

Ministério de Minas e Energia
CPRM – Serviço Geológico do Brasil
Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

**PROGRAMA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA
PARA A REGIÃO NORDESTE**

Diretrizes Programáticas
2000 a 2003

Ministério de Minas e Energia - MME

Rodolpho Tourinho Neto
Ministro de Minas e Energia

Hélio Vitor Ramos Filho
Secretário Executivo

Luciano de Freitas Borges
Secretário de Minas e Metalurgia

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Umberto Raimundo Costa
Diretor-Presidente da CPRM

Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Luiz Augusto Bizzi
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José de Sampaio Portela Nunes
Diretor de Administração e Finanças

Paulo Antônio Carneiro Dias
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento



PHL 6398

*Ai, como é duro viver
nos estados do Nordeste
quando o nosso Pai Celeste
não manda a nuvem chover.*

*Patativa do Assaré
Poeta Popular Cearense*

Divulgações Programáticas

2000 a 2003

SUMÁRIO

Introdução	1
Províncias Hidrogeológicas do Nordeste.	3
Objetivos	5
Macrodiretrizes	5
Justificativas	6
Subprograma I – Cadastramento das Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea	8
Subprograma II – Rochas Cristalinas	12
Subprograma III – Caracterização Global das Aluviões	19
Subprograma IV – Bacias Sedimentares	24
O Produto Final	30
Síntese – Recursos Financeiros Previstos	30
Considerações Finais.	30

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil – tem a missão de gerar e disponibilizar, permanentemente, conhecimento geológico e hidrológico para o desenvolvimento sustentável – através de programas e projetos institucionais e em parceria com outras instituições públicas, suprindo seus clientes e a sociedade com informações, produtos e serviços, de acordo com a mais moderna tecnologia existente e com elevado padrão de qualidade.

No plano institucional, em sintonia com sua formulação estratégica, o Serviço Geológico vem trabalhando para a efetiva implementação da Política Mineral e Hídrica do país, de acordo com as diretrizes do Ministério de Minas e Energia, e em regime de cooperação com outros organismos governamentais, tanto federais quanto estaduais.

Concentra esforços e amplia a abrangência dos levantamentos geológicos, hidrogeológicos e hidrológicos do Brasil, além de incrementar a qualidade das informações básicas para o conhecimento e controle dos recursos naturais, onde a questão da água tem importância fundamental, de acordo com a metodologia de trabalho proposta pelo seu Plano Estratégico de Referência, para sua efetiva utilização em outros setores da economia tais como planejamento, agricultura, transporte, energia, meio ambiente e ocupação territorial, saúde etc.

A CPRM acumula notável acervo de dados básicos na forma de mapas, relatórios, perfis, boletins etc., com destaque para suas bases de dados, gráficas e convencionais. Além disso, a característica multidisciplinar de sua equipe técnica é capaz de gerar soluções para o melhor aproveitamento integrado dos recursos naturais do país.

APRESENTAÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil, em sintonia com o Programa Avança Brasil e o Plano Plurianual 2000-2003 do Governo Federal, e afinado com as diretrizes do seu Plano Estratégico de Referência para Reestruturação e Desenvolvimento Institucional, propõe o **Programa de Água Subterrânea para a Região Nordeste (2000-2003)**.

Esta iniciativa esteve orientada, desde o início, por uma filosofia de trabalho participativa e interdisciplinar, com visão sistêmica do meio físico, considerando a indissociabilidade das águas subterrâneas e superficiais, bem como a inserção desse recurso no sistema ambiental e o seu forte apelo social no combate aos efeitos da seca no Nordeste.

Além disso, o Programa tem por objetivo dar suporte à implementação, em parceria com organismos federais, estaduais e municipais, da Política Nacional de Recursos Hídricos, em consonância com os princípios e diretrizes estabelecidos na Lei 9.433, bem como assegurar uma oferta de água compatível com as demandas da região nordestina.

Este Programa é fruto da experiência e dos trabalhos desenvolvidos pelos técnicos da CPRM na área de hidrogeologia, os quais vêm, atualmente, conduzindo várias atividades nesse campo, como: criação e alimentação do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, cadastramento de poços e a elaboração de atlas digitais municipais em quase todos os estados da região Nordeste.

Este documento sintetiza uma proposta concreta, de execução viável, mostrando seus objetivos, justificativas, metas e custos envolvidos.

Nessa linha de trabalho, o Serviço Geológico já administra uma base de dados hidrogeológicos que, com os estudos propostos neste Programa e as articulações interinstitucionais em desenvolvimento, será atualizada e consistida, tornando-se representativa e de acesso ágil a toda a sociedade.

Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

INTRODUÇÃO

A ÁGUA NO MUNDO

O volume total de água na Terra é estimado em 1 bilhão e 600 milhões de km^3 , estando incluída a água de cristalização quimicamente associada às rochas. Subtraindo esta, o volume restante, avaliado em 1 bilhão e 370 milhões de km^3 , seria suficiente para formar uma capa de 2.700m envolvendo todo o planeta, se sua superfície fosse plana. Esse quadro de aparente abundância assume um aspecto completamente diferente quando se leva em conta que a água salgada dos oceanos, imprestável para a maioria dos usos, corresponde a 97,2% desse volume. Por outro lado, se dos 2,8% restantes subtrairmos a água presa nas geleiras e sob forma de vapor na atmosfera, consideradas indisponíveis, restarão apenas 8 milhões e 200 mil km^3 de água doce na fase líquida, que representam apenas 0,6% do total de água do nosso planeta.

Pelo fato de as águas superficiais serem visíveis, torna-se fácil imaginar que a maior parte dos 8 milhões e 200 mil km^3 da água doce disponíveis na Terra esteja distribuída nos rios, lagos e açudes. Entretanto, isso não é correto; na verdade, um pouco mais de 98% desse volume está “escondido” na subsuperfície, representando o que se denomina **água subterrânea**.

A ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNDO

Praticamente todos os países do mundo, desenvolvidos ou não, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades, seja no atendimento total ou suplementar do abastecimento público, seja em outras atividades como irrigação, produção de energia, indústria etc. O início dessa utilização perde-se no tempo e o seu crescimento tem acompanhado o desenvolvimento do homem na Terra. Consistia inicialmente no aproveitamento da água em nascentes e em lençóis freáticos rasos, estes captados através de escavações rudimentares, que, com o tempo, evoluíram para cacimbas revestidas de pedra e, posteriormente, também de tijolo. Com o advento da Era Industrial e a evolução dos equipamentos de perfuração, tornou-se possível a construção de poços de melhor qualidade técnica em tempo cada vez menor e com profundidades cada vez maiores.

A Unesco tem registrado um crescimento acelerado na utilização das águas subterrâneas e, conseqüentemente, problemas decorrentes da má utilização dos aquíferos em várias partes do planeta. Estima-se em 300 milhões o número de poços perfurados no mundo nas três últimas décadas. A relação em termos de demanda quanto ao uso varia entre os países e, nestes, de região para região, constituindo o abastecimento público, de modo geral, a maior demanda individual. A Europa, por exemplo, tem 75% de sua população atendida com água do subsolo, podendo esse percentual atingir 90% em alguns países (Suécia, Holanda, Bélgica etc.). Avalia-se que existam no mundo 270 milhões de hectares irrigados com água subterrânea, 13 milhões destes nos Estados Unidos e 31 milhões na Índia.

A partir da década de 1950, tem-se atribuído aos reservatórios hídricos subterrâneos em todo o mundo um papel de destaque no equacionamento do problema de água em regiões áridas e semi-áridas, como o Nordeste do Brasil e a Austrália, e mesmo desérticas, como a Líbia, onde cidades e grandes projetos de irrigação têm a demanda de água atendida por poços tubulares perfurados em pleno deserto do Saara.

A ÁGUA SUBTERRÂNEA NO NORDESTE DO BRASIL

Embora se perfurem poços na região desde o século passado, é por demais conhecido que apenas a partir da década de 1960, com a criação da Sudene, a água subterrânea no Brasil começou a ser tratada como ciência. Na época, a Sudene, atuando dentro de sua missão, promoveu um reconhecimento hidrogeológico pioneiro da região Nordeste, materializado no *Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste*, cujas informações ainda são referências até hoje. Esses estudos, que abriram as portas para uma visualização da potencialidade hidrogeológica da região, foram paralisados no início da década de 1970 em função da desmobilização da Sudene como órgão executor.

Mesmo assim, a utilização da água subterrânea aumentou vertiginosamente, principalmente nos locais de maior potencialidade e 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. 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.

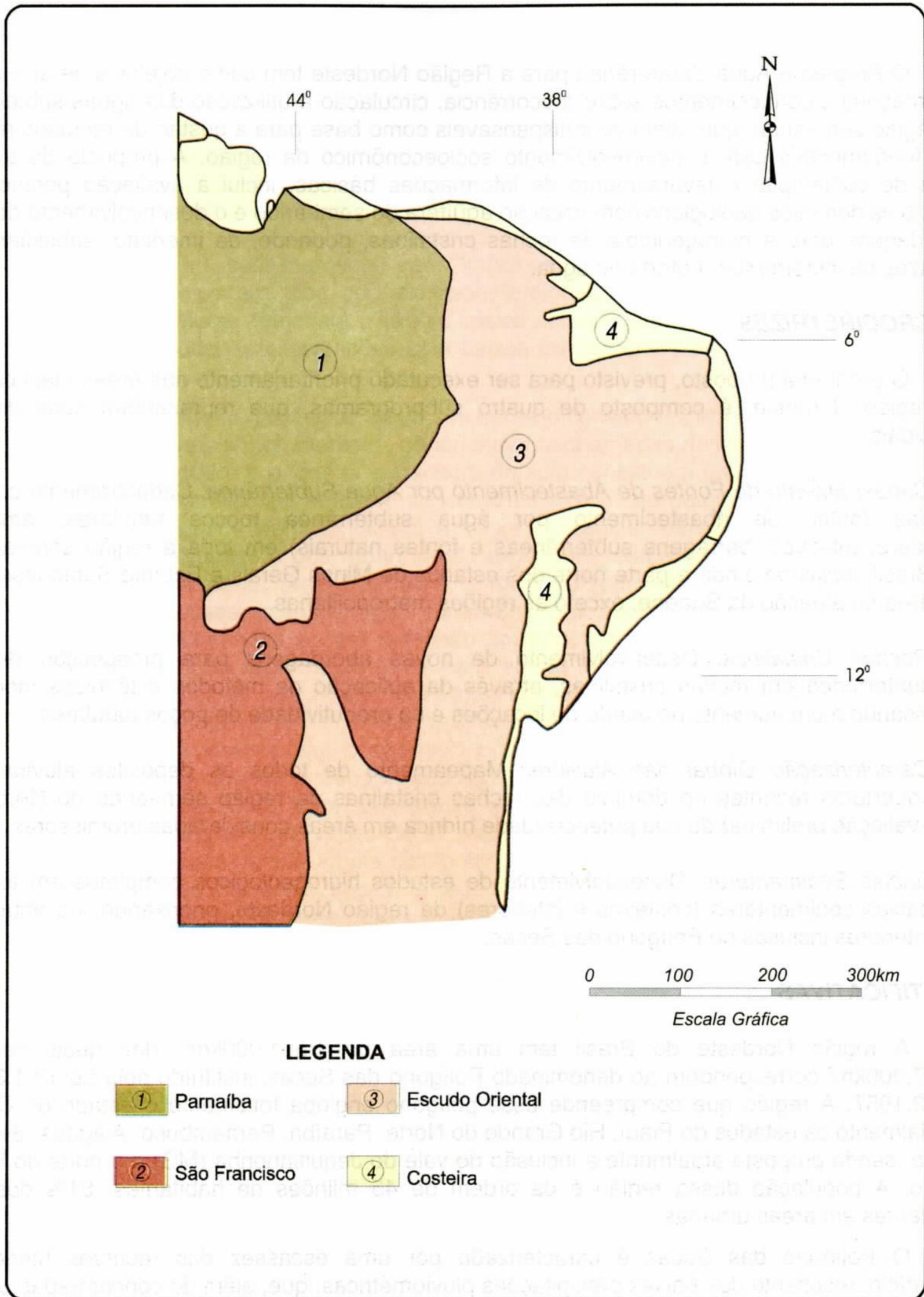
Tratando-se de uma região semi-árida, a água subterrânea torna-se um recurso estratégico para o desenvolvimento e, nesse sentido, a região ressentiu-se desses 30 anos de estagnação do conhecimento hidrogeológico regional causada pela paralisação das atividades executadas pela Sudene. Nesse cenário, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, em função de seu quadro técnico atual, é a única instituição brasileira capaz de trazer para si a responsabilidade de dar continuidade aos estudos iniciados pela Sudene, promovendo o conhecimento necessário para estimular o desenvolvimento socioeconômico da região Nordeste.

