

HISTÓRICO DA ATUAÇÃO DOS ORGÃOS PÚBLICOS DE PESQUISA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

João Alberto Oliveira Diniz ⁽¹⁾ Fernando A. C. Feitosa ⁽²⁾

Resumo - Este trabalho trata da evolução da pesquisa de águas subterrâneas no Nordeste do Brasil, desde os tempos coloniais até hoje. Mostra que a partir da constatação da incidência histórica e cíclica das secas, a ciência hidrogeológica desenvolveu-se inicialmente nesta região. Ressalta a atuação dos primeiros órgãos federais, no império, e na república, bem como a atuação dos primeiros geo-cientistas que aqui trabalharam. Divide as diversas fases evolutivas destes trabalhos em períodos e épocas, ressaltando as mais marcantes realizações dos diversos órgãos encarregados de sua condução. As instituições estudadas são a Comissão da Seca, as primeiras missões estrangeiras, presentes logo após a abertura dos portos do Brasil, o Serviço Geológico e Mineralógico, a Inspeção de Obras Contra as Secas - IOCS, sucedida pelo DNOCS, e o DNPM. Analisa ainda a atuação da SUDENE, prosseguindo com o período de preponderância das Universidades no campo da pesquisa hidrogeológica, culminando com a transformação da CPRM no Serviço Geológico do Brasil.

Abstract - This work deals with the evolution of groundwater research in Northeast Brazil, from colonial times until the present day. It points out that the practice of professional hydrogeology in Brazil started out in this region, roused by recurrent droughts which always brought about severe water shortages. The work emphasizes the role of the first federal agencies, both during the Empire, and during Republican times, pointing out the action of the first geo-scientists who dealt with the problem in the region. It organizes the various evolutionary phases of groundwater research in Northeast Brazil into periods and epochs, highlighting the most significant achievements of the agencies which were in charge at the time. These agencies or institutions, under analysis, are (1) Drought Commission; (2) Geological and Mineralogical Service; (3) Inspectorship of Drought Engineering Works, (4) National Department of Drought Engineering Works and (5) National Department of Mineral Production. This work also analyses the prime role of SUDENE and the role of the universities which, in later times, took the leadership in groundwater research. It is also shown that, in present days, the groundwater expertise developed in the universities migrated to the federal CPRM which eventually turned into the “Brazilian Geological Survey”.

Palavras-chave: hidrogeologia, evolução histórica.

(1) Geólogo, Mestre em Hidrogeologia – CPRM / SGB - Serviço Geológico do Brasil / SUREG RECIFE – Av. Sul, 2291, Afogados, Recife – PE, Fone (81) 33161472, e-mail: jdiniz@re.cprm.gov.br

(2) Geólogo, Mestre em Hidrogeologia – CPRM / SGB - Serviço Geológico do Brasil / Departamento de Hidrologia – Rua Goiás 312 Sul, Teresina-PI, Fone (086) 32264872, e-mail: ffeitosa@fo.cprm.gov.br

1. INTRODUÇÃO - SECAS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO NORDESTE

Desde os primórdios do descobrimento da nossa nação, já se registravam secas na região Nordeste do Brasil, com freqüentes narrativas de migrações de tribos indígenas inteiras, em busca de sobrevivência em locais afastados de seu habitat natural.

Em 1877, ocorreu a mais devastadora de todas as secas: metade da população de Fortaleza pereceu, a economia ficou arrasada, as doenças e a fome dizimaram o rebanho, principal meio de subsistência e sustentabilidade econômica existente naquela época. Relatos históricos afirmam que ao tomar conhecimento da tragédia, o Imperador D. Pedro II chorou e prometeu vender até a última jóia da coroa para garantir que nenhum nordestino voltasse a morrer de fome. Com esse objetivo, criou a **COMISSÃO DA SECA**, ocasião que foram apresentadas propostas para a construção de açudes e reservatórios públicos, das quais apenas uma, um açude na cidade de Quixadá, no Ceará, de fato foi construído, concretizando-se efetivamente.

Além de historicamente se repetirem, as secas apresentam forte ciclicidade, conforme pode ser visto na figura 1, com ocorrências distribuídas prioritariamente em intervalos de 26 anos. Assim, devido a sua carência natural em recursos hídricos, foi no Nordeste que se iniciaram os estudos hidrogeológicos mais efetivos, visando fornecer o necessário abastecimento hídrico para atendimento de suas populações, rebanhos e pequenas irrigações. Estes trabalhos, conforme tentaremos demonstrar a seguir, ocorreram principalmente a partir de iniciativas governamentais, originando-se a desde a chegada da família real ao Brasil.

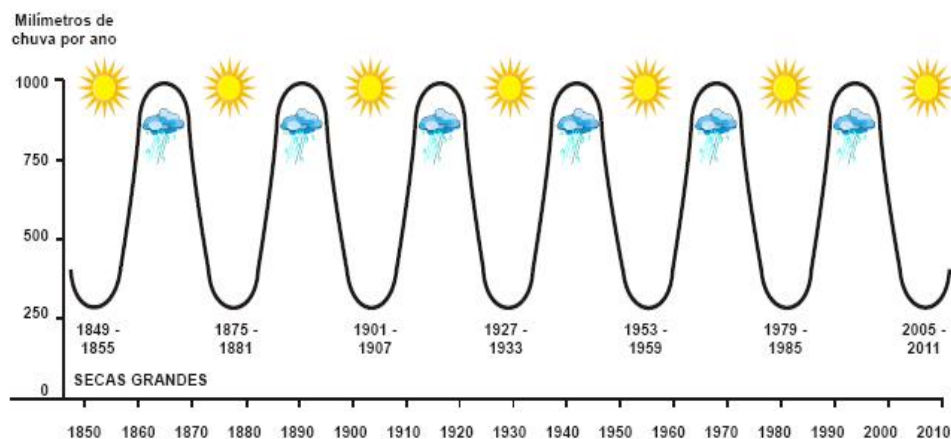


Figura 1 - Distribuição dos períodos de seca no Nordeste (Fonte: IRPAA, 2001)

2. A EVOLUÇÃO DA PESQUISA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Somente a partir da grande seca de 1877-79 o problema da seca começa a se configurar como uma questão nacional, em função da dimensão crescente de seus principais impactos: o desemprego associado à perda da atividade agrícola; o estado de indigência a que ficava reduzida expressiva parcela da população rural das áreas atingidas; o fluxo de flagelados aos núcleos urbanos da região

em busca de socorro e o conseqüente clima de insegurança; e o recrudescimento da emigração em demanda de outras regiões. Governos passaram então, em todos os níveis, a planejar e executar ações de combate as estiagens, as quais sempre foram direcionadas em duas direções principais: as políticas de longo prazo e as ações imediatistas, de curto prazo, realizadas durante os próprios períodos de seca, chamadas de emergência.

As medidas de longo prazo refletem a experiência adquirida ao longo dos anos, originando-se do conhecimento empírico obtido pelo enfrentamento repetitivo das mesmas dificuldades, gerando um vasto cabedal de experiências, as quais permitem aos formuladores das Políticas Públicas combaterem as situações críticas, ou ainda evitá-las e reduzir-lhes os efeitos. As intervenções e estudos realizados dentro deste viés de longo prazo sugerem quatro visões principais de abordagem do problema, função cada uma delas do enfoque que é dado ao tema.

