

# ATUAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL NA PESQUISA HIDROGEOLÓGICA EM BACIAS SEDIMENTARES NO NORDESTE BRASILEIRO

Robério Boto de Aguiar<sup>1</sup>; Liano Silva Veríssimo<sup>1</sup>; Leanize Teixeira Oliveira<sup>2</sup>; Manoel Júlio da T. G. Galvão<sup>3</sup>, Waldir Duarte Costa Filho<sup>3</sup> & Fernando A. C. Feitosa<sup>3</sup>

**Resumo**—O Serviço Geológico do Brasil, cumprindo sua missão de gerar edifundir o conhecimento geológico e hidrológico básico, vem desenvolvendo projetos de pesquisa hidrogeológica nas bacias sedimentares do nordeste brasileiro com o objetivo de avaliara ocorrência, potencialidade, circulação e qualidade das águas subterrâneas destas regiões. As pesquisas se iniciam pelo levantamento do conhecimento existente nas áreas selecionadas, passam pela caracterização geológica e geométrica da bacia e culminam na caracterização hidrogeológica propriamente dita. Espera-se que os resultados produzidos aumentem significativamente o conhecimento hidrogeológico dos aquíferos estudados, subsidiando a implantação, pelos órgãos gestores estaduais, de mecanismos de gestão que permitam disciplinar a exploração da água subterrânea, otimizando e elevando a disponibilidade hídrica para as populações locais.

**Abstract** – The Geological Survey of Brazil, its mission to generate and disseminate knowledge about basic geological and hydrological, develops the project Hydrogeological Research in Sedimentary Basins in Northeast Brazil in order to evaluate the occurrence, potential, movement and quality of groundwater in these regions . Polls begin with a survey of existing knowledge in selected areas, are the geological and geometrical characterization of the basin and result in the hydrogeological characterization itself. It is expected that the results produced significantly increase the hydrogeological knowledge of the aquifers studied, supporting the deployment, the state governing bodies, management mechanisms that allow discipline exploitation of groundwater, optimizing and increasing water availability for local people.

**Palavras – Chave** – Hidrogeologia; Bacias Sedimentares; Nordeste.

**Keywords** – Hydrogeology; Sedimentary Basins; Northeast

---

<sup>1</sup>Serviço Geológico do Brasil – Fortaleza. Av. Antonio Sales, 1418, Cep 60.135-101. roberio.boto@cprm.gov.br/ liano.verissimo@cprm.gov.br

<sup>2</sup>Serviço Geológico do Brasil – Salvador. Av. Ulysses Guimarães, 2862, Cep 41.213-000. leanize@sa.cprm.gov.br

<sup>3</sup>Serviço Geológico do Brasil – Recife. Av. Sul, 2291, Cep 50.770-011. mjtgg@re.cprm.gov.br / ffeitosa@fo.cprm.gov.br

## 1. INTRODUÇÃO

Em muitas regiões da Terra, como o Nordeste Brasileiro, as águas subterrâneas foram, são e continuarão a ser fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico, o que as transformam num bem estratégico a ser racionalmente explorado, de modo a assegurar sua disponibilidade para as populações futuras. Faz-se necessário, portanto, o desenvolvimento de um processo sistemático de organização, análise e compatibilização dos usos múltiplos dos recursos hídricos, dentro de uma visão prospectiva do problema, de modo a garantir a utilização racional e a disponibilidade das águas.

Assim sendo, o uso das águas subterrâneas requer o desenvolvimento de estudos que possibilitem o entendimento do comportamento dinâmico dos sistemas físicos de subsuperfície e o estabelecimento de programas gerenciais de uso e monitoramento desses recursos, tendo como base o acompanhamento e a avaliação constante das ações propostas e dos resultados obtidos com a sua aplicação.

No Nordeste semiárido do Brasil verifica-se que a utilização dos recursos hídricos subterrâneos vem sendo feita normalmente sem o desenvolvimento de estudos hidrológicos e hidrogeológicos específicos ou mesmo básicos, o que impossibilita a elaboração de programas gerenciais de natureza conservativa.