Em função do exposto e pelo forte apelo social representado pela água subterrânea, a CPRM propõe a criação de uma linha prioritária de ação para a região semi-árida do Brasil, sendo priorizados os municípios constantes do Polígono das Secas e do Programa Comunidade Solidária da Presidência da República. Essa proposição, alinhada com o *Plano Estratégico de Referência*, é materializada através do Programa Água Subterrânea para a Região Nordeste.

PROVÍNCIAS HIDROGEOLÓGICAS DO NORDESTE

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.

- **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 às condições de ocorrência e circulação das águas subterrâneas, que é agravada em função das características do clima semi-árido, que provoca taxas elevadas de salinidade nas águas. Dentro desse universo de rochas cristalinas ocorrem pequenas ilhas de rochas sedimentares, denominadas bacias interiores. Tendo em vista as condições favoráveis de ocorrência de água subterrânea, essas pequenas bacias tornam-se imensas em importância, considerando-se o aspecto de recursos hídricos.
- **Província do São Francisco:** Predominam aquíferos restritos às zonas fraturadas em quartzitos, metagrauvacas, metaconglomerados, calcários e dolomitos com potencialidade de baixa a média. Os aquíferos tornam-se mais amplos quando são constituídos por rochas porosas ou manto de intemperismo, ou por calcário/ dolomito, onde a dissolução cárstica atua amplamente. Outro sistema é encontrado nas coberturas de extensão regional formadas por sedimentos mesozóicos (Urucuia + Areado + Mata da Corda), porém a condição morfológica de tabuleiro elevado, a litologia e as reduzidas espessuras das camadas restringem o potencial exploratório do aquífero.
- **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). São estes os principais sistemas aquíferos, ordenados conforme sua importância de produção: Cabeças, Serra Grande e Poti-Piauí. Outros aquíferos, menos produtivos, correspondem às formações Motuca, Corda e Itapecuru.
- **Província Costeira:** Corresponde à extensa faixa litorânea do país, estendendo-se desde o Amapá até o Rio Grande do Sul. É formada por 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 para o abastecimento populacional.



FONTE: Modificado de DNPM/CPRM, 1981.

Figura 1 – Províncias Hidrogeológicas do Nordeste.

OBJETIVOS

O Programa Água Subterrânea para a Região Nordeste tem como objetivos gerar e difundir informações e conhecimentos sobre a ocorrência, circulação e utilização das águas subterrâneas na região semi-árida, que, além de indispensáveis como base para a gestão de recursos hídricos, são fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico da região. A proposta de trabalho, além de contemplar o levantamento de informações básicas, inclui a avaliação potencial dos principais domínios geológicos com vocação aquífera do semi-árido e o desenvolvimento de novas abordagens para a hidrogeologia de rochas cristalinas, podendo, de imediato, subsidiar ações capazes de incrementar a oferta de água.

MACRODIRETRIZES

O programa proposto, previsto para ser executado prioritariamente nas áreas mais carentes da região Nordeste, é composto de quatro subprogramas, que representam suas diretrizes principais.

- *Cadastramento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea:* Cadastramento completo das fontes de abastecimento por água subterrânea (poços tubulares, amazonas representativos, barragens subterrâneas e fontes naturais) em toda a região semi-árida do Brasil, incluindo ainda a parte norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo inserida na área de atuação da Sudene, exceto as regiões metropolitanas.
- *Rochas Cristalinas:* Desenvolvimento de novas abordagens para prospecção de água subterrânea em rochas cristalinas, através da aplicação de métodos e técnicas modernas, visando a um aumento no acerto de locações e na produtividade de poços tubulares.
- *Caracterização Global das Aluviões:* Mapeamento de todos os depósitos aluvionares e coberturas recentes no domínio das rochas cristalinas da região semi-árida do Nordeste e avaliação preliminar de sua potencialidade hídrica em áreas consideradas promissoras.
- *Bacias Sedimentares:* Desenvolvimento de estudos hidrogeológicos completos em todas as bacias sedimentares (costeiras e interiores) da região Nordeste, priorizando, no entanto, as interiores inclusas no Polígono das Secas.

JUSTIFICATIVAS

A região Nordeste do Brasil tem uma área de 1.561.000km², dos quais cerca de 1.237.000km² correspondem ao denominado Polígono das Secas, instituído pela Lei nº 1.348, de 10.02.1957. A região que compreende esse polígono engloba totalmente o estado do Ceará e parcialmente os estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, sendo proposta atualmente a inclusão do vale do Jequitinhonha (MG) e o norte do Espírito Santo. A população dessa região é da ordem de 45 milhões de habitantes, 61% dos quais residentes em áreas urbanas.