A primeira abordagem corresponde a uma ótica naturalista, delineada a partir da experiência do impacto dos fenômenos naturais e do conseqüente desejo de conhecer as condições mesológicas e, sobretudo, as climatológicas - tidas como determinantes da vulnerabilidade da região. Tem início na grande seca de 1877-79, no final do Império, dando origem a todo um movimento de estudos e discussões, de expedições científicas, de levantamentos básicos, de estações e postos de observação e a uma vasta documentação cartográfica.

À margem das indagações científicas, por parte dos naturalistas, outra ótica, a de engenharia, responde pela forma mais intuitiva e imediata como a seca é percebida - a falta de água - e o remédio é elementar: acumular água nos anos normais para fazer face ao colapso nos anos de seca. Desde a construção do primeiro e famoso Açude Quixadá, subseqüente à grande seca de 1877-79, o número de açudes construídos pelo DNOCS supera a casa de 1.000, apresentando uma capacidade total de armazenamento superior a 15 bilhões de m³ de água.

A partir da seca de 1958 se esboça outra vertente na compreensão do fenômeno, privilegiando a perspectiva ecológica do ajustamento das atividades praticadas, mais ou menos resistentes.

Finalmente, após a seca de 1970 delinea-se uma nova vertente, uma visão social, com o deslocamento do foco da manifestação esporádica da seca para a dimensão crônica da pobreza, que a seca só faz ressaltar.

As ações de curto prazo correspondem às medidas de emergência efetuadas durante a própria seca, sendo estas de responsabilidade de um conjunto de instituições coordenadas pela SUDENE sob as diretrizes do Ministério do Interior (SUDENE, 1984).

A pesquisa e uso das águas subterrâneas situam-se tanto na visão naturalista quanto naquela de engenharia, ocorrendo no Brasil desde tempos históricos. De uma maneira geral, o seu desenvolvimento pode ser analisado dentro de intervalos de tempo bastante definidos na história

nacional, originando-se desde o período colonial, prosseguindo depois durante o império e a república, esta última apresentando várias épocas, conforme veremos no decorrer deste trabalho.

2.1. O Período Colonial

Durante o Período Colonial, a água subterrânea era captada de nascentes ou fontes e extraída por meio de poços escavados nos núcleos de povoamento, visando garantir, ainda que precariamente, o abastecimento humano e animal. Registros históricos mostram que a construção de mosteiros, fortes e outros prédios importantes eram precedidos por prospecções efetuadas por monges e outros indivíduos conhecidos como apontadores de água.

2.2. O Período Imperial

Após a chegada da família real ao Brasil em 1808, e durante todo o Período Imperial, para a perfuração de qualquer poço era necessária uma autorização do Rei, exigindo-se o envio ao Museu Imperial das amostras geológicas, dados de produção e informações sobre o uso da água, exceto no caso de abastecimento da população afetada pelas secas do Nordeste.

Em seguida à abertura dos portos às nações amigas (1808), o país passou a ser visitado por viajantes e cientistas estrangeiros que, com o apoio do grande naturalista brasileiro José Bonifácio de Andrade e Silva, percorreram as mais diversas regiões do Brasil. Dentre esses se destacam, na primeira metade do século XIX, nomes como os de Spix e Martius, George Gardner, Agassis, Liais e Hartt, que realizaram estudos e pesquisas na região Nordeste.

Spix e Martius, em sua célebre narrativa “Viagem pelo Brasil”, relatam cenas impressionantes como: *“numa fenda da rocha de granito, fora aprofundado um fosso acessível e ali estava uma pessoa com uma cuia apanhando a água que gotejava. Mais de trinta indivíduos, mulheres e raparigas, estavam reunidos em torno dessa fonte do deserto para beber. Segundo a ordem do juiz local ali presente, os homens traziam espingardas para, em caso de necessidade, fazerem valer os direitos dos seus. Com água que bastasse aos animais exaustos, não se podia contar; e mesmo para os homens, quando pedi uns goles obtive a resposta arrogante: A água aqui é só para nós e não para ingleses vagabundos”*. E mais adiante: *“Nas cisternas, não havia uma gota de água. Nós lambemos o orvalho das lajes de granito”*. (in Mota, 1958).

Apesar dos percalços, nessa época foram identificados o Grupo Barreiras (ainda sem esta designação e então considerado como Terciário), os fósseis cretáceos de Sergipe, os fósseis da Chapada do Araripe, o calcário do médio São Francisco e os recifes de arenito e de coral do litoral (SCHOBENHAUS, 1984).

Durante a seca de 1846, a *Ceará Water Supply Company* foi autorizada a perfurar poços artesianos, uma vez que lagoas e poços escavados que abasteciam Fortaleza estavam secando. Para tanto, foi contratada a empresa *Armstrong & Sons Drillers*, do Texas, que perfurou três poços em

Fortaleza com profundidades de até 150 metros. Como os poços não jorraram o que era uma exigência contratual, o contato foi rescindido, sendo as máquinas apreendidas.

Os estudos geológicos sistemáticos, ainda que embrionários, somente tiveram início de fato a partir de 1870, com a vinda ao Brasil da Missão Morgan, que contava com a colaboração de dois eminentes geólogos: Charles F. Hartt e Oville Derby. A Comissão Geológica do Império, que durou apenas dois anos, entre 1875-1877, realizou o estudo da região costeira do Nordeste, no trecho que vai da Bahia a Pernambuco. Com a sua extinção, seguida rapidamente pela queda do Império (1889), ocorreu uma forte paralisação nas atividades de pesquisa geológica, que somente viria a ser retomada vários anos depois.

2.3. O Período Republicano

Com a república, a **Norma Imperial** de controle das perfurações foi abolida, sendo os novos poços feitos sem qualquer fiscalização. Somente a partir de 1934, com a promulgação do Código de Águas do Brasil, houve nova tentativa de disciplinar esta atividade, com a inserção de exigências como a não interferência entre poços, o direito de precedência, de uso e proteção.

De toda sorte, a preocupação com o semi-árido foi constante, como se vê da leitura da mensagem de maio de 1901 ao Congresso Nacional, onde o então Presidente Campos Sales referia-se a: “*estados do Norte, sobretudo o Ceará, flagelados pela calamidade da seca, e a obras de socorro, inclusive de irrigação do açude de Quixadá*”. Ou à Proposta Orçamentária do Ministério de Viação e Obras Públicas, de 1913, que fixava créditos para: “*novo impulso às obras contra as secas, acarretando o desenvolvimento dos estudos de açudagem pública e particular, de perfuração de poços, pesquisas de águas subterrâneas, pesquisas zoológicas, levantamento topográfico, observações pluviométricas, medição de descargas de rios*” (Documentos Parlamentares, Elaboração dos Orçamentos, Viação, 4^o volume, in Mota, 1958).

Nas três primeiras décadas do século XX, foram marcantes os trabalhos de Teodoro Sampaio sobre a depressão do São Francisco e a Chapada Diamantina (1922), de Delgado de Carvalho sobre a fisiografia do Brasil (1923), procurando realizar uma visão de síntese e, sobretudo o de Branner, que em 1906 publicou uma Geologia Elementar e em 1919 o primeiro mapa geológico do Brasil (Ab' Sáber, 1964, p. 137-140 in PLIRHINE, 1980).

