324.35	122.50	716.33	841.00	0.00	0.00	0.00	8.50	08	Passavel	0.996	INCrustante	6.5	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2.02	11			

000147



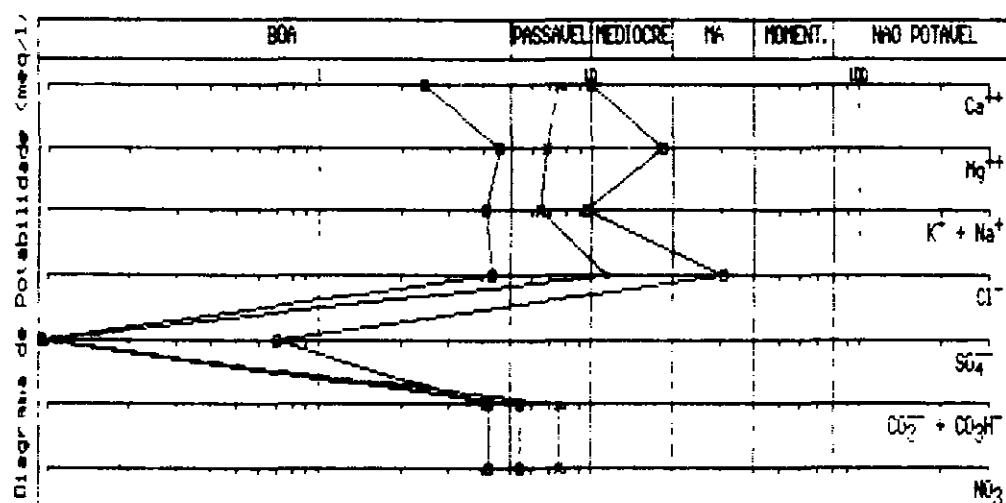
SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

DIAGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DE POTABILIDADE

(Schoeller & Berkaloff)

FIGURA 7.15



Aquífero PEC  
 Sub-bacia JMJ  
 No de Amostras 3



PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-I - BALANÇO IONICO

QUADRO 7.15

Aquifero PEC  
Sub-bacia IAJ

ANÁLISE	FRONTE	DATA DA ANÁLISE	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l meq/l % meq/l)										LIMITE DOSÍGONA DOF																			
			Na	K	Ca	Mg	CO3	CO3	SO4	Cl	NO3	(meq/l)	(meq/l)	%																		
CAS00017	T	---	57 961	2 521	0 341	4 821	0 171	0 021	47 801	3 381	0 451	14 661	1 371	0 181	264 021	4 281	0 571	4 801	0 161	0 021	70 801	0 641	0 081	87 501	2 471	0 331	0 001	0 001	0 001	7 451	7 551	0 66
CAT00051	T	124/10/77	221 901	9 651	0 351	9 751	0 251	0 011	138 601	6 921	0 251	127 801	10 511	0 381	424 561	6 961	0 261	21 601	0 721	0 031	226 061	4 711	0 171	525 001	14 801	0 541	0 001	0 001	0 001	27 731	27 191	0 25
CAT00061	T	124/07/79	182 101	7 921	0 411	6 831	0 171	0 051	134 601	6 721	0 341	56 701	4 661	0 241	302 561	4 961	0 281	21 601	0 721	0 041	49 381	1 031	0 061	400 001	11 281	0 631	0 001	0 001	0 001	19 471	17 091	3 96
CAT00081	T	112/09/77	741 301	14 851	0 411	12 691	0 321	0 011	144 001	7 191	0 201	170 001	13 981	0 381	498 001	6 001	0 211	0 001	0 001	0 001	178 741	3 721	0 101	900 001	25 381	0 681	0 001	0 001	0 001	36 341	37 371	1 40
TAU00021	T	---	116 151	5 051	0 331	8 971	0 231	0 021	110 201	5 501	0 381	54 111	4 451	0 291	240 881	4 061	0 311	19 201	0 641	0 051	14 201	0 401	0 031	290 001	8 181	0 621	0 001	0 001	0 001	15 231	13 301	6 78
TAU00041	T	128/06/79	740 141	32 201	0 661	8 581	0 221	0 001	151 201	7 541	0 151	109 931	9 041	0 181	446 521	7 321	0 171	16 801	0 561	0 011	122 091	2 541	0 061	1125 001	31 721	0 751	0 001	0 001	0 001	49 001	42 151	7 52
TAU00061	T	124/07/79	227 701	9 901	0 391	19 891	0 511	0 021	153 401	7 651	0 301	89 131	7 331	0 291	246 441	4 041	0 191	19 201	0 641	0 031	151 721	3 161	0 151	475 001	13 391	0 631	0 001	0 001	0 001	25 401	21 231	8 93
TAU00101	T	118/08/77	424 401	18 461	0 431	28 201	0 721	0 021	186 001	9 281	0 211	181 031	14 891	0 341	470 921	7 721	0 181	0 001	0 001	0 001	5 761	0 121	0 001	1225 001	34 541	0 811	15 001	0 241	0 011	43 351	42 631	0 85
TAU00121	T	---	86 001	3 741	0 291	20 501	0 521	0 041	99 201	4 951	0 381	45 601	3 751	0 291	305 001	5 001	0 481	0 001	0 001	0 001	13 201	0 271	0 031	174 001	4 911	0 471	15 501	0 251	0 021	12 971	10 431	0 84
TAU00141	T	---	86 001	3 481	0 421	3 001	0 081	0 011	44 601	2 241	0 271	30 241	2 491	0 301	387 001	6 341	0 641	0 001	0 001	0 001	19 401	0 401	0 041	114 001	3 211	0 321	0 881	0 011	0 001	8 201	9 981	9 29

000149





SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-II - RELACOES IONICAS (meq/l)

QUADRO 7.16

Aquifero PEC

Sub-bacia JAJ

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANALISE	ITE +	ITE -	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Na/Mg)	(Na/(Ca+Mg))	(Cl/HCO3)	(Cl/SO4)
SAS0001	T	-----	0 092		0 069	0 405	0 745	1 840	0 530	0 577	3 848
CAT0005	T	124/10/77	0 331		0 026	1 520	1 396	0 918	0 554	2 128	2 146
CAT0006	T	124/07/79	0 283		0 021	0 694	1 179	1 699	0 696	2 275	10 972
CAT0008	T	112/09/77	0 402		0 022	1 946	2 066	1 062	0 701	3 173	6 820
TAU0003	T	-----	0 354		0 045	0 809	0 919	1 135	0 508	2 005	20 458
TAU0004	T	128/06/79		0 022	0 007	1 198	4 267	3 561	1 941	4 335	12 481
TAU0006	T	124/07/79	0 223		0 051	0 958	1 294	1 351	0 661	3 316	4 241
TAU0010	T	118/08/77	0 445		0 039	1 604	1 989	1 240	0 764	4 476	288 059
TAU0013	T	-----	0 131		0 140	0 758	0 756	0 998	0 430	0 982	17 854
TAU0014	T	-----		0 106	0 022	1 112	1 557	1 399	0 737	0 507	7 959

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HIDRICOS

QUADRO-III - CARACTERÍSTICAS GERAIS

QUADRO 7.17

Aquifero PEC  
Sub-bacia JAJ

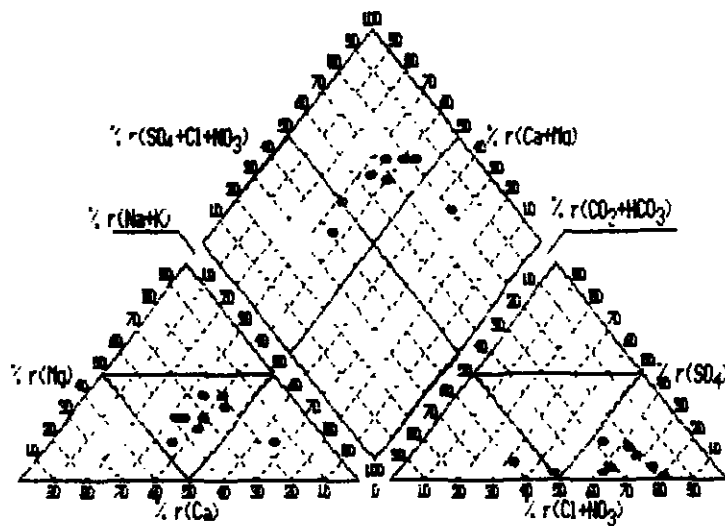
006

AMOSTRA	FONTE	DATA ANALISE	CALCINIDADE TOTAL	DUREZA CaCO3 (mg/l)	STD (mg/l)	Resíduo Seco (mg/l)	Cond Eletr (µS/cm)			pH (Campol Lab)	pH (PIPER)	POTABILIDADE Schoeller & Berkhof	INDICE DE SATURACAO		CLASSIFICACAO PARA IRRIGACAO				
							VALOR	CARATER	VALOR				CARATER	SAR (Cl <sub>a</sub> -sp)	Risco de Sodio	Risco de Salinidade			
																	LANGELIER		RYZNAI
CAS0001	T		265 00	169 50	533 42	432 00	0 00	0 00	0 00	7 60	00	Boa	0 22	INCORUSTANTE	7 2	Moderadamente Corrosiva	1 6354		
CAT0005	T	124/10/77	446 16	346 50	11695 27	11468 00	0 00	0 00	0 00	7 60	09	Mediocre	0 64	INCORUSTANTE	6 3	Pouco Incrustante ou Corrosiva	3 2700		
CAT0006	T	124/07/79	324 16	336 50	11153 57	11151 00	0 00	0 00	0 00	8 00	09	Mediocre	0 87	INCORUSTANTE	6 2	Pouco Incrustante ou Corrosiva	3 3208		
CAT0008	T	112/09/77	488 00	360 00	12251 14	12355 00	0 00	0 00	0 00	7 80	09	Ma	0 93	INCORUSTANTE	5 9	Moderadamente Incrustante	4 5636		
TAU0003	T		268 00	275 50	866 71	540 00	0 00	0 00	0 00	8 00	09	Passavel	0 75	INCORUSTANTE	6 5	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2 2653		
TAU0004	T	128/06/79	463 32	378 00	12720 26	12800 00	0 00	0 00	0 00	7 60	10	Ma	0 88	INCORUSTANTE	6 2	Pouco Incrustante ou Corrosiva	1 1180		
TAU0006	T	124/07/79	265 64	383 50	11382 48	11600 00	0 00	0 00	0 00	7 70	09	Mediocre	0 57	INCORUSTANTE	6 5	Pouco Incrustante ou Corrosiva	3 6186		
TAU0010	T	118/08/77	470 92	465 00	12536 31	12996 00	0 00	0 00	0 00	7 50	09	Ma	0 71	INCORUSTANTE	6 1	Pouco Incrustante ou Corrosiva	5 3106		
TAU0013	T		305 00	248 00	759 00	670 00	0 00	5000 00	0 00	7 53	08 09	Passavel	0 28	INCORUSTANTE	7 0	Pouco Incrustante ou Corrosiva	1 7941	C4-S1	Baixo M Alto
TAU0014	T		367 00	112 00	679 32	610 00	0 00	1500 00	0 00	7 87	00	Passavel	0 48	INCORUSTANTE	7 1	Moderadamente Corrosiva	2 2651	C3-S1	Baixo Alto



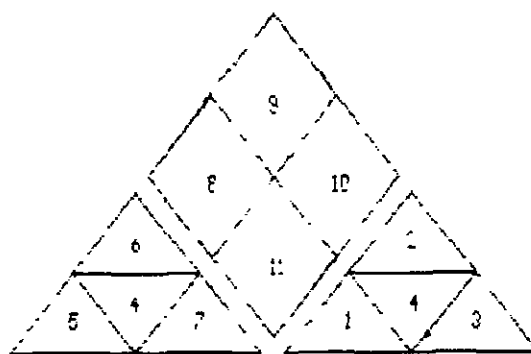
SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

DIAGRAMA DE PIPER  
 FIGURA 7.16



Aquífero PEC  
 Sub-bacia JAJ  
 No de Amostras 9

- 1 Bicarbonatada
- 2 Sulfatada
- 3 Cloretada
- 4 Mista
- 5 Calcica
- 6 Magnesiana
- 7 Sodica
- 8 Bicarbonatada Calcica e/ou Magnesiana
- 9 Sulfatada Calcica e/ou Cloretada Calcica e/ou Magnesiana
- 10 Cloretada Sodica e/ou Sulfatada Sodica
- 11 Bicarbonatada Sodica



Magnésio (Mg)	- 82,6 a 354,7 mg/l
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	- 209,8 a 453,8 mg/l
Carbonato (CO)	- 0 a 28,0 mg/l
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	- 0 a 28,0 mg/l
Cloreto (Cl)	- 405,0 a 4 900 mg/l
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	- 0 a 21,0 mg/l

As relações iônicas estão calculadas no quadro 7 29

A potabilidade varia nos intervalos de passável a não potável, o que reflete as concentrações iônicas encontradas para estas análises

Os valores do RAS (= SAR) situam-se abaixo de 4,0, denotando um caráter excelente para estas águas. As altíssimas concentrações observadas, particularmente de cloreto, acusam altos riscos de salinidade.

Os valores observados para o cristalino, no âmbito da Bacia do Jaguaribe, refletem as características litológicas percoladas pelas águas subterrâneas

As altas concentrações de cloretos estão relacionadas ao clima, onde a evapotranspiração é intensa, fazendo com que haja uma concentração progressiva deste íon nas águas subterrâneas. Como ele não participa das reações químicas, gradativamente vai saturando o ambiente aquoso

O sódio em altas concentrações causa gosto salgado e desagradável ao paladar. As águas com elevados conteúdos de magnésio (acima de 150 mg/l) possuem um gosto salobro, e talvez este elemento provoque efeitos fisiológicos adversos

A presença de nitrato é geralmente originada de matéria orgânica

A dureza para usos domésticos deve ser de preferência menor do que 100 mg/l de CaCO<sub>3</sub>. Quase todas as amostras apresentam dureza acima deste valor e, conseqüentemente, o tratamento será necessário antes do uso

Elevados teores de sódio podem interferir na estrutura e na textura do solo, levando a uma diminuição de permeabilidade. Isto acontece pela precipitação do carbonato de cálcio. Os sulfatos são solúveis e facilmente dissolvidos pelas águas, podendo ser utilizados para diminuir os riscos de sódio. Porém, em altas concentrações poderão ser danosos à fisiologia dos vegetais

A interpretação sobre o poder corrosivo ou incrustante das águas é importante para saber-se o tipo de revestimento que deverá ser usado nos poços e também direcionar a utilização destas águas

As águas com elevados teores de STD, muito comuns no contexto da Bacia do Jaguaribe, devem ser encaradas como potencialmente corrosivas.

## GUIA DO USUÁRIO

### - HIDROQS -

Ao chamar o Sistema HIDROQS aparece no vídeo um menu de opções e uma série de opções com uma apresentação do sistema

- 1 - ANÁLISE
- 2 - FICHA
- 3 - RELATÓRIOS
- 4 - OPÇÕES
- 5 - IMPRESSÃO
- 6 - SAÍDA

### 1 - ANÁLISE

Nesta opção pode-se selecionar a análise desejada, por

- a) AQUÍFERO - Escolhendo-se esta opção e pedido o código AQUÍFERO (3 campos)
- b) BASE CARTOGRÁFICA - Escolhendo-se esta opção e pedido o código da BASE CARTOGRÁFICA (4 campos)
- c) BACIA - Escolhendo-se esta opção e pedido o código da SUB-BACIA (1 campo)
- d) SUB-BACIA - Escolhendo-se esta opção e pedido o código da SUB-BACIA (3 campos)
- e) FONTE - Escolhendo-se esta opção e pedido o código do poço (7 campos)
- g) MUNICÍPIO - Escolhendo-se esta opção e pedido o código do MUNICÍPIO (7 campos)
- h) DUPLA ANÁLISE - Nesta opção são pedidos os dois tipos de análises bem como as suas chaves determinantes

Na DUPLA ANÁLISE não é possível selecionar as análises e) e f)

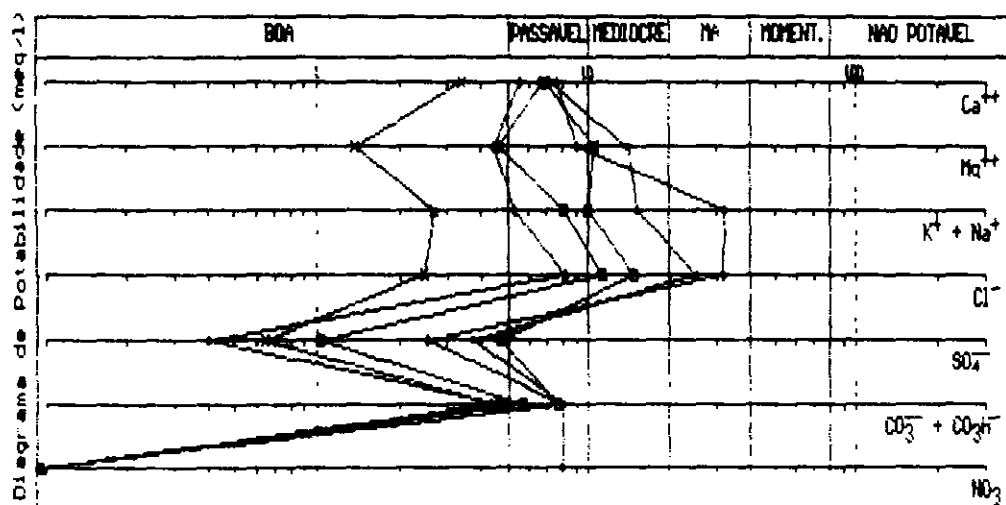
Uma vez selecionado (com a tecla **ENTER**) o tipo de análise que se quer, o sistema prepara um arquivo com o nome "HQ01 " + EXTENSÃO, onde a EXTENSÃO do nome pode ser

AQU - para a análise de AQUÍFERO,  
 CAR - para a análise de BASE CARTOGRÁFICA,  
 BAC - para a análise de BACIA,  
 SUB - para a análise de SUB-BACIA,  
 IND - para a análise de INDIVIDUAL;  
 QUI - para a análise de MUNICÍPIO,  
 FNT - para a análise de FONTE,  
 DPL - para a análise de DUPLA ANÁLISE

Depois de montado o arquivo anteriormente citado, pode-se passar para a próxima opção do Menu

SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 DIAGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DE POTABILIDADE  
 (Schoeller & Berkaloff)

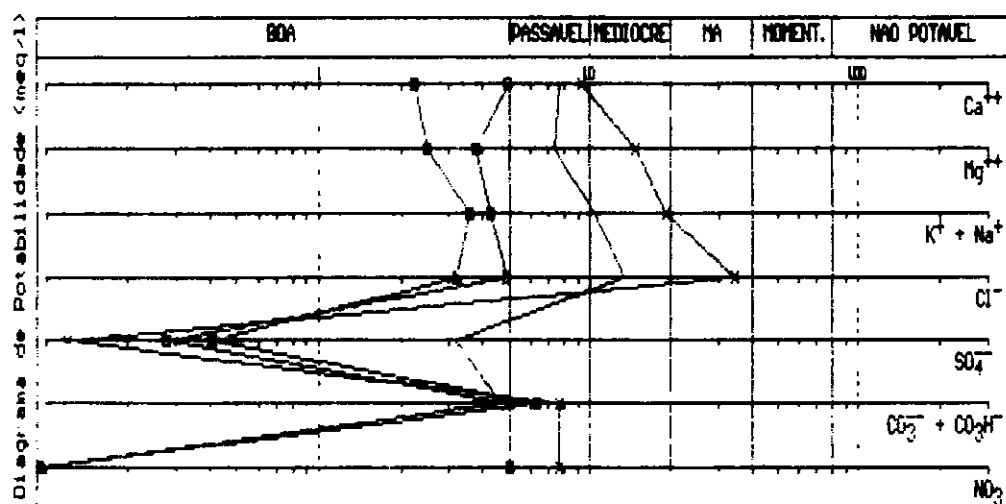
FIGURA 7.17



Aquífero PEC  
 Sub-bacia JAJ  
 No de Amostras 6

SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA  
 PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 DIAGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DE POTABILIDADE  
 (Schoeller & Berkaloff)

FIGURA 7.18



Aquífero PEC  
 Sub-bacia JAJ  
 No de Amostras 4

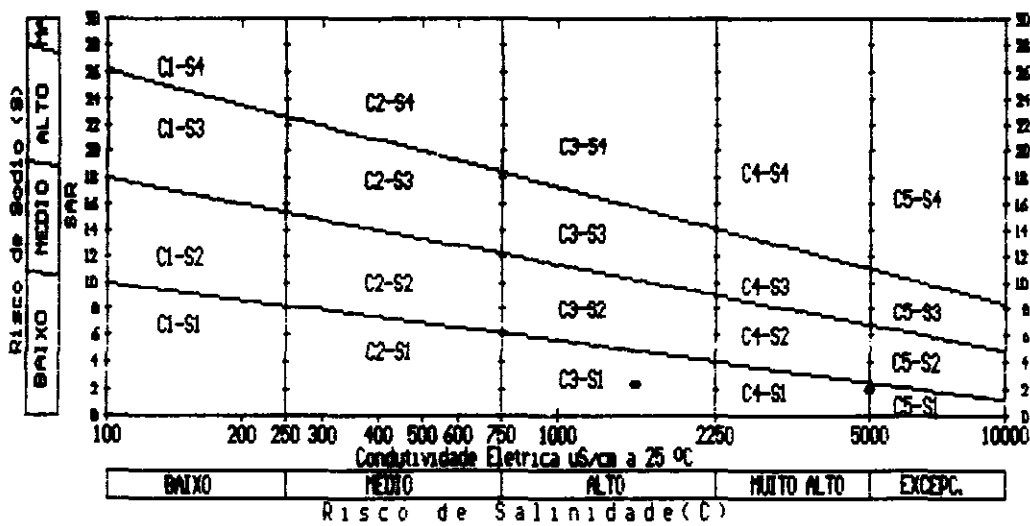


SIRAC - Servicos Integrados de Assessoria e Consultoria LTDA

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

DIAGRAMA DO U S Salinity Laboratory PARA A CLASSIFICAÇÃO DE ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

FIGURA 7.19



Aquífero PEC  
Sub-bacia JAJ  
No de Amostras 2

000156



PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO-I - BALANÇO IÔNICO

QUADRO 7.18

Aquífero PEC  
Sub-bacia JBA

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l) - meq/l											ISDHA DOS ISDHA DOS																		
			Na	K	Ca	Mg	HCO3	CO3	SO4	Cl	NO3	CATIONS	ANIONS	ERRO																		
IBG0002	T	124/07/79	227.70	9.90	6.42	6.63	0.17	0.01	126.00	6.33	0.27	87.07	7.16	0.30	209.00	3.44	0.15	33.60	1.12	0.05	11.52	0.24	0.01	625.00	17.63	0.79	0.00	0.00	0.00	23.56	22.42	2.48
MON0003	T	124/07/79	227.70	99.05	0.65	46.80	1.20	0.01	440.00	21.99	0.15	354.71	29.17	0.19	265.96	4.36	0.03	24.00	0.00	0.01	27.98	0.58	0.00	1490.00	138.18	0.96	0.00	0.00	0.00	151.44	143.92	2.53
PIC0003	T	115/10/79	140.00	6.09	0.29	14.20	0.36	0.02	152.00	7.58	0.36	82.62	6.79	0.33	453.84	7.44	0.38	4.00	0.16	0.01	0.00	0.00	0.00	485.00	11.42	0.59	21.00	0.34	0.02	20.83	19.36	3.67

906

PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO-II - RELAÇÕES IÔNICAS (meq/l)

QUADRO 7.19

Aquífero PEC  
Sub-bacia JBA

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ITB +	ITB -	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Na/Mg)	(Na/(Ca+Mg))	(Cl/HCO3)	(Cl/SO4)
MON0003	T	124/07/79	0.275		0.012	1.327	4.505	3.395	1.936	31.699	237.20
PIC0003	T	115/10/79	0.435		0.060	0.896	0.803	0.896	0.424	1.535	*****



PERH - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

QUADRO-III - CARACTERÍSTICAS GERAIS

QUADRO - 7.20

Aquífero PEC  
Sub-bacia JBA

986

AMOSTRA	FONTE	DATA ANALISE	ALCALINIDADE TOTAL	DUREZA CaCO3	STD (mg/l)	Cond Eletr (uS/cm)				pH Lab	pH PIPER	Class Schoeller & Berkloff	FOTABILIDADE Schoeller & Berkloff	INDICE DE SATURACAO		CLASSIFICACAO PARA IRRIGACAO						
						Seco	Campo	a 25°C	Campo					LANGELEIER	RYZNAK	SAR	Classe	Risco de	Risco de			
						(mg/l)	(mg/l)							VALOR	CARATER					VALOR	CARATER	Sodio
IBG0002	T	124/07/79	243 40	1 317 00	1328 12	1205 00	0 00	0 00	0 00	8 20	09	Mediocre	0 95	1	INCORUSTANTE	6 3	Pouco Incrustante ou Corrosiva	3 81	4			
MON0003	T	124/07/79	289 96	1 110	50	1837 05	1015 00	0 00	0 00	0 00	7 70	10	Mao Potave	1 04	2	INCORUSTANTE	5 6	Moderadamente Incrustante	1 95	8	4	
PIC0003	T	115/10/79	458 64	1 380 00	1273 46	1353 00	0 00	0 00	0 00	8 20	09	Mediocre	1 28	1	INCORUSTANTE	5 6	Moderadamente Incrustante	2 27	1	2		



## 2 - FICHA

Aqui pode-se entrar com uma nova FICHA (Opção **ENTRADA**), alterar uma determinada FICHA (Opção **CAPTURA**), fazer a Crítica de uma FICHA (Opção **CRÍTICA**) e ainda **IMPRIMIR** uma FICHA ou o Arquivo todo (Opção **IMPRIMIR**)

## 3 - RELATÓRIOS

Nesta opção e selecionados os relatórios e gráficos a serem rodados, obtém-se

RELATÓRIO 01 - BALANÇO IÔNICO,  
RELATÓRIO 02 - RELAÇÕES IÔNICAS,  
RELATÓRIO 03 - CARACTERÍSTICAS GERAIS,  
GRÁFICOS

GRÁFICO 01 Diagrama do U S Salinity Laboratory para a Classificação de Águas para a Irrigação

GRÁFICO 02 Diagrama de PIPER

GRÁFICO 03 e 05 Diagrama para a obtenção do pH de Saturação

GRÁFICO 04 Diagrama Schoeller & Berkloff

## 4 - OPÇÕES

Aqui tem-se **AJUDA** (ou pressionando F1) - onde aparece um **HELP**, explicações sobre o funcionamento do programa,

**EXECUÇÃO** (ou pressionando-se F2) - onde obtém-se a execução automática para o tipo de análise escolhida

## 5 - IMPRESSÃO

Ao selecionar esta opção aparece na tela uma janela com

**GRÁFICOS SIM** - mostrando que os gráficos serão impressos

**RELATÓRIOS SIM** - mostrando que os relatórios serão impressos

Ao posicionar o cursor com as **SETAS** e pressionar **ENTER** sobre a opção **GRÁFICOS**, aparecerá na tela

**GRÁFICOS NÃO** - mostrando que os gráficos só aparecerão no vídeo

**RELATÓRIOS SIM** - mostrando que os relatórios ainda serão impressos

## 6 - SAÍDA

Pode-se sair do programa de duas maneiras

- 1) pressionar **ALT-X** ou posicionando-se através das setas na opção **SAÍDA** (saí **ALT-X**),
- 2) pressionando-se **ALT-D** ou osicionando-se através das setas na opção **SAÍDA** (**DOS ALT-D**) Neste caso, para retornar ao programa não é preciso chamá-lo, pois está na memória (**RESIDENTE**), bastando digitar **EXIT** e pressionar **ENTER**

## 8 VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS

A vulnerabilidade à poluição antrópica que um sistema aquífero apresenta decorre do fato de que o aquífero é mais, ou menos, exposto aos riscos poluidores a partir da superfície (**ALBINET & MARGAT (1970), in PARISOT, 1983**)

Esta definição abrange um vasto campo e torna-se bastante complexa, pois integra fatores hidrogeológicos (tipo de aquífero, nível estático, litologia, relação águas subterrâneas x superficiais, etc ) e humanos (ocupação do solo, tipo de indústrias, culturas praticadas, etc )

Para este trabalho, os critérios levados em conta para a definição das zonas de vulnerabilidade foram

- a) a natureza litológica da formação, que se traduz na permeabilidade e que irá determinar a velocidade de infiltração de fluídos,
- b) profundidade do nível estático (N E ),
- c) posicionamento do sistema aquífero (zonas de recarga ou descarga),
- d) importância hidrogeológica para a comunidade,
- e) dentro do possível, o tipo de ocupação e uso da superfície

Assim, a partir desses parâmetros, elaborou-se a base denominada de **ZONAS DE VULNERABILIDADE**, constando de 5 classes alta, média a alta, média, baixa a média e baixa vulnerabilidade (*Anexo IB - Desenhos de números 56 a 62*)

### 8 1 Zona de Baixa Vulnerabilidade

Corresponde ao domínio cristalino (rochas ígneas e metamórficas) de toda a **Bacia do Jaguaribe**, a Formação Jandaira que ocorre no Baixo Jaguaribe e

#### à Formação Santana da Chapada do Araripe (sub-bacia do Salgado)

O caráter praticamente impermeável do domínio cristalino, além da sua heterogeneidade e anisotropia e as composições litológicas das Formações Jandaíra e Santana reduzem as possibilidades de infiltração de um eventual poluente a partir da superfície ou a extensão da pluma poluidora em profundidade

Os níveis d'água estão a uma profundidade da ordem de 10 m, o que reduz, face às características anteriormente citadas, ainda mais a possibilidade de qualquer poluente atingir as águas subterrâneas

#### 8 2 Zona de baixa a Média Vulnerabilidade

Corresponde à Formação Brejo Santo que ocorre ao sul da Bacia do Jaguaribe, no âmbito da sub-bacia do Salgado

Esta formação situa-se estratigraficamente entre os aquíferos Missão Velha e Mauriti, os mais importantes do Salgado. Os poços nela perfurados atingem a ordem de 150 m e, desta forma, necessário se faz um maior rigor no acompanhamento destes para que os mesmos não sirvam de conduto direto à poluição do aquífero sotoposto

#### 8 3 Zona de Média Vulnerabilidade

Abrange os clásticos do Tércio-Quaternário distribuídos principalmente nas sub-bacias do Alto e Baixo Jaguaribe

Apesar da heterogeneidade composicional destas formações, onde se tem níveis arenosos intercalados com silto-argilosos, e do posicionamento do nível estático que oscila, geralmente, entre 5 - 13 m, reduzindo a possibilidade de infiltração e consequente poluição das águas subterrâneas, é necessário ter-se em mente o nível de ocupação populacional destas áreas

Este contexto é ocupado essencialmente por zonas residenciais em que a captação das águas subterrâneas é feita basicamente através de poços escavados, o que reduz os custos da obra e aumenta consideravelmente o nível de exploração do manancial subterrâneo, principalmente para uso doméstico, particularmente pelas famílias de classe baixa a média

As fontes poluidoras se restringem a vazamentos da rede de esgoto ou diretamente da fossa para o poço, que faz uma ligação direta com o aquífero. Isto é comum, haja vista que grande percentual dos poços são construídos muito próximos às fossas, muitas vezes sendo esta uma fossa negra, atingindo o nível estático

#### 8 4 Zona de Média a Alta Vulnerabilidade

Compreende os aquíferos Mauriti, na sub-bacia do Salgado, e o Açú, nas sub-bacias do Baixo e Médio Jaguaribe

A Formação Mauriti constitui o segundo melhor aquífero da sub-bacia do Salgado, onde as vazões exploradas atingem até 30 m<sup>3</sup>/h, e é responsável pelo abastecimento de diversas cidades, a exemplo de Abaiara, Barro, Jati, Mauriti, Milagres, Nova Olinda e Penaforte

O posicionamento do nível estático, em torno de 8 m, e a ocupação residencial e industrial cada vez maior verificada sobre esta unidade, associados à importância que este manancial hídrico representa faz com que ele seja inserido em uma zona de média a alta vulnerabilidade

Os arenitos da Formação Açú constituem o melhor aquífero da Bacia Potiguar (RN). Embora o nível estático médio observado na área da Bacia do Jaguaribe seja bastante alto (N E = 40 m), sua litologia e seu posicionamento numa área de recarga fazem com que o aquífero seja considerado de média a alta vulnerabilidade

#### 8 5 Zona de Alta Vulnerabilidade

Nesta zona foram colocadas as formações aquíferas mais importantes sob o ponto de vista de exploração e conservação do potencial hídrico subterrâneo

Nela estão os aluviões, dunas e as formações Serra Grande, Feira Nova e Missão Velha

Os aluviões e dunas representam aquíferos livres com vazões elevadas e nível estático subaflorante (2 - 5 m), sendo composto por sedimentos clásticos com permeabilidade elevada, permitindo, desta forma, uma migração veloz de qualquer poluente

As formações Serra Grande e Feira Nova são compostas predominantemente por arenitos e constituem importantíssimas áreas de recarga

O potencial hídrico subterrâneo de milhões de m<sup>3</sup>, liberado pelo Feira Nova (ver item 5 1 3 2) para o Alto Jaguaribe e Salgado, reabastecendo os aquíferos e alimentando a rede hidrográfica, demonstra o importantíssimo papel representado por esta formação e a necessidade vital de sua proteção

O aquífero Missão Velha é o mais importante ao Estado do Ceará, em termos de vazões, e, através de sua exploração, as cidades de Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha e Missão Velha são abastecidas com suas águas

Apesar de todas estas características, a superfície aflorante desta formação vem sendo

ocupada por indústrias diversas, a exemplo da refinaria de açúcar instalada no Município de Missão Velha. As indústrias que lidam com cana-de-açúcar, não dispondo de tratamentos adequados, poluem as águas superficiais e, conseqüentemente, as águas subterrâneas. A vinhaça liberada possui alta concentração de matéria orgânica e substâncias inorgânicas que podem causar danos ao meio ambiente. Em outros países, a fim de amenizar este impacto ambiental, ela vem sendo tratada através de lagoas de estabilização, filtros biológicos, floculação e tratamento químico, evaporação, incineração e osmose reversa e, ainda, utilizada "in natura" como fertilizante ou como matéria-prima para produção de biogás e proteínas unicelulares (HASSUDA, 1989).

HASSUDA (op. cit.), em pesquisa realizada no Estado de São Paulo, observou os impactos causados pela infiltração da vinhaça nas águas subterrâneas, tornando-as inadequadas ao consumo humano, com os seguintes elementos ultrapassando os padrões de potabilidade: nitrogênio amoniacal (valores até de 9,8 mg/l), magnésio (12 - 210 mg/l), alumínio (até 23 mg/l), ferro (até 60 mg/l), manganês (5 - 60 mg/l) e cloreto (4 - 640 mg/l). Este fato demonstra a que nível a vinhaça pode poluir os recursos hídricos subterrâneos.

## 9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A Bacia do Jaguaribe (72 043 km<sup>2</sup>) tem 80% de sua superfície ocupada por rochas do embasamento cristalino, e isto faz com que seu potencial hídrico subterrâneo seja drasticamente reduzido. Este fato é claramente visualizado nas sub-bacias do Banabuiú (19 810 km<sup>2</sup>), Médio (10 509 km<sup>2</sup>) e Alto Jaguaribe (24 538 km<sup>2</sup>), onde o embasamento cristalino aflora, respectivamente, em 19 017 km<sup>2</sup> (96%), 9 710 km<sup>2</sup> (92,4%) e 20 955 km<sup>2</sup> (85,4%), enquanto que nas sub-bacias do Salgado (12 216 km<sup>2</sup>) e Baixo Jaguaribe (4 970 km<sup>2</sup>) aflora somente em 6 474 km<sup>2</sup> (53%) e 1 590 km<sup>2</sup> (32%), respectivamente.

Dos 3 500 poços tubulares cadastrados, somente 1 627 (46,5%) foram plotados em mapa através de suas coordenadas geográficas, sendo preciso um trabalho de campo para localização dos 1 875 poços que não foram plotados. Isto ressalta a necessidade do cálculo das coordenadas (geográfica ou UTM) ou a elaboração de um "croqui de localização" na ficha técnica do poço no ato da locação.

O número de poços existentes em mapa por sub-bacia mostra a seguinte seqüência, em ordem decrescente: Salgado (710), Alto Jaguaribe (415), Banabuiú (270), Baixo (154) e Médio (78) Jaguaribe. A expressiva predominância na sub-bacia do Salgado é reflexo dos poços existentes em Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha e Missão Velha, quase todos anteriormente cadastrados em campo até 1984 e, portanto, com coordenadas.

É necessário um cadastro imediato dos poços, com testes de bombeamento, daqui em diante perfurados e, a médio prazo, de todos aqueles que existem e não foram cadastrados. A ficha cadastral de poços idealizada neste Plano pode ser obrigatória no cadastramento e isto fará com que exista uma preocupação maior por parte das empresas ou órgãos que atuam no setor. Tal registro pode ser realizado pela firma de perfuração ou pelo próprio proprietário junto à Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado. Ressalta-se que o cadastro dos testes de bombeamento é importante para o dimensionamento dos parâmetros hidrodinâmicos da formação aquífera.

A verificação em campo da existência dos poços tubulares atualmente cadastrados pelo Plano Estadual dos Recursos Hídricos é uma prática que deve ser adotada, pois resultará em valiosas informações sobre o número real de poços em funcionamento e, conseqüentemente, possibilitará estimar-se com total segurança o volume de águas subterrâneas que está sendo explorado. Ainda criará diretrizes básicas para um programa de recuperação e aparelhamento das obras de captação existentes, política de fundamental importância, já que inúmeras vezes estas obras constituem as únicas fontes de abastecimento d'água das comunidades.

As 624 análises físico-químicas cadastradas foram realizadas, no geral, para consumo humano. Somente 76 análises possuem acima de 6 elementos maiores (cálcio, potássio, magnésio, sódio, sulfato, bicarbonato, cloreto e carbonato) e o balanço iônico mostra que 71 possuem erro menor ou igual a 12%, as 548 análises restantes foram realizadas para menos de 7 elementos, quase sempre inferior a 4, sendo impossível se realizar um balanço iônico para saber a validade das mesmas.

É aconselhável a análise físico-química da água imediatamente após a perfuração do poço, seja qual for o uso direcionado. As indústrias que apresentam risco potencial de poluição das águas subterrâneas, a exemplo das usinas de álcool no Cariri Ocidental, devem monitorar, através dessas análises, o aspecto qualitativo das águas exploradas.

O contexto cristalino é, no geral, incapaz de suprir volumes de água compatíveis com a demanda requerida para projetos de médio a grande porte, seja para consumo humano, irrigação ou indústria. As vazões oscilam, predominantemente, entre 0,5 a 1,5 m<sup>3</sup>/h, capacidade específica de 0,17 a 1,0 (m<sup>3</sup>/h)/m, e as águas possuem uma potabilidade variando de passável a boa, com elevado perigo de salinidade, sendo bicarbonatadas a cloretadas, mistas.

As estimativas de reservas exploráveis para o contexto cristalino mostra que existe um volume de 39,2 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, disponível na Bacia do Jaguaribe.

O meio cristalino está, a cada dia, sendo mais ocupado pela população e indústria, e isto faz com que seu potencial hídrico subterrâneo seja cada vez mais valorizado. Desta forma, é necessária a utilização de critérios técnicos, como a fotointerpretação de

fotografias aéreas e geofísica, na fase de locação de poços, bem como um acompanhamento técnico da perfuração e desenvolvimento da obra, a fim de minimizar os custos e aumentar as chances de se conseguir melhores vazões neste domínio

As reservas totais de águas subterrâneas estimadas para a Bacia do Vale do Jaguaribe restringem-se aos aquíferos porosos e atingem a ordem de  $6,3 \times 10^9 \text{ m}^3$ , sendo que a sub-bacia do Salgado detém 81,9% deste potencial. Das reservas totais estocadas,  $122 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$  constituem as reservas que podem ser efetivamente utilizáveis

A sub-bacia do Salgado é a mais promissora em termos de reservas de águas subterrâneas, com um volume de  $5,16 \times 10^9 \text{ m}^3$ , dos quais  $78,5 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$  são passíveis de serem utilizados. Seus aquíferos mais importantes, sob o aspecto explorativo, são o Missão Velha e o Mauriti

É no aquífero Missão Velha que estão locados os poços de maior profundidade do Estado, da ordem de 200 m, e com as maiores vazões, de até 150 000 l/h em bombeamento contínuo de 24 horas. Os rebaixamentos do lençol freático são pequenos, gerando capacidades específicas elevadas, que demonstram o alto grau de eficiência destes poços

As águas do Missão Velha no geral não encontram restrições ao consumo humano. Apesar da dureza ser acima do nível desejado, como consequência do alto conteúdo de bicarbonato (portanto representa uma dureza temporária), é facilmente corrigível. São águas bicarbonatadas sódicas, cálcicas ou mistas

A Formação Mauriti é o segundo melhor aquífero do Cariri Ocidental, cedendo vazões da ordem de até 30 000 l/h. Suas águas são semelhantes às do Missão Velha, e não apresentam maiores problemas quanto à potabilidade

O potencial de águas subterrâneas das sub-bacias do Baixo e Médio Jaguaribe restringe-se aos aluviões e dunas. O Baixo Jaguaribe possui reservas totais estimadas em  $921 \times 10^9 \text{ m}^3$ , sendo que as reservas exploráveis constituem 3,5% deste volume. O Médio Jaguaribe tem reservas totais de  $257 \times 10^9 \text{ m}^3$  acumuladas nos aluviões e, deste total, 4,3% constituem as exploráveis

Não foram realizadas estimativas de reservas para as sub-bacias do Alto Jaguaribe e Banabuiú, por estas serem designadas como bacias essencialmente cristalinas

Tanto mais vulneráveis à poluição sejam os aquíferos, mais completo e frequente deve ser o controle do manancial hídrico subterrâneo e, conseqüentemente, maior rigor de fiscalização deve existir quanto ao uso racional, proteção e conservação

A base de zonas de vulnerabilidade dos aquíferos se constitui em um documento que permite

o estabelecimento de diretrizes para a proteção e a conservação das águas subterrâneas, principalmente em regiões onde elas são imprescindíveis, como no caso da Região do Cariri, onde constituem um bem vital às comunidades. Por isso, áreas de recargas como as da Formação Feira Nova, aquíferos como o Missão Velha, o Mauriti, os aluviões e as dunas devem ser preservados a qualquer custo pelas entidades governamentais, pois elas são os suportes principais do desenvolvimento humano e industrial das regiões em que a única possibilidade de abastecimento d'água é através das águas subterrâneas

Todos estes aspectos refletem a importância do desenvolvimento do Plano Estadual dos Recursos Hídricos ora em andamento, criando uma conscientização da necessidade de proteção e preservação dos recursos hídricos e norteando seu uso racional de tal forma que este bem, já escasso, ainda possa ser utilizado pelas gerações futuras

**ESTUDOS DE BASE - HIDROGEOLOGIA**

**B. BACIAS: COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL,  
CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA.**

**Documento Elaborado pela Empresa VBA  
CONSULTORES - Engenharia de Sistemas  
Hídricos Ltda.**



## PARTE VIII - HIDROGEOLOGIA

### B - BACIAS. COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL, CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA

#### 1 INTRODUÇÃO

O presente documento se constitui no *Relatório dos Estudos de Base, PARTE B - HIDROGEOLOGIA* referente as bacias hidrográficas do Bloco 2

Tal bloco abrange as Bacias do Coreaú, Acaraú, Litoral, Curu, Metropolitanas e Parnaíba, perfazendo uma área de 74 212 km<sup>2</sup><sup>(\*)</sup>, equivalente a praticamente metade do território cearense

O texto e mapa, a seguir, reapresentam, neste relatório, as Bacias principais que formam tal área, posicionadas no sentido oeste-leste na seguinte seqüência

- \* Bacia C - Coreaú com 10 657 km<sup>2</sup>, engloba tanto a bacia drenada especificamente pelo Rio Coreaú e afluentes, com 4 446 km<sup>2</sup>, como também o conjunto de bacias independentes adjacentes que variam desde pouco mais de 125 km<sup>2</sup> (Córrego da Poeira) até próximo de 1 850 km<sup>2</sup> (Rio Timmonha),
- \* Bacia A - Acaraú com 14 423 km<sup>2</sup>, corresponde àquela drenada exclusivamente pelo Rio Acaraú e seus afluentes,
- \* Bacia L Litoral com 8 619 Km<sup>2</sup>, engloba um conjunto de bacias independentes, compreendidas entre as do Curu e Acaraú, variando de quase 155 km<sup>2</sup> (Riacho Zumbi) até 3 415 km<sup>2</sup> (Rio Aracatiçu),
- \* Bacia S - Curu com 8 528 km<sup>2</sup>, corresponde àquela drenada exclusivamente pelo Rio Curu,
- \* Bacia M - Metropolitanas com 15 085 km<sup>2</sup>, engloba um conjunto de Bacias independentes com área variando de quase 60 km<sup>2</sup> (Riacho Caponga Funda) até 4 750 km<sup>2</sup> (Rio Choró), que inclui, também, as bacias responsáveis pelo sistema de abastecimento de Fortaleza,
- \* Bacia P - Parnaíba, com 16.901 km<sup>2</sup>, engloba as bacias do Rio Poti, de 14 377 km<sup>2</sup>, incluindo o Rio Macambira, e o conjunto de sub-bacias que pertencem à Bacia dos Rios Longá/Pirangi (2 524 km<sup>2</sup>), com áreas desde pouco menos de 100 km<sup>2</sup> (Riacho da Volta) até quase 480 km<sup>2</sup> (Rio Pirangi) Estes estudos de base foram conduzidos de forma a estabelecer parâmetros quantitativos e qualitativos

para o aproveitamento das águas subterrâneas

A informação básica disponível para o desenvolvimento deste estudo foi obtida do Inventário Hidrogeológico realizado no transcurso da 1ª etapa - Diagnóstico, onde foram coletados e homogeneizados os dados disponíveis sobre poços perfurados, bem como das respectivas análises químicas e testes de aquífero

Partindo destas informações, procurou-se estabelecer, de maneira objetiva, o condicionamento dos aquíferos e a possibilidade de transformar o seu potencial em disponibilidade efetiva de águas subterrâneas. Através da caracterização hidrogeoquímica foi procedida uma avaliação da qualidade das águas de cada aquífero captado e a sua utilização potencial. Com isso, foi estabelecido o condicionamento hidrogeológico, tornando possível a definição do papel que as águas subterrâneas devem assumir na gestão dos recursos hídricos

#### 2 METODOLOGIA

Os métodos desenvolvidos nesta etapa consistiram na definição das características químicas das águas subterrâneas e na quantificação dos volumes armazenados e disponíveis. Para tanto, foi inicialmente estabelecido o critério de individualização dos aquíferos, que passaram a constituir unidades hidrogeológicas distintas. A divisão adotada pela geologia, agrupando rochas semelhantes em uma mesma entidade, foi seguida neste trabalho, resultando dois grandes domínios Cristalino e Sedimentar. A subdivisão do domínio cristalino foi tão-somente separar as rochas metamórficas das ígneas e o domínio sedimentar seguiu a denominação das unidades litoestratigráficas propostas pelo Projeto RADAMBRASIL

Dentre as unidades hidrogeológicas individualizadas, somente os Aluvies têm seus limites condicionados pela bacia hidrográfica, as demais não mostram qualquer relacionamento, haja vista que foram geradas em períodos anteriores à formação da atual rede hidrográfica. Este aspecto deve ser frisado, para justificar a dificuldade em seccionar os aquíferos em função da bacia hidrográfica, ocasionando muitas vezes uma enfadonha repetição de informações

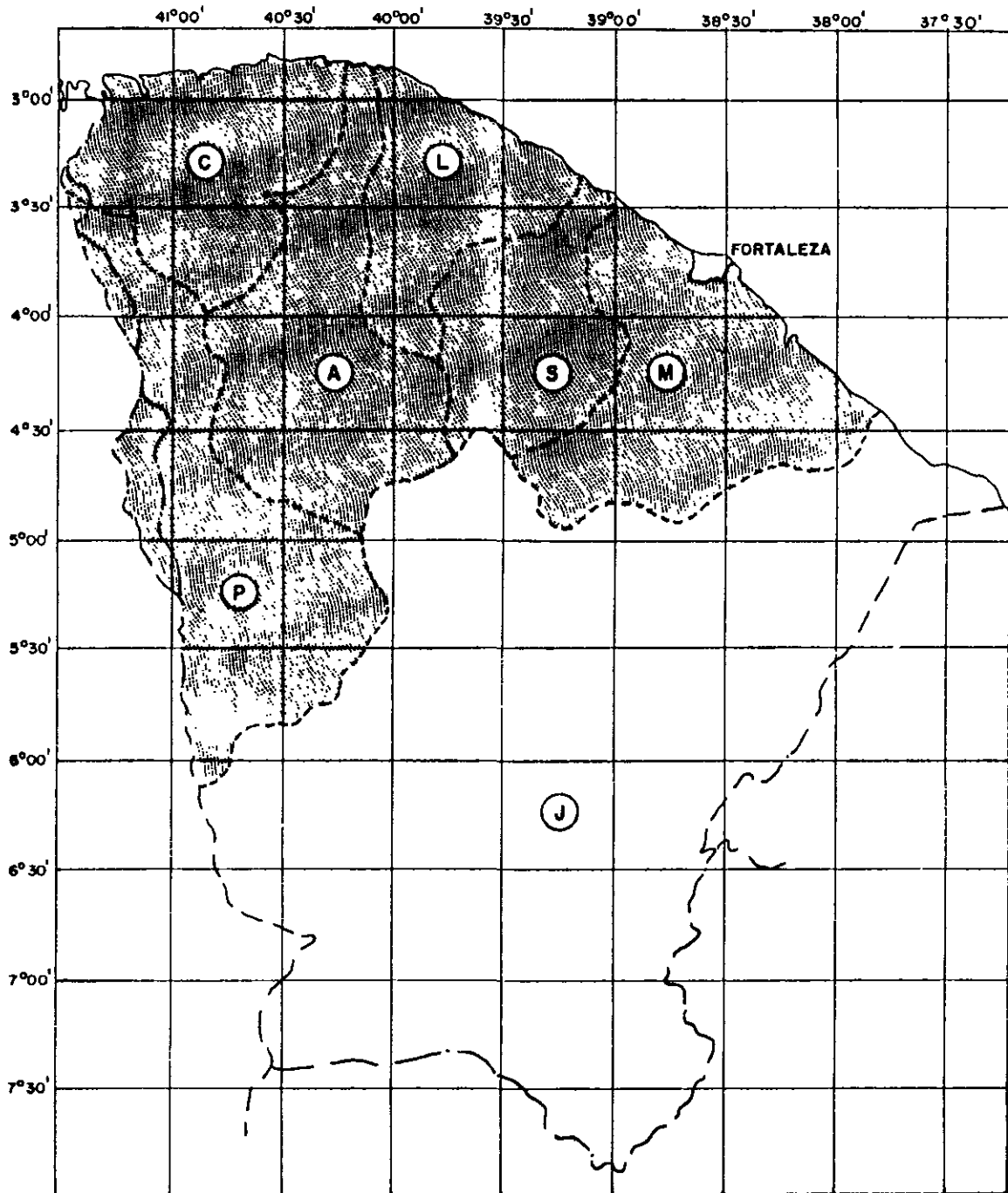
A avaliação das potencialidades e disponibilidades de águas subterrâneas seguiu a metodologia clássica de quantificar as reservas permanentes e exploráveis, mas, além disso, foram consideradas as peculiaridades de alguns parâmetros hidrogeológicos, como a profundidade média e a vazão específica média dos aquíferos. A nível municipal, se estabeleceu uma estimativa da disponibilidade efetiva, representada pela vazão disponível através dos poços perfurados

(\*) Obtida de criteriosa planimetragem das bacias sobre mapas na escala 1 100 000 e 1 250 000



FIGURA . 11

### BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO CEARÁ



LEGENDA



BLOCO 2



BLOCO 1

- C - COREAÚ
- A - ACARAÚ
- L - LITORAL
- S - CURU
- M - METROPOLITANAS
- P - PARNAÍBA

J - JAGUARIBE

No tocante à qualidade das águas, um criterioso sistema informatizado foi desenvolvido, tomando por base a ficha de análise química. O objetivo do sistema é fornecer o maior número possível de interpretações que possam ser extraídas dos dados de entrada. A seqüência de caracterização hidroquímica prevê inicialmente a avaliação da validade da análise através do balanço iônico e, em seguida, classifica a água em função das características iônicas, estabelece o nível de potabilidade para consumo humano, a sua utilização para a irrigação e indústria e a natureza corrosiva ou incrustante das águas.

Com base na avaliação quantitativa e qualitativa, pode-se estabelecer a expectativa de utilização dos recursos hídricos subterrâneos.

Finalmente, são considerados alguns parâmetros que influem na contaminação dos aquíferos e a forma como reage cada um dos aquíferos, em função de suas características e de sua localização.

### 3 BANCO DE DADOS

#### 3.1 Poços

Durante a etapa do Plano foi elaborado e implementado o inventário de poços perfurados no Estado, com base nas informações obtidas nas empresas estatais e particulares ligadas a atividades de perfuração de poços. A consolidação desse inventário resultou no armazenamento de 7.533 poços distribuídos em 102 municípios.

Muito embora os limites dos aquíferos nada tenham a ver com os limites municipais, para efeito de cadastramento os poços foram agrupados por município, o que possibilitou definir, preliminarmente, os parâmetros construtivos e hidrodinâmicos dos poços inventariados, através de histogramas de frequência considerando as características dos poços para cada município.

Do ponto de vista hidrogeológico, essa forma de apresentação deixa a desejar, uma vez que as informações não são tratadas por aquífero. Por outro lado, permite um balisamento dos vários parâmetros como forma de planejamento municipal. Assim, para cada município foram relacionados os poços existentes com as respectivas características, e o agrupamento dessas características possibilitou estabelecer uma análise frequencial, ilustrada através de histogramas de frequência e de frequência acumulada, conforme consta no Relatório do Diagnóstico.

Para a 2ª etapa - Estudos de Base, foi estabelecida a continuidade da análise estatística preliminar, desta feita relacionando os poços em função do aquífero captado. A dificuldade de se cumprir esta atividade se resume basicamente na grande quantidade e na heterogeneidade das

informações. Sendo assim, foi necessário um exaustivo trabalho de homogeneização dos dados cadastrados, de forma a se obter, através da descrição do perfil litológico, o aquífero que está sendo captado para cada poço. O resultado final foi consolidado no banco de dados, passando a constituir a principal fonte de informações para os estudos hidrogeológicos.

### 3.2 Análise Físico-Química

#### 3.2.1 Aspectos Gerais

A disponibilidade efetiva dos recursos hídricos subterrâneos, além de considerar o aspecto quantitativo, deve se ater à qualidade química da água com vistas a cada tipo de utilização. Partindo deste princípio, no transcurso da 1ª etapa - Diagnóstico, foram inventariadas 1.558 análises físico-químicas, para um universo de 7.533 poços inventariados, o que implica em um número relativamente pequeno em relação ao número de poços, ou seja, um percentual de 20% de poços com análise. A distribuição das análises por município e por órgão responsável, foi realizada durante o Diagnóstico.

Para proceder a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas em função do aquífero captado, foi elaborado um sistema informatizado composto basicamente de três partes:

- Ficha de Entrada de Dados,
- Caracterização Hidroquímica,
- Relatórios de Saída

#### 3.2.2 A Ficha de Hidroquímica

Convencionou-se chamar a ficha de entrada de dados relativos às características físico-químicas das águas subterrâneas, de Ficha de Hidroquímica (figura 3.1).

A elaboração da ficha se baseou inicialmente na resolução CONAMA nº 20, de 18/06/86, que estabeleceu a classificação das águas do Território Nacional. Desta resolução foram extraídas as indicações dos íons e substâncias analisáveis que serviram para confeccionar a ficha provisória de cadastro, utilizada para o inventário de análises químicas realizado na 1ª etapa do PERH. A partir de então, passou-se para um processo de aprimoração da ficha, considerando a Portaria nº 36 do Ministério da Saúde, de 19/01/90, e os vários modelos de laudos de análise expedidos por laboratórios especializados no Brasil e no exterior.