O Polígono das Secas é caracterizado por uma escassez dos recursos hídricos de superfície, resultante das baixas precipitações pluviométricas, que, além de concentradas em uma única e geralmente curta estação úmida, apresentam irregularidades interanuais, responsáveis por secas periódicas de efeitos muitas vezes catastróficos. Por outro lado, a região também está sujeita a taxas de evapotranspiração potencial muito elevadas, oscilando com maior frequência em torno de 90%. Dessa forma, a água no Nordeste é um recurso estratégico e um fator vital para o seu desenvolvimento, que ainda está à espera de uma política de decisões mais consistentes e

contínuas, que possa aumentar sua oferta, garantir a qualidade e permitir a formação de uma infraestrutura que ajude o nordestino a conviver com os efeitos danosos das secas.

Estima-se hoje que em todo o Nordeste existam por volta de 150.000 poços tubulares, mas os escassos registros encontram-se dispersos e/ou inacessíveis. Outro grande problema é a pequena consistência dos dados dos poços perfurados, quase sempre construídos sem acompanhamento por profissional habilitado. Em função disso, ora não existem dados, ora esses dados, quando muito, caracterizam apenas a parte construtiva dos poços, negligenciando informações fundamentais, tanto da geologia local quanto das peculiaridades da rocha perfurada. Esse panorama impossibilita a criação consistente de um banco de dados. Sendo assim, o passo inicial para prover o Nordeste das informações hidrogeológicas necessárias para o seu desenvolvimento é um cadastramento com trabalhos de campo, abrangendo as fontes de abastecimento existentes em toda sua extensão territorial, que, além de subsidiar os estudos hidrogeológicos posteriores, fornecerá a diretriz básica para um aumento da oferta de água a curto prazo, através de pequenas intervenções com baixos investimentos em poços abandonados e/ou tamponados improdutivos.

A região do Polígono das Secas tem o seu subsolo constituído, em sua maioria (em torno de 70%), por rochas ígneas e metamórficas, genericamente chamadas de cristalinas. Nessa região, a pouca cobertura vegetal e a pequena espessura do solo constituem um ecossistema frágil cujas características físico-ambientais reduzem substancialmente o seu potencial produtivo. A pequena disponibilidade de água superficial, aliada à baixa e irregular pluviosidade, explica a grande dependência dos habitantes e dos rebanhos da região em relação à água subterrânea, mesmo sendo esta, na maior parte, uma alternativa tênue pela reduzida vocação hidrogeológica das rochas cristalinas. Nessas rochas, a água subterrânea ocorre em sistemas de fendas e fraturas interconectadas, descontínuos e com extensão limitada. As abordagens usualmente utilizadas para prospecção de água subterrânea ainda carecem de fundamentação técnico-científica, tendo como reflexo uma grande quantidade de poços improdutivos ou salinizados. Ainda não são conhecidos modelos totalmente eficientes para subsidiar a locação e a exploração de poços e muito menos os condicionantes que controlam a qualidade e o fluxo da água. Esse contexto, além de proporcionar um segmento antieconômico nos programas de perfuração de poços, gera um fator de risco na utilização da água subterrânea desses mananciais, à medida que não se pode determinar com segurança uma vazão de exploração sustentável. Com base nessa realidade e considerando, em função de sua ampla distribuição, a grande importância para a região da água subterrânea em rochas cristalinas, urge a necessidade do desenvolvimento de novas abordagens que possam contribuir efetivamente para aumentar o sucesso dos poços perfurados ampliando a oferta de água.

Nesse cenário, os depósitos aluvionares que podem ocorrer ao longo dos vales assumem grande importância no contexto hídrico da região. Essa importância cresce, quando se verifica que é ao longo desses vales que se concentram as maiores densidades demográficas, aumentando significativamente a demanda por água. Deve ser mencionado, a propósito, que nos últimos 30 anos as pesquisas hidrogeológicas de detalhe, conduzidas por algumas companhias de saneamento do Nordeste, vêm demonstrando a potencialidade dos reservatórios aluvionares para o abastecimento público de pequenas cidades e, por extensão, para o desenvolvimento de pequenos projetos de irrigação. Nas aluviões, com efeito, as altas permeabilidades das frações arenosas compensam freqüentemente as pequenas espessuras saturadas, de modo que é possível a obtenção de vazões de exploração expressivas através de captações rasas e de baixo custo adequadamente construídas. As pesquisas hidrogeológicas citadas tiveram sempre, entretanto, caráter imediatista e âmbito local, objetivando definições de manancial subterrâneo para o abastecimento público, não tendo sido tentada até hoje uma visão panorâmica da potencialidade das aluviões do cristalino semi-árido do Nordeste. Uma tal visão panorâmica representa hoje, assim, uma importante lacuna a preencher no quadro geral do planejamento de recursos hídricos da região. O exposto permite verificar que o grande mérito de uma

caracterização global das aluviões do Nordeste será a possibilidade de descartar grandes áreas como estéreis e concentrar os esforços em outras áreas cujo potencial hídrico aluvionar justifique investimentos e permita otimizar a relação custos/benefícios.

Ao contrário das rochas cristalinas, as bacias sedimentares existentes são responsáveis pelos maiores volumes de água subterrânea do semi-árido, que muitas vezes são utilizados de forma incipiente, principalmente nas zonas rurais. Abstraindo-se o abastecimento público de alguns centros urbanos, a utilização da água desses mananciais ainda pode ser considerada como insignificante. Essa precária utilização de um recurso tão necessário para o Nordeste deve-se ao fato de não existir um conhecimento preciso de sua potencialidade, o que impede o planejamento de sua utilização para o desenvolvimento da região. Os estudos propostos podem, além de fornecer o embasamento necessário para uma exploração sistemática e racional, aumentar de imediato a oferta de água, através dos poços de pesquisa perfurados.