A Criação do Serviço Geológico e Mineralógico em 1907 e da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), em 1909, marcam o reinício das atividades de pesquisas geográficas e geológicas do Brasil. Grandes áreas nordestinas passaram a ser estudadas, como a Serra do Espinhaço, por Derby, o médio São Francisco, o vale do Parnaíba (Arrojado Lisboa), em 1914, além dos estudos realizados na região por Branner e Crandall. Nesta época inicia-se o que poderíamos classificar como a **Época do DNOCS**.

Assim, os estudos e trabalhos técnicos sobre águas subterrâneas começaram a se desenvolver a partir de 1909, com a criação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, a mais antiga instituição federal com atuação no Nordeste. Criado sob o nome de Inspetoria de Obras Contra as Secas - IOCS através do Decreto 7.619, de 21 de outubro de 1909, editado pelo então Presidente Nilo Peçanha, foi o primeiro órgão a estudar a problemática do semi-árido. Em 1919, passou a denominar-se Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas – IFOCS, vindo a assumir sua denominação atual em 1945, e transformado em autarquia federal, através da Lei nº 4.229, de 01/06/1963.

De 1909 até por volta de 1959 foi, praticamente, a única agência governamental federal executora de obras de engenharia na região. Construiu açudes, poços, estradas, pontes, portos, ferrovias, hospitais e campos de pouso; implantou redes de energia elétrica e telegráficas, usinas hidrelétricas e foi, até a criação da SUDENE, o responsável único pelo socorro às populações flageladas pelas secas, chegando a se constituir, como diziam orgulhosos seus engenheiros, “*na maior empreiteira da América Latina*”.

Marcou fortemente sua presença em todo o Nordeste, com a construção de grandes obras, como os grandes açudes, de Orós, Banabuiú, e Araras, o sistema Coremas-Mãe D’água, e o Cocorobó. Participou, além disso, da construção da rodovia Rio - Bahia e do início da construção da barragem de Boa Esperança.

A sua fundação permitiu que fossem realizados estudos diversos e interdisciplinares em uma região bastante carente de informações, valendo-se para isto de grandes especialistas internacionais, como agrônomos, botânicos, geólogos, engenheiros e hidrólogos. Originam-se aí os primeiros trabalhos técnico-científicos sobre as estiagens, refletindo-se posteriormente no início construção das grandes obras de atenuação de seus efeitos, pela retenção dos escoamentos superficiais ou pelo acesso a mananciais subterrâneos. Segundo Albuquerque (1984), o “Boletim”, publicação nº 06 do DNOCS, de novembro de 1954, no item 01 – referente a serviços técnicos (p.178 – 188), trata do tema Águas Subterrâneas, com o registro as atividades desse órgão entre os anos de 1910 – 1950, destacando-se, de acordo com ele, os trabalhos de Geraldo A. Warming e R.H. Sopper, ambos publicados em 1913. O primeiro, de autoria de Geraldo A. Warming, intitulado “Suprimento d’água no Nordeste do Brasil”, avalia as possibilidades de águas subterrâneas nos Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí, com base em observações realizadas durante uma viagem de campo realizado entre novembro de 1910 e fevereiro de 1911, entre Campina Grande – PB e Teresina – PI. R.H.Sopper, disserta sobre a dificuldade de obtenção de água subterrânea no embasamento cristalino do Nordeste, ressaltando que a mesma “existe em pequenas quantidades nos seus planos inclinados e nas fendas e injunções dos xistos e gnaisses, sendo provavelmente de má qualidade, mas de ampla serventia para o gado” (Albuquerque, 1984, *op. cit.*).

Por esta época, em seu período áureo, o DNOCS dispunha de um gigantesco parque de máquinas e o número de operários e funcionários alcançava mais de 30 mil pessoas, elevando-se a mais de 100.000 empregados nos períodos das secas, por ocasião das contratações nas frentes de emergência. Era a época em que o Governo Federal construía por administração direta, durante os anos 40 até o final da década de 50, com grande ênfase no Governo de Juscelino Kubistchek.

A partir do início dos anos 40, o conhecimento geológico do Nordeste passa por novo incremento, com o início da atuação dos geólogos do Departamento Nacional da Produção Mineral – fundado em 08/03/1934 através do Decreto Nº 23979, de 08/03/1934, que realizaram o levantamento de várias folhas do Mapa Geológico do Brasil. Além disso, juntamente com os demais órgãos de perfuração de poços do Nordeste (DNOCS, Grupo Cariri, 1º Grupamento de Engenharia, entre outros), realizou várias perfurações com relativo sucesso, o que encetou o incremento de trabalhos de natureza exploratória. Foram adquiridas, nesta época perfuratrizes com acionamento à vapor, como mostrada na figura 2, preservada na residência de Teresina/PI da CPRM - Serviço Geológico do Brasil.



Figura 2 - Perfuratriz à vapor preservada na CPRM – Residencia de Teresina/PI

Entre 1960-61, uma missão da UNESCO, órgão das Nações Unidas para educação e ciência, realizou estudos preliminares na região dos Cariris Velhos – PB, por solicitação do Grupo Cariri, órgão do DNOCS que atuava especificamente nesta região, em serviços de engenharia rural, açudagem e perfuração de poços. A missão da UNESCO, composta pelos técnicos Guya, Piogée e Pierre Taltasse elaborou um “Relatório sobre pesquisa de água em curso no Cariri (Paraíba)”, que expunha sucintamente “*as condições hidrogeológicas da região, bem como as medidas a serem tomadas sem tardança no que diz respeito à valorização das águas subterrâneas*” (Albuquerque, *op. cit., ipsis litteris*). Com três capítulos, aborda inicialmente as condições hidrogeológicas do Cariri, passando em seguida para uma discursão sobre as condições de exploração por perfurações, concluindo com a apresentação de sugestões para o prosseguimento dos trabalhos.

Os autores deste relatório reconhecem as principais feições geológicas da área, discorrendo sobre os maciços de rochas cristalinas e cristolofilianas, segundo eles mais ou menos divididos por fissuras e fraturas, e que se originariam por movimentos orogenéticos ou por erosão. Ressaltam o caráter aberto e profundo das mesmas, podendo acumular alguma água resultante das infiltrações. Alertam, contudo, da importância das mesmas não se constituírem em reservatórios isolados, não constituindo aquíferos, mas apenas zonas aquíferas (Albuquerque, *op. cit.*). Afirmam também que essas fraturas devem conter águas com alguma salinidade, em decorrência da concentração de sais resultantes da evaporação das águas ali acumuladas durante os períodos de estiagens.

Criticam os testes de bombeamento de curta duração existentes, afirmando que seus resultados são enganosos. Sugerem a execução de testes com uma semana de duração, locação de poços a jusante das barragens existentes (o que asseguraria o aumento das reservas), controle de vazão e dos níveis de água nos poços perfurados e o estudo das condições de exploração com base nessas sugestões. Concluem, sugerindo que o pessoal técnico do Grupo Cariri seja treinado com a colaboração da UNESCO (Albuquerque, *op. cit.*).

Entre as décadas de 1950 -1960 foram criados os primeiros cursos de geologia do Nordeste, no Recife e em Salvador, assim como a SUDENE, dando o impulso que faltava às pesquisas geológicas e hidrogeológicas.