A informatização da ficha de hidroquímica foi o resultado dessa homogeneização de informações, de forma que fosse possível cadastrar todo e qualquer resultado de análise hidroquímica. O resultado desse trabalho gerou uma ficha dividida em quatro partes a saber:



**FIGURA 3.1**  
**FICHA DE ENTRADA DE HIDROQUÍMICA**

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ					
PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS					
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA					
CÓDIGO DA ANÁLISE :		CÓDIGO DA FONTE :		FONTE :	
MUNICÍPIO :	DISTRITO :	LOCAL :		BASE CART :	
BACIA HIDROGRÁFICA :		SUB-BACIA :		AQUÍFERO :	
LABORATÓRIO :		COLETA :	/ /	ANÁLISE :	/ /
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ORGANOLEPTICAS					
PARÂMETRO	RESULTADO	LIMITE MÁXIMO	PARÂMETRO	RESULTADO	LIMITE MÁXIMO
Côr - uH	.	20 00	Sabor	.	-
Odor e Aspecto	.	-	turbidez - uI	.	9.00
PH de Campo	.	6 - 9	Cond.Campo-µS/cm	.	10000.0
PH Laboratorio	.	6 - 9	Cond.Labor-µS/cm	.	10000.0
Temper.Campo-°C	.	40	Resist.- Ohms.cm	.	-
Temper.Labor-°C	.	30	Radiação - pCi/l	.	-
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS (mg/l)					
PARÂMETRO	RESULTADO	LIMITE MÁXIMO	PARÂMETRO	RESULTADO	LIMITE MÁXIMO
Alc.Bicarbonatos	.	-	Potássio	.	-
Alc.Carbonatos	.	-	Silica	.	-
Alc.Hidroxiidos	.	-	Sódio	.	-
Calcio	.	-	Sulfato	.	-
Clorretos	.	-	Resíduo Seco	.	-
Cloro Residual	.	-	S.F.D.	.	-
Dureza	.	-			
Ferro	.	4	Alumínio	.	1
Fluoretos	.	2	Arsênio	.	1
Magnésio	.	-	A.F.A.	.	1
Manganes	.	1	Bário	.	1
Nitratos	.	-	Berílio	.	1
Nitritos	.	-	Benzeno	.	1
Nitrog.AmôniaCl	.	-	Benzo-a-Pireno	.	1
Oxigenio Consum	.	-	Boro	.	1
Cádmio	.	1	Níquel	.	1
Cromo	.	1	U.D.	.	1
Cianetos	.	1	Pentaclorofenol	.	1
Cobalto	.	1	Prata	.	1
Cobre	.	1	Selenio	.	1
Cromo total	.	1	Silício	.	1
DBO (5dias/20°C)	.	1	Sulfetos	.	1
DodecaCl+NONaCl	.	1	tetraCl de Carb.	.	1
Estanho	.	1	tetracloroetano	.	1
Fenol	.	1	Trihalometano	.	1
Fosfatos	.	1	Vanádio	.	1
Iodo	.	1	Zinco	.	1
Lítio	.	1	1,1-Dicloroetano	.	1
Materia Orgânica	.	1	1,2-Dicloroetano	.	1
HIDROCARBONOS ORGÂNICOS SINTÉTICOS (mg/l)					
PARÂMETRO	RESULTADO	LIMITE MÁXIMO	PARÂMETRO	RESULTADO	LIMITE MÁXIMO
Aldrin	.	-	Heptaclo	.	-
Carbanil	.	-	Lindano:Gama-HCH	.	-
Cloroano	.	-	Malation	.	-
DDT	.	-	Metoxicloro	.	-
Demeton	.	-	Paration	.	-
Dieldrin	.	-	PLB's	.	-
Endossulfan	.	-	Iovafeno	.	-
Endrin	.	-	2,4 - D	.	-
Epoxido Heptal	.	-	2,4,5 - I	.	-
Gution	.	-	2,4,5 - 1P	.	-
CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICA (ud./100 ml)					
COLIF. TOTAIS		0.00	COLIF. FECAIS		0.00



- Identificação da Análise,
- Características Físicas Organolépticas,
- Características Químicas,
- Colimetria

### 3 2 2 1 Preenchimento da ficha de hidroquímica

#### 1) Identificação da Análise

- Código da Análise deve ser preenchido com três campos alfabéticos seguidos de quatro campos numéricos. O código alfabético é o mesmo utilizado para o cadastro de poços e a seqüência numérica varia de 0001 a 9999. Por exemplo a primeira análise química cadastrada no Município de Aquiraz tem o código AQU0001, muito embora não corresponda ao poço AQU0001 cadastrado em Aquiraz.

- Código da Fonte diz respeito ao tipo de captação de que é proveniente a água. Os códigos utilizados são:

P - Poço Tubular    F - Fonte

E - Poço Escavado    S - Água Superficial

- Fonte diz respeito ao código do poço a que pertence a análise. Por exemplo as análises MOI0003 e MOI0014 foram cadastradas em épocas diferentes, mas ambas estão relacionadas ao poço MOI0008, que representa a Fonte.

- Município refere-se ao código dos municípios definido pelo IBGE.

- Distrito diz respeito ao mesmo código distrital utilizado no cadastro de poços.

- Local: descrição do local em que foi coletada a amostra. Se necessário, abreviar.

- Base Cartográfica diz respeito à cartoplanimétrica na escala 1:100.000 da SUDENE e DSG. O código utilizado se refere ao número da quadrícula correspondente à planta 1:100.000.

- Laboratório: indicar o nome do laboratório que realizou a análise.

- Coleta: indicar a data da coleta da amostra.

- Análise: indicar a data em que foi realizada a análise.

#### 2) Características Físicas e Organolépticas

Os resultados dos parâmetros deverão ser indicados nos campos correspondentes, atentando para a unidade de medição.

#### 3) Características Químicas

Os íons e substâncias analisáveis estão dispostos em ordem alfabética, sendo que aqueles mais freqüentemente analisados aparecem no início da relação. Os dados poderão ser indicados em mg/l ou meq/l, bastando selecionar a opção desejada.

#### 4) Colimetria

Os resultados obtidos da análise bacteriológica poderão ser indicados neste campo.

### 3 2 3 Caracterização Hidroquímica

Cada uma das análises químicas cadastradas e armazenadas no banco de dados foi submetida a teste do balanço iônico, de forma que pudesse ser quantificado o erro relativo ao peso, em meq/l, dos cátions em relação aos ânions, pois em uma água natural o peso de cátions deve ser igual ou muito próximo ao peso de ânions. As análises foram consideradas confiáveis quando este erro ficou em menos de 10%, podendo ser, então, submetidas à caracterização hidroquímica.

As principais classificações das águas subterrâneas foram realizadas sob a forma de gráficos e diagramas e a apresentação dos resultados é feita em quadros, de forma a individualizar a caracterização para cada aquífero.

Esses resultados são apresentados e discutidos no item 6 deste relatório.

## 4 CONFIGURAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

### 4 1 Aspectos Gerais

Nem todas as rochas ou formações geológicas possuem a mesma facilidade para transmitir e proporcionar água em quantidades apreciáveis economicamente. As diferenças estão relacionadas ao tipo de litologia e sua capacidade de transmitir ou fornecer água. Nesse sentido, a hidrogeologia clássica define os seguintes termos:

- **Aquífero**: formação geológica que permite a circulação de água em seus poros de tal maneira que o homem possa aproveitá-la em quantidades economicamente apreciáveis para suprir suas necessidades. Como exemplos têm-se os depósitos aluvionares ao longo dos principais rios e os depósitos de dunas litorâneas.

- **Aquícludo**: define-se como aquela formação geológica que contém água em seu interior, contudo não a transmite, e,

portanto, não é possível sua exploração, como é o caso das argilas

- Aquitardo é a formação geológica que contém água no seu interior, porém a transmite lentamente
- Aquífugo é aquela formação geológica que não contém água e nem pode transmiti-la. São considerados aqui os maciços graníticos e rochas metamórficas sem alteração ou fraturamento

Estas definições, no entanto, podem e devem ser adaptadas ao contexto regional de forma a estabelecer uma ordem de importância relativa às unidades geológicas que se prestam à exploração de águas subterrâneas. Com isso, as unidades hidrogeológicas do Bloco 2 podem ser, assim, classificadas de acordo com o quadro 4.1, a seguir.

Esta classificação é passível de pequenos ajustes quando considerada num contexto específico, uma vez que uma determinada unidade hidrogeológica

porosidade está relacionada diretamente ao grau de alteração e fraturamento. A Formação Serra Grande, em decorrência dos processos de intensa litificação e subsequente silicificação parcial dos sedimentos, teve sua porosidade primária reduzida, diminuindo sua vocação hidrogeológica.

Com base nessas considerações, os estudos hidrogeológicos foram conduzidos no sentido de dividir as formações geológicas em função da afinidade e vocação hidrogeológica. Disso resultaram dois grandes domínios: o Domínio Sedimentar e o Domínio Cristalino, sendo cada um deles subdividido em Unidades Hidrogeológicas, que passam a constituir a unidade de tratamento de dados e informações. O resultado desta consolidação está ilustrada em plantas articuladas na escala 1:250.000 (do Anexo I-B).

Para melhor compreensão dos processos geológicos que afetaram a área, é apresentada, a seguir, uma breve evolução geomorfológica e geotectônica relacionando as unidades geológicas com a evolução da Plataforma Brasileira.

QUADRO 4.1 - VOCAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

UNID. HIDROGEOLÓGICA	CONTEXTO REGIONAL	CONTEXTO LOCAL
Aluviões	Aquífero	Aquífero
Dunas	Aquífero	Aquífero
Coberturas	Aquitardo	Aquífero
Barreiras	Aquitardo	Aquífero
Serra Grande	Aquitardo	Aquitardo
Jaibara	Aquitardo	Aquitardo
Ubajara	Aquitardo	Aquitardo
Complexo Metamórfico	Aquífugo	Aquitardo
Complexo Ígneo	Aquífugo	Aquitardo

pode permitir o seu aproveitamento econômico para abastecimento de um pequeno povoado. Na realidade, é muito difícil ocorrer uma formação geológica totalmente impermeável (aquicludo), pois em geral ocorrem intercalações de níveis mais e menos permeáveis, de maneira que uma formação de natureza argilosa pode constituir um aquífero, mesmo que considerado pobre.

Analisando o quadro de classificação das unidades hidrogeológicas (quadro 4.1), pode-se verificar que os Aluviões, as Dunas, as Coberturas Colúvio-Eluviais e a Formação Barreiras, num contexto local, são consideradas como aquíferos, fato que lhes confere uma vocação hidrogeológica maior que as demais unidades. Esta característica está relacionada diretamente à constituição litológica, ou seja, todas estas unidades são de natureza sedimentar. Os Grupos Jaibara e Ubajara, mesmo sendo predominantemente de natureza sedimentar (exceção às rochas vulcânicas e intrusivas), foram submetidos a um processo metamórfico incipiente, o que lhes conferiu um comportamento hidrogeológico semelhante aos Complexos Metamórfico e Ígneo, cuja

#### 4.2 Geomorfologia e Geotectônica

O arcabouço estrutural da área é constituído por blocos consolidados em vários ciclos no Pré-Cambriano e caracterizado pelos grandes falhamentos, onde se desenvolveu uma série de unidades litoestruturais, afetadas por diferentes graus de metamorfismo. O período formacional destes blocos corresponde ao Estágio de Transição, que Almeida<sup>(1)</sup> considerou como principal Bacia a do Jaibara. Trata-se, segundo o autor, de uma bacia intermontana, limitada por falhas preenchidas por duas unidades separadas por discordância angular. O magmatismo que precedeu a deposição da formação superior, além de formar derrames e intrusões, originou plutões de granitos do tipo Meruoca.

(1) ALMEIDA, F.F.M. Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 23º, Salvador, 1969. SBG p. 29-46.

No Siluriano inferior começam a ser depositados os constituintes basais da Bacia do Parnaíba (Formação Serra Grande). Esta bacia, compreendida no Estágio de Estabilização Almeida, (1969), apresenta evidências estratigráficas de sucessivas *transgressões e regressões marinhas*, além de ingressões episódicas que perduraram até o Carbonífero Inferior, quando passaram a prevalecer condições continentais nos períodos geológicos subsequentes. Os sedimentos pertencentes à sinéclise recobriram uma área superior aos limites atuais, tendo se verificado um recuo progressivo do escarpamento a partir de processos de *pediplanação*. A evidência deste recuo é comprovada pela ocorrência de arenitos da Formação Serra Grande na área de Santana do Acaraú e a leste de Pacujá.

A partir do Jurássico Superior, uma série de eventos diastróficos, acompanhados de ascensão do magma, condicionou o Estágio de Reativação caracterizado por Almeida<sup>(1)</sup> sob a denominação de "Reativação Wealdeniana", que perdurou até o Cenozóico Superior. A reativação das faltas transcorrentes pré-Cambrianas afetou as rochas do embasamento, assim como toda a sequência Paleozóica.

Nesta fase, com a alteração do nível de base geral inicia-se a destruição da cobertura sedimentar da Bacia do Parnaíba e a exumação das superfícies pré-Silurianas (Costa et al<sup>(2)</sup>). No Cretáceo Superior novas manifestações da reativação atingem o continente, atuando no Nordeste sob a forma de arqueamento do escudo (Ab Saber, 1956 - apud Caldaso<sup>(3)</sup>), e que provocaram uma inclinação na Bacia Sedimentar do Parnaíba para norte e para leste (Caldaso) condicionando a aceleração dos processos degradacionais e o consequente recuo da encosta da Serra da Ibiapaba submetendo toda a área a um processo de *pediplanação* que ainda pode ser observado através de blocos de arenito rolados, encontrados à distância de até 5 km da escarpa da Serra da Ibiapaba.

O Terciário Superior encerra a última fase de reativação da crosta com novo soergimento do continente (Caldaso, 1978). A partir do Pleistoceno, os efeitos tectônicos passam a ter uma influência restrita no relevo e os processos morfoclimáticos assumem maior significado para a evolução do modelo regional.

#### 4.3 Caracterização dos Domínios Hidrogeológicos

A individualização dos domínios hidrogeológicos está calcada na afinidade e vocação das formações geológicas para o armazenamento, e, principalmente, para a produção de água subterrânea em quantidade apreciável. Disso resultam dois grandes domínios: o Domínio Sedimentar e o Domínio Cristalino. O primeiro se relaciona às unidades hidrogeológicas de natureza porosa, incluindo os sedimentos consolidados e os não-consolidados. O segundo domínio diz respeito às rochas ígneas e

metamórficas cujo armazenamento de água subterrânea está relacionado ao grau de fraturamento e secundariamente ao nível de alteração.

A distribuição das unidades hidrogeológicas está apresentada na Base Hidrogeológica em escala 1:250.000 (Anexo I B) e sua ocorrência, expressa em km<sup>2</sup>, consta do quadro 4.2.

##### 4.3.1 Domínio Cristalino

O Domínio Cristalino engloba todas as rochas metamórficas de idade pré-Cambriana e, por este fato, é também considerado como o embasamento cristalino ou o substrato das sequências sedimentares depositadas em períodos posteriores. Compõem também este domínio todas as rochas ígneas, desde os granitos anatóxicos de idade pré-Cambriana até os vulcanitos de idade Terciária. Na Base Hidrogeológica, este domínio está dividido em duas unidades hidrogeológicas: Complexo Metamórfico e Complexo Ígneo.

A similaridade das rochas consideradas neste domínio diz respeito ao condicionamento hidrogeológico relacionado ao armazenamento de água subterrânea em zonas de descontinuidades (fraturas, fendas), sendo a porosidade primária praticamente nula, conferindo-lhes uma permeabilidade extremamente baixa (10<sup>-7</sup> m/s). O sucesso no aproveitamento dessas rochas como aquífero, depende fundamentalmente do conhecimento da geotectônica da área, mormente quanto à natureza e intensidade das estruturas do tipo rúptil. O tipo de rocha também interfere na produção, haja vista que a granulometria e o tipo de minerais constituintes possibilitam desenvolver uma foliação proeminente, como no caso dos micaxistos, ou um aspecto isotrópico, como nos quartzitos.

O Estado do Ceará, acometido por períodos cíclicos de estiagem, padece da escassez de água para o consumo humano das populações sertanejas. As alternativas propostas recaem sempre na construção de pequenos açudes, cacimbas e a perfuração de poços tubulares. Considerando a grande extensão aflorante das rochas cristalinas, cerca de 67% da área pertencente ao Bloco 2, a maioria dos poços são perfurados inevitavelmente nestas rochas. A fraca vocação hidrogeológica influenciada pela deficiente circulação da água ao longo de fraturas e aliada à falta de critérios de locação dos poços, tem acarretado inúmeros insucessos.

(1) ALMEIDA, F.F.M. Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. B. Dir. Geol. Mineral. Rio de Janeiro (241) 1-36, 1967.

(2) COSTA, M.J. et al. Projeto Jaibara. Rel. Final Recife DNP/CPRM, 1973.

(3) CALDASSO, A.L. da S. & Hama, M. Posicionamento. In Congresso Brasileiro de Geologia, 30<sup>o</sup>, Recife, 1978. SBG p. 567-581, V. 2.

QUADRO 4 - DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS - KM<sup>2</sup>

UNIDADES	BACIAS:						TOTAL
	COPIAEM	AGARAP	LITORAL	CURU	METROPOLITANAS	PARNAÍRA	
ALUVIÃO	186 40	465 10	230 80	148 10	378 30	514 40	1721 10
DUNAS	241 10	16 20	216 97	-	221 25	-	695 12
COBERTURAS	245 5	-	-	-	300 60	250 00	796 15
BARREIRAS	296 30	421 91	1796 31	300 00	4305 00	-	7699 58
SERRA GRANDE	639 40	477 20	31 30	-	-	4053 10	5202 80
JAIBARA	156 90	1055 20	-	-	-	-	1212 60
UBAJARA	1010 10	78 40	-	-	-	-	1088 50
COMPLEXO ÍGNEO	25 40	808 50	37 30	7 50	116 25	446 80	1670 75
COMPLEXO METAMÓRFICO	4852 70	11092 90	5239 45	9071 70	9762 47	9631 12	49700 34
TOTAL	10655 80	14422 10	8617 10	8527 30	15083 90	16906 50	74207 50

000171



A partir de 1984, o NUTEC (Núcleo de Tecnologia do Estado do Ceará) iniciou um trabalho sistemático de pesquisa de água subterrânea através de *eletrorresistividade*, objetivando *minimizar os insucessos relativos aos poços no Cristalino*. Da mesma forma, a SOHIDRA vem desenvolvendo este mesmo trabalho e, em ambos os casos, tem se verificado melhores resultados em termos de vazão por poço.

A problemática relacionada à hidrogeologia das rochas fraturadas é bastante complexa e ao mesmo tempo pouco conhecida, o que acarreta conclusões obtidas, geralmente, de forma empírica. Um fato marcante nos estudos do Cristalino foi desenvolvido por Siqueira<sup>(\*)</sup>, que estabeleceu o conceito de "riacho fenda" como base para locação de poços. Como o próprio nome sugere, estas "fendas" condicionam a instalação da rede hidrográfica formando trechos retilíneos nos cursos dos rios. Sob estas circunstâncias a probabilidade de sucesso tende a aumentar, uma vez que as fraturas ficam submetidas à recarga indireta do rio, favorecida pelo desenvolvimento de coberturas aluvionares.

Um aspecto controverso a ressaltar diz respeito à profundidade útil dos poços, ou seja, a profundidade da última entrada d'água observada. Este parâmetro é fundamental para se estabelecer a profundidade mais adequada para perfuração dos poços.

O comportamento hidráulico das rochas fraturadas é diferente dos aquíferos porosos, já que nestes a vazão tende a crescer proporcionalmente à profundidade do poço. No Cristalino a vazão cresce aproximadamente proporcional até uma certa profundidade, no entanto, pode-se inverter esta situação caso haja uma diminuição de zonas fraturadas em profundidade. Por isso, é importante a definição da última entrada d'água, pois, a partir de então, a profundidade do poço não tem mais razão de ser. Nos aquíferos porosos é prudente que se atravesse a unidade totalmente, de forma a diminuir os efeitos de perdas por penetração parcial. No caso dos aquíferos fraturados, as fraturas tendem a se fechar com o aumento da profundidade, resultando na diminuição da vazão específica.

Em uma primeira aproximação, Rebouças<sup>(\*\*)</sup> realizou um levantamento estatístico na região cristalina do Nordeste, concluindo que 94% das entradas d'água ocorrem a uma profundidade máxima de 70m, sendo que apenas 5% delas ocorrem entre 60 e 70m. Daí, tem sido generalizada como profundidade padrão para os poços no Cristalino a marca de 60m.

Costa<sup>(\*\*\*)</sup> concluiu que para o Cristalino da Paraíba e do Rio Grande do Norte as entradas d'água estão a uma profundidade máxima de 40 m em 93% e 99% dos poços, respectivamente a cada Estado.

No caso do Ceará (Bloco 2) os poucos resultados disponíveis que oferecem confiabilidade, indicam uma profundidade útil média de 40 m,

enquanto a profundidade média dos poços é de 60m. Não é possível assegurar uma margem de garantia para tal valor, mas com certeza a profundidade de 60 m tão difundida como sendo a ideal, pode ser sensivelmente reduzida nas intervenções futuras.

#### 4.3.2 Domínio Sedimentar

Estão inseridos neste domínio os sedimentos consolidados e os não-consolidados, englobando as rochas de origem detrítica e química. A individualização dessas rochas foi feita com base na estratigrafia proposta pelo Projeto RADAMBRASIL<sup>(\*\*\*\*)</sup> e, por isso, as unidades hidrogeológicas assumem a mesma denominação definida pelo Mapeamento Regional do referido projeto.

A característica comum às unidades hidrogeológicas é a de configurarem aquíferos de natureza porosa. Esta característica varia em função da granulometria, uniformidade, arredondamento e arranjo dos grãos, o que confere uma maior ou menor vocação hidrogeológica para os aquíferos captados.

##### 4.3.2.1 Grupo Ubajara

O Grupo Ubajara é uma das unidades estratigráficas componente da Bacia do Jaibara. É composto por formações sedimentares de idade Cambriana, submetidas a um intenso processo de diagênese e litificação e até um metamorfismo incipiente, conferindo-lhes um aspecto bastante maciço e reduzindo em muito a sua porosidade primária. Marcados por eventos tectônicos pós-sedimentares, o condicionamento do grupo é essencialmente fissural, ou seja, a tectônica de natureza rúptil submeteu esta unidade a um intenso fraturamento, possibilitando o armazenamento de água subterrânea ao longo dessas descontinuidades.

O fato do Grupo Ubajara estar sendo tratado como uma única unidade, deve-se à falta de informações hidrogeológicas de cada uma das formações geológicas que o compõe. Do ponto de vista estratigráfico são individualizadas as seguintes formações (Projeto RADAMBRASIL<sup>(\*\*\*\*)</sup>):

- Formação Trapá composta por arenitos finos e em alguns casos conglomeráticos, quando em contacto com o Granito Mucambo passam a formar uma faixa

(\*) SIQUEIRA, Luiz. Contribuição da Geologia à Pesquisa de Água Subterrânea no Cristalino. Recife, 1967.

(\*\*) REBOUÇAS, A. C. - Recursos Naturais do Nordeste - Investigação e Potencial. MINTER/SUDENE, 1972.

(\*\*\*) COSTA, W. D. - Análise dos Fatores que Atuam no Aquífero Fissural - Tese de Doutorado USP, 1986.

(\*\*\*\*) RADAMBRASIL. Mapeamento Regional. Folha S A 24 Fortaleza 1982.



contínua de hornfels, devido aos efeitos térmicos do corpo intrusivo

- Formação Calças, constituída essencialmente de ardósias de cores variadas, de aspecto sedoso e friáveis. Este aspecto é influenciado pela abundância de palhetas de micas que, devido à sua disposição em planos paralelos, desenvolvem uma proeminente clivagem

- Formação Frecheirinha está representada por calcários finos de coloração acinzentada e aspecto maciço, submetidos a intenso fraturamento tectónico. Mesmo considerando-se a origem marinha e a natureza química desta unidade, não se tem estudos específicos do desenvolvimento de feições carstificadas, o que poderia favorecer a sua vocação hidrogeológica

#### 4 3 2 2 Grupo Jaibara

O Grupo Jaibara compõe, juntamente com o Grupo Ubajara, a Bacia do Jaibara, caracterizada como sendo uma entidade tectónica do tipo Graben

A deposição desta sequência se deu em ambiente tipicamente continental, no transcurso do período Cambriano para Ordoviciano. Os processos ligados à sedimentogênese resultaram em uma sequência altamente litificada, classificada como de alto grau de diagênese (Melo<sup>(1)</sup>), impondo às rochas da sequência um aspecto bastante maciço. A tectónica rígida que atuou sobre a Bacia do Jaibara, refletiu nas unidades da sequência que se encontram intensamente fraturadas e falhadas

Este comportamento estrutural resultou num condicionamento hidrogeológico do tipo fissural, ou seja, a baixa porosidade primária da rocha é superimposta por uma porosidade secundária decorrente do fraturamento das rochas, o que possibilita o armazenamento de água subterrânea nessas zonas de descontinuidade física

O Grupo Jaibara, muito embora esteja sendo tratado como uma única unidade hidrogeológica, do ponto de vista estratigráfico pode ser individualizado em três formações (Projeto RADAMBRASIL)

- Formação Massapé compõe a sequência basal do grupo e é formada por brechas e conglomerados polimícticos de coloração cinzenta, bastante compactos, originados pelo retrabalhamento de seqüências pré-existentes. Foi submetida a uma forte diagênese com transição para o metamorfismo incipiente

- Formação Pacujá formada basicamente por arenitos finos, mal selecionados e geralmente bastante compactos

Submetidos a intenso fraturamento, podem apresentar algumas fraturas preenchidas

- Formação Aprazível composta basicamente por conglomerados bastante compactos e por vezes silicificados. Seu comportamento hidrogeológico é semelhante às demais unidades da sequência

#### 4 3 2 3 - Formação Serra Grande

Os estratos sedimentares correspondentes a esta formação representam a borda e ao mesmo tempo a base da Bacia Sedimentar do Parnaíba. A unidade é composta por uma sequência interestratificada, com conglomerados basais, passando a arenitos conglomeráticos intercalados com arenitos maciços e arenitos finos laminados no topo

A sedimentação se processou em ambiente marinho, pela ação de ingressões episódicas do mar, iniciadas no Siluriano Superior, se estendendo até o Devoniano, num período de estabilidade da Plataforma Brasileira

O intenso processo de litificação e diagênese a que foi submetida a sequência, impôs um caráter maciço às rochas que, durante o período de reativação da Plataforma, sofreram os efeitos da tectónica rúptil, originando um sistema de fraturamento em toda a sequência

Os mergulhos das camadas e o sentido do fluxo subterrâneo têm uma suave inclinação para leste, se verificando uma inversão desta situação na porção mais marginal, o que resulta no aparecimento de fontes no sopé da escarpa. A drenagem superficial, da mesma forma, é convergente para o centro da bacia e divergente nas bordas

A Formação Serra Grande tem sua área de afloramento na denominada região da Ibiapaba, constituindo-se no principal recurso de água subterrânea da região, muito embora o aquífero tenha uma fraca a média vocação hidrogeológica. A capacidade de produção dos poços perfurados para abastecimento público, em geral, não satisfaz ao atendimento das demandas. Exceção se faz à cidade de Carnaubal, cujo abastecimento é feito exclusivamente por poços

Na área de afloramento, os arenitos se comportam como um aquífero livre e por aí se processa a realimentação de toda a formação através da infiltração direta de águas pluviais

<sup>(1)</sup> MELO, Z. F. - Considerações Tectono-petroológicas em Seqüências Molássicas no Nordeste do Brasil. Recife UFPE 1977

A nordeste de Santana do Acaraú ocorre uma exposição desta unidade, delimitando uma faixa alongada na direção nordeste, margeada pelo Lineamento Sobral-Pedro II. Neste caso, se comporta como uma bacia autônoma, resultado da ação erosiva sobre a Bacia do Parnaíba. O NUTEC desenvolveu um projeto de pesquisa de água subterrânea, denominado Projeto Itarema, cujo objetivo foi o de delimitar, através de geofísica (eletrorresistividade), a ocorrência da Formação Serra Grande entre a faixa de ocorrência localizada entre Santana do Acaraú e a cidade de Itarema. O trabalho foi motivado pela perfuração de um poço executado pela CAGECE em Itarema, com a profundidade de 121 metros e vazão de 36 m<sup>3</sup>/h que se supunha estar captando a Formação Barreiras. Os resultados obtidos levam a concluir que a Formação Serra Grande ocorre numa faixa irregular sotoposta à Formação Barreiras, cujos indícios são a ocorrência de poços surgentes e a identificação de blocos de arenitos correlacionáveis aos da região da Ibiapaba.

#### 4 3 2 4 Formação Barreiras

É constituída por sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos distribuídos em uma faixa com largura variável e contínua ao longo da costa, relacionados a uma sedimentação continental de natureza fluvial, transcorrida durante os períodos Mioceno e Pleistoceno.

A espessura da sequência é extremamente variável em decorrência de estar depositada sobre o paleo-relevo cristalino, mas pode-se observar um ligeiro aumento da espessura à medida que se aproxima da costa, diminuindo até algumas dezenas de metros em direção ao interior.

Apesar de constituir um aquífero essencialmente argiloso, sua exploração é extremamente desenvolvida, tendo em vista que sua área de afloramento ocupa cerca de 9 700 km<sup>2</sup> ou 13% da área do Bloco 2, sendo a unidade hidrogeológica sedimentar de maior extensão aflorante.

Além da exploração direta da Formação Barreiras, é comum também a exploração de poços em sistemas multiaquíferos como Dunas-Barreiras e Barreiras-Cristalino.

#### 4 3 2 5 Coberturas Colúvio-Eluviais

Nesta unidade estão englobadas todas as coberturas de origem colúvio e eluvial. Sua distribuição e forma espacial são bastante variadas, condicionadas à área de posicionamento topográfico específico, representada por pequenas elevações em relação ao substrato.

Apresentam modos de ocorrência e origem diferentes, podendo originar-se a partir do profundo intemperismo e lixiviação posterior de rochas cristalinas ou ocorrerem como retrabalhamento e deposição dos sedimentos da Formação Barreiras. Como a separação destes tipos é bastante difícil,

todas as manchas foram agrupadas em uma única unidade.

Litologicamente, esses depósitos são formados por material detrítico com litologias as mais variadas, incluindo seixos e matações angulares de rochas, com presença de areia e às vezes argila, invariavelmente mal classificados, inconsolidados e pouco transportados.

Exibem maior importância hidrogeológica quando ocorrem sobrepostos às rochas cristalinas, pois oferecem maiores chances de sucesso na captação de águas subterrâneas, quando formam sistemas multiaquíferos.

#### 4 3 2 6 Dunas

As dunas formam cordões quase contínuos ao longo da costa, com notável paralelismo entre si, abrangendo uma faixa em torno de 2,5 km de largura. Sob esta denominação foram agrupados os sedimentos de praia, as dunas fixas e móveis e paleodunas.

Tratam-se de sedimentos eólicos inconsolidados, constituídos litologicamente por areias finas e médias, bem classificadas. Braga et al.<sup>(1)</sup>, (1977) relacionaram a tonalidade das areias com a sua idade. Assim, as "paleodunas" seriam avermelhadas, o que denunciaria o rigor de um clima árido, e as areias esbranquiçadas formariam as dunas móveis e areias de praias, relacionadas ao clima atual.

Entre as dunas, particularmente no período das chuvas, observa-se a ocorrência de pequenas depressões brejosas. Ocorre ainda que as dunas desviam embocaduras de rios ou dificultam seus escoamentos, originando lagoas interdunares.

Este aquífero é intensamente explorado na região litorânea, através de poços rasos. A problemática maior do seu aproveitamento reside no risco de salinização ocasionada por mal dimensionamento das vazões de exploração. Aliada a isto, está a grande susceptibilidade à poluição em regiões mais densamente povoadas como Fortaleza, tendo em vista a sua alta permeabilidade.

A característica deste aquífero é de configurar, via de regra, uma sequência de areias finas e homogêneas, com espessura média de 10 m e alta permeabilidade. Comporta-se como um aquífero livre, favorecido pela elevada pluviometria da região litorânea, que lhe serve de alimentação direta.

#### 4 3 2 7 Aluviões

Os aluviões recentes estão condicionados ao longo de rios e riachos, formando planícies de dimensões variadas. Constituem-se de sedimentos que apresentam uma litologia variando de cascalhos a areias e argilas, depositados pela atividade fluvial.

<sup>(1)</sup> BRAGA, A. de P. G. et al. Projeto Fortaleza. Rel. Final Recife DNPM/CPRM 1977.

Tendo em vista a natureza inconsolidada desses depósitos aliados às pequenas espessuras observadas, revelam-se como importante fonte hídrica para suprimento humano e animal em comunidades de pequeno porte, a exemplo do Vale do Rio Acaraú

Apesar da idêntica gênese de formação destes depósitos, as características peculiares a cada faixa aluvionar dependem da capacidade de transporte do rio e da fonte de material a ser transportado. Disto resulta a possança do depósito e o seu aproveitamento como aquífero

As características dimensionais dos aluviões do Rio Acaraú, com cerca de 25 metros de espessura na cidade de Bela Cruz, são bastante distintas das características dos aluviões do Rio Curu, que em São Luís do Curu perfazem no máximo 5 metros de espessura. O aproveitamento como aquífero, no entanto, é favorecido em ambos os casos por um fator muito importante e primordial para o comportamento hidrodinâmico a recarga induzida por infiltração direta do rio

#### 4.4 A Base Hidrogeológica

A confecção da base hidrogeológica levou em consideração o nível de detalhamento das unidades aquíferas, conforme descrito no item 4.3, com escala de trabalho em 1:100.000 e apresentação dos resultados em cinco pranchas articuladas na escala 1:250.000. Constam dessa base a divisão das unidades hidrogeológicas, as estruturas regionais, a divisão das bacias hidrográficas, a drenagem, as sedes municipais e os poços perfurados

Com respeito aos poços constantes no mapa, é importante ressaltar que foram locados cerca de 50% do total, tendo em vista que os 50% restantes não contêm informações sobre a sua localização. Sendo assim, inicialmente foram locados em 1:100.000 os poços que continham coordenadas e, em seguida, foram locados os poços que continham informações sobre a sua localização, o que possibilitou o cálculo da coordenada "aproximada"

Tendo em vista que em muitos locais existe mais de um poço locado, foi adotado o critério de reunir os poços muito próximos a um único número de ordem, evitando, com isso, a sobrecarga de informações do mapa. A relação dos códigos dos poços e seus respectivos números de ordem pode ser consultada no quadro 4.3

### 5 POTENCIALIDADES E DISPONIBILIDADES

#### 5.1 Antecedentes

A partir do momento em que se procura estabelecer de forma objetiva a potencialidade dos recursos subterrâneos, vem à tona a problemática da escassez de dados confiáveis, passíveis de uma análise mais acurada

No final da década de 60 e início de 70, a SUDENE, através de sua Divisão de Hidrogeologia, buscou desenvolver um amplo trabalho de pesquisa dos recursos de água subterrânea do Polígono das Secas, com vistas à definição dos estudos locais para sua exploração. Foi, assim, criado o programa "Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste", que, em linhas gerais, objetivou avaliar a potencialidade dos sistemas aquíferos, volumes de recarga, vazões de escoamento natural, reservas e qualidade química das águas

O fato da região abrangida pelo Inventário ter sido dividida em folhas, o que resultou no fracionamento dos resultados obtidos para os sistemas aquíferos, não compromete a qualidade do trabalho, pois o objetivo é plenamente alcançado, ficando registrada uma primeira avaliação dos recursos hídricos subterrâneos da região

Em 1980, a SUDENE publicou o PLIRHINE, que, no Volume VII- Águas Subterrâneas<sup>(1)</sup>, enfoca a descrição geral dos sistemas aquíferos, com ênfase para o estudo das potencialidades e avaliações das disponibilidades, com a seguinte conotação

- Potencialidade "Representa a quantificação dos recursos hídricos sem a intervenção humana em seu estado natural. Depende, portanto, de características geológicas, geográficas, climáticas e fisiográficas. Está representada pelo escoamento natural de base dos rios"
- Disponibilidade "Representa a parcela das potencialidades ativadas pela ação do homem. Suas variações, portanto, dependerão não somente dos fatores naturais como, também, daqueles ligados ao destino da água"

Ao contrário do Inventário Hidrogeológico Básico, o PLIRHINE enfatiza a importância de se definir o potencial e não as reservas, já que estas foram acumuladas em período suficientemente longo através das águas pluviais e muitas vezes não representam um valor de importância prática. Refere-se à disponibilidade como sendo uma parcela do potencial e tendo-o como seu limite superior inatingível. A transformação do potencial em disponibilidade depende do custo da água bombeada e, principalmente, do benefício decorrente do seu uso

Partindo do que foi colocado acima, fica caracterizada a relatividade da disponibilidade hídrica, pois num contexto regional, deduz-se que o Estado do Ceará possui uma fraca vocação hidrogeológica, no entanto, a CAGECE e a FSESP são responsáveis pelo abastecimento de cerca de 60% das localidades do Estado com água subterrânea. Sendo assim, fica evidente a dependência de um marco sócio-econômico

<sup>(1)</sup> PLANO Integrado dos Recursos Hídricos. Volume VII SUDENE 1980



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCALDOS

PLANTA 1						PLANTA 1					
UB	N. ORDEM	COD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO		UB	N. ORDEM	COD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	
L03.ITR.00	1.001	ITR-009 a 040	TQB	141.1		FED.CAN.00	1.023	CAN-011	PEC	3.3	
L02.ITR.03	1.002	ITR-041 a 070	TQB	274.8		FED.CAN.00	1.023	CAN-018	TQB	22.9	
		ITR-091 a 108	TQB					CAN-022	TQB		
L02.ITR.03	1.003	ITR-011 a 090	TQB	175.1				CAN-024	TQB		
L02.ITR.03	1.004	ITR-11	TQE	2.0		FED.CAN.00	1.024	CAN-026	TQB	16.8	
FED.ITR.00	1.005	ITR-12	TQB	4.0		FED.CAN.00	1.025	CAN-006 a 008	TQB	35.0	
FED.ITR.00	1.006	ITR-011	TQE	22.2		FED.CAN.00	1.026	CAN-030	TQB	23.6	
		ITR-041	TQB					CAN-035	TQB		
FED.ITR.00	1.006	ITR-001	TQB	75.4				CAN-038	TQB		
		ITR-002	TQB			FED.CAN.00	1.027	CAN-051 a 054	QHD	13.6	
		ITR-009	TQB			FED.CAN.00	1.028	CAN-016	PEC	3.3	
		ITR-105	TQB			C03.CAN.00	1.029	CAN-019	TQB	8.4	
		ITR-117	TQE					CAN-055	TQB		
		ITR-113	TQB			C03.CAN.00	1.030	CAN-005	TQB	6.5	
		ITR-114	TQB			C03.CAN.00	1.031	CAN-020	TQB	8.0	
		ITR-116	TQB			C03.CAN.00	1.032	CAN-021	TQB	13.2	
FED.ACA.00	1.007	ACA-02	TQE	1.0		C02.BAQ.00	1.033	CAN-031	TQB	9.4	
FED.ACA.00	1.008	ACA-017	TQB	0.0		FED.BAQ.00	1.034	CAN-015	TQB	14.4	
A00.ACA.00	1.009	ACA-18	TQE	37.9		FED.BAQ.00	1.035	CAN-014	PEC	0.0	
		ACA-030	TQB			C02.BAQ.00	1.036	CAN-012	PEC	2.2	
		ACA-036	TQE			FED.BAQ.00	1.037	CAN-013	TQB	7.2	
		ACA-037	TQB			FED.BAQ.00	1.038	BAQ-001	TQB	17.6	
		ACA-039	TQE			FED.BAQ.00	1.038	BAQ-007 a 012	QHA	0.0	
		ACA-040	TQB					BAQ-013 a 018	QHA		
A00.ACA.00	1.010	ACA-020	QHA	30.0		C01.CHL.00	1.039	CHL-001	PPG	1.0	
A00.ACA.00	1.011	ACA-010	TQB	18.3				CHL-003 a 005	PPG		
		ACA-011	TQE			C02.BAQ.00	1.040	BAQ-002 a 006	TQB	9.0	
		ACA-013	TQB			C03.CAN.00	1.041	CAN-039	TQB	18.7	
A00.ACA.00	1.012	ACA-004	TQB	1.3				CAN-040	TQB		
A00.CRU.00	1.013	ACA-047	TQB	0.1		C04.GRA.01	1.042	GRA-023	PEC	1.1	
A00.CRU.00	1.014	ACA-048	TQB	0.0		C03.GRA.00	1.043	CAN-028	TQB	1.5	
A00.CRU.00	1.014	CRU-001	TQB	2.7		C04.GRA.01	1.044	CAN-033	TQB	0.5	
A00.CRU.00	1.015	CRU-002 a 005	QHA	43.4		C04.GRA.01	1.045	GRA-015 e 009	PEC	10.6	
FED.ACA.00	1.016	ACA-025	TQB	15.0		C04.GRA.01	1.046	GRA-014	PEC	6.4	
C10.ACA.00	1.017	ACA-014	TQB	14.4				GRA-022	PEC		
FED.ACA.00	1.018	ACA-033	TQB	6.0		C04.GRA.01	1.047	GRA-021	PEC	4.1	
FED.CRU.00	1.019	CRU-021	QHA	41.6				GRA-020	PEC		
		ACA-022	QHA					GRA-018	PEC		
C05.CAN.00	1.020	CAN-024	PEC	2.3				GRA-017	PEC		
C05.CAN.00	1.021	CAN-022	TQB	8.1		C05.GRA.00	1.048	GRA-019	PEC	7.5	
FED.CAN.00	1.022	CAN-001 a 003	TQB	91.0		C06.MAT.02	1.049	GRA-026	PEC	1.2	
		CAN-010	TQB			C06.MAT.02	1.050	GRA-025	PEC	0.7	
		CAN-016	TQB			C06.MAT.01	1.051	MAT-010	PEC	6.6	
		CAN-017	TQB			C09.BEC.00	1.052	BEC-010 e 014	PEC	1.5	
		CAN-023	TQB			C09.BEC.00	1.053	BEC-004	PEC	1.4	
		CAN-025	TQB					BEC-003	PEC		
		CAN-027	TQB			C09.BEC.00	1.054	BEC-008	TQB	0.5	
		CAN-029	TQB			C09.BEC.00	1.055	BEC-017	PEC	2.5	
		CAN-034	TQB			C09.BEC.00	1.056	BEC-016	PEC	0.3	
		CAN-036	TQB			A00.BEC.02	1.057	BEC-009	TQB	1.9	
		CAN-037	TQB			A00.BEC.01	1.058	BEC-015	TQB	3.4	



QUADRO 3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 1					PLANTA 1				
UB	N. ORDEM	CÓD. DO POÇO	AQUÍFERO	HAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD. DO POÇO	AQUÍFERO	HAZÃO
A00.BEC.01	1.059	BEC-001	PEC	7.2	C06.MAT.02		MAT-004	PEC	
		BEC-002	PEC		C05.MAT.00	1.076	MAT-005 e 006	TQB	49.7
		BEC-007	PEC				MAT-008	TQB	
		BEC-011	PEC				MAT-011 a 015	TQB	
A00.BEC.01	1.060	BEC-004	PEC	7.5			MAT-016	TQB	
A00.BEC.01	1.061	BEC-012 e 013	QHA	19.2	C04.GRA.01	1.097	GRA-007	PEC	3.2
A00.ACA.00	1.062	ACA-005	TQB	9.9	C02.GR'.00	1.098	GRA-012	TQB	8.0
		ACA-007	TQB		C01.GRA.00	1.099	GRA-011	PEC	0.4
A00.ACA.00	1.063	ACA-019	QHA	15.0	C01.GRA.00	1.100	GRA-013	PEC	0.9
L02.ACA.02	1.063	ACA-002	TQB	5.0	C01.CHL.00	1.101	CHL-002	PPG	0.2
L02.ACA.02	1.064	ACA-028	TQB	6.2	C01.GRA.00	1.102	GRA-008	PEC	4.0
L02.ITR.03	1.065	ITR-015	TQB	4.0	C01.GRA.00	1.103	GRA-010	PEC	0.2
L03.AND.01	1.066	ITR-063	TQB	0.2	C04.MOR.01	1.104	MOR-011	PEC	1.4
L03.AND.01	1.067	AND-009	TQB	4.4	C04.URD.01	1.105	URD-003	PEC	3.6
L03.AND.01	1.068	ITR-064	TQB	17.6	C04.MOR.01	1.106	MOR-003	PEC	3.1
L03.AND.01	1.069	AND-007	PEC	0.0			MOR-004	PEC	
L02.AND.00	1.070	ITR-017	TQB	17.9			MOR-006	PEC	
		ITR-018	TQB		C04.MOR.01	1.107	MOR-015	PEC	0.2
L02.ITR.02	1.071	ITR-006	TQB	4.4	C04.MOR.01	1.108	MOR-009	PEC	4.0
L02.ITR.02	1.072	ITR-003	PEC	11.3	C04.MOR.01	1.109	MOR-010	PEC	0.7
L02.AND.00	1.073	ITR-044	PEC	0.2	C04.MOR.01	1.110	MOR-005	PEC	1.5
L02.ITR.02	1.074	ITR-004	PEC	0.0			MOR-007	PEC	
L02.ITI.03	1.075	ACA-001	PEC	1.2			MOR-008	PEC	
L02.ITI.03	1.075	ACA-015	PEC	0.0	C04.MOR.01	1.111	MOR-014	PEC	6.4
L02.ITI.03	1.075	ACA-016	TQB	0.2	C06.URD.01	1.112	URD-009	PEC	1.0
L02.ITR.01	1.076	ACA-004	PEC	0.0	C06.URD.01	1.113	URD-010	PEC	0.0
L02.MOI.03	1.077	ACA-008	PEC	0.4	C04.MOR.01	1.114	SES-002	PEC	0.0
L02.MOI.03	1.077	ACA-009	TQB	4.4			SES-011	PEC	
A00.MOI.09	1.078	MOI-015	PEC	0.4	C04.MOR.02	1.115	MOR-016	PEC	4.4
L02.MOI.04	1.079	MOR-019	PEC	6.6	A00.MAS.02	1.116	MAS-065	PPG	0.0
A00.MOI.00	1.080	MOI-010	PEC	3.0	A00.MAS.02	1.117	MAS-026	PPG	2.6
A00.MOI.00	1.081	MOI-009	PEC	10.2			MAS-036	PPG	
A00.MOI.00	1.082	MOI-017	PEC	10.2			MAS-045	PPG	
A00.MOI.00	1.083	MOI-001	TQB	12.6	A00.MAS.02	1.118	MAS-037	PPG	18.8
		MOI-006	TQB				MAS-043	PPG	
L02.MOI.04	1.084	MOR-005	PEC	7.5			MAS-076	PPG	
L02.ACA.02	1.085	MOR-012	TQB	10.2	A00.MAS.02	1.119	MAS-001	PPJ	0.0
L02.MAC.00	1.086	MOR-004	TQB	0.3	A00.MAS.02	1.120	MAS-044	PPG	2.1
A00.MAC.00	1.087	MOR-013	PEC	2.8			MAS-075	PPG	
A00.MAC.00	1.088	MOR-003	PEC	14.0	C06.URD.01	1.121	SES-012	PEC	7.2
A00.MOI.00	1.089	MOI-003	PEC	19.0	C06.SES.01	1.122	SES-007	PEC	2.9
		MOI-004	PEC				SES-009	PEC	
A00.MOI.00	1.090	MOI-016 e 023	QHA	31.0	C06.SES.03	1.123	MOR-006	PEC	0.0
A00.MAC.00	1.091	MOR-002	PEC	5.3	C06.SES.03	1.124	SES-013	PEC	0.0
		MOR-008	PEC		C06.SES.03	1.125	MAS-020	PPJ	2.8
		MOR-009	PEC		C06.SES.03	1.126	SES-010	PEC	2.6
A00.MAC.00	1.092	MOI-013	PEC	0.0	C06.SES.03	1.127	MAS-055	PPG	0.4
C06.MAC.03	1.093	MAT-007	PEC	2.1	C06.SES.03	1.128	MAS-058	PPJ	7.3
C06.MAT.02	1.094	MAT-009	PEC	6.6	A00.MAS.02	1.129	MAS-027	PPJ	3.0
C06.MAT.02	1.095	MAT-001	PEC	10.1	A00.MAS.02	1.130	MAS-042	PPJ	2.8
C06.MAT.02		MAT-003	PEC				MAS-015	PPJ	



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 1					PLANTA 1				
UB	N. ORDEM	COD.DO POÇO	TIPO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	COD.DO POÇO	TIPO	VAZÃO
A00.SAA.01	1.131	MAS-034	FFJ	4.2	L03.SOB.05	1.171	ITI-005	PEC	8.7
A00.SAA.02	1.132	SAA-010	PEC	0.7	L03.SOB.05	1.172	SOB-170	PEC	10.0
A00.SAA.03	1.133	MAS-030	FFG	0.5	L03.SOB.05	1.173	SOB-151	PEC	15.8
A00.SAA.04	1.134	MAS-078	PPJ	2.8	L03.SOB.05	1.174	SOB-012	PEC	2.7
A00.SAA.05	1.135	MAS-017	PPJ	3.0	A00.SAA.02	1.175	SAA-015	PEC	4.1
A00.SAA.06	1.136	SAA-012	PEC	5.0	A00.SAA.02	1.176	SAA-007	PEC	5.0
A00.SAA.07	1.136	SAA-017 a 020	S-4	41.6	A00.SAA.02	1.177	SAA-006	PEC	3.0
A00.SAA.08	1.137	SAA-016	PEC	0.1	A00.SOB.01	1.178	SOB-174	QHA	26.5
A00.SAA.09	1.137	SAA-013	PEC	6.5			SOB-175	Q-4	
A00.SAA.02	1.139	SAA-023	PPJ	0.3	A00.SOB.01	1.179	SOB-148	PEC	0.7
A00.SAA.02	1.140	SAA-014	PPJ	0.6			SOB-149	PEC	
A00.SAA.02	1.141	SAA-025	PPJ	1.5	A00.SOB.01	1.180	SOB-154	PEC	0.0
A00.SAA.02	1.142	SAA-024	PEC	5.0	A00.MAS.01	1.181	MAS-032	FFG	0.7
A00.SAA.02	1.143	MAS-066	PPG	1.1			MAS-050	PPG	
L02.SAA.02	1.144	MAS-021	PPJ	1.0	A00.MAS.01	1.181	MAS-072	FFJ	0.2
A00.SAA.02	1.145	AMO-012	EPS	0.0	A00.MAS.01	1.182	MAS-073	PPJ	0.9
A00.MOI.00	1.146	MOI-011	EPS	0.0	A00.MAS.02	1.183	MAS-016	FFJ	3.0
A00.MOI.00	1.147	MOI-028	EPS	8.0	A00.MAS.02	1.184	MAS-006	PPJ	4.8
A00.MOI.00	1.148	SAA-027	PEC	0.0	A00.MAS.02	1.185	MAS-013	FFJ	7.0
L02.MOI.01	1.149	MOI-012	PEC	0.4			MAS-022	PPJ	
L02.MOI.03	1.150	MAS-051	FFJ	15.0			MAS-074	PPJ	
L02.MOI.01	1.151	MOI-005	PEC	43.5			MAS-081	PPJ	
		MOI-068	PEC		A00.MAS.01	1.186	MAS-033	FFJ	20.7
		MOI-024 a 025	PEC				MAS-052	PPJ	
		MOI-028	PEC				MAS-056	PPJ	
		MOI-030	PEC				MAS-060	PPJ	
		MOI-014	PEC				MAS-067	PPJ	
L02.MOI.01	1.151	MOI-026	TQR	6.0			MAS-079	PPJ	
L02.SAA.01	1.152	SAA-022	PEC	2.4	A00.MAS.02	1.187	MAS-002	FFJ	2.8
L02.MIR.00	1.153	SAA-009	PEC	0.6	A00.MAS.02	1.188	MAS-023 a 049	PPJ	42.6
L03.ITI.00	1.154	AMO-011	PEC	0.0			MAS-057	PPJ	
L03.ITI.00	1.155	AMO-010	PEC	0.0			MAS-064	PPJ	
L03.ITI.00	1.156	ITI-053	PEC	0.0			MAS-082 a 084	PPJ	
L03.AMO.01	1.157	AMO-001	PEC	5.7	A00.MAS.02	1.189	MAS-003	PPJ	1.5
		AMO-002	PEC		A00.MAS.02	1.190	MAS-007	PPJ	2.5
		AMO-005	PEC				MAS-008	PPJ	
		AMO-006	PEC		A00.MAS.02	1.191	MAS-038	PPJ	14.5
L04.AMO.00	1.158	ITI-067	PEC	0.0			MAS-058	PPJ	
L04.AMO.00	1.159	ITI-047	PEC	2.4			MAS-059	FFJ	
		ITI-048	PEC				MAS-077	PPJ	
L04.ITI.04	1.160	ITI-050	PEC	0.0	A00.MAS.02	1.192	MAS-019	PPJ	2.8
L04.ITI.04	1.161	ITI-076	PEC	0.0	A00.MER.00	1.193	MER-005	PPG	1.5
L04.MIR.00	1.162	MIR-001	PEC	3.0	A00.SOB.01	1.194	MER-004	PPG	0.0
L03.MIR.02	1.163	IRU-004	PEC	1.0	A00.SOB.01	1.195	ALC-007	PPG	1.3
L03.IRU.03	1.164	IRU-037	PEC	0.0	A00.SOB.01	1.196	ALC-005	PPG	0.2
L03.MIR.02	1.165	IRU-035	PEC	0.0	C04.ALC.01	1.197	ALC-004	PPG	1.9
L03.IRU.07	1.166	IRU-034	PEC	0.0			ALC-003	PPG	
L03.IRU.03	1.167	IRU-026	PEC	3.2	C04.ALC.01	1.198	ALC 009 a 013	QHA	18.2
L03.MIR.02	1.168	MIR-002	PEC	2.2	A00.SOB.01	1.199	CDR-030	PPG	4.0
L03.MIR.01	1.169	ITI-019	PEC	0.0	A00.SOB.01	1.200	ALC-006	PPG	0.0
L03.MIR.01	1.170	ITI-002	PEC	1.0	C04.ALC.02	1.201	CDP-021	PPU	0.5

000178



ANEXO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 1				
UB	N. ORDEM	COD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
C04.ALC.02	1.202	ALC-008	PPG	0,6
C04.MOR.02	1.203	COR-037	PEC	0,4
C04.MOR.02	1.204	COR-027	PEC	5,2
C04.COR.03	1.205	COR-006	PPG	21,8
		COR-013	PPG	
C04.COR.03	1.205	COR-014 a 017	PPU	53,3
C04.COR.03	1.206	COR-003	PEC	1,5
C04.COR.03	1.206	COR-012	PPU	9,9
		COR-020	PPU	
C04.COR.03	1.207	COR-019	PPU	5,2
		COR-023	PEC	
C04.COR.03	1.208	COR-009	PPU	4,0
		COR-018	PPU	
C04.COR.03	1.209	COR-024	PPU	15,5
		COR-029	PPU	
C04.MOR.01	1.210	COR-025	PEC	11,3
C04.COR.03	1.211	COR-034	PPU	2,4
C04.VIC.00	1.212	VIC-004	PEC	0,4
		VIC-021	PEC	
C04.VIC.00	1.213	VIC-012	SDS	0,5
C04.VIC.00	1.214	VIC-013	SDS	6,0
C04.VIC.00	1.215	TIA-040 a 042	SDS	13,3
		TIA-045	SDS	
C04.TIA.01	1.216	TIA-021	SDS	13,1
		TIA-022	SDS	
		TIA-024	SDS	
		TIA-026 a 028	SDS	
		TIA-031	SDS	
		TIA-034	SDS	
		TIA-036	SDS	
		TIA-037	SDS	
		TIA-051	SDS	
C04.TIA.01	1.217	TIA-048	QHA	11,5
		TIA-049	QHA	
C04.FRE.02	1.218	TIA-033	SDS	6,6
C04.TIA.02	1.219	TIA-032	PPU	1,9
C04.FRE.02	1.220	TIA-003	FFA	6,0
C04.FRE.02	1.221	FRE-010	PPU	10,2
C04.FRE.02	1.222	FRE-009	PPU	2,9
C04.FRE.01	1.223	FRE-002	PPU	20,0
C04.FRE.02	1.224	FRE-013	PPU	0,0
C04.FRE.02	1.225	FRE-011	PPU	4,6
C04.COR.03	1.226	COR-002	PPU	6,6
		COR-010	PPU	
A00.SOB.02	1.227	SOB-039	PPJ	3,0
A00.SOB.02	1.228	SOB-139	PPJ	14,1
		SOB-159	PPJ	
A00.SOB.01	1.229	SOB-063	PEC	4,4
		SOB-084	PEC	
A00.SOB.01	1.230	SOB-171 a 173	PEC	1,2