A utilização dos recursos hídricos subterrâneos aumentou vertiginosamente em função da necessidade de uma fonte de água para a região, imposta pelas suas condições climáticas. O reflexo disso é a contribuição da água subterrânea em parcelas significativas, tanto para o abastecimento público como para usos diversos, inclusive irrigação. Contudo, esse aumento do uso, em grande parte, não foi conduzido através de planejamentos calcados no conhecimento, sendo o resultado de consecutivos programas emergenciais de combate aos efeitos da seca e de esforços isolados de companhias de saneamento e da iniciativa privada.

Sendo assim, o Serviço Geológico do Brasil, cumprindo sua missão de gerar e difundir o conhecimento geológico e hidrológico básico propõe o projeto *Pesquisa Hidrogeológica em Bacias Sedimentares no Nordeste Brasileiro* e resgata a importância do conhecimento hidrogeológico como propulsor do desenvolvimento socioeconômico regional.

## 2. OBJETIVO

Esta pesquisa tem o objetivo de gerar e disponibilizar informações e conhecimentos sobre a ocorrência, potencialidades e circulação das águas subterrâneas em bacias sedimentares da região nordeste do Brasil, com a finalidade de elevar a disponibilidade hídrica para abastecimento humano e atividades produtivas, de forma a fomentar o desenvolvimento socioeconômico sustentável da região e melhorar as condições de vida da população local.

### 3. ASPECTOS DA HIDROGEOLOGIA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Na região Nordeste do Brasil, em função de características geológicas e similaridades na ocorrência de água subterrânea, podem ser individualizadas quatro províncias hidrogeológicas (Figura 1): Escudo Oriental Nordeste, São Francisco, Parnaíba e Costeira. Ressalva-se que esta classificação foi adotada quando da elaboração do Mapa Hidrogeológico do Brasil na escala 1:5.000.000 (CPRM/DNPM, 1981) e hoje, em função do avanço do conhecimento geológico, tende a sofrer pequenas alterações. A CPRM vem estudando uma nova sugestão de domínios hidrogeológicos a ser apresentada quando do lançamento do Mapa Hidrogeológico do Brasil ao milionésimo, atualmente em elaboração.

- **Província do Escudo Oriental Nordeste** – é constituída predominantemente de rochas cristalinas e apresenta, em geral, um potencial hidrogeológico muito fraco. Essa deficiência está relacionada diretamente com as condições de ocorrência e circulação das águas subterrâneas, que é agravada em função das características do clima semiárido que provoca taxas elevadas de salinidade nas águas. Dentro desse universo de rochas cristalinas ocorrem pequenas ilhas de rochas sedimentares, denominadas de bacias interiores. Tendo em vista as condições favoráveis de ocorrência de água subterrânea, essas bacias tornam-se importantes referências no aspecto dos recursos hídricos.
- **Província do São Francisco** - predominam aquíferos restritos às zonas fraturadas em quartzitos, metagrauvascas, metaconglomerados, calcários e dolomitos, com potencialidade de baixa a média. Os aquíferos tornam-se mais amplos quando ocorrem associados com rochas porosas do manto de intemperismo ou, em caso dos calcários e dolomitos, onde a dissolução cárstica atuou amplamente. Outro sistema enquadrado neste domínio são as coberturas de extensão regional formadas por sedimentos mesozóicos, entre as quais se destaca a Bacia do Urucuia. Atualmente essa bacia vem revelando um excelente potencial de água subterrânea, com características muito distintas do restante das coberturas (Areado e Mata da Corda) e devendo, posteriormente, ser enquadrada num domínio diferenciado.
- **Província do Parnaíba** – é representada pela bacia sedimentar do Parnaíba e constitui o maior potencial de água subterrânea do Nordeste. As formações geológicas apresentam-se conforme uma série alternada de camadas permeáveis e menos permeáveis, dando origem a sistemas aquíferos regionais, em condições hidráulicas livres e confinadas (às vezes surgentes). Os principais sistemas aquíferos, ordenados conforme sua importância de produção, são: Cabeças, Serra Grande e Poti-Piauí. Outros aquíferos menos produtivos correspondem às Formações Motuca, Corda e Itapecuru.
- **Província Costeira** - corresponde a extensa faixa litorânea do país, estendendo-se desde o Amapá até Rio Grande do Sul, sendo formada de nove subprovíncias, das quais sete ocorrem na região Nordeste: Barreirinhas, Ceará e Piauí; Potiguar; Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do