A implantação do Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (GTDN), no governo Juscelino Kubitschek, realizada através do decreto n° 40.554 de 14/12/1956 foi o marco inicial no surgimento da SUDENE. O relatório final do GTDN deu origem, por sua vez, à mensagem n° 79-A do Poder Executivo ao Congresso Nacional, de 20/02/1959, tratando da criação da instituição regional. A lei n° 3.692 criando a SUDENE foi finalmente sancionada pelo mesmo presidente, Juscelino Kubitschek, em 15/12/1959, depois de ser aprovada pelo Poder Legislativo (Almeida *et al.*, 1990).

A lei 3.962/59 determinou que a SUDENE tivesse as atribuições de planejamento, coordenação, cooperação e assistência técnica, e execução de projetos estratégicos. Desta forma, a instituição regional deveria ser capaz de estabelecer as diretrizes para o desenvolvimento do Nordeste, bem como supervisionar, controlar e coordenar a elaboração e implementação de projetos a cargo de outras instituições federais na região. Adicionalmente, o baixo estágio de desenvolvimento da região exigiria do órgão de planejamento **o estabelecimento de programas de cooperação nacional e internacional**. Finalmente, a instituição poderia, eventualmente, ficar diretamente responsável pela execução de alguns projetos relativos ao desenvolvimento regional. Na mesma lei, ficou estabelecido que a SUDENE fosse composta de um Conselho Deliberativo, sua instância política e decisória, e de uma Secretaria Executiva, a qual teria a responsabilidade de subsidiar o Conselho com trabalhos técnicos e de implementar suas decisões (SUDENE, *op.cit.*).

Por ocasião da criação da SUDENE, inexistia no Nordeste uma malha institucional capaz de permitir a realização dos levantamentos e estudos acima mencionados, como inexistiam também organizações em condições de operar programas de desenvolvimento. A SUDENE foi obrigada a adotar uma orientação, quase intervencionista, criando empresas para execução desses programas, empresas essas, que a própria SUDENE extinguiu posteriormente, na medida em que os Estados foram sendo preparados para a condução dos seus respectivos programas de desenvolvimento. Foram criadas empresas como: Companhia de Eletrificação Rural do Nordeste (CERNE), Companhia Nordestina de Sondagens e Perfurações (CONESP), Companhia de Água e Esgoto do Nordeste (CAENE), Companhia de Serviços Gerais (CONESG) e, ainda, um Núcleo de Assistência Empresarial (NAE).

Na **Época da SUDENE**, as ações iniciais foram orientadas no sentido de conhecer profundamente a região Nordeste, concentrando sua estratégia em programas diretamente relacionados com aerofotogrametria, geologia, hidrologia, pedologia e cartografia, uma vez que o conhecimento da mesma era pré-condição para se poder intervir conscientemente na realidade nordestina. Assim, já no ano de 1961 Heinz Ebert, então professor da escola de geologia do Recife executou para a SUDENE, o trabalho “O Embasamento Cristalino do Nordeste, como Eventual Base de Abastecimento com Águas Subterrâneas, Estudo Baseado no Levantamento Hidrogeológico de uma Parte do Cariri Paraibano” (Albuquerque, 1984, *op. cit.*). Nele, o referido autor discorre sobre a impermeabilidade das rochas cristalinas, afirmando que a formação de reservatórios subterrâneos neste tipo litológico ficava subordinada às suas condições estruturais, particularmente aquelas ligadas à tectônica de rupturas. Analisa ainda as possibilidades de acumulação de água em diversos tipos litológicos, menosprezando os maciços graníticos e as rochas arqueanas mais antigas. Sugere a existência de melhores condições de armazenamento nos gnaisses, mármore e quartzitos, por serem menos resistentes ao fraturamento. As rochas mais incompetentes ao fraturamento, como os xistos e filitos seriam, segundo ele, desfavoráveis também à formação de reservatórios subterrâneos. Faz uma comparação entre os resultados obtidos na perfuração de poços no cristalino entre o Nordeste do Brasil e a Alemanha, onde poços com vazões inferiores a 30 m³/dia seriam considerados secos, elegendo duas causas principais como causadoras desta discrepância: a primeira seria de ordem geológica, uma vez que na Alemanha seriam comuns grandes falhamentos de gravidade transversais à estrutura das rochas, ao contrário do Nordeste brasileiro, onde ocorrem apenas fraturamentos, raras vezes interconectados; a segunda considera a atuação do clima, onde a relação entre precipitação e evaporação seria positiva na Alemanha e negativa na região do Cariri. Conclui por afirmar que os reservatórios fendilhados analisados não fariam parte de um sistema contínuo de circulação de água, tornando inevitável o alto grau de mineralização observado. Chega mesmo a afirmar que este grau de salinidade poderia ser utilizado

como um indicador aproximado da idade da água. Generaliza para todo o Nordeste os resultados obtidos, afirmando que os poços perfurados no embasamento cristalino poderiam fornecer vazões diárias médias de 5 – 50 m³/dia, ressaltando, contudo, que somente em casos muito raros as águas deste embasamento poderiam se prestar ao consumo humano, sendo os rios, a água das aluviões e das bacias sedimentares, as únicas adequadas a padrões de potabilidade. Finalmente, afirma não ser possível basear um programa de abastecimento de água em perfurações no cristalino, mas também seria grave erro menospreza-las, em virtude dos inúmeros usos que suas águas poderiam vir a ter.

Os trabalhos técnico-científicos no campo de águas subterrâneas, excetuando-se serviços de perfuração ou especulações filosóficas meramente empíricas, foram todos quase que de iniciativa da SUDENE, que publicou dentro de sua série HIDROGEOLOGIA, quase uma centena de títulos, sobre todos os Estados de sua área de atuação, destacando-se estudos regionais, como a série de 25 folhas de 2º *versus* 3º, na escala de 1:500.000, do **Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste**, elaboradas entre os anos 60 e 70, abrangendo desde o Norte de Minas Gerais até o Maranhão, que se constitui até hoje, na única tentativa de síntese do conhecimento regional efetuada.

Dentre os principais trabalhos publicados por esta autarquia, destacam-se: “Aspectos Hidrogeológicos do Cariri Paraibano (Siqueira, 1963); “Análise dos Fatores que Influenciam na Hidrogeologia do Cristalino (Costa, 1965 – publicado na Revista Água Subterrânea, editada pela CONESP); “As Águas Subterrâneas do Nordeste – Estimativas Preliminares” (Rebouças & Gaspar, 1966), “Contribuição da geologia à pesquisa de água subterrânea no cristalino” (SIQUEIRA, 1967, publicado Revista Água Subterrânea, editada pela CONESP), o livro didático “Elementos de Hidrogeologia Prática” (Manoel Filho, 1967 – editor) e “Estudo Hidroquímico Preliminar das Águas Subterrâneas do Nordeste” (Cruz & Melo 1968). Estas publicações, pela sua importância e pioneirismo representam verdadeiros marcos na hidrogeologia do Nordeste e de todo o país.