PLANTA 1				
UB	N. ORDEM	COD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
A00.SOB.01	1.231	SOB-167	PPG	5,8
		SOB-177	PPG	
A00.SOB.01	1.232	SOB-060	PEC	3,0
		SOB-030	PEC	
A00.SOB.01	1.233	SOB-169	PEC	1,7
A00.SOB.01	1.234	SOB-028	PEC	5,0
A00.SOB.01	1.235	SOB-061	PEC	4,0
A00.SOB.01	1.236	SOB-106	PPG	9,4
		SOB-142	PPG	
		SOB-144	PPG	
		SOB-163	PPG	
A00.SOB.01	1.237	SOB-141	PPG	10,5
A00.SOB.01	1.238	SOB-101	PEC	4,0
A00.SOB.01	1.239	SOB-140	PEC	3,3
A00.SOB.01	1.240	SOB-114	PEC	0,0
A00.SOB.01	1.241	SOB-155	PEC	1,2
		SOB-157	PEC	
		SOB-143	PEC	
A00.SOB.01	1.242	SOB-029	PEC	3,5
A00.SOB.01	1.243	SOB-158	PEC	1,1
A00.SOB.01	1.244	SOB-083	PEC	1,0
A00.FOB.02	1.245	SOB-059	PEC	3,0
A00.SOB.01	1.246	SOB-109	PEC	5,5
A00.SOB.01	1.247	SOB-166	PEC	3,7
C04.FRE.01	1.248	FRE-014	QHA	10,0
C04.VIC.00	1.249	VIC-022 a 026	SDS	14,5
A00.PAC.00	1.250	PAC-014	QHA	54,0



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 2					PLANTA 2				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	ABUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	ABUÍFERO	VAZÃO
FED.AND.00	2.001	AND-013	QND	2.8					
L03.AND.01	2.002	AND-003	PEC	0.7					
L04.ITI.06	2.003	ITI-074	PEC	2.3					
		ITI-070	PEC						
L04.ITI.06	2.004	ITI-049	PEC	0.0					
L04.ITI.06	2.005	ITI-080	PEC	0.0					
		ITI-081	PEC						
		ITI-082	PEC						
L04.ITI.06	2.006	ITI-049	PEC	1.7					
L04.ITI.06	2.007	ITI-024	PEC	0.0					
L04.TPA.02	2.008	TPA-011	PEC	1.6					
FED.TPA.00	2.009	TPA-024 a 031	QND	58.9					
L05.TPA.02	2.010	TPA-019	PEC	4.0					
L05.TPA.02	2.011	TPA-020	TQB	3.3					
L05.TPA.02	2.012	TPA-005	PEC	0.0					
L05.TPA.02	2.013	TPA-018	PEC	4.8					
		TPA-013	PEC						
L04.ITI.02	2.014	ITI-033	PEC	0.0					
L04.ITI.04	2.015	ITI-017	PEC	0.1					
L04.ITI.06	2.016	ITI-056	PEC	0.0					
L04.ITI.06	2.017	ITI-027	PEC	0.0					
L04.ITI.02	2.018	ITI-011	PEC	1.3					
L04.ITI.02	2.019	ITI-033	PEC	0.6					
L05.TPA.02	2.020	TPA-012	TQA	2.4					
L05.TPA.02	2.021	TPA-014	PEC	0.1					
L05.TPA.02	2.022	TPA-014	PEC	1.4					
FED.TPA.00	2.023	PAP-028	PEC	9.9					
FED.PAP.00	2.024	PAP-032	TQB	4.0					
FED.PAP.00	2.025	PAP-030	TQB	4.2					
		PAP-031	TQB						
		PAP-032	TQB						
		PAP-033	TQB						
FED.PAP.00	2.026	PAP-019	PEC	6.4					
FED.PAP.00	2.027	PAP-014	TQR	6.0					
FED.PAP.00	2.028	PAP-023	PEC	7.4					
FED.PAP.00	2.029	PAP-015	TQR	19.5					
		PAP-026	TQB						
		PAP-027	TQB						
		PAP-041	TQR						
		PAP-046	TEE						
FED.PAP.00	2.030	PAP-047 a 049	QND	129.7					
S00.PAP.00	2.031	PAP-038 a 039	PEC	7.8					
S00.PAP.00	2.032	PAP-040	PEC	0.6					
S00.PAP.00	2.033	PAP-033	PEC	4.1					
S00.PAP.00	2.034	PAP-037	PEC	4.4					
S00.PAP.00	2.035	PAP-015	PEC	13.2					
S00.PAP.00	2.036	PAP-029	PEC	15.8					
S00.PAP.00	2.037	PAP-031	PEC	6.4					
S00.PAP.00	2.038	PAP-002	TQB	29.8					
		PAP-003	TQB						
		PAP-005	TQB						
		PAP-015 a 017	TQB						
		PAP-025 a 027	TQB						
S00.PAP.00	2.037	PAP-007	TQB	24.6					
		PAP-013	TQB						
		PAP-014	TQB						
		PAP-016	TQB						
		PAP-020 a 024	TQB						
S00.PAP.00	2.038	PAP-034	PEC	1.5					
S00.PAP.00	2.039	PAP-032	TQB	2.0					
S00.PAP.00	2.040	PAP-011	PEC	2.0					
S00.PAP.00	2.041	PAP-030	TQB	0.0					
L05.TPA.02	2.042	TPA-022	PEC	0.7					
L05.TPA.02	2.043	PAR-014	PEC	8.3					
		PAR-017 a 018	PEC						
		PAR-024	PEC						
L05.TPA.02	2.044	PAR-035	PEC	2.7					
		PAR-036	PEC						
L05.TPA.02	2.045	TRA-004	PEC	0.0					
L05.TPA.02	2.046	TRA-021	PEC	0.9					
L05.TPA.01	2.047	TRA-019	PEC	0.0					
L05.TUR.00	2.048	TUR-001	PEC	7.0					
		TUR-002	PEC						
		TUR-005	PEC						
L04.ITI.02	2.049	ITI-061	PEC	0.3					
L04.ITI.02	2.050	ITI-044	PEC	0.4					
L04.ITI.02	2.051	ITI-077	PEC	0.0					
L04.ITI.02	2.052	ITI-093	PEC	4.5					
L04.ITI.08	2.053	ITI-006	PEC	3.6					
		ITI-018	PEC						
		ITI-043	PEC						
L04.ITI.08	2.054	ITI-052	PEC	0.0					
L04.ITI.08	2.055	ITI-051	PEC	5.0					
L04.ITI.07	2.056	ITI-043	PEC	2.0					
		ITI-052	PEC						
L04.ITI.07	2.057	ITI-055	PEC	0.0					
		ITI-057	PEC						
L04.ITI.07	2.058	ITI-058	PEC	0.0					
L04.ITI.07	2.059	ITI-009	PEC	3.5					
		ITI-036	PEC						
		ITI-040	PEC						
		ITI-041	PEC						
L04.ITI.07	2.060	ITI-001	PEC	2.8					
		ITI-039	PEC						
		ITI-084	PEC						
L04.ITI.07	2.061	ITI-034	PEC	0.6					
		ITI-035	PEC						
L04.ITI.07	2.062	ITI-054	PEC	1.7					
		ITI-059	PEC						
L04.ITI.08	2.063	ITI-049 a 051	PEC	6.7					
L04.ITI.08	2.064	ITI-079	PEC	0.0					
L04.ITI.08	2.065	ITI-065	PEC	7.2					
L04.ITI.02	2.066	ITI-032	PEC	1.5					





QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 1					PLANTA 2				
UB	N. ORDEM	COD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	COD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
L04.TUR.0	2.067	ITI-072	FEF	0.0			CAC-230	PEC	
L04.TUR.00	2.068	ITI-060	PEC	0.0			CAC-275	PEC	
L04.TUR.00	2.069	ITI-071	PEC	0.8	FED.CAC.00	2.097	CAC-083	TQB	18.6
L04.TUR.00	2.070	TUR-002	PEC	4.1			CAC-110	TQB	
		TUR-007	FEF				CAC-179	TQB	
L04.TUR.00	2.071	TUR-006	PEC	0.0			CAC-338	TQB	
L05.TRA.00	2.072	URU-046	PEC	0.0			CAC-028 a 033	TQB	
L05.TUR.00	2.073	URU-035	PEC	0.2			CAC-290	TQB	
S00.SGA.00	2.074	TRA-010	PEC	0.0			CAC-337	TQB	
S00.SLC.00	2.075	TRA-308	PEC	3.8	M05.CAC.00	2.098	CAC-325	TQB	55.9
S00.SGA.00	2.076	SGA-005	FEF	0.5			CAC-332	TQB	
S00.SGA.00	2.077	SGA-108	PEC	0.6			CAC-345 a 348	TQB	
S00.PAR.00	2.078	SGA-110	PEC	11.7	FED.CAC.00	2.099	CAC-079	TQB	17.7
		SGA-112	PEC				CAC-116	TQB	
M01.SGA.00	2.079	PAR-020	PEC	1.4			CAC-173	TQB	
		PAR-134	FEF				CAC-192	TQB	
M01.PAR.00	2.080	PAR-045	PEC	4.4	M06.FDR.00	2.100	CAC-366	PEC	3.5
M01.PAR.00	2.080	SGA-122	PEC	1.3			CAC-370	PEC	
M01.SGA.00	2.081	SGA-125	PEC	1.8	M06.FDR.00	2.101	CAC-258	PEC	8.0
M02.SGA.00	2.082	SGA-049	TQB	0.8			CAC-268	PEC	
		SGA-074	FEF	0.9			CAC-277	PEC	
		SGA-087	PEC				CAC-290	PEC	
M02.SGA.00	2.083	SGA-107	PEC	0.8			CAC-281	PEC	
FED.SGA.00	2.084	SGA-126 a 128	SGA	34.0			CAC-371	PEC	
FED.SGA.00	2.085	SGA-073	PEC	5.5	M06.FDR.00	2.102	CAC-362	PEC	4.0
FED.SGA.00	2.085	SGA-088 a 089	TQB	4.6	M05.CAC.00	2.103	CAC-210	TQB	0.4
FED.SGA.00	2.086	SGA-139	SGA	2.5	M05.CAC.00	2.103	CAC-358	PEC	0.7
M02.SGA.00	2.087	SGA-086	FEF	8.8			CAC-364	FEF	
FED.SGA.00	2.088	SGA-129 a 137	SGA	37.2	M05.CAC.00	2.104	CAC-363	PEC	49.6
M03.CAC.00	2.089	SGA-106	PEC	2.3			CAC-161	PEC	
M03.CAC.00	2.089	CAC-107	PEC	1.0			CAC-257	PEC	
FED.CAC.00	2.090	CAC-354	TQB	4.8			CAC-222	FEF	
FED.CAC.00	2.090	CAC-356	SGA	3.5			CAC-228	PEC	
FED.CAC.00	2.091	CAC-347	TQB	4.0			CAC-229	PEC	
M04.CAC.00	2.092	CAC-172	PEC	18.2			CAC-259	PEC	
		CAC-235	PEC				CAC-263	PEC	
		CAC-243	FEF				CAC-335	PEC	
		CAC-344	PEC				CAC-284	PEC	
		CAC-350	PEC				CAC-323	PEC	
		CAC-360	PEC		M05.CAC.00	2.104	CAC-046	TQB	2.1
M04.CAC.00	2.093	CAC-368	PEC	3.5	M05.CAC.00	2.105	CAC-120	PEC	45.4
FED.CAC.00	2.094	CAC-062	TQB	13.0			CAC-232	PEC	
		CAC-197	TQB				CAC-237	PEC	
		CAC-203	TQB				CAC-252	PEC	
		CAC-372	TQB				CAC-282	PEC	
FED.CAC.00	2.095	CAC-128	PEC	14.7	M04.CAC.00	2.106	CAC-367	PEC	0.9
		CAC-198	FEF		M04.CAC.00	2.107	CAC-092	PEC	0.8
		CAC-206	PEC		M04.CAC.00	2.108	CAC-355	PEC	4.8
		CAC-249	PEC		M04.CAC.00	2.109	CAC-085	PEC	38.2
FED.CAC.00	2.095	CAC-352	TQB	1.5			CAC-111	PEC	
M05.CAC.00	2.096	CAC-227	PEC	19.4			CAC-169	PEC	



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 2					PLANTA 2				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	ACÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	ACÍFERO	VAZÃO
		CAC-174	PEC		500.SGA.00	2.138	SGA-095	PEC	8.6
		CAC-193	PEC		500.PET.04	2.139	SGA-100	PEC	0.7
		CAC-201	PEC		500.SGA.00	2.140	SGA-085	PEC	10.1
		CAC-244	PEC				SGA-104	PEC	
003.CAC.00	2.110	CAC-166	PEC	3.7			SGA-105	PEC	
		CAC-183	PEC		500.SGA.00	2.141	SGA-097	PEC	0.7
		CAC-293	PEC		500.PET.04	2.142	PET-082	PEC	1.6
		CAC-299	PEC		500.PET.04	2.143	PET-053	PEC	0.0
		CAC 318 a 319	PEC				PET-054	PEC	
003.CAC.00	2.111	CAC-187 a 190	PEC	0.0	500.PET.01	2.144	PET-066	PEC	15.8
003.CAC.00	2.112	CAC-274	PEC	0.0			PET-067	PEC	
003.CAC.00	2.113	CAC-005 a 008	PEC	9.0			PET-068	PEC	
		CAC-212	PEC		500.SLC.00	2.145	SLC-012	PEC	1.3
003.CAC.00	2.114	CAC-213	PEC	8.7	500.SLC.00	2.146	SLC-018 a 025	QHA	70.5
		CAC-301	PEC				SLC-014	QHA	
		CAC-315	PEC		500.SLC.00	2.147	SLC-008 a 010	PEC	5.9
		CAC-330	PEC		500.SGA.00	2.148	SLC-013	PEC	8.8
003.CAC.00	2.115	SGA-098	PEC	1.0	500.SLC.00	2.149	SLC-017	PEC	0.0
003.CAC.00	2.116	CAC-300	PEC	1.3	500.SLC.00	2.150	SLC-011	PEC	18.0
003.CAC.00	2.117	CAC-021	PEC	1.0	500.UMI.04	2.151	SLC-002	PEC	1.4
003.CAC.00	2.118	CAC-217	PEC	3.9	500.UMI.04	2.151	UMI-002	PEC	0.2
001.CAC.02	2.119	CAC-370	PEC	2.2	500.SLC.00	2.152	SLC-005	PEC	0.5
001.CAC.02	2.120	SGA-138	PEC	4.0	500.UMI.03	2.153	URU-036	PEC	5.3
001.CAC.02	2.120	CAC-317	PEC	0.0			URU-037	PEC	
001.SGA.00	2.121	SGA-096	PEC	1.5	500.UMI.03	2.154	UMI-004	PEC	0.0
002.SGA.00	2.122	SGA-099	PEC	0.9	500.UMI.03	2.155	URU-021	PEC	1.0
002.SGA.00	2.122	CAC-369	PEC	1.2	500.UMI.03	2.156	URU-038	PEC	3.3
002.SGA.00	2.123	CAC-194	PEC	2.8	500.UMI.03	2.157	URU-010	PEC	2.1
001.SGA.00	2.124	SGA-083	PEC	11.6	500.UMI.03	2.158	UMI-005 a 006	PEC	0.5
		SGA-101	PEC		L04.URU.02	2.159	URU-033 a 034	PEC	0.3
		SGA-090	PEC				URU-039	PEC	
		SGA-091	PEC		500.ITP.02	2.160	UMI-023 a 024	PEC	2.4
		SGA-094	PEC		500.ITP.02	2.161	ITP-019	PEC	0.0
001.SGA.00	2.125	SGA-020	PEC	11.0	500.ITP.02	2.162	ITP-007	PEC	2.9
		SGA-047	PEC				ITP-018	PEC	
001.PET.00	2.126	PET-004	PEC	2.2			ITP-032	PEC	
001.PET.00	2.127	SGA-066	PEC	6.0			ITP-039	PEC	
001.SGA.00	2.128	SGA-043	PEC	15.0			ITP-042	PEC	
		SGA-113	PEC		500.ITP.02	2.163	ITP-038	PEC	1.2
001.SGA.00	2.129	SGA-064	PEC	3.8	500.ITP.02	2.164	ITP-037	PEC	1.7
001.SGA.00	2.130	SGA-095	PEC	6.6	L04.ITI.04	2.165	IRU-031	PEC	0.0
001.SGA.00	2.131	SGA-120	PEC	0.3	L04.URU.02	2.166	URU-048	QHA	49.5
001.SGA.00	2.132	SGA-046	PEC	0.0	005.FOR.00	2.167	FOR.TOT	TQB	159.6
001.SGA.00	2.133	SGA-028	PEC	4.6	005.FOR.00	2.168	FOR.TOT	PEC	50.8
		SGA-392	PEC		006.FOR.00	2.169	FOR.TOT	TQB	275.9
001.SGA.00	2.134	SGA-017	PEC	8.0	006.FOR.00	2.170	FOR.TOT	PEC	420.6
		SGA-036	PEC		007.FOR.00	2.171	FOR.TOT	QHD	127.6
001.SGA.00	2.135	SGA-094	PEC	2.2	007.FOR.00	2.172	FOR.TOT	TQB	313.1
001.SGA.00	2.136	SGA-102	PEC	7.5	007.FOR.00	2.173	FOR.TOT	PEC	431.6
001.SGA.00	2.137	SGA-111	PEC	7.2	008.FOR.00	2.174	FOR.TOT	TQB	280.2
		SGA-118	PEC		008.FOR.00	2.175	FOR.TOT	PEC	207.6



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 2					PLANTA 3				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	ADÚFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	ADÚFERO	VAZÃO
FED.FOR.00	2.176	FOR.TOT	QMD	641.3	A00.GRC.01	3.029	SAB-013	PPU	3.3
FED.FOR.00	2.177	FOR.TOT	TBB	3063.0			SAB-037	PPU	
FED.FOR.00	2.178	FOR.TOT	PEC	449.6	A00.GRC.01	3.030	SAB-032	PPJ	0.0
					C04.FRE.01	3.031	FRE-012	PPB	0.0
					C04.FRE.01	3.032	FRE-005	PPU	4.0
					C04.FRE.01	3.033	FRE-006	PPU	4.5
					C04.IBI.00	3.034	MUC-006	PPG	3.2
					A00.MUC.02	3.035	MUC-016	PPG	0.2
							MUC-017	PPG	
					A00.MUC.02	3.036	MUC-002	PPB	10.5
							MUC-003	PPB	
							MUC-005	PPB	
							MUC-013	PPG	
							MUC-014	PPG	
							MUC-021	PPG	
					A00.MUC.01	3.037	MUC-015	PPB	0.0
					A00.GRC.01	3.038	SAB-031	PPC	7.5
							SAB-036	PPB	
					A00.GRC.01	3.039	SAB-028	PPJ	0.2
					A00.GRC.02	3.040	GRC-001 a 005	PPJ	12.0
					A00.GRC.02	3.041	PAJ-007	PPJ	2.2
							PAJ-008	PPJ	
							PAJ-012	PPJ	
					A00.PAJ.00	3.042	PAJ-021	PPJ	0.1
					A00.PAJ.00	3.043	PAJ-027	SDS	0.1
					A00.PAJ.00	3.044	PAJ-025	PPJ	0.7
					A00.PAJ.00	3.045	PAJ-004 a 006	PPJ	20.6
					A00.PAJ.00	3.046	PAJ-009	PPJ	2.8
					A00.PAJ.00	3.047	PAJ-011	PEC	4.0
					A00.PAJ.00	3.048	PAJ-014	PEC	2.4
							PAJ-016	PEC	
					A00.RER.02	3.049	PAJ-019	PEC	8.8
					A00.MUC.02	3.050	MUC-012	PPG	3.0
					A00.CAI.02	3.051	CAI-040	PEC	0.7
					A00.CAI.02	3.052	CAI-036	PEC	1.3
					C04.COR.03	3.053	COR-022	PPU	10.5
					C04.COR.03	3.054	COR-024	PEC	0.6
					C04.COR.03	3.055	COR-033	PPU	8.3
					C04.COR.03	3.056	SDB-087	PEC	8.0
							SDB-098	PEC	
					A00.SDB.02	3.057	SDB-147	PPJ	2.9
					A00.SDB.02	3.058	SDB-062	PEC	0.0
					A00.CAI.02	3.059	COR-008	PPG	3.8
					A00.CAI.02	3.060	CAI-037	PEC	0.0
					A00.CAI.02	3.061	CAI-004	PEC	2.0
					A00.CAI.02	3.062	CAI-027	PEC	0.0
							CAI-034	PEC	
					A00.CAI.02	3.063	CAI-011	PEC	5.0
					A00.RER.02	3.064	CAI-043	PEC	0.7
					A00.RER.02	3.065	PAJ-001	PPJ	5.3
							PAJ-018	PPJ	



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 3					PLANTA 3				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
AOO.RER.02	3.068	CAI-022	PEC	0.0	AOO.F00.01	3.098	F00-002	PEC	0.5
		CAI-024	PEC		AOO.F00.01	3.099	F00-001	PEC	0.6
		CAI-023	PEC		AOO.F00.01	3.100	S00-049 a 051	PEC	11.5
AOO.RER.02	3.067	REP-007	PEC	2.9	AOO.SAQ.06	3.101	SAQ-051	PEC	7.0
		REP-009	PEC				SAQ-068	PEC	
AOO.CAI.01	3.069	CAI-013	PEC	2.7	AOO.SAQ.06	3.102	SAQ-066	PEC	3.6
AOO.RER.01	3.069	REP-010	PEC	2.4	L03.S00.04	3.103	S00-066	PEC	7.9
AOO.VAR.03	3.070	REP-028	PEC	1.1			S00-078	PEC	
AOO.VAR.03	3.071	CAI-029	PEC	5.2	L03.S00.04	3.104	S00-017	PEC	3.0
AOO.VAR.03	3.072	CAI-033	PEC	5.1	L03.S00.04	3.105	S00-176	PEC	4.7
AOO.CAI.01	3.073	REP-035 a 046	QHA	146.4			S00-129	PEC	
AOO.CAI.01	3.074	CAI-021	PEC	2.4	L03.S00.04	3.106	S00-024 a 025	PEC	3.0
AOO.CAI.01	3.075	CAI-044	PEC	7.1	L03.S00.04	3.107	S00-022	PEC	8.0
AOO.CAI.01	3.076	CAI-056 a 057	QHA	53.6	L03.S00.04	3.108	S00-128	PEC	1.8
AOO.CAI.03	3.077	CAI-023	PEC	32.3	L03.S00.04	3.109	S00-162	PEC	2.0
		CAI-026	PEC		L03.S00.04	3.110	S00-152	PEC	0.7
		CAI-029	PEC				S00-156	PEC	
		CAI-035	PEC		L03.S00.04	3.111	S00-020	PEC	2.0
		CAI-038	PEC		AOO.F00.01	3.112	S00-097	PEC	3.2
		CAI-042	PEC		AOO.S00.01	3.113	S00-081	PEC	3.0
		CAI-046	PEC		L03.S00.04	3.114	S00-036	PEC	4.5
		CAI-054	PEC		L03.S00.04	3.115	S00-126	PEC	2.7
		CAI-055	PEC		L03.S00.04	3.116	IRU-036	PEC	0.0
		CAI-060	PEC		S00.IRU.03	3.117	IRU-007	PEC	1.0
		CAI-061	PEC		L03.IRU.02	3.118	IRU-001	PEC	3.0
		CAI-063	PEC		L03.S00.01	3.119	S00-099	PEC	3.2
		CAI-064	PEC		L03.S00.01	3.120	S00-160	PEC	1.1
AOO.CAI.03	3.078	CAI-002	PEC	3.4	L03.IRU.01	3.121	IRU-023	PEC	1.0
		CAI-030	PEC		S00.CAN.03	3.122	SAQ-088	PEC	0.0
AOO.CAI.01	3.079	EPD-007	PEC	0.7	AOO.SAQ.06	3.123	SAQ-090	PEC	0.3
AOO.CAI.03	3.080	S00-040	PEC	0.0	AOO.SAQ.06	3.124	SAQ-013	PEC	0.8
AOO.S00.01	3.081	S00-015	PEC	1.8	AOO.SAQ.06	3.125	SAQ-091	PEC	0.5
AOO.GRD.00	3.082	EPD-005	PEC	2.4			SAQ-116	PEC	
AOO.GRD.00	3.083	EPD-006	PEC	5.6			SAQ-118	PEC	
AOO.GRD.00	3.084	EPD-010	PEC	0.5	AOO.SAQ.06	3.126	SAQ-087	PEC	0.0
AOO.GRD.00	3.085	EPD-004	PEC	0.8	AOO.SAQ.06	3.127	SAQ-040	PEC	1.5
AOO.GRD.00	3.086	EPD-008	PEC	0.5			SAQ-049	PEC	
AOO.CAI.01	3.087	CAI-047	PEC	0.7	AOO.SAQ.06	3.128	SAQ-016	PEC	0.0
AOO.CAI.01	3.088	CAI-030	PEC	10.5	AOO.SAQ.06	3.129	SAQ-064	PEC	1.3
		CAI-025	PEC				SAQ-079	PEC	
AOO.SAQ.04	3.089	SAQ-098	PEC	0.7	AOO.SAQ.04	3.130	SAQ-073	PEC	0.5
AOO.SAQ.04	3.090	SAQ-075	PEC	8.1	AOO.SAQ.04	3.131	SAQ-007	PEC	3.5
		SAQ-062	PEC		AOO.SAQ.04	3.132	SAQ-086	PEC	4.2
AOO.SAQ.06	3.091	SAQ-017	PEC	2.0	AOO.SAQ.04	3.133	SAQ-012	PEC	2.4
AOO.SAQ.06	3.092	EPD-003	PEC	1.8	AOO.SAQ.04	3.134	SAQ-058	PEC	1.3
AOO.F00.02	3.093	S00-046 a 047	PEC	1.0	AOO.SAQ.04	3.135	SAQ-025	PEC	1.7
AOO.F00.02	3.094	S00-150	PEC	0.5			SAQ-027	PEC	
AOO.S00.01	3.095	S00-095	PPJ	5.0	AOO.SAQ.03	3.136	SAQ-037 a 038	PEC	3.5
AOO.F00.02	3.096	S00-031	PEC	6.3	AOO.SAQ.03	3.137	SAQ-013	PEC	0.8
		S00-138	PEC		AOO.SAQ.03	3.138	SAQ-089	PEC	1.0
AOO.F00.02	3.097	S00-123 a 124	PEC	4.2	AOO.SAQ.03	3.139	SAQ-065	PEC	2.0



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCAIS (CONT.)

PLANTA 3					PLANTA 3				
UB	N. ORDER	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDER	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
ADD.SAB.02	3.140	SAB-133	QHA	18.4	ADD.IPU.03	3.179	IPU-032	PEC	17.2
		SAB-135	QHA		ADD.IPU.03	3.180	IPU-007	PEC	7.1
ADD.VAR.03	3.141	REN-017	PEC	0.7			IPU-034	PEC	
ADD.VAR.01	3.142	REN-025	PEC	0.0			IPU-036	PEC	
ADD.VAR.01	3.142	VAR-001 a 006	PEC	12.4			IPU-039	PEC	
ADD.VAR.01	3.143	REN-011	PEC	3.6	ADD.IPU.03	3.181	IPU-020	PEC	3.7
ADD.RER.01	3.144	REN-016	PEC	0.6	ADD.IPU.03	3.182	IPU-037	SDS	0.0
ADD.RER.01	3.145	REN-005	PEC	3.5	ADD.IPU.03	3.183	IPU-031	SDS	1.9
		REN-015	PEC		ADD.PIR.01	3.184	IPU-009	PEC	1.6
ADD.RER.01	3.146	REN-029	PEC	6.3			IPU-021	PEC	
ADD.RER.01	3.147	REN-003	PEI	6.6	ADD.PIR.01	3.185	IPU-003	PEC	0.0
		REN-013 a 014	PEC		ADD.PIR.03	3.186	IPU-024	PEC	11.9
		REN-023 a 024	PEC				IPU-028	PEC	
		REN-026 a 027	PEC		ADD.PIR.03	3.187	IPU-010	PEC	1.8
		REN-032	PEC				IPU-013	PEC	
ADD.RER.01	3.148	REN-022	PEC	0.2	ADD.PIR.01	3.188	IPU-041	PEC	1.0
ADD.RER.01	3.149	REN-030	PEC	0.5	ADD.PIR.01	3.189	PIR-004	QHA	10.0
ADD.RER.01	3.150	REN-049	SDS	0.5			PIR-005	QHA	
ADD.RER.01	3.151	REN-018 a 019	PEC	0.8	ADD.PIR.01	3.190	IPU-014	PEC	7.9
ADD.RER.02	3.152	REN-020	PEC	5.0	ADD.PIR.01	3.191	IPU-047	PEC	1.5
ADD.REP.02	3.153	REN-021	SDS	0.0	ADD.PIR.01	3.192	IPU-035	PEC	1.6
ADD.RER.02	3.154	REN-048	SDS	2.5	ADD.PIR.01	3.193	IPU-008	PEC	0.6
ADD.GUN.00	3.155	GUN-001 a 002	SDS	7.5	ADD.PIR.01	3.194	PIR-001 a 003	PEC	0.3
P09.GUN.02	3.156	GUN-003 a 004	SDS	3.4	ADD.PIR.02	3.195	IPU-011 a 012	PEC	6.1
P09.GUN.01	3.157	GUN-005	SDS	8.8	ADD.PIR.01	3.196	IPU-040	PEC	0.0
P09.SAB.00	3.158	SAB-026	SDS	4.8	ADD.IPU.03	3.197	IPU-043	PEC	0.0
P09.SAB.00	3.159	SAB-014	SDS	3.5	ADD.HID.03	3.198	HID-013	PEC	2.0
P09.CAB.00	3.160	CAB-015	SDS	6.0	ADD.HID.02	3.199	HID-001	PEC	19.3
P09.CAB.00	3.161	CAB-011 a 022	SDS	87.7			HID-010	PEC	
		CAB-028 a 031	SDS				HID-015	PEC	
P09.CAB.00	3.162	CAB-021	SDS	11.3			HID-027	PEC	
P07.CAB.00	3.163	CAB-004	SDS	2.0			HID-042	PEC	
P07.CAB.00	3.164	CAB-025	SGE	2.4	ADD.HID.03	3.200	HID-002	PEC	1.1
		CAB-027	SDS		ADD.HID.03	3.201	HID-006	PEC	19.1
P07.CAB.00	3.165	CAB-014	SDS	0.3			HID-008	PEC	
P07.CAB.00	3.166	CAB-019	SDS	2.8			HID-030	PEC	
P09.CAB.00	3.167	CAB-001 a 002	SDS	0.7			HID-032	PEC	
P08.GUN.00	3.168	CAB-016	SDS	0.9			HID-036	PEC	
P08.GUN.00	3.169	CAB-013	SDS	14.7			HID-038 a 040	PEC	
		CAB-018	SDS		ADD.HID.03	3.202	HID-047	PEC	3.1
P08.GUN.00	3.170	CAB-012	SDS	6.6	ADD.SAB.01	3.203	SAB-024	PEC	13.5
P08.GUN.00	3.171	CAB-017	SDS	2.3			SAB-028	PEC	
P08.GUN.00	3.172	CAB-003	SDS	1.1			SAB-034 a 035	PEC	
P09.CRO.00	3.173	CRO-002	SDS	4.0	ADD.SAB.03	3.204	SAB-096	PEC	4.4
ADD.IPU.03	3.174	IPU-029	PEC	1.5	ADD.HID.04	3.205	HID-035	PEC	1.5
ADD.IPU.03	3.175	IPU-005	PEC	4.2	ADD.SAB.03	3.206	SAB-122	PEC	1.7
ADD.IPU.03	3.176	IPU-038	PEC	2.4	ADD.SAB.04	3.207	SAB-023	PEC	1.2
		IPU-045	PEC		ADD.SAB.04	3.208	SAB-074	PEC	2.9
ADD.IPU.03	3.177	IPU-006	PEC	8.5	ADD.SAB.04	3.209	SAB-072	PEC	14.6
		IPU-016	PEC				SAB-104	PEC	
ADD.IPU.03	3.178	IPU-019	PEC	1.4			SAB-020	PEC	



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 3					PLANTA 3				
UB	N. ORDEN	COD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEN	COD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
		SAQ-041	PEC		000.IPU.03	3.240	IPU-002	SDS	2.4
		SAQ-045	PEC		PO9.IPE.00	3.241	IPE-003	SDS	1.6
		SAQ-048	PEC		000.IPE.01	3.242	IPE-037	PEC	0.4
		SAQ-081 a 082	PEC		000.IPE.01	3.243	IPE-029	PEC	3.8
		SAQ-094	PEC		000.IPE.01	3.244	IPU-015	PEC	1.7
		SAQ-014	PEC		000.IPU.01	3.245	HID-029	PEC	0.2
000.SAQ.04	3.210	SAQ-136 a 156	DHA	86.9	000.IPE.02	3.246	HID-004	PEC	0.4
000.SAQ.04	3.211	SAQ-005	PEC	2.5	000.IPE.02	3.247	IPE-017	PEC	0.9
000.SAQ.04	3.212	SAQ-043	PEC	0.0	000.IPE.02	3.248	IPE-032	PEC	10.6
000.SAQ.04	3.213	SAQ-019	PEC	4.0	000.IPE.01	3.249	IPE-022	PEC	2.6
000.SAQ.05	3.214	SAQ-031	PEC	2.0	000.IPE.01	3.250	IPE-019 a 021	PEC	5.2
000.SAQ.05	3.215	SAQ-018	PEC	3.0	000.IPE.01	3.251	IPE-046 a 047	DHA	50.0
000.SAQ.05	3.216	SAQ-130	PEC	2.1	000.IPE.01	3.252	IPE-027	PEC	15.0
000.SAQ.05	3.217	SAQ-059	PEC	0.3	000.IPE.01	3.253	IPE-001	PEC	3.0
		SAQ-101	PEC		000.IPE.01	3.254	IPE-042	PEC	0.6
000.SAQ.05	3.218	SAQ-112	PEC	1.5	000.IPE.01	3.255	IPE-002	PEC	0.3
000.SAQ.05	3.219	SAQ-176	PEC	0.0	PO9.IPE.00	3.256	IPE-007	SDS	2.0
		SAQ-095	PEC		PO9.IPE.00	3.257	IPE-011	SDS	2.0
000.SAQ.05	3.220	SAQ-069	PEC	1.1	PO9.IPE.00	3.258	IPE-013	SDS	3.3
		SAQ-071	PEC		PO9.IPE.00	3.259	IPE-005	SDS	1.6
000.SAQ.05	3.221	SAQ-105	PEC	0.5	PO9.IPE.00	3.260	IPE-004	SDS	1.5
000.SAQ.05	3.222	SAQ-177	PEC	4.6	PO9.IPE.00	3.261	IPE-016	SDS	2.0
		SAQ-111	PEC		PO9.IPE.00	3.262	IPE-015	SDS	13.2
000.SAQ.04	3.223	SAQ-030	PEC	2.5	PO9.IPE.00	3.263	IPE-014	SDS	1.5
000.SAQ.03	3.224	SAQ-080	PEC	4.3	PO9.IPE.00	3.264	POR-005	SDS	1.3
		SAQ-099	PEC		PO9.POR.01	3.265	POR-006	SDS	7.3
000.SAQ.02	3.225	SAQ-112	PEC	14.4			POR-008	SDS	
		SAQ-120 a 121	PEC		PO9.IPE.00	3.266	IPE-012	SDS	0.8
000.HID.04	3.226	HID-022	PEC	11.8	PO9.IPE.00	3.267	IPE-006	SDS	1.0
000.HID.04	3.227	HID-024	PEC	2.5	PO9.IPE.00	3.268	IPE-033	SDS	1.4
		HID-045	PEC		P10.NOR.01	3.269	IPE-030	PEC	15.9
		HID-051	PEC				IPE-034	PEC	
000.HID.04	3.228	SAQ-073	PEC	2.0	P10.NOR.01	3.270	NOR-069	PEC	0.0
000.HID.03	3.229	HID-021	PEC	8.4	P10.IPE.00	3.271	IPE-000 a 009	PEC	20.0
		HID-043	PEC				IPE-024	PEC	
000.HID.03	3.230	HID-057	PEC	14.3			IPE-035	PEC	
		HID-031	PEC		P10.IPE.00	3.272	IPE-010	PEC	0.7
		HID-034	PEC				IPE-026	PEC	
		HID-048	PEC		P10.IPE.00	3.273	IPE-036	PEC	2.3
		HID-050	PEC		000.IPE.01	3.274	IPE-028	PEC	0.6
000.HID.03	3.231	NOR-018	PEC	0.3	000.IPE.01	3.275	IPE-043	PEC	0.0
000.NOR.02	3.232	NOR-005	PPG	3.0	000.IPE.03	3.276	IPE-031	PEC	0.0
000.NOR.02	3.233	HID-033	PEC	5.8	P10.IPE.00	3.277	IPE-025	PEC	0.0
000.IPU.01	3.234	IPU-023	PEC	1.9	P10.IPE.00	3.278	IPE-018	PEC	3.6
		IPU-044	PEC		P10.IPE.00	3.278	IPE-023	PEC	2.2
000.IPU.01	3.235	IPU-004	PEC	0.8			IPE-038	PEC	
000.IPU.03	3.236	IPU-018	PEC	5.2	P10.IPE.00	3.278	NOR-070	PEC	0.5
000.IPU.03	3.237	IPU-030	PEC	4.3	P10.NOR.01	3.279	NOR-043	PEC	15.0
		IPU-048	PEC				NOR-061	PEC	
000.IPU.03	3.238	IPU-026	PEC	6.1			NOR-064	PEC	
000.IPU.03	3.239	IPU-022	PEC	0.9			NOR-085	PEC	



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCALDOS (CONT.)

PLANTA 3					PLANTA 3				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
P10.NOR.01	3.280	NOR-063	FEC	1.6			TAM-027	PEC	
P10.NOR.01	3.281	NOR-065	PEC	0.0			TAM-031	PEC	
P10.NOR.01	3.282	NOR-056	PEC	5.7	A00.TAM.01	3.320	TAM-033	PPC	2.2
A00.NOR.01	3.283	NOR-072	PEC	1.9	P10.TAM.00	3.321	TAM-028	PEC	0.0
A00.NOR.01	3.284	NOR-024	FEC	0.0	P10.TAM.00	3.322	TAM-017	PEC	0.4
A00.NOR.01	3.285	NOR-027	PPG	1.8	A00.TAM.02	3.323	TAM-079	PEC	1.1
A00.NOR.01	3.286	NOR-014	PPG	2.0	P10.NOR.02	3.324	NOR-052	PEC	0.5
		NOR-040	PPG		P10.NOR.02	3.325	NOR-051	PEC	1.1
A00.NOR.01	3.287	NOR-006	FEC	10.3	P10.IPP.00	3.326	NOR-029	PEC	1.1
		NOR-053	PPC		P10.NOR.01	3.327	NOR-013	FEC	3.0
A00.NOR.01	3.288	NOR-021	PPG	4.9	P10.NOR.01	3.328	NOR-031	FEC	0.0
		NOR-025	PPG		P10.NOR.01	3.329	NOR-071	PEL	14.0
		NOR-074	PPG		P10.NOR.01	3.330	NOR-015	PEC	3.1
		NOR-059	PPC		P10.NOR.01	3.331	NOR-016	PEC	4.0
A00.NOR.01	3.289	NOR-075 a 072	SAA	0.9	P10.NOR.01	3.332	NOR-030	PEC	12.6
A00.NOR.01	3.290	NOR-068	PPG	3.2			NOR-038	PEC	
A00.NOR.01	3.291	NOR-037	FEC	17.8			NOR-062	PEC	
		NOR-055	PPG				NOR-067	PEC	
		NOR-054	PEC				NOR-082 a 083	PEC	
A00.NOR.01	3.292	NOR-028	PPG	0.5	P10.NOR.01	3.333	POR-011	SDS	0.0
A00.NOR.01	3.293	NOR-047	PPG	0.0	P09.POR.01	3.334	POR-030	SDS	3.0
A00.NOR.01	3.294	NOR-045	PPG	2.3	P09.POR.01	3.335	POR-029	SDS	13.2
		NOR-057	PPG		P09.POR.01	3.336	POR-018	SDS	1.8
A00.NOR.01	3.295	NOR-027	PPG	0.0	P09.POR.01	3.337	POR-015	SDS	4.9
A00.NOR.01	3.296	NOR-040	PPG	1.4	P09.POR.01	3.338	POR-002	SDS	22.0
A00.NOR.01	3.297	NOR-035	PPC	1.5			POR-014	SDS	
A00.NOR.01	3.298	NOR-044	PPG	2.3			POR-032	SDS	
A00.NOR.01	3.299	NOR-048	PPG	5.7	P09.POR.01	3.339	POR-017	SDS	0.4
A00.TAM.02	3.300	NOR-047	FEC	1.3	P09.POR.01	3.340	POR-012	SDS	0.0
A00.TAM.02	3.301	NOR-074	PEC	0.4	P09.POR.01	3.341	POR-013	SDS	0.0
A00.NOR.01	3.302	NOR-019 a 020	PEC	4.1	P09/P09.01	3.342	POR-020	SDS	2.6
A00.NOR.02	3.303	NOR-001	PEC	1.0	P09.POR.01	3.343	POR-001	SDS	2.8
A00.NOR.02	3.304	NOR-039	PEC	3.4			POR-025	SDS	
		NOR-046	PEC		P09.POR.01	3.344	POR-028	SDS	2.7
A00.SAQ.03	3.305	SAQ-093	PPG	1.7	P09.POR.01	3.345	POR-027	SDS	11.3
A00.SAQ.03	3.306	SAQ-063	FEC	0.4	P09.POR.01	3.346	POR-022	SDS	18.4
		SAQ-078	PPG		P09.POR.01	3.347	POR-024	SDS	20.0
A00.SAQ.03	3.307	SAQ-103	FEC	0.1	P09.POR.01	3.348	POR-021	SDS	5.6
A00.SAQ.03	3.308	SAQ-072	PPG	0.6			POR-026	SDS	
A00.SAQ.03	3.309	SAQ-047	PPG	4.5	P09.POR.01	3.349	PSA-019	SDS	5.2
A00.SAQ.03	3.310	SAQ-102	PPG	2.2	F09.POR.01	3.350	POR-004	SDS	1.2
A00.SAQ.03	3.311	SAQ-015	PEC	0.0			POR-010	SDS	
A00.SAQ.05	3.312	SAQ-024 a 025	FEC	1.1	P10.IPP.00	3.351	NOR-046	PEC	1.9
A00.TAM.01	3.313	TAM-014	PPG	0.0	P10.IPP.00	3.352	NOR-047	PEC	3.0
A00.TAM.01	3.314	TAM-036	PEC	0.0	P10.IPP.00	3.353	IPP-001	PEC	10.1
		TAM-059	PEC				IPP-004	PEC	
A00.TAM.01	3.315	TAM-037	FEC	0.8	P10.IPP.00	3.353	NOR-014	PEC	0.0
P10.TAM.00	3.316	TAM-030	PEC	1.8	P10.IPP.00	3.354	IPP-002 e 003	PEC	8.7
A00.TAM.02	3.317	TAM-058	PPG	0.7	P10.TAM.00	3.355	TAM-051	PEC	1.2
A00.TAM.01	3.318	TAM-042	PPG	0.0	P10.TAM.00	3.356	TAM-023	PEC	2.8
A00.TAM.01	3.319	TAM-025	PEC	6.4	P10.TAM.00	3.357	TAM-021	PPG	0.0



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 3					PLANTA 4				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
P10.TAN.00	3.358	TAN-049 e 076	PEC	0.2	FED.FOR.00	4.001	AQU-333	TQB	6.0
P10.TAN.00	3.358	TAN-075	PPG	1.1	M08.EUS.00	4.002	AQU-191	PEC	1.4
P10.TAN.00	3.359	TAN-006	FPE	0.6	M09.EUS.00	4.003	AQU-181	PEC	1.3
P10.TAN.00	3.360	TAN-040	PEC	0.0	M08.EUS.00	4.004	AQU-407	TQB	1.2
P10.TAN.00	3.361	TAN-042	PEC	0.4	M08.EUS.00	4.005	EUS-037	PEC	4.8
P10.TAN.00	3.362	TAN-038	PPG	0.0	M08.FOR.00	4.006	AGU-373	TQB	1.3
P10.TAN.00	3.363	TAN-034	PEC	0.0	M07.MAR.00	4.007	MAR-078	PEC	4.8
P10.TAN.00	3.364	TAN-032	PPG	1.0	M07.MAR.00	4.008	MAR-044	PEC	42.4
P10.TAN.00	3.365	TAN-023	PEC	0.0			MAR-045	PEC	
P10.TAN.00	3.366	TAN-053	PPG	0.0			MAR-049	PEC	
P10.TAN.00	3.367	TAN-046	PPG	6.6			MAR-082 a 085	PEC	
P10.TAN.00	3.368	TAN-057	PEC	1.3			MAR-067	PEC	
P10.TAN.00	3.369	TAN-080	PEC	0.8			MAR-071	PEC	
		TAN-092	PEC				MAR-021	PEC	
P10.TAN.00	3.370	TAN-007	PPG	5.4			MAR-054	PEC	
		TAN-009	PPG				MAR-065	PEC	
		TAN-054	PEC				MAR-075	PEC	
P10.TAN.00	3.371	TAN-065	PEC	4.4			MAR-057	PEC	
P10.TAN.00	3.372	TAN-024	PEC	1.0			MAR-086	PEC	
P10.TAN.00	3.373	TAN-045 a 046	PEC	1.8			MAR-068	PEC	
P04.UBA.01	3.374	UBA-037	QHA	49.0			MAR-072	PEC	
P04.UBA.01	3.375	UBA-034	SDS	4.0			MAR-066	PEC	
P06.SAB.00	3.376	SAB-049	QHA	25.0	M07.MAR.00	4.009	MAR-058 e 059	PEC	5.1
A00.GRO.00	3.377	GRO-013 e 014	QHA	65.0	M07.MAR.00	4.009	MAR-141	PEC	0.7
P09.GUM.02	3.378	GUM-010	QHA	5.6	M07.MAR.00	4.009	MAR-070	PEC	0.6
A00.HIO.03	3.379	HIO-058	QHA	16.0	M07.MAR.00	4.009	MAR-018 a 020	TQB	2.0
P09.PAR.02	3.380	PAR-033	SDS	56.0	M06.MAR.00	4.010	MAR-051	PEC	7.7
							MAR-074	PEC	
							MAR-094	PEC	
							MAR-131	PEC	
							MAR-049	PEC	
							MAR-172	PEC	
							MAR-178	PEC	
							MAR-155	PEC	
							MAR-156	PEC	
							MAR-147	PEC	
					M06.MAR.00	4.010	MAR-050	PEC	7.7
							MAR-053	PEC	
							MAR-024	PEC	
							MAR-025	PEC	
							MAR-052	PEC	
							MAR-087	PEC	
							MAR-061	PEC	
							MAR-062	PEC	
							MAR-063	PEC	
					M05.CAC.00	4.011	CAC-365	PEC	6.5
					M05.CAC.00	4.012	CAC-265	PEC	2.5
							CAC-292	PEC	
					M05.CAC.00	4.013	CAC-175 e 176	PEC	1.7
					M05.CAC.00	4.014	CAC-246	PEC	1.2
					M05.CAC.00	4.015	MAR-047	PEC	3.0





QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 4					PLANTA 4				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
		RAR-081	PEC		S00.PET.05	4.036	PET-072 e 073	PEC	6.5
		RAR-011	PEC		S00.PET.05	4.037	PET-031	PEC	1.5
		RAR-046	PEC		S00.PET.01	4.038	PET-028	PEC	2.5
		RAR-030	PEC		S00.PET.01	4.039	PET-046	PEC	0.0
		RAR-038	PEC		S00.PET.01	4.040	PET-045	PEC	1.8
		RAR-040	PEC		S00.PET.01	4.041	PET-070 e 071	PEC	4.1
		RAR-044	PEC		S00.PET.01	4.042	PET-010 a 024	PEC	46.1
		RAR-073	PEC				PET-026	PEC	
		RAR-076	PEC		S00.PET.02	4.043	PET-048	PEC	3.6
R05.CAC.00	4.015	MAN-056	PEC	2.1	S00.PET.02	4.044	PET-003	PEC	2.0
		MAN-142	PEC		S00.APU.01	4.045	PET-013	PEC	0.0
R06.MAN.00	4.016	RAR-010	PEC	8.3	S00.APU.01	4.045	APU-035	PEC	2.4
		RAR-012 e 013	PEC		S00.PET.01	4.046	PET-083	PEC	0.0
		RAR-026 e 027	PEC		S00.PET.01	4.047	APU-009	PEC	0.0
		RAR-032 a 034	PEC		S00.PET.01	4.048	APU-015	PEC	1.0
R06.MAN.00	4.016	RAR-029	TQE	3.2	S00.ITP.05	4.049	APU-004	PEC	7.4
R06.MAN.00	4.016	RAR-056	PEC	0.0			APU-012	PEC	
R06.MAN.00	4.016	MAN-013	PEC	3.1	S00.ITP.04	4.050	ITP-002	PEC	0.7
		MAN-136	PEC				ITP-011	PEC	
		MAN-140	PEC				ITP-013	PEC	
R06.MAN.00	4.017	RAR-001	PEC	9.1	S00.ITP.03	4.051	ITP-023	PEC	0.3
		RAR-029	PEC		S00.ITP.03	4.052	ITP-012	PEC	2.1
		RAR-022	PEC				ITP-020	PEC	
		RAR-055	PEC		S00.ITP.01	4.053	ITP-052	PEC	0.0
		RAR-014 a 017	PEC		S00.ITP.01	4.054	ITP-035	PEC	0.1
R06.MAN.00	4.018	MAN-066 e 007	PEC	1.6	S00.IRU.03	4.055	ITP-004	PEC	4.0
R06.MAN.00	4.019	MAN-102	PEC	5.4	S00.IRU.03	4.056	ITP-003	PEC	4.0
		MAN-103	PEC		S00.IRU.03	4.057	IRU-032	PEC	1.3
		MAN-105	PEC		S00.IRU.03	4.058	IRU-037	PEC	1.4
		MAN-129	PEC		S00.TEJ.03	4.059	ITP-041	PEC	0.6
R05.CAC.00	4.020	CAC-017	PEC	18.8	S00.TEJ.03	4.060	ITP-029	PEC	0.0
		CAC-238	PEC		S00.TEJ.03	4.061	ITP-033	PEC	3.5
R05.CAC.00	4.021	CAC-351	PEC	1.2	S00.TEJ.06	4.062	ITP-017	PEC	2.8
R05.CAC.00	4.022	CAC-152	PEC	5.5	S00.TEJ.06	4.063	ITP-021	PEC	0.2
		CAC-365	PEC		S00.TEJ.06	4.064	ITP-031	PEC	0.0
		CAC-310	PEC		S00.TEJ.06	4.065	APU-017	PEC	2.0
R03.CAC.00	4.023	CAC-020	PEC	0.0	S00.APU.01	4.066	APU-016	PEC	8.8
R01.CAC.02	4.024	CAC-119	PEC	4.4	S00.APU.01	4.066	PET-062	PEC	5.0
		CAC-245	PEC		S00.APU.01	4.067	APU-020 a 034	QHA	166.0
R01.CAC.02	4.025	CAC-058 e 059	PEC	5.7	S00.APU.01	4.068	APU-019	PEC	3.7
R01.PET.00	4.026	PET-076	PEC	4.0	S00.APU.01	4.069	APU-018	PEC	7.9
R01.PET.00	4.027	PET-005	PEC	1.5	S00.APU.01	4.070	PET-084	PEC	1.3
R01.PET.00	4.028	SGA-063	PEC	4.0	S00.APU.01	4.071	APU-007 e 008	PEC	9.0
		SGA-080	PEC		S00.APU.03	4.072	PET-033 e 034	PEC	3.3
R01.PET.00	4.029	SGA-012	PEC	0.0	S00.APU.04	4.073	APU-006	PEC	0.4
S00.PET.04	4.030	PET-038	PEC	3.7			APU-014	PEC	
S00.PET.04	4.031	PET-081	PEC	0.4	S00.PET.07	4.074	PET-078	PEC	1.0
S00.PET.05	4.032	PET-043	PEC	3.6	S00.PET.07	4.075	PET-077	PEC	0.0
S00.PET.05	4.033	PET-042	PEC	2.4	S00.PET.07	4.076	PET-064	PEC	7.5
S00.PET.05	4.034	PET-061	PEC	3.6	S00.PET.07	4.077	PET-044	PEC	2.0
S00.PET.01	4.035	PET-029	PEC	1.5	R01.PET.00	4.078	PET-080	PEC	1.0



DIÁRIO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 4					PLANTA 4				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
R01.PET.00	4.079	PET-036	PEC	3.4			AQU-124	PEC	
		PET-079	PEC				AQU-185	PEC	
S00.PET.07	4.080	PET-075	PEC	0.8			AQU-201	PEC	
S00.PET.07	4.081	PET-065	PEC	11.3			AQU-254	PEC	
R05.MAN.00	4.082	MAN-049	PEC	2.0			AQU-300	PEC	
R05.MAN.00	4.087	MAN-014	PEC	1.3			AQU-301	PEC	
R09.MAN.00	4.084	MAN-020	PEC	14.2			AQU-320	PEC	
		MAN-152	PEC		AQU-381	PEC			
R09.MAN.00	4.085	PAT-074	PEC	2.7			AQU-383 e 384	PEC	
R09.MAN.00	4.086	MAN-181	PEC	4.3			AQU-401 e 402	PEC	
R09.MAN.00	4.087	MAN-001	PEC	6.3			AQU-404	PEC	
		MAN-023	PEC				PAT-012	PEC	
		MAN-118	PEC		R08.PAT.02	4.100	PAT-123	PEC	7.5
		MAN-171	PEC				PAT-125	PEC	
R06.MAN.00	4.088	MAN-177	PEC	3.7			AQU-147 e 148	PEC	33.8
R06.MAN.00	4.089	MAN-124 e 125	PEC	12.4	R08.EUS.00	4.101	AQU-150	PEC	17.3
R05.CAC.00	4.090	CAC-010	PEC	1.5			AQU-289	PEC	
R06.MAN.00	4.091	MAN-118	PEC	7.1			AQU-313	PEC	
		MAN-021	PEC		AQU-328	PEC			
		MAN-051	PEC		AQU-387	PEC			
		MAN-114	PEC		PAT-062	PEC			
		MAN-135	PEC		PAT-129	PEC			
		MAN-179	PEC		PAT-134	PEC			
		MAN-035	PEC		PAT-137	PEC			
		MAN-046	PEC		PAT-139	PEC			
		MAN-100	PEC		R08.AQU.00	4.102	PAT-003	PEC	3.0
		MAN-101	PEC		R08.AQU.00	4.103	AQU-161	PEC	24.1
MAN-107 a 111	PEC	AQU-223	PEC			AQU-223	PEC		
MAN-113	PEC	AQU-311	PEC			AQU-311	PEC		
MAN-127	PEC	AQU-378 e 379	PEC			AQU-378 e 379	PEC		
MAN-137	PEC	R08.EUS.00	4.104	EUS-031	PEC	0.6			
MAN-139	PEC	R08.EUS.00	4.105	AQU-012	PEC	2.4			
MAN-140	PEC	R08.EUS.00	4.105	EUS-018	PEC	5.5			
MAN-144	PEC	R09.AQU.00	4.106	AQU-045	TQB	8.2			
MAN-015	PEC	AQU-111	TQB			AQU-111	TQB		
R06.MAN.00	4.093	MAR-048	PEC	2.6			AQU-122	TQB	
R07.MAR.00	4.094	MAR-077	PEC	0.0			AQU-125	TQB	
R07.MAR.00	4.094	PAT-097	PEC	0.6			AQU-376	TQB	
R07.PAT.01	4.095	PAT-002	PEC	6.7			AQU-375	TQB	
		PAT-050	PEC		AQU-281	PEC	10.2		
		PAT-131	PEC		AQU-188	PEC			
R07.PAT.01	4.096	PAT-057	PEC	4.5			AQU-405	PEC	
		PAT-095	PEC		R09.AQU.00	4.107	AQU-152	PEC	6.5
R07.PAT.01	4.097	PAT-079	PEC	6.7			AQU-280	PEC	3.2
		PAT-094	PEC				AQU-339	PEC	
R08.PAT.01	4.098	PAT-126 e 127	PEC	9.5			AQU-010 e 011	PEC	17.9
R08.PAT.02	4.099	PAT-005	PEC	5.6			AQU-286 e 287	PEC	
		PAT-049	PEC				AQU-291	PEC	
		PAT-128	PEC				AQU-296	PEC	
R08.PAT.02	4.100	AQU-053	PEC	87.9			AQU-299	PEC	
		AQU-055	PEC				AQU-305	PEC	





QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCALDOS (CONT.)