Norte; Alagoas e Sergipe; Tucano, Recôncavo e Jatobá, e Litoral da Bahia. Em alguns trechos a província apresenta-se com penetrações para o interior, como se observa nas áreas das subprovíncias Potiguar e Recôncavo-Tucano-Jatobá. Os aquíferos mais promissores e bem distribuídos correspondem aos clásticos inconsolidados e fracamente consolidados de idade cenozóica, que apresentam bons índices de produtividade média, sendo aproveitados em diversas áreas, principalmente para o abastecimento populacional.



Figura 1 – Províncias Hidrogeológicas do Nordeste

#### 4. BACIAS SEDIMENTARES NO NORDESTE DO BRASIL

Das 26 bacias sedimentares localizadas na região nordeste do Brasil, conforme mostra a figura 2, observa-se que dezoito (em negrito) estão inseridas no Polígono das Secas, área prioritária para a execução dos projetos hidrogeológicos pela CPRM. Embora fora do Polígono das Secas, a Bacia Sedimentar do Urucuia foi contemplada em função de sua importância para a região.

Mesmo essas bacias estando numa região hidricamente crítica, existem alguns fatores que contribuem para que os estudos não sejam realizados em todas elas. Para isso, tem-se a necessidade de selecionar as áreas mais prioritárias para implementação das ações previstas no Projeto.