SUBPROGRAMA I

CADASTRAMENTO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA SUBTERRÂNEA

Tem como meta o cadastramento completo de todos os poços tubulares, amazonas representativos, fontes naturais e barragens subterrâneas existentes em toda a região Nordeste, incluindo a parte norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo inserida na área de atuação da Sudene, o que possibilitará, além da elaboração de um real diagnóstico da situação atual, a formulação de políticas de abastecimento e o planejamento de ações emergenciais em épocas de seca.

METODOLOGIA

A metodologia proposta para a realização do trabalho é similar à utilizada no programa *Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará*, executado com sucesso pela CPRM em 1998, e que levou ao lançamento do *Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará*. O trabalho será dividido em três fases, discriminadas a seguir.

Fase I – Planejamento e Preparação

Contempla as atividades relacionadas ao planejamento e preparação para os trabalhos de campo.

➤ **Coleta de dados básicos**

- levantamento de dados básicos de todos os municípios com informações geopolíticas, geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas;
- aquisição e organização de todos os bancos de dados de poços existentes;
- aquisição de cartografia municipal em escala compatível com o trabalho etc.

➤ **Captação, mobilização e preparação dos recursos humanos**

- levantamento das necessidades e alocação dos recursos humanos próprios necessários;
- seleção e contratação de recursos humanos externos (terceirizados) compatíveis com o empreendimento;
- realização de seminários para discussão, uniformização e padronização das ações, procedimentos e produtos previstos no programa;
- treinamento prévio das equipes.

➤ **Aquisição de Equipamentos e Materiais**

- aquisição de todos os equipamentos necessários para a realização dos trabalhos de campo: GPS, condutivímetros, medidores de nível etc.;
- aquisição de todos os materiais necessários;
- disponibilização dos veículos necessários às equipes de recenseamento e de apoio.

➤ **Preparação e implementação de campanha de divulgação nas prefeituras e demais instituições governamentais ou não-governamentais envolvidas.**

Fase II – Serviços de Campo

Começará imediatamente após a conclusão da fase anterior e compreenderá o levantamento propriamente dito. Sendo iniciada em cada estado, preferencialmente, nos municípios mais afetados historicamente pela seca. Os trabalhos englobarão as seguintes atividades:

- Localização exata de todas as fontes de abastecimento existentes (poços tubulares, amazonas representativos, fontes naturais e barragens subterrâneas), com verificação do estado atual da captação (em uso, paralisada, abandonada, não-instalada) e de suas instalações físicas (equipamento de bombeamento, dessalinizador, reservatório, rede de distribuição etc.).
- Análise da qualidade da água através de medidas *in loco* de parâmetros físico-químicos (condutividade elétrica, pH, temperatura etc.) em todos os poços em uso e nos passíveis de coleta de água.
- Medição da vazão instalada e do nível da água (NE ou ND) sempre quando possível.
- Indicação do uso atual e potencial da água (abastecimento público, dessedentação animal, agricultura etc.).
- Identificação de fontes potenciais de contaminação.

Fase III – Serviços de Escritório

Iniciada imediatamente após a conclusão da fase I, será desenvolvida paralelamente e após os trabalhos de campo. Compreenderá as seguintes atividades:

- Consistência dos dados.
- Avaliação dos resultados.
- Elaboração dos produtos finais.

PRODUTOS

O levantamento proposto terá, portanto, os seguintes produtos e informações:

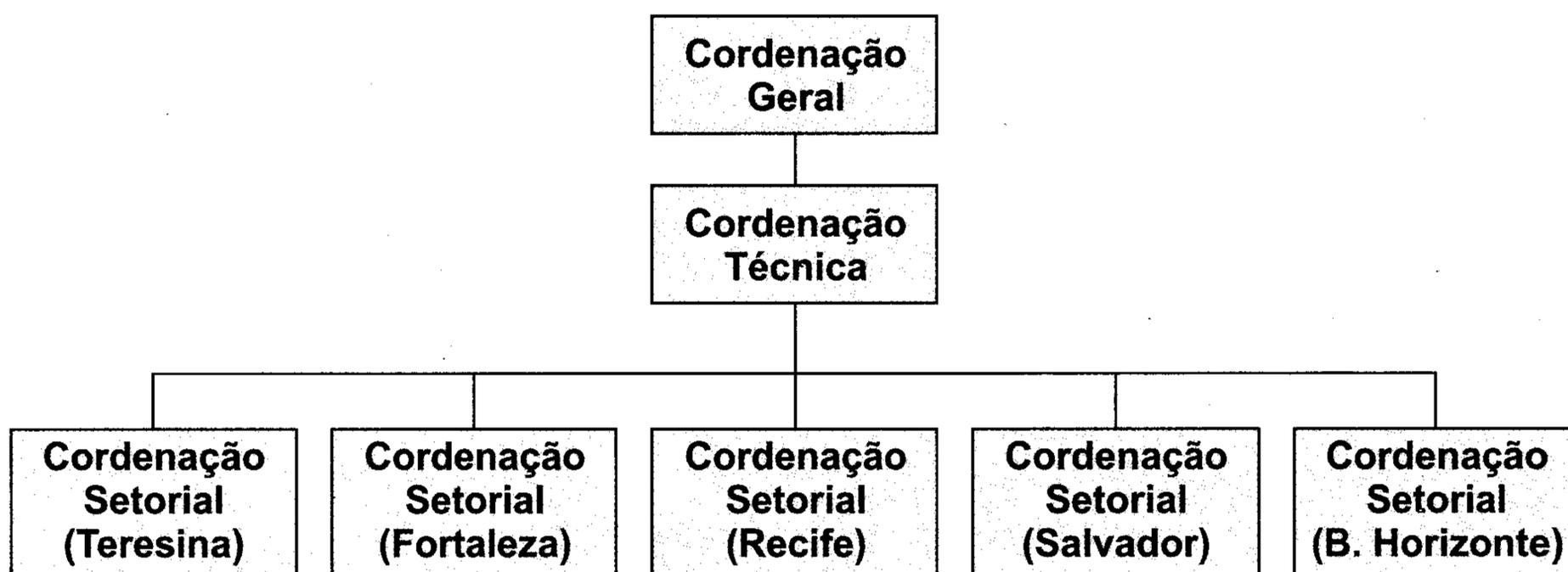
- *Relatórios diagnósticos por município*, com uma análise da situação do abastecimento por água subterrânea existente, contendo informes sobre os aspectos básicos da geologia, hidrologia e hidrogeologia. Além disso, serão feitas recomendações para a implementação de medidas efetivas de combate aos efeitos das secas, baseadas principalmente na recuperação e no aproveitamento racional das fontes de abastecimento existentes, e a sugestão de áreas compatíveis para a implantação de programas e projetos para geração de emprego e renda. Acompanhará o relatório o cadastro de pontos d'água com as informações levantadas e constantes do banco de dados.
- *Mapas municipais de pontos d'água*, com localização exata de todas as fontes de água subterrânea cadastradas, apresentando legendas diferenciadas para uma perfeita e rápida identificação do atual estado de uso, bem como verificação quanto à propriedade (se públicos ou privados). A base cartográfica conterá os principais distritos, vilas e comunidades, o traçado da rede de drenagem principal e os troncos da rede viária, a identificação de áreas com reais necessidades para perfuração de novos poços (em decorrência de demanda não-atendida), além de todas as outras informações pertinentes.
- *Banco de dados consistido*, com as informações levantadas, contendo um sistema de gerenciamento e englobando os municípios trabalhados.
- *Atlas Digitais dos Recursos Hídricos Subterrâneos dos estados do PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA, MG e ES*, contendo o banco de dados com gerenciador e todos os outros produtos elaborados.