PLANTA 4				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
S00.TEJ.01	4.154	ITP-009	PEC	0.6
S00.TEJ.07	4.155	ITP-001 e 002	PEC	0.0
S00.TEJ.07	4.156	ITP-005	PEC	4.6
		ITP-016	PEC	
S00.TEJ.07	4.157	ITP-025	PEC	2.2
S00.IRU.01	4.158	ITP-034	PEC	0.4
S00.IRU.01	4.159	IRU-027	PEC	1.4
		IRU-029	PEC	
		IRU-030	PEC	
S00.CAN.03	4.160	CAN-037	PEC	3.1
		CAN-068	PEC	
S00.CAN.02	4.161	CAN-105 a 107	PEC	0.0
S00.PAI.01	4.162	CAN-057	PEC	1.2
S00.PAI.01	4.163	PAI-006	PEC	4.5
S00.PAI.03	4.164	PAI-005	PEC	5.6
		PAI-016	PEC	
S00.PAI.03	4.165	PAI-004	PEC	4.0
S00.PAI.05	4.166	PAI-010	PEC	3.6
S00.PAI.05	4.167	PAI-002	PEC	4.0
S00.PAI.05	4.168	PAI-011	PEC	0.5
S00.CAR.03	4.169	CAR-025	PEC	0.0
S00.CAR.07	4.170	CAR-058 a 059	PEC	3.7
S00.CAR.04	4.171	CAR-021	PEC	0.5
		CAR-031 a 032	PEC	
S00.CAR.04	4.172	CAR-014	PEC	9.8
		CAR-023	PEC	
		CAR-026	PEC	
		CAR-057	PEC	
S00.CAR.04	4.173	CAR-047	PEC	6.1
		CAR-050	PEC	
S00.CAR.04	4.174	CAR-005	PEC	10.2
		CAR-017	PEC	
		CAR-022	PEC	
		CAR-039	PEC	
		CAR-042	PEC	
		CAR-057	PEC	
S00.CAR.04	4.175	CAR-048	PEC	0.3
S00.CAR.04	4.176	CAR-020	PEC	6.0
R09.PAQ.02	4.177	PAQ-015	PEC	1.0
R09.PAN.01	4.178	PAN-002	PEC	1.5
R09.PAN.02	4.179	PAN-011	PEC	2.9
		PAN-165	PEC	
		PAN-175	PEC	
		PAN-176	PEC	
R09.PAN.02	4.180	PAN-161	PEC	0.9
R09.GUB.01	4.181	GUB-004	PEC	0.5
R09.ACR.00	4.182	RED-074	PEC	1.8
		RED-124	PEC	
R09.GUB.01	4.183	GUB-003	PEC	3.8
		GUB-005	PEC	
R09.PAT.00	4.184	PAT-019	TQB	4.0

PLANTA 4				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
R09.GUB.02	4.185	PAC-050	PEC	3.2
R14.HOR.00	4.186	PAC-005	PEC	12.9
		PAC-014 a 017	PEC	
R09.HOR.00	4.187	PAC-006	PEC	1.5
R09.HOR.00	4.188	PAC-120	PEC	4.4
R10.HOR.00	4.189	HOR-001	PEC	3.5
R10.HOR.00	4.190	PAC-115	PEC	4.0
		PAC-131	PEC	
R10.HOR.00	4.191	PAC-008	PEC	9.7
		PAC-010	PEC	
		PAC-012	PEC	
R10.AQU.00	4.192	AQU-161	PEC	1.0
R10.AQU.00	4.193	AQU-413	PEC	2.0
R10.AQU.00	4.194	PAC-075	PEC	4.2
R13.HOR.00	4.195	PAC-052	PEC	2.2
R13.HOR.00	4.196	PAC-048	PEC	3.0
		PAC-109	PEC	
R13.PIN.00	4.197	CAV-027	TQB	9.3
R13.PIN.00	4.197	CAV-057	PEC	2.6
		CAV-059	PEC	
R13.HOR.00	4.198	CAV-024	TQB	1.5
R12.AQU.00	4.199	CAV-120	TQB	2.0
R12.AQU.00	4.199	AQU-380	TQB	1.0
R11.PIN.00	4.200	AQU-031	TQB	4.0
R11.PIN.00	4.200	PIN-001	PEC	1.5
		PIN-003	PEC	
FED.CAV.00	4.201	CAV-046	QHD	207.9
		CAV-051	QHD	
		CAV-052	QHD	
		CAV-056	QHD	
		CAV-060	QHD	
		CAV-067 a 069	QHD	
		CAV-103 a 113	QHD	
FED.CAV.00	4.202	CAV-096	PEC	1.0
		CAV-124	PEC	
R14.CAV.02	4.203	CAV-028	TQB	21.6
		CAV-032	TQB	
FED.BEB.00	4.204	BEB-040	PEC	0.6
FED.BEB.00	4.205	BEB-047	TQB	3.6
R14.CAV.01	4.206	CAV-070	PEC	2.0
R13.CAV.00	4.207	CAV-022	TQB	34.9
		CAV-044	TQB	
		CAV-047 e 048	TQB	
		CAV-090	TQB	
R13.CAV.00	4.207	CAV-062 e 054	PEC	12.5
		CAV-065	PEC	
		CAV-090 e 092	PEC	
		CAV-098	PEC	
R13.CAV.00	4.207	CAV-049	QHD	3.8
R13.CAV.00	4.208	CAV-099 a 102	PEC	13.6
R13.PIN.00	4.209	CAV-061	PEC	3.5



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCALDOS (CONT.)

PLANTA 4					PLANTA 4				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
		CAV-128	PEC				RED-095	PEC	
R13.PIN.00	4.210	CAV-037	PEC	3.3			RED-102	PEC	
R13.CAV.00	4.211	CAV-123	PEC	19.1			RED-103	PEC	
		CAV-125	PEC		R09.ACR.00	4.228	RED-013	PEC	3.0
		CAV-129	PEC		R09.REO.02	4.229	RED-003	PEC	2.5
R13.CAV.00	4.211	CAV-127	TQB	5.8	R09.ACR.00	4.230	ACR-001 a 003	PEC	9.5
		CAV-126	TQB		R09.ACR.00	4.230	RED-038	PEC	3.1
R14.PAC.00	4.212	FAC-015	PEC	77.1			RED-073	PEC	
		PAC-046	PEC		R09.REO.02	4.231	RED-039	PEC	6.7
		PAC-044	PEC				RED-088	PEC	
		PAC-078	PEC				RED-114	PEC	
		PAC-079	PEC				RED-125	PEC	
		PAC-084	PEC		R09.REO.02	4.232	RED-092	PEC	0.0
		PAC-051	PEC		R14.BAT.04	4.233	BAT-024	PEC	0.4
		PAC-094	PEC		R14.BAT.04	4.234	BAT-001	PEC	2.9
		PAC-101	PEC				BAT-022	PEC	
		PAC-103	PEC		R14.BAT.04	4.235	RED-040	PEC	1.4
		FAC-104	PEC		R14.BAT.04	4.236	BAT-020	PEC	4.2
		PAC-105	PEC		R14.BAT.04	4.237	BAT-027	PEC	3.5
		FAC-106	PEC		R14.BAT.03	4.238	BAT-056	PEC	6.0
		PAC-107	PEC				BAT-063	PEC	
		PAC-108	PEC		R14.GUA.00	4.239	BAT-058	PEC	2.4
		FAC-116	PEC				BAT-060	PEC	
		PAC-120	PEC		R09.PAO.01	4.240	PAO-022	PEC	0.7
		PAC-121 a 125	PEC		R09.PAO.01	4.241	PAO-002	PEC	18.2
		PAC-093	PEC				PAO-003	PEC	
R14.PAC.00	4.212	FAC-072	TQB	8.8			PAO-017	PEC	
R14.PAC.00	4.213	PAC-079	PEC	4.6	R09.PAO.01	4.242	GUA-006	PEC	14.5
		PAC-119	PEC				GUA-007	PEC	
R14.PAC.00	4.214	FAC-083	PEC	1.3	R14.GUA.00	4.243	GUA-001	PEC	2.0
R14.CHO.00	4.215	PAC-043	PEC	5.3	R14.MUL.00	4.244	MUL-001	PEC	10.0
		PAC-058	PEC		R14.MUL.00	4.245	MUL-012	PEC	3.0
R14.PAC.00	4.216	PAC-091	PEC	1.6	R14.MUL.00	4.245	MUL-020	QHC	0.5
R14.PAC.00	4.217	PAC-113	PEC	3.3	S00.MUL.01	4.246	MUL-019	PEC	0.0
R14.PAC.00	4.218	PAC-102	PEC	2.2	R14.MUL.00	4.247	MUL-008	PEC	3.6
R14.PAC.00	4.219	PAC-114	PEC	2.0			MUL-009	PEC	
R14.PAC.00	4.220	PAC-068	PEC	29.2	S00.MUL.01	4.248	CAN-009	PEC	2.3
		PAC-087	PEC				CAN-031	PEC	
		PAC-117	PEC		S00.CAN.07	4.249	CAN-032	PEC	0.2
R09.PAC.00	4.221	RED-021	PEC	2.6	S00.CAN.03	4.250	CAN-033	PEC	3.6
R14.PAC.00	4.222	PAC-088	PEC	5.5			CAN-034	PEC	
		PAC-118	PEC		S00.CAR.03	4.251	CAR-045	PEC	0.4
R14.ACR.00	4.223	RED-071	PEC	9.3	S00.CAR.03	4.252	CAR-035	PEC	8.2
		RED-083	PEC				CAR-037	PEC	
		RED-109	PEC				CAR-041	PEC	
R14.ACR.00	4.224	RED-111	PEC	0.3			CAR-055	PEC	
R09.PAC.00	4.225	RED-079	PEC	1.9			CAR-061	PEC	
R09.ACR.00	4.226	RED-057	PEC	5.2	S00.CAR.03	4.253	CAR-001	PEC	2.0
R09.ACR.00	4.227	RED-015	QHC	4.0	S00.CAR.03	4.254	CAR-063 a 066	QHA	22.8
R09.ACR.00	4.227	RED-028	PEC	24.9	S00.CAR.02	4.255	CAR-016	PEC	0.9
		RED-093	PEC				CAR-027	PEC	



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 4					PLANTA 4				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AGUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AGUÍFERO	VAZÃO
S00.CAR.02	4.254	CAR-054	PEC	1.3	S00.CAN.07	4.283	CAN-027	PEC	1.0
S00.PAI.05	4.257	CAR-024	PEC	0.2	M14.ART.00	4.284	ART-001	PEC	7.2
S00.CAR.02	4.258	CAR-040	PEC	3.0	M14.ART.00	4.285	ART-010	PEC	0.7
		CAR-050	PEC		M14.ART.00	4.286	ART-011	PEC	0.0
S00.CAR.02	4.259	CAR-011	PEC	2.0	M14.CAP.02	4.287	MUL-003	PEC	5.3
		CAR-030	PEC				MUL-004	PEC	
		CAR-053	PEC		M14.CAP.02	4.288	MUL-002	PEC	14.2
S00.CAR.02	4.260	CAR-050	PEC	0.0			MUL-010	PEC	
S00.CAR.02	4.261	CAR-051	PEC	0.2			MUL-018	PEC	
S00.CAR.02	4.262	CAR-077	PEC	5.7	M14.BAT.03	4.289	BAT-006	PEC	67.4
S00.CAR.02	4.263	CAN-064	PEC	0.5			BAT-009	PEC	
		CAN-065	PEC				BAT-010	PEC	
S00.CAR.03	4.264	CAN-083	PEC	0.2			BAT-012 a 014	PEC	
		CAN-101	PEC				BAT-016	PEC	
S00.CAN.04	4.265	CAN-044	PEC	0.8			BAT-023	PEC	
		CAN-066	PEC				BAT-029	PEC	
		CAN-074	PEC				BAT-031 a 033	PEC	
S00.CAN.04	4.266	CAN-014	PEC	4.6			BAT-036 a 038	PEC	
		CAN-085	PEC				BAT-042	PEC	
S00.PAI.04	4.267	CAN-087	PEC	0.7			BAT-043	PEC	
S00.CAN.01	4.268	CAN-023	PEC	3.6			BAT-044	PEC	
S00.CAN.01	4.269	CAN-067	PEC	0.5			BAT-046	PEC	
S00.CAN.01	4.270	CAN-084	PEC	6.1			BAT-047	PEC	
		CAN-108	PEC				BAT-053	PEC	
S00.CAN.04	4.271	CAN-021	PEC	1.4			BAT-061	PEC	
S00.CAN.04	4.272	CAN-050	PEC	1.7	M14.BAT.03	4.290	BAT-035	PEC	0.0
S00.CAN.05	4.273	CAN-058	PEC	3.3	M14.BAT.03	4.291	BAT-034	PEC	11.3
S00.CAN.05	4.274	CAN-076	PEC	0.1	M14.BAT.03	4.292	BAT-028	PEC	9.7
		CAN-111	PEC				BAT-054	PEC	
S00.CAN.05	4.275	CAN-069	PEC	10.4	M14.BAT.03	4.293	BAT-019	PEC	4.4
		CAN-073	PEC				BAT-021	PEC	
		CAN-088	PEC		M14.BAT.02	4.294	ARC-039	PEC	4.9
		CAN-112	PEC				ARC-040	PEC	
		CAN-113	PEC		M14.BAT.02	4.295	ARC-034	PEC	4.2
S00.CAN.06	4.276	CAN-030	PEC	41.0	M14.ARC.01	4.296	ARC-024	PEC	15.7
		CAN-062	PEC				ARC-030	PEC	
		CAN-070	PEC				ARC-039	PEC	
		CAN-071	PEC				ARC-040	PEC	
		CAN-078	PEC				ARC-049	PEC	
		CAN-080	PEC				ARC-074	PEC	
		CAN-091	PEC				ARC-087	PEC	
		CAN-092	PEC		M14.ARC.01	4.297	ARC-092	QHA	30.5
S00.CAN.06	4.277	CAN-094	PEC	0.0	M14.RED.00	4.298	RED-010	PEC	4.3
		CAN-095	PEC				RED-094	PEC	
S00.CAN.06	4.278	CAN-063	PEC	1.0	M14.RED.00	4.299	RED-002	PEC	14.2
S00.CAN.06	4.279	CAN-086	PEC	13.2			RED-004 a 009	PEC	
S00.CAN.06	4.280	CAN-072	PEC	2.6	M14.RED.00	4.300	RED-001	PEC	13.2
S00.CAP.02	4.281	CAN-034	PEC	7.6			RED-018	PEC	
		CAN-038	PEC				RED-022	PEC	
		CAN-043	PEC				RED-024	PEC	
S00.CAN.06	4.282	CAR-056	PEC	0.8			RED-037	PEC	



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 4				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
		RED-055	PEC	
N14.BAE.02	4.301	RED-051	PEC	15.1
		RED-060	PEC	
		RED-075	PEC	
		RED-080	PEC	
		RED-081	PEC	
		RED-099	PEC	
		RED-100	PEC	
N14.BAE.02	4.301	BAE-062	PEC	1.2
N14.BAE.02	4.302	RED-066	PEC	0.9
N14.BAE.02	4.302	RED-042	PEC	0.6
N14.BAE.02	4.302	RED-052	PEC	2.2
		RED-065	PEC	
N14.BAE.02	4.305	RED-105	PEC	0.0
N14.BAE.01	4.306	RED-077	PEC	5.2
N14.BAE.02	4.307	RED-050	PEC	0.0
N14.BAE.02	4.308	RED-052	PEC	3.6
N14.BAE.02	4.307	RED-059	PEC	1.7
		RED-106	PEC	
		RED-107	PEC	
N14.BAE.02	4.310	BAE-003	PEC	1.5
N14.CHO.00	4.311	PAC-026	PEC	1.5
N14.CHO.00	4.311	PAC-049	PEC	2.0
N14.CHO.00	4.312	PAC-112	PEC	12.0
N14.CHO.00	4.314	PAC-109	PEC	7.5
		PAC-049	PEC	
N14.CHO.00	4.315	CHO-001	CHO	2.0
N14.CHO.00	4.315	CHO-102	PEC	4.6
		CHO-003	PEC	
N16.CAV.02	4.317	CAV-076 a 088	PEC	39.4
N16.CAV.02	4.317	CAV-025	PEC	1.2
N15.CAV.00	4.318	CAV-039	PEC	6.6
N15.CAV.00	4.319	CAV-029	TQS	1.2
N15.CAV.00	4.319	CAV-063	PEC	1.0
N16.BEB.03	4.320	BEB-049	TQB	2.4
N16.APA.02	4.321	BEB-045	PEC	0.4
N16.CAV.01	4.322	CAV-015 a 017	TQB	6.6
N16.CAV.01	4.322	CAV-019	PEC	2.8
		CAV-076	PEC	
		CAV-031	PEC	
		CAV-072 a 074	PEC	
N16.CAV.01	4.323	CAV-025	PEC	16.0
		CAV-029	PEC	
		CAV-097	PEC	
N16.OCA.02	4.324	ARC-007	PEC	1.5
		ARC-008	PEC	
N16.OCA.02	4.325	ARC-021	PEC	1.0
		ARC-075	PEC	
N16.OCA.02	4.326	CAV-003	PEC	2.0
		CAV-011	PEC	
N16.OCA.02	4.327	ARC-027	PEC	0.5

PLANTA 4				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
N16.OCA.02	4.328	ARC-059	PEC	4.4
		ARC-084	PEC	
N16.OCA.02	4.329	ARC-003	PEC	1.0
N16.OCA.02	4.330	ARC-055	PEC	7.1
		ARC-080	PEC	
		ARC-090	PEC	
N14.CHO.00	4.331	PAC-100	PEC	6.1
N14.OCA.00	4.332	ARC-060	PEC	1.1
N16.OCA.02	4.333	ARC-076	PEC	0.7
N16.OCA.02	4.334	ARC-061	PEC	12.1
		ARC-062	PEC	
		ARC-073	PEC	
N16.OCA.01	4.335	ARC-038	PEC	1.2
N16.OCA.01	4.336	OCA-002	PEC	3.5
		OCA-004	PEC	
N16.OCA.01	4.337	ARC-035	PEC	5.2
N14.OCA.00	4.338	ARC-057	PEC	0.6
N14.OCA.00	4.339	ARC-041	PEC	3.6
		ARC-042	PEC	
N14.OCA.00	4.340	ARC-005	PEC	2.2
N14.OCA.00	4.340	ARC-056	PEC	2.4
		OCA-001	PEC	
		OCA-003	PEC	
		OCA-005	PEC	
N14.OCA.00	4.341	ARC-054	PEC	0.5
N14.BAE.01	4.342	RED-096	PEC	6.0
		RED-104	PEC	
N14.ARC.01	4.343	ARC-011	PEC	0.8
N14.ARC.01	4.344	ARC-006	PEC	4.0
N14.ARC.01	4.345	ARC-067	PEC	1.5
N14.ARC.01	4.346	ARC-022	PEC	6.9
		ARC-036	PEC	
		ARC-089	PEC	
N14.ARC.01	4.347	ARC-037	PEC	0.1
N14.ARC.01	4.348	ARC-023	PEC	0.3
N14.ARC.01	4.349	ARC-091	PEC	1.1
N14.ARC.01	4.350	ARC-081	PEC	10.6
N14.ARC.01	4.351	ARC-077	PEC	7.3
		ARC-078	PEC	
N14.ARC.01	4.352	ARC-043	PEC	11.7
		ARC-071	PEC	
		ARC-082	PEC	
N14.BAT.02	4.353	ARC-064	PEC	0.0
N14.ARC.01	4.354	ARC-044	PEC	1.0
N14.CAP.01	4.355	BAT-002	PEC	1.8
N14.CAP.01	4.356	BAT-025	PEC	4.6
N14.CAP.01	4.357	CAP-013	PEC	0.9
N14.CAP.01	4.358	CAP-010	PEC	8.8
N14.CAP.01	4.359	CAP-001	PEC	12.0
		CAP-007	PEC	
		CAP-011	PEC	



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 3					PLANTA 4				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
		CAP-015	PEC		M16.OCA.01	4.396	ARC-031	PEC	14.0
		CAP-016	PEC				ARC-058	PEC	
M14.CAF.01	4.360	ITU-022	PEC	2.0	M16.OCA.01	4.397	ARC-002	PEC	7.7
M14.CAF.01	4.361	ITU-014	PEC	0.0			ARC-046	PEC	
		ITU-015	PEC				ARC-047	PEC	
M14.ART.00	4.362	CAP-005	PEC	0.6	M16.BEB.01	4.398	CAV-095	T98	0.7
M14.ART.00	4.363	ART-012	PEC	10.0	M16.BEB.01	4.399	BEB-078	T98	4.0
M14.ART.00	4.364	ART-017	PEC	6.3	M16.BEB.01	4.400	CAV-002	PEC	2.0
		ART-018	PEC		M16.BEB.01	4.401	BEB-086	PEC	2.5
M14.ART.00	4.365	ART-006	PEC	1.5	S00.TEJ.07	4.402	TEJ-007 e 008	QHA	10.0
M14.ART.00	4.365	CAN-010	PEC	5.0	R09.PAM.02	4.403	PAM-003	PEC	20.0
M14.ART.00	4.366	ART-002	PEC	2.0	M14.GUA.00	4.404	GUA-017	QHA	18.0
		ART-005	PEC						
		ART-013	PEC						
M14.ART.00	4.367	ART-009	PEC	0.9					
M14.CAN.02	4.368	CAN-002	PEC	2.5					
S00.CAN.06	4.369	CAN-015	PEC	6.0					
		CAN-016	PEC						
S00.CAN.04	4.370	CAN-002	PEC	0.2					
S00.CAN.05	4.371	CAN-043	PEC	1.2					
S00.CAN.05	4.372	CAN-009	PEC	0.4					
A00.SAD.05	4.373	SAD-007	PEC	0.1					
M14.CAN.01	4.374	CAN-028	PEC	2.0					
M14.CAN.01	4.375	CAN-042	PEC	0.8					
M14.CAN.02	4.376	CAN-012	PEC	3.2					
		CAN-025	PEC						
M14.CAN.01	4.377	CAN-056	PEC	5.1					
M14.CAN.01	4.378	CAN-061	PEC	2.2					
M14.ITU.02	4.379	ITU-012	PEC	7.9					
M14.ITU.02	4.380	ITU-008	PEC	1.0					
		ITU-011	PEC						
M14.ITU.02	4.381	ITU-019	PEC	5.5					
M14.ITU.02	4.382	BAT-004	PEC	2.2					
M14.ITU.02	4.382	BAT-007	PEC	5.8					
		ITU-017	PEC						
		ITU-018	PEC						
M14.ITU.02	4.383	ITU-009	PEC	6.0					
		ITU-016	PEC						
M16.QUI.01	4.384	ITU-021	PEC	0.0					
M14.ITU.02	4.385	ITU-010	PEC	2.0					
M14.ITU.02	4.386	ITU-020	PEC	3.6					
M14.ITU.02	4.387	ITU-006	PEC	0.3					
M14.ARC.01	4.388	ARC-088	PEC	0.2					
M16.IBA.01	4.389	ARC-079	PEC	0.8					
M16.ARC.01	4.390	ARC-063	PEC	0.0					
M14.ARC.01	4.391	ARC-025	PEC	0.0					
M16.OCA.01	4.392	ARC-032	PEC	0.4					
M16.OCA.01	4.393	ARC-053	PEC	6.1					
M16.OCA.01	4.394	ARC-014	PEC	4.1					
		ARC-052	PEC						
M16.OCA.01	4.395	ARC-029	PEC	0.4					

000196





QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCALIZADOS (CONT.)

PLANTA 5					PLANTA 5				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
P10.TAM.00	5.001	TAM-056	PEC	1.2			CRA-235	PEC	
P10.TAM.00	5.002	TAM-076	PEC	0.2			CRA-116 a 119	PEC	
P10.TAM.00	5.003	TAM-077	PEC	0.2			CRA-237	PEC	
P10.TAM.00	5.004	TAM-035	PEC	5.2	P10.CRA.02	5.039	CRA-185	PEC	15.0
P10.TAM.00	5.005	TAM-029	PEC	0.9			CRA-239	PEC	
P10.TAM.00	5.006	TAM-078	PEC	3.2	P10.CRA.02	5.040	CRA-134	PEC	8.7
P10.TAM.00	5.007	TAM-041	PEC	9.5			CRA-178	PEC	
		TAM-064	PEC		P10.CRA.02	5.041	CRA-071	PEC	2.5
		TAM-071	PEC		P10.CRA.02	5.042	CRA-067 a 068	PEC	1.9
P10.TAM.00	5.008	TAM-048	PEC	0.5	P10.CRA.02	5.043	CRA-072	PEC	0.4
P10.TAM.00	5.009	TAM-074	PEC	1.6	P10.CRA.02	5.044	CRA-205	PEC	0.8
P10.CRA.02	5.010	TAM-114	PEC	0.0	P10.CRA.02	5.045	CRA-108	PEC	0.0
P10.CRA.02	5.011	CRA-099	PEC	0.0	P10.CRA.02	5.046	CRA-127	PEC	0.3
P10.CRA.02	5.012	CRA-175 a 076	PEC	0.1	P10.CRA.02	5.047	CRA-114	PEC	0.0
		CRA-185	PEC		P10.TAM.00	5.048	CRA-112	PEC	0.9
P10.CRA.02	5.013	CRA-011	PEC	1.6	P10.TAM.00	5.049	TAM-011	PEC	3.2
		CRA-190	PEC		P10.TAM.00	5.050	TAM-008	PEC	4.5
P10.CRA.02	5.014	CRA-049	PEC	16.5	P10.TAM.00	5.051	TAM-029	PEC	4.9
P10.CRA.02	5.015	CRA-101	PEC	0.0	P10.TAM.00	5.052	TAM-061	FPG	0.8
P10.CRA.02	5.016	CRA-170	PEC	9.9	P10.TAM.00	5.053	TAM-039	PEC	0.0
P10.CRA.02	5.017	CRA-150	PEC	0.2	P10.IND.03	5.054	IND-007	PEC	2.0
		CRA-152	PEC		P10.IND.03	5.055	IND-009	PEC	3.6
P10.CRA.02	5.018	CRA-197	PEC	0.8			IND-075	PEC	
P10.CRA.02	5.019	CRA-036	PEC	1.0	P10.IND.03	5.056	IND-008	PEC	0.3
P10.CRA.02	5.020	CRA-177	PEC	0.0	P10.IND.03	5.057	IND-003	PEC	9.5
		CRA-181	PEC				IND-010 a 011	PEC	
P10.CRA.02	5.021	CRA-215	PEC	0.0			IND-071	PEC	
P10.CRA.02	5.022	CRA-139	PEC	0.4			IND-074	PEC	
P10.CRA.02	5.023	CRA-120	PEC	1.3	P10.IND.03	5.058	IND-095	PEC	0.4
P10.CRA.02	5.024	CRA-041	PEC	2.0	P10.IND.03	5.059	IND-014	PEC	1.2
P10.CRA.02	5.025	CRA-011	PEC	6.3	P10.IND.03	5.060	IND-069	PEC	1.1
P10.CRA.02	5.026	CRA-140	PEC	4.4			IND-081	PEC	
P10.CRA.02	5.027	CRA-172	PEC	0.5	P10.IND.03	5.061	IND-084	PEC	3.0
P10.CRA.02	5.028	CRA-111	PEC	10.1	P10.IND.03	5.062	IND-049	PEC	1.9
		CRA-02	PEC		P10.IND.03	5.063	IND-113	PEC	0.5
P10.CRA.02	5.029	CRA-091	PEC	0.8	P10.IND.03	5.064	IND-070	PEC	1.8
		CRA-214	PEC		P10.IND.03	5.065	IND-062	PEC	2.6
P10.CRA.02	5.030	CRA-197	PEC	3.2	P10.IND.03	5.066	IND-067	PEC	8.8
P10.CRA.02	5.031	CRA-059	PEC	0.6			IND-091	PEC	
P10.CRA.02	5.032	CRA-207	PEC	0.0	P10.IND.03	5.067	TAM-026	PEC	0.4
P10.CRA.02	5.033	CRA-055	PEC	0.0	P10.IND.03	5.068	IND-021	PEC	4.0
P10.CRA.02	5.034	CRA-123	PEC	0.0	P10.IND.03	5.069	IND-064	PEC	0.0
P10.CRA.02	5.035	CRA-074	PEC	0.4	P10.CRA.02	5.070	IND-063	PEC	0.9
P10.CRA.02	5.036	CRA-149	PEC	0.4	P10.TAM.00	5.071	IND-044	PEC	2.1
		CRA-132	PEC				IND-053	PEC	
P10.CRA.02	5.037	CRA-156 a 158	PEC	2.5			IND-094	PEC	
P10.CRA.02	5.038	CRA 001 a 003	PEC	19.7	P10.CRA.02	5.072	IND-037	PEC	0.0
		CRA 033	PEC		P10.CRA.02	5.073	IND-032	PEC	9.5
		CRA-125	PEC		P10.CRA.02	5.074	IND-049	PEC	0.7
		CRA-070	PEC		P10.CRA.02	5.075	CRA-042	PEC	2.0
		CRA-233	PEC		P10.CRA.02	5.076	CRA-045	PEC	7.9



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 5					PLANTA 5				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO	UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	AQUÍFERO	VAZÃO
P10.CRA.02	5.077	CRA-031	PEC	0.0	P10.IMD.03	5.118	IND-036	PEC	0.2
P10.CRA.02	5.078	CRA-092	PEC	6.0	P10.IMD.03	5.119	IND-030	PEC	1.2
P10.CRA.01	5.079	CRA-031	PEC	0.0	P10.IMD.03	5.120	IND-066	PEC	1.0
P10.CRA.01	5.080	CRA-150	PEC	0.2	P10.IMD.03	5.121	IND-108	PEC	7.2
P10.CRA.01	5.081	CRA-079	SDS	7.9	P10.IMD.03	5.122	IND-110	PEC	0.0
		CRA-082	SDS		P10.IMD.03	5.123	IND-013	PEC	3.0
P10.CRA.02	5.082	CRA-109	PEC	0.0	P10.IMD.03	5.124	IND-028	PEC	0.5
P10.CRA.02	5.083	CRA-100	PEC	3.6			IND-056	PEC	
P10.CRA.02	5.084	CRA-057	PEC	1.0	P10.IMD.03	5.125	IND-109	PEC	2.4
P10.CRA.02	5.085	CRA-090	PEC	0.4	P10.IMD.03	5.126	IND-015	PEC	4.8
		CRA-096	PEC		P10.IMD.02	5.127	IND-114	PEC	1.8
P10.CRA.02	5.086	CRA-110	PEC	0.0	P10.IMD.02	5.128	IND-043	PEC	0.3
P10.CRA.02	5.087	CRA-177	PEC	4.0	P10.IMD.02	5.129	IND-004	PEC	4.2
P10.CRA.02	5.088	CRA-047	PEC	9.3	P10.IMD.02	5.130	IND-104	PEC	1.0
		CRA-108	PEC		P10.IMD.02	5.131	IND-085	PEC	2.4
P10.CRA.02	5.089	CRA-095	PEC	4.8	P10.IMD.02	5.132	IND-090	PEC	0.3
P10.CRA.02	5.090	CRA-025	PEC	0.0	P10.IMD.02	5.133	IND-025	PEC	0.6
P10.CRA.02	5.091	CRA-105	PEC	9.3	P10.IMD.01	5.134	IND-077	PEC	0.2
P10.CRA.02	5.092	CRA-012	PEC	2.3	P10.IMD.01	5.135	IND-029	PEC	0.0
		CRA-228	PEC		P10.NVD.01	5.136	NVD-036	PEC	0.0
P10.CRA.02	5.093	CRA-004	SDS	2.0			NVD-024	PEC	
P10.CRA.02	5.094	CRA-043	SDS	2.4	P10.CRA.01	5.137	CRA-145	PEC	0.7
P10.CRA.02	5.095	CRA-203	PEC	0.8	P10.NVD.01	5.138	CRA-104	PEC	2.2
P10.CRA.02	5.096	CRA-028	PEC	2.0	P10.CRA.02	5.139	CRA-105	PEC	0.0
P10.CRA.02	5.097	CRA-124	PEC	0.3	P10.NVD.01	5.140	NVD-025	PEC	0.0
P10.CRA.02	5.098	CRA-044	PEC	15.8	P10.CRA.01	5.141	NVD-026	PEC	2.0
P10.CRA.02	5.099	CRA-087	PEC	0.4			NVD-029	PEC	
P10.CRA.02	5.100	CRA-122	PEC	1.7	P10.CRA.02	5.142	CRA-080 a 081	PEC	0.0
P10.CRA.02	5.101	CRA-101	PEC	0.7	P10.CRA.03	5.143	CRA-051	SDS	1.0
P10.CRA.02	5.102	CRA-106	PEC	0.0	P10.CRA.02	5.144	CRA-078	PEC	0.4
		CRA-142	PEC		P10.NVD.01	5.145	NVD-022	SDS	0.0
P10.CRA.02	5.103	CRA-152	PEC	9.9	P10.NVD.01	5.146	NVD-027	PEC	0.8
P10.CRA.02	5.104	CRA-048	PEC	0.9			NVD-030	PEC	
P10.CRA.02	5.105	CRA-225	PEC	0.1	P10.NVD.01	5.147	NVD-008	PEC	1.3
P10.CRA.02	5.106	CRA-153	PEC	0.7	P10.NVD.01	5.148	NVD-019	PEC	10.0
		CRA-164	PEC		P10.NVD.01	5.149	NVD-035	PEC	6.0
P10.CRA.02	5.107	CRA-030	PEC	0.0	P10.NVD.01	5.150	NVD-011	PEC	2.5
P10.CRA.02	5.108	CRA-009	PEC	4.5			NVD-018	PEC	
P10.CRA.02	5.109	CRA-058	PEC	9.6	P10.NVD.01	5.151	NVD-005	PEC	4.2
		CRA-202	PEC				NVD-010	PEC	
P10.NVD.01	5.110	CRA-029	PEC	3.0			NVD-015	PEC	
P10.CRA.02	5.111	CRA-165	PEC	0.0			NVD-020	PEC	
P10.IMD.01	5.112	IND-106	PEC	3.0	P10.NVD.01	5.152	NVD-016 a 017	PEC	1.3
P10.IMD.03	5.113	IND-052	PEC	0.0	P10.NVD.01	5.153	NVD-014	PEC	0.1
P10.IMD.02	5.114	IND-026	PEC	1.5			NVD-032	PEC	
		IND-033	PEC				NVD-034	PEC	
P10.IMD.03	5.115	IND-023	PEC	5.7	P10.NVD.01	5.154	NVD-009	PEC	0.0
P10.IMD.02	5.116	IND-099	PEC	0.0	P10.NVD.01	5.155	NVD-006	PEC	12.0
P10.IMD.03	5.117	IND-001	PEC	3.2			NVD-023	PEC	
		IND-018 a 019	PEC		P10.NVD.01	5.156	IND-042	PEC	0.5
		IND-046 a 047	PEC		P10.NVD.01	5.157	NVD-001	PEC	4.7



QUADRO 4.3 - RELAÇÃO DOS POÇOS LOCADOS (CONT.)

PLANTA 5				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	ADÚFERO	VAZÃO
		NVO-031	PEC	
P10.QUT.01	5.158	IND-045	PEC	0.0
P10.QUT.01	5.158	QUT-003	PEC	4.0
P10.QUT.01	5.159	IND-050	PEC	9.0
P10.IND.01	5.160	IND-087	PEC	2.7
		IND-089	PEC	
P10.IND.01	5.161	IND-103	PEC	0.0
P10.IND.02	5.162	IND-024	PEC	1.3
P10.IND.02	5.163	IND-034	PEC	0.1
P10.IND.02	5.164	IND-016	PEC	1.5
P10.IND.01	5.165	IND-039	PEC	5.9
P10.IND.01	5.166	IND-096	PEC	0.3
P10.QUT.01	5.167	IND-078	PEC	6.0
P10.QUT.01	5.168	QUT-001 a 002	PEC	3.4
P10.QUT.01	5.169	IND-041	PEC	0.1
		IND-098	PEC	
P10.QUT.01	5.170	IND-040	PEC	1.8
P10.QUT.01	5.171	IND-101	PEC	0.7
P10.QUT.01	5.172	IND-100	PEC	0.8
P10.QUT.01	5.173	IND-020	PEC	2.3
		IND-055	PEC	
		IND-092	PEC	
P10.QUT.01	5.174	IND-022	PEC	2.6

PLANTA 5				
UB	N. ORDEM	CÓD.DO POÇO	ADÚFERO	VAZÃO

para que a disponibilidade seja definida. No caso, os poços existentes podem ser inviáveis para a irrigação, mas são perfeitamente viáveis para o abastecimento de uma cidade

Com relação às publicações da SUDENE acima referenciadas, pode-se concluir que o Inventário Hidrogeológico parece mais objetivo em seus propósitos e a partir dele podem ser obtidas informações concisas. Por outro lado, o PLIRHINE aborda uma metodologia de quantificação de potencialidades e disponibilidades de água subterrânea, porém o enfoque é demasiadamente regional, não possibilitando a obtenção de dados específicos

No âmbito do Projeto RADAMBRASIL (1981), foi abordado um capítulo intitulado "Potencial dos Recursos Hídricos", onde os resultados são agrupados em função da bacia hidrográfica tradicionalmente considerada como a unidade fisiográfica mais conveniente para o planejamento dos recursos hídricos. A metodologia aplicada se baseia na integração dos fatores de superfície e subsuperfície, que interferem no comportamento do aquífero, gerando um conjunto organizado de dados que possibilitam a execução de cálculos e correlações. A apresentação desses resultados é feita através de matrizes individualizadas conforme segue

- matriz de caracterização revela apenas as feições fisiográficas de cada unidade que se presta à determinação do potencial hidrogeológico,
- matriz de determinação quantifica os parâmetros da matriz de caracterização, atribuindo pesos de zero a dez, a partir dos quais são definidas as áreas de potencial hidrogeológico diferenciado,
- matriz de controle dimensiona os valores dos parâmetros hidrodinâmicos e reservas para cada unidade geológica da bacia

Com base nas metodologias propostas pelo Projeto RADAMBRASIL, pelo PLIRHINE e pelo Inventário Hidrogeológico, procura-se adequá-las ao objetivo maior definido para esta etapa do plano, qual seja o de quantificar a potencialidade de água subterrânea, estabelecer a parcela explorável e, mais ainda, avaliar a vazão de cada aquífero através dos poços existentes. Estas informações devem subsidiar o balanço hídrico, considerando a unidade de balanço como sendo o cruzamento do município com a drenagem superficial

## 5.2 Potencial Hidrogeológico

A variação faciológica existente no seio das formações geológicas nem sempre permite a extrapolação dos parâmetros hidrodinâmicos calculados a partir do teste de um poço, pois este pode não ser representativo para o aquífero considerado. Um exemplo deste caso pode ser

referenciado aos poços perfurados no aquífero aluvionar do Rio Acaraú, onde além da variação da espessura do depósito (5-25 m), ocorre uma intercalação de níveis quase caótica, decorrente da atividade deposicional em regime torrencial. Disto resulta uma expressiva variação dos parâmetros hidráulicos e hidrogeológicos, impossibilitando a adoção de valores médios que sejam verdadeiramente representativos

A hidrogeologia deve se preocupar com os recursos hídricos subterrâneos a nível de aquífero, possibilitando conhecer o seu funcionamento e o seu inter-relacionamento com o meio ambiente. Mas é através dos estudos hidrogeológicos, a nível de detalhe, que são possíveis avaliações mais precisas da parcela explorável das reservas totais quantificadas pelos métodos convencionais

Na realidade, a quantificação das reservas permanentes só pode ser realizada se existirem dados suficientemente confiáveis, decorrentes dos estudos de detalhe, pois o emprego da fórmula clássica para avaliação de reservas em aquíferos livres depende da definição do coeficiente de restituição, obtido através da interpretação de testes de aquífero. As reservas permanentes são definidas como sendo a quantidade de água armazenada no aquífero passível de ser restituída por gravidade e por esvaziamento total do aquífero<sup>(1)</sup>

$$R_p = V_s \cdot S, \text{ onde}$$

$R_p$  = Reserva permanente

$V_s$  = Volume de camada saturada

$S$  = Coeficiente de restituição (porosidade efetiva)

Apesar da simplicidade da equação, o erro decorrente da imprecisão na estimativa da capacidade de armazenamento útil do reservatório subterrâneo por unidade de área, expresso pela letra  $S$ , pode ser significativo. Nos aquíferos livres, a porosidade efetiva pode variar de 0,01 a 0,35

A mesma preocupação tida para com a quantificação das Reservas Permanentes é válida para a Vazão de Escoamento Natural, definida com base na Lei de Darcy, como sendo

$$Q_n = T \cdot L$$

onde

$Q_n$  = Vazão de Escoamento Natural

$T$  = Transmissividade do aquífero ( $m^2/s$ )

$i$  = Gradiente hidráulico da superfície piezométrica

$L$  = Largura da frente de escoamento (m)

<sup>(1)</sup> STANFORD, W J P, et al. Folha SA 24 Fortaleza. Projeto RADAMBRASIL 1981

Este parâmetro se mostra eficiente no dimensionamento da vazão explorável sem risco de colapso do aquífero, quando se tem uma área definida, com piezômetros amarrados planialtimetricamente, possibilitando uma estimativa bastante rigorosa do gradiente hidráulico da superfície piezométrica. Assim, a vazão explorável do aquífero Dunas, por exemplo, pode ser definida como sendo igual à vazão de escoamento natural e, com isso, garantir a exploração sem risco de comprometer as reservas naturais e/ou impedir a sua salinização pelo avanço da cunha salina.

A exploração isolada de um poço é definida através de suas características construtivas e das características do aquífero captado. Classicamente, o rebaixamento provocado pelo bombeamento deve ser menor ou igual a um terço da espessura saturada do aquífero. No entanto, para efeito de dimensionamento das reservas exploráveis, ficou estabelecido um percentual menor que um terço, variável em função das características apresentadas pelos aquíferos. Assim, para os Aluviões e Dunas, a razão  $R_p/R_o$  é igual a 25%, para as Coberturas Colúvio-Eluviais e Barreiras, 15%, para o Serra Grande, Jaibara e Ubajara, 10%. Para o cálculo da reserva explorável das rochas do embasamento cristalino (Complexo Ígneo e Metamórfico) foi utilizada a fórmula estabelecida por Stanford (op cit), acrescida do fator de correção da área aproveitável.

$$R_o = C A S O,2$$

onde

$R_o$  = Reserva Explorável ou volume de água restituída anualmente

C = Espessura restituída anualmente = 1,8 m

A = Área enfocada em  $m^2$

S = Coeficiente de armazenamento =  $4 \times 10^{-3}$

0,2 = Fator de correção da área aproveitável do Cristalino

O quadro 5.1 mostra os resultados obtidos para as reservas das unidades hidrogeológicas do Bloco 2 e o quadro 5.2 detalha os resultados obtidos para os aluviões em função da sua ocorrência em cada bacia hidrográfica. Com efeito, os coeficientes de restituição utilizados para os cálculos, referem-se a valores médios obtidos dos testes de aquífero realizados pela CAGECE, e de citações do Projeto RADAMBRASIL e Inventário Hidrogeológico do Nordeste.

Existe, ainda, um outro volume de água passível de exploração, representado pelas reservas periódicas. Sua importância e avaliação estão associadas à observação da oscilação sazonal do nível freático. Em aquíferos livres, com superfície

piezométrica pouco profunda, este volume é parcialmente consumido pela evapotranspiração.

Os valores calculados para as reservas permanente e explorável dão uma idéia da potencialidade e da disponibilidade de cada aquífero. No entanto, a avaliação das reservas, juntamente com os valores obtidos da análise estatística dos parâmetros hidrogeológicos (Prof., NE, ND, Q, Q/sw) fornecem, de forma mais objetiva, a possibilidade e/ou a facilidade em transformar os recursos de água subterrânea disponíveis no aquífero em disponibilidade efetiva de exploração.

Procurou-se, com essa discussão, mostrar os fatores limitantes da definição do potencial e da disponibilidade de águas subterrâneas. A análise isolada dos quadros 5.1 e 5.2 permite concluir sobre a potencialidade através da reserva permanente e a disponibilidade através da reserva explorável de cada um dos aquíferos. Como já foi frisado, este aspecto não deve ser desprezado, mas não pode ser tomado como parâmetro conclusivo. A sua importância está intimamente associada à homogeneidade do aquífero.

Para efeito de avaliação das reservas de água subterrânea é interessante comparar os valores obtidos para as reservas exploráveis e os valores relativos à disponibilidade atual obtida através dos poços cadastrados, considerando um tempo de bombeamento de 12 h/poço. Da mesma forma, pode ser comparada a disponibilidade atual com a reserva renovável, supondo uma variação sazonal de 1,0 m em todas as unidades, o que representa um valor bastante conservador (quadro 5.3).

Conforme fica caracterizado, a disponibilidade atual é inferior às reservas exploráveis e renováveis estimadas, o que revela boas perspectivas para o planejamento de águas subterrâneas.

### 5.3 Disponibilidade de Águas Subterrâneas

A quantificação das reservas permanentes e exploráveis para cada aquífero é, sem dúvida, um dado importante para se estabelecerem as diretrizes de planejamento dos recursos hídricos subterrâneos. No entanto, é fundamental que se saiba a efetiva possibilidade de conversão do potencial em recurso explorável, em função das características do aquífero e da viabilidade do seu aproveitamento. Uma maneira bastante objetiva de se avaliar esta relação é através da vazão específica do aquífero, onde se tem a sua capacidade de produção em função do rebaixamento produzido pelo bombeamento.

Para melhor visualizar a distribuição dos principais parâmetros que caracterizam os poços, foram elaborados histogramas de frequência para a profundidade, nível estático, nível dinâmico, vazão e vazão específica de cada unidade hidrogeológica. Da mesma forma, foram elaborados gráficos de frequência relativa acumulada, onde pode ser identificado o nível de concentração dos dados.

QUADRO 5.1 - RESERVA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

UNIDADES \	PARÂMETROS: TRANSMISSIVIDADE I (m <sup>2</sup> /s)	PERMEABILIDADE K (m/s)	COEFICIENTE DE AMAZENAMENTO OU RESTITUIÇÃO (S-U)	RESERVA PERMANENTE - PP ( 1000000m <sup>3</sup> /ano)	RESERVA EXPLORAVEL - RE ( 1000000m <sup>3</sup> /ano)
ALUVIÃO	-	-	-	640	160
DUNAS	2.0 x 10 <sup>-3</sup>	2.0 x 10 <sup>-7</sup>	1.0 x 10 <sup>-1</sup>	640	160
COBERTURAS	2.0 x 10 <sup>-3</sup>	4.0 x 10 <sup>-5</sup>	1.0 x 10 <sup>-1</sup>	447	67
BARREIRAS	2.0 x 10 <sup>-3</sup>	4.0 x 10 <sup>-5</sup>	1.0 x 10 <sup>-2</sup>	3947	597
SERRA GRANDE	1.0 x 10 <sup>-4</sup>	1.0 x 10 <sup>-6</sup>	5.0 x 10 <sup>-4</sup>	230	23
JAIBARA	1.0 x 10 <sup>-3</sup>	1.3 x 10 <sup>-5</sup>	5.0 x 10 <sup>-3</sup>	330	33
UBAJARA	1.0 x 10 <sup>-4</sup>	1.6 x 10 <sup>-5</sup>	5.0 x 10 <sup>-3</sup>	270	27
IGNEAS	-	1.0 x 10 <sup>-7</sup>	4.0 x 10 <sup>-3</sup>	-	2
METAMORFICAS	-	1.0 x 10 <sup>-7</sup>	4.0 x 10 <sup>-3</sup>	-	91

1041

000202



QUADRO 5.2 - RESERVAS DOS ALUVIÕES

REGIÃO	PARÂMETROS	TRANSMISSIVIDADE	PERMEABILIDADE	COEFICIENTE DE	RESERVA	RESERVA
		( $m^2/s$ )	( $m^2/s$ )	ARMAZENAMENTO OU	PERMANENTE - RP	E PLUVIAL - RE
				RESTITUIÇÃO (S.D.)	( $10^6 m^3/ano$ )	( $10^6 m^3/ano$ )
METROPOLITANAS		$5,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$10^{-1}$	97,3	21,0
LURU		$4,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$	10	44,1	11,0
LITORAL		$1,0 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-5}$	$10^{-1}$	76,9	19,2
ACARAÍ		$2,0 \times 10^{-3}$	$1,6 \times 10^{-4}$	$10^{-1}$	337,9	84,4
CURU		$5,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$10^{-1}$	78,3	19,5
PARNAÍBA		$2,0 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-4}$	$10^{-1}$	22,1	5,5

000203



QUADRO 5.3 - AVALIAÇÃO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

PARÂMETROS AQUÍFEROS	RESERVA EXPLORÁVEL (AΔho=1) (x1000000m <sup>3</sup> /ano)	RESERVA RENOVÁVEL (AΔho=1) (x1000000m <sup>3</sup> /ano)	DISPONIBILIDADE ATUAL (x1000000m <sup>3</sup> /ano)
ALUVIÃO	162	92	4,1
DUNAS	160	80	4,6
COLÚVIOS	67	12	0,2
BARREIRAS	592	119	11,3
SERRA GRANDE	23	4	3,2
JAIBARA	33	8	1,2
UBAJARA	27	6	0,9
COMPL. ÍGNEO	2	1	1,2
COMP. METAMÓRFICO	91	50	37,3
TOTAIS	1157	372	64,0

(Anexo III-B - 1ª Parte) A análise estatística resultante desse procedimento é mostrada no quadro 5 4, onde constam a quantidade de parâmetros observados (OBS), o valor mínimo (MIN), o valor máximo (MAX), o valor médio (MED) e o desvio padrão ( $\hat{\sigma}$ ), dos parâmetros principais em função da unidade hidrogeológica correspondente. No quadro 5 5, além dos valores médios ( $\bar{X}$ ) é apresentado o limite abaixo do qual estão contidos 90% dos valores observados.

No caso específico do município de Fortaleza, o tratamento estatístico foi realizado considerando um nível maior de detalhamento, tendo em vista a grande quantidade de poços cadastrados (2 520). Desta forma, os aquíferos foram subdivididos em sistemas multiaquíferos, quais sejam Dunas, Dunas/Barreiras, Dunas/Barreiras/Cristalino, Barreiras, Barreiras/Cristalino e Cristalino. A partir daí foi seguido o mesmo procedimento adotado para o restante do Estado, sendo que os histogramas são mostrados na 2ª Parte do Anexo III-B e nos quadros 5 6 e 5 7, a análise estatística e médias/limites, respectivamente.

De modo geral, relacionando-se a vazão específica com a profundidade, pode ser obtida uma avaliação da eficiência no aproveitamento do aquífero. No caso dos Aluviões e Dunas esta relação é maior que nos demais aquíferos, o que condiciona uma vazão específica maior. As coberturas colúvio-eluviais e a Formação Barreiras têm um desempenho equivalente e, em situação menos promissora, se equiparam à Formação Serra Grande, ao Grupo Ubajara e ao Grupo Jaibara.

As rochas cristalinas, individualizadas nos Complexos Ígneo e Metamórfico, revelam um comportamento idêntico, com vazão específica de 0,21 m<sup>3</sup>/h/m e 0,27 m<sup>3</sup>/h/m respectivamente. Um fato interessante a ressaltar diz respeito ao valor médio de

0,27 m<sup>3</sup>/h/m observado para o Complexo Metamórfico, que coincide com o valor médio de vazão específica observado por Costa, W D (1986), no Cristalino da Paraíba e Rio Grande do Norte.

Ainda com relação à análise dos valores médios de vazão específica, pode-se verificar um comportamento semelhante dos sistemas Dunas/Barreiras/Cristalino (0,47 m<sup>3</sup>/h/m), Barreiras/Cristalino (0,42 m<sup>3</sup>/h/m) e Cristalino (0,45 m<sup>3</sup>/h/m), Dunas/Barreiras (0,93 m<sup>3</sup>/h/m) e Barreiras (0,95 m<sup>3</sup>/h/m) e Dunas isoladamente (6,24 m<sup>3</sup>/h/m).

Pode-se concluir que as características relacionadas à produção dos poços, obtidas através dessa análise, oferecem um bom nível de consistência, uma vez que a amostra total e a amostra parcial (Fortaleza) mostram os parâmetros médios dos aquíferos muito próximos, denotando que mesmo existindo valores anômalos não chegam a comprometer o resultado final.

## 6 HIDROQUÍMICA

### 6.1 Aspectos Gerais

Em uma água subterrânea, a maioria das substâncias dissolvidas se encontra no estado iônico.

