



## Rede Cooperativa de Pesquisa

### *Comportamento das Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro*

## APRESENTAÇÃO

No final do ano de 2004 o Fundo Setorial de Recursos Hídricos, CTHidro, alocou recursos destinados à execução de estudos hidrogeológicos em pequenas bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste Brasileiro. No intuito de fortalecer o segmento da água subterrânea no Nordeste, os estudos deveriam ser executados no âmbito de uma rede cooperativa de pesquisa formada pelos principais atores dessa especialidade que atuam nessa região, representados pelo Serviço Geológico do Brasil e por algumas universidades federais de Estados Nordestinos. Com base nesta iniciativa e com o firme e decisivo apoio da Finep, que disponibilizou e gerenciou o uso dos recursos, foi iniciada a estruturação de uma rede cooperativa de pesquisa com a participação das seguintes instituições:

- CPRM – Serviço Geológico do Brasil
- UFBA – Universidade Federal da Bahia
- UFC – Universidade Federal do Ceará
- UFCEG – Universidade Federal de Campina Grande
- UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
- UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

A criação da rede teve como alicerce um projeto básico de pesquisa, intitulado, “*Comportamento de Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro*”, desenvolvido nas seguintes bacias sedimentares: **Lavras da Mangabeira** e **Araripe**, no Ceará, **Potiguar**, no Rio Grande do Norte, **Rio do Peixe**, na Paraíba, **Jatobá**, em Pernambuco, e **Urucuia**, na Bahia. Em cada área os estudos foram executados pela CPRM (que funcionou como uma instituição âncora, em função da abrangência da sua atuação na região) em parceria com a universidade federal do Estado onde se localizava a bacia sedimentar estudada.

Pode-se considerar que os resultados alcançados com os estudos realizados recompensaram os esforços empregados. Em síntese, foi obtido um entendimento geral do comportamento hidrogeológico dos aquíferos estudados e da distribuição qualitativa de suas águas. Ganhos significativos ocorreram, pois indiscutivelmente melhorou-se o nível de conhecimento em todos os aspectos técnico-científicos envolvidos, inclusive no que diz respeito às limitações naturais dos sistemas aquíferos.

Aspectos geológicos e novas informações oriundas de levantamentos geofísicos puderam ser confrontados e conflitos surgiram (próprios de projetos de pesquisa), indicando a complexidade tectônica existente em algumas áreas, reforçando assim a necessidade de novos e mais detalhados estudos, capazes de elucidar as dualidades. Não foram perfurados poços estratigráficos e a pesquisa de subsolo foi centrada na aplicação de métodos geofísicos (gravimetria e eletrorresistividade) que, embora tenham tido excelentes resultados, indicaram apenas hipóteses ou modelos (profundidade de embasamento, espessura de camadas, descontinuidades etc.) que necessitam ser confirmados através de métodos diretos de investigação (poços).



Foram implantados equipamentos para um monitoramento integrado da precipitação, infiltração e oscilação do freático em áreas piloto, visando melhor entender e avaliar a recarga dos aquíferos. Paralelamente, foi feita uma avaliação preliminar do volume de água subterrânea renovável, através de balanços hídricos elaborados por diversas metodologias.

Foi realizado um acompanhamento qualitativo e quantitativo sistemático dos níveis das águas subterrâneas através de campanhas periódicas de campo em todas as bacias referenciadas. Como resultado foram elaborados mapas potenciométricos sazonais e zoneamentos espaciais e temporais da qualidade da água para os diversos aquíferos estudados. Também foi feita a caracterização e classificação das águas para os mais diversos usos, chegando-se, em alguns casos, ao conhecimento da sua evolução hidrogeoquímica e isotópica, e à compreensão dos processos de salinização.

Também foram elaboradas modelagens matemáticas preliminares de fluxo dos aquíferos estudados. Entretanto, esses modelos devem ser encarados como uma primeira aproximação e ainda não podem ser utilizados como ferramentas de gerenciamento. Isto acontece, por um lado, devido às severas simplificações impostas aos modelos geológicos tridimensionais, que embasaram as modelagens, por falta de um melhor conhecimento geológico do subsolo, e por outro lado, pela insuficiência de dados hidrológicos e hidrodinâmicos (séries históricas) que não permitiram uma calibração e validação aceitáveis dos modelos. O resultado é que os modelos não refletem, ainda, o real comportamento dos aquíferos em suas condições naturais de recarga, circulação e descarga e, conseqüentemente, ainda não reproduzem satisfatoriamente as respostas às explorações.

Áreas vulneráveis à contaminação foram identificadas e mapeadas, bem como as fontes potenciais de poluição. Em conseqüência, foram elaborados mapas de risco à contaminação utilizando metodologias disponíveis na literatura. Entretanto, não foi possível a realização de uma análise da aplicabilidade dessas metodologias, desenvolvidas para outras regiões, ao semi-árido. Persiste, portanto, a necessidade dessa análise, que venha consolidar uma metodologia melhor aplicável para o semi-árido, após o que, medidas preventivas devem ser estudadas e até mesmo simulações de novos cenários devem ser efetuadas, para avaliação da ação e evolução de fontes impactantes.

Alguns aspectos relacionados ao suporte à gestão puderam ser abordados, sendo informado o nível atual de exploração dos aquíferos, indicadas áreas prioritárias para monitoramento e feitas recomendações quanto às características construtivas, operação e manutenção de obras hídricas de captação.

Outro aspecto que merece destaque é a questão da capacitação e produção científica que foi amplamente desenvolvida ao longo do projeto através de relatórios de iniciação científica, dissertações de mestrado, teses de doutorado e trabalhos já publicados em eventos técnico-científicos nacionais e internacionais.

Não poderíamos concluir sem ressaltar a importância dessa rede de pesquisa para o segmento da hidrogeologia do Nordeste e dos resultados de seus projetos para a população do semi-árido. A estruturação da rede, com o subsídio inicial do Fundo Setorial de Recursos Hídricos, representou um passo na direção do resgate do belo trabalho iniciado pela Sudene na década de 1960. Precisamos agora, não apenas continuá-lo, mas expandi-lo e consolidá-lo ao longo das gerações vindouras.

**Fernando A. C. Feitosa**  
Serviço Geológico do Brasil  
Coordenador da Rede

---

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

***Sergio Machado Resende***  
Ministro de Estado

***Luiz Antonio Rodrigues Elias***  
Secretário Executivo

***José Almir Cirilo***  
Presidente do CT-HIDRO

**FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS - FINEP**

***Luís Manuel Rebelo Fernandes***  
Presidente

***Eugenius Kaszkurewicz***  
Diretor de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

***Fernando de Nielander Ribeiro***  
Diretor de Administração e Finanças

***Eduardo Moreira da Costa***  
Diretoria de Inovação

***Marco Augusto Salles Teles***  
Superintendente Técnico

***Dayse da Costa***  
Superintendente Financeiro

***Carlos Eduardo Sartor***  
Chefe do Departamento Técnico

***Rubem Vieira Lousada***  
Chefe do Departamento Financeiro

***Ana Maria Barbosa***  
***Marcio Augusto Vicente de Carvalho***  
Analistas e Gerentes de Integração da Rede

---

---

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

***Fernando Haddad***  
Ministro de Estado

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA**

***Naomar Monteiro de Almeida Filho***  
Reitor

***Nádia Andrade de Moura Ribeiro***  
Pró-Reitora de Planejamento e Administração

***Joselita Nunes Macedo***  
Pró-Reitora de Desenvolvimento de Pessoas

***Álamo Pimentel Gonçalves da Silva***  
Pró-Reitor de Assistência Estudantil

***Herbet Conceição***  
Pró-Reitor para Assuntos de Pesquisa e Pós-Graduação

***Ordep José Trindade Serra***  
Pró-Reitor de Extensão

***Maerbal Bittencourt***  
Pró-Reitor de Graduação

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG**

***Thompson Fernandes Mariz***  
Reitor

***Alexandre José de Almeida Gama***  
Pró-Reitor de Gestão Administrativo-Financeira

***Vicemário Simões***  
Pró-Reitor de Ensino

***Michel François Fossy***  
Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

***Maria Lucinete Fortunato***  
Pró-Reitora de Pesquisa e Extensão

***José Edílson de Amorim***  
Pró-Reitor para Assuntos Comunitários

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC**

***Ícaro de Sousa Moreira***  
Reitor

***Ernesto da Silva Pitombeira***  
Pró-Reitor de Planejamento

---

*Luís Carlos Uchôa Saunders*  
Pró-Reitor de Administração

*Maria Clarisse Ferreira Gomes*  
Pró-Reitora de Assuntos Estudantis

*Gil de Aquino Farias*  
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

*Henry de Holanda Campos*  
Pró-Reitor de Extensão

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE**

*Amaro Henrique Pessoa Lins*  
Reitor

*Hermino Ramos de Souza*  
Pró-Reitor de Planejamento, Orçamento e Finanças

*Ana Cristina Brito Arcoverde*  
Pró-Reitora de Gestão de Pessoas e Qualidade de Vida

*Lícia de Souza Leão Maia*  
Pró-Reitora para Assuntos Acadêmicos

*Anísio Brasileiro de Freitas Dourado*  
Pró-Reitor para Assuntos de Pesquisa e Pós-Graduação