- Disponibilização do banco de dados pela internet, no site da CPRM, para possibilitar ações concomitantes dos órgãos de combate à seca.

ESTRATÉGIA

Em relação à área total (1.350.000km²), estimou-se a elaboração do cadastro a partir da cobertura, em três meses, de uma área de 20.000km², por uma equipe de campo constituída de dois técnicos da CPRM (geólogo ou engenheiro), quatro recenseadores previamente contratados e treinados, e quatro guias de campo, contratados em cada município levantado. Em função de sua extensão territorial, será necessária a mobilização de um grande contingente de pessoal trabalhando de forma integrada a partir de cinco unidades regionais: Teresina, Fortaleza, Recife, Salvador e Belo Horizonte.

A estruturação de coordenação e execução deverá obedecer ao seguinte organograma:



Recursos Humanos Previstos

O pessoal necessário para a realização do trabalho será o seguinte:

- Equipes de Campo
 - 140 geólogos/engenheiros (CPRM);
 - 240 recenseadores (contratados);
 - 240 guias de campo (contratados).
- Equipes de Escritório
 - 30 geólogos/engenheiros (CPRM) – coordenação, consistência, relatórios e mapas;
 - 82 técnicos de nível médio – digitação, desenho digital e editoração (contratados parcialmente);
 - 4 especialistas em informática (CPRM).

Recursos Financeiros Previstos

CPRM	R\$ 5.800.000,00
Parcerias	R\$ 9.200.000,00
Total	R\$ 15.000.000,00

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

O subprograma Cadastramento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea deverá ser executado no período de um ano, conforme cronograma a seguir.

Atividade	Meses												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Fase I	████████████████												
Fase II			████████████████										
Fase III			██										

META

2000/2001.

SUBPROGRAMA II

ROCHAS CRISTALINAS

Tem como finalidade básica o desenvolvimento de novas abordagens para a prospecção de água subterrânea em rochas cristalinas, através de estudos paralelos em três áreas-piloto localizadas nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco, que funcionarão como laboratórios de pesquisa onde serão testadas tecnologias de ponta que possam efetivamente contribuir para aumentar o sucesso dos poços perfurados, tanto no aspecto locação quanto no de produtividade. Os trabalhos serão desenvolvidos em parceria com o Serviço Geológico do Canadá (Geological Survey of Canada – GSC), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal de Pernambuco (LABHID) e diversas outras instituições (Comunidade Solidária, órgãos do MME, MMA e MIN, Sudene e instituições estaduais do Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte). Paralelamente, serão desenvolvidos programas sociais de conscientização da importância da água na região e educação sanitária, através de parcerias que atuem nessa área.

É importante ressaltar a importância da parceria com o Canadá, que detém um significativo conhecimento sobre as tecnologias clássicas para prospecção, captação e uso/gestão de água subterrânea. Além disso, vem desenvolvendo novas técnicas e aprimorando as mais antigas, principalmente na área de rochas cristalinas, em virtude da necessidade de apoio aos programas de manejo de rejeitos radioativos. Conta com profissionais, equipamentos e laboratórios de excelente qualidade, desenvolvendo atividades profissionais e pesquisas, praticamente em todos os continentes do mundo

METODOLOGIA

Não existe uma metodologia definitiva para ser empregada nesse subprograma, de forma que os estudos partirão de uma premissa inicial baseada no conhecimento atual sobre o problema, a qual será remodelada gradativamente a partir dos resultados conseguidos. Serão utilizadas e testadas todas as tecnologias disponíveis consideradas importantes, tanto para aumentar o conhecimento sobre a ocorrência e o fluxo da água subterrânea (arquitetura e conectividade dos sistemas hidráulicos) como para melhorar a produtividade dos poços e melhor compreender os processos de salinização. Os trabalhos serão desenvolvidos em três áreas-piloto: região norte do Ceará (folha Irauçuba), centro-norte de Pernambuco (bacia hidrográfica superior do rio Moxotó) e sudeste do Rio Grande do Norte.