Muitos desses íons se encontram presentes invariavelmente e sua soma representa a quase totalidade dos íons presentes, por isso são chamados de Íons Maiores, quais sejam

Ânions		Cátions	
Cloreto	Cl	Sódio	Na <sup>+</sup>
Sulfato	SO <sub>4</sub>	Cálcio	Ca <sup>++</sup>
Bicarbonato	CO <sub>3</sub> H	Magnésio	Mg <sup>++</sup>



QUADRO 5.4 SÍNTESE DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS

	ALUVIÃO	DUNAS	COBERTURAS	BARREIRAS	SERRA GRANDE	JAIBARA	UBAJARA	ÍGNEAS	METAMÓRFICAS	
PROFUNDIDADE (m)	137,00	100,00	20,00	597,00	254,00	93,00	51,00	136,00	3563,00	OBS
	3,30	5,50	4,60	0,50	9,60	13,20	10,00	0,00	0,00	MIN
	25,00	19,00	95,00	121,00	194,00	104,00	132,00	123,00	187,00	MAX
	9,39	10,00	40,41	42,45	75,07	52,36	59,93	60,30	58,14	MED
	4,47	1,98	26,13	15,76	24,94	20,89	19,27	17,05	16,26	σ-1
NÍVEL ESTÁTICO (m)	112,00	97,00	15,00	561,00	230,00	77,00	48,00	111,00	2976,00	OBS
	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	2,00	1,60	0,20	0,00	MIN
	8,00	6,00	16,00	39,00	95,00	30,00	66,00	26,60	83,00	MAX
	2,53	2,00	5,55	8,85	15,20	9,06	12,37	7,83	9,22	MED
	1,60	1,08	4,87	5,70	15,88	5,93	9,29	4,83	6,80	σ-1
NÍVEL DINÂMICO (m)	112,00	97,00	15,00	561,00	230,00	77,00	48,00	111,00	2976,00	OBS
	0,40	0,20	3,10	0,00	0,00	5,00	10,00	0,50	0,00	MIN
	13,00	10,00	55,00	86,00	138,00	75,30	99,00	87,00	120,00	MAX
	3,82	4,74	18,93	22,44	42,35	29,77	34,98	38,09	35,91	MED
	2,20	1,66	16,48	12,10	20,61	15,69	17,68	17,34	15,33	σ-1
VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	112,00	97,00	15,00	561,00	230,00	77,00	48,00	111,00	2969,00	OBS
	0,20	0,50	0,50	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,00	MIN
	37,40	21,60	10,80	36,00	41,00	17,50	26,40	10,50	20,00	MAX
	8,12	6,45	3,16	4,70	4,13	3,58	5,01	2,51	2,87	MED
	5,75	4,62	2,53	3,93	4,85	3,67	5,01	2,34	2,94	σ-1
VAZÃO ESPECÍFICA (m <sup>3</sup> /h/m)	112,00	97,00	15,00	561,00	230,00	77,00	48,00	111,00	2973,00	OBS
	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MIN
	163,00	18,00	3,00	15,00	20,00	7,57	2,86	2,75	12,15	MAX
	15,43	3,41	0,94	0,99	0,46	0,53	0,48	0,21	0,27	MED
	22,26	3,99	1,04	1,77	1,89	1,05	0,68	0,39	0,64	σ-1

1044



000205

QUADRO 5.5 - MÉDIA E LIMITE DOS PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS

		ALUVIÃO	DUNAS	COBERTURAS	BARREIRAS	SERRA GRANDE	JAIBARA	UBAJARA	ÍGNEAS	METAMÓRFICAS
PROF.	X	9,40	10,10	40,40	42,50	75,00	52,40	60,00	60,30	58,10
	90Z	15,60	12,10	80,00	58,00	102,00	75,50	81,00	81,00	76,00
N.E.	X	2,50	2,00	5,60	8,90	15,20	9,10	12,40	7,80	9,20
	90Z	4,70	3,35	13,60	16,00	33,20	17,50	21,50	14,00	17,00
N.D.	X	7,80	4,70	18,90	22,40	42,35	29,80	35,00	38,10	35,90
	90Z	6,80	6,20	46,00	37,00	62,00	48,50	57,20	60,00	56,00
G	X	8,10	6,50	7,20	4,70	4,10	3,60	5,00	2,50	2,87
	90Z	16,20	13,00	8,00	9,80	8,50	8,10	10,30	5,80	6,70
Q/SW	X	15,40	3,40	0,90	1,00	0,46	0,53	0,48	0,21	0,27
	90Z	43,50	10,00	2,55	2,60	1,00	1,25	1,40	0,55	0,75

X = Valor médio obtido pela distribuição de frequência  
 90Z = Limite abaixo do qual estão contidos 90% dos valores observados para o parâmetro considerado.

060206



QUADRO 5.6 - SÍNTESE DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS DE FORTALEZA

	DUMAS	DUMAS/RAPPEIRA	DUMAS/BARR /CRIST	BARREIRAS	BARREIRAS/CRIST.	CRISTALINO	
PROFUNDIDADE (m)	120,00	242,00	34,00	1080,00	842,00	119,00	DBS
	4,50	9,50	11,00	8,00	15,00	25,50	MIN
	25,00	100,00	120,00	114,00	107,00	105,00	MAX
	9,78	48,33	53,78	43,90	51,74	56,57	MED
	2,64	14,73	17,54	12,75	14,81	12,93	v-1
NÍVEL ESTÁTICO (m)	119,00	231,00	31,00	1020,00	779,00	116,00	DBS
	0,60	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	MIN
	6,40	55,00	12,60	48,50	78,00	70,00	MAX
	2,90	11,45	5,78	8,95	8,37	9,67	MED
	1,45	11,53	3,07	5,70	6,01	8,32	v-1
NÍVEL DINÂMICO (m)	119,00	231,00	31,00	1020,00	779,00	116,00	DBS
	1,90	0,00	7,50	3,70	0,00	6,20	MIN
	7,80	70,00	59,00	93,50	88,00	70,00	MAX
	4,55	25,54	28,41	23,07	31,34	34,13	MED
	1,30	13,69	12,99	10,91	13,37	14,22	v-1
VAZÃO (m <sup>3</sup> )	119,00	231,00	31,00	1020,00	779,00	116,00	DBS
	1,00	0,10	0,30	0,10	0,00	0,00	MIN
	13,00	36,60	15,80	68,00	25,00	24,00	MAX
	6,74	5,69	4,91	4,72	3,25	2,56	MED
	3,45	5,15	4,29	4,58	2,86	3,05	v-1
VAZÃO ESPECÍFICA (m <sup>3</sup> )	119,00	231,00	31,00	1020,00	779,00	116,00	DBS
	0,17	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	MIN
	23,00	12,00	2,92	30,00	22,50	15,80	MAX
	6,24	0,93	0,47	0,95	0,42	0,45	MED
	5,54	1,47	0,73	2,21	1,33	1,83	v-1

001207

UNIDADE 1 - MÉDIA E LIMITE DOS PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS DE FORTALETA

AQUÍFEROS //		DUNAS	DUNAS/BARREIRA	DUNAS/BARR /CRIST	BARREIRAS	BARREIRAS/CRIST.	CRISTALINO
PARAMETROS							
PROF	X	9.78	48.33	53.78	43.40	51.74	56.57
	90%	17.50	72.00	76.00	59.00	72.00	68.00
N.E	X	2.90	11.44	5.70	3.95	8.37	9.57
	90%	5.00	32.00	11.10	15.00	14.00	16.00
N.D	X	4.55	25.54	28.41	23.07	21.34	34.13
	90%	6.20	45.00	49.00	36.00	48.00	55.00
D	X	5.74	5.69	4.91	4.72	3.25	2.56
	90%	9.30	12.00	11.50	9.00	6.00	4.90
Q/sw	X	6.24	0.93	0.47	0.95	0.42	0.45
	90%	15.00	2.50	1.00	2.00	0.80	0.70

X = Valor médio obtido pela distribuição de frequência  
 90% = Limite abaixo do qual estão contidos 90% dos valores observados para o parâmetro considerado.

1047

000208





Carbonato	CO <sub>3</sub>	Potássio	K <sup>+</sup>
Nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		

Mesmo se considerando que, em geral, a sua concentração seja pequena, os ânions Nitrato e Carbonato e o cátion Potássio podem compor o grupo dos íons maiores. Pode-se, inclusive acrescentar o íon Ferroso (Fe<sup>++</sup>)

Os demais íons e substâncias dissolvidas se encontram, geralmente, em quantidades menores que os anteriores, sendo denominados Íons Menores os que representam menos de 1% do conteúdo iônico total e elementos traços os que estão presentes em quantidades dificilmente mensuráveis por meios químicos usuais

Dentre os íons menores podem se destacar

Ânions		Cátions	
Nitrato	NO <sub>2</sub>	Amônia	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Fluoreto	F	Manganês	Mn <sup>++</sup>
Brometo	Br	Estrôncio	Sr <sup>++</sup>
Sulfeto	S	Hidrogênio	H <sup>-</sup>
Fosfato	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Alumínio	Al <sup>+3</sup>
Hidróxido	OH		
Iodeto	I		

Essa classificação, relacionada com a concentração dos íons e substâncias dissolvidas, se refere às águas naturais, pois em águas contaminadas um elemento menor ou mesmo um elemento traço pode atingir concentrações compatíveis com as dos íons maiores

Os resultados obtidos da caracterização hidroquímica das águas subterrâneas permitem avaliar a variação da qualidade química das águas em função de seus diversos usos. Dentre eles foram contemplados o consumo humano, a irrigação, o fácies químico e a agressividade química da água

A seguir, são detalhadamente descritas as etapas a que foram submetidos os laudos de análise físico-química para que pudessem fornecer informações conclusivas acerca da utilização qualitativa da água

## 6.2 Tratamento dos Dados

Os dados aqui referidos dizem respeito a análises físico-químicas de águas subterrâneas obtidas durante a fase do Diagnóstico do PERH, onde foram inventariados os poços com suas respectivas análises de água. Desta maneira, foi possível atrelar o código da análise ao código do poço, quando do armazenamento dessas informações no banco de dados

### 6.2.1 Nível de Confiabilidade dos Dados

A veracidade de uma interpretação relacionada a hidroquímica depende fundamentalmente de dois aspectos

- coleta da amostra,
- análise laboratorial

A coleta da amostra de água aparentemente se mostra insignificante, todavia, é de fundamental importância que sejam tomados os seguintes cuidados

- verificar a limpeza dos frascos e demais materiais de coleta, evitando que a parte interna deles seja tocada,
- imediatamente após a coleta e preservação das amostras, colocá-las ao abrigo da luz solar,
- manter registro de todas as informações de campo, preenchendo a ficha de coleta para cada amostra,
- sempre que possível é conveniente realizar-se a medição do pH em campo, observando-se a temperatura da coleta, pois as águas subterrâneas normalmente encontram-se em um ambiente redutor onde, em geral, a pressão parcial dos gases dissolvidos no aquífero é maior que a pressão atmosférica. Quando do bombeamento da água para a superfície, o desprendimento desses gases pode acarretar um aumento do pH em relação ao original. Pode ocorrer também uma diminuição do pH pela oxidação do ferro originalmente solúvel (Fe<sup>++</sup>) para o ferro na forma insolúvel (Fe<sup>+3</sup>),
- quando o poço ou piezômetro se encontra em repouso, parte da coluna líquida contém água estagnada e parte contém água que se renova através do fluxo subterrâneo, sendo conveniente extrair uma vazão correspondente a pelo menos três vezes o volume do poço, antes de proceder a coleta<sup>(1)</sup>

Na certeza de que não houve quaisquer problemas com a coleta e acondicionamento da amostra, a água é submetida à análise laboratorial. Em geral, são analisados os íons maiores, alguns íons menores, a alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido e/ou consumido, a quantidade de sólidos totais dissolvidos ou resíduo seco, além de características físicas e organolépticas como turbidez, cor, odor, pH, condutividade elétrica e resistividade. Quando existe a desconfiança ou mesmo a susceptibilidade de poluição, pode ser solicitada a análise de metais pesados, pesticidas ou quaisquer substâncias que, em geral, estão presentes em concentrações muito

<sup>(1)</sup> GUIA para Coleta e Preservação de Amostra de Água CETESB 1988



pequenas, mas que devido a uma fonte de contaminação podem estar presentes em quantidades acima dos padrões estabelecidos

Realizada a coleta e a análise da água, o laudo de análise passa a constituir a única forma de identificação da água. Sendo assim, é necessário ter-se a certeza de que as informações ali contidas são passíveis de tratamento e os resultados obtidos de quaisquer interpretações refletem as características da água subterrânea em questão. Para que não sejam feitas interpretações inconsistentes, as análises devem ser submetidas à avaliação do erro correspondente ao equilíbrio iônico da água, ou seja, o peso equivalente, em meq/l, de cátions deve ser igual ao de ânions, ou, no máximo, com 10% de defasagem entre eles. O cálculo do erro é obtido através da fórmula

$$\text{Erro (\%)} = \frac{\sum \text{Ânions} - \sum \text{Cátions}}{\sum \text{Ânions} + \sum \text{Cátions}} \times 100$$

Como, em geral, os resultados das análises químicas são apresentados em mg/l e o cálculo do erro relaciona as quantidades dos íons em meq/l, os pesos dos íons principais devem ser transformados de mg/l para meq/l, conforme mostra o quadro 6.1

casos a presença dos íons maiores garante uma boa aproximação para esse valor. Os resultados são mostrados no quadro III - do Anexo 6.1 para as análises individualizadas por aquífero

### 6.2.2 Caracterização das Águas Subterrâneas

Uma das preocupações ao se detalhar um estudo hidroquímico é procurar estabelecer uma relação entre a geologia e a composição das águas subterrâneas. Essa relação evidentemente existe e pode ser definida, no entanto, muitos fatores interferem, entre eles a composição iônica da água da chuva, a evaporação e evapotranspiração, o tempo de contato da água com o aquífero, permeabilidade e a profundidade do aquífero, etc.

A princípio, pode-se afirmar que o tempo de contato é influenciado pela profundidade e pela permeabilidade do aquífero, ou seja, o tempo será maior em função do aumento da profundidade e da diminuição da permeabilidade, por isso, as águas profundas tendem a ser mais salinizadas, visto que a possibilidade de dissolver sais é maior.

Em geral, as águas de circulação tendem a aumentar sua mineralização até se saturarem nos diferentes íons. Entre os ânions, primeiro satura o

QUADRO 6.1 - BALANÇO IÔNICO

MESTRAL	FONTE	DATA	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l meq/l T meq/l)												SOMA EQUIVALENTES																																											
			Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Zn	Al	Si	CO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	CÁTIONS	ÂNIONS																																									
PERH 17	1	10/04/81	122	81	5	11	0	42	52	0	11	0	32	54	401	2	11	0	22	52	804	4	141	0	30	300	0	41	0	840	420	10	87	0	8	0	841	0	851	0	841	12	281	34	781	2	84											
PERH 15	1	12/25/81	3	11	0	11	0	82	7	64	0	21	0	82	54	701	2	11	0	34	35	801	5	4	0	531	324	701	5	52	0	11	24	301	0	304	0	404	38	801	2	711	0	251	0	401	0	401	110	801	7	0	41	3	451	10	801	17

No bloco 2 a quantidade exagerada de análises com erro maior que 10%, em muitos casos, está relacionada a um íon maior não analisado. Esse erro pode ser detectado qualitativamente relacionando-se o peso das substâncias dissolvidas na água com o valor expresso para o resíduo seco (RS) ou de sólidos totais dissolvidos (STD). Na realidade, o STD mede o peso de todas as substâncias dissolvidas na água, sejam ou não voláteis, enquanto o RS é o peso dos materiais resultantes da evaporação da água a 110°C ou 180°C. Aproximadamente

$$\text{STD} = \text{RS} + 1/2 \text{CO}_3\text{H em ppm ou mg/l}^{(1)}$$

Caso se disponha de uma análise relativamente completa, o STD pode ser determinado pela soma dos íons e substâncias presentes, sendo que o bicarbonato deve ser transformado em equivalente de carbonato antes da soma, pois durante o aquecimento parte dele se decompõe em CO<sub>2</sub>, que evapora.

Como procedimento metodológico, foi estabelecido que o STD deve ser calculado para todas as análises com erro menor que 10%, já que nesses

bicarbonato, inclusive desde a infiltração e, em seguida, o íon sulfato. O íon cloreto não chega a saturar-se normalmente. Entre os cátions primeiro satura o cálcio, depois o magnésio e o íon sódio não chega normalmente a saturar. A seqüência de saturação está relacionada à composição inicial da água, ao aporte mineral da rocha e ao tempo de contato.

Cátions Ca<sup>++</sup> -> Mg<sup>++</sup> -> Na<sup>+</sup>

Ânions CO<sub>3</sub>H -> SO<sub>4</sub> -> Cl

As concentrações iônicas, pelo que foi colocado, podem se modificar de um aquífero para outro, num mesmo aquífero, desde que consideradas profundidades diferentes, e/ou em épocas diferentes. Sendo assim, para se conhecer a evolução hidroquímica de um aquífero é necessário ter-se em mente os fatores que interferem na caracterização.

No tocante à caracterização hidroquímica realizada no âmbito do PERH, foi considerado somente

(1) CUSTODIO E & Llamas, M R - Hidrologia Subterrânea Tomo II 1976

o aquífero captado, tendo em vista que as análises disponíveis foram coletadas em épocas e condições aleatórias, geralmente relacionadas à data de perfuração do poço. Com isso, os resultados apresentados refletem as características médias dos aquíferos e passam a constituir um balizador para trabalhos a serem desenvolvidos em uma escala de maior detalhe.

As várias formas de classificação das águas propostas neste item são fundamentalmente gráficas, o que facilita a apresentação e a compreensão.

Os métodos e rotinas adotados no PERH são compatíveis com o desenvolvimento de quaisquer tipos de trabalhos que, porventura, venham a ser desenvolvidos na área de hidroquímica, em continuidade a este. A preocupação em desenvolver um sistema informatizado teve por objetivo facilitar e agilizar uma tarefa que se tornaria extremamente dispendiosa, tendo em vista a quantidade de informações e o tempo exíguo. Por outro lado, se revelou como uma ferramenta acessível a qualquer pessoa que necessite de resultados objetivos de caracterização hidroquímica, munida tão-somente do laudo de análise físico-química. A correlação com a geologia ou quaisquer outros fatores externos, evidentemente só poderá ser realizada por um profissional habilitado.

A seguir, são apresentados os parâmetros de classificação que compõem o sistema informatizado de caracterização hidroquímica.

#### A - FÁCIES QUÍMICO

Entende-se por fácies químico de uma água a classificação geoquímica condicionada pela predominância iônica. Para tanto, foi adotado o Diagrama Triangular de Piper, onde são representados os ânions  $\text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3$ ,  $\text{Cl} + \text{NO}_3$  e os cátions  $\text{Na}^{++} + \text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ , conforme ilustra a figura 6.1 A. Estes íons estão reduzidos ao peso percentual em meq/l (%r), sendo que cada vértice corresponde a 100% de um ânion ou um cátion.

A vantagem desta classificação é a possibilidade de se representar várias análises no mesmo diagrama, facilitando, inclusive, a visualização do comportamento químico de um grupo de análises provenientes de um mesmo aquífero ou de uma determinada bacia. Como limitante tem-se a impossibilidade de se representar mais de três características por triângulo, todavia, esta deficiência é suprida pelas outras formas de classificação propostas no sistema informatizado do PERH.

A classificação do fácies químico deduzida a partir do Diagrama de Piper resulta em onze tipos de água, conforme ilustra a figura 6.1 B.

#### B - POTABILIDADE PARA CONSUMO HUMANO

A potabilidade é definida em função da concentração máxima de íons e substâncias dissolvidas e características físicas de uma água. No

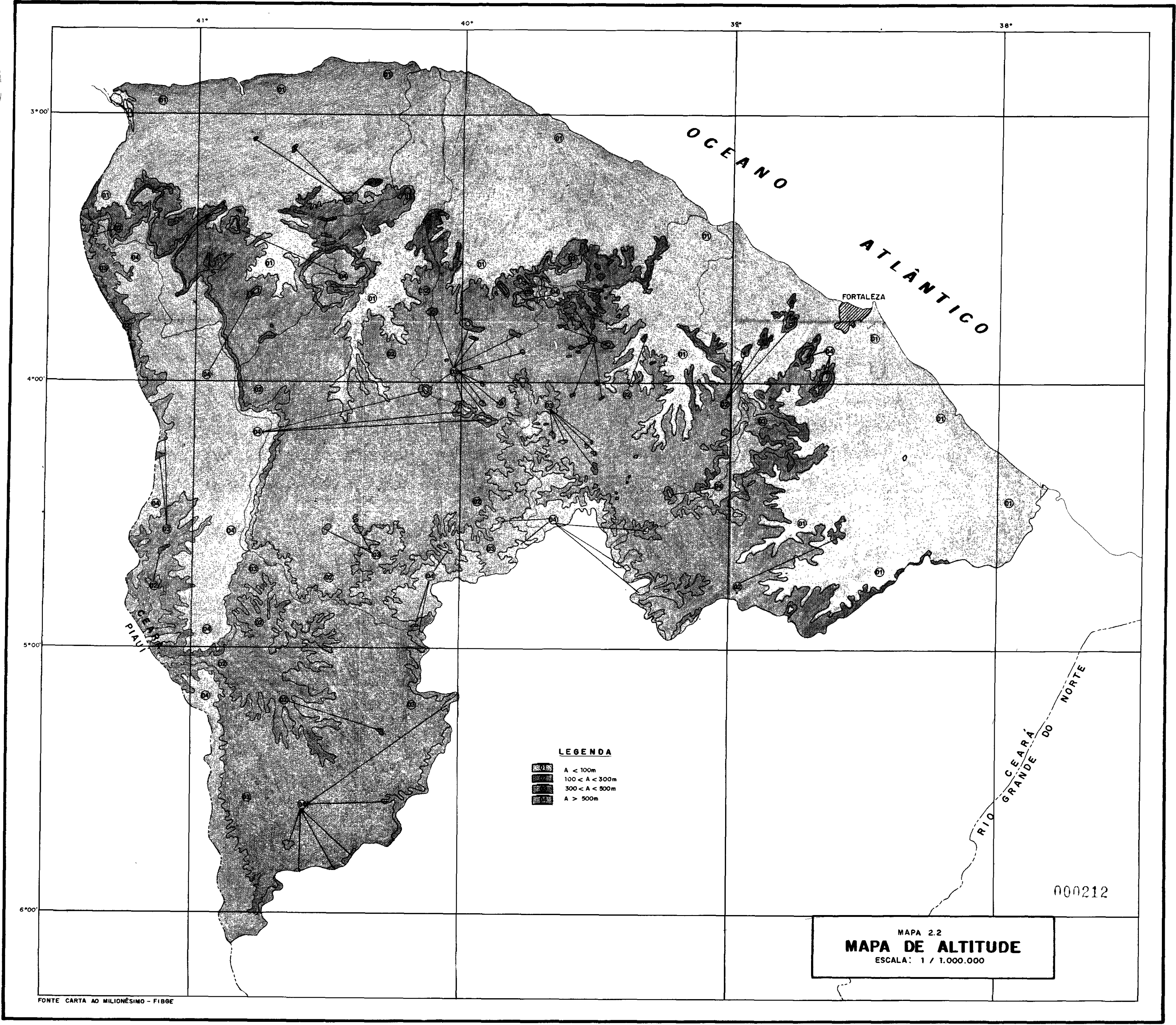
Brasil, estes limites estão definidos pela Portaria nº 36 de 19/01/90, do Ministério da Saúde, que estabelece as normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano.

Para efeitos práticos, as análises inventariadas pelo PERH foram submetidas a uma classificação de potabilidade relativa, utilizando-se para tanto, o Diagrama Logarítmico de Schoeller-Berkaloff, onde são representadas as concentrações absolutas em meq/l dos íons principais, em linhas eqüidistantes e dispostas de cima para baixo com os íons  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na} + \text{K}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $+\text{CO}_3\text{H}$  e  $\text{NO}_3$ , conforme a Figura 6.2.





As concentrações de cada íon são indicadas na linha respectiva e a união dos pontos resulta numa linha quebrada, delimitada por uma classe de potabilidade.

A potabilidade da água para o consumo humano não se restringe exclusivamente à forma de classificação aqui proposta, alguns íons e substâncias dissolvidas podem causar danos à saúde, se estiverem presentes na água em concentração acima da tolerância. Um fato interessante a ressaltar é que, muito embora estejam estabelecidos os limites máximos para os parâmetros analisáveis, determinadas populações têm adequado seu organismo ao consumo de água cujo nível de potabilidade está fora dos padrões estabelecidos. Este fato é verificado em diversas localidades de pequeno porte do interior do Estado, onde a fonte de abastecimento é feita através de poços tubulares perfurados em rocha cristalina, observando-se uma alta salinidade.





**LEGENDA**

-  A < 100m
-  100 < A < 300m
-  300 < A < 500m
-  A > 500m

MAPA 2.2  
**MAPA DE ALTITUDE**  
 ESCALA: 1 / 1.000.000

000212

FONTE CARTA AO MILIONÉSIMO - FIBGE



FIGURA 6 1 A - DIAGRAMA DE PIPER

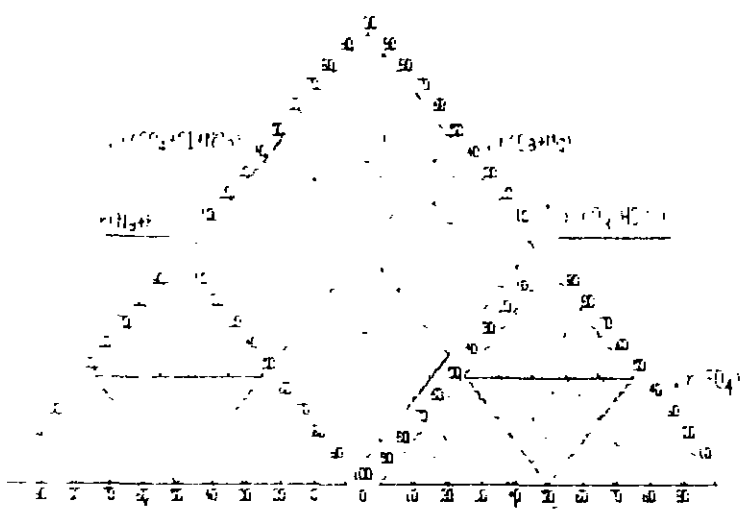


FIGURA 6 1 B - CLASSIFICAÇÃO DOS FÁCIAS QUÍMICAS

- Fácias naturais
- Fácias artificiais
- Fácias de origem natural
- Fácias de origem artificial
- Fácias de origem natural e artificial
- Fácias de origem natural e artificial e de origem natural
- Fácias de origem natural e artificial e de origem natural e artificial
- Fácias de origem natural e artificial e de origem natural e artificial e de origem natural
- Fácias de origem natural e artificial e de origem natural e artificial e de origem natural e artificial e de origem natural

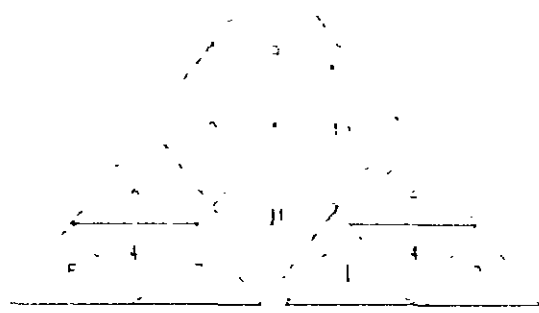
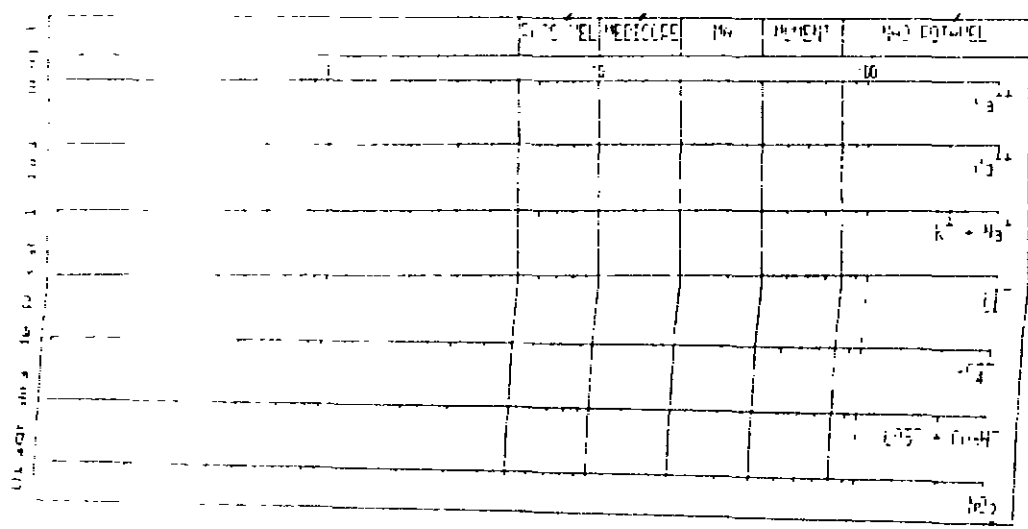


FIGURA 6 2 - DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF



## C - CLASSIFICAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO

A utilização da água para uso agrícola é influenciada por uma série de fatores, quais sejam tipo de solo, o clima, o método de irrigação e a cultura a ser plantada, além da sua qualidade química

O método adotado para classificar as águas subterrâneas com vistas à irrigação se baseia no gráfico desenvolvido pelo U S Salinity Laboratory Staff, em que se considera

- a concentração total de sais solúveis expressos mediante a condutividade elétrica em micromhos/cm ou microsiemens/cm a 25°C,
- a concentração relativa de sódio em relação ao cálcio e magnésio, denominado SAR (sodium adsorption ratio) ou razão de adsorção de sódio. Esta razão é definida da seguinte forma

$$SAR = \frac{rNa}{\frac{rCa + rMg}{2}}$$

Na figura 6.3 são classificadas as 20 categorias de águas resultantes do cruzamento da condutividade (C), que estabelece o risco de salinização do solo, com o SAR, que estabelece o risco de alcalinização do solo ou risco de sódio (S). Individualmente, as categorias podem ser assim descritas (Logan<sup>1)</sup>)

### Riscos de Salinização

C<sub>1</sub> água de baixa salinidade. Condutividade entre 100 e 250  $\mu$ S/cm. Pode ser usada para a maior parte das culturas e solos com pouco risco de salinização do solo

C<sub>2</sub> água de salinidade média. Condutividade entre 250 e 750  $\mu$ S/cm. Pode ser usada em solos com um grau moderado de lixiviação, em plantas de tolerância moderada aos sais

C<sub>3</sub> água altamente salina. Condutividade elétrica entre 750 e 2.250  $\mu$ S/cm. Pode ser usada em solos bem drenados, em plantas muito tolerantes aos sais

C<sub>4</sub> água de salinidade muito alta. Condutividade entre 2.250 e 5.000  $\mu$ S/cm. Não é apropriada, em geral, para irrigação. Pode ser usada se selecionadas culturas com tolerância muito alta aos sais em solos permeáveis, bem drenados e com excesso de água, a fim de favorecer a lixiviação

C<sub>5</sub> água de altíssima salinidade. Condutividade entre 5.000 e

20.000  $\mu$ S/cm. Serve apenas para terrenos extremamente permeáveis e para plantas com altíssima tolerância aos sais, tipo palmeiras

### - Risco de Alcalinização

S<sub>1</sub> água com baixo teor de sódio. Pode ser usada na grande maioria dos solos com raras possibilidades de atingir concentrações elevadas de sódio

S<sub>2</sub> água com teor médio de sódio. Pode apresentar risco em condições de lixiviação deficiente, em solos de textura fina com alta capacidade de troca de cátions,

S<sub>3</sub> água com alto teor de sódio. Na maioria dos solos poderá ocorrer concentração de sódio em teores nocivos, por isso é necessário boa drenagem, lixiviação intensa e adição de matéria orgânica para que possa ser utilizada,

S<sub>4</sub> água com teor de sódio muito elevado. Em geral é inadequada à irrigação, exceto com salinidade baixa ou média e havendo possibilidade de dissolução do cálcio do solo

Esta classificação se mostra bastante abrangente e sua forma de apresentação gráfica permite representar várias amostras simultaneamente

Como em todas as formas de classificação, o fator limitante está relacionado à impossibilidade de se avaliar a toxicidade de um íon específico. No caso da irrigação vale a pena averiguar o conteúdo de boro, pois mesmo que este íon seja necessário, existe um limite de tolerância em função da sensibilidade das plantas

## D - INCRUSTAÇÃO E CORROSÃO

As causas mais importantes relacionadas à perda de eficiência de um poço bem construído, estão associadas a dois fenômenos chamados incrustação e corrosão. Seus efeitos se traduzem na diminuição da vazão específica e até no colapso do poço

A incrustação consiste em uma deposição de materiais em diversas partes das captações de água, atuando muitas vezes como um cimento. Pode ocorrer, em alguns casos, que o ferro, produto da corrosão da tubulação do poço, se precipite em outro ponto, dando origem, simultaneamente, à corrosão e incrustação

As ferro-bactérias muito comuns nos poços perfurados em aquíferos freáticos e águas com elevado teor de ferro (> 1 mg/l), podem originar significativos precipitados de compostos férricos, como, por exemplo, nos poços da CAGECE perfurados nos aluviões do Rio Acaraú, na cidade de Morrinhos

<sup>(1)</sup> LOGAN, J - The Interpretation of chemical analyses of water 1965 USAID Recife



A corrosão consiste num ataque à superfície dos materiais, originando sua desagregação, dissolução ou alterações de suas propriedades

Muitos fatores concorrem para os processos de incrustação e corrosão, mas assumem papel importante o pH da água e os conteúdos de  $\text{CO}_2$  dissolvidos  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{Ca}^{++}$

Vale ressaltar que para manter o  $\text{HCO}_3^-$  em dissolução, deve existir uma certa quantidade de  $\text{CO}_2$  dissolvido em equilíbrio, o que supõe um certo valor do pH de equilíbrio

A determinação do valor do pH de equilíbrio (pHe) também chamado de pH de saturação (pHs), pode ser feita utilizando-se o Gnomograma de Hoover-Langelier em que são considerados a temperatura da água, o resíduo seco, a concentração de cálcio e a alcalinidade total (figura 6.4) Outra forma de se determinar o pHs é utilizando o gráfico para definição da constante de sólidos totais (C), potencial de alcalinidade (pAlc) e potencial de cálcio (pCa) cuja soma resulta no valor do pHs

Com base no valor do pH real da água a  $25^\circ\text{C}$  e no pHs, pode-se obter a agressividade da água, definida pelo Índice de Langelier (I) ou pelo Índice de Estabilidade de Rysnar (IER)

\* Índice de Langelier

$$I = \text{pH} - \text{pHs}$$

$I > 0$  Água incrustante

$I = 0$  Água neutra

$I < 0$  Água corrosiva

\* Índice de Rysnar

$$\text{IER} = 2\text{pHs} - \text{pH}$$

4,0 a 5,0 Muito incrustante

5,0 a 6,0 Moderadamente incrustante

6,0 a 7,0 Neutra

7,0 a 7,5 Moderadamente corrosiva

7,5 a 9,0 Corrosiva

$> 9,0$  Muito corrosiva

E - ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS (Custódio & Llamas<sup>(1)</sup>)

Os índices hidrogeoquímicos são as relações entre os íons dissolvidos em uma água. Estas relações podem indicar um certo relacionamento com a litologia da qual a água procede, ou indicar uma determinada característica da água

As relações mais utilizadas são apresentadas abaixo e seus valores são expressos em meq/l (r)

- Relação rMg/rCa

Nas águas continentais varia frequentemente entre 0,3 e 1,5. A água do mar tem esta relação em torno de 5,0 e, por isso, águas que circulam em formações marinhas têm também esta relação elevada. Aumento do conteúdo em cloretos e da relação rMg/rCa é um índice de contaminação marinha

- Relação rK/rNa

Em águas doces pode variar entre 0,001 e 1, sendo mais frequente entre 0,004 e 0,3

Em geral, esta relação tende a diminuir, conforme a salinidade aumenta

- Relações rNa/rCa e rNa/(Ca + Mg)

O interesse destas relações é o de indicar possíveis processos de trocas de bases, no entanto, a precipitação ou dissolução de sais de cálcio alteram essas relações sem produzir troca de bases

- Relação rCl/rCO<sub>3</sub>H

Esta relação é muito útil para caracterizar a intrusão marinha, já que em águas continentais varia entre 0,1 e 5,0 e na água do mar varia entre 20 e 50. O aumento desta relação pode ser um indicativo do processo de concentração salina no sentido do fluxo subterrâneo

- Relação rSO<sub>4</sub>/rCl

Em águas de salinidade baixa, esta relação pode ser semelhante à relação do aquífero e seu valor se mantém aproximadamente constante ao se concentrar à água

- Índice de desequilíbrio entre Cloretos e Alcalinos ou Índice de Troca de Bases (ITB)

A troca de bases não altera primariamente o total, em meq/l, dos íons dissolvidos, mas altera o resíduo seco, em consequência das variações dos pesos equivalentes

Este índice é representado pela seguinte relação

$$\text{ITB} = \frac{\text{rCl} - \text{r}(\text{Na} + \text{K})}{\text{rCl}}$$

<sup>(1)</sup> CUSTÓDIO, E & Llamas, M R - Hidrologia Subterrânea Tomo I Ed Omega - Barcelona 1976

FIGURA 6.3 - CLASSIFICAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO

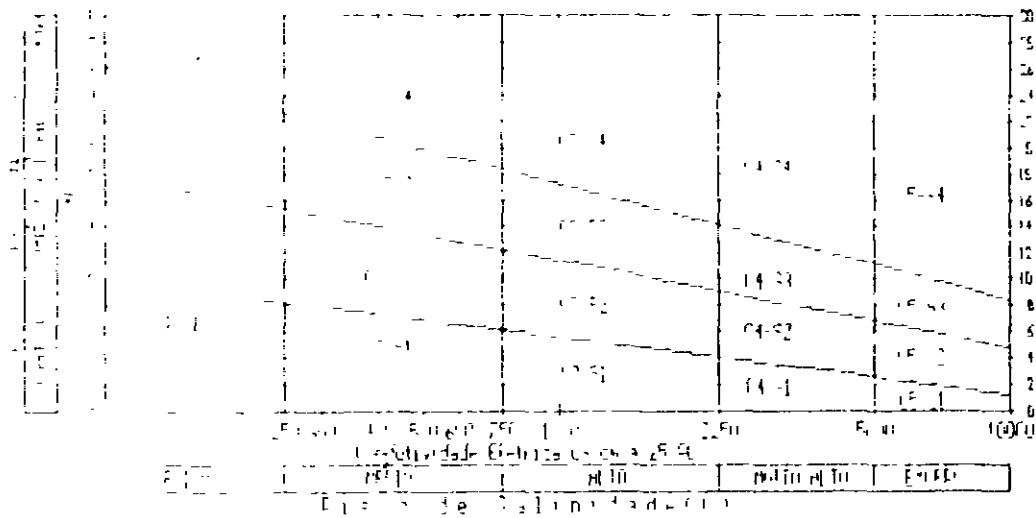
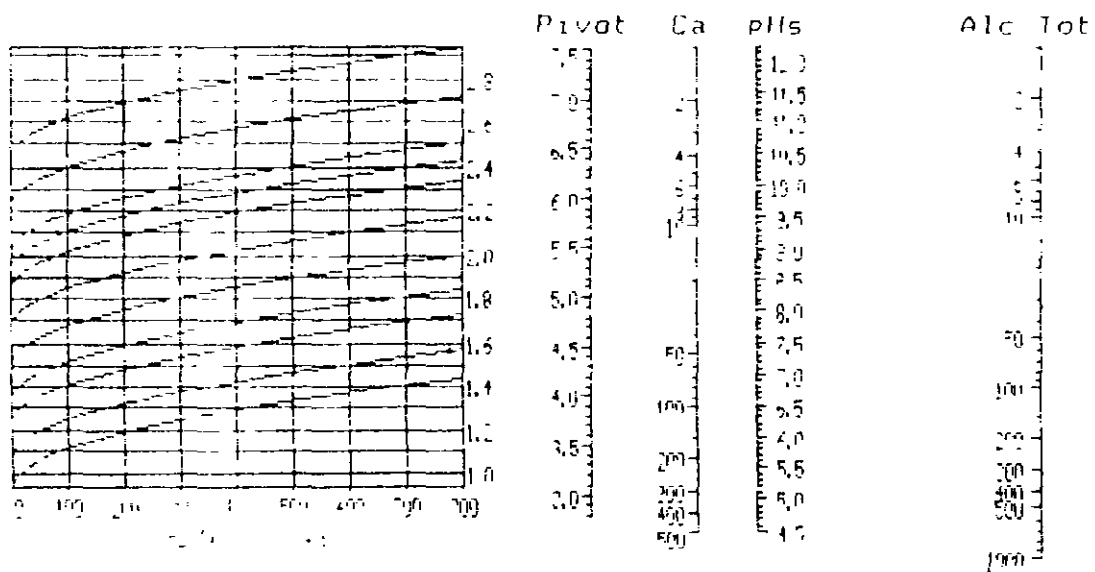


FIGURA 6.4 - GNOMOGRAMA DE HOOVER-LANGELIER



000216

Em uma água subterrânea, este valor pode assumir um valor positivo ou negativo, em geral próximo de zero. Se existe um abrandamento (troca de  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  por  $Na^{++}$ ), seu valor tende a diminuir, e quando há endurecimento, tende a crescer. Sendo assim, a troca de base não vem definida por um valor absoluto, mas por uma variação.

Em águas onde são dominantes os íons  $Cl^-$  e  $Na^+$ , pode haver um expressivo abrandamento sem que o valor do ITB se modifique, pois o  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  estão em quantidades bem menores. Neste caso, pode-se empregar a seguinte relação para expressar o ITB

$$ITB(-) = \frac{rCl - r(Na + K)}{r(SO_4 + CO_3 + NO_3)}$$

O valor do ITB tende a crescer lentamente com o aumento da salinidade da água.

### 6.2.3 Discussão dos Resultados

A discussão dos resultados obtidos pela caracterização hidrogeoquímica será conduzida de forma a

- estabelecer as características químicas de cada aquífero,

- avaliar comparativamente a qualidade hidroquímica dos aquíferos

Para cada aquífero, são apresentadas, de forma gráfica, as classificações propostas no item 6.2.2 e os resultados condensados no quadro III. O quadro I se refere ao balanço iônico e cálculo do erro da análise, sendo apresentados os resultados das análises com erro menor que 10%. O quadro II apresenta o resultado das principais relações iônicas da água (Vide anexo 6.1).

De um total de 1219 análises, somente 100 foram submetidas à caracterização hidroquímica, já que a grande maioria tem erro de análise maior que 10%. O quadro 6.2 mostra a quantidade de análises por aquífero, que foi submetida à classificação, e a figura 6.5 mostra a frequência do erro percentual. Estes resultados demonstram a falta de preocupação com respeito à qualidade da água, isso sem considerar que muitos dos poços perfurados jamais tiveram suas águas analisadas. O que se pode verificar é que, em muitos casos o erro é consequência da ausência de um íon principal no laudo da análise, e não propriamente da manipulação da água no laboratório. Na verdade, não existe regulamentação exigindo a execução de análise completa, ficando difícil a solução deste problema a curto prazo.

Não há dúvida que se houvesse um número maior de análises confiáveis a discussão poderia ser mais intensificada, mas dada a regularidade de ocorrência de cada uma das unidades em que se verifica uma certa homogeneidade de características hidrogeológicas, é possível assim mesmo obter

QUADRO 6.2 - QUANTIDADE DE ANÁLISES  
COM ERRO < 10%

UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	QUANTIDADE
Aluvião	30
Dunas	20
Colúvios	-
Elúvios	03
Barreiras	02
Serra Grande	08
Uba-jara	-
Jaibara	-
Complexo ígneo	06
Complexo Metamórfico	31
TOTAL	100

conclusões objetivas sobre a caracterização hidrogeoquímica.

Com base nas informações disponíveis, são discutidos, a seguir, os resultados hidroquímicos das unidades sedimentares e cristalinas.

#### - Unidades Sedimentares

As águas provenientes dos aquíferos sedimentares são invariavelmente de melhor qualidade que aquelas obtidas dos poços no Cristalino. A restrição principal, comum a todas elas, diz respeito à natureza agressiva, o que deve despertar a atenção para o tipo de revestimento a ser especificado no momento de construção dos poços.

As características particulares dos principais aquíferos são descritas a seguir.

#### - Aluvião

A classificação do fácies químico das águas dos aluviões revela uma predominância de águas mistas e cloretadas-sódicas. A frequência de valores menores que 1,5 para a relação  $rMg/Ca$  e menores que 5,0 para a relação  $rCl/HCO_3$ , indicam a predominância de águas continentais. Valores anômalos podem ser verificados na foz dos rios, quando existe a possibilidade de contaminação marinha, como no caso de Cruz (aluviões do Rio Acaraú), em que os valores das relações  $rMg/Ca$  e  $rCl/HCO_3$  são maiores que 1,5 e maiores que 20, respectivamente.

Apesar da alta vulnerabilidade dos aquíferos aluvionares, apresentam águas de boa potabilidade, chegando a passável quando a concentração de  $NaCl$  (Cloreto de sódio) é mais elevada.

A captação dessas águas subterrâneas pode ser feita por poços tubulares ou amazonas. No caso de poços tubulares deve-se tomar a precaução de revesti-los com PVC ou aço inox, já que as águas apresentam caráter predominantemente corrosivo.

Tem-se verificado, com certa frequência, valores elevados de ferro ( $> 1,0$  mg/l), o que oferece uma certa aversão ao consumo da água, tendo em

vista que esta característica modifica a coloração da água. O problema, no entanto, pode ser resolvido se utilizado o processo de aeração para tratamento da água.

O aproveitamento dos aluviões para a irrigação pode ser recomendado quando houver boa drenagem dos solos, já que o risco de salinidade, em geral, é alto. A classificação varia de  $C_2-S_1$  a  $C_4-S_2$ .

#### Dunas

A classificação do fácies químico das águas armazenadas nas dunas revela uma predominância de águas de natureza cloretada-sódica, tendo em vista a proximidade do mar. A prova disto está nos valores elevados obtidos para as relações  $rMg/Ca$ ,  $rCl/HCO_3$  e  $rCl/SO_4$ , que demonstram índices de contaminação marinha.

Apesar da alta vulnerabilidade do aquífero, apresenta água de boa potabilidade, podendo ser considerada passável, quando a concentração de cloreto de sódio é mais elevada.

O Índice de Estabilidade de Rysnar revela um caráter muito corrosivo para estas águas, o que deve ser levado em consideração quando da construção de poços, para que o material da seção filtrante seja de PVC ou aço inox.

O aquífero Dunas pode ser utilizado para irrigação sem grandes precauções quanto ao risco de salinização do solo, já que apresenta águas do tipo  $C_2-S_1$ . A viabilização fica restrita à capacidade de atendimento da vazão necessária.

#### Formação Serra Grande

A quantidade de análises disponíveis não permite uma ampla discussão das características destas águas, mas, pela classificação de Piper, predominam águas do tipo bicarbonatadas-sódicas, condizentes com o aquífero em questão, que se caracteriza por níveis piezométricos pouco profundos e proximidade à área de recarga com constante renovação, denunciando um estágio inicial de mineralização.

A potabilidade é considerada boa pela classificação de Schoeller-Berkaloff e a agressividade da água é caracterizada pelo seu caráter muito corrosivo, confirmado pela deteriorização da seção filtrante de um dos poços da CAGECE, destinados ao abastecimento público de Carnaubal.

Das análises disponíveis, a qualidade química destas águas pode ser amplamente aplicada em quaisquer solos ou culturas, já que o tipo predominante é  $C_1-S_1$ .

- Domínio Cristalino (Complexos Ígneo e Metamórfico)

A caracterização hidroquímica das rochas cristalinas (ígneas e metamórficas) foi sempre alvo de

longas discussões, principalmente no que se refere à origem da elevada salinização destas águas.

Dos resultados obtidos através do Diagrama de Piper, predominam os tipos iônicos cloretada-mista e bicarbonatada. A existência destes dois tipos iônicos vem ratificar a complexidade da circulação das águas subterrâneas em rochas cristalinas, já que o íon cloreto é o último ânion a ser saturado, enquanto a característica mista indica águas de infiltração recente. A natureza bicarbonatada se refere também ao início da saturação dos íons da água, em ordem, saturam-se ( $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$ ).

A salinização das águas do cristalino pode estar relacionada 1) à concentração de sais decorrente da circulação deficiente, 2) à solubilização de sais da rocha em consequência de um longo tempo de contato, 3) à infiltração de sais do meio não-saturado para o interior do aquífero durante o processo de recarga através de águas pluviais.

Motivada pela elevada concentração salina (STD > 500 mg/l), a potabilidade varia de passável a má. No entanto, a inexistência de outras fontes hídricas determina, muitas vezes, o consumo destas águas em comunidades rurais. Na verdade, concentrações salinas muito elevadas raramente ocorrem nas águas subterrâneas do cristalino estudado no Bloco 2, conforme revelam os gráficos de frequência do resíduo seco, STD e condutividade elétrica obtidos das análises químicas disponíveis (figura 6.6). Em 90% dos casos, o STD está dentro dos padrões ( $< 1.000 \text{ mg/l}$ ) e em 60%, abaixo de 500 mg/l.

A agressividade química destas águas é, em geral, neutra, minimizando, assim, os problemas de manutenção de equipamentos de bombeamento instalados nos poços do cristalino.

### 6.3 Qualidade das Águas Subterrâneas

O estudo referente à qualidade química das águas deve partir do pressuposto de que as características da água estão vinculadas à sua utilização.

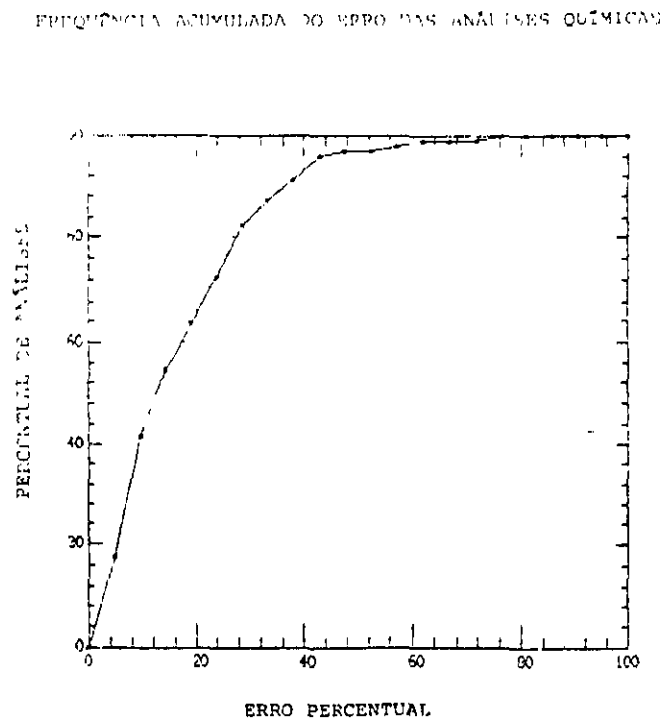
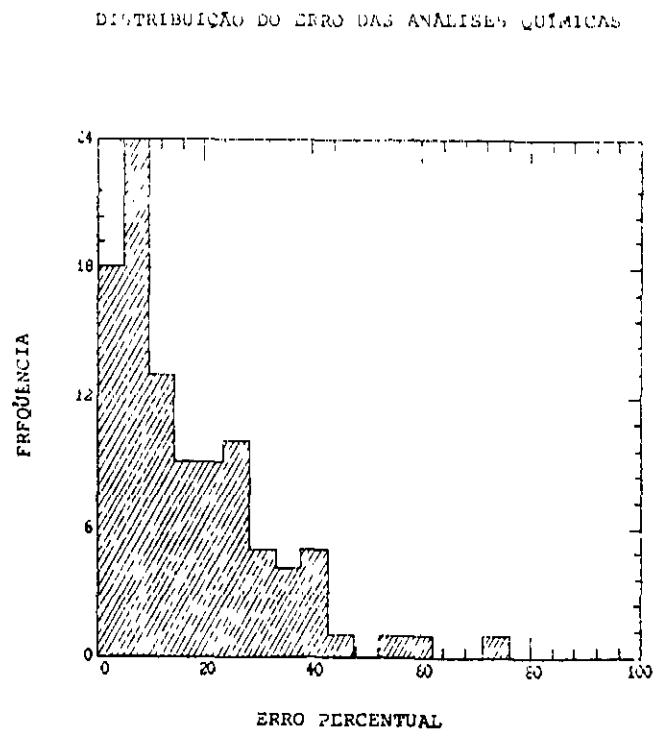
As águas subterrâneas têm uma capacidade maior de dissolver materiais que as águas superficiais e, por isso, suas concentrações salinas são maiores. Da mesma forma, possuem maiores condições de reduzir os materiais em suspensão, eliminar a matéria orgânica e outros poluentes, o que lhes confere, em linhas gerais, qualidade química superior às águas superficiais.

Os principais usos a que as águas podem ser destinadas são para o consumo humano, irrigação, indústria e consumo animal.

#### 6.3.1 Qualidade para Consumo Humano

A qualidade da água destinada ao consumo humano é de fundamental importância e muitos são

FIGURA 6.5



os fatores que podem intervir para atetar as suas características

Em geral, a água potável é definida como aquela que pode ser consumida pelo homem, sem risco para a sua saúde. A potabilidade vai depender das características físicas, químicas e bacteriológicas da água. Do ponto de vista químico, a potabilidade é considerada em função dos limites de tolerância dos elementos e substâncias presentes na água, e a potabilidade bacteriológica é considerada quando a água está isenta de bactérias patogênicas.

No Brasil, as normas e padrão de potabilidade de água destinada ao consumo humano estão regulamentados pela Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990, do Ministério da Saúde, onde constam os valores máximos permissíveis (VMP) das características físicas, organolépticas e químicas da água potável, conforme mostra o quadro 6.3.

### 6.3.2 Qualidade para irrigação

A água destinada à irrigação está sujeita a variantes que dependem da cultura a ser plantada e da natureza do solo. Os efeitos que a água pode causar nesses parâmetros podem ser quantificados através da classificação desenvolvida pelo U.S. Salinity Laboratory Staff, que considera o valor do SAR (razão de adsorção de sódio) e da condutividade elétrica. O resultado são classes de água relacionadas ao risco de alcalinização e salinização do solo, cujos efeitos são variáveis, em função da tolerância das plantas aos sais e da capacidade de drenagem do solo.

### 6.3.3 Qualidade para indústria

A diversidade de usos que a água pode atender na área industrial é muito grande, porém pode-se estabelecer duas formas de utilização geral: caldeiras e refrigeração.

Os processos de incrustação e corrosão, descritos no item 6.2.2.D, exercem grande importância na definição da qualidade da água a ser utilizada em caldeiras e refrigeração.

A água para refrigeração deve ser fria e não-corrosiva, com turbidez menor que 50 mg/l de SiO<sub>2</sub> e dureza menor que 100 mg/l em CaCO<sub>3</sub> (Custódio, 1976).

O bom funcionamento das caldeiras requer águas cujos constituintes não favoreçam o desenvolvimento de incrustações ou corrosão. O quadro 6.4 define os padrões de água para caldeira.

Os limites de tolerância são distintos para cada tipo de indústria, conforme ilustra o quadro 6.5.

## 7 APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 7.1 Aspectos Gerais

No Estado do Ceará, cerca de 60% das localidades atendidas pela CAGECE e 71% das atendidas pela FSESP têm o abastecimento público assegurado através de água subterrânea. A frequência de aproveitamento dos aquíferos por estas entidades é ilustrada na figura 7.1.

Conforme ficou definido nos termos de referência do PERH, o seu principal objetivo é estabelecer critérios e alternativas para o suprimento de água para o consumo humano em épocas de estiagem. A avaliação do potencial e disponibilidade de água subterrânea é considerada para um determinado aquífero, mas é importante saber qual a melhor alternativa de abastecimento de um núcleo habitacional, em função dos recursos hídricos disponíveis na região. Em geral, o aproveitamento de águas subterrâneas é motivado por apresentar um nível de potabilidade mais elevado que as águas superficiais, dispensando tratamento químico convencional. A relativa facilidade em perfurar poços possibilita, em muitos casos, a obtenção de água de boa qualidade a distâncias pequenas, minimizando os custos de adução. Isso sem considerar o tempo e o custo de execução de um poço, em relação à construção de uma barragem.