*Solange Coutinho*  
Pró-Reitora de Extensão

**UNIVERSIDADE DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN**

*José Ivonildo do Rêgo*  
Reitor

*Virgínia Maria Dantas de Araújo*  
Pró-Reitora de Graduação

*Edna Maria da Silva*  
Pró-Reitora de Pós-Graduação

*Maria Bernardete Cordeiro de Souza*  
Pró-Reitora de Pesquisa

*Cipriano Maia de Vasconcelos*  
Pró-Reitor de Extensão Universitária

*João Batista Bezerra*  
Pró-Reitor de Administração

*João Emanuel Evangelista de Oliveira*  
Pró-Reitor de Planejamento e Coordenação Geral

*João Carlos Tenório Argolo*  
Pró-Reitor de Recursos Humanos

*Jaziel Martins Sá*  
Diretor do Centro de Ciências Exatas e da Terra

---

---

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

*Nelson José Hubner Moreira*  
Ministro de Estado - Interino

**SECRETARIA EXECUTIVA**

*Nelson José Hubner Moreira*  
Secretário

**SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO**

*Márcio Pereira Zimmermam*  
Secretário

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

*Cláudio Scliar*  
Secretário

**CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

*Agamenon Sérgio Lucas Dantas*  
Diretor-Presidente

*Manoel Barretto da Rocha Neto*  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais - DGM

*Fernando Pereira de Carvalho*  
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento - DRI

*José Ribeiro Mendes*  
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT

*Eduardo Santa Helena da Silva*  
Diretor de Administração e Finanças (Interino) - DAF

*Frederico Cláudio Peixinho*  
Chefe do Departamento de Hidrologia

*José Emílio Carvalho Oliveira*  
Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Exploração

*José Wilson de Castro Temóteo*  
Superintendente Regional de Recife

*Ivanaldo Vieira Gomes da Costa*  
Superintendente Regional de Salvador

*Darlan Filgueira Maciel*  
Chefe da Residência de Fortaleza

*Silvia Lúcia dos Santos*  
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial da SUREG-SA

*José Carlos da Silva*  
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial da SUREG-RE

*Luiz Fernando Costa Bomfim*  
Supervisor de Projetos da SUREG-SA

*Jaime Quintas dos Santos Colares*  
Assistente de Produção da DHT da Residência de Fortaleza

---

## **REDE COOPERATIVA DE PESQUISA**

### ***COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO***

#### **Coordenação**

Período 2004/2005 – Dr. Waldir Duarte Costa

Período 2006/2007 – MSc Fernando A. C. Feitosa

#### **Instituições Participantes**

##### **Serviço Geológico do Brasil – CPRM**

Coordenação: MSc Fernando Antonio Carneiro Feitosa

MSc Jaime Quintas dos Santos Colares

##### **Universidade Federal da Bahia – UFBA**

Coordenadora: Dra. Joana Angélica Guimarães da Luz

##### **Universidade Federal de Campina Grande – UFCG**

Coordenador: Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan

##### **Universidade Federal do Ceará – UFC**

Coordenadora: Dra. Maria Marlúcia Freitas Santiago

##### **Universidade Federal de Pernambuco – UFPE**

Coordenador: Dr. José Geilson Alves Demetrio

##### **Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN**

Coordenador: Dr. José Geraldo de Melo

---

#### **Bacia Sedimentar Potiguar**

##### ***Hidrogeologia do Aquífero Açú na Borda Leste da Bacia Potiguar: Trecho Upanema – Afonso Bezerra***

#### **Meta A – Relatório Diagnóstico do Estado da Arte**

Dr. José Geraldo de Melo - UFRN

MSc José Ivan de Medeiros - UFRN

MSc Franklin de Moraes - CPRM

MSc Waldir Duarte Costa Filho - CPRM

MSc Michaelon Belchior de Vasconcelos - UFRN

Sâmara Daniele Oliveira de Moraes (estagiária) - UFRN

#### **Meta B – Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos**

##### **Item 1 – Revisão Geológica**

MSc Dunaldson Eliezer G. A. da Rocha - CPRM

MSc Cristiano de Andrade Amaral - CPRM

Dr. José Geraldo de Melo - UFRN

MSc José Ivan de Medeiros - UFRN  
MSc Franklin de Moraes - CPRM  
MSc Michaelon Belchior de Vasconcelos - UFRN  
Sâmara Daniele Oliveira de Moraes (estagiária) - UFRN

## **Item 2 – Levantamento Geofísico por Eletrorresistividade e Gravimetria**

Dr. Raimundo Mariano Gomes Castelo Branco - UFC  
Dr. David Lopes de Castro – UFC  
Dr. Enéas Louzada - UFC  
MSc Mauro Lisboa Souza - UFC  
MSc Tércyo Rinaldo Gonçalves Pinéo - UFC

## **Meta C – Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos Itens 1.1, 1.2, 1.3: 1.4, 1.6, 1.7, 1.8 e 1.10**

Dr. José Geraldo de Melo - UFRN  
MSc José Ivan de Medeiros - UFRN  
MSc Franklin de Moraes - CPRM  
MSc Waldir Duarte Costa Filho - CPRM  
MSc Michaelon Belchior de Vasconcelos - UFRN  
Sâmara Daniele Oliveira de Moraes (estagiária) – UFRN  
José Walquer Roque da Costa - CPRM

## **Item 1.5 – Nivelamento dos poços**

Dr. José Geraldo de Melo – UFRN  
Jorge de Vasconcelos Oliveira – CPRM  
Julimar de Araújo - CPRM  
MSc José Ivan de Medeiros - UFRN  
MSc Franklin de Moraes - CPRM  
MSc Michaelon Belchior de Vasconcelos – UFRN  
Carlos Alberto Ramos - CPRM  
Armando Arruda Câmara Filho - CPRM  
Sâmara Daniele Oliveira de Moraes (estagiária) – UFRN

## **Item 1.9 – Modelagem das águas subterrâneas**

Dr. João Manoel Filho - Consultor

## **Meta D – Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade**

### **Item 1 – Estudos Hidroquímicos e Isotópicos**

Dr. José Geraldo de Melo - UFRN  
MSc José Ivan de Medeiros - UFRN  
MSc Franklin de Moraes - CPRM  
José Walquer Roque da Costa - CPRM  
MSc Michaelon Belchior de Vasconcelos - UFRN  
Sâmara Daniele Oliveira de Moraes (estagiária) - UFRN

### **Item 2 – Estudos de Vulnerabilidade e Riscos de Contaminação**

Dr. Dr. José Geraldo de Melo - UFRN  
MSc José Ivan de Medeiros - UFRN



MSc Franklin de Moraes - CPRM  
MSc Michaelon Belchior de Vasconcelos - UFRN  
Sâmara Daniele Oliveira de Moraes (estagiária) - UFRN

### **Meta E – Suporte ao Planejamento e a Gestão das Águas Subterrâneas**

Dr. José Geraldo de Melo - UFRN  
MSc José Ivan de Medeiros - UFRN  
MSc Franklin de Moraes - CPRM  
MSc Michaelon Belchior de Vasconcelos - UFRN  
Sâmara Daniele Oliveira de Moraes (estagiária) - UFRN

### **Meta F – Estruturação e Alimentação da Base de Dados em SIG** Coordenação Executiva: Francisco Edson Mendonça Gomes – CPRM

Colaboração:  
Eriveldo da Silva Mendonça - CPRM  
Érika Gomes Brito – CPRM  
MSc Franklin de Moraes - CPRM  
MSc Michaelon Belchior de Vasconcelos - UFRN  
Antônio Celso Rodrigues de Melo - CPRM  
Vicente Calixto Duarte Neto - CPRM

---

## **Bacia Sedimentar do Araripe**

### *Hidrogeologia da Porção Oriental da Bacia Sedimentar do Araripe*

#### **Meta A – Relatório Diagnóstico do Estado da Arte**

##### AUTORIA:

CPRM  
MSc. Liano Silva Veríssimo  
MSc. Robério Boto de Aguiar

#### **Meta B – Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos**

##### 1. AUTORIA:

CPRM  
MSc. Robério Boto de Aguiar  
MSc. Liano Silva Veríssimo  
MSc. Jaime Quintas dos Santos Colares  
Ricardo de Lima Brandão

##### UFC:

Dr. Raimundo Mariano Gomes Castelo Branco -  
LGPSR MSc Mauro Lisboa Souza - LGPSR  
MSc. Tércyo Rinaldo Gonçalves Pinéo -  
LGPSR Dr. David Lopes de Castro - LGPSR

## **Meta C – Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos**

### 1. AUTORIA:

#### 2. CPRM:

MSc. Robério Boto de Aguiar

MSc. Liano Silva Veríssimo

#### UFC:

Dra. Sônia Maria Silva Vasconcelos – Dept. de Geologia

Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - Dept. de Geologia

Dr. Marco Aurélio Holanda de Castro - Dept. de Engenharia Hidráulica e Ambiental

MSc. Carlos Roberto M. Leal Júnior - Dept. de Engenharia Hidráulica e Ambiental

MSc. Cláudio Damasceno de Souza - Dept. de Engenharia Hidráulica e Ambiental

#### GEOPLAM:

MSc. Walber Cordeiro

Manuel Pereira da Costa

### 2. CONSULTORIA:

Dr. João Manoel Filho

### 3. COLABORADORES:

#### CPRM:

Francisco Alves Pessoa

Armando Arruda Câmara

Filho Jorge de Vasconcelos

Oliveira Julimar de Araújo

Carlos Alberto Ramos

## **Meta D – Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade**

### 1 AUTORIAS:

#### CPRM:

MSc. Liano Silva Veríssimo

#### UFC:

Dra. Maria Marlúcia Freitas Santiago - Dept. de Física

Dra. Carla Maria S. Vidal Silva - Dept. de Física

Dr. Horst Frischkorn - Dept. de Engenharia Hidráulica e Ambiental

Dr. Josué Mendes Filho - Dept. de Física

### 2 COLABORADORES:

#### CPRM:

Francisco Alves Pessoa

#### UFC:

Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - Dept. de Geologia

Nirlando de Oliveira Viana - Mestrando Dept. de Geologia

Cláudio César de Aguiar Cajazeiras - Mestrando Dept. de Geologia

Érika Grasielli C. Peixoto - Aluno de Iniciação Científica do Dept. de Geologia  
Michel Lopes Granjeiro - Mestrando Dept. de Física  
Roberto Namor Silva Santiago - Aluno de Iniciação Científica Dept. de Física