Os trabalhos de Siqueira (1963, 1967) foram realizados principalmente na região dos Cariris Velhos – PB, a partir de estudos geológicos de certo detalhe, conjuntamente com a análise de dados de poços perfurados pelo DNOCS (Grupo Cariri), DNPM e CONESP. Esse autor lançou as bases metodológicas para a locação de poços no cristalino do Nordeste, que até hoje são seguidas praticamente à risca. Baseando-se principalmente em observações fisiográficas e geológicas, Siqueira (1963, 1967), discute aspectos estruturais como dobramentos e fraturamentos das rochas, atribuindo importâncias relativas a tipos de dobras (“*as estruturas sinclinais são favoráveis à acumulação de águas subterrâneas, quando as condições físicas – porosidade e permeabilidade, também o são*”, sic). Analisa também as respostas dos diversos tipos litológicos aos esforços aos quais são submetidos, afirmando que os quartzitos e metarcósios possuem boa permeabilidade, enquanto que os xistos, matagrauvas e gnaisses apresentariam uma permeabilidade apenas regular; atribui aos granitos, ortognaisses e migmatitos uma baixa permeabilidade. O termo

permeabilidade, no sentido usado por este autor, é definido como o somatório das porosidades e permeabilidades intersticial e de fraturas, tomadas em escala regional, resultando daí uma diferente noção de manancial subterrâneo, particularizado às dimensões de uma fenda, fratura ou falha, para depois ser ampliada em termos de unidade de área. Estabelece parâmetros para definição de reservatórios (fraturas), que seriam sua extensão (E), profundidade (P), área superficial de influencia (A) e o volume de influencia (V); o parâmetro de profundidade, determinado empiricamente, seria definido por $E/20$, enquanto o volume, coincidente com o volume de água seria determinado por $(A \times P)/2$. Apresenta uma tabela de classificação de águas, totalmente empírica (tabela 1), propondo limites de tolerância para uso das mesmas, confeccionada a partir das observações efetuadas em campo. Conclui suas observações afirmando que *“a drenagem é o elemento preponderantemente indicador do fendilhamento, principalmente do fendilhamento transversal que é o que maior interesse apresenta para a região. O fendilhamento longitudinal está frequentemente regelado de tal forma que é insignificante a sua função como estrutura favorável à acumulação de água subterrânea”* (Albuquerque, *op. cit.*). Nasce dos seus trabalhos a terminologia **riacho fenda**, termo de ampla aceitação entre os hidrogeólogos nordestinos, até os dias de hoje.

Tabela 1 - Limites de tolerância para consumo de água

Resíduo Seco (mg/l)	Utilização mais recomendada
0 - 400	Não apresenta gosto de sal; Boa, potável
400 - 500	Ligeiro sabor salgado; potável
500 - 2.500	Forte sabor salgado; potável
2.500 - 3.300	Utilizável no uso doméstico; pouco potável
3.300 - 7.250	Impróprio para consumo humano; equinos bebem bem
7.250 - 9.375	Equinos a consomem
9.375 - 15.625	Bovinos a consomem
15.625 - 16.000	Somente bovinos a consomem
≥ 16.000	Intolerável para animais de qualquer espécie

Costa (1965) publica trabalho onde discorre sobre o ciclo hidrológico de uma região de rochas cristalinas, fazendo uma análise dos fatores que influenciam na recarga do sistema fraturado. Afirma que apenas os cursos d'água superficiais têm condições de alimentar os depósitos do subsolo, sendo esta alimentação tanto mais efetiva quanto maior for a coincidência entre a direção desses cursos d'água e as citadas fendas. Faz ampla análise dos tipos de fraturamentos existentes, dividindo as fraturas em transversais, angulares e longitudinais, concluindo que as primeiras são efetivamente as mais ativas nos processos de realimentação dos aquíferos. Finalmente, discorrendo sobre os fatores determinantes da salinidade das águas, conclui que a rocha é a principal fornecedora de sais a água, sendo a sua ocorrência e quantidade função da composição mineralógica das diferentes litologias existentes.

Em trabalho publicado pelo Departamento de Recursos Naturais da SUDENE, Rebouças & Gasparly (1966), discorrem sobre os fatores condicionantes da hidrogeologia do Nordeste, atem-se aos aspectos climáticos e geológicos. Depois de analisarem os principais domínios geológicos da

região, arriscam-se a fazer estimativas de reservas de águas subterrâneas (tabela 2), baseando-se nos seguintes corolários:

- reservas dinâmicas ou reguladores de todos os aquíferos sedimentares calculados a partir dos dados obtidos na bacia sedimentar do Alto Jaguaribe, considerada por eles como bastante representativa das demais bacias sedimentares do nordeste. Nesta região, para uma pluviometria média de 800 mm/ano, a contribuição para as águas subterrâneas foi de $2,8.10^3 \text{m}^3/\text{km}^2$. Para cada bacia sedimentar estudada, analisaram a pluviometria média anual, no período de 1935-1958, determinando-se a partir delas uma taxa de infiltração, tendo por base a proporção verificada no Alto Jaguaribe;
- para o cálculo das reservas totais adotaram valores de coeficientes hidrodinâmicos determinados para diversas bacias (Parnaíba, Alto Jaguaribe e Potiguar), obtidos por meios de ensaios de bombeamentos já existentes, generalizando-os para os locais onde não havia maiores informações;
- as características dimensionais dos reservatórios adotadas foram obtidas através dos conhecimentos geológicos então existentes;
- nas áreas de rochas cristalinas, apesar de afirmarem, baseados em trabalhos realizados na bacia experimental do rio Juatama – CE, que a infiltração é um fenômeno excepcional dos anos úmidos (nos anos de pluviometria média o total das precipitações seriam consumidas pela evapotranspiração e escoamento superficial), concluem que *“os resultados de vários estudos análogos, nos possibilita adotar um valor médio anual de infiltração para as zonas aquíferas destes terrenos praticamente impermeáveis, da ordem de 100 a 500 m³/km²”* (sic). Assim, considerando o conjunto dos terrenos cristalinos, que afirmaram ser de 720.000 km², chegaram a um valor compreendido entre 50 e $250.10^6 \text{m}^3/\text{ano}$, que representaria o total de reservas disponíveis neste tipo de aquífero;
- consideraram, finalmente, as aluviões dos rios e riachos que cortam as áreas de rochas cristalinas, admitindo que as mesmas cobrem 5% do total daquela área, ou seja, 35.000km², possuíam espessuras médias de 3 m e porosidade efetiva da ordem de 5%. Assim, estimaram, segundo os mesmos com uma precisão bastante aceitável, reservas totais da ordem de 5.10^9m^3 . Considerando as possibilidades de realimentação estimaram que de $1 - 2.10^9 \text{m}^3/\text{ano}$ poderão ser exploradas deste sistema aquífero.

Concluem seu trabalho afirmando a crença de uma possível e rápida diminuição do problema de falta d'água no Nordeste, dentro das zonas de rochas sedimentares, uma vez que essas possuíam amplos recursos ao abrigo dos efeitos da seca, constituindo zonas favoráveis ao desenvolvimento integrado. Alertam para a necessidade de realização de uma exploração sistemática, em função das necessidades e das reservas disponíveis, reafirmando a necessidade da realização de estudos preliminares rigorosos e de uma execução técnica satisfatória. Já na zona semi-árida mais drástica, dentro da área dos terrenos cristalinos, consideraram que o aumento populacional, advindo do próprio esforço dos governos em fixar o homem a terra, tende a agravar definitivamente o problema da falta d'água nesses locais. Afirmam que as águas superficiais represadas nos diversos açudes e barragens é que deveriam ser utilizados para o abastecimento das

populações, rebanhos e possível irrigação, ficando os poços em rochas cristalinas restritos a usos localizados, onde não fosse possível a construção de captações de superfície.