### 7.2 Alternativas de Captação

O critério de escolha da alternativa de captação em qualquer região e em qualquer época, inclusive em períodos de estiagem, deve levar em consideração os seguintes aspectos:

- **Social** a população a ser beneficiada deve opinar sobre a alternativa. O conhecimento de soluções propostas anteriormente podem vir à tona e serem descartadas ou aceitas. Há casos em que a população se nega a consumir água de determinada fonte hídrica, o que deve ser respeitado ou no mínimo levantadas as causas da rejeição para decidir sobre sua fundamentação. A educação e o poder de convencimento são aliados na proposição de alternativas de captação, onde o papel de um assistente social é de grande importância. Programas de grande envergadura, como o PAPP - Programa de Apoio ao Pequeno Produtor, tiveram muitos insucessos pela falta de educação e conscientização da população em debelar pequenos problemas de ordem operacional em sistemas singelos de abastecimento.
- **Aquífero** a pesquisa de manancial subterrâneo deve ser conduzida sabendo-se antecipadamente a demanda requerida. A disponibilidade hídrica passa a ser função da quantidade



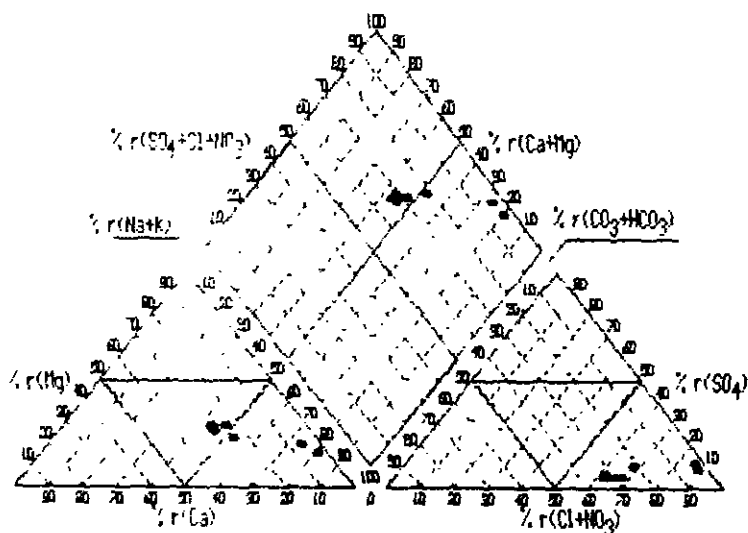
ADENDO 6.1

000221

---

# CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIES QUÍMICO

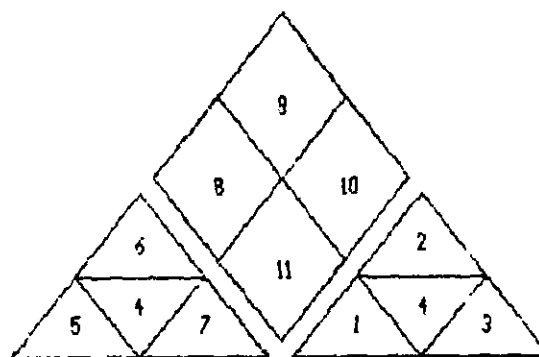
## - DIAGRAMA DE PIPER



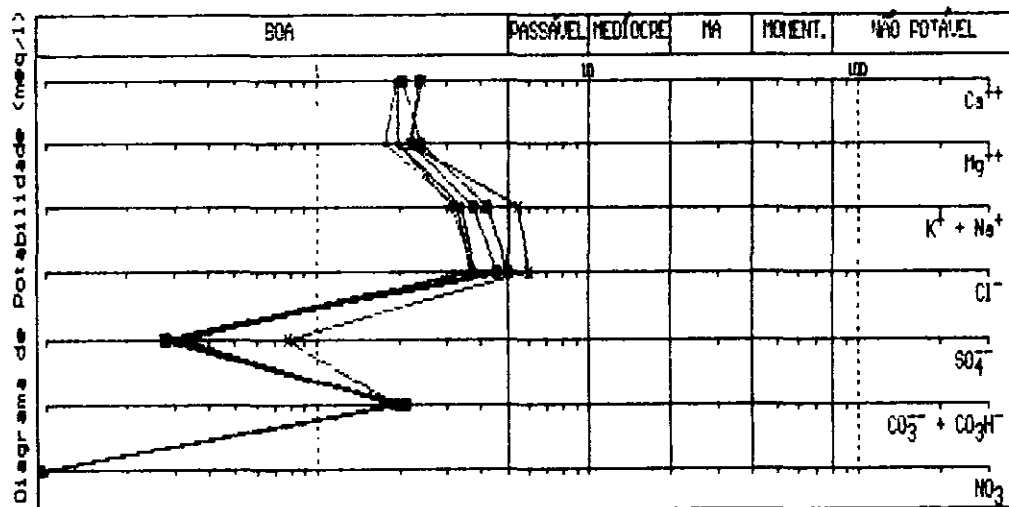
Aquífero QHA

No de Amostras 9

- I Bicarbonatada
- II Sulfatada
- III Clorurada
- IV Mistá
- V Cálcica
- VI Magnésica
- VII Sódica
- VIII Bicarbonatada Cálcica e/ou Magnésica
- IX Sulfatada Cálcica e/ou Clorurada Cálcica e/ou Magnésica
- X Clorurada Sódica e/ou Sulfatada Sódica
- XI Bicarbonatada Sódica

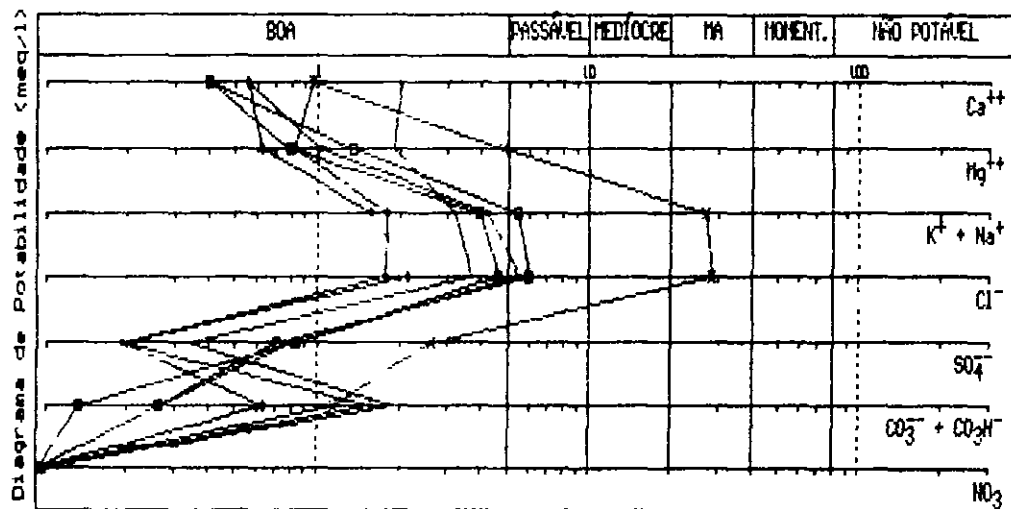


CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO  
 - DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKHOFF



Aquífero QHA  
 No de Amostras 6

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO  
 - DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF

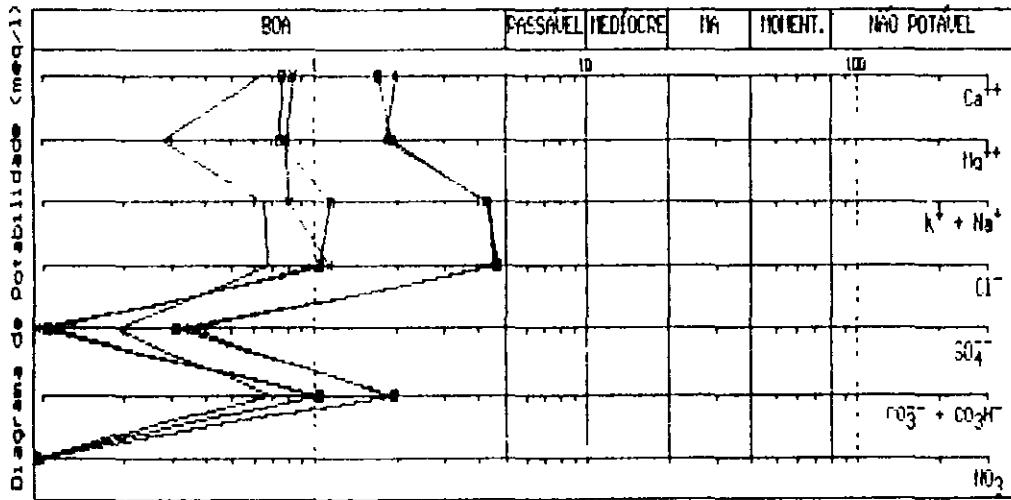


Aquífero QHA  
 No de Amostras 7



CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO

- DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF

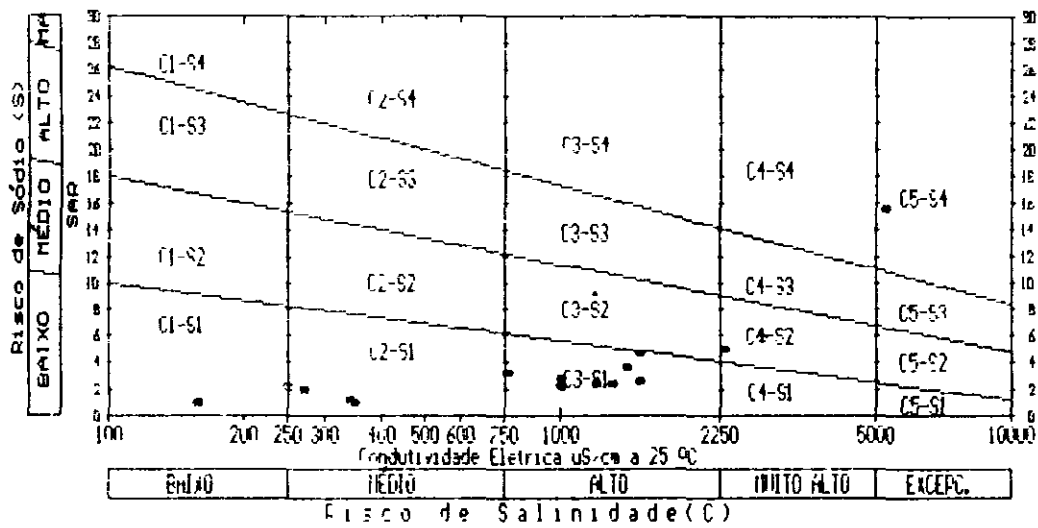


Aquífero QHA

No de Amostras 7

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

- DIAGRAMA DE U.S.S.L



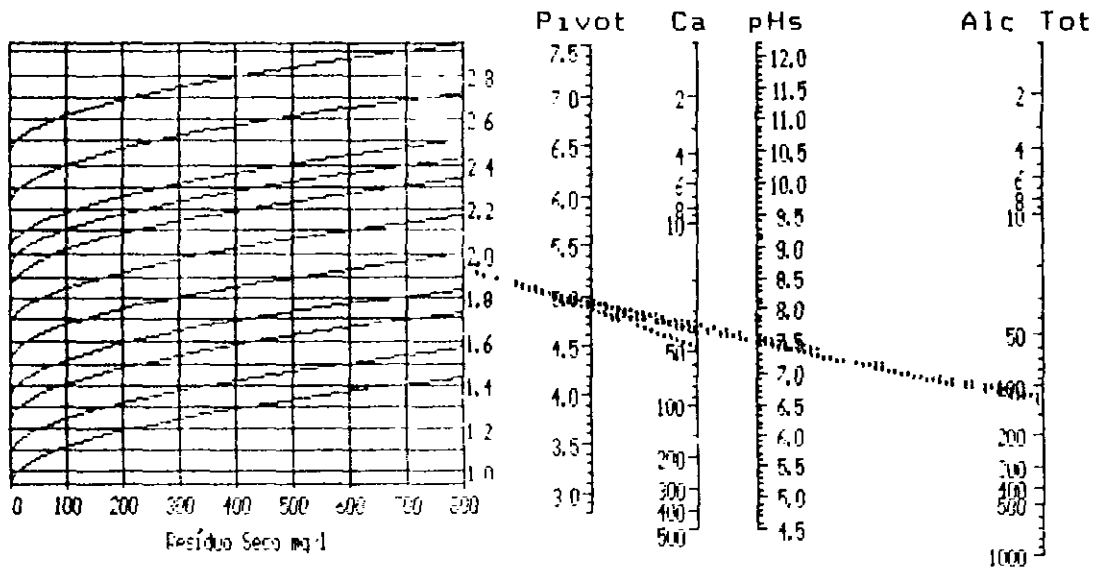
Aquífero QHA

No de Amostras 19



DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO

- GNOMOGRAMA DE HOOVER-LANGELIER

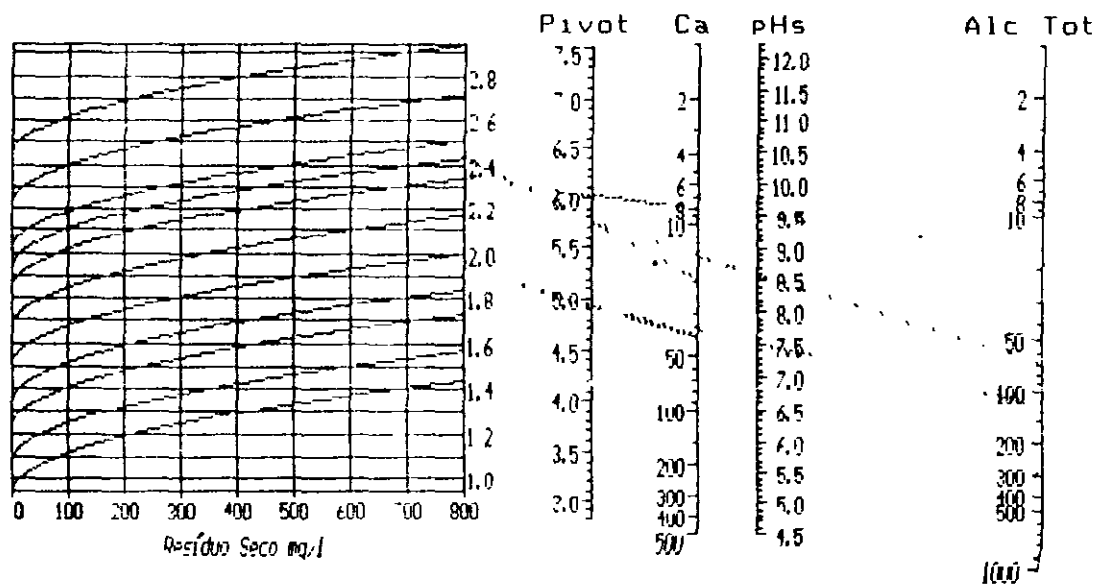


Aquífero OHA

No de Amostras 4

DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO

- GNOMOGRAMA DE HOOVER-LANGELIER



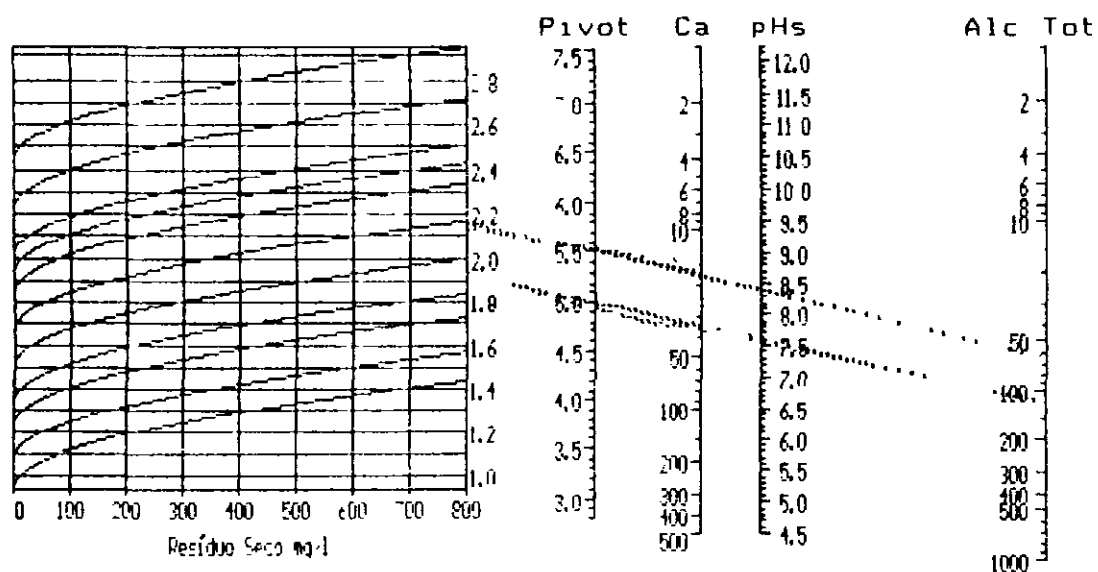
Aquífero OHA

No de Amostras 5



### DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO

- GNOMUGRAMA DE HOOVER-LANGELIER

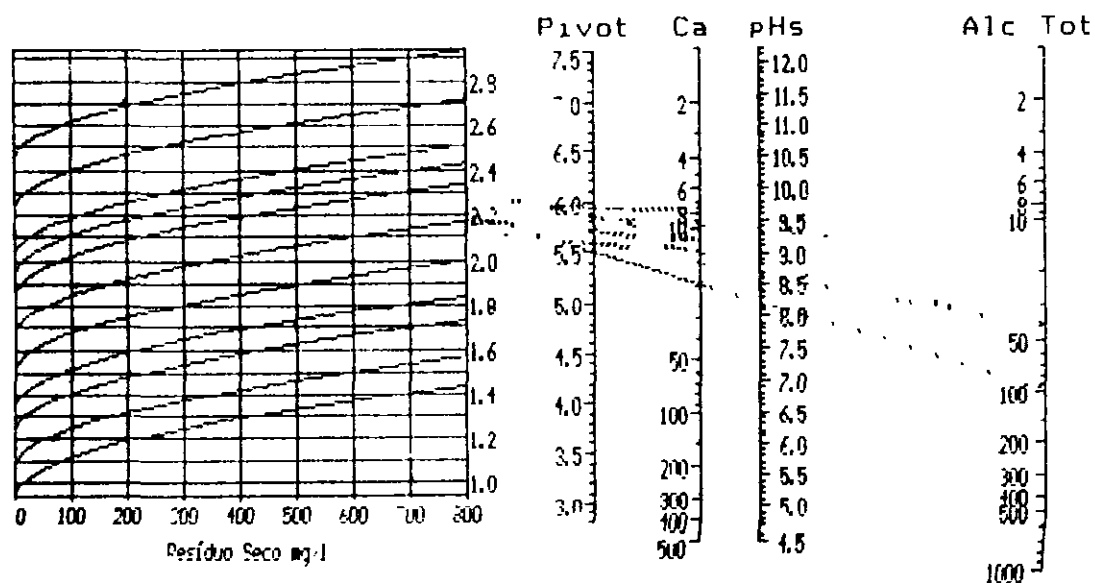


Aquífero QHA

No de Amostras 5

### DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO

- GNOMUGRAMA DE HOOVER-LANGELIER

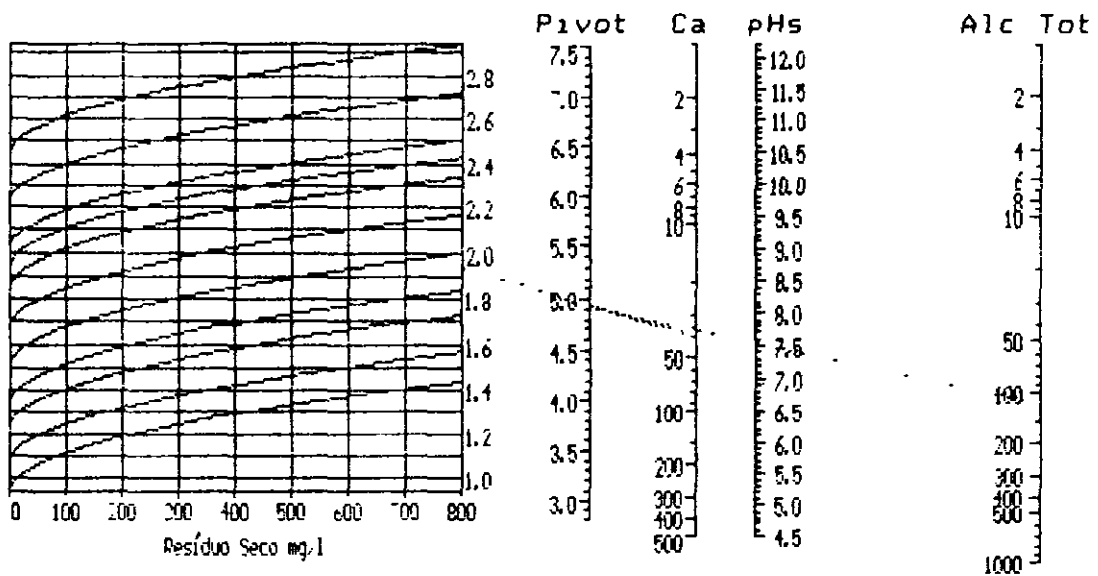


Aquífero QHA

No de Amostras 5



DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO  
- GNOMUGRAMA DE HOOVER-LANGELIER



Aquífero QHA  
No de Amostras 1

000228



QUADRO-7 BALANÇO IÔNICO

Ampl'ero QWA

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l - meq/l - % meq/l)													SOMA DOS/AS IONS																
			Na	K	Ca	Mg	HCO3	CO3	SO4	Cl	NO3	CÁTIONS ANIÔNS	ESRD	(mg/l)	(mg/l)	%																
AP000061	P	102/07/80	121.001	5.261	0.521	7.601	0.201	0.021	48.801	2.441	0.241	26.441	2.171	0.221	118.001	1.931	0.221	0.001	0.001	0.001	37.501	0.781	0.071	212.001	5.951	0.681	2.441	0.041	0.001	10.871	8.731	7.11
AP000081	P	118/07/80	92.501	4.021	0.461	8.001	0.201	0.021	41.001	2.081	0.241	29.281	2.411	0.281	128.001	2.101	0.281	0.001	0.001	0.001	13.501	0.281	0.041	179.001	5.851	0.681	1.101	0.021	0.001	8.711	7.441	8.95
AP000111	P	126/02/82	68.001	3.481	0.421	8.501	0.221	0.031	47.201	2.361	0.291	26.881	2.211	0.271	130.001	2.131	0.311	0.001	0.001	0.001	13.001	0.271	0.041	161.001	4.541	0.651	1.321	0.021	0.001	8.261	6.961	8.54
AP000121	P	104/03/82	69.001	3.001	0.431	9.501	0.241	0.031	39.201	1.961	0.281	21.601	1.781	0.251	114.001	1.871	0.321	0.001	0.001	0.001	15.001	0.311	0.051	130.001	3.671	0.631	0.661	0.011	0.001	6.981	5.861	8.72
AP000131	P	104/03/82	71.501	3.111	0.421	10.001	0.261	0.031	40.001	2.001	0.271	24.001	1.971	0.271	118.001	1.931	0.321	0.001	0.001	0.001	15.501	0.321	0.051	133.001	3.751	0.621	0.661	0.011	0.001	7.341	6.021	9.87
AP000141	P	104/03/82	67.501	2.941	0.411	7.501	0.191	0.031	40.001	2.001	0.281	24.401	2.011	0.281	114.001	1.871	0.321	0.001	0.001	0.001	12.501	0.261	0.051	129.001	3.641	0.631	0.681	0.011	0.001	7.141	5.781	8.58
AP000151	P	104/03/82	66.501	2.891	0.411	8.501	0.221	0.031	40.001	2.001	0.281	24.001	1.971	0.281	120.001	1.971	0.331	0.001	0.001	0.001	13.001	0.271	0.051	132.001	3.721	0.621	0.441	0.011	0.001	7.001	5.971	8.53
AP000161	P	104/03/82	69.001	3.001	0.421	8.501	0.221	0.031	40.001	2.041	0.281	23.041	1.891	0.271	113.001	1.931	0.321	0.001	0.001	0.001	16.001	0.331	0.061	131.001	3.691	0.621	0.681	0.011	0.001	7.151	5.981	8.95
CR000011	P	104/03/82	640.001	26.101	0.801	31.251	0.801	0.021	19.201	0.961	0.031	59.041	4.861	0.151	70.001	1.151	0.041	0.001	0.001	0.001	126.001	2.621	0.081	1010.001	28.481	0.881	0.221	0.001	0.001	32.711	32.261	8.78
CR000021	P	114/03/82	118.001	5.131	0.711	13.001	0.331	0.051	8.001	0.401	0.061	16.321	1.341	0.191	16.001	0.261	0.041	0.001	0.001	0.001	34.001	0.711	0.101	212.001	5.981	0.861	0.441	0.011	0.001	7.211	6.961	1.77
CR000031	P	123/03/82	84.001	3.651	0.711	11.001	0.281	0.051	8.001	0.401	0.081	9.601	0.791	0.151	8.001	0.131	0.021	0.001	0.001	0.001	40.001	0.931	0.151	165.001	4.651	0.821	2.211	0.041	0.011	5.121	5.651	4.99
CR000041	P	130/03/82	88.501	3.851	0.661	14.001	0.361	0.061	11.201	0.561	0.101	12.481	1.031	0.181	16.001	0.261	0.041	0.001	0.001	0.001	39.001	0.811	0.121	195.001	5.501	0.831	3.101	0.051	0.011	5.791	6.621	6.69
ND000061	P	118/11/85	35.001	1.521	0.531	2.001	0.051	0.021	11.201	0.561	0.201	7.681	0.631	0.231	39.001	0.641	0.211	0.001	0.001	0.001	9.201	0.191	0.061	76.001	2.141	0.721	1.101	0.021	0.011	2.761	2.991	3.95
ND000081	P	126/11/85	40.001	1.741	0.481	2.501	0.061	0.021	19.201	0.961	0.271	10.081	0.831	0.231	96.001	1.571	0.441	0.001	0.001	0.001	9.201	0.191	0.051	63.001	1.781	0.501	0.881	0.011	0.001	3.591	3.561	8.49
RE000041	P	129/11/81	13.501	0.591	0.271	2.501	0.061	0.041	12.801	0.641	0.411	3.361	0.281	0.181	42.001	0.691	0.441	0.001	0.001	0.001	9.601	0.191	0.121	24.001	0.681	0.431	1.301	0.021	0.011	1.571	1.571	8.23
RE000161	P	106/10/82	16.001	0.781	0.291	4.001	0.101	0.041	16.801	0.841	0.351	9.601	0.791	0.331	64.001	1.051	0.471	0.001	0.001	0.001	1.501	0.031	0.011	40.001	1.131	0.511	1.551	0.031	0.011	2.431	2.231	4.14
RE000171	P	11/10/82	21.001	0.911	0.341	9.001	0.231	0.091	15.201	0.761	0.291	9.121	0.751	0.281	54.001	1.051	0.481	0.001	0.001	0.001	5.001	0.101	0.051	37.001	1.041	0.471	0.051	0.001	0.001	2.651	2.281	9.38
SLC00061	P	110/11/81	92.501	4.021	0.511	8.501	0.221	0.031	34.401	1.721	0.221	23.521	1.931	0.251	120.001	1.971	0.281	0.001	0.001	0.001	15.001	0.311	0.041	167.321	4.721	0.671	0.881	0.011	0.001	7.091	7.011	5.91
SLC00071	P	110/11/81	94.001	4.091	0.501	11.001	0.281	0.031	40.001	2.001	0.241	22.081	1.821	0.221	116.001	1.901	0.281	0.001	0.001	0.001	16.501	0.341	0.051	159.801	4.511	0.671	0.881	0.011	0.001	8.181	6.771	9.48
SLC00101	P	110/11/81	92.501	4.021	0.511	8.501	0.221	0.031	34.401	1.721	0.221	23.571	1.941	0.251	120.001	1.971	0.281	0.001	0.001	0.001	15.001	0.311	0.041	167.321	4.721	0.671	0.881	0.011	0.001	7.901	7.011	5.93
SLC00111	P	110/11/81	94.001	4.091	0.501	11.001	0.281	0.031	40.001	2.001	0.241	22.081	1.821	0.221	116.001	1.901	0.281	0.001	0.001	0.001	16.501	0.341	0.051	159.801	4.511	0.671	0.881	0.011	0.001	8.181	6.771	9.48

1088

000229



QUADRO-II - RELAÇÕES IÔNICAS (meq/l)

Aquífero QHA												
AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ITB +	ITB -	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Na/Mg)	(Mg/(Ca+Mg))	(Cl/CO3)	(Cl/SCA)	
APU0006	P	102/07/80	0 086		0 038	0 892	2 161	2 424	1 143	3 091	7 657	
APU0008	P	118/07/80	0 162		0 051	1 160	1 938	1 671	0 897	2 466	17 959	
APU0011	P	126/02/82	0 186		0 062	0 939	1 478	1 574	0 762	2 131	16 775	
APU0012	P	104/03/82	0 115		0 081	0 908	1 534	1 690	0 884	1 962	11 739	
APU0013	P	104/03/82	0 103		0 082	0 989	1 558	1 576	0 785	1 939	11 622	
APU0014	P	104/03/82	0 140		0 065	1 009	1 471	1 458	0 732	1 947	13 978	
APU0015	P	104/03/82	0 164		0 075	0 989	1 449	1 466	0 729	1 893	13 753	
APU0016	P	104/03/82	0 129		0 072	0 931	1 474	1 584	0 764	1 910	11 090	
CRU0001	P	104/03/82	0 056		0 031	5 668	27 242	5 375	4 490	24 825	10 857	
CRU0002	P	114/03/82	0 086		0 053	3 362	12 858	3 824	2 948	22 797	8 445	
CRU0003	P	123/03/82	0 154		0 077	1 978	9 153	4 628	3 074	35 487	5 597	
CRU0004	P	130/03/82	0 235		0 093	1 836	6 888	3 751	2 429	20 969	6 772	
NDI0006	P	118/11/85	0 266		0 034	1 130	2 724	2 411	1 279	3 353	11 189	
NDI0008	P	126/11/85		0 015	0 037	0 865	1 816	2 099	0 974	1 129	9 275	
RER0004	P	129/11/81	0 038		0 109	0 433	0 919	2 125	0 642	0 983	3 612	
RER0016	P	106/10/82	0 292		0 147	0 942	0 830	0 882	0 428	1 075	36 119	
RER0017	P	11/10/82		0 096	0 252	0 989	1 284	1 218	0 686	0 995	10 023	
SLC0006	P	110/11/81	0 101		0 054	1 127	2 344	2 080	1 182	2 399	15 109	
SLC0007	P	110/11/81	0 030		0 069	0 910	2 049	2 252	1 073	2 370	13 118	
SLC0010	P	-----	0 181		0 054	1 127	2 344	2 076	1 181	2 399	15 109	
SLC0011	P	-----	0 030		0 069	0 910	2 049	2 252	1 073	2 370	13 118	

000230

QUADRO 111 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

ANÁLISE	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ALCALINIDADE		DUREZA		Resíduo		Cond. Elétr. (S/cm)		pH	pH (Clas. Schöeller & Terraloff)	POTABILIDADE	ÍNDICE DE SATURAÇÃO				CLASSIFICAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO			
			TOTAL	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	STP	Seco	Tempo	a 25°C	Lab				PIPEP	LANGELIER		RYZNAR		SAR	Clas. de Sódio	Clas. de Salinidade
			(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)				(mg/l)	VALOR	CARATER	VALOR	CARATER			
APUR0061	P	102/07/80	118 00	122 00	513 96	0 00	0 00	1400 00	0 00	7 00	10	Passavel	-0 462	CORROSIVA	7 9	Corrosiva	3 468	C3-S1	Baixo	Alto	
APUR0081	P	118/07/80	128 00	104 00	427 92	0 00	0 00	1000 00	0 00	7 20	09	Passavel	-0 384	CORROSIVA	7 8	Corrosiva	2 667	C3-S1	Baixo	Alto	
APUR0001	P	126/02/82	120 00	118 00	491 92	0 00	0 00	1530 00	0 00	7 23	09	Boa	-0 232	CORROSIVA	7 7	Corrosiva	2 393	C3-S1	Baixo	Alto	
APUR0021	P	104/03/82	110 00	09 00	341 42	0 00	0 00	1300 00	0 00	7 48	09	Boa	-0 108	CORROSIVA	7 7	Corrosiva	2 177	C3-S1	Baixo	Alto	
APUR0031	P	104/03/82	110 00	100 00	352 01	0 00	0 00	1200 00	0 00	7 53	09	Boa	0 604	INCORRUSTANTE	7 5	Corrosiva	2 200	C3-S1	Baixo	Alto	
APUR0041	P	104/03/82	120 00	100 00	337 91	0 00	0 00	1100 00	0 00	7 38		Boa									
APUR0051	P	104/03/82	120 00	100 00	343 44	0 00	0 00	1000 00	0 00	7 45	09	Boa	-0 096	CORROSIVA	7 6	Corrosiva	2 053	C3-S1	Baixo	Alto	
APUR0061	P	104/03/82	118 00	102 00	247 24	0 00	0 00	1000 00	0 00	7 44	09	Boa	-0 106	CORROSIVA	7 7	Corrosiva	2 141	C3-S1	Baixo	Alto	
CRUM0001	P	104/03/82	70 00	40 00	1800 131121	191	0 00	5200 00	0 00	7 02	10	M	-1 584	CORROSIVA	10 2	Muito Corrosiva	15 399	C3-S1	M Alto	Excep	
CRUM0021	P	114/03/82	16 00	20 00	409 63	535 69	1500 00	0 00	0 00	5 65	10	Passavel	-3 842	CORROSIVA	13 3	Muito Corrosiva	5 501	C4-S2	Medio	M Alto	
CRUM0031	P	123/03/82	8 00	20 00	323 74	363 50	1250 00	0 00	0 00	5 16		Boa	-4 544	CORROSIVA	14 2	Muito Corrosiva	4 740	C4-S2	Medio	M Alto	
CRUM0041	P	130/03/82	16 00	20 00	371 15	478 00	0 00	1500 00	0 00	5 30		Passavel	-4 023	CORROSIVA	13 3	Muito Corrosiva	4 324	C3-S1	Baixo	Alto	
NOT00061	P	118/11/82	39 00	20 00	161 36	200 00	0 00	250 00	0 00	6 88		Boa	-1 935	CORROSIVA	10 8	Muito Corrosiva	1 973	C1-S1	Baixo	Baixo	
NOT00081	P	126/11/82	96 00	48 00	192 06	230 00	0 00	270 00	0 00	7 91		Boa	-0 313	CORROSIVA	8 5	Corrosiva	1 641	C2-S1	Baixo	Medio	
REX00041	P	129/11/81	42 00	32 00	87 11	112 36	0 00	157 26	0 00	7 49		Boa	-1 156	CORROSIVA	9 8	Muito Corrosiva	0 848	C1-S1	Baixo	Baixo	
REX00161	P	106/10/82	64 00	42 00	120 92	150 00	0 00	350 00	0 00	7 04		Boa	-1 352	CORROSIVA	9 7	Muito Corrosiva	0 771	C2-S1	Baixo	Medio	
REX00171	P	11/10/82	64 00	38 00	127 84	130 00	0 00	340 00	0 00	6 73		Boa	-1 705	CORROSIVA	10 1	Muito Corrosiva	1 052	C2-S1	Baixo	Medio	
SLC00061	P	110/11/81	120 00	86 00	401 12	0 00	0 00	754 31	0 00	7 63		Boa	-0 001	CORROSIVA	7 6	Corrosiva	2 978	C3-S1	Baixo	Alto	
SLC00071	P	110/11/81	116 00	100 00	401 30	0 00	0 00	763 94	0 00	7 69		Boa	0 144	INCORRUSTANTE	7 4	Moderadamente Corrosiva	2 962	C3-S1	Baixo	Alto	
SLC00101	P	110/11/81	120 00	86 00	401 17	0 00	0 00	754 31	0 00	7 63		Boa	-0 001	CORROSIVA	7 6	Corrosiva	2 974	C3-S1	Baixo	Alto	
SLC00111	P	110/11/81	116 00	100 00	401 30	0 00	0 00	763 94	0 00	7 69		Boa	0 144	INCORRUSTANTE	7 4	Moderadamente Corrosiva	2 962	C3-S1	Baixo	Alto	

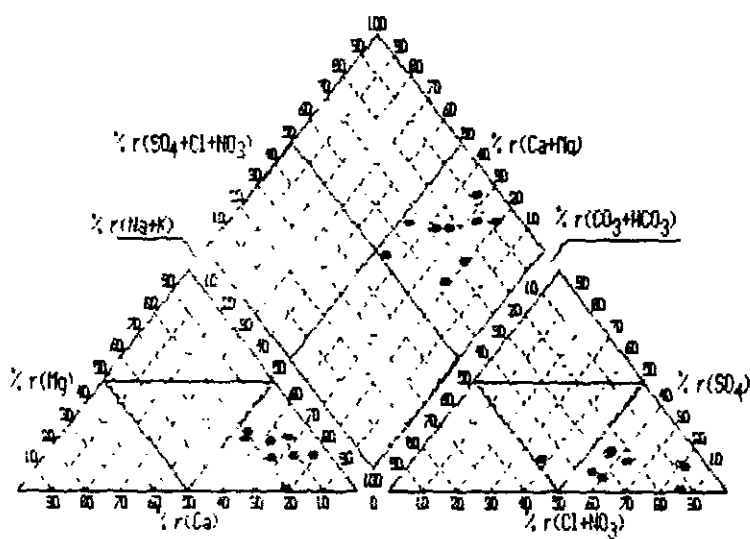
1070



000231

# CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIES QUÍMICO

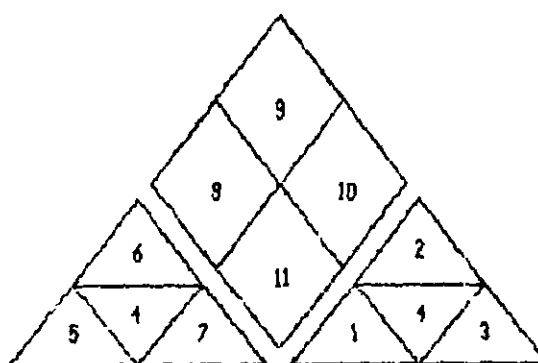
- DIAGRAMA DE PIPER



Aquífero QHD

No de Amostras 9

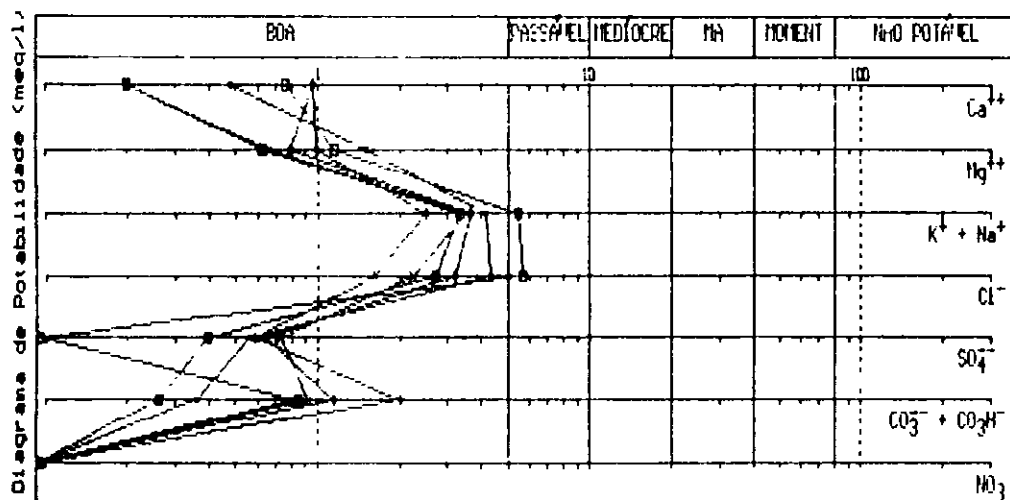
- 1 Bicarbonatada
- 2 Sulfatada
- 3 Cloretada
- 4 Mista
- 5 Cálcica
- 6 Magnésiana
- 7 Sódica
- 8 Bicarbonatada Cálcica e/ou Magnésiana
- 9 Sulfatada Cálcica e/ou Cloretada Cálcica e/ou Magnésiana
- 10 Cloretada Sódica e/ou Sulfatada Sódica
- 11 Bicarbonatada Sódica



000232

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO

- DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF

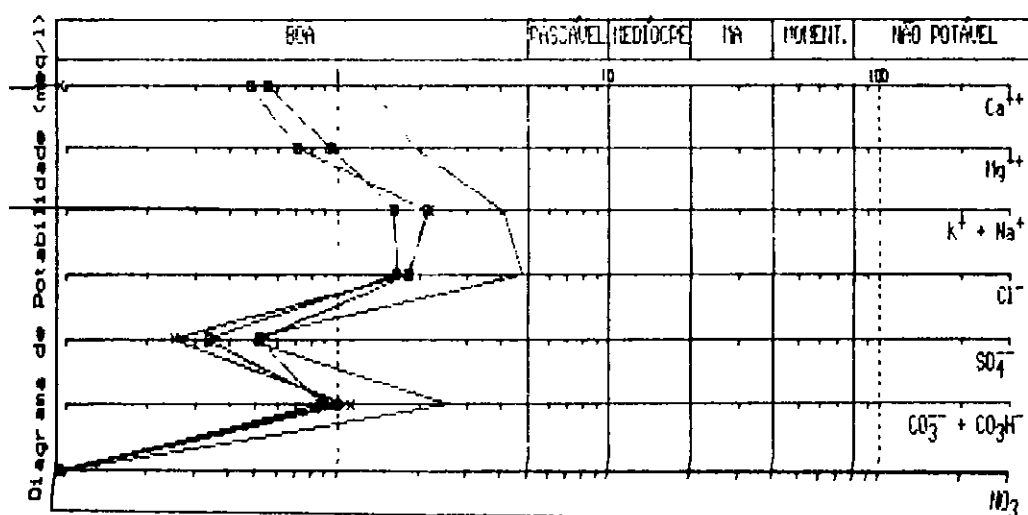


Aquífero QHD

No de Amostras 6

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO

- DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF

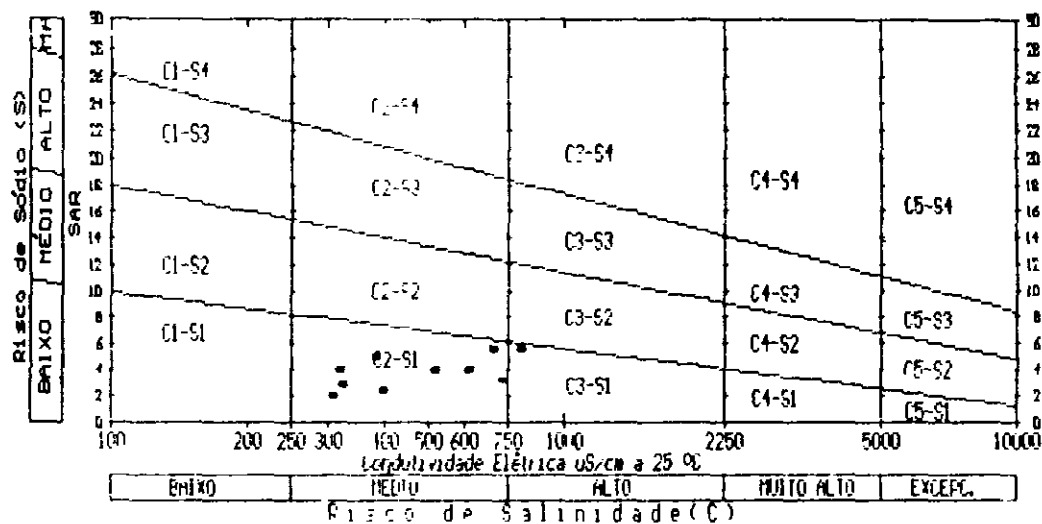


Aquífero QHD

No de Amostras 4

## CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

### DIAGRAMA DE U.S.S L

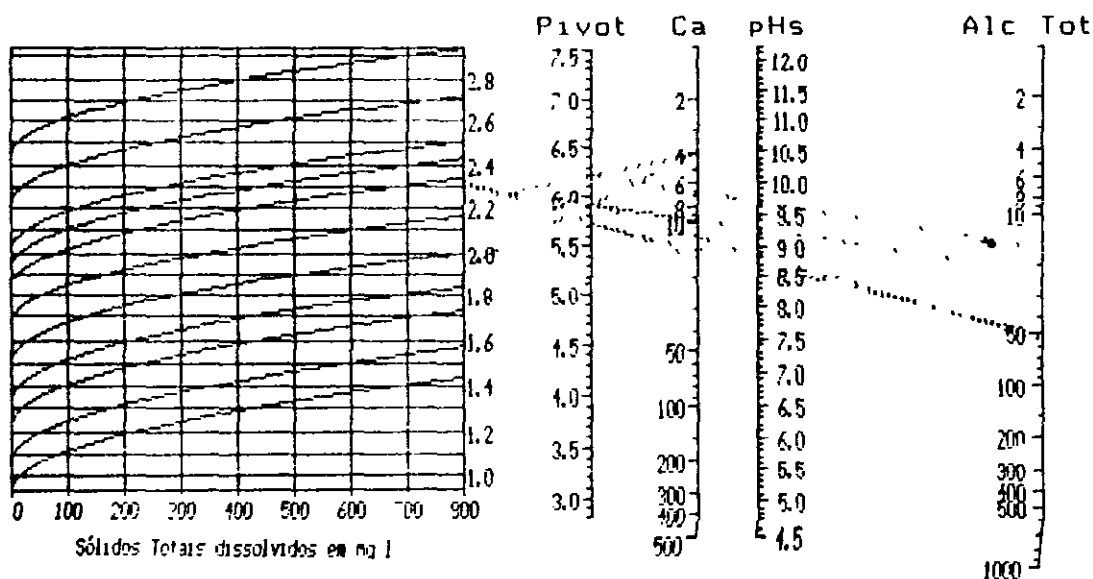


Aqüífero QHD

No de Amostras 10

## DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO

- GRADUÁRIO DE HOOVER-LANGELIER



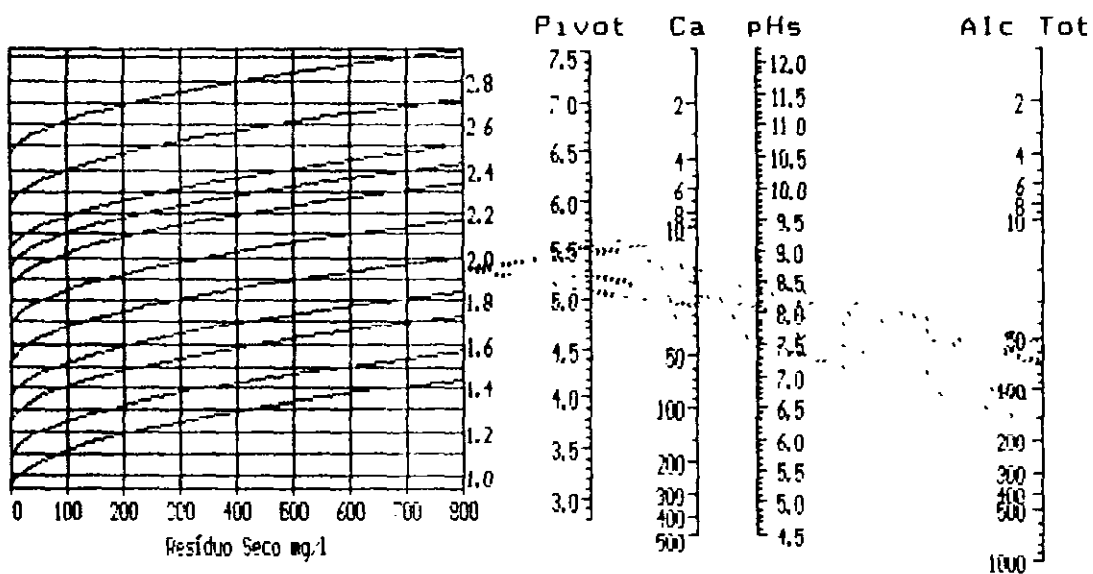
Aqüífero QHD

No de Amostras 4



### DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO

- GNOMOGRAMMA DE HOOVER-LANGELIER

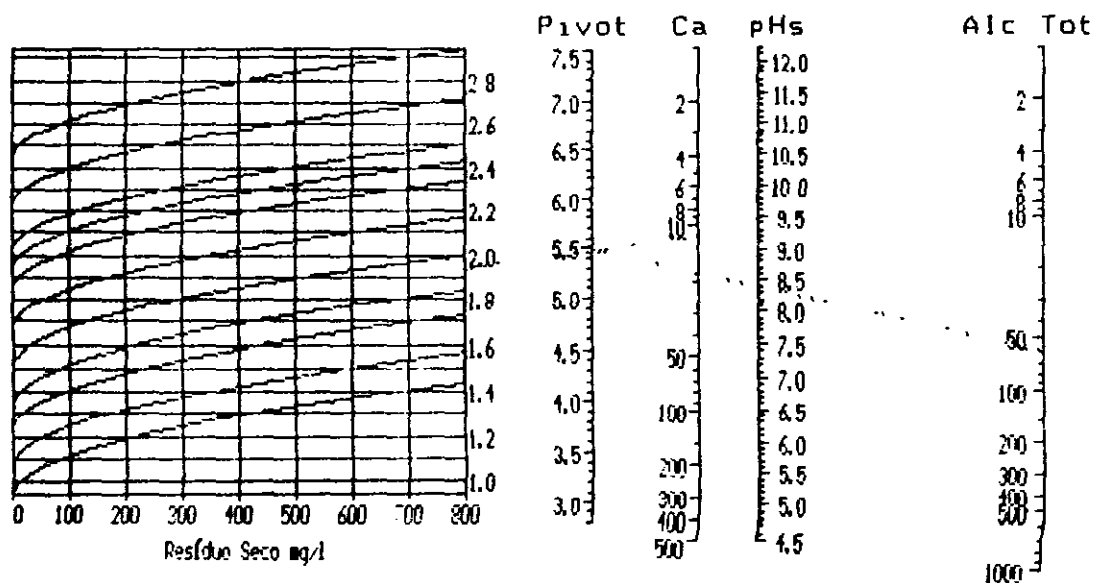


Aquífero QHD

No de Amostras 5

### DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO

- GNOMOGRAMMA DE HOOVER-LANGELIER



Aquífero QHD

No de Amostras 1

000235

QUATRO-1 - BALANÇO TÉCNICO

Amf. ero g/m

ANÁLISE	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ELEMENTOS MAIORES ANAL. CÁLCULOS (mg/l - meq/l - % meq/l)															ÍONS POSÍTIVOS			ÍONS NEGATIVOS											
			Na	K	Ca	Mg	HC03	CO3	SO4	Cl	NO3	(meq/l)	(meq/l)	%	(meq/l)	(meq/l)	%															
ANAL37	P	12/26/81	81.00	2.52	0.84	0.50	0.11	0.00	4.00	0.20	0.05	8.10	0.67	0.15	5.00	0.92	0.23	0.00	0.00	0.00	35.00	0.73	0.18	79.60	2.24	0.57	3.60	0.61	0.01	4.40	3.95	5.42
ANAL38	P	11/11/81	119.00	5.18	0.74	11.00	0.23	0.04	15.20	0.76	0.10	13.92	1.14	0.16	52.00	0.85	0.13	0.00	0.00	0.00	3.00	0.61	0.01	200.90	5.67	0.86	0.88	0.01	0.00	7.36	6.59	5.49
ANAL39	P	13/06/81	90.50	3.94	0.69	7.00	0.18	0.03	4.20	0.24	0.04	16.32	1.34	0.24	18.00	0.30	0.06	0.00	0.00	0.00	30.50	0.64	0.14	131.78	3.72	0.80	0.44	0.01	0.00	5.78	4.65	10.09
ANAL40	P	12/07/81	71.50	3.11	0.75	8.00	0.20	0.05	4.00	0.20	0.05	7.68	0.63	0.15	16.00	0.26	0.08	0.00	0.00	0.00	19.00	0.40	0.12	96.85	2.73	0.80	0.44	0.01	0.00	4.15	3.48	9.94
ANAL41	P	13/10/81	82.50	3.59	0.74	9.00	0.23	0.05	5.60	0.28	0.06	9.12	0.75	0.15	18.00	0.34	0.07	0.00	0.00	0.00	5.50	0.11	0.03	125.25	3.53	0.89	0.44	0.01	0.00	4.85	3.95	10.23
ANAL42	P	12/08/81	64.00	2.78	0.72	10.00	0.26	0.07	6.40	0.32	0.08	6.24	0.51	0.13	16.00	0.26	0.08	0.00	0.00	0.00	14.00	0.29	0.09	99.97	2.57	0.82	1.77	0.03	0.01	3.87	3.15	10.32
ANAL43	P	11/09/81	85.50	3.72	0.61	16.00	0.41	0.07	9.60	0.48	0.08	18.24	1.58	0.25	22.00	0.36	0.07	0.00	0.00	0.00	27.00	0.56	0.11	154.36	4.35	0.82	0.44	0.01	0.00	6.11	5.28	7.24
ANAL44	P	10/07/81	80.00	3.48	0.64	8.00	0.20	0.04	19.20	0.96	0.18	9.60	0.79	0.15	70.00	1.15	0.23	0.00	0.00	0.00	30.50	0.64	0.13	113.35	3.20	0.84	2.21	0.04	0.01	5.43	5.01	4.00
ANAL45	P	11/11/81	52.00	2.26	0.51	9.00	0.23	0.05	19.20	0.96	0.22	12.00	0.99	0.22	122.00	2.00	0.47	0.00	0.00	0.00	28.00	0.58	0.14	57.29	1.62	0.38	2.87	0.05	0.01	4.44	4.24	2.22
ANAL46	P	11/11/81	85.50	3.72	0.51	11.50	0.29	0.04	27.20	1.36	0.19	23.04	1.89	0.26	164.00	2.69	0.34	0.00	0.00	0.00	22.50	0.47	0.06	168.63	4.76	0.80	1.32	0.02	0.00	7.27	7.93	4.39
ANAL47	P	11/01/81	47.50	2.07	0.75	4.50	0.12	0.04	11.20	0.56	0.20	8.12	0.01	0.00	68.00	1.11	0.35	0.00	0.00	0.00	12.00	0.25	0.08	63.92	1.00	0.56	3.76	0.66	0.02	2.75	3.23	7.99
ANAL48	P	11/01/81	46.00	2.00	0.60	5.00	0.13	0.04	9.60	0.48	0.14	8.64	0.71	0.21	54.00	0.89	0.27	0.00	0.00	0.00	25.00	0.52	0.16	64.86	1.03	0.56	0.44	0.01	0.00	3.32	3.24	1.17
ANAL49	P	11/01/81	35.00	1.52	0.49	4.00	0.10	0.03	11.20	0.56	0.18	11.52	0.95	0.30	61.00	1.00	0.34	0.00	0.00	0.00	16.00	0.33	0.11	58.28	1.64	0.55	0.48	0.01	0.00	3.13	2.98	2.48

1078

000236





QUADRO-II - RELAÇÕES IÔNICAS (meq/l)

Áqüífero QHD

ABSTRAT	FONTE	DATA DA ANÁLISE	TUR	TE	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Mg/Ca)	(Na/Mg)	(Na/(Ca+Mg))	Cl/HC03	(Cl/SD4)
AVL0037	P	12/05/80		0 55	0 044	3 237	17 653	5 289	4 070	2 113	2 000
BE00051	P	11/06/81		0 037	0 054	1 509	6 825	4 522	2 728	6 647	90 784
BE00101	P	10/06/81		0 109	0 045	5 604	16 436	2 933	2 462	2 506	5 952
BE00131	P	12/07/81		0 214	0 066	3 164	15 582	4 924	3 742	10 415	6 984
BE00141	P	13/07/81		0 091	0 044	2 684	12 843	4 785	3 486	11 972	30 845
BE00161	P	12/08/81		0 195	0 092	1 697	8 717	5 425	3 344	9 782	8 801
BE00171	P	10/09/81		0 052	0 110	3 131	7 764	2 479	1 879	12 472	7 744
CA00181	P	10/07/81		0 53	0 059	0 824	3 632	4 498	1 991	3 786	5 034
SGA00211	P	11/11/81		0 543	0 102	1 030	2 361	2 202	1 163	4 508	2 771
SGA00321	P	11/11/81		0 156	0 079	1 396	2 740	1 963	1 144	1 769	10 151
SGA00331	P	11/11/81		0 210	0 056	0 018	3 697	209 372	3 633	1 617	7 215
SGA00341	P	11/11/81		0 164	0 064	1 483	4 177	2 816	1 682	2 067	3 514
SGA00351	P	11/11/81		0 011	0 067	1 695	2 724	1 607	1 011	1 644	4 934