Premissa Inicial

O programa será dividido em duas fases.

Fase I – Estudos Regionais

Os trabalhos deverão ser realizados na escala 1:100.000 e constarão das seguintes atividades:

➤ **Interpretação de Produtos de Sensoriamento Remoto**

- **Imagens de Satélite:** Deverá ser feito o tratamento de imagens temáticas de satélite (LANDSAT 5 e 7), considerando para cada cena duas imagens de períodos distintos: uma ao final de um período de chuvas e outra ao final de uma estiagem prolongada (dois a três anos) subsequente, de forma a se ter condições de realizar análises temporais das feições de vegetação e umidade da área. As imagens serão submetidas a técnicas de processamento que visem, ora ao melhoramento da análise visual de um determinado tema (realce, filtragem, razão de bandas etc.), ora à sua classificação temática.
- **Fotografias Aéreas:** A fotointerpretação deverá ser direcionada para detalhamento dos elementos de maior importância no contexto hidrogeológico, tais como lineamentos e outras estruturas pertinentes, padrões de drenagem e a individualização de litótipos, enfatizando a delimitação das coberturas e corpos aluvionares. Os produtos da fotointerpretação, conjugados com as informações do tratamento de imagens de satélite, constituirão *overlays*, que servirão de base para os trabalhos de reconhecimento de campo.
- **Reconhecimento de Campo e Inventário de Pontos d'Água:** Deverá ser feita uma campanha de trabalhos de campo, cujo objetivo central será, por um lado, a verificação das informações dos *overlays* relativas aos elementos geológicos (litologia e estrutural) e, por outro lado, a realização de um inventário de pontos d'água, onde devem ser relacionados e plotados todos os poços tubulares e amazonas, cacimbas, fontes naturais, pequenas lagoas, açudes etc. Serão também registradas informações sobre as suas condições de utilização (níveis estáticos e dinâmicos, vazões extraídas, equipamentos utilizados, uso da água etc.), perfis construtivos e litológicos, no caso de poços, e as relações desses pontos com a geologia. Devem ser feitas medidas *in loco* de algumas características físico-químicas e coletadas amostras para análises completas. Os produtos alimentarão o banco de dados do Sistema de Informações Geográficas (SIG).
- **Análise Integrada de Temas:** Consistirá na sistematização dos produtos obtidos a partir do tratamento de imagens orbitais e fotografias aéreas e de sua integração, via SIG, com outras fontes de informação. Deverão ser analisados temas como litologia, estrutura (densidade e cruzamentos de fraturas etc.), drenagem, solos (espessura e permeabilidade), vegetação, declividade, elementos de hidrometeorologia (precipitação, infiltração, evapotranspiração etc.), morfologia, hidroquímica etc. O cruzamento dos planos de informações gerados e disponíveis no SIG permitirá, em função de atributos estabelecidos a partir da importância de cada tema para a hidrogeologia, a definição de um cenário hidrogeológico, com estimativa de favorabilidade de ocorrência de água subterrânea.

Fase II – Estudos de Detalhe

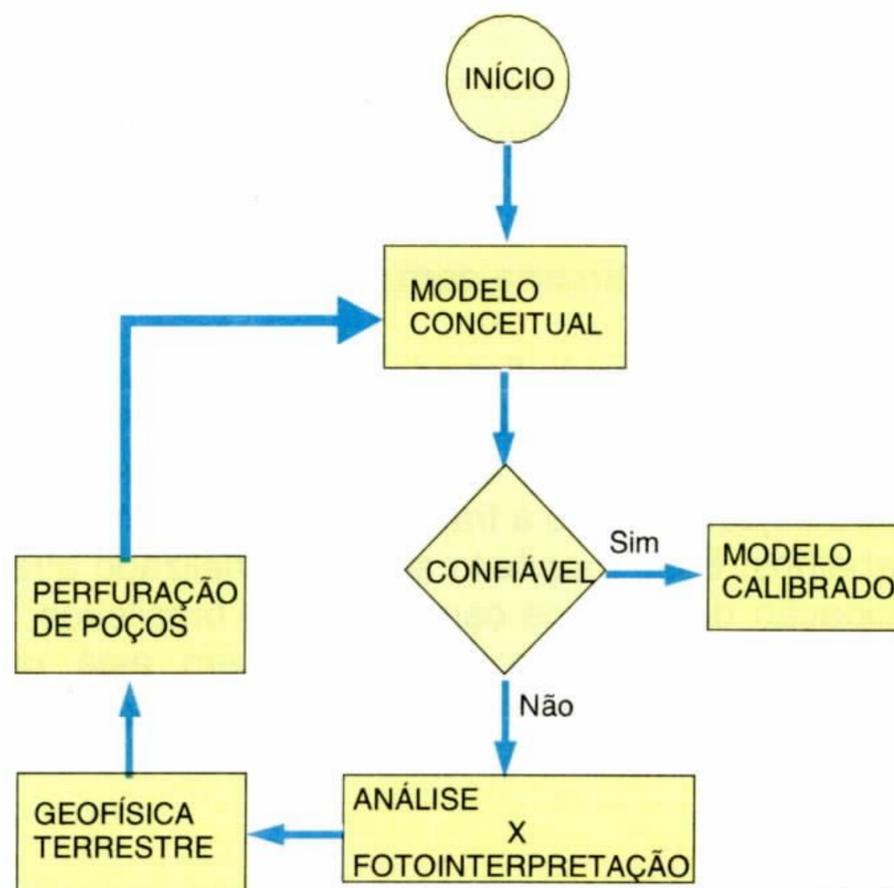
Com base nos resultados da fase anterior, será selecionada uma área-piloto para a execução de estudos de detalhe, utilizando todas as tecnologias de ponta disponíveis. Essa área deverá ser representada por uma pequena bacia hidrográfica, com no máximo 100km². Os estudos e trabalhos a serem executados estão relacionados a seguir.