Tabela 2 - Capacidade hidrogeológica do Nordeste ⁽¹⁾

Tipo de Aquífero		Área (km ²)	Vazão Escoamento Natural (m ³ /ano)	Recursos Permanentes (m ³)	Recursos Explotáveis (m ³ /ano)
Embasamento Cristalino		720.000	50 – 250.10 ⁶	-	50 – 250.10⁶
Aluviões		35.000	1.10 ⁸	5.10 ⁹ m ³	1 – 2.10⁹
B A C I A S S E D I M E N T A R E S	Parnaíba	450.000	3.10 ⁹	2.10 ¹² m ³	1.10¹⁰
	São Luís/Barreirinhas	50.000	5.10 ¹¹	-	-
	São Francisco ⁽²⁾	160.000	7.10 ⁸	3.10 ¹¹ m ³ (?)	3.10⁹
	Rio Jacaré ⁽²⁾	70.000	15.10 ⁷	1.10 ¹¹ m ³ (?)	1.10⁹
	Alto Jaguaribe ⁽³⁾	11.500	40.10 ⁶	7.10 ⁹ m ³	1.10⁷
	Recôncavo	10.000	5.10 ⁷	20.10 ¹⁰ m ³	2.10⁹
	Tucano	40.000	1.10 ⁸	1.10 ¹² m ³	1.10⁹
	Jatobá	6.000	15.10 ⁶	1.10 ¹¹ m ³	1.10⁷
	Potiguar	22.000	1.10 ⁷	75.10 ⁹ m ³	75.10⁷
	Costeiras	25.000	30.10 ⁶	50.10 ⁹ m ³	-
Pequenas bacias do Norte ⁽⁴⁾	8.000	-	-	-	
TOTAIS		1.607.500	5.10¹¹	3.10¹²	19.10⁹

(1) Valores adotados para poços de até 1.000 m de profundidade por um período de 50 anos; (2) Vazões de escoamento natural baseadas apenas nas estimativas dos aquíferos livres; (3) Corresponde a atualmente chamada Bacia do Araripe; (4) Compreende as bacias de Custódia (atual Betânia), Iguatú, Icó, Lima Campos e Rio do Peixe.

Destacando novamente a atuação da SUDENE, nota-se a memorável contribuição da mesma à pesquisa científica, ao publicar o livro intitulado “Elementos de Hidrogeologia Prática” (Manoel Filho, 1967 – editor). Esta publicação se constituiu, durante 30 anos no único livro de hidrogeologia escrito por pesquisadores brasileiros.

Outro importante trabalho publicado sobre a hidrogeologia do Nordeste foi aquele de autoria de Cruz & Melo (1968, *op. cit.*), intitulado “Estudo Geoquímico Preliminar das Águas Subterrâneas do Nordeste do Brasil”. Os referidos autores, baseados em dados obtidos em 1.200 amostras de águas de fontes e poços de todo o Nordeste, sendo 650 análises de água de rochas sedimentares e 550 águas do embasamento cristalino, desenvolvem um interessantíssimo processo discursivo, apresentando a distribuição e ocorrência dos principais grupos de água no Nordeste, bem como interpretações sobre os principais processos de salinização que atuaram nas mesmas. Nas suas conclusões, Cruz & Melo (1968, *op. cit.*), afirmam ser o clima o principal fator que controla a salinização das águas subterrâneas do Nordeste, particularmente nas áreas de rochas cristalinas e naquelas de *water-table*, através da progressiva concentração por evaporação. Por outro lado, verificaram que os efeitos climáticos na salinização são profundamente modificados quando existem condições de circulação subterrânea. Do ponto de vista químico ocorreria um grande zoneamento climático (grifo dos autores) das águas subterrâneas, principalmente nas áreas de rochas cristalinas. Este grande zoneamento pode ser localmente modificado por influencia da

natureza das rochas. Esta sobre-imposição de fatores geológicos ao macro-zoneamento climático poderia ser determinado por tipos litológicos específicos (p.ex. calcários, gipsitas etc.), aspectos de circulação da água subterrânea, bem como sua profundidade de ocorrência. Finalmente fazem as seguintes considerações sobre possíveis fatores que parecem ter influencia sobre a evolução química das águas subterrâneas:

- existe apenas uma pequena influencia da rocha na concentração de sais.
- ocorrem efeitos da circulação da água e diferenças entre aquíferos livres e confinados no processo de salinização.
- a relativa importância dos fenômenos de evaporação na progressiva concentração de sais na água parece bem definida.

A década de 70 marca o principio do esvaziamento da SUDENE, caracterizado já nos primeiros momentos pela grande evasão dos seus mais notáveis técnicos. O último trabalho expressivo patrocinado por esta instituição foi o “PLIRHINE – Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste”, publicado em 1980. Constitui-se na primeira avaliação integrada dos recursos hídricos do Nordeste, tendo, além disso, o grande mérito de unificar os conceitos e a terminologia hidrogeológica, até então altamente variável de órgão a órgão e até mesmo de autor a autor dentro de um mesmo projeto, além de ser freqüentemente isolada dos recursos hídricos de superfície.

Também é importante ressaltar a valiosa contribuição da SUDENE na formação e treinamento técnico dos recém formados hidrogeólogos nordestinos, enviando-os para cursos de aperfeiçoamento no exterior, além de celebrar freqüentes acordos de cooperação técnica com organismos internacionais como a ONU, através da FAO, UNESCO e da WMO, a OEA, USAID, e Missões de Assistência Técnica da França e Alemanha. Sobre este aspecto, destaca-se a importante contribuição da Missão Francesa, responsável pela implantação na região do Sistema de Informações Pluviométricas e Hidrológicas.

Além destes trabalhos, a SUDENE publicou várias dezenas de outras contribuições importantes, quer diretamente, quer através de sua subsidiária CONESP – Companhia Nordestina de Sondagens e Perfurações, cuja revista periódica “Água Subterrânea” tornou-se importante fonte de consulta entre os hidrogeólogos de todo país, entre os anos 60 e 70.

Com o esvaziamento da SUDENE e a evasão de seus técnicos, conforme já mencionado, começa aquela que poderia ser chamada de **Época das Universidades**, ainda nos anos 70. Os mais importantes trabalhos sobre a hidrogeologia do Nordeste, publicados dentro do âmbito acadêmico, foram as Teses de Doutorado de Rebouças (1973), Costa (1986), Oliveira (1987) e Manoel Filho (1996) e as Dissertações de Mestrado de Albuquerque (1984) e Diniz (1987). Chama a atenção, pelo seu ineditismo e abordagem integrada entre geologia e hidrogeologia (que a nosso ver

são freqüentemente encaradas como coisas absolutamente díspares), o trabalho elaborado por Brito Neves e Albuquerque (2004), publicado na Revista do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, abordando aspectos de tectônica e águas subterrâneas no Nordeste brasileiro.