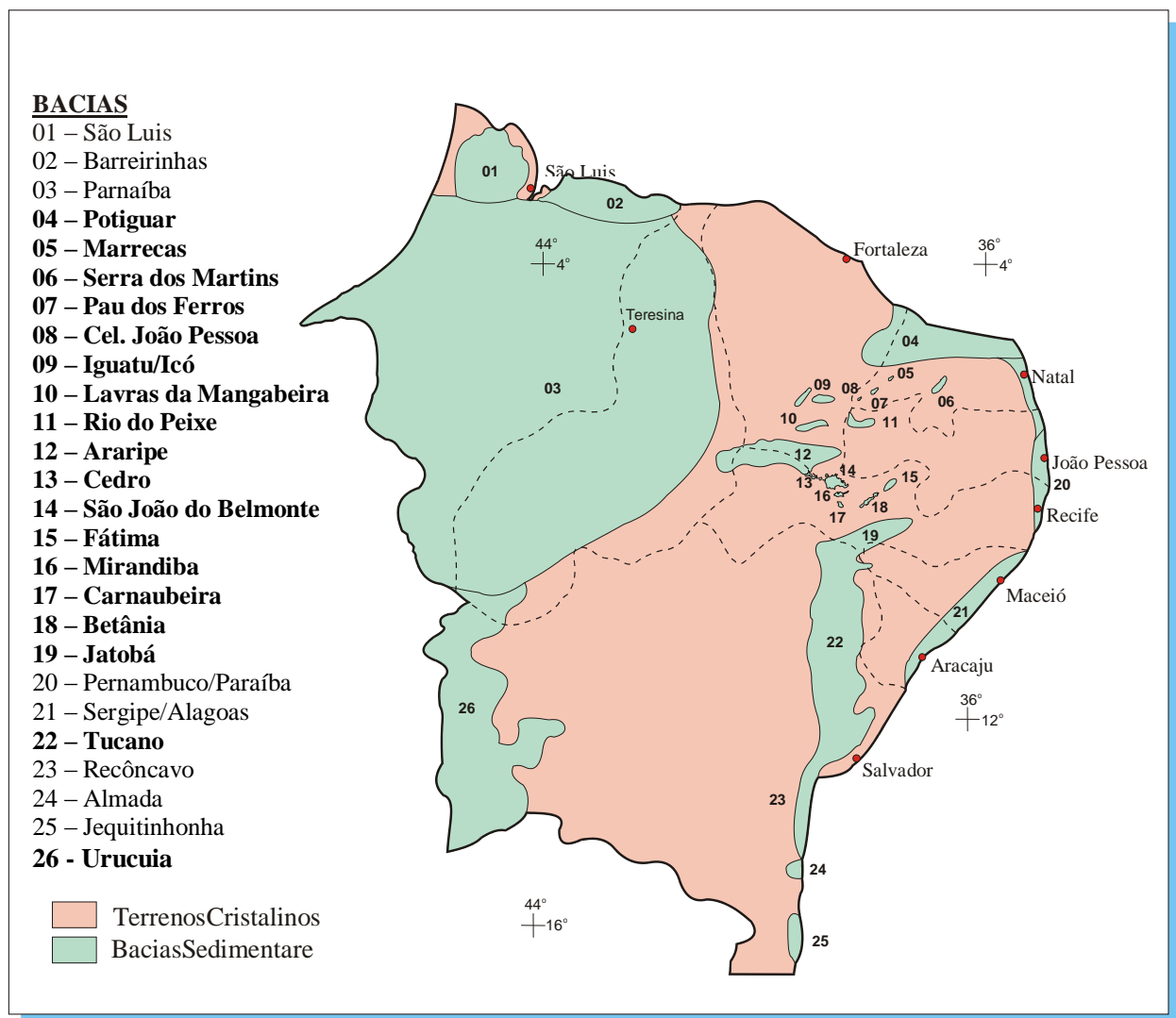


Figura 2 – Bacias Sedimentares do Nordeste Brasileiro

O critério de seleção das áreas levou em consideração o levantamento sobre a situação de cada bacia e adotou 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; e) Não existência de estudos em desenvolvimento ou a iniciar.

A primeira fase do projeto ocorreu no final do ano de 2004, quando o Fundo Setorial de Recursos Hídricos - CTHidro alocou recursos para a execução de estudos hidrogeológicos em pequenas bacias sedimentares da região semiárida do nordeste brasileiro. No intuito de fortalecer o segmento da água subterrânea no Nordeste, os estudos foram executados no âmbito de uma rede cooperativa de pesquisa formada pelos principais atores dessa especialidade que atuam nessa região. 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 do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e das Universidades Federais da Bahia, Ceará, Campina Grande, Pernambuco, e Rio Grande do Norte.

A criação dessa rede teve como alicerce um projeto básico de pesquisa, intitulado, “*Comportamento de Bacias Sedimentares da Região Semiárida 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 parte de *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. Essa fase foi concluída no final do ano de 2007 e publicada em 2008.

Dando continuidade aos estudos hidrogeológicos nas bacias sedimentares, a CPRM alocou recursos oriundos do Tesouro Federal (PAC) para execução de nova fase desse projeto. Sendo que agora as bacias contempladas foram: a *porção oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba*, na divisa dos estados do Ceará e Piauí; as bacias de *Mirandiba* e *Betânia*, no estado de Pernambuco e; outro setor da Bacia de *Urucuia*, na Bahia.

## **5. DESCRIÇÃO METODOLÓGICA DAS ATIVIDADES PREVISTAS**

As atividades iniciam pelo levantamento do conhecimento existente, passam pela caracterização geológica e geométrica do reservatório e culminam na caracterização hidrogeológica propriamente dita. Os estudos poderão contemplar toda a sequência exposta abaixo ou apenas itens específicos a depender do nível de conhecimento existente, o qual só será efetivamente conhecido após a conclusão do Diagnóstico do Estado da Arte.

### **5.1. Levantamento do Estado da Arte**

A fase inicial do trabalho será, necessariamente, a execução de um exaustivo levantamento bibliográfico e de dados existentes. Deverão ser resgatados todos os trabalhos realizados anteriormente nas bacias selecionadas. Serão priorizados estudos hidrogeológicos sem, no entanto, descartar as áreas correlatas (Geologia, Geofísica etc). Esses trabalhos serão organizados, analisados e as informações pertinentes serão devidamente registradas, de modo a se gerar, tanto a história bibliográfica como a síntese do conhecimento existente em cada bacia, o que permitirá o planejamento detalhado e facilitará a execução das etapas seguintes previstas no projeto. Também serão coletados e sistematizados todos os dados existentes e necessários ao desenvolvimento das ações subsequentes, como por exemplo: cadastros de pontos d’água, dados hidroclimatológicos, cartografia geológica, pedológica e planialtimétrica, dados geofísicos terrestres e aéreos entre outros.