### **Meta E – Suporte ao Planejamento e a Gestão das Águas Subterrâneas**

UFC:

Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - Dept. de Geologia

### **Meta F – Estruturação e Alimentação da Base de Dados em SIG**

COORDENAÇÃO EXECUTIVA:

CPRM:

Francisco Edson Mendonça Gomes

COLABORADORES:

CPRM:

Eriveldo da Silva Mendonça

Érika Gomes de Brito

MSc. Robério Boto de Aguiar

MSc. Liano Silva Veríssimo

Vicente Calixto Duarte Neto

Antônio Celso Rodrigues de Melo

---

## **Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira**

### *Hidrogeologia da Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira*

#### **Meta A – Relatório Diagnóstico do Estado da Arte**

CPRM

MSc. Liano Silva Veríssimo

MSc. Robério Boto de Aguiar

#### **Meta B – Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos**

CPRM

MSc. Robério Boto de Aguiar

MSc. Liano Silva Veríssimo

MSc. Sara Maria Pinotti Benvenuti

Francisco Edson Mendonça Gomes

Felicíssimo Melo

UFC:

Dr. David Lopes de Castro - LGPSR

Dr. Raimundo Mariano Gomes Castelo Branco - LGPSR

Dr. Enéas Lousada – LGPSR

#### **Meta C – Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos**

CPRM:

MSc. Robério Bôto de Aguiar

MSc. Liano Silva Veríssimo

UFC:

Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - Dept. de Geologia

CONSULTORIA:

Dr. João Manoel Filho

COLABORADORES:

CPRM:

Francisco Alves Pessoa

Armando Arruda Câmara Filho

Jorge de Vasconcelos Oliveira

Julimar de Araújo

Carlos Alberto Ramos

### **Meta D – Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade**

CPRM:

MSc. Liano Silva Veríssimo

UFC:

Dra. Maria Marlúcia Freitas Santiago - Dept. de Física

Dra. Carla Maria S. Vidal Silva - Dept. de Física

Dr. Horst Frischkorn - Dept. de Engenharia Hidráulica e Ambiental

Dr. Josué Mendes Filho - Dept. de Física

COLABORADORES:

CPRM:

Francisco Alves Pessoa

UFC:

Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - Dept. de Geologia

Nirlando de Oliveira Viana - Mestrando Dept. de Geologia

Cláudio César de Aguiar Cajazeiras - Mestrando Dept. de Geologia

Érika Grasielli C. Peixoto - Aluno de Iniciação Científica do Dept. de Geologia

Michel Lopes Granjeiro - Mestrando Dept. de Física

Roberto Namor Silva Santiago - Aluno de Iniciação Científica Dept. de Física

### **Meta E – Suporte ao Planejamento e a Gestão das Águas Subterrâneas**

UFC:

Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - Dept. de Geologia

### **Meta F – Estruturação e Alimentação da Base de Dados em SIG**

COORDENAÇÃO EXECUTIVA:

CPRM:

Francisco Edson Mendonça Gomes

COLABORADORES:

CPRM:

Eriveldo da Silva Mendonça

Érika Gomes de Brito

MSc. Robério Boto de Aguiar

MSc. Liano Silva Veríssimo

Vicente Calixto Duarte Neto  
Antônio Celso Rodrigues de Melo

---

## **Bacia Sedimentar do Jatobá**

### **Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Jatobá: Sistema Aquífero Tacaratu/Inajá**

#### **Meta A – Relatório Diagnóstico do Estado da Arte**

CPRM

MSc Waldir Duarte Costa Filho

UFPE

Dr. José Geilson Alves Demétrio

CONSULTORIAS:

MSc Edilton Carneiro Feitosa

Dr. João Manoel Filho

COLABORADORES:

CPRM

Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão

MSc Franklin de Moraes

Armando Arruda Câmara Filho

UFPE

Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Adriane de Lima Saraiva (Doutoranda)

Maria Emília Travassos Rios Tomé (Mestranda)

Francisco de Albuquerque Melo Vila Nova (Mestrando)

Paulo de Melo da Cunha Pedrosa

#### **Meta B – Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos**

CPRM

Esp. Dunaldson Eliezer Gomes Alcoforado da Rocha

MSc Cristiano de Andrade Amaral

MSc Waldir Duarte Costa Filho

UFPE

MSc Edilton Carneiro Feitosa

Dr. José Geilson Alves Demétrio

CONSULTORIA

Dr. João Manoel Filho

COLABORADORES

CPRM

Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão

MSc Franklin de Moraes

Armando Arruda Câmara Filho

UFPE

Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Adrienne de Lima Saraiva (Doutoranda)

Paulo de Melo da Cunha Pedrosa

### **Meta C – Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos**

CPRM

MSc Waldir Duarte Costa Filho

UFPE

Dr. José Geilson Alves Demétrio

Dr. João Manoel Filho

CONSULTORIAS

MSc Edilton Carneiro Feitosa

COLABORADORES

CPRM

Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão

MSc Franklin de Moraes

Armando Arruda Câmara Filho

José Walquer Roque da Costa

Carlos Fernandes Vicente Gomes

Genival Inácio de Araújo

Jorge de Vasconcelos Oliveira

Julimar de Araújo

Carlos Alberto Ramos

UFPE

Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Adrienne de Lima Saraiva (Doutoranda)

Maria Emília Travassos Rios Tomé (Mestranda)

Francisco de Albuquerque Melo Vila Nova (Mestrando)

Lyndemberg Campelo Correia

### **Meta D – Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade**

CPRM

MSc Waldir Duarte Costa Filho

UFPE

Dr. José Geilson Alves Demétrio

CPRM:

MSc Waldir Duarte Costa Filho

UFC

Dra. Maria Marlúcia Freitas Santiago - Depto. de Física/UFC

UFPE

Dr. José Geilson Alves Demétrio

#### CONSULTORIAS

MSc Edilton Carneiro Feitosa

Dr. João Manoel Filho

#### COLABORADORES

CPRM

Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão

MSc Franklin de Moraes

Armando Arruda Câmara Filho

José Walquer Roque da Costa

Carlos Fernandes Vicente Gomes

Genival Inácio de Araújo

UFPE

Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Suzana Maria Gico Lima Montenegro

### **Meta E – Suporte ao Planejamento e a Gestão das Águas Subterrâneas**

UFPE

Dr. José Geilson Alves Demétrio

CPRM

MSc Waldir Duarte Costa Filho

#### CONSULTORIAS

MSc Edilton Carneiro Feitosa

Dr. João Manoel Filho

#### COLABORADORES

CPRM

Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão

MSc Franklin de Moraes

Armando Arruda Câmara Filho

José Walquer Roque da Costa

Carlos Fernandes Vicente Gomes

Genival Inácio de Araújo

UFPE

Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Suzana Maria Gico Lima Montenegro

### **Meta F – Estruturação e Alimentação da Base de Dados em SIG**

**COORDENAÇÃO EXECUTIVA:**

CPRM:

Francisco Edson Mendonça Gomes

**COLABORADORES:**

CPRM:

Eriveldo da Silva Mendonça

Érika Gomes de Brito

MSc Waldir Duarte Costa Filho

UFPE

Dr. José Geilson Alves Demétrio

---

## **Bacia Sedimentar do Rio do Peixe**

### ***Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe***

#### **Meta A – Relatório Diagnóstico do Estado da Arte**

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos – UFCG

Dr. Carlos de Oliveira Galvão - UFCG

Dra. Márcia Maria Rios Ribeiro - UFCG

José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

#### **Meta B – Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos**

##### **Item 1 – Revisão Geológica**

Esp. Dunaldson E. G. Alcoforado da Rocha – CPRM

MSc Cristiano de Andrade Amaral– CPRM

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

##### **Item 2 – Levantamento Geofísico por Eletroresistividade**

MSc Edilton Carneiro Feitosa - Consultor

#### **Meta C – Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos**

##### **Item 1 – Definição da Rede de Poços para Monitoramento**

Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos – UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

##### **Item 2 – Instalação de Equipamentos**

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Ismael José Pereira – Técnico em Laboratório

##### **Item 3 – Testes de Aquífero**



Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM  
MSc Waldir Duarte Costa Filho – CPRM  
Armando Arruda Câmara Filho - CPRM

#### **Item 4 – Elaboração de Mapas Potenciométricos**

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG  
MSc Janiro Costa Rego – UFCG  
Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG  
MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG  
Julio Cesar Sebastiani Kunzler – Mestrando / CT-Hidro/CNPq  
Kiothenes Moreira Pinheiro – Inic. Científica / PIBIC / CNPq  
Israel José Pereira – Técnico em Laboratório  
Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

#### **Item 5 – Balanço Hídrico**

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG  
Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG  
MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG  
MSc Janiro Costa Rego – UFCG  
Dr. Carlos de Oliveira Galvão - UFCG  
MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG  
Julio Cesar Sebastiani Kunzler – Mestrando / CT-Hidro/CNPq  
Gracieli Louise Monteiro Brito – Mestrando / CT-Hidro/CNPq