Atualmente, destaca-se o papel da CPRM - Cia. de Pesquisas de Recursos Minerais, que desde a sua constituição como Serviço Geológico do Brasil, em 1994, tem desenvolvido importantes trabalhos sistemáticos de pesquisa abrangendo toda a área nordestina. Desde 1996 até os dias atuais, que poderíamos classificar como **Época do Serviço Geológico do Brasil**, além de trabalhos isolados de pesquisa desenvolvidos pelas suas Unidades Regionais (tabela 3), esta instituição tem tido importante atuação ao nível regional, realizando trabalhos de pesquisa e/ou reconhecimento hidrogeológico, não somente do Nordeste, mas também em todo o país. Tendo como missão “**gerar e difundir, conhecimento geológico e hidrológico básico para o desenvolvimento sustentável do Brasil**”, baseia sua atuação em três diretrizes de atuação:

1. promover a geração de difusão do conhecimento hidrológico e hidrogeológico, com ênfase na região Nordeste e na Amazônia;
2. desenvolver atividades na esfera da aplicação em conhecimento hidrológico básico;
3. desenvolver sistemas de informações e operar bancos de dados hidrológicos, assegurando a qualidade da informação, eficácia e eficiência na disponibilização e recuperação.

Tabela 3 - Projetos executados pela CPRM no Nordeste e Norte de MG (período 1996-2000)

Unidade Regional	Projetos Desenvolvidos
Salvador	Estudo hidrogeológico da Bacia de Tucano
Recife	Estudos hidrogeológicos das bacias de Fátima e Jatobá Caracterização hidrogeológica das aluviões do Moxotó
Fortaleza	Estudo hidrogeológico da bacia de Iguatu e da Formação Barreiras - Zona Oeste de Fortaleza
Teresina	Estudo Hidrogeológico da Borda Sudeste da bacia do Parnaíba
Belo Horizonte	Estudo hidrogeológico do vale do Jequitinhonha

A CPRM lançou em novembro de 1997 o livro Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações (Feitosa, F.A.C & Manoel Filho, J., Coord.), como fruto do material didático elaborado no âmbito de cursos de especialização em Hidrogeologia, ministrado aos seus técnicos pelo LABHID - Laboratório de Hidrogeologia da Universidade Federal de Pernambuco. Esta publicação, além de ser a referência interna para os estudos hidrogeológicos da CPRM, supriu uma lacuna existente de obras didáticas de Hidrogeologia em português, sendo adotada como livro texto em diversos cursos de graduação e pós-graduação. Atualmente (julho/08), a terceira edição desta publicação encontra-se em sua fase final de edição, pretendendo-se que esteja disponível quando da realização do Congresso da ABAS em novembro de 2008.

Entre 1996-99, é idealizado o **Programa de Água Subterrânea para a Região Nordeste**, que definiu as diretrizes de sua atuação na região. Este programa é composto pelas seguintes linhas: (a) Cadastramento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea; (b) Otimização de Metodologias de Prospecção de Água Subterrânea em Rochas Cristalinas; (c) Potencialidade de Água Subterrânea em Bacias Sedimentares; e (c) Avaliação dos Recursos Hídricos das Aluviões.

O programa **Cadastramento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea**, ainda em andamento, tem por objetivo o cadastramento de todos os poços tubulares, amazonas representativos e fontes naturais existentes, através de visitas *in loco*, com a finalidade de dar subsídios para a implantação de políticas públicas de gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos e Estudos Hidrogeológicos Regionais. Iniciou em 1998, pelo estado do Ceará (área piloto), tendo em seqüência sido cadastrado os estado de Sergipe, em 2001. Entre 2002 e 2004, o projeto foi expandido abrangendo os estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, parte da Bahia e o norte de Minas Gerais (vale do Jequitinhonha). Atualmente está sendo iniciado o processo de complementação da cobertura da região Nordeste, com trabalhos de cadastramento no estado do Maranhão e da Bahia. A CPRM pretende estender este programa para o restante do país, já tendo sido iniciado nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

O projeto **Otimização de Metodologias de Prospecção de Água Subterrânea em Rochas Cristalinas**, conhecido como **PROASNE**, foi desenvolvido no período de 2000 a 2004, no âmbito de uma cooperação técnica firmada entre o Serviço Geológico do Brasil e o Serviço Geológico do Canadá com apoio financeiro da Agência Canadense de Desenvolvimento Internacional – CIDA, e teve a participação de diversas instituições brasileiras, federais e estaduais, das quais se destacaram as Universidades Federais do Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte. O projeto, desenvolvido em três áreas-piloto, Irauçuba (CE), Serrinha (RN) e Moxotó (PE), utilizou tecnologia avançada (geofísica e geoprocessamento, principalmente) na tentativa de aumentar o conhecimento da ocorrência, circulação e salinização da água subterrânea em terrenos cristalinos, visando reduzir o índice de insucesso na locação dos poços nestas regiões e melhorar seu nível de aproveitamento. Embora se tenha dados alguns passos, principalmente a partir de novas hipóteses e propostas de modelos de ocorrência da água subterrânea (Jardim de Sá, *et al.*, Capítulo 3.1 - Conceitos de Análise Estrutural Aplicados à Hidrogeologia de Terrenos Cristalinos *in* Feitosa *et al.*, Hidrogeologia: Conceitos e Aplicação – 3ª Edição Revisada e Ampliada, inédito), pode-se considerar que os resultados ficaram aquém dos esperados, principalmente, devido ao nível de complexidade do problema. Por outro lado, pela primeira vez os trabalhos de pesquisa foram acompanhados por um programa de atividades sócio-educativas, com ênfase na questão gênero, envolvendo as comunidades das áreas de trabalho.

Embora a CPRM tenha realizado anteriormente pequenos projetos (tabela 3), o programa **Potencialidade de Água Subterrânea em Bacias Sedimentares** iniciou efetivamente em 2004, através da criação de uma Rede Cooperativa de Pesquisa, por iniciativa e subsídio financeiro do Fundo Setorial de Recursos Hídricos e da Finep, para o desenvolvimento de estudos hidrogeológicos em bacias do semi-árido nordestino, tendo a CPRM como instituição âncora. Os objetivos destes estudos eram levantar, gerar e disponibilizar informações e conhecimentos sobre a ocorrência, potencialidades, circulação e utilização das águas subterrâneas em bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste, com a finalidade de elevar a disponibilidade hídrica de fontes de água para abastecimento humano e atividades produtivas, de forma a fomentar o desenvolvimento sócio-econômico sustentável da região e melhorar as condições de vida da população existente nestes locais. No âmbito desta rede, entre 2004 e 2007 foram desenvolvidos os seguintes estudos:

1. Hidrogeologia da Porção Oriental da Bacia Sedimentar do Araripe – CPRM / UFC
2. Hidrogeologia da Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira – CPRM / UFC
3. Hidrogeologia do Aquífero Açú na Borda Leste da Bacia Potiguar: Trecho Upanema – Afonso Bezerra – CPRM / UFRN
4. Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe / PB – CPRM / UFCG
5. Hidrogeologia da Bacia de Jatobá – Sistema Aquífero Tacaratu/Inajá – CPRM / UFPE
6. Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Urucuia – Bacias Hidrográficas dos Rios Arrojado e Formoso – CPRM / UFBA

Esta Rede Cooperativa de Pesquisa proporcionou uma excelente oportunidade de integração e troca de experiências dos profissionais da hidrogeologia do Nordeste. Todos os estudos realizados foram norteados por uma sistemática metodológica padrão, construída em reuniões preparatórias com a participação de todos os pesquisadores. Esta metodologia abrangeu seis metas:

- Meta A – Levantamento do Estado da Arte
- Meta B – Caracterização Geométrica e Geológica dos Aquíferos
- Meta C – Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos
- Meta D – Estudo de Vulnerabilidade e Riscos de Contaminação
- Meta E – Suporte ao Planejamento e a Gestão das Águas Subterrâneas
- Meta F – Estruturação e alimentação de uma base de dados em SIG

A Rede Cooperativa de Pesquisa, encabeçada pela CPRM, apresentou uma nova proposta de trabalho ao Fundo Setorial de Recursos Hídricos visando a continuidade e ampliação dos estudos realizados, com o intuito de consolidar a **Rede de Pesquisa Hidrogeológica do Nordeste**, que muito contribuiria para o desenvolvimento do conhecimento deste segmento na região.