Com base nas informações levantadas e sintetizadas, será elaborado um relatório onde constará uma síntese do conhecimento existente em cada bacia, o qual servirá de base para a orientação e planejamento de todas as atividades futuras a serem desenvolvidas.

## **5.2. Caracterização Geológica e Geométrica**

### **5.2.1. Revisão Geológica**

Deverão ser analisadas cuidadosamente e interpretadas as imagens de satélite e fotos aéreas das áreas referentes às bacias selecionadas, para determinação de toda a rede de drenagem superficial, espelhos d'água, contatos geológicos, geomorfologia, estruturas, ocupação do solo etc. Esta etapa deverá ser amparada pelo conhecimento já existente de cada bacia e, ao final, será confeccionado um mapa-base de todas as informações disponibilizadas, que funcionará como suporte para os trabalhos de campo. Serão realizadas, também, etapas de campo para confirmar as interpretações feitas a partir das imagens e fotos aéreas e dirimir dúvidas quanto a litologia e estratigrafia.

### **5.2.2. Levantamentos 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.

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. Os dois métodos clássicos utilizados em estudos de água subterrânea são: gravimetria e eletrorresistividade.

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 ambiguidades. 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. 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 método de eletrorresistividade 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 de espessura, descontinuidades laterais, profundidade e feições do embasamento cristalino, variações de transmissividade e da qualidade da água, entre outras.

Nesse trabalho, por conta da relação custo-benefício, serão realizados levantamentos geofísicos apenas em áreas onde as informações básicas sejam incipientes ou quando seja necessário um esclarecimento de cunho geológico julgado imprescindível para o desenvolvimento das atividades planejadas. Deverão ser utilizados métodos gravimétricos e/ou eletrorresistividade, tendo-se como premissa básica à necessidade do conhecimento da morfologia do embasamento cristalino, da existência de descontinuidades laterais e das variações de espessura das camadas do subsolo. As informações auxiliares obtidas com a geofísica permitirão melhorar interpretações e esclarecer dúvidas permitindo a obtenção de modelos conceituais tridimensionais mais próximos à realidade, o que levaria a avaliações quantitativas mais consistentes.

### **5.3. Caracterização Hidrogeológica**

#### **5.3.1. Seleção da Rede de Poços Representativos**

Para o desenvolvimento dos estudos hidrogeológicos propostos será selecionada uma rede de pontos d'água representativa para cada área, considerando o foco do estudo. A maior parte destes pontos é representada por poços tubulares e na seleção deve ser considerada a existência de dados construtivos e litológicos dos poços e a captação apenas do nível aquífero considerado como foco do estudo. Poços captando diversos níveis ou formações aquíferas não são representativos.

Essa seleção terá por base os poços existentes no sistema SIAGAS, gerenciado pelo Serviço Geológico do Brasil. O cadastro resultante será analisado para definir uma rede de poços a serem visitadas em campo. A partir dessa rede serão selecionados poços para a implantação de monitoramento potenciométrico e qualitativo. Serão medidos sistematicamente com periodicidade quadrimestral os níveis d'água dos poços e recolhidas amostras para a realização de análises físico-químicas e de resíduos de agrotóxicos.

#### **5.3.2. Nivelamento dos Pontos d'água Selecionados**

Tendo por objetivo a elaboração da potencimetria do aquífero em foco, os poços integrantes da rede de pontos d'água serão nivelados altimetricamente. Devido à exatidão necessária para se estabelecer a superfície potenciométrica dos aquíferos, nesse nivelamento será 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 será medido o nível d'água.

Serão elaborados mapas potenciométricos referentes aos aquíferos estudados, através dos quais será possível visualizar as direções preferenciais do fluxo subterrâneo, divisores de fluxo, zonas submetidas a superexploração, exutórios etc. Será feito um acompanhamento quadrimestral da potenciométrica, que permitirá verificar possíveis respostas a recarga no período chuvoso e ao aumento da exploração que ocorre geralmente no período de estiagem.