- **Mapeamento Geológico/Estrutural:** Deverá ser realizado um mapeamento geológico em escala de detalhe (1:10.000), com ênfase na análise estrutural dos elementos do regime frágil. Os trabalhos serão realizados através de uma estreita interação em levantamentos de campo e fotointerpretação. Também serão detalhados temas como drenagem, declividade, solos, vegetação, morfologia etc. Os trabalhos deverão interagir com os resultados da geofísica aérea.

- **Geofísica Aérea:** Paralelamente, será feita a cobertura da área utilizando a metodologia DIGHEM, patenteada pela companhia canadense Geoterrex. Em linhas gerais, a metodologia DIGHEM é um sistema de levantamento eletromagnético indutivo multifreqüência, montado em um helicóptero, que permite realizar com segurança vôos em baixa altitude (altura do sensor à superfície da ordem de 20m). A resolução do levantamento pode ser controlada pela altura de vôo e distância entre as linhas, bem como pela direção de vôo. Com base na integração dos dados levantados, deverá ser elaborado um modelo hidrogeológico preliminar (modelo conceitual), que orientará a aplicação dos estudos posteriores.
- **Geofísica Terrestre:** Com base no modelo geológico preliminar, serão escolhidos locais prioritários para perfuração de poços-testes, nos quais será aplicada a maior diversidade possível de métodos geofísicos terrestres, dentre os quais eletrorresistividade, VLF, Perfis Horizontais de Temperatura, GPR, Métodos Eletromagnéticos etc. A interpretação dos resultados permitirá, além de pontuar locais para a perfuração de poços-testes, o refinamento do modelo inicial.
- **Perfuração de Poços-Testes:** Serão construídos poços em locais pré-selecionados, que deverão, além dos procedimentos usuais, obedecer aos seguintes critérios especiais:
 - cada fenda produtora deve ser testada isoladamente e coletada água para análises físico-químicas e isotópicas ($\delta^{18}\text{O}$, δD , pmC);
 - os poços devem ser perfilados através de todas as metodologias disponíveis, incluindo entre elas gama, resistividade, temperatura, ótica, acústica etc.).

Na fase atual de planejamento, estima-se a perfuração de 30 poços/área. Os resultados dos poços perfurados deverão ser julgados face ao modelo geológico preliminar, o qual deverá sofrer ajustes considerando os resultados alcançados.

- **Elaboração de um Modelo Hidrogeológico para Locação de Poços:** A sistemática proposta prevê, a partir de um modelo conceitual inicial, uma interação dinâmica entre três atividades básicas: análise estrutural x fointerpretação, geofísica terrestre e perfuração de poços, até o modelo proposto atingir um nível de confiabilidade aceitável. O fluxograma, a seguir, ilustra claramente o procedimento.



- **Estudos Hidráulicos:** Serão realizados testes de bombeamento em várias etapas, em todos os poços perfurados e naqueles preexistentes, passíveis de serem bombeados. Serão utilizados poços próximos como “piezômetros” em todos os testes para a verificação do grau de conectividade dos sistemas hidráulicos da área.
- **Estudo dos Mecanismos de Recarga e Salinização:** Serão efetuados estudos para uma melhor compreensão das principais causas de salinização das águas em rochas cristalinas e de seus mecanismos de recarga. Serão utilizadas análises físico-químicas e isotópicas, tanto da água proveniente das fendas (poços) como da água de saturação do manto de intemperismo e de todos os reservatórios superficiais. Deverão ser feitas coletas de água regionalmente, incluindo perfis, iniciando no mar e atravessando todo o semi-árido, tendo por diretriz a direção dos ventos. Também serão realizadas análises de amostras do solo para determinação da salinidade e permeabilidade, e verificação da qualidade química da água da chuva e do mar em diversos pontos. Será selecionada uma pequena área de pesquisa para monitoramento, onde serão controladas as seguintes variáveis: descarga, ND e qualidade química, no caso dos poços, pluviometria, evaporação, infiltração etc.

Utilização de Técnicas Especiais

Além dos estudos citados anteriormente, serão testadas a aplicabilidade e a viabilidade da utilização de algumas técnicas especiais, sendo as mais importantes descritas a seguir.

- **Estimulação de Poços:** Serão testadas algumas tecnologias para a estimulação de poços de baixa produtividade. Essas técnicas são consideradas, atualmente, em alguns segmentos, como a melhor alternativa para garantir uma boa produtividade de poços em rochas cristalinas, pois provocam um aumento tanto da condutividade hidráulica do sistema como do próprio reservatório (interligando sistemas hidráulicos adjacentes). Serão priorizados fraturamento hidráulico e uso de explosivos.
- **Recarga Artificial:** Será escolhida uma área para verificar a viabilidade de técnicas de recarga artificial, onde o excedente de água no período chuvoso seria armazenado para posterior uso em períodos de estiagem.
- **Novas Técnicas de Perfuração:** Deverão ser testadas novas tecnologias de perfuração de poços que aumentam o rendimento e diminuem o custo, como por exemplo a utilização de martelete d'água, poços inclinados etc.

A Parceria com o GSC

O convênio de cooperação técnica já firmado entre a CPRM – Serviço Geológico do Brasil e o Serviço Geológico do Canadá (Geological Survey of Canada – GSC), com o apoio financeiro da Agência Canadense de Desenvolvimento Internacional (Canadian International Development Agency – CIDA), tem como objetivo básico a transferência de tecnologia canadense para auxiliar o desenvolvimento dos trabalhos. Esse propósito será materializado através de um intercâmbio de profissionais, com participação de técnicos canadenses e brasileiros, em que serão ministrados cursos, realizados *workshops*, treinamentos etc. Também está prevista a participação de empresas canadenses na execução de serviços e a aplicação de tecnologias ainda não disponíveis no Brasil.