QUADRO-III - CARACTERÍSTICAS GERAIS

Áqüífero QHD

ABSTRAT	FONTE	DATA DA ANÁLISE	CALCINIDADE TOTAL	DUREZA CaCO3	STD (mg/l)	Resíduo Seco (mg/l)	Cond Eletr (µS/cm)				POTABILIDADE Schoeller & Bertaloff	ÍNDICE DE SATURAÇÃO				CLASSIFICAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO					
							a 25°C		pH			LANGELIER		RYZNAR		SAR	Classe	Risco de Sódio	Risco de Salinidade		
							Valor	Carater	Valor	Carater		Valor	Carater	Valor	Carater						
AVL0037	P	12/05/80	56 00	10 00	239 341	0 001	0 001	800 001	0 001	6 601	101	Boa	-2 0581	CORROSIVA	10 9	Muito Corrosiva	5 3551	C3-S11	Baixo	Alto	
BE00051	P	11/06/81	52 00	38 00	389 471	497 051	0 001	695 071	0 001	6 001	101	Passavel	-1 8981	CORROSIVA	10 6	Muito Corrosiva	5 3061	C2-S11	Baixo	Medio	
BE00101	P	10/06/81	18 00	12 00	290 191	391 751	0 001	548 461	0 001	5 541	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
BE00131	P	12/07/81	16 00	10 00	215 341	273 751	0 001	383 261	0 001	6 961	101	Boa	-2 7441	CORROSIVA	12 4	Muito Corrosiva	4 8251	C2-S11	Baixo	Medio	
BE00141	P	13/07/81	18 00	14 00	246 261	316 351	0 001	443 201	0 001	5 901	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
BE00161	P	12/08/81	16 00	16 00	201 251	256 741	0 001	359 441	0 001	5 941	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
BE00171	P	11/09/81	22 00	24 00	321 961	441 271	0 001	617 781	0 001	5 921	101	Boa	-3 3181	CORROSIVA	12 6	Muito Corrosiva	3 7391	C2-S11	Baixo	Medio	
CA00181	P	10/07/81	70 00	48 00	297 281	0 001	0 001	519 961	0 001	6 721	101	Boa	-1 3761	CORROSIVA	9 5	Muito Corrosiva	3 7231	C2-S11	Baixo	Medio	
SGA00211	P	11/11/81	122 00	48 00	240 351	0 001	0 001	399 471	0 001	6 601	101	Boa	-1 2421	CORROSIVA	9 1	Muito Corrosiva	2 2941	C2-S11	Baixo	Medio	
SGA00321	P	11/11/81	164 00	68 00	420 331	0 001	0 001	731 001	0 001	7 401	101	Boa	-0 5461	CORROSIVA	8 1	Corrosiva	2 9171	C2-S11	Baixo	Medio	
SGA00331	P	11/11/81	68 00	28 00	176 441	0 001	0 001	318 521	0 001	7 061	101	Boa	-1 2981	CORROSIVA	9 6	Muito Corrosiva	3 8751	C2-S11	Baixo	Medio	
SGA00341	P	11/11/81	54 00	24 00	186 491	0 001	0 001	324 241	0 001	6 281	101	Boa	-1 5971	CORROSIVA	10 1	Muito Corrosiva	2 5951	C2-S11	Baixo	Medio	
SGA00351	P	11/11/81	11 00	28 00	166 471	0 001	0 001	387 411	0 001	7 891	---	Boa	-1 3021	CORROSIVA	9 7	Muito Corrosiva	1 7541	C2-S11	Baixo	Medio	

1078

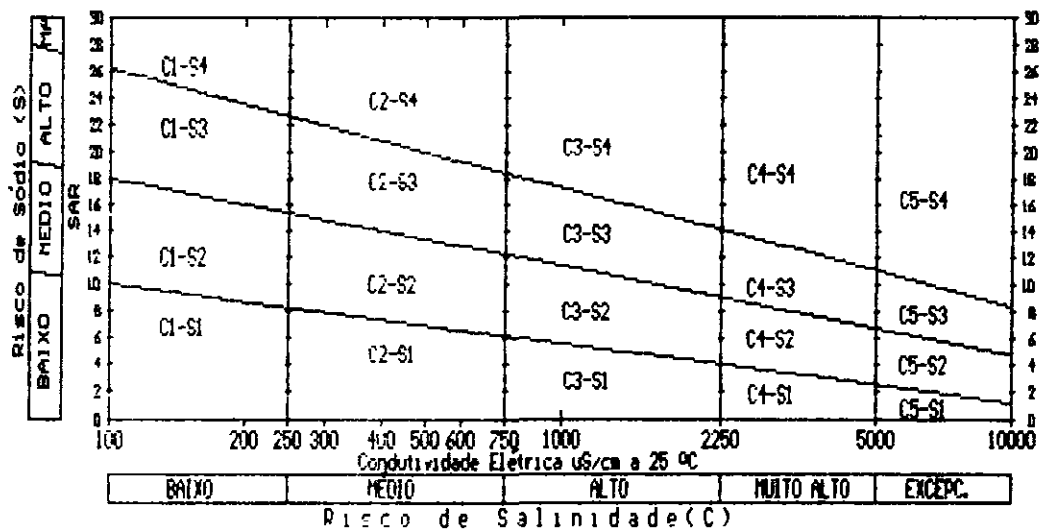
000237





# CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

- DIAGRAMA DE U.S.S.L



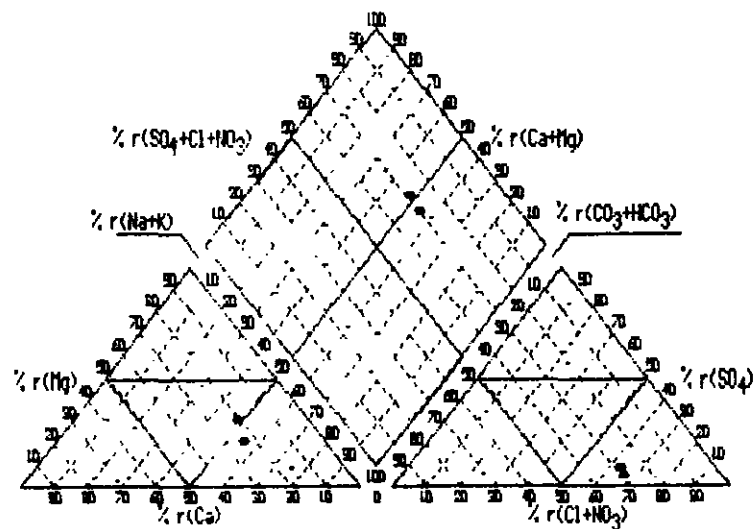
Aqüífero QHC

No de Amostras 2

000238

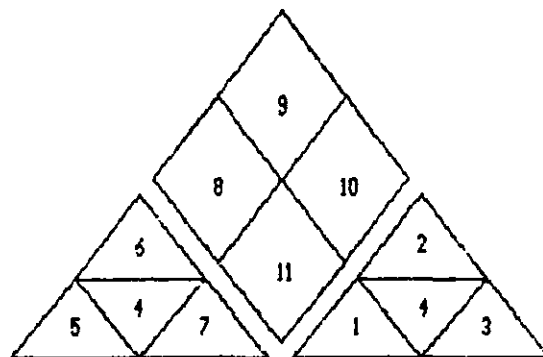
# CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIES QUÍMICO

- DIAGRAMA DE PIPER



Aquífero QHC  
No de Amostras 2

- 1 Bicarbonatada
- 2 Sulfatada
- 3 Cloretada
- 4 Mista
- 5 Cálcica
- 6 Magnésiana
- 7 Sódica
- 8 Bicarbonatada Cálcica e/ou Magnésiana
- 9 Sulfatada Cálcica e/ou Cloretada Cálcica e/ou Magnésiana
- 10 Cloretada Sódica e/ou Sulfatada Sódica
- 11 Bicarbonatada Sódica

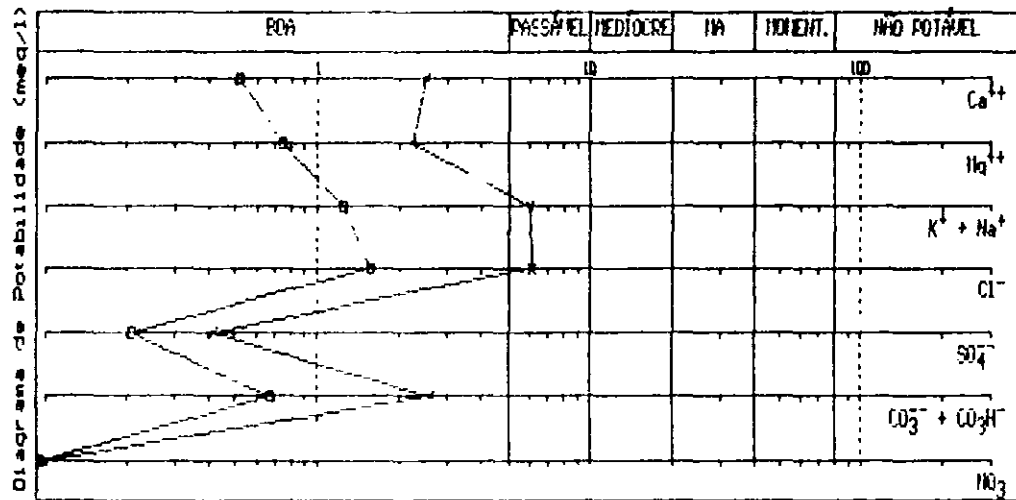


000239



## CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO

- DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALUFF

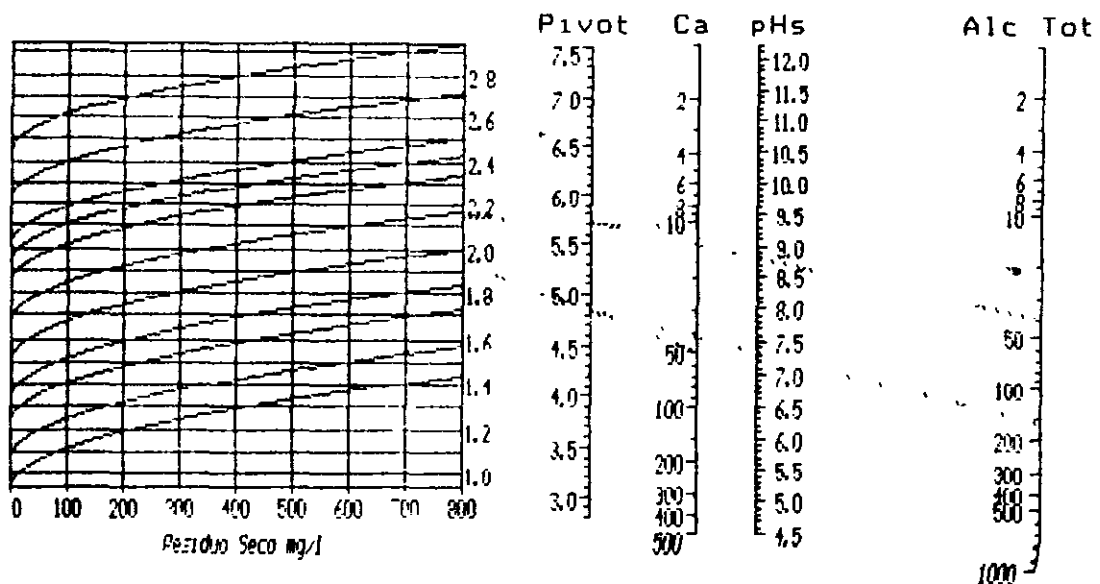


Aqüífero QHC

No de Amostras 2

## DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO

- GRAMOGRAMA DE HOOVER-LANGELIER



Aqüífero QHC

No de Amostras 2

000240

QUADRO-I - BALANÇO IÔNICO

Amulfero QHC

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l - ac. 7 - X meq/l)														ISOMIA DOS SÓLIDOS															
			Na	K	Ca	Mg	HCO3	CO3	SO4	Cl	NO3	CATIONS (meq/l)	ANIONS (meq/l)																			
APU0009	P	118/07/00	121.00	5.26	0.52	7.00	0.18	0.02	46.00	2.40	0.24	27.36	2.25	0.22	126.00	2.23	0.27	0.00	0.00	0.00	16.00	0.33	0.04	197.00	5.56	0.68	3.10	0.05	0.01	10.09	8.17	0.52
APU0010	P	102/07/00	133.00	5.79	0.54	8.50	0.22	0.02	50.40	2.51	0.23	27.36	2.25	0.21	160.00	2.62	0.29	0.00	0.00	0.00	20.00	0.42	0.05	215.00	6.86	0.66	1.11	0.02	0.00	10.77	9.12	0.29
MAS0018	P	100/12/76	27.00	1.17	0.47	3.00	0.08	0.03	10.40	0.52	0.21	9.12	0.75	0.30	41.00	0.67	0.27	0.00	0.00	0.00	10.00	0.21	0.00	56.00	1.58	0.64	1.55	0.03	0.01	2.52	2.48	0.72

QUADRO-II - RELAÇÕES IÔNICA (meq/l)

Amulfero QHC

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ITB +	ITB -	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Na/Mg)	(Na/(Ca+Mg))	(Cl/HCO3)	(Cl+SO4)
APU0009	P	118/07/00	0.020		0.034	0.939	2.198	2.339	1.133	2.492	16.677
APU0010	P	102/07/00	0.010		0.038	0.895	2.300	2.571	1.214	2.312	14.501
MAS0018	P	100/12/76	0.208		0.065	1.445	2.263	1.566	0.926	2.350	-7.585

QUADRO-III - CARACTERÍSTICAS GERAIS

Amulfero QHC

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	DUREZA TOTAL (mg/l)	DUREZA CÁLCIO (mg/l)	DUREZA SÓDIO (mg/l)	Cond. Elétr. (µS/cm)				POTABILIDADE	ÍNDICE DE SATURAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO						
						pH	pH Class	POTABILIDADE	LANGELIER		RYZMAR	SAR	Classe	Risco	Risco	de			
APU0009	P	118/07/00	136.00	120.00	456.33	0.00	0.00	1000.00	0.00	7.40									
APU0010	P	102/07/00	160.00	126.00	534.04	0.00	0.00	1300.00	0.00	101	Passável					3.748	C3-S1	Baixo	Alto
MAS0018	P	100/12/76	41.00	26.00	137.23	140.00	0.00	300.00	0.00	7.27	Boa	-1.545	CORROSIVA	10.4	Muito Corrosiva	1.474	C2-S1	Baixo	Medio

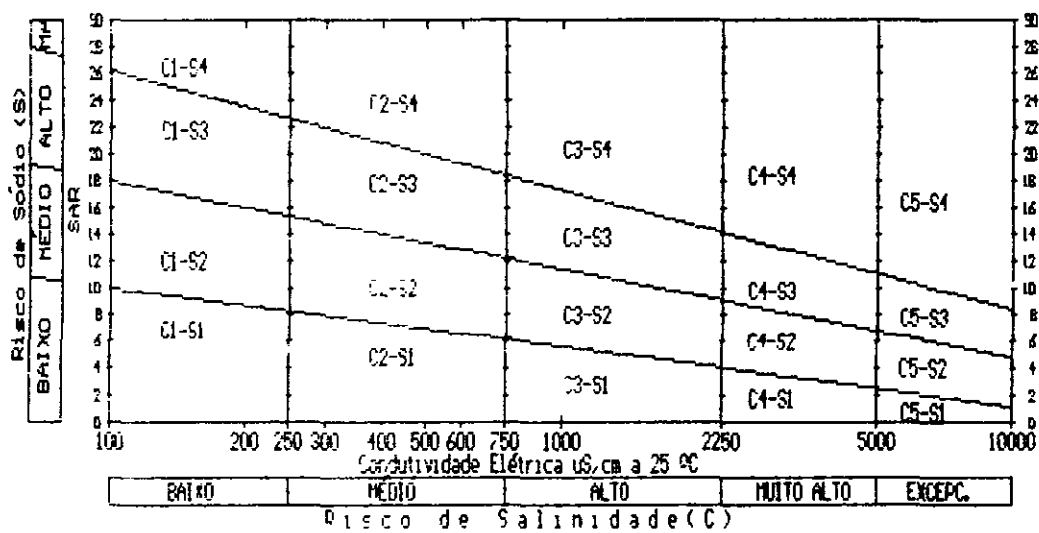
1000



000241

# CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

- DIAGRAMA DE U.S.S L



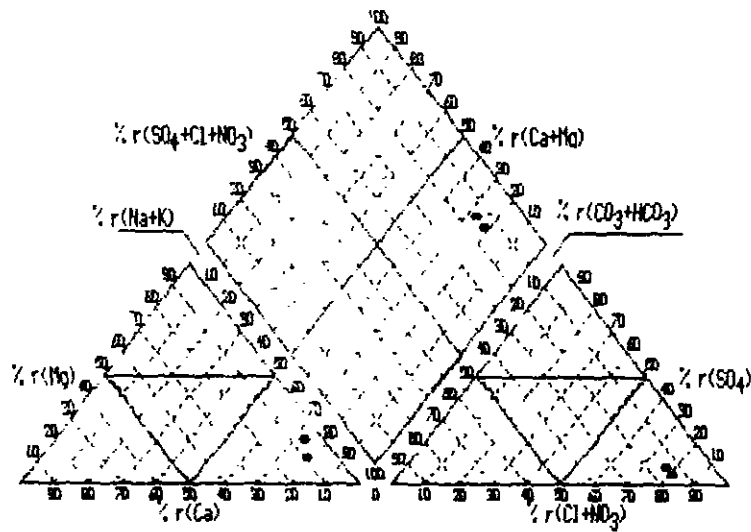
Aquífero TQB

No de Amostras 2

000242

# CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIES QUÍMICO

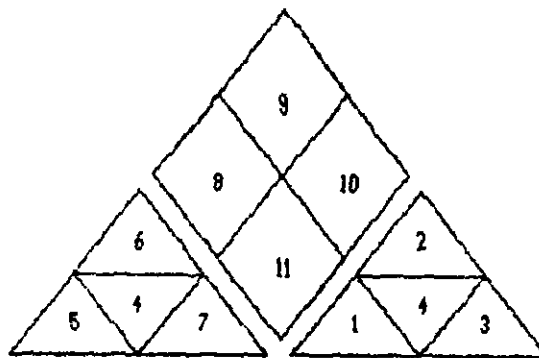
## - DIAGRAMA DE PIPER



Aquífero TQB

No de Ametras 2

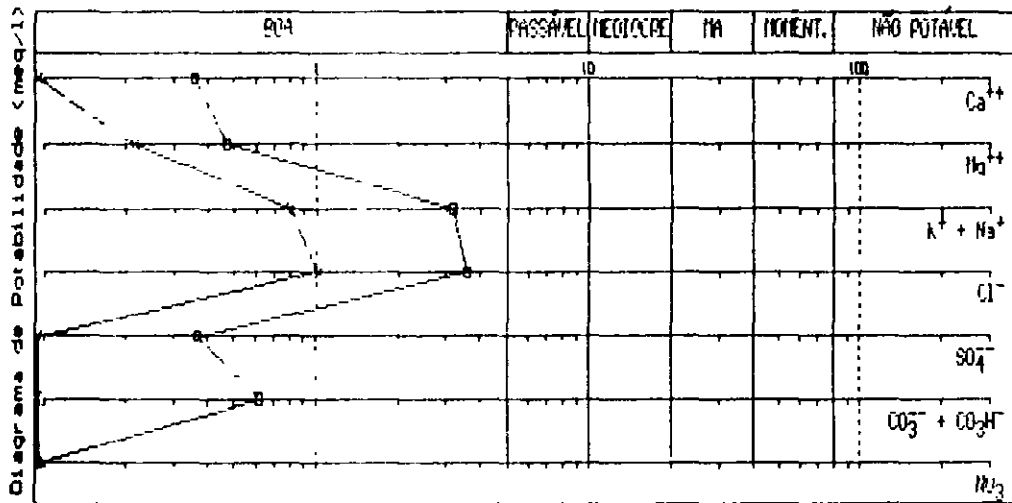
- 1 Bicarbonatada
- 2 Sulfatada
- 3 Cloretada
- 4 Mista
- 5 Cálcica
- 6 Magnesiânica
- 7 Sódica
- 8 Bicarbonatada Cálcica e/ou Magnesiânica
- 9 Sulfatada Cálcica e/ou Cloretada Cálcica e/ou Magnesiânica
- 10 Cloretada Sódica e/ou Sulfatada Sódica
- 11 Bicarbonatada Sódica



001243

### CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO

- DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALUFF

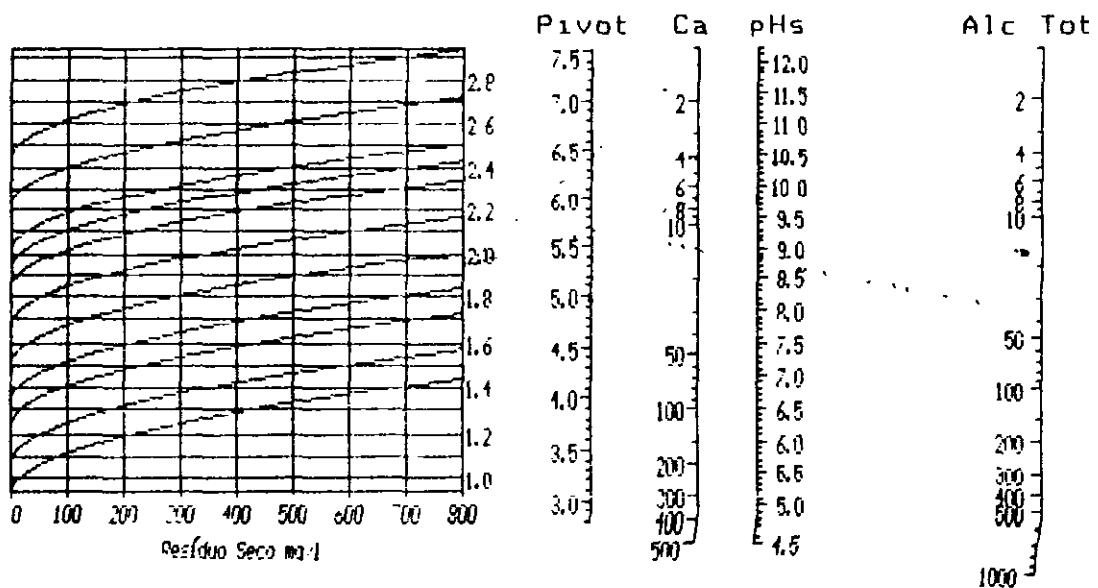


Aqüífero TQB

No de Amostras 2

### DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO

- GNOMOGRAMA DE HOUVER-LANGELIER



Aqüífero TQB

No de Amostras 2

000244



QUALFO-I - BALANÇO IÔNICO

Aquífero TQB

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANALISE	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l - meq/l - % meq/l)												SOMA DOS IONS (meq/l)																	
			Na	K	Ca	Mg	HCO3	CO3	SO4	Cl	NO3	CATIONS	ANIONS	CTSD																		
ACUM0441	P		17.501	0.761	0.711	1.501	0.041	0.241	1.201	0.061	0.061	2.641	0.221	0.201	5.001	0.081	0.071	0.001	0.001	0.001	2.801	0.061	0.051	36.001	1.021	0.011	6.001	0.101	0.001	1.001	1.251	7.501
ITR00011	P	127/02/84	68.001	2.961	0.751	7.001	0.131	0.051	7.201	0.361	0.491	5.761	0.471	0.121	38.001	0.621	0.131	0.001	0.001	0.001	17.001	0.371	0.081	127.001	3.581	0.771	3.761	0.061	0.011	3.971	4.641	7.731

QUALFO-II - RELACOES IONICAS (meq/l)

Aquífero TQB

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANALISE	ITD	ITB	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Mg/Mg)	(Na/(Ca+Mg))	(Cl/HCO3)	(Cl/SO4)
ACUM0441	P		0.2121		0.0501	3.626	12.713	3.506	2.740	12.328	17.415
ITR00011	P	127/02/84	0.1241		0.0611	1.310	8.233	6.244	3.551	5.750	-9.664

QUALFO-III - CARACTERISTICAS DEB'S

Aquífero TQB

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANALISE	CALCINIDADE TOTAL (mg/l)	DUREZA CaCO3 (mg/l)	STD (Resíduo Seco) (mg/l)	Cond. Elétr. (uS/cm)	pH	pH (Classe)	POTABILIDADE	INDICE DE SATURACAO		CLASSIFICACAO PARA APLICACAO							
										LANGELIER	RYZMAR	SAR (Classe)	Risco de Sódio (Salinidade)						
ACUM0441	P		5.00	3.00	7.10	0.00	0.00	100.00	0.00	101	Ca	-3.00	CORROSIVA	14.4	Muito Corrosiva	2.00	C1-S1	Baixo	Baixo
ITR00011	P	127/02/84	38.00	18.00	250.20	0.00	0.00	700.00	0.00	101	Ca	-1.20	CORROSIVA	10.1	Muito Corrosiva	4.50	C2-S1	Baixo	Médio

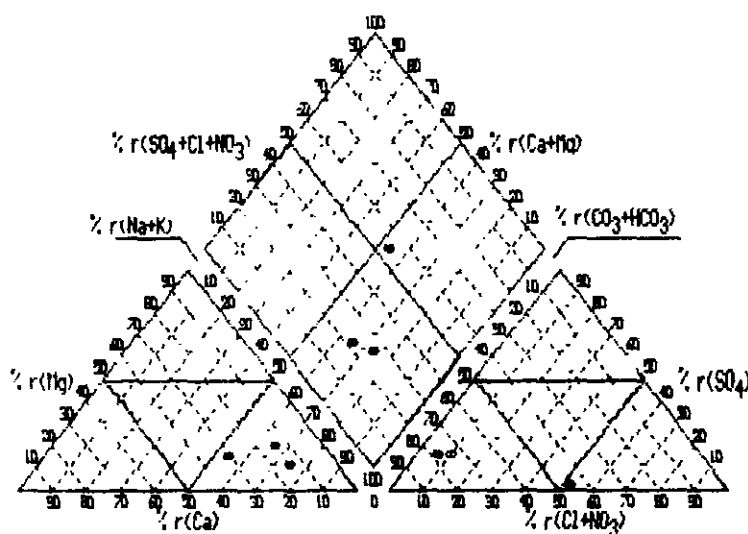
1004

000243



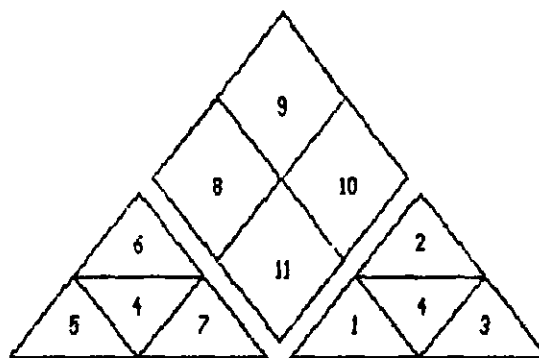
## CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIAS QUÍMICO

### - DIAGRAMA DE PIPER



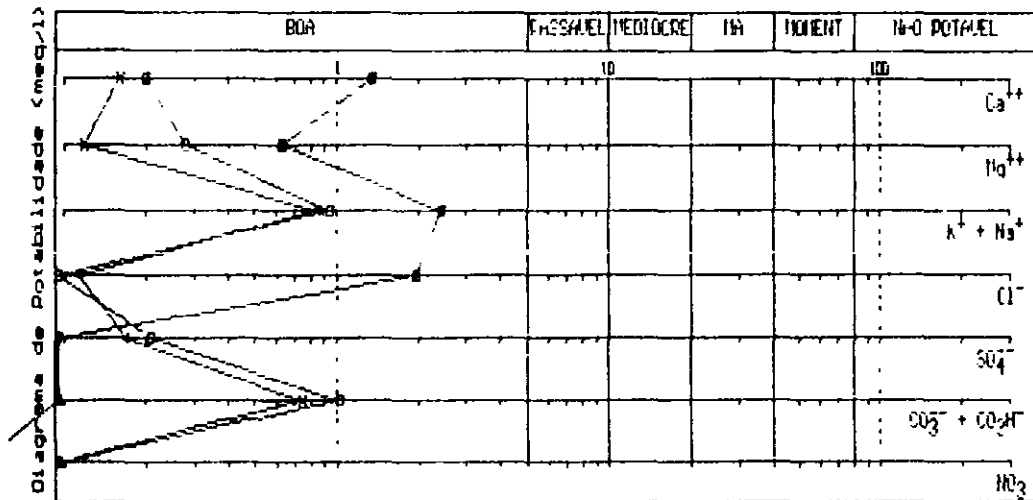
Aqüífero SDS  
No de Amostras 3

- 1 Bicarbonatada
- 2 Sulfatada
- 3 Cloretada
- 4 Mista
- 5 Cálcica
- 6 Magnésiana
- 7 Sódica
- 8 Bicarbonatada Cálcica e/ou Magnésiana
- 9 Sulfatada Cálcica e/ou Cloretada Cálcica e/ou Magnésiana
- 10 Cloretada Sódica e/ou Sulfatada Sódica
- 11 Bicarbonatada Sódica



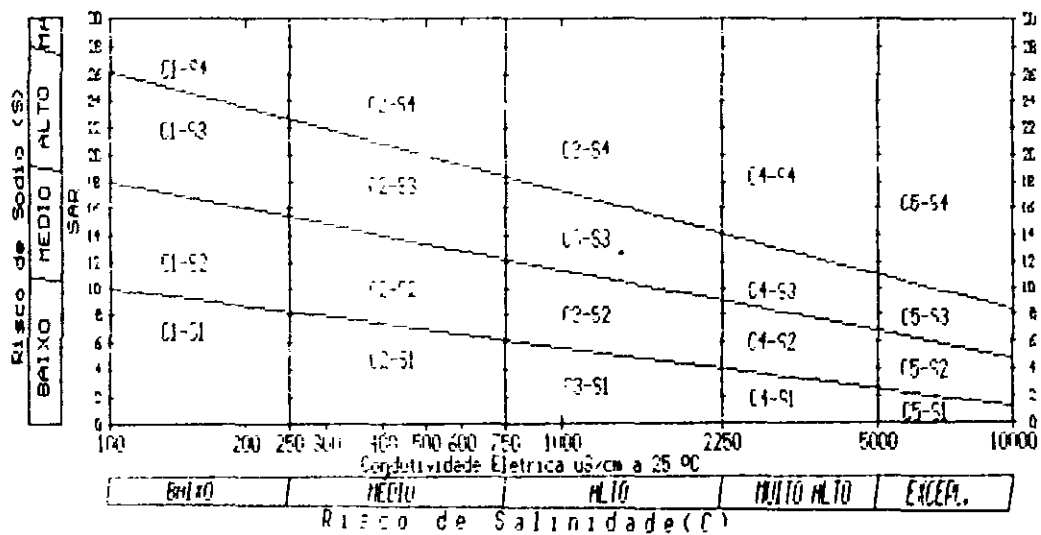
00046

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO  
DIAGRAMA DE SCHÖELLER-BERKELDUFF



Aquífero SDS  
No de Amostras 3

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO  
- DIAGRAMA DE U.S.S.L

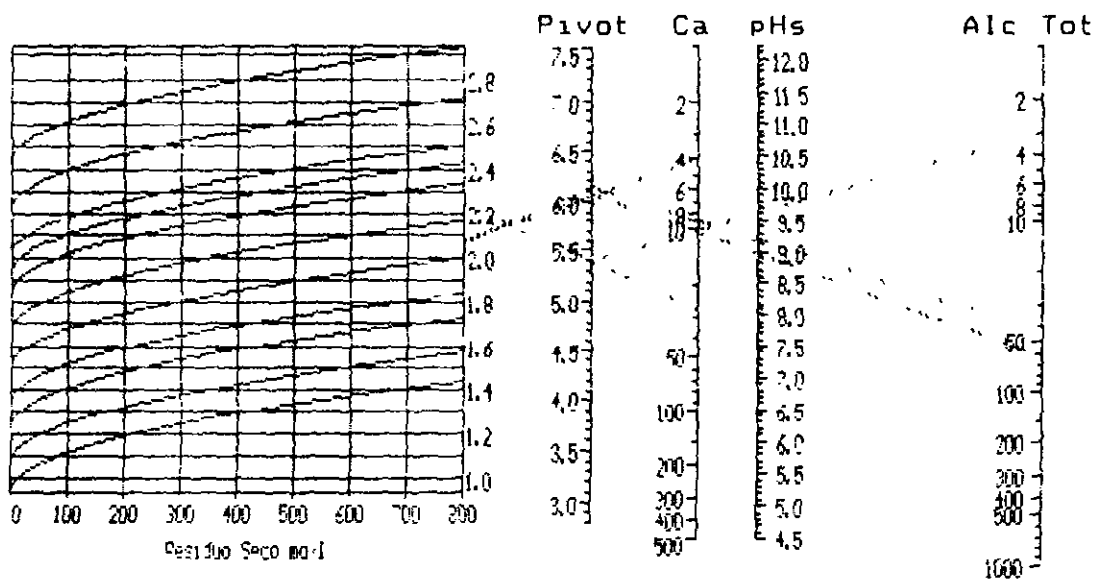


Aquífero SDS  
No de Amostras 2

000217



DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO  
- GNOMUGRAMA DE HODDER-LANGELIER



Aquífero SDS  
No de Amostras 3

000248

QUADRO-I - BALANÇO IÔNICO

Aqüífero SBS

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l - meq/l - % meq/l)												ISGNA POSITIVA DOS																	
			Na		K		Ca		Mg		HCO3		CO3		SO4		Cl		NEG													
CAB00011	P	114/05/83	27.50	1.63	0.65	2.50	0.86	0.03	4.20	0.21	0.00	7.20	0.59	0.24	105.00	1.72	0.85	0.00	0.00	0.00	5.60	0.12	0.06	6.00	0.17	0.00	0.44	0.01	0.00	2.50	2.01	10.71
CAB00031	P	127/05/83	18.50	0.20	0.72	1.50	0.94	0.03	3.20	0.16	0.14	1.44	0.12	0.11	45.00	0.75	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.15	4.00	0.11	0.10	4.43	0.07	0.06	1.12	1.11	0.70
CAB00051	P	131/05/83	21.00	0.91	0.64	1.10	0.03	0.02	4.00	0.20	0.14	3.26	0.20	0.19	63.00	1.03	0.78	0.00	0.00	0.00	10.00	0.21	0.16	3.00	0.02	0.06	0.11	0.00	0.00	1.42	1.33	3.20
SAB00091	P	105/12/74	51.00	2.22	0.50	9.00	0.23	0.05	27.20	1.36	0.31	7.60	0.67	0.14	3.00	0.65	0.01	0.00	0.00	0.00	2.00	0.06	0.02	69.00	1.95	0.52	104.00	1.60	0.45	4.44	3.73	8.65

QUADRO-II - RELAÇÕES IÔNICAS (meq/l)

Aqüífero SBS

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	ITB +	ITB -	(K/Na)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(Na/Mg)	(Na/(Ca+Mg))	(Cl/HCO3)	(Cl/SO4)
CAB00011	P	114/05/83	9.019	0.029	2.025	7.783	2.755	2.035	0.098	1.451	
CAB00031	P	127/05/83	6.474	0.040	0.742	5.040	6.795	2.894	0.150	0.674	
CAB00051	P	131/05/83	10.130	0.031	1.384	4.577	3.306	1.919	0.082	0.406	
SAB00091	P	105/12/74	0.250	0.104	0.465	1.635	3.512	1.115	39.573	33.378	

QUADRO-III - CARACTERÍSTICAS GERAIS

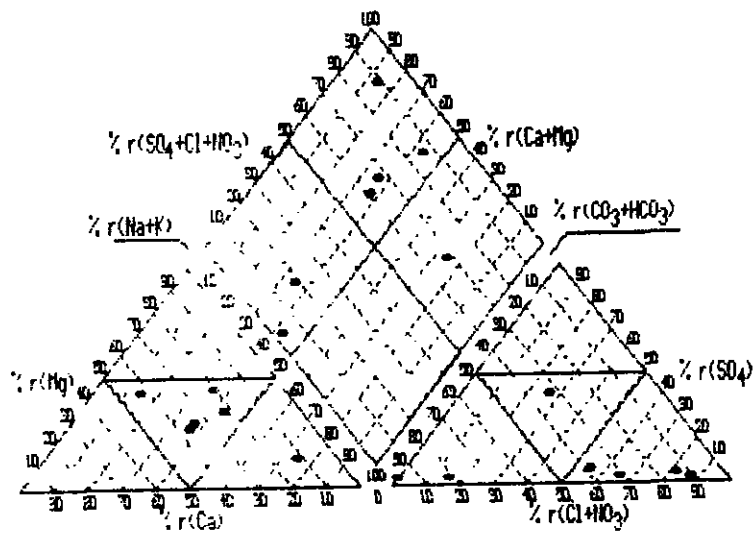
Aqüífero SBS

AMOSTRA	FONTE	DATA DA ANÁLISE	CALCALINIDADE		PUREZA	STD (Residual)	Cond. Eletr. (uS/cm)		pH	pH Class	POTABILIDADE	ÍNDICE DE SATURAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO					
			TOTAL	CaCO3 (mg/l)			Seco	Caço				25°C	(Campi Lab)	PIPER	Schoeller & Bertaloff	LANGELIER	RYZMAR	SAR	Classe
CAB00011	P	114/05/83	105.00	10.20	115.00	00.00	0.00	240.00	0.00	7.42	---	---	---	---	---	---	---		
CAB00031	P	127/05/83	46.00	0.00	63.73	65.00	0.00	170.00	0.00	7.32	Boa	1.976	CORROSIVA	11.1	Muito Corrosiva	2.150	Cl-01	Baixo	Baixo
CAB00051	P	131/05/83	63.00	10.00	73.55	70.00	0.00	210.00	0.00	7.40	Boa	1.585	CORROSIVA	10.6	Muito Corrosiva	1.873	Cl-01	Baixo	Baixo
SAB00091	P	105/12/74	3.00	60.00	272.16	300.00	0.00	0.00	0.00	4.51	Boa	5.169	CORROSIVA	14.8	Muito Corrosiva	2.224	---	---	---



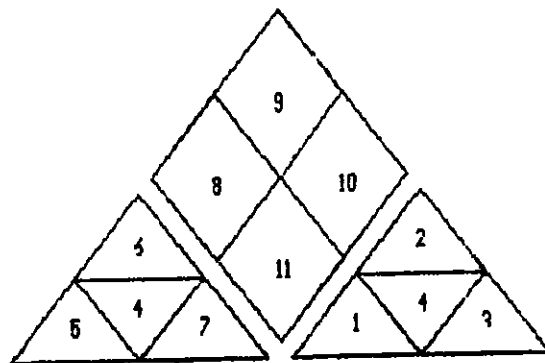
# CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIES QUÍMICO

- DIAGRAMA DE PIPER



Aquífero PEC  
No de Amostras

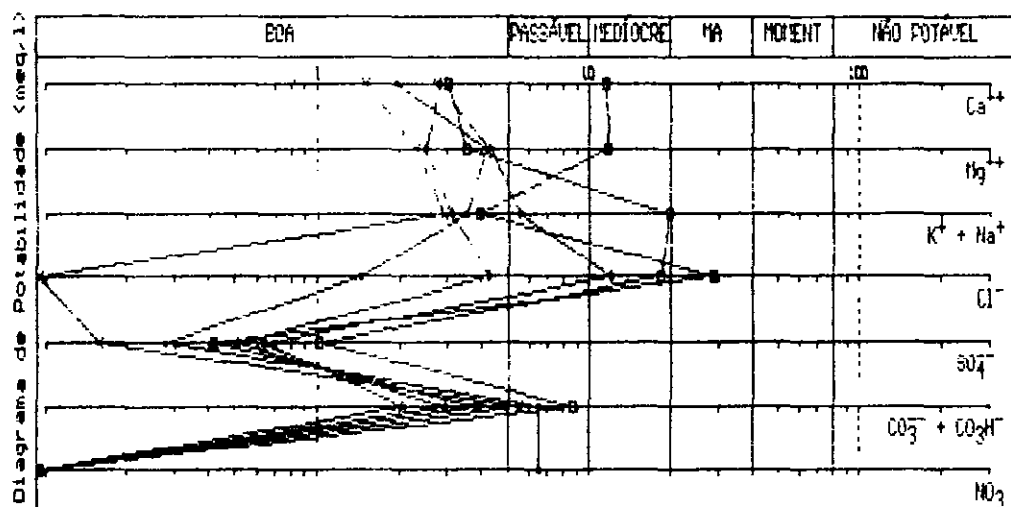
- 1 Bicarbonatada
- 2 Sulfatada
- 3 Cloretada
- 4 Mista
- 5 Calcica
- 6 Magnésiana
- 7 Sódica
- 8 Bicarbonatada Cálcica e/ou Magnésiana
- 9 Sulfatada Cálcica e/ou Cloretada Cálcica e/ou Magnésiana
- 10 Cloretada Sódica e/ou Sulfatada Sódica
- 11 Bicarbonatada Sódica



000250



CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO  
- DIAGRAMA DE SCHELLER-BERKALOFF



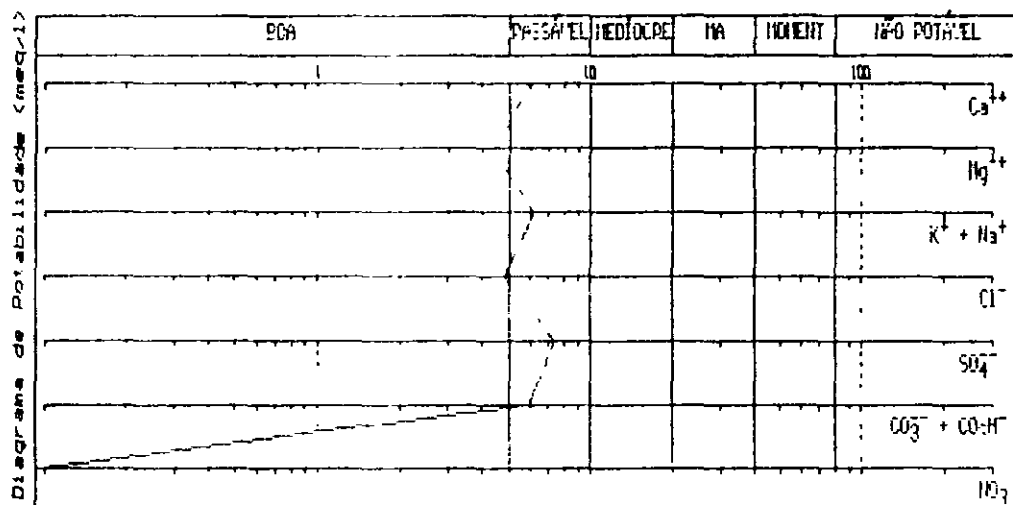
Aquífero PEC  
No de Amostras 6

000251



# CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO

## DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKHOFF

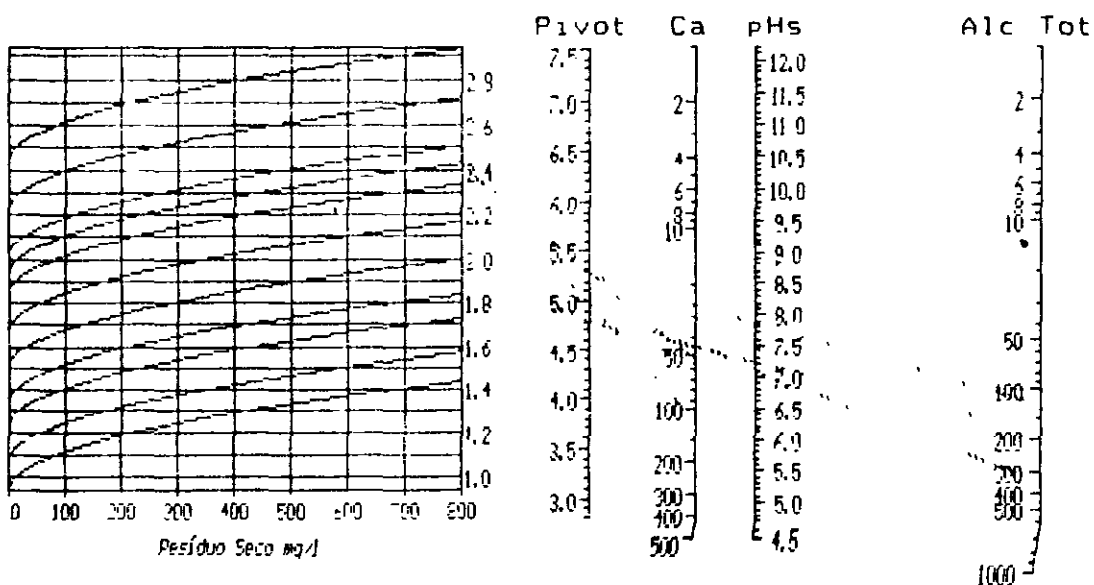


Aquífero PEC

No de Amostras 1

## DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO

### - GNOMOGRAMA DE HOOVER-LANGELIER



Aquífero PEC

No de Amostras 3

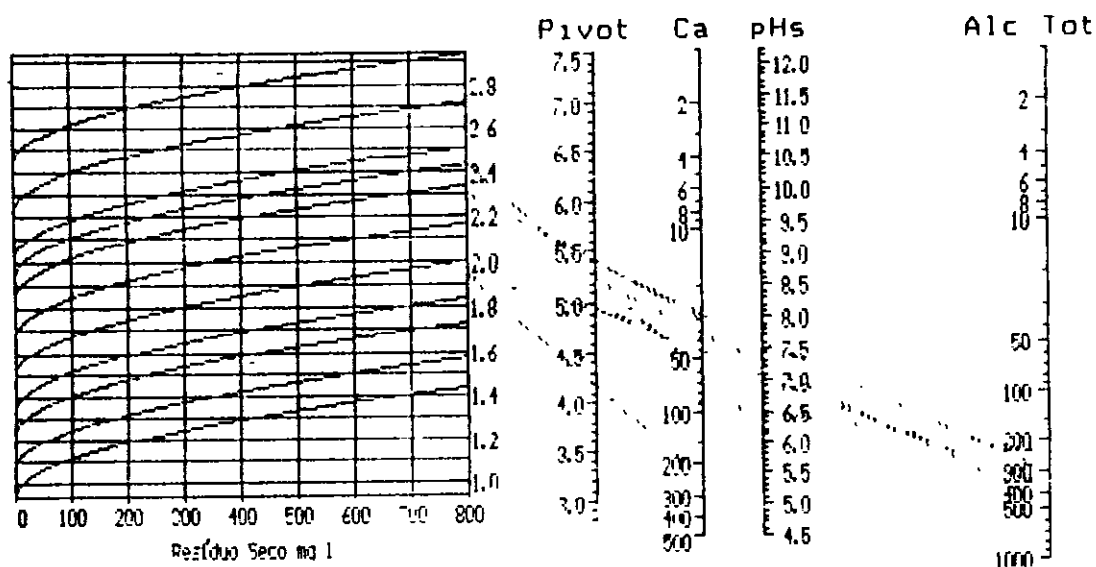
000252





### DETERMINAÇÃO DO PH DE SATURAÇÃO

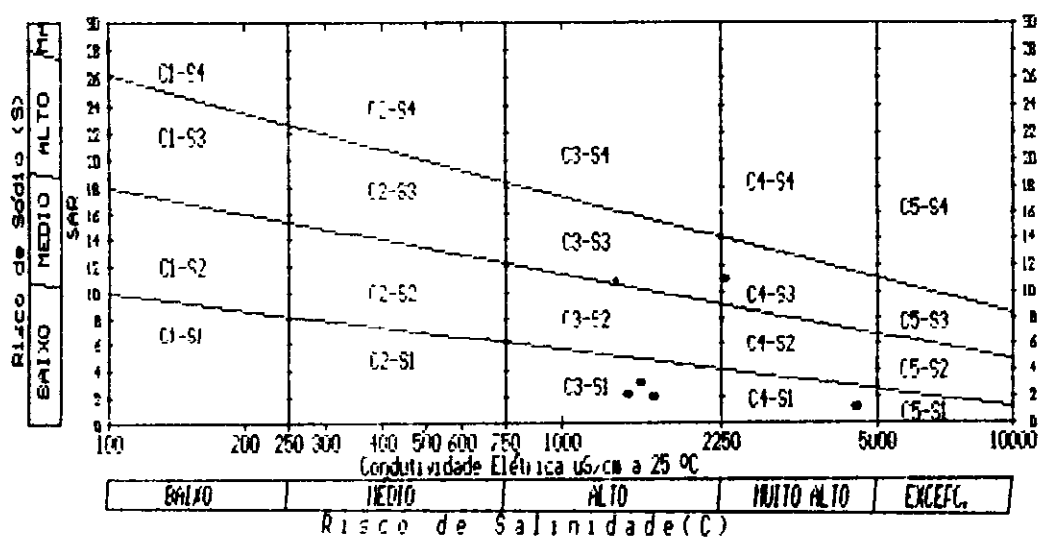
- GNOMUGRAMMA DE HOOVER-LANGELIER



Aquífero PEC  
 No de Amostras 4

### CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

- DIAGRAMA DE U.S.S.L



Aquífero PEC  
 No de Amostras 5

00:253

1083

Agua Fria PEC

MDS	FONTE	DATA DA ANALISE	ELEMENTOS MAIORES ANALISADOS (mg/l) - meq/l - % meq/l													ISOMA DOS ISOMA DOS:																
			Na	K	Ca	Mg	NO3	CO3	SO4	Cl	HCO3	CATIONS	ANIONS	ESPO																		
CAL0410	P	122/04/83	64.00	2.78	0.41	4.20	0.11	0.02	30.44	1.52	0.23	20.20	2.32	0.34	295.20	4.84	0.84	21.60	0.72	0.13	7.60	0.16	0.03	0.00	0.00	0.00	2.00	0.03	0.01	6.73	5.75	7.95
CAR0412	P	103/04/84	450.00	19.61	0.74	10.53	0.27	0.01	60.60	3.02	0.11	43.05	3.54	0.13	454.00	7.44	0.27	36.00	1.20	0.04	49.00	1.02	0.04	650.00	18.33	0.65	0.00	0.00	0.00	26.44	27.99	2.34
CAR0413	P	---	83.00	3.61	0.13	12.00	0.31	0.01	232.00	11.58	0.42	143.04	11.76	0.43	237.00	3.88	0.12	0.00	0.00	0.00	20.00	0.42	0.01	1025.00	28.91	0.87	0.00	0.00	0.00	27.26	32.22	9.60
IND0425	P	116/02/82	22.00	9.94	0.12	15.00	0.38	0.05	50.40	2.51	0.31	52.79	4.34	0.53	309.00	5.08	0.77	19.10	0.64	0.10	24.40	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	22.50	0.36	0.06	8.20	6.59	0.07
IND0440	P	---	77.50	3.37	0.35	5.00	0.13	0.01	39.20	1.96	0.20	51.36	4.22	0.44	396.00	6.40	0.69	0.00	0.00	0.00	13.20	0.27	0.03	51.00	1.44	0.15	75.31	1.21	0.13	9.68	9.42	1.37
IND0451	P	---	67.50	2.94	0.35	7.50	0.19	0.02	56.00	2.83	0.34	30.24	2.49	0.29	180.00	2.95	0.36	0.00	0.00	0.00	24.60	0.51	0.07	152.00	4.29	0.53	2.43	0.04	0.01	8.45	7.79	4.07
PAL0422	P	104/05/74	122.50	5.33	0.42	7.50	0.19	0.02	54.00	2.71	0.22	52.00	4.34	0.35	126.00	2.07	0.14	0.00	0.00	0.00	30.50	0.64	0.04	420.00	12.07	0.82	0.44	0.01	0.00	12.58	14.78	6.04
PAL0403	P	130/04/81	140.00	6.09	0.37	3.90	0.10	0.01	120.00	5.99	0.36	53.50	4.40	0.27	340.00	5.72	0.32	6.50	0.22	0.01	354.00	7.37	0.41	170.00	4.79	0.26	0.00	0.00	0.00	16.58	18.10	4.20
REB0415	P	125/05/83	3.10	0.13	0.02	7.00	0.20	0.02	50.30	2.91	0.34	65.00	5.41	0.63	336.70	5.52	0.51	26.30	0.88	0.00	130.00	2.71	0.25	0.00	0.00	0.00	110.00	1.77	0.16	8.65	10.86	11.37



000254

QUADRO-11 - FEA, DEC (ÔNICOAS, p. 0-1)

ANÁLISES PEC

ANOS/PAI	FONTE	DATA DA ANÁLISE	TP	STB	(K/ha)	(Mg/Ca)	(Na/Ca)	(ha/mg)	(Na/(Ca+mg))	(Cl/HCO3)	(Cl/504)
CA100101	P	122/04/83	*****	*****	0 039	1 329	1 935	1 238	0 726	0 000	0 000
CAR00121	P	103/04/84			0 085	0 014	171	6 485	5 537	2 463	17 967
CAR00131	P	-----	0 2-41		0 085	0 016	0 112	0 777	0 155	7 441	69 416
IND00251	P	110 12/02	*****	*****	0 491	1 736	0 381	2 270	2 140	0 000	0 000
IND00401	P	-----			1 433	0 070	2 159	1 723	0 798	0 322	5 233
IND00511	P	-----			0 270	0 065	0 077	1 036	1 181	1 453	0 369
PAC00221	P	104/05/74	0 543		0 036	1 420	1 963	1 227	0 755	5 004	19 007
PAJ00031	P	130/06/81			0 291	0 016	0 735	1 017	1 204	0 838	0 650
REDO0151	P	125/05/83	*****	*****	1 480	0 800	0 046	0 025	0 016	0 000	0 000

QUADRO-12 - CARACTERÍSTICAS GERAIS

ANÁLISES PEC

ANOS/PAI	FONTE	DATA DA ANÁLISE	CALCULINIDADE TOTAL	DUREZA CaCO3	STD (mg/l)	Resíduo Seco Campo	Cond. Elétr. (µS/cm)			pH	pH Cláss	POTABILIDADE Schoeller & Berralloff	ÍNDICE DE SATURAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO						
							CaCO3	CaCO3	CaCO3				LAURELIER	RYZMAR	SAR (Classe)	Risco de	Risco de				
							(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)				VALOR	CARATER	VALOR	CARATER	SAR	Classe	Risco	Risco	
CA100101	P	122/04/83	210 00	76 00	703 151	430 00	0 00	0 00	0 00	8 50	001	Possível	0 912	INCROSTANTE	6 7	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2 010	---	---		
CAR00121	P	103/04/84	490 00	1 151	501 523	211 497	0 00	2000 00	0 00	7 90	101	Mediocre	0 650	INCROSTANTE	6 6	Pouco Incrustante ou Corrosiva	10 924	C4-S3	Alto	M Alto	
CAR00131	P	-----	237 00	500	001 632	451	0 00	0 00	4500 00	0 00	7 30	001	Ms	0 612	INCROSTANTE	5 7	Moderadamente Incrustante	1 057	C4-S1	Baixo	M Alto
IND00251	P	110/02/82	329 06	1 126	001 58	641 652	0 00	0 00	0 00	8 20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
IND00401	P	-----	376 00	96 00	507 201	0 00	0 00	1 400 00	0 00	7 67	001	Possível	0 632	INCROSTANTE	6 4	Pouco Incrustante ou Corrosiva	1 918	C3-S1	Baixo	Alto	
IND00511	P	-----	180 00	1 142	001 429	281	0 00	0 00	1 600 00	0 00	7 51	001	Bom	0 602	INCROSTANTE	6 6	Pouco Incrustante ou Corrosiva	1 290	C3-S1	Baixo	Alto
PAC00221	F	104/05/74	26 00	1 126	001 758	001 700	0 00	0 00	1 500 00	0 00	7 40	001	Mediocre	0 402	CORROSIVA	8 3	Corrosiva	2 837	C3-S1	Baixo	Alto
PAJ00031	P	130/06/81	255 00	1 200	001 079	451 003	0 00	0 00	0 00	7 60	001	Possível	0 510	INCROSTANTE	6 6	Pouco Incrustante ou Corrosiva	2 672	---	---	---	
REDO0151	P	125/05/83	343 00	1 145	75 560	861 143	0 00	0 00	0 00	8 00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	

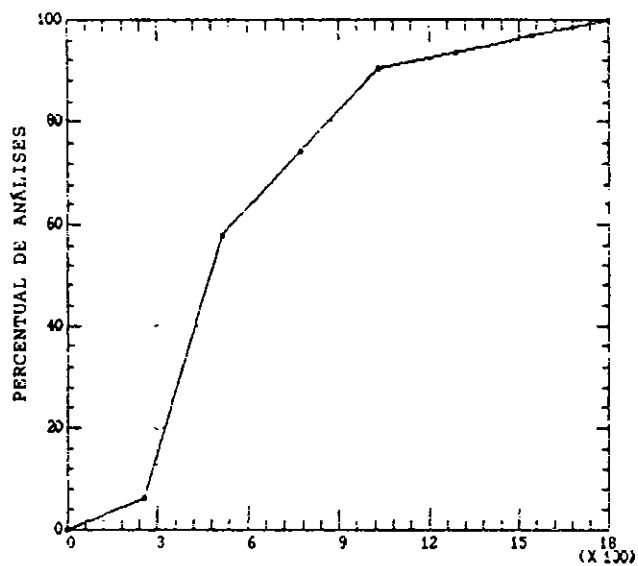
1004

000255

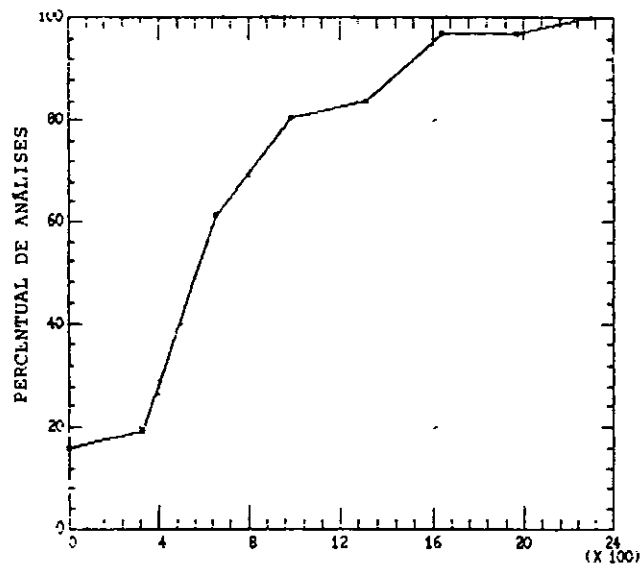




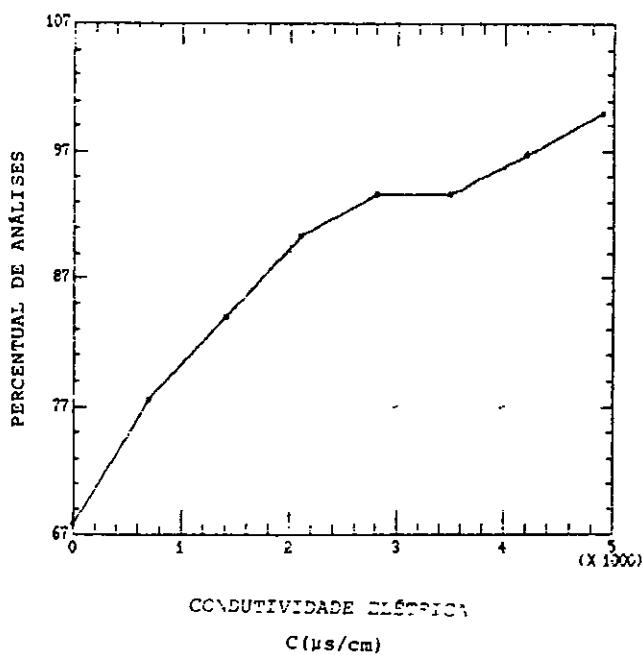
FIGURA 6.6. - FREQUÊNCIA ACUMULADA DO STD, RS E CONDUTIVIDADE NO CRISTALINO



SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS  
STD (mg/l)



RESÍDUO SECO  
RS (mg/l)



CONDUTIVIDADE ELÉTRICA  
C (µs/cm)

000256



QUADRO 6.3 - PADRÃO DE POTABILIDADE

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	VMP
<b>I - Físicas e Organolépticas</b>		
Cor aparente	u <sup>o</sup> (1)	5 (obs-1)
Odor		Não objetável
Sabor		Não objetável
Turbidez	uT (2)	1 (obs-2)
<b>II - Químicas</b>		
II-a) Componentes Inorgênicos que afetam a Saúde		
Arsênio	mg/L	0,05
Bário	mg/L	1,0
Cádmio	mg/L	0,005
Chumbo	mg/L	0,05
Cianetos	mg/L	0,1
Cromo Total	mg/L	0,05
Fluoretos	mg/L	0,5-3
Mercurio	mg/L	0,001
Nitratos	mg/L	50
Prata	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,01
II-b) Componentes Orgânicos que afetam a Saúde		
Aldrin e Dieldrin	ug/L	0,03
Benzeno	ug/L	10
Benzociclopenteno	ug/L	0,1
Cloridano (Total de Isômeros)	ug/L	0,5
DDT (p-p DDT, o-p DDT e-p DDE e-p DDE)	ug/L	1
Endrin	ug/L	0,2
Heptacloro e Heptacloro epóxido	ug/L	0,1
Hexaclorobenzeno	ug/L	0,01
Lindano (Gamma HCH)	ug/L	3
Metoxicloro	ug/L	30
Pentaclorofenol	ug/L	10
Tetracloreto de Carbono	ug/L	3
Tetracloroetileno	ug/L	10
Toxareno	ug/L	3
Tricloroeteno	ug/L	30
Trilhametanos	ug/L	100 (obs-4)
1,1 Dicloroeteno	ug/L	0,3
1,2 Dicloroeteno	ug/L	10
2,4 D	ug/L	100
2,4,6 Triclorofenol	ug/L	10 (obs-5)
II-c) Componentes que afetam a qualidade Organoléptica		
Alumínio	mg/L	0,2 (obs-6)
Agentes Tenso-ativos (Reagentes ao azul de metileno)	mg/L	0,2
Cloratos	mg/L CL	250
Cobre	mg/L	1,0
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	500
Ferro Total	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	1000
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	400
Zinco	mg/L	5

(1) uH é unidade de escala de Hazen (de platina - cobalto)

(2) uT é a unidade de turbidez, seja em unidade de Jackson ou nefelométrica.