#### **Item 6 – Elaboração de Modelos de Fluxo**

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG  
Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG  
MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG  
MSc Janiro Costa Rego – UFCG  
MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG  
Julio Cesar Sebastiani Kunzler – Mestrando / CT-Hidro/CNPq  
Gracieli Louise Monteiro Brito – Mestrando / CT-Hidro/CNPq  
Kiothenes Moreira Pinheiro – Inic. Científica / PIBIC/CNPq

#### **Item 7 – Avaliação dos Recursos de Água Subterrânea da Bacia**

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG  
Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG  
MSc Janiro Costa Rego – UFCG  
Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG  
MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG  
Julio Cesar Sebastiani Kunzler – Mestrando / CT-Hidro/CNPq  
Gracieli Louise Monteiro Brito – Mestrando / CT-Hidro/CNPq

#### **Meta D – Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade**

##### **Item 1 – Estudos Hidroquímicos e Isotópicos**

Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos – UFCG  
MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG  
MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG  
Julio Cesar Sebastiani Kunzler – Mestrando / CT-Hidro/CNPq  
Gracieli Louise Monteiro Brito – Mestrando / CT-Hidro/CNPq  
Kiothenes Moreira Pinheiro – Inic. Científica / PIBIC/CNPq  
Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM  
Renato de Oliveira Fernandes - Inic. Científica / PIBIC/CNPq

Ismael José Pereira – Técnico em Laboratório

## **Item 2 – Estudos de Vulnerabilidade e Riscos de Contaminação**

Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos – UFCG

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Kiosthenes Moreira Pinheiro – Inic. Científica / PIBIC/CNPq

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

Renato de Oliveira Fernandes - Inic. Científica / PIBIC/CNPq

Ismael José Pereira – Técnico em Laboratório

## **Meta E – Subsídios à Gestão das Águas Subterrâneas**

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG Dr.

Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos – UFCG

Dr. Carlos de Oliveira Galvão - UFCG

Dra. Márcia Maria Rios Ribeiro - UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

## **Meta F – Estruturação e Alimentação da Base de Dados em SIG**

COORDENAÇÃO EXECUTIVA:

CPRM:

Francisco Edson Mendonça Gomes

COLABORADORES:

CPRM:

Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão

Eriveldo da Silva Mendonça

Érika Gomes de Brito

---

## **Bacia Sedimentar do Urucuia**

*Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Urucuia: Bacias Hidrográficas dos Rios Arrojado e Formoso*

### **Meta A – Relatório Diagnóstico do Estado da Arte**

MSc José Cláudio Viégas Campos- CPRM

MSc Leanize Teixeira Oliveira - CPRM

### **Meta B – Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos**

#### **Item 1 – Revisão Geológica**

Dr. Ricardo Cunha Lopes – CPRM

#### **Item 2 – Levantamento Geofísico por Gravimetria**

Dr. Olivar Antonio Lima de Lima – UFBA

Mestrando Emerson Sidnei Mota dos Santos – UFBA

Luiz Medeiros dos Santos – Técnico em Geofísica  
José Medeiros dos Santos – Técnico em Geofísica  
José Mota da Paz – Técnico de Campo

## **Meta C – Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos**

### **Item 1 – Definição da Rede de Monitoramento**

Dra. Joana Angélica Guimarães da Luz - UFBA  
MSc José Cláudio Viégas Campos- CPRM  
MSc Leanize Teixeira Oliveira – CPRM  
Dr. Luiz Rogério Bastos Leal – UFBA  
Dr. Olivar Antonio Lima de Lima – UFBA

### **Item 2 – Instalação dos Equipamentos**

MSc José Cláudio Viégas Campos - CPRM  
MSc Leanize Teixeira Oliveira – CPRM  
Aloisio da Silva Pires – Iniciação Científica – UFBA  
Soriano Cardoso dos Santos - CPRM

### **Item 3 – Teste de Aquífero**

MSc José Cláudio Viégas Campos- CPRM  
Dr. João Manoel Filho - Consultor  
Natanael da Silva Barbosa – Iniciação Científica – UFBA  
Natali da Silva Barbosa – Iniciação Científica - UFBA

### **Itens 4 – Elaboração de Mapas Potenciométricos**

Dra. Joana Angélica Guimarães da Luz – UFBA  
Dr. Harald Klammler – UFBA  
Aloisio da Silva Pires – Iniciação Científica - UFBA  
MSc José Cláudio Viégas Campos- CPRM  
MSc Leanize Teixeira Oliveira - CPRM

### **Itens 5 – Balanço Hídrico**

Dr. Lafayette Dantas da Luz – UFBA  
MSc José Cláudio Viégas Campos – CPRM

### **Itens 6 – Elaboração de Modelos de Fluxo**

Dra. Joana Angélica Guimarães da Luz – UFBA  
Dr. Olivar Antônio Lima de Lima – UFBA  
Dr. Lafayette Dantas da Luz – UFBA  
MSc José Cláudio Viégas Campos - CPRM

### **Item 7 – Avaliação dos Recursos de Água Subterrânea da Bacia**

Dra. Joana Angélica Guimarães da Luz – UFBA  
Dr. Olivar Antônio Lima de Lima – UFBA  
MSc José Cláudio Viégas Campos – CPRM  
MSc Leanize Teixeira Oliveira - CPRM

## **Meta D – Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade**

### **Item 1 – Estudos Hidroquímicos e Isotópicos**

Dra. Joana Angélica Guimarães da Luz - UFBA  
MSc Leanize Teixeira Oliveira – CPRM  
Dr. Luiz Rogério Bastos Leal - UFBA

Natali da Silva Barbosa – Iniciação Científica - UFBA

**Item 2 – Estudos de Vulnerabilidade e Riscos de Contaminação**

Dra. Joana Angélica Guimarães da Luz - UFBA

MSc Leanize Teixeira Oliveira - CPRM

**Meta E – Subsídios à Gestão das Águas Subterrâneas**

Dra. Joana Angélica Guimarães da Luz – UFBA

Dr. Luiz Rogério Bastos Leal – UFBA

Dr. Olivar Antônio Lima de Lima – UFBA

Dr. Lafayette Dantas da Luz – UFBA

MSc José Cláudio Viégas Campos – CPRM

MSc Leanize Teixeira Oliveira - CPRM

**Meta F – Estruturação e Alimentação da Base de Dados em SIG**

COORDENAÇÃO EXECUTIVA:

CPRM:

Francisco Edson Mendonça Gomes

COLABORADORES:

CPRM:

Eriveldo da Silva Mendonça

Érika Gomes de Brito



## Rede Cooperativa de Pesquisa

# COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO



## NOTA TÉCNICA

**Fernando A. C. Feitosa**  
Serviço Geológico do Brasil  
Coordenador da Rede

Outubro / 2007

Ministério de  
Minas e Energia

Ministério da  
Ciência e Tecnologia



## 1. INTRODUÇÃO

O Projeto **Comportamento das Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro**, dentro da linha de pesquisa aberta pelo MCT, foi desenvolvido numa rede cooperativa de pesquisa com a participação das seguintes instituições:

Serviço Geológico do Brasil - CPRM  
Universidade Federal da Bahia - UFBA  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG  
Universidade Federal do Ceará - UFC  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

O Serviço Geológico do Brasil, CPRM, participou como uma espécie de “âncora” atuando em todas as áreas selecionadas para o trabalho e assumindo, em grande parte, a responsabilidade pela execução das tarefas básicas de coletas das informações. Embora assumindo esta postura, a CPRM também participou de todas as fases de geração de conhecimento, através de interpretações realizadas em cima dos dados coletados, trabalhando, neste caso, em íntima associação com as academias.

O processo foi iniciado nos dias 23 e 24 de setembro de 2004, em Fortaleza/CE, com a realização de uma reunião para dar início à rede cooperativa de pesquisa, com a participação de todas as instituições relacionadas acima. Na ocasião, foram selecionadas as áreas onde foram desenvolvidos os estudos (bacias sedimentares) e foi definida uma metodologia padrão a ser adotada. O critério de seleção das áreas levou em consideração um levantamento inicial, realizado pela CPRM, sobre a situação atual do conhecimento hidrogeológico da maior parte das bacias do semi-árido (apresentado em sua proposta técnica, *Estudos Hidrogeológicos de Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro*) além de adotar os seguintes fatores como condicionantes:

- a) Baixo nível de conhecimento da potencialidade hídrica subterrânea da bacia;
- b) Baixa disponibilidade de recursos hídricos superficiais no local;
- c) Alto consumo de água subterrânea;
- d) Alto índice de captação sem mecanismos de gestão;
- e) Não existência de estudos em desenvolvimento ou a iniciar (item excludente).

No quadro 1, abaixo, são apresentadas as bacias que foram selecionadas para o estudo, as instituições participantes e os critérios de escolha para cada uma delas.

**Quadro 1 – Bacias selecionadas e foco dos estudos**

Atores	Bacia – Foco do Trabalho		Crítérios de Escolha
CPRM / UFC	A	Lavras da Mangabeira – Estudos de Reconhecimento	a, b, e
	B	Araripe – Aquífero Missão Velha / Rio da Batateira	b, c, d
CPRM / UFRN	C	Apodi – Área de Recarga do Aquífero Açú	a, c, d, e
CPRM / UFCG	D	Rio do Peixe – Aquífero Antenor Navarro	a, c, d, e
CPRM / UFPE	E	Jatobá – Caracterização Global da Porção Oriental	a, e
CPRM / UFBA	F	Urucuia – Sub-Bacias dos Rios Arrojado e Formoso	a, e

Na bacia de Lavras da Mangabeira o trabalho foi realizado a nível de reconhecimento, tendo a finalidade de caracterizá-la quanto ao seu potencial hidrogeológico. No Araripe a abordagem foi focada no detalhamento da caracterização hidrogeológica dos aquíferos dos sistemas médio e inferior, em sua porção oriental, priorizando a avaliação de reservas. Na bacia Potiguar o foco do trabalho foi centrado na área de recarga do Aquífero Açú, entre os rios do Carmo e Mulungu, dando continuidade ao estudo já desenvolvido pela SRH/RN na área compreendida entre o limite do estado do Rio Grande do Norte, a oeste, e o Rio do Carmo, a leste, e priorizando aspectos ligados a salinização das águas subterrâneas. Na bacia do Rio do Peixe os trabalhos visaram à caracterização hidrogeológica detalhada do aquífero Antenor Navarro em toda a extensão da bacia, priorizando aspectos ligados a interação água subterrânea/água superficial. Na bacia de Jatobá o foco foi uma caracterização hidrogeológica geral da bacia em sua porção oriental, delimitada pelos meridianos 37° 50' e 37° 10' e pelos paralelos 8° 20' e 9° 00', com detalhamentos em algumas áreas. Na bacia do Urucuia, dada a sua extensão geográfica, foi selecionada uma área piloto para desenvolvimento das ações, representada pelas sub-bacias hidrográficas dos Rios Arrojado e Formoso, e o foco foi centrado no reconhecimento hidrogeológico inicial do aquífero.

## **2. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA UTILIZADA**

No quadro 2, a seguir, estão relacionadas as ações básicas que foram realizadas nos estudos desenvolvidos em todas as bacias. Estas ações iniciaram pelo levantamento do conhecimento existente, passaram pela caracterização geológica e geométrica dos reservatórios e culminaram na caracterização hidrogeológica propriamente dita. Todos os estudos realizados foram balizados por esta seqüência metodológica definida em conjunto pelas instituições constituintes da rede cooperativa.

### **Meta A - LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE DA HIDROGEOLOGIA**

#### **A-1) Resgate e Sistematização dos Trabalhos Realizados**

A fase inicial do trabalho foi a execução de um exaustivo levantamento bibliográfico e de dados existentes. Foram resgatados (cópias) o maior número de trabalhos realizados anteriormente nas bacias selecionadas. Foram priorizados estudos hidrogeológicos sem, no entanto, descartar as áreas correlatas (Geologia, Geofísica etc.). Esses trabalhos foram organizados, analisados e as informações pertinentes foram devidamente registradas, de modo que se gerou, tanto a história bibliográfica como a síntese do conhecimento existente em cada bacia, o que permitiu o planejamento detalhado e facilitou a execução das etapas seguintes do presente estudo. Cabe ressaltar, que foram consultadas todas as instituições públicas e de pesquisa que reuniam fontes de conhecimento e de dados sobre as bacias e foram considerados, entre outros, relatórios de pesquisa (internos e/ou inéditos), publicações em revistas científicas nacionais e internacionais, publicações em congressos, simpósios, encontros técnicos etc., teses de doutorado e dissertações de mestrado. Além disso, também foram coletados e sistematizados todos os dados existentes e necessários ao desenvolvimento das ações subseqüentes: cadastros de poços e pontos d'água, dados hidroclimatológicos, cartografia geológica, pedológica e planialtimétrica, dados geofísicos terrestres e aéreos entre outros. Esta ação foi executada pela equipe técnica do Serviço Geológico do Brasil com a participação das universidades.

**Quadro 2 – Síntese metodológica**

META	ATIVIDADES	
<b>Levantamento do Estado da Arte da Hidrogeologia</b>		
<b>A</b>	1	Resgate e Sistematização de Dados e Trabalhos Realizados
	2	Alimentação de um Sistema de Informações - SIG
	3	Relatório Síntese dos Conhecimentos com Análise Bibliográfica
<b>Caracterização Geométrica e Geológica dos Aquíferos</b>		
<b>B</b>	1	<b>Revisão Geológica</b>
		1 Foto-Interpretação e Análise de Imagens de Satélite
		2 Geologia de Campo – Litologia, Estratigrafia e Estruturas
	2	<b>Caracterização Geométrica por Processos Geofísicos</b>
		1 Planejamento de Atuação
		2 Trabalhos de Campo: Geofísica
		3 Interpretação dos Dados e Elaboração de Mapas Geofísicos e Estruturais
<b>Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos</b>		
<b>C</b>	1	<b>Seleção de Pontos d'água</b>
		1 Revisão e Atualização do Inventário de Pontos d'água
		2 Seleção de Pontos Representativos
		3 Perfis Geofísicos em Poços
		4 Implantação e Execução do Monitoramento Potenciométrico e Qualitativo
	5 Implantação de Pluviógrafos e Infiltrômetros	
	2	Nivelamento dos Pontos d'Água Selecionados
	3	Elaboração de Mapas Potenciométricos
	4	<b>Balanco Hídrico</b>
		1 Elaboração Preliminar
		2 Ajustes Periódicos
	3	3 Fechamento
		<b>Construção de Piezômetros</b>
	5	1 Planejamento e Elaboração de Projetos
		2 Execução da Obra
	6	<b>Testes de Aquíferos</b>
		1 Planejamento e Execução dos Testes
	2	Interpretação dos Testes – Determinação de Parâmetros Hidrodinâmicos
	7	<b>Modelos</b>
		1 Concepção de Modelos Conceituais
		2 Elaboração de Modelos Computacionais
	3	Calibração dos Modelos Computacionais
	8	Avaliação de Reservas, Recursos, Potencialidades e Disponibilidades
<b>Caracterização Hidrogeoquímica e de Vulnerabilidade</b>		
<b>D</b>	1	<b>Estudos Hidrogeoquímicos e Isotópicos</b>
		1 Coleta de Amostras
		2 Realização de Análises
	3	Interpretação dos Resultados e Elaboração de Mapas Hidroquímicos
	2	<b>Estudos de Vulnerabilidade e Riscos de Contaminação de Aquíferos</b>
		1 Avaliação e Mapeamento da Vulnerabilidade Natural
2 Caracterização e Mapeamento das Fontes Potenciais de Contaminação		
3	Mapeamento dos Riscos de Contaminação	
<b>Suporte ao Planejamento e à Gestão das Águas Subterrâneas</b>		
<b>E</b>	1	Zoneamento Explotável
	2	Obras hídricas Subterrâneas Recomendadas
	3	Monitoramento dos Aquíferos
	4	Sugestões para Operação e Manutenção das Obras Hídricas
<b>Elaboração de Bases de Dados em SIG</b>		
<b>F</b>	Estruturação e Alimentação da Base de Dados em SIG	



## **A-2) Alimentação de um Sistema de Informações**

Paralelamente foi desenvolvido um sistema de informações alimentado à medida que foram disponibilizados dados de cada bacia estudada, em função do levantamento e análise feita no item anterior. Este arquivo foi alimentado durante todo o projeto e representa o estado da arte do conhecimento de cada bacia estudada. Esta ação foi executada pela equipe técnica da CPRM conforme planejamento elaborado preliminarmente com a participação das universidades.

## **A-3) Elaboração de Relatório Síntese do Conhecimento Existente**

Com base nas informações levantadas e sintetizadas, foi elaborado um relatório onde consta uma síntese do conhecimento existente em cada bacia, o qual serviu de base para a orientação e planejamento de todas as atividades desenvolvidas. A elaboração deste relatório passou por novas interpretações com base na correlação de todas as informações julgadas consistentes e contou efetivamente com a participação das universidades. Nesse sentido, a rede cooperativa de pesquisa foi um mecanismo fundamental na medida em que permitiu a utilização das excelências para cada área específica analisada.

## **Meta B - CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E GEOLÓGICA DOS AQUÍFEROS**

### **B-1 Revisão Geológica**

#### **B-1-1 Análise e Interpretação de Produtos de Sensores Remotos**

Foram analisadas cuidadosamente e interpretadas as imagens de satélite e fotos aéreas das áreas referentes as bacias selecionadas, disponíveis e adquiridas, para determinação de toda a rede de drenagem superficial, espelhos d'água, contatos geológicos, geomorfologia, estruturas, ocupação do solo etc. Esta etapa foi amparada pelo conhecimento já existente de cada bacia e, ao final, foi confeccionado um mapa-base (*overlay*) de todas as informações disponibilizadas, que funcionou como suporte para os trabalhos de campo.

#### **B-1-2 Geologia de Campo – Litológica, Estratigráfica e Estrutural**

Foram realizadas etapas de campo para confirmar as interpretações feitas a partir das imagens e fotos aéreas e dirimir dúvidas quanto a litologia e estratigrafia. De uma forma genérica foram feitas observações englobando os aspectos relacionados a seguir:

##### Aspectos Geomorfológicos

- Forma de relevo e padrão de drenagem;
- Vegetação: tipos principais e densidade;
- Solo: tipo e espessura aproximada;
- Discriminação de zonas homólogas.

##### Aspectos Ligados a Litologia

- Litotipos predominantes – Estratigrafia;
- Granulometria e arredondamento em areias e arenitos;
- Grau de diagênese, cimentação e silicificação em areias e arenitos.

##### Aspectos Estruturais

- Identificação e caracterização dos tipos de estruturas presentes;
- Intensidade de penetração dos tipos de estruturas;

- Medição de atitudes de todas as estruturas identificadas: falha, fratura, juntas;
- Estruturas sedimentares – Ambiente de sedimentação;
- Discriminação das diferentes classes de fraturas/juntas pela orientação e idade relativa;
- Tipos de contatos litológicos, evidenciando as faixas de contato entre litologias contrastantes (conglomerados *versus* filitos, etc.).

## **B-2 Caracterização Geométrica por Processos Geofísicos**

A metodologia de levantamento geofísico consiste na aplicação das ciências físicas ao estudo da parte mais superficial da crosta terrestre, utilizando as propriedades físico-químicas das camadas do subsolo, ou as características relacionadas com alguma dessas propriedades. Resumidamente, esse tipo de prospecção consiste em levantar os valores de uma determinada propriedade numa região de interesse e em analisar as discrepâncias ou anomalias em relação ao valor normal encontrado. Por conta da simplicidade dos seus princípios, a geofísica assumiu um papel importantíssimo na pesquisa hidrogeológica, apesar de ser um método de investigação indireta, pois é capaz de identificar os locais mais prováveis de acumulação das águas subterrâneas, seja identificando prováveis camadas aquíferas, seja auxiliando na configuração estrutural e estratigráfica do subsolo, a um custo relativamente baixo em relação aos métodos diretos. A aplicação adequada desta metodologia, porém, exige a análise de uma série de fatores que influenciam notavelmente na eleição do método geofísico mais apropriado, bem como no devido escalonamento dos métodos que costumam se seguir. Contudo, via de regra, nos estudos geofísicos é costume se empregar dois ou mais métodos que se complementem e tornem a pesquisa mais eficiente. Normalmente, após o trabalho geológico preliminar na área selecionada, segue-se o estudo por um método geofísico de reconhecimento geral, visando à delimitação de zonas de maior interesse, onde serão utilizados outros métodos para detalhamento das anomalias detectadas na fase anterior, de modo que a interpretação final seja baseada na comparação de vários resultados. Dois métodos clássicos utilizados em estudos de água subterrânea são a gravimetria e eletroresistividade.

O método gravimétrico tem aplicações importantes nos estudos das bacias sedimentares para a exploração de água subterrânea e na compreensão da estrutura da crosta de grandes segmentos litosféricos. A importância da gravimetria na pesquisa de água subterrânea é comparável ao seu uso na prospecção de petróleo. A identificação de falhas verticais e de espessamentos sedimentares é um processo rotineiro e de fácil compreensão na aplicação do método, embora muitas vezes envolvendo ambigüidades. A identificação de depressões tectônicas em bacias sedimentares tem uma importância fundamental na delimitação de aquíferos porosos, e conseqüentemente, na sua modelagem e na locação de poços. Quando consideramos o contraste de densidade entre as rochas cristalinas e a maioria das rochas sedimentares, a relação direta entre as propriedades do método gravimétrico e o estudo das bacias sedimentares é obviamente clara. Ele é numericamente pequeno, porém perfeitamente capaz de gerar anomalias gravimétricas. Os sedimentos em contato com as rochas cristalinas produzem uma anomalia negativa que será tanto mais intensa quanto maior for sua espessura, desde que a densidade seja razoavelmente homogênea. Esse padrão poderá ser perturbado por um aumento gradativo da densidade dos sedimentos em profundidade ou pela presença de rochas vulcânicas intercaladas nos sedimentos. Tendo em mente essas questões é possível realizar boas interpretações de dados gravimétricos de bacias sedimentares. Por outro lado, existem restrições ao uso do método em pacotes sedimentares com espessuras inferiores a 100 m. Nesse caso, o efeito da variação da densidade nas rochas cristalinas encobertas pelos sedimentos influenciará em excesso a resposta gravimétrica e adicionará ambigüidades na interpretação. Mesmo assim, o uso criterioso dos dados e de pontos de controle com

conhecimento da profundidade e da composição das rochas do embasamento ainda permitiram boas interpretações. A partir de um bom levantamento e interpretação de dados gravimétricos de uma bacia sedimentar, o hidrogeólogo poderá obter uma visualização tridimensional da mesma. Isso inclui a identificação de estruturas e compartimentos não observados na superfície e a possibilidade de poder fazer locações estratégicas e de prever a profundidade dos poços. O entendimento e a quantificação tridimensional de uma bacia constituem valiosas informações na hora de efetuar modelagens e avaliar reservas disponíveis.

O método de eletroresistividade através da aplicação de sondagens elétricas verticais (prospecção vertical) e de caminhamentos elétricos (prospecção horizontal) é utilizado de forma muito intensa na pesquisa de água subterrânea, desde os primórdios da hidrogeologia no Brasil. Através desta metodologia é possível conseguir informações básicas sobre a separação de formações arenosas de formações argilosas, variações da espessura das camadas, descontinuidades laterais, profundidade e feições do embasamento cristalino, variações da transmissividade e da qualidade da água, entre outras.

#### B-2-1 Planejamento – Definição do Método, Áreas e Espaçamento de Medições

Nesse projeto, por conta da relação custo–benefício, foram realizados levantamentos geofísicos apenas em áreas onde as informações básicas eram incipientes ou quando foi necessário um esclarecimento de cunho geológico julgado imprescindível para o desenvolvimento das atividades planejadas. Foram utilizados métodos gravimétricos e/ou eletroresistividade, tendo-se como premissa básica a necessidade do conhecimento da morfologia do embasamento cristalino, da existência de descontinuidades laterais e das variações de espessura das camadas do subsolo. A seguir são apresentados os termos de referência elaborados para o desenvolvimento dos trabalhos em cada bacia.

Bacia do Araripe  
Bacia de Lavras da Mangabeira  
Bacia Potiguar  
Bacia do Rio do Peixe  
Bacia do Urucuia

Em função de um trabalho paralelo previsto para a Bacia de Jatobá, este projeto não contemplou levantamentos geofísicos nesta bacia.

#### B-2-2 Coleta de Dados de Campo

Esta ação foi executada pelas universidades participantes da rede, que detinham *notório saber* sobre esta área de atuação, mediante contrato firmado com a CPRM com interveniência de fundações ligadas a estas universidades. Os contratos foram feitos com dispensa de licitação mediante as bases legais amparadas na Lei Federal 8666/93, Art. 24, inciso XIII. Os dados coletados e os relatórios produzidos passaram por um processo de avaliação de qualidade feitos por consultores da CPRM ligados a Divisão de Geofísica, Dr. Íris Escobar (gravimetria) e a Divisão de Hidrogeologia e Exploração, Dr. Edilton Feitosa (eletroresistividade) e que representou um condicionante básico para o recebimento do trabalho por parte da CPRM. Os levantamentos foram feitos pelas seguintes instituições:

Bacias do Araripe (eletroresistividade) – LGPSR / UFC  
Bacia de Lavras da Mangabeira (eletroresistividade e gravimetria) – LGPSR / UFC  
Bacia do Rio do Peixe – LABHID / UFPE  
Bacia do Urucuia - CPGG / UFBA

### B-2-3 Processamento dos Dados e Interpretação dos Resultados

O processamento dos dados e interpretação dos resultados foram realizados pelas universidades contratadas para a execução dos levantamentos geofísicos. Os dados brutos estão disponibilizados juntamente com os dados processados e as interpretações realizadas nos respectivos relatórios, nas seções **Produtos/Relatórios Temáticos** de cada CD.

## **Meta C – CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA**

### **C-1 Seleção da Rede de Pontos D'Água**

Para o desenvolvimento dos estudos hidrogeológicos foi selecionada uma rede de pontos d'água representativa para cada área, considerando o foco do estudo. A maior parte destes pontos são representados por poços tubulares e na seleção foram considerados os seguintes critérios:

- a) Existência de dados construtivos e litológicos dos poços;
- b) Captação apenas do nível aquífero considerado como foco do estudo. Poços captando diversos níveis ou formações aquíferas não são representativos.

Essa seleção teve por base os poços existentes no sistema SIAGAS, gerenciado pelo Serviço Geológico do Brasil, e foi complementado com informações obtidas no banco de dados do *Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea*, executado pela CPRM, assim como em cadastros de órgãos públicos e/ou empresas privadas.

#### C-1-1 Etapas de campo – Revisão e Atualização do Inventário de Pontos d'água

Simultaneamente a revisão geológica, foi iniciada uma revisão do inventário de pontos d'água nas bacias de interesse, objetivando localizar os pontos pré-selecionados anteriormente e identificar pontos ainda não cadastrados. Foram coletadas e armazenadas todas as informações passíveis de coleta de todos os pontos visitados, incluindo poços tubulares, poços amazonas representativos, fontes naturais, lagoas, açudes e estações pluviométricas e fluviométricas. Além disso, também foram levantadas todas as possíveis fontes de contaminação das águas subterrâneas, tais como zonas agricultáveis, pontos de lançamento de efluentes industriais e esgotos, lixões, aterros sanitários etc.

#### C-1-2 Análise do Inventário e Seleção dos Pontos Representativos

Após a visita de campo, foi feita uma última análise e a seleção final dos poços mais representativos de cada sistema aquífero foco do estudo. Foram buscadas as informações complementares (fichas dos poços) referentes aos novos poços cadastrados em campo. A seleção dos pontos foi feita de forma integrada pela CPRM e universidades.

#### C-1-3 Perfilagens Geofísicas – Recuperação de Informações Construtivas e Litológicas

Não foi realizada.

#### C-1-4 Seleção de Pontos e Implantação de Monitoramento Potenciométrico e Qualitativo

A partir da rede de pontos d'água foram selecionados pontos chaves para a implantação de monitoramento potenciométrico e qualitativo. Foram medidos sistematicamente com periodicidade trimestral os níveis d'água dos poços e recolhidas amostras para a realização de

análises físico-químicas e isotópicas. A seleção dos pontos foi feita de forma integrada pela CPRM e universidades.

#### C-1-5) Implantação de Pluviôgrafos e Infiltrômetros

Após a análise da distribuição da rede pluviométrica existente foram escolhidos pontos para a implantação de pluviôgrafos (com *data-log*) e infiltrômetros. Estes equipamentos foram ser instalados prioritariamente em pontos já pertencentes à rede hidrometeorológica operada pela CPRM, de forma a minimizar os custos de monitoramento (ficaram integrados a atividade de operação da rede) e garantir a preservação dos equipamentos, que ficaram sob a responsabilidade do observador hidrológico que já presta serviços a CPRM.

#### **C-2 Determinação de Cota de Pontos D'água Selecionados**

Tendo por objetivo a elaboração da potenciometria do(s) aquífero(s) em foco, os poços integrantes da rede de pontos d'água foram nivelados altimetricamente. Devido à exatidão necessária para se estabelecer à superfície potenciométrica dos sistemas aquíferos, nesse nivelamento foi empregado o sistema geodésico de posicionamento global, utilizando-se a ferramenta denominada de GPS Geodésico, capaz de fornecer dados consistentes com precisão centimétrica. No momento da medida da cota do poço também foi medido o nível d'água. O trabalho foi executado por técnicos da Divisão de Cartografia da CPRM e contou com uma consultoria especializada prestada por professores do Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco, para orientação e avaliação de qualidade dos dados coletados.

#### **C-3 Elaboração de Mapas Potenciométricos**

Foram elaborados mapas potenciométricos referentes aos aquíferos estudados, através dos quais foi possível visualizar as direções preferenciais do fluxo subterrâneo, divisores de fluxo, zonas submetidas a super-exploração, exutórios etc. Foi feito um acompanhamento trimestral da potenciometria, que permitiu verificar possíveis respostas a recarga no período chuvoso e ao aumento da exploração que ocorre geralmente no período de estiagem.

#### **C-4 Balanço Hídrico**

Nos estudos de sistemas hidrológicos e hidrogeológicos de uma determinada área é fundamental o conhecimento do ciclo hidrológico e a elaboração do balanço hídrico da região, sendo os processos de infiltração e escoamento superficial os fatores que devem ser analisados mais criteriosamente. Por definição, ciclo hidrológico é o sistema pelo qual a natureza faz com que a água circule do oceano para a atmosfera e daí para os continentes, de onde retorna, por fluxo superficial e subterrâneo, ao oceano. É governado, no solo e subsolo, pela ação da gravidade, pelo tipo e densidade da cobertura vegetal, porosidade, permeabilidade e na atmosfera e superfícies líquidas por fatores climáticos, que condicionam a evaporação e a pluviometria. O ciclo hidrológico, que congrega processos diversificados de transporte e armazenamento, é um conceito bastante difundido, porém quantitativamente um tanto quanto vago (Fetter, 2001). A sua avaliação quantitativa é feita através da *equação geral do balanço hídrico*, que obedece ao princípio da conservação da massa ou da continuidade, segundo o qual, num sistema qualquer, a diferença entre as entradas e as saídas é igual à variação do armazenamento dentro do próprio sistema. Por isso, a quantificação dos componentes do ciclo hidrológico, denominada de balanço hídrico, requer o estabelecimento de uma unidade de área onde seja possível considerar a precipitação pluviométrica como a única entrada de água. De modo a atender essa exigência, nos estudos hidrogeológicos adota-se como

área de trabalho a bacia hidrográfica, delimitada por seus divisores de água superficial, que além de atender essa exigência, permite a quantificação do volume de saída. Nesta bacia, a quantidade de água que escoou pelo seu exutório, denominada de escoamento total ou deflúvio total, é composta pelo somatório da precipitação direta nos corpos d'água e dos escoamentos superficial, subsuperficial e subterrâneo, sendo a sua variação uma resposta à precipitação. Assim, para elaboração do balanço hídrico das áreas estudadas, foram coletados, selecionados e analisados os dados climatológicos disponíveis (pluviométricos, fluviométricos, de evapotranspiração etc.), das áreas de interesse desse trabalho. Inicialmente foi calculado um balanço preliminar, com os dados disponíveis e feitos ajustes ao balanço, à medida que foram sendo coletados dados adicionais e aumentado o conhecimento sobre a bacia, até se chegar a um resultado final aqui apresentado.

### **C-5 Construção de Piezômetros**

Foram perfurados piezômetros, próximos a poços produtores pré-selecionados para a realização de testes de aquíferos, os quais serviram como base para a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos. Pretende-se que, os piezômetros perfurados, sejam os pioneiros de uma rede de monitoramento de água subterrânea a ser implantada nacionalmente pelo Serviço Geológico do Brasil. Para a execução das perfurações a CPRM disponibilizou uma perfuratriz de pequeno porte (CF-15) com capacidade de perfuração até 300 metros e contratou empresas especializadas. A locação e os projetos dos piezômetros foram feitos conjuntamente pela equipe técnica da CPRM e universidades. A priori, foi considerado, em função da escala de trabalho, que os aquíferos estudados tinham um comportamento homogêneo e isotrópico, sendo previsto a construção de apenas um piezômetro para cada poço produtor (poço onde será feito o bombeamento).

### **C-6 Execução de Testes de Aquífero e Determinação de Parâmetros Hidrodinâmicos**

Após a perfuração e a completação de um poço produtor de água subterrânea, deve ser sempre executado um teste de bombeamento para possibilitar um maior conhecimento das condições hidrodinâmicas do aquífero a ser explorado ou simplesmente definir a capacidade produtiva do próprio poço. Basicamente, os tipos de testes que um poço pode ser submetido são dois, sendo sua diferenciação feita em função dos dados estabelecidos para serem levantados durante a sua execução, fator que também determina os resultados encontrados. Os testes executados com o objetivo de caracterização do meio físico de subsuperfície são denominados de *teste de aquífero* e visam à determinação das características hidrodinâmicas de um meio poroso, tais como transmissividade (T), condutividade hidráulica (K) e coeficiente de armazenamento (S). Este tipo de teste consiste, basicamente, no bombeamento de um poço com uma vazão constante  $Q$  e no acompanhamento da evolução do rebaixamento em um (ou mais) poço de observação situado a uma distância radial  $r$  qualquer do poço bombeado. Outro tipo de teste de bombeamento realizado em um poço é aquele que visa exclusivamente definir sua capacidade produtiva, a partir da determinação das perdas de cargas totais que ocorre durante o seu bombeamento ( $BQ + CQ^n$ ), de modo a se dimensionar a sua unidade de bombeio, sendo denominado de *teste de produção ou de vazão*. A execução deste tipo de teste consiste na realização do bombeamento do poço e o registro da evolução dos rebaixamentos no próprio poço. Nesse caso, o bombeamento é realizado em três ou mais etapas sucessivas, sendo que em cada uma delas a vazão é mantida constante e aumentada de modo que  $Q_1 < Q_2 < Q_3 < Q_x$  (onde  $Q_x$  é a vazão da etapa  $x$  de bombeamento).

Considerando que foram objeto desse estudo a quantificação das reservas e a elaboração de modelos computacionais de fluxo, dos aquíferos estudados em cada bacia sedimentar, foi programado e executado, para cada piezômetro construído, testes de aquífero para subsidiar a avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos, sem os quais não se poderia executar as atividades mencionadas.

### **C-7 Elaboração de Modelos**

A junção da caracterização geométrica, litológica e hidrogeológica das bacias estudadas permitiu a elaboração de modelos conceituais para os aquíferos em foco. Com o auxílio de *softwares* específicos e com base nos modelos conceituais foram desenvolvidos modelos computacionais, utilizando-se como referência a potenciometria determinada inicialmente e suas variações no tempo. A gestão do aquífero é de fundamental importância para assegurar uma sustentabilidade de um programa de abastecimento e/ou de irrigação que possa vir a ser implantado nas regiões. Para tanto, os modelos funcionam como ferramentas que podem subsidiar planos de gestão que definam os procedimentos necessários a uma exploração racional dos recursos subterrâneos disponíveis.

### **C-8 Avaliação de Reservas, Recursos, Potencialidade e Disponibilidade**

A partir dos todos os dados levantados e utilizando os modelos desenvolvidos como apoio, foram avaliadas reservas, recursos, potencialidades e disponibilidades dos sistemas aquíferos. Este é um tema que apresenta muitas controvérsias e pontos de vista distintos entre os pesquisadores da área. Entretanto, uma referência inicial indicada pela CPRM (*Avaliação de Recursos Hídricos Subterrâneos*, Feitosa, E. C *et al.*, in *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*, Feitosa, F.A.C. *et al.*, Cap. 7.1., 3ª Ed. CPRM, no prelo), funcionou como uma proposta para unificação de conceitos e é exposta sumariamente abaixo.

*“No sentido mais geral é intuitiva a concepção de que a expressão reservas implica uma certa quantidade armazenada. No caso de água e, particularmente da água subterrânea, as reservas se traduzem por volumes que representam a totalidade da água mobilizável armazenada em um aquífero ou sistema aquífero. Assim, as unidades que expressam as reservas de água subterrânea têm dimensão  $L^3$ , sendo comum a utilização do metro cúbico, hectômetro cúbico ou mesmo o litro. A utilização dessas reservas, ou seja, a retirada de volumes de água de um dado aquífero, destina-se por sua vez a um consumo, seja ele abastecimento público, industrial, irrigação ou outros. É evidente que este consumo vai ocorrer a uma certa taxa temporal. Além disso, a utilização das reservas envolve sempre aspectos práticos relacionados à capacidade de produção dos poços, à evolução dos níveis de bombeamento e à própria magnitude e finitude dos volumes armazenados. É absolutamente natural e intuitiva, portanto, a consideração da variável tempo e a noção de **alcance**, na exploração de recursos hídricos em geral. No que diz respeito à recarga dos aquíferos, por outro lado, verifica-se que sua descrição também requer, por definição, a introdução da variável tempo. Dessa maneira, tanto os volumes explorados dos aquíferos como aqueles aí repostos têm dimensão  $L^3T^{-1}$  e denominam-se **recursos** de água subterrânea. Potencialidade é conceituada como aquela parcela das reservas totais, considerada possível de ser explorada num determinado intervalo de tempo. O conceito adotado corresponde exatamente ao safe yield dos norte-americanos. Em geral, costuma-se utilizar para este fim, termos como reservas explotáveis, vazão de exploração e descarga explotável, referindo-se ao aquífero em análise.*

*Na avaliação dos recursos hídricos subterrâneos de um dado aquífero, a situação mais comum é aquela em que já existe exploração significativa. Nessas condições, e conforme propõe Costa, 1998, há que se considerar a descarga já sendo retirada, definida como disponibilidade, e que envolve dois tipos: disponibilidade efetiva e a disponibilidade instalada. A disponibilidade efetiva é definida como a descarga anual sendo efetivamente bombeada no momento considerado, estimada através do recenseamento das captações existentes em funcionamento, na área do aquífero em estudo. Esta disponibilidade, assim definida, é simplesmente um número variável no tempo, resultante de uma constatação de ordem prática e objetiva, isto é, o número de poços existentes e suas produções observadas. Esta descarga real, assim constatada, é muito importante na elaboração de balanços hídricos e na calibração de modelos de fluxo. A disponibilidade efetiva pode variar entre zero, na ausência de captações, e um máximo igual à potencialidade. Tendo esta última como limite superior, a disponibilidade efetiva é uma descarga sustentável por definição, devendo crescer com o tempo, na medida em que novos poços sejam perfurados, acompanhando o crescimento da demanda. Aquela fração da disponibilidade efetiva que eventualmente exceda a potencialidade, deve ser considerada como sobreexploração. A disponibilidade Instalada é definida como a descarga possível de ser obtida a partir das captações existentes no aquífero em estudo, considerando-se bombeamento em regime contínuo.”*

## **Meta D – CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA E DE VULNERABILIDADE**

### **D-1 Estudos Hidrogeoquímicos e Isotópicos**

Foram realizados estudos hidrogeoquímicos, isotópicos e de qualidade da água, verificando-se além de sua classificação para os diversos usos, a sua interação e modificações sofridas ao longo do fluxo desde a zona de recarga até o ponto da captação e zonas de exutórios naturais. Os estudos foram desenvolvidos basicamente pelas universidades e a CPRM participou apoiando as coletas de campo, custeando parte das análises realizadas e à título de treinamento nas fases interpretativas. Alguns parâmetros foram ser analisados *in loco* como o *pH*, a condutividade elétrica e a temperatura, através de equipamentos portáteis.

#### **D-1-1 Coleta de Amostras**

Foram feitas coletas trimestrais de água para análise, em pontos representativos da rede selecionada. Estas coletas foram realizadas, regra geral, pela CPRM no ano de 2005 e pelas universidades em 2006, em função da disponibilidade de recursos. As amostras foram coletadas, armazenadas e transportadas segundo os procedimentos padrões aplicados para cada tipo de análise. Estes procedimentos foram acordados previamente pelas equipes técnicas envolvidas no projeto. Nas fontes naturais e poços tubulares em operação foram feitas coletas na saída do poço ou na zona de surgência.

#### **D-1-2 Realização de Análises**

Em relação às análises físico-químicas, a quantidade e os elementos detectados foram definidos previamente, para cada área, pela equipe técnica envolvida (CPRM e universidades), em função do tipo de resposta e do foco desejado. Os laboratórios utilizados, tinham credenciais de qualidade e foram aprovados pelos critérios determinados previamente pela rede de pesquisa. Foram utilizados os seguintes laboratórios:



Amostras do Araripe e de Lavras da Mangabeira – Laboratório de Hidroquímica do Departamento de Física e Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada do Departamento de Geologia da UFC – Universidade Federal do Ceará.

Amostras do Rio do Peixe e Jatobá – Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Ciências e Tecnologia do Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Campina Grande

Amostras da Bacia Potiguar – Laboratório de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes da Fundação de Apoio à Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico do Rio Grande do Norte

Amostras do Urucuia – Laboratório do Núcleo de Estudos Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia.

Basicamente, estudos isotópicos na hidrogeologia têm a finalidade de obter informações sobre o tempo de residência da água no aquífero, interações entre água subterrânea e superficial, informações sobre mecanismos de recarga e interações entre aquíferos (drenanças verticais). Em geral, os estudos isotópicos são aplicados na tentativa de dirimir dúvidas existentes e não esclarecidas pelos métodos convencionais de pesquisa. As conclusões resultantes podem subsidiar a elaboração de modelos conceituais mais próximos da realidade, que permitem a elaboração de modelos computacionais mais consistentes. No projeto, os estudos foram desenvolvidos basicamente pelas universidades (UFC e UFBA) sendo todas as análises realizadas no Laboratório de Isótopos da UFBA.

#### D-1-3 Interpretação dos Resultados

Os resultados das análises, após aprovação de qualidade por parte da equipe técnica envolvida, foi disponibilizado para os interessados integrantes da rede de pesquisa. As interpretações foram realizadas pelas universidades e a equipe técnica da CPRM participou à título de treinamento.

### **D-2 Estudos de Vulnerabilidade e Riscos de Contaminação de Aquíferos**

#### D-2-1) Avaliação e Mapeamento da Vulnerabilidade Natural

Foram realizados mapeamentos da vulnerabilidade natural dos aquíferos, com base no método **GOD** (Foster & Hirata, 1993) que considera, basicamente, aspectos inerentes ao tipo de aquífero (livre ou confinado) da geologia (tipo litológico) e a profundidade do nível da água.

#### D-2-2 Caracterização e Mapeamento das Fontes Potenciais de Contaminação

Ao longo das etapas de campo, foram caracterizadas, identificadas e cadastradas todas as fontes potenciais de contaminação.

#### D-2-3 Mapeamento dos Riscos de Contaminação

O cruzamento dos mapas de vulnerabilidade natural com as fontes potenciais de contaminação possibilitaram a elaboração de Mapas de Riscos de Contaminação, os quais servem como excelente instrumentos de gestão para subsidiar o uso e a ocupação do solo nestas regiões.

## **META E – SUPORTE AO PLANEJAMENTO E A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

### **E-1 Zoneamento Explotável**

Tendo como objetivo orientar a captação de água subterrânea nas áreas estudadas foram elaborados zoneamentos explotáveis (indicativos de possibilidades de vazão), tendo como base a potencialidade e a disponibilidade avaliadas.

### **E-2 Obras Hídricas Subterrâneas Recomendadas**

Neste item foram indicadas as obras de captação mais recomendada para cada área, considerando as características hidrogeológicas dos aquíferos estudados.

### **E-3) Monitoramento dos Aquíferos**

Foram indicados os poços mais representativos que devem ser monitorados para que se tenha séries históricas capazes de subsidiar a calibração e validação dos modelos elaborados, de forma a transformá-los em eficientes ferramentas de gestão.

### **E-4) Sugestões para Operação e Manutenção das Obras Hídricas**

Foram sugeridos mecanismos e formas de operação das obras hídricas existentes para otimizar o rendimento dos bombeamentos e maximizar a vida útil das captações.

## **META F - ELABORAÇÃO DE BASES DE DADOS EM SIG**

Todos os dados levantados foram estruturados num Sistema de Informações Geográficas – SIG, para cada área estudada, planejado e conduzido segundo os parâmetros especificados abaixo.

- **Base de Dados** - Criação de uma base de dados que foi o repositório de todas os dados e informações geográficas nos formatos vetor, raster, grades e atributos alfanuméricos disponíveis. Essa base de dados foi estruturada levando-se em conta o caráter multi-institucional do Projeto com diferentes plataformas de *softwares* e *hardwares*. Foi a principal e mais onerosa fase do projeto envolvendo atividades de inserção de novos dados levantados, digitação de mapas, consistência de dados e correções de erros, obtenção e conversão de dados eletrônicos em diferentes formatos e sistemas de coordenadas etc.
- **Análises Espaciais** - As equipes envolvidas no projeto receberam capacitação para dominar as ferramentas de visualização e consultas por atributos e localização disponíveis no SIG. O êxito desse projeto não poderia prescindir de significativo investimento na qualificação de pessoas nessa área da tecnologia da informação, capacitando-as para utilizar as ferramentas de geoprocessamento em análises espaciais complexas e funções de modelamentos. Uma vez que os dados estejam organizados no ambiente SIG as operações envolvendo modelos probabilísticos processam-se rapidamente, o que permitiu várias simulações e aperfeiçoamentos contínuos.