O projeto **Avaliação dos Recursos Hídricos das Aluviões**, iniciado em novembro de 2005 tem como objetivo promover uma visualização regional da ocorrência e potencialidade dos

mananciais aluvionares da região de rochas cristalinas de parte do semi-árido brasileiro, de modo a permitir um efetivo planejamento de programas de pequena irrigação, para subsidiar a agricultura familiar, e abastecimento público de pequenas localidades. Além do objetivo principal, também está prevista a construção de barragens subterrâneas, poços amazonas e sistemas simplificados de distribuição em áreas-piloto (abastecimento e irrigação), visando tanto a otimização dos procedimentos de locação e construção destas obras, quanto dos mecanismos de operação e gerenciamento, envolvendo a população local, usuária dos recursos. Neste sentido está sendo desenvolvido um forte trabalho social nas comunidades beneficiadas com estas obras. O trabalho de cartografia das aluviões abrange, praticamente, todo o Nordeste oriental, sendo estruturado em folhas na escala 1:100.000 (137 folhas). Outro aspecto de extrema relevância deste projeto é a recuperação dos dados das pesquisas de mananciais realizadas nas décadas de 70 e 80, armazenados de forma analógica, e sua transformação para meio digital. Finalmente, todos os dados e resultados serão armazenados e disponibilizados em ambiente SIG.

A CPRM também iniciou, em 2005, um Programa Nacional de Cartografia Hidrogeológica através do **Projeto Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo** que será elaborado em ambiente SIG e representará um marco fundamental para a gestão nacional dos Recursos Hídricos, sendo uma poderosa ferramenta para o macro planejamento. Em sua primeira fase, concluída em 2006, foi elaborado o “Mapa de Domínios e Sub-Domínios Hidrogeológicos do Brasil” na escala 1:2.500.000, lançado em ambiente SIG em 2007.

Finalizando, o Serviço Geológico do Brasil dispõe hoje de um poderoso Sistema de Informações em Águas Subterrâneas, o **SIAGAS**, onde se encontram cadastradas informações sobre mais de 150.000 poços em todo o país. O SIAGAS, já indicado pelo CNRH para ser o Sistema Nacional de Águas Subterrâneas, vem progressivamente sendo adotado pelos órgãos gestores estaduais, como a ferramenta básica de auxílio à gestão dos recursos hídricos subterrâneos, e pelos pesquisadores, como fonte básica de informação para o desenvolvimento de seus estudos. Recentemente (julho, 2008) no seminário realizada no Rio de Janeiro *Proyecto para la Evaluación de los Recursos de Agua Subterrâneas en Iberoamerica*, coordenado pela ASGMI - Associação dos Serviços Geológicos Ibero Americanos, foi proposto a elaboração de um mapa hidrogeológico iberoamericano ao milionésimo, sendo o SIAGAS aceito, por unanimidade, para ser o Sistema de Informações padrão.

3. REFERENCIAS

- ALBUQUERQUE, J. do P. T., 1984. Os recursos de água subterrânea do trópico semi-árido do Estado da Paraíba. Dissertação de Mestrado. Campina Grande, UFPB, 182 p.
- ALMEIDA, J.E de & ARAÚJO, J.B. de, 1990. Um Modelo Exaurido: A Experiência da SUDENE. www.ie.ufu.br, acessado em 22/06/2008, às 14h25min.

- Brasil. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Léxico estratigráfico do Brasil. Brasília: DNPM, 1984. 560 p. Inclui bibliografia
- COSTA, W.D, 1986. Análise dos fatores que atuam na hidrogeologia do aquífero fissural. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 174 p.
- COSTA, WALTER D., 1965. Análise dos fatores que influenciam na hidrogeologia do cristalino. Revista Água Subterrânea. 4: 14-47.
- CPRM, 1999. Programa de Água Subterrânea para a Região Nordeste – Diretrizes Programáticas 2000-2003, Fortaleza. Circulação restrita.
- CRUZ, W.B da & MELO, F. do A. F., 1968. Estudo geoquímico preliminar das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE, Série hidrogeologia. 147 p.
- DINIZ, J.A.O., 1987. O aquífero fissural na região Oeste de Pernambuco – Aspectos Hidráulicos e Hidroquímicos. Dissertação de Mestrado. Recife, UFPE, 231 p.
- FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. (eds.), 1997. Hidrogeologia: Conceitos e aplicações. CPRM, LABHID-UFPE. FORTALEZA, 412 p.
- GASPARY, J.; ANJOS, N. da F. R dos; REBOUÇAS, A. da C.; MANOEL FILHO, J.; LEAL, O.; GEUILLOT, P., 1967. Estudo geral de base do rio Jaguaribe. SUDENE. Série hidrogeologia. Recife, vol.7, 250 p.
- IRPAA– Instituto Regional da Pequena Agricultura Apropriada, 2001. Água no Semi-Árido. www.irpaa.org.br, acessado em 14/05/2008, às 21h:25min.
- MANOEL FILHO, J. (ed.). Elementos de hidrogeologia prática. SUDENE, Série hidrogeologia, Recife, 1967, 342 p.
- MANOEL FILHO, J, 1996. Modelo de Dimensão Fractal Para Avaliação de Parâmetros Hidráulicos em Meio de Fissural. USP, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências.
- MOTA, MAURO, 1958. Paisagens das secas. Recife, Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais/MEC.
- OLIVEIRA, S.P. de B, 1998. Estudos dos Processos de Salinização das Águas Subterrâneas dos Poços do Cristalino do Nordeste. Tese de Doutorado. Unesp - Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 1998.
- REBOUÇAS, A. da C. & GASPARY, J., 1966. As águas subterrâneas do Nordeste – Estimativas Preliminares. Recife. SUDENE. Série hidrogeologia, 26 p.
- SIQUEIRA, L., 1963. Contribuição da geologia à pesquisa de água subterrânea no cristalino. Sudene, Recife, 1963
- SIQUEIRA, L., 1967. Contribuição da Geologia à Pesquisa de Água Subterrânea no Cristalino. Revista Água Subterrânea. Jan./Março 1967, p. 1-30
- SCHOBENHAUS, C. F. 1984. Geologia do Brasil. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente Incluindo Depósitos Minerais. Escala 1: 2.500.000. Brasília, MME/DNPM, 501 p.
- SUDENE, 1980. Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil – PLIRHINE – Fase I, vol. I – Análise do meio físico e regionalização. Recife, 100 pgs.
- SUDENE, 1984. Reunião de Trabalhos sobre Política de Desenvolvimento Rural do Nordeste. Anais. Recife, vol.1, 268 p.