- Obs. 1 - Para a cor aparente o VMP é 5 (cinco) uH para água entrando no sistema de distribuição. O VMP de 15 (quinze) uH é permitido em pontos da rede de distribuição.
- Obs. 2 - Para a turbidez o VMP é 1,0 uT para a água entrando no sistema de distribuição. O VMP de 5,0 uT é permitido em pontos da rede de distribuição se for demonstrado que a desinfecção não é comprometida pelo uso desse valor, menos exigente.
- Obs. 3 - Os valores recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média de temperaturas máximas diárias do ar deverão atender a legislação em vigor.
- Obs. 4 - Sujeito a revisão em função dos estudos toxicológicos em andamento. A remoção ou prevenção de trihalometanos não deverá prejudicar a eficiência da desinfecção.
- Obs. 5 - Concentração limiar de odor de 0,1 ug/L.
- Obs. 6 - Sujeito a revisão em função de estudos toxicológicos em andamento.

## RECOMENDAÇÕES:

- a) o pH deverá ficar situado no intervalo de 6,5 a 8,5.
- b) a concentração mínima de cloro residual livre em qualquer ponto da bacia da rede de distribuição deverá ser de 0,2 mg/L.

000257



QUADRO 6.4 - PADRÕES DE AGUA PARA ALIMENTAÇÃO DE CALDEIRAS  
(LOGAN, 1965)

PRESSÃO DA CALDEIRA	0-150	150-250	250-400	400	PSI
PARÂMETROS (mg/l)	0- 10	10- 17	17- 28	28	kg/cm <sup>2</sup>
Turbidez	20	10	5	1	
Cor	80	40	5	2	
Oxigênio consumido	20	10	5	1	
Oxigênio dissolvido	1,4	0,14	0	0	
Gás Sulfídrico	5	3	0	0	
Dureza	80	40	10	2	
NaSO <sub>4</sub> : Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1:1	2:1	3:1	3:1	
Oxido de alumínio	5	0,5	0,05	0,01	
Silica	40	20	5	1	
Bicarbonato	20	20	5	0	
Carbonato	200	100	40	20	
Hidróxido	50	40	30	15	
Sólidos totais	3000-500	2500-500	1500-100	50	
pH. mínimo	8,0	8,4	9,0	9,6	

Os limites de tolerancia são distintos para cada tipo de indústria, conforme ilustra o quadro 6.5.

000258

QUADRO 6.5 - LIMITES ACONSELHÁVEIS PARA DIFERENTES USOS INDUSTRIAIS

ANDERSON 1946, MOORE 1940

USO	TURBIDEZ	COP	DUREZA TOTAL	Fe+Mn	ALCALINIDADE	RESIDUO SECO	ODOR E	Cloro	OUTROS REQUISITOS
	PPM	PPM	PPM CO <sub>3</sub> Ca	PPM	TAC PPM CO <sub>3</sub> Ca	PPM	GOSTO	PPM	
Padaria	10	10	-	0.2	-	-	Baixo	0.2	AP
Cerveja clara	10	-	-	0.1	200	75	Baixo	0.2	AP: NACl 275 ppm, PH 6.5 a 7.0
Cerveja preta	10	-	-	0.1	1500	150	Baixo	0.2	AP: NACl 275 ppm, PH 7.0
Conservas gerais	10	-	-	0.2	-	-	Baixo	1	AP
Beb. Carbonicas	2	10	750	0.2	250	50 a 100	Baixo	0.2	AP: DBO 10 ppm
Doceria	-	-	-	0.2	100	-	Baixo	0.2	AP
Alimentação	10	-	-	0.2	-	-	Baixo	0.2	AP
Gelo	5	5	-	0.2	-	-	Baixo	-	AP: S <sub>1</sub> O <sub>2</sub> 10 ppm
Lavanderia	-	-	50	0.2	-	-	-	-	
Papel branco	5	5	50	0.1	200	-	-	-	
Tintas	5	5 a 20	-	0.25	200	-	-	-	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.5 ppm
Licores	10	-	-	0.1	500 a 1000	150	-	0.2	AP: PH 6.5 a 7.0
Curtumes	20	10 a 100	50 a 155	0.2	-	-	-	-	OH 1.8

- AP: Agua Potável

1000



000259



de água necessária. Os procedimentos metodológicos a serem seguidos devem considerar a localização do núcleo habitacional a ser beneficiado, a identificação dos aquíferos disponíveis na região e a extensão máxima da linha de adução entre a captação e a localidade.

Os estudos hidrogeológicos realizados no âmbito do PERH permitem estabelecer um balizamento das possibilidades de aproveitamento de cada aquífero em função de algumas características de ordem prática, conforme ilustra o quadro 7.1

Este quadro permite, em primeira aproximação, decidir sobre qual o aquífero a ser captado, evidentemente entre aqueles existentes na região, levando-se em conta 1) a expectativa de se obter a vazão média do aquífero escolhido, 2) a viabilidade de instalar o(s) poço(s) perfurado(s), considerando a expectativa de nível dinâmico, 3) a facilidade de perfurar o(s) poço(s) através dos métodos de perfuração propostos.

O desempenho de cada um dos métodos é sucintamente descrito a seguir:

- 1 - Jato d'água pode ser utilizado em sedimentos incoerentes, como aluviões e dunas. Há necessidade de uma fonte hídrica disponível no local e uma bomba de alta vazão. A rapidez e segurança do método são as suas grandes vantagens.
- 2 - Trado o trado manual tem a mesma aplicabilidade do método a jato d'água, sendo que neste caso é dispensável a existência de fonte hídrica no local para assegurar a perfuração. Sua eficiência aumenta quando o material é retirado com auxílio de caçamba com válvula de alçapão.
- 3 - Percussão utilizada em rochas duras. Entre os métodos que requerem sonda, este é o mais econômico, porém o mais demorado. Um poço no cristalino

perfurado a percussão pode levar 30 dias, enquanto que leva dois dias se perfurado com martelo pneumático. 4 - Rotativo é muito eficiente na perfuração de rochas sedimentares consolidadas. Pode ser eventualmente utilizado para perfurar sedimentos incoerentes, muito embora os métodos manuais (trado e jato) sejam mais econômicos.

- 5 - Rotopneumáticos o alto investimento aplicado numa sonda pneumática só é justificável pela sua intensa atividade, uma vez que o custo de peças e equipamentos de perfuração são extremamente caros. Sua eficiência é verificada na perfuração de rochas cristalinas, contudo o processo de desenvolvimento dos poços perfurados por este método deve ser exaustivo, de forma a se obter o melhor rendimento.
- 6 - Escavação Manual este método está relacionado a poços de grande diâmetro, escavados a pá e picareta, em sedimentos incoerentes como dunas, aluviões, manto de intemperismo ou mesmo em sedimentos consolidados como os arenitos da Formação Serra Grande. Do ponto de vista sócio-econômico, é o método que pode envolver o maior número de pessoas, aproveitando a mão-de-obra local.

O que se tem verificado, não só no Ceará, mas em todo o Nordeste, é uma intensa campanha de perfuração de poços através dos órgãos governamentais responsáveis por esta atividade, sem haver, no entanto, a preocupação de normatizar alguns procedimentos fundamentais para o sucesso na captação de água subterrânea. Tais procedimentos devem envolver 1) estudos preliminares para locação de poços através de fotointerpretação, levantamento geofísico por eletrorresistividade, sondagem mecânica, 2) definição do melhor método de perfuração e da mais viável forma de captação (poços

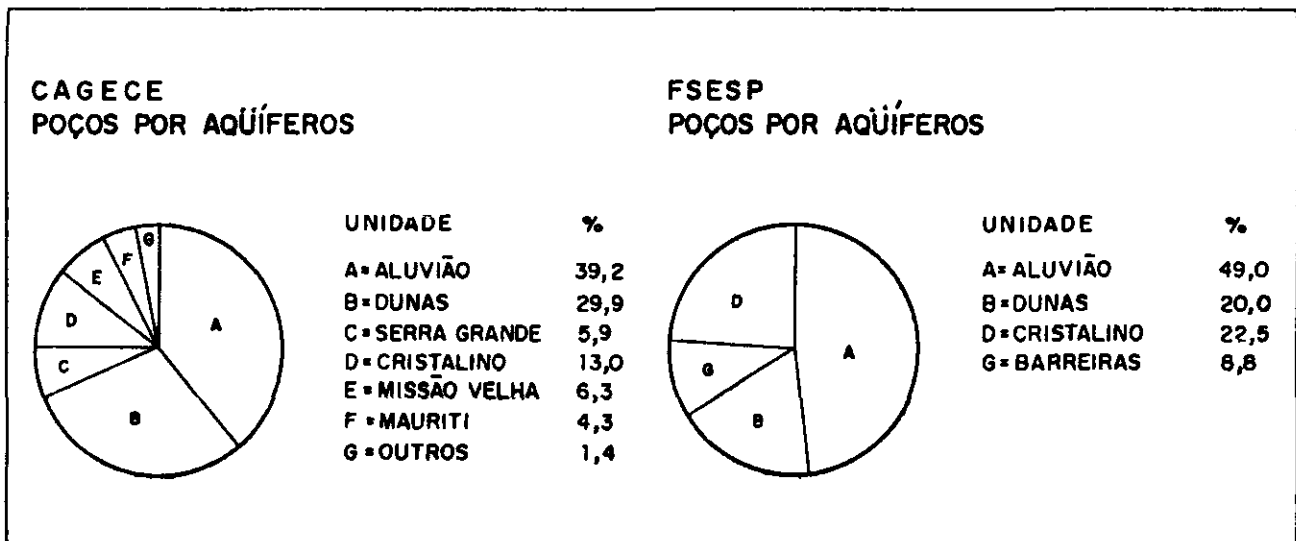
QUADRO 7.1 - BALIZAMENTO PARA EXPECTATIVA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

PARÂMETROS UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	VALORES MÉDIOS				MÉTODO DE PERFURAÇÃO
	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	Q (m)	
ALUVIÃO	9,40	2,50	3,80	8,10	1-2-4-6
DUNAS	10,10	2,00	4,70	6,50	1-2-4-6
COBERTURAS	40,40	5,60	18,90	3,20	2-4-6
BARREIRAS	42,50	8,90	22,40	4,70	2-4-6
SERRA GRANDE	75,00	15,20	42,35	4,10	3-4-5-6
JAIBARA	52,40	9,10	29,80	3,60	3-4-5
UBAJARA	60,00	12,40	35,00	5,00	3-4-5
COMPLEXO ÍGNEO	60,30	7,80	38,10	2,50	3-5
COM. METAMÓRFICO	58,10	9,70	35,90	2,80	3-5

- |                 |               |                      |
|-----------------|---------------|----------------------|
| 1 - JATO D'ÁGUA | 3 - PERCUSSÃO | 5 - ROTOPNEUMÁTICO   |
| 2 - TRADO       | 4 - ROTATIVO  | 6 - ESCAVAÇÃO MANUAL |



FIGURA 7.1 - APROVEITAMENTO DOS AQUIFEROS



000261



tubulares, amazonas, coletores com drenos ou ponteiros), 3) avaliação de eficiência do poço, promovendo métodos de desenvolvimento compatíveis com o método de perfuração empregado e com o aquífero captado

O atendimento do conjunto desses procedimentos, ou mesmo de partes deles, tem demonstrado resultados satisfatórios, a exemplo da SOHIDRA, que, a partir do momento em que passou a utilizar a eletroresistividade para locação de poços, tem diminuído sensivelmente a quantidade de poços secos. Da mesma forma, a CAGECE vem mantendo um bom desempenho na obtenção de água subterrânea, se valendo de investigação direta do subsolo através de sondagem mecânica em aluviões e dunas

É preciso ter consciência de que existe a expectativa de obtenção de água subterrânea, principalmente para o atendimento de pequenas comunidades, mas o sucesso em converter a potencialidade em disponibilidade depende dos procedimentos adotados. Se para a construção de um açude é necessário realizar o estudo hidrológico e definir o tipo de barragem mais compatível com as condições pré-estabelecidas, da mesma forma, a perfuração de um poço terá sucesso se atendidos os procedimentos salientados anteriormente. A diferença entre o estudo hidrológico e o estudo hidrogeológico é que, no primeiro, a definição da vazão regularizada pode ser dada antes da construção do açude, enquanto no segundo, a definição das características hidrodinâmicas, inclusive a vazão, depende da perfuração do poço, que possibilitará a execução de testes de produção e/ou aquífero. Isto serve para ressaltar sobre a responsabilidade em diminuir os riscos de insucesso na perfuração de poços, pois os resultados até hoje observados têm comprometido a expectativa de águas subterrâneas no Estado, principalmente com relação ao Cristalino

Em resumo, é importante frisar que o Estado do Ceará está localizado predominantemente sobre rochas cristalinas e o seu aproveitamento é viável para abastecimento de pequenas comunidades, mesmo considerando que as vazões médias obtidas sejam relativamente baixas e a água apresente nível de salinidade elevada

- **Qualidade da Água** o aspecto qualitativo da água é, em geral, negligenciado, ou, simplesmente, ignorado. A primeira preocupação é a de se obter a quantidade desejada para o fim a que se destina. No entanto, quando se considera a expectativa de utilização, é necessário conciliar a quantidade e a qualidade e, com isso, atender à demanda requerida

O padrão de qualidade da água para as suas principais formas de utilização foi amplamente discutido nos itens 6.2.2 e 6.3

A qualidade físico-química das águas subterrâneas é, via de regra, superior à qualidade das águas superficiais, mas as suas características dependem de uma série de fatores, entre eles a formação geológica que serve como reservatório, ou seja, o aquífero. O resultado da ação destes fatores vai influenciar nas características químicas da água e, com isso, estabelecer a possibilidade de aproveitamento para determinado fim

### 7.3 Restrição ao Aproveitamento das Águas Subterrâneas

Conhecidos os volumes de água subterrânea de cada aquífero, discriminados através das reservas permanentes, exploráveis e renováveis, foi avaliada a qualidade química da água, com base no estudo hidroquímico. O cruzamento da quantidade com a qualidade resulta em um novo volume, definido como reservas efetivas passíveis de aproveitamento para consumo humano

A metodologia empregada para estabelecer o fator de correção dos volumes inicialmente calculados para as reservas de cada aquífero, consiste em rejeitar as análises cujos valores de cloretos, dureza ou sólidos totais estejam acima dos limites estabelecidos pela Portaria nº 36, de 19/01/90, do MS. Tendo em vista que o cadastro de análises químicas está armazenado por município, se torna possível estabelecer o fator de correção para cada aquífero do município. Os valores assim obtidos foram ajustados para se obter índices percentuais de aproveitamento, conforme mostra o quadro 7.2

A aplicação dos valores do quadro 7.2 para o caso específico do Cristalino, estão ilustrados no mapa Fator de Correção das Reservas do Cristalino (Anexo I-B)

QUADRO 7.2 - FATOR DE CORREÇÃO DAS RESERVAS

AQUÍFERO	FATOR DE CORREÇÃO
Aluvião	0,9
Dunas	0,9
Coberturas	0,9
Barreiras	0,9
Serra Grande	0,5
Jaibara	0,5
Uabajara	0,5
Ígneas	0,3 - 0,9
Metamórficas	0,3 - 0,9

### 7.4 Bases para o Planejamento

De forma objetiva são apresentadas as disponibilidades atuais de água subterrânea, representadas pela vazão produzida pelos poços

perfurados em cada município. Estes resultados proporcionam uma avaliação preliminar da capacidade máxima disponível municipal, possibilitando, desta forma, estabelecer critérios de aproveitamento dos aquíferos e/ou projetar novas unidades de captação em função da necessidade hídrica definida no estudo de demandas do PERH. Os resultados obtidos constam do quadro 7.3

No quadro 7.4 estão relacionados não-somente a disponibilidade dos poços de Fortaleza, desta feita considerando-se não as unidades hidrogeológicas, mas os sistemas aquíferos existentes. Este detalhamento foi possível tendo em vista que Fortaleza detém cerca de 30% dos poços perfurados no Bloco 2.

## 8 VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS

### 8.1 Generalidades

A qualidade da água subterrânea depende muito das características litológicas da formação, da qualidade da água de infiltração, do transporte de soluções e dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero.

As atividades humanas podem produzir contaminação dos aquíferos, muitas vezes por descuido, ignorância e por falta de controle e gestão das águas subterrâneas. As consequências disso são, em geral, danosas, e sua reversão pode ter um custo elevado, tanto econômico quanto social.

A preservação do meio ambiente não se refere somente aos recursos naturais superficiais, as águas subterrâneas se revestem de grande importância como recurso estratégico e sua contaminação pode comprometer o próprio desenvolvimento social.

### 8.2 Origem da Contaminação de Aquíferos

As origens das contaminações dos aquíferos são muito diversificadas e podem ser classificadas em função da proposição de Schoeller (1969):

#### - Contaminação por Atividades Domésticas

Esta contaminação se refere basicamente aos dejetos de origem orgânica, oriundos de fossas sépticas, fossas negras e vazamento em redes de esgoto. Pode ser relacionada também a produtos químicos de uso doméstico, como os detergentes e similares.

Os aquíferos mais suscetíveis a esta contaminação são aqueles que afloram nas regiões urbanas, como é o caso do aquífero das dunas de Fortaleza, que se encontra intensamente contaminado, tendo em vista a sua alta permeabilidade e pequena profundidade do nível freático.

#### - Contaminação por Atividades Agrícolas

Os contaminantes produzidos pela atividade agrícola podem originar aumento na concentração de nitratos da água, pela aplicação continuada de adubos à base de nitratos, fosfato e potássio (NPK). A adição de corretivos à base de calcário, pode produzir aumento dos conteúdos de sulfato e dureza.

Nas áreas irrigadas a contaminação pode ser decorrente de sais, principalmente em zonas mal drenadas e de recarga natural deficiente.

Contudo, a utilização de pesticidas é a mais preocupante fonte de contaminação de águas subterrâneas, decorrente de práticas agrícolas. O problema reside no fato de que estes compostos têm alta resistência à degradação e são altamente nocivos aos seres humanos.

Os depósitos aluvionares da região da Ibiapaba têm uma alta susceptibilidade a este tipo de contaminação, tendo em vista a extensiva atividade agrícola aliada às características do aquífero, com nível freático pouco profundo.

#### - Contaminação por Poços Abandonados

É um tipo de contaminação de caráter pontual, mas que pode ter consequências graves sobre o aquífero, tendo em vista que não ocorrem processos aeróbicos de degradação. As causas são devido ao descaso com as captações desativadas e que são passíveis de contaminação, pela introdução de substâncias e/ou materiais indesejáveis no interior do poço, contaminando o aquífero de forma e intensidade variáveis.

É comum o caso de aproveitamento de antigas cacimbas para servirem de fossa séptica ou negra, originando uma contaminação orgânica decorrente da atividade doméstica.

#### - Contaminação por Aterros Sanitários

O cuidado em se escolher o local para depósito do lixo doméstico e industrial é fundamental, para evitar este tipo de contaminação. Deve-se ter a precaução de posicionar o aterro em terrenos de baixa permeabilidade e com nível freático profundo.

#### - Contaminação por Águas Superficiais

Está relacionada ao transporte de poluentes através das águas superficiais, havendo uma recarga efetiva dessas águas para o aquífero. Neste caso, são suscetíveis à poluição os aquíferos aluvionares a jusante de centros urbanos e/ou de áreas agricultáveis.

#### - Contaminação por Águas Salinas

Seu efeito está praticamente restrito à intrusão da cunha de água salina no aquífero Dunas. Seu efeito é resultado do superbombearmento de poços perfurados na região costeira, a exemplo dos



QUADRO 7.3 - DISPONIBILIDADE ATUAL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS  
(m<sup>3</sup>/h)

COD	MUNICÍPIO	ALUVIÃO	DUNAS	COBERTURA	BARREIRAS	SER. GRANDE	JAIBARA	UBAJARA	ÍGNEAS	METAMÓRF.	TOTAL
		(QNA)	(QND)	(QNC)	(TDB)	(SDS)	(PPJ)	(PPU)	(PPG)	(PEC)	
		CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV
										9.50	9.50
ACR	ACARAPE	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	2/1	2/1
		105.00			245.70					4.60	355.30
ACA	ACARAÍ	4/0	0/0	0/0	37/2	0/0	0/0	0/0	0/0	2/3	43/5
		18.20							9.00		27.20
ALC	ALCANTARAS	5/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	6/2	0/0	11/2
			2.80		4.40					10.20	17.40
ARD	ARANTADA	0/0	1/0	0/0	1/0	0/1	0/0	0/0	0/0	6/4	8/5
		166.10								49.40	215.50
APU	APUIARÉS	15/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	16/4	31/4
			41.20		339.40					906.40	1287.00
AQU	AQUIRAZ	0/0	7/0	0/0	114/3	0/0	0/0	0/0	0/0	276/8	397/11
											9.00
ARA	ARACATI *	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
		30.50								244.40	274.90
ARC	ARACDIABA	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	84/11	95/12
										56.50	56.50
ART	ARATUÇA	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	16/1	16/2
										12.30	12.30
BAE	BARREIRA	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	4/0	4/0
					26.60						26.60
BAD	BARROQUINHA	0/11	0/0	0/0	3/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	3/14
										184.50	184.50
BAT	BATURITÉ	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	51/13	51/14
			105.30		77.10					63.20	245.60
BEB	BEBERIDE	0/0	25/0	0/0	19/1	0/0	0/0	0/0	0/0	34/8	78/9
		38.80			17.40					12.00	68.20
BEC	BELO CRUZ	2/0	0/0	0/0	4/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	14/2



COD	MUNICÍPIO	ALUVIÃO (QNA)	DUNAS (QND)	COBERTURA (QNC)	BARREIRAS (TBB)	SER.GRANDE (S95)	JATIBARAS (PPJ)	UBAJARA (PPU)	IGNEAS (PPG)	RETAROF. (PEC)	TOTAL
		CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV
CAR	CAROCIA		15.40		338.00					24.20	377.60
		0/0	5/1	0/0	41/10	0/0	0/0	0/0	0/0	4/3	50/14
CAN	CANINDÉ									245.10	245.10
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	96/17	96/17
CAP	CAPISTRANG									47.70	47.70
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	16/0	16/0
CAR	CARIDADE	22.80								92.00	114.80
		4/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	49/13	53/13
CAI	CARIRÉ	53.60								134.90	188.50
		3/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	51/11	53/11
CAB	CARNAUBAL					180.00				13.00	193.00
		0/0	0/0	0/0	0/0	27/2	0/0	0/0	0/0	2/0	29/2
CAV	CASCAVEL		213.50		140.70					218.40	572.60
		0/0	19/2	0/0	24/1	0/0	0/0	0/0	0/0	69/14	112/17
CAC	CAUCAIA		3.50		393.90					881.60	1279.00
		0/0	1/0	0/0	100/5	0/0	0/0	0/0	0/0	220/39	321/44
CNL	CHAVAL								1.80		1.80
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	4/1	0/0	4/1
CND	CHOROZINHO			2.00						4.50	6.50
		0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	2/1
COR	COREAU							131.20	44.30	29.20	204.70
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	18/1	7/0	11/2	36/3
CRA	CRATEUS					30.90			3.90	472.00	506.80
		0/0	0/0	0/0	0/0	5/1	0/0	0/0	1/1	170/60	176/62
CRB	CRDADA					20.00				2.20	22.20
		0/0	0/0	0/0	0/0	2/0	0/0	0/0	0/0	1/0	3/0
CRU	CRUZ	45.40			2.70						48.10
		3/1	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	4/1



COD	MUNICÍPIO	ALUVIÃO	DUMAS	COBERTURA	BARREIRAS	SER.GRANDE	JATBARA	UBAJARA	IGWEAS	RETANÓRF.	TOTAL
		(QHA)	(QMD)	(QHC)	(TQB)	(SDS)	(PPJ)	(PPU)	(PPG)	(PEC)	
		CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV
EUS	EUSÉBIO				23.70					85.10	108.80
		0/0	0/0	0/0	7/0	0/0	0/0	0/0	0/0	27/2	34/2
FDD	FORQUILHA									1.10	1.10
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	2/1	2/1
FDR	FORTALEZA										0.00
		0/0	133/14	0/0	1253/99	0/0	0/0	0/0	0/0	928/107	2314/226
FRE	FRECHEIRINHA	10.00						68.60			78.60
		1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	10/2	0/0	0/0	11/2
GES	GENERAL SAMPAIÓ									12.80	12.80
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	11/1	11/1
GRC	GRAÇA						10.00				10.00
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	4/1	0/0	0/0	0/0	4/1
GRA	GRANJA				8.00		1.20			49.40	58.60
		0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	20/2	21/2
GRN	GRONÓIAS	65.00								23.80	88.80
		2/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	12/0	14/0
GUB	GUATUBA									8.80	8.80
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	7/0	7/0
GUM	GUARACIABA DO NORTE	5.60				30.40				1.60	37.60
		1/0	0/0	0/0	0/0	7/0	0/0	0/0	0/0	2/0	10/0
GUA	GUARARIRANGA	18.00								38.20	56.20
		1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	14/2	15/2
HID	HIDROLÂNDIA	16.00								152.70	168.70
		1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	57/0	58/0
HOR	HORIZONTE									12.70	12.70
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	4/0	4/0
IBA	IBARETANA										0.00
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0



COD	MUNICÍPIO	ALUVIÃO (DMA)	DUNAS (DND)	COBERTURA (OHC)	BARREIRAS (TBB)	SER.GRANDE (SDS)	JAIBARA (PPJ)	UBAJARA (PPU)	ÍGNEAS (PPG)	INERARÓRF. (PEC)	TOTAL
		CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV
IBI	IBIAPINA	17,90				66,60				5,90	90,40
		2/0	0/0	0/0	0/0	18/1	0/0	0/0	0/0	2/0	22/1
IND	INDEPENDÊNCIA								3,00	182,40	185,40
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	4/2	84/22	88/24
IPP	IPAPORANGA									18,80	18,80
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	4/0	4/0
IPU	IPU					7,10				118,90	126,00
		0/0	0/0	0/0	0/0	3/1	0/0	0/0	0/0	40/7	43/8
IPE	IPUEIRAS	50,00				31,90				98,30	189,20
		2/0	0/0	0/0	0/0	12/2	0/0	0/0	0/0	27/4	41/6
IRU	IRAUCUBA								4,00	43,30	47,30
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	25/11	26/11
ITP	ITAPAGÉ									76,60	76,60
		0/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	35/15	35/17
ITI	ITAPIPOCA				22,20					73,20	95,40
		0/0	0/0	0/0	3/0	0/0	0/0	0/0	0/0	49/32	52/32
ITU	ITAPIÚNA									48,90	48,90
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	17/5	17/5
ITR	ITAREMA				713,40					11,30	724,70
		0/0	0/0	0/0	112/4	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	113/5
ITY	ITATIRA *										0,00
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
IBR	IBARACANÁ				6,20					117,60	123,80
		0/0	0/0	0/0	3/1	0/0	0/0	0/0	0/0	60/22	63/23
IBN	IBARANGUAPE			1,20						364,20	365,40
		0/0	0/0	1/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	152/25	153/27
IBAC	IBARCO	54,00			12,60					33,80	100,40
		1/0	0/0	0/0	3/0	0/0	0/0	0/0	0/0	9/1	13/1



COD	MUNICÍPIO	ALUVIÃO	DUMAS	COBERTURA	BARREIRAS	SER. GRANDE	JAIBANA	UBAJARA	IGNEAS	METANÓRF.	TOTAL
		(QHA)	(QHD)	(QHC)	(TDB)	(SDS)	(PPJ)	(PPU)	(PPG)	(PEC)	
		CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV
					44.50					23.30	67.80
MAT	MARTINÓPOLE	0/0	0/0	0/0	10/1	0/0	0/0	0/0	0/0	5/0	15/1
		15.80					195.50		43.30		254.60
MAS	MASSAPÊ	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	50/10	0/0	20/3	0/0	71/13
									20.40		20.40
MER	MERUOCA	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	6/1	0/0	6/1
										5.20	5.20
MIA	MIRAIÁ	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	2/0	2/0
											0.00
MOS	MONSENHOR TABOSA *	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
											0.00
MOM	MORADA NOVA *	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
											38.00
MOR	MORAÚJO	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	15/1	15/1
		31.00			18.60					92.80	142.40
MOT	MORRINHOS	8/0	0/0	0/0	2/0	1/1	0/0	0/0	0/0	16/2	27/3
									46.00		46.00
MUC	MUCAMBO	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	16/5	0/0	16/5
				3.20						54.40	67.60
MUL	MULUNGU	0/0	0/0	3/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	15/3	18/3
		0.90							47.60	116.20	164.70
MUR	NOVA RUSSAS	3/3	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	17/1	46/15	66/19
		10.00								52.10	62.10
MVO	NOVO ORIENTE	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	22/12	23/13
										5.90	5.90
MCA	OCARA	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	5/0	5/0
					22.00					379.00	401.00
PAC	PACAJUS	0/0	0/0	0/0	6/0	0/0	0/0	0/0	0/0	112/12	118/12





COD	MUNICÍPIO	ALUVIÃO	DUNAS	COBERTURA	BAIRREIRAS	SER. GRANDE	JARDENS	UBAJARA	ÍGNEAS	METARÓF.	TOTAL
		(OHA)	(OHD)	(OHC)	(TOB)	(SDS)	(PPJ)	(PPU)	(PPG)	(PEC)	
		CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV
PAT	PACATUBA				9.00					330.40	339.40
		0/0	0/0	0/0	4/0	0/0	0/0	0/0	0/0	113/21	117/21
PAD	PACOTI	25.00		17.00						70.00	112.00
		4/0	0/0	3/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	18/4	25/4
PAJ	PACUJÁ				0.10	32.10			2.00	53.70	87.90
		0/0	0/0	0/0	1/0	10/1	0/0	0/0	2/0	20/0	33/1
PAL	PALHANO										0.00
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
PAN	PALMÁCIA									21.80	21.80
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	3/0	3/0
PAR	PARACURU		129.70		80.80					86.90	297.40
		0/0	21/2	0/0	19/3	0/0	0/0	0/0	0/0	25/2	65/7
PAP	PARAIPABA				85.70					21.80	107.50
		0/0	0/0	0/0	20/3	0/0	0/0	0/0	0/0	12/0	32/3
PAI	PARAMOTI	14.40								37.40	51.80
		2/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	14/2	16/2
PET	PENTECOSTE									209.00	209.00
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	68/16	68/16
PIN	PINDRETEMA									7.50	7.50
		0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	2/0	2/1
PIR	PIRES FERREIRA	10.00								0.30	10.30
		1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	2/1	3/2
POR	PORANGA					202.40					202.40
		0/0	0/0	0/0	0/0	24/9	0/0	0/0	0/0	0/0	24/9
POT	POTERIANÓPOLIS									7.40	7.40
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	3/1	3/1
PUI	PUIXADÁ										0.00
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0



COD	MUNICÍPIO	ALUVIÃO	DUMAS	COBERTURA	BARREIRAS	SER. GRANDE	JAIBARA	UBAJARA	IGNEAS	RETANDRF.	TOTAL
		(QHA)	(QHO)	(QHC)	(TOB)	(SDS)	(PPJ)	(PPU)	(PPG)	(PEC)	
		CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV
RED	REDEENÇÃO			12.60						376.40	389.00
		0/0	0/0	4/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	97/24	101/24
		167.70				3.50				43.80	215.00
RER	RERIU TABA	14/0	0/0	0/1	0/0	3/1	0/0	0/0	0/0	25/5	42/7
											0.00
RUS	RUSSAS *	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
		106.10		11.40						237.00	354.50
SAR	SANTA QUIÉRIA	24/0	0/0	3/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	112/17	139/17
		41.60				5.40	2.80			44.80	94.60
SAA	SANTANA DO ACARAÚ	4/1	0/0	0/0	0/0	1/0	4/2	0/0	0/0	13/2	22/5
		25.00				144.90	0.20	3.30	9.10		182.50
SAB	SÃO BENEDITO	1/0	0/0	0/0	0/0	40/1	1/1	2/0	2/1	0/0	46/3
			74.70		38.30					283.00	396.00
SBA	SÃO GEMALO DO ANARANTE	0/0	13/0	0/0	18/0	0/0	0/0	0/0	0/0	99/7	130/7
		81.00								52.10	133.10
SLC	SÃO LUÍS DO CURU	11/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	12/1	23/1
					4.00					23.10	27.10
SES	SENADOR SÁ	5/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	8/4	9/4
		28.00					31.70		25.70	379.80	465.20
SOM	SOBRAL	3/0	0/0	0/0	0/0	0/0	7/0	0/0	3/0	127/36	140/36
									46.50	81.10	127.60
TAB	TAMBORIL	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	23/8	37/11	60/19
		10.00								6.00	16.00
TEJ	Tejuçuoca	2/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	4/2	6/2
		11.50				130.60		7.90			150.00
TIA	TIANGUÁ	2/0	0/0	0/0	0/0	46/2	0/0	2/0	0/0	0/0	50/2
			58.90		21.20					28.80	108.90
TIA	TRAIRI	0/0	8/0	0/0	5/0	0/0	0/0	0/0	0/0	16/2	29/2



COD	MUNICÍPIO	ALUVIAO (QNA)	DUNAS (QND)	COBERTURA (QNC)	BARREIRAS (TOB)	SER.GRANDE (SDS)	JAIBARA (PPJ)	UBAJARA (PPU)	ÍGNEAS (PPG)	METAMÓRF. (PEC)	TOTAL
		CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV	CV/SV
TUR	TURURU									8.50	8.50
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	5/2	5/2
UBA	UBAJARA	40.00				62.00		36.00		7.30	145.30
		1/0	0/0	0/0	0/0	17/1	0/0	16/0	0/0	2/0	36/1
UNI	UNIRIN									7.90	7.90
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	5/2	5/2
URU	URUBURETANA	49.50								52.00	101.50
		1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	33/12	34/12
URO	URUOCA									20.70	20.70
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	7/3	7/3
VAR	VARJOTA									17.10	17.10
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	6/3	6/3
VIC	VICOSA DO CEARÁ					70.60				2.40	73.00
		0/0	0/0	0/0	0/0	23/1	0/0	0/0	0/0	2/0	25/1
TOTAL POÇOS - AQUIFERO		1384.40	645.00	47.40	2696.20	1018.40	241.40	247.00	306.60	8592.10	15178.50
TOTAL POÇOS - CV/SV		130/20	233/19	15/5	1812/135	239/25	66/14	48/3	112/26	3906/702	6561/949

QUADRO 7 - DISPONIBILIDADE ATUAL DE AGUAS SUBTERRANEAS EM FORTALEZA

PARAMETROS \	AQUÍFEROS					
	DUNAS	DUNAS/BARREIRAS	DUNAS/BARR./CRIST.	BARREIRAS	BARREIRAS/CRIST.	CRISTALINO
POÇOS C/ VAZÃO	133	231	31	1022	779	118
POÇOS S/ VAZÃO	14	24	16	75	76	15
TOTAL DE POÇOS	147	255	47	1097	855	133
VAZÃO TOTAL (m <sup>3</sup> /h)	801,8	1314,2	152,3	4817,4	2531,9	302,6

1111

000272





poços da CAGECE em Abreulândia, que foram salinizados há certa de seis anos e até hoje sofrem os efeitos da contaminação, muito embora tenha sido paralisado o seu bombeamento

- Contaminação por Atividades Industriais

Esta forma de contaminação é extremamente variável e depende da indústria que a origina

### 8.3 Susceptibilidade à Poluição

Exercem papel importante na resistência aos efeitos nocivos de uma carga poluente, o ambiente físico, a constituição mineralógica e as características hidráulicas do aquífero. Todavia, dois aspectos são fundamentais.

- permeabilidade do aquífero,
- profundidade do nível freático

A relação entre alta permeabilidade e o nível freático raso constitui um índice de alta vocação hidrogeológica de um aquífero, mas por esta mesma razão se torna altamente susceptível à poluição. Os valores médios destes parâmetros são mostrados nos quadros 5.1 e 5.4

A maioria das cargas poluentes que atuam sobre uma formação geológica pode ser atenuada, se houver um tempo suficiente para que ocorram fenômenos físico-químicos em meio não-saturado. Assim, temos que a filtração mecânica é tanto mais eficiente quanto menores os poros da rocha, pois a circulação é dificultada pela baixa permeabilidade. Por isso, aquíferos aluvionares formados por areias grosseiras são extremamente susceptíveis à poluição, salvo quando contém um nível impermeável no topo da seqüência. Este processo de filtração é fundamental na diminuição da contaminação, pois pelo fato de haver uma retenção de materiais contaminantes, se torna possível a ação de outros fenômenos purificadores de forma mais efetiva.

A ação dos processos de oxidação são muito importantes na diminuição da contaminação por produtos orgânicos e nitrogenados. Estes processos realizam-se predominantemente durante a infiltração em meio não saturado, transformando os produtos orgânicos em  $CO_2$  e os nitrogenados em  $NO_3$ . Associados aos processos de oxirredução, aparecem os processos bioquímicos que auxiliam na degradação de produtos orgânicos em meio não saturado e saturado.

Exercem papel importante também os processos de precipitação, principalmente do  $Fe^{++}$  e  $Mn^{++}$ , pois, com isso, favorecem a coprecipitação de muitos metais pesados como o Cu, Pb, Zn, As, W.

Os processos acima mencionados são fundamentais para diminuir ou eliminar a contaminação durante sua infiltração e são mais

eficazes em meio não saturado, ou seja, acima do nível freático. Em contato com o meio saturado, a água contaminada é dispersada com a água do aquífero, ocorrendo um processo de diluição. Este processo é mais atuante se a contaminação for extensiva, no caso de contaminação localizada pode ter atuação limitada.

Com base no exposto, pode-se classificar as unidades hidrogeológicas do Bloco 2 da seguinte forma

QUADRO 8.1 - SUSCEPTIBILIDADE À POLUIÇÃO	
UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	RISCO OU SUSCEPTIBILIDADE A POLUIÇÃO/CONTAMINAÇÃO
Aluviões	Alto
Dunas	Muito Alto
Coberturas	Médio
Barreiras	Médio
Serra Grande	Médio
Ubjara	Baixo
Jaibara	Baixo
Complexo ígneo	Muito Baixo
Complexo Metamórfico	Muito Baixo

### 8.4 Descontaminação de Aquíferos

Uma vez que um aquífero ou uma parte dele tenha sido contaminado, a regeneração é difícil, tanto do ponto de vista técnico como econômico. Quando a contaminação é degradável, o processo de descontaminação se reduz com o tempo, mas se a contaminação é decorrente de materiais estáveis, pode permanecer indefinidamente. Neste caso, a eliminação vai depender da capacidade de renovação da água do aquífero, aliada aos processos de diluição, em geral, muito lentos.

O problema da contaminação de aquíferos reside na falta de monitoramento dos mesmos. Muitas vezes, quando a contaminação é detectada através dos poços, já passou muito tempo desde que se iniciou e a fonte de contaminação pode nem existir mais.

O processo mais simples para eliminar a contaminação nas águas subterrâneas é proceder a um superbombeamento nos poços existentes, tentando provocar uma renovação acelerada do aquífero. A eficiência do processo depende fundamentalmente da identificação e eliminação da fonte poluente.

Esse processo não se aplica aos casos de contaminação de aquíferos por intrusão de águas salgadas, como é o caso das Dunas, pois a causa da contaminação foi justamente o intenso bombeamento dos poços. Neste caso, a simples paralisação do

sistema de bombeamento pode resolver o problema, muito embora o tempo decorrido seja bastante longo

### 8.5 Proteção de Aquíferos e Captações

Conforme ficou caracterizado, a descontaminação dos aquíferos é um processo de difícil regeneração, motivo pelo qual devem-se tomar medidas de proteção aos mesmos, regulando ou proibindo atividades potencialmente nocivas às águas subterrâneas. Especial atenção deve ser dedicada aos aquíferos e captações que servem para o abastecimento público, a fim de evitar que fontes de contaminações atinjam a captação e coloquem em risco a saúde pública.

A falta de educação sanitária é uma causa comum da contaminação de aquíferos, haja vista que existem inúmeros casos de utilização de águas subterrâneas provenientes de cacimbas, sem a devida proteção sanitária, construídas muito próximo de latrinas ou fossas negras. As consequências da contaminação bacteriológica são muito sérias, pois a água pode se tornar um veículo eficiente de transmissão de enfermidades.

Na figura 8.1 são mostrados os riscos estabelecidos por Romero (1970), em função da granulometria média do aquífero e da distância ao foco de contaminação.

Pela simplicidade da figura 8.1, pode-se rapidamente ter uma idéia do risco de contaminação, porém deve-se levar em conta o seguinte:

- natureza do terreno,
- espessura do aquífero,
- profundidade e variação do nível freático,
- proteção da captação,
- tipo e tempo de permanência dos contaminantes

## 9 CONCLUSÕES

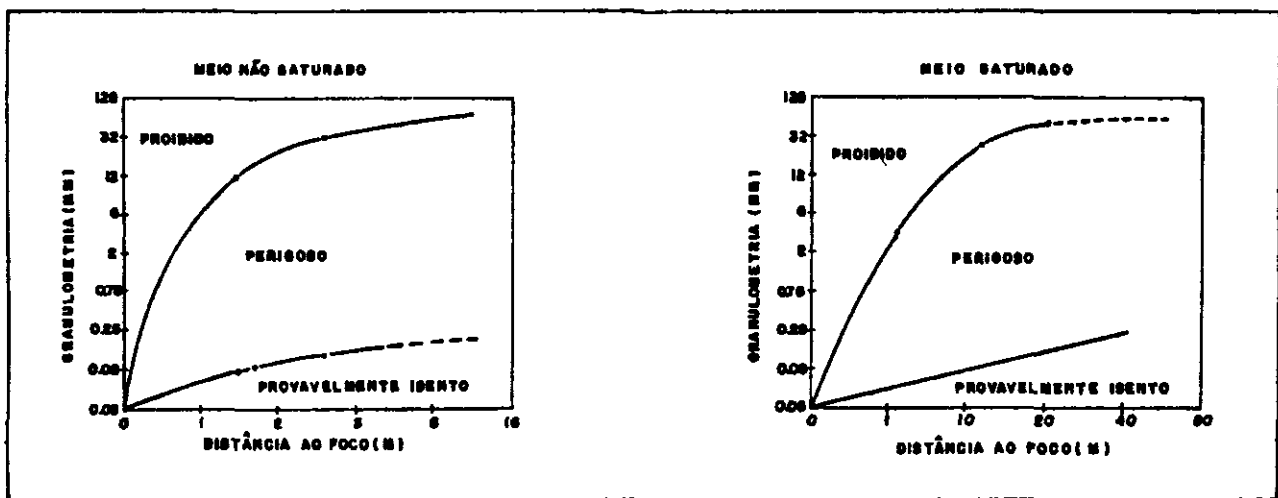
Os resultados obtidos nos estudos de base, tocante às águas subterrâneas, proporcionaram as seguintes conclusões:

- 1) o potencial hidrogeológico dos aluviões e dunas é proporcionalmente maior que os demais aquíferos sedimentares, quando analisados em função da vazão específica ou capacidade específica,
- 2) a vazão específica média obtida para o cristalino (Complexo Metamórfico) é de 0,27 m<sup>3</sup>/h/m e coincide com mesmo valor encontrado por Costa, W D (1986) para o Cristalino da Paraíba e do Rio Grande do Norte,
- 3) a qualidade química das águas subterrâneas dos aquíferos sedimentares apresenta bom nível de potabilidade para

consumo humano e invariavelmente se mostra corrosiva. Por outro lado, as águas do Cristalino revelam maior salinidade e restrições para uso na irrigação, porém têm natureza neutra, ou seja, não demonstram agressividade,

- 4) a expectativa de utilização das águas subterrâneas tem as reservas exploráveis como limite, contudo, foi avaliada a disponibilidade efetiva em cada município, considerando a vazão instalada através dos poços existentes, o que proporciona uma alternativa mais objetiva para o planejamento,
- 5) os recursos hídricos subterrâneos podem ser utilizados para diversas finalidades, a depender da demanda requerida, mas pode-se verificar que o uso para consumo humano merece maior destaque. A CAGECE é responsável pelo abastecimento de 60% das localidades que têm concessão através de águas subterrâneas, e a FSESP por 71%.
- 6) muito embora os mananciais subterrâneos sejam menos susceptíveis à poluição que os mananciais de superfície, o monitoramento e preservação destes recursos é fundamental para assegurar a qualidade química das águas. Os processos de contaminação, em geral, são muito mais rápidos que os processos de recuperação. Os Aluviões e Dunas se mostram como bons aquíferos, pois apresentam as maiores capacidades específicas dentre aqueles aqui considerados, no entanto, são altamente vulneráveis à poluição,
- 7) cerca de 50% dos poços foram localizados na Base Hidrogeológica 1 250 000, utilizando-se o artifício de localizar os poços através de informação da localidade, quando não se dispunha das coordenadas geográficas,
- 8) a comparação entre as estimativas de reservas exploráveis de cada aquífero (1157 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano) com a vazão instalada pelos poços, permite concluir que aproximadamente 5% dos recursos hídricos subterrâneos estão sendo explorados,
- 9) a análise estatística executada separadamente para o Município de Fortaleza veio ratificar os valores obtidos para a análise dos mesmos parâmetros do Bloco 2 (quadros 5.4 e 5.6)

Figura 8.1



FORTE ROMERO, 1970

000275



# ÍNDICE

## ESTUDOS DE BASE II

### PARTE VIII – HIDROGEOLOGIA

<b>A. BACIA DO JAGUARIBE</b> .....	871
<b>1. INTRODUÇÃO</b> ..	871
<b>2. GENERALIDADES</b> .....	872
<b>3. METODOLOGIA DE TRABALHO</b> .....	872
<b>4. BANCO DE DADOS</b> .....	874
4.1. Poços .....	874
4.2. Análises Físico-Químicas .....	877
<b>5. SUB-BACIAS HIDROGEOLÓGICAS</b> .....	877
5.1. Sub-bacia do Salgado .....	877
5.1.1. Características Gerais .....	877
5.1.2. Unidades Aquíferas Sedimentares .....	884
5.1.3. Estimativa de Reservas .....	895
5.2. Sub-bacia do Alto Jaguaribe .....	899
5.2.1. Características Gerais .....	899
5.2.2. Unidades Aquíferas Sedimentares .....	899
5.2.3. Estimativa de Reservas ..	903
5.3. Sub-bacia do Médio Jaguaribe .....	903
5.3.1. Características Gerais .....	903
5.3.2. Unidades Aquíferas Sedimentares ..	903
5.3.3. Estimativa de Reservas .....	909
5.4. Sub-bacia do Banabuiú .....	909
5.4.1. Características Gerais .....	909
5.4.2. Unidades Aquíferas Sedimentares ..	912
5.4.3. Estimativa de Reservas .....	912
5.5. Sub-bacia do Baixo Jaguaribe .....	912
5.5.1. Características Gerais .....	912
5.5.2. Unidades Aquíferas Sedimentares ..	916
5.5.3. Estimativa de Reservas .....	928
<b>6. DOMÍNIO CRISTALINO</b> .....	931
6.1. Aspectos Gerais .....	931
6.2. Águas Subterrâneas no Domínio Cristalino ..	934
6.3. Estimativa de Reservas ..	934
<b>7. HIDROQUÍMICA</b> .....	954
7.1. Generalidades .....	954
7.2. Metodologia de Trabalho ..	954
7.3. Tratamento dos Dados .....	954
7.3.1. Nível de Confiabilidade .....	954
7.4. Caracterização das Águas Subterrâneas na Sub-bacia do Salgado ..	956
7.4.1. Qualidade das Águas Subterrâneas na Sub-bacia do Salgado ..	956
7.4.2. Uso das Águas Subterrâneas .....	956
7.5. Qualidade das Águas Subterrâneas no Domínio Cristalino ..	975



<b>8. VULNERABILIDADE DOS AQÜÍFEROS</b> .....	997
8.1. Zona de Baixa Vulnerabilidade .....	997
8.2. Zona de Baixa a Média Vulnerabilidade .....	998
8.3. Zona de Média Vulnerabilidade .....	998
8.4. Zona de Média a Alta Vulnerabilidade .....	998
8.5. Zona de Alta Vulnerabilidade .....	998
<b>9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	999
<b>B. BACIAS: COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL, CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA.</b> . . . . .	1003
1. INTRODUÇÃO .....	1003
2. METODOLOGIA .....	1003
3. BANCO DE DADOS .....	1005
3.1. Poços .....	1005
3.2. Análise Físico-Química .....	1005
3.2.1. Aspectos Gerais .....	1005
3.2.2. A Ficha de Hidroquímica .....	1005
3.2.3. Caracterização Hidroquímica .....	1007
4. CONFIGURAÇÃO HIDROGEOLÓGICA .....	1007
4.1. Aspectos Gerais .....	1007
4.2. Geomorfologia e Geotectônica .....	1008
4.3. Caracterização dos Domínios Hidrogeológicos .....	1009
4.3.1. Domínio Cristalino .....	1009
4.3.2. Domínio Sedimentar .....	1011
4.4. A Base Hidrogeológica .....	1014
5. POTENCIALIDADES E DESPONIBILIDADES .....	1014
5.1. Antecedentes .....	1014
5.2. Potencial Hidrogeológico .....	1039
5.3. Disponibilidade de Águas Subterrâneas .....	1040
6. HIDROQUÍMICA .....	1043
6.1. Aspectos Gerais .....	1043
6.2. Tratamento dos Dados .....	1048
6.2.1. Nível de Confiabilidade dos Dados .....	1048
6.2.2. Caracterização das Águas Subterrâneas .....	1049
6.2.3. Discussão dos Resultados .....	1055
6.3. Qualidade das Águas Subterrâneas .....	1056
6.3.1. Qualidade para Consumo Humano .....	1056
6.3.2. Qualidade para Irrigação .....	1058
6.3.3. Qualidade para Indústria .....	1058
7. APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	1058
7.1. Aspectos Gerais .....	1058
7.2. Alternativa de Captação .....	1058
7.3. Restrição ao Aproveitamento das Águas Subterrâneas .....	1101
7.4. Bases para o Planejamento .....	1101
8. VULNERABILIDADE DOS AQÜÍFEROS .....	1102
8.1. Generalidades .....	1102
8.2. Origem da Contaminação de Aquíferos .....	1102
8.3. Susceptibilidade à Poluição .....	1112
8.4. Descontaminação de Aquíferos .....	1112
8.5. Proteção de Aquíferos e Captações .....	1113
9. CONCLUSÕES .....	1113