### **5.3.3. 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. Inicialmente será calculado um balanço preliminar, com os dados disponíveis, feitos ajustes ao balanço, à medida que forem sendo coletados dados adicionais e aumentado o conhecimento sobre a bacia, até se chegar ao fechamento do balanço ao final do projeto.

### **5.3.4. Construção de Piezômetros**

Serão perfurados piezômetros, próximos a poços produtores pré-selecionados para a realização de testes de aquíferos, os quais servirão como base para a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos. Estes poços terão unicamente o objetivo de servirem como poços de observação. A construção desses piezômetros está vinculada ao Projeto da Rede Básica Nacional de Monitoramento das Águas Subterrâneas, a ser implantada pelo Serviço Geológico do Brasil. A priori, considera-se, em função da escala de trabalho, que os aquíferos estudados tenham um comportamento homogêneo e isotrópico, sendo previsto a construção de apenas um piezômetro para cada poço produtor.

### **5.3.5. Execução de Testes de Aquífero**

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. Considerando que é objetivo desse estudo a quantificação das reservas e, eventualmente, a elaboração de modelo computacional de fluxo do aquífero estudado em cada bacia, está programada a execução de testes de aquífero para subsidiar a avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos, sem os quais não se executaria as atividades mencionadas. Os testes deverão ter duração de 48 horas de bombeamento, onde será feito o acompanhamento no tempo da evolução do nível dinâmico, e 24 horas de registro da recuperação (retorno do nível à condição de equilíbrio original).

### **5.3.6. Modelos Matemáticos de Fluxo**

A junção da caracterização geométrica, litológica e hidrogeológica da bacia estudada permitirão a elaboração de modelos conceituais tridimensionais de fluxo para o aquífero em foco. Com o auxílio de *softwares* específicos e com base nos modelos conceituais será desenvolvido modelo computacional, o qual será calibrado e validado, utilizando-se a potenciometria determinada inicialmente.

### **5.3.7. Avaliação de Reservas e Recursos**

A partir de todos os dados levantados e utilizando como apoio os modelos desenvolvidos, serão avaliadas as reservas e recursos dos aquíferos. O Serviço Geológico do Brasil deverá adotar os conceitos propostos no livro “*Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*” (Feitosa, F.A.C et al., Coord, 3<sup>a</sup> Ed.), que teve, na concepção do texto referente a este tema, a participação de profissionais considerados referência na hidrogeologia brasileira.

## **5.4. Caracterização Hidrogeoquímica**

Serão realizados estudos hidrogeoquímicos 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. Alguns parâmetros deverão ser analisados *in loco* como o *pH*, a condutividade elétrica e a temperatura, através de equipamentos portáteis.

### **5.4.1. Coleta e análises físico-químicas e resíduos de agrotóxicos**

Serão feitas coletas quadrimestrais de água para análise, em pontos representativos da rede selecionada. As amostras serão coletadas, armazenadas e transportadas segundo os procedimentos padrões aplicados para cada tipo de análise. Nas fontes naturais e poços tubulares em operação serão feitas coletas na saída do poço ou na zona de surgência.

As amostras coletadas serão enviadas aos laboratórios pré-selecionados para a realização das análises. A quantidade e os elementos detectados nas análises serão definidos previamente, para cada área e amostra, em função do tipo de resposta e do foco desejado. Os laboratórios utilizados têm que ter credenciais de qualidade.

Os resultados das análises, após aprovação de qualidade por parte da equipe técnica envolvida, serão interpretados e emitidos relatórios comparativos entre cada campanha.

## **5.5. Avaliação da Vulnerabilidade e Risco de Contaminação**

### **5.5.1. Inventário das Fontes Potenciais de Contaminação**

Esta atividade será realizada paralelamente ao desenvolvimento das outras etapas do projeto. Durante as viagens de campo serão levantadas, cadastradas e fotografadas todas as potenciais fontes de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos em cada bacia, tais como zonas agricultáveis, pontos de lançamento de efluentes industriais e esgotos, lixões, aterros sanitários etc.

### **5.5.2. Avaliação da Vulnerabilidade Natural**

Na avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos será utilizado o método empírico proposto por FOSTER & HIRATA (1993) que engloba sucessivamente três fatores a serem determinados em fases distintas que são: a) identificação do tipo de ocorrência da água subterrânea; b) especificação dos tipos litológicos acima da zona saturada do aquífero; c) estimativa da profundidade do nível da água. O produto destes três parâmetros é o índice de vulnerabilidade, expresso numa escala de 0 a 1, em termos relativos. Os resultados são expressos em termos qualitativos, em índices de vulnerabilidade extremo, alto, médio, baixo e nulo. O cruzamento das três informações será colocado em um mapa, definindo as zonas de índices Baixo, Médio e Alto, relativos de vulnerabilidade natural dos aquíferos.

### **5.5.3. Mapeamento dos Riscos de Contaminação**

Objetivando a representação cartográfica de áreas potencialmente críticas, susceptíveis à poluição de aquíferos, serão cruzados os resultados dos estudos de avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos com as cargas potenciais poluidoras.

### **5.6. Suporte a Gestão dos Recursos Hídricos**

A gestão das águas, no sentido amplo, é definida como o conjunto de procedimentos organizados com vistas a solucionar os problemas referentes ao uso e ao controle dos recursos hídricos. O objetivo da gestão é atender, dentro de princípios de justiça social e com base nas limitações econômicas e ambientais, às necessidades de água da sociedade a partir de uma disponibilidade e regulamentação.

Nesse trabalho pretende-se elaborar um plano de suporte a gestão dos recursos hídricos em estreita harmonia com as demandas dos órgãos gestores estaduais e usuários de água subterrânea das áreas estudadas. A intenção é que este plano possa ser um elo entre o estudo realizado (que tem um caráter técnico-científico) com a sociedade usuária das águas subterrâneas, tornando palpável e aplicável de forma direta e imediata os resultados alcançados.

### **5.7. Estruturação do Banco de Dados em SIG**

Este estudo também contempla a estruturação de um Sistema de Informações Geográficas – SIG para cada área estudada. A base de dados será o repositório de todos os dados e informações geográficas e atributos alfanuméricos disponíveis. Essa é 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. Uma vez que os dados estejam organizados no ambiente SIG as operações envolvendo modelos probabilísticos processam-se rapidamente, o que permite várias simulações e aperfeiçoamentos contínuos.

## 6. RESULTADOS E PRODUTOS

Os resultados alcançados na primeira fase do projeto foram reunidos num conjunto de seis CD-ROMs multimídia, que apresentam o levantamento, a geração e a disponibilidade de informações e conhecimentos sobre ocorrências, potencialidades, circulação e utilização das águas subterrâneas nas bacias sedimentares de Lavras da Mangabeira e Araripe (CE), Rio do Peixe (PB), Jatobá (PE), Urucuia (BA) e a borda leste da Bacia Potiguar (RN). Esse material também pode ser consultado através da *homepage* da CPRM ([www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)).

A segunda fase do projeto, que corresponde aos estudos hidrogeológicos nas bacias sedimentares de Betânia e Mirandiba (PE), Urucuia (BA) e Parnaíba (CE-PI), deverá ser concluída no final de 2011 e os resultados disponibilizados, também, num conjunto de CD-ROMs multimídia e através do *site* da empresa.

Espera-se que os resultados produzidos com o projeto aumentem significativamente o conhecimento hidrogeológico dos aquíferos e bacias estudadas, subsidiando a implantação, pelos órgãos gestores estaduais, de efetivos mecanismos de gestão que permitam disciplinar a exploração da água subterrânea, otimizando e elevando a disponibilidade hídrica para as populações locais.

## 7. REFERENCIAS

**BRASIL**. Departamento Nacional da Produção Mineral. Mapa hidrogeológico do Brasil. [s. l.]: DNPM, 1983. 1 Mapa, color. Escala 1:5.000.000.

**FEITOSA**, Fernando A.C. et al. (Orgs.). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 812p. il.

**FOSTER**, Stephen; **HIRATA**, Ricardo. Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes. Boletim Instituto Geológico de São Paulo, São Paulo: Instituto Geológico, **1993**. n.10. p. 1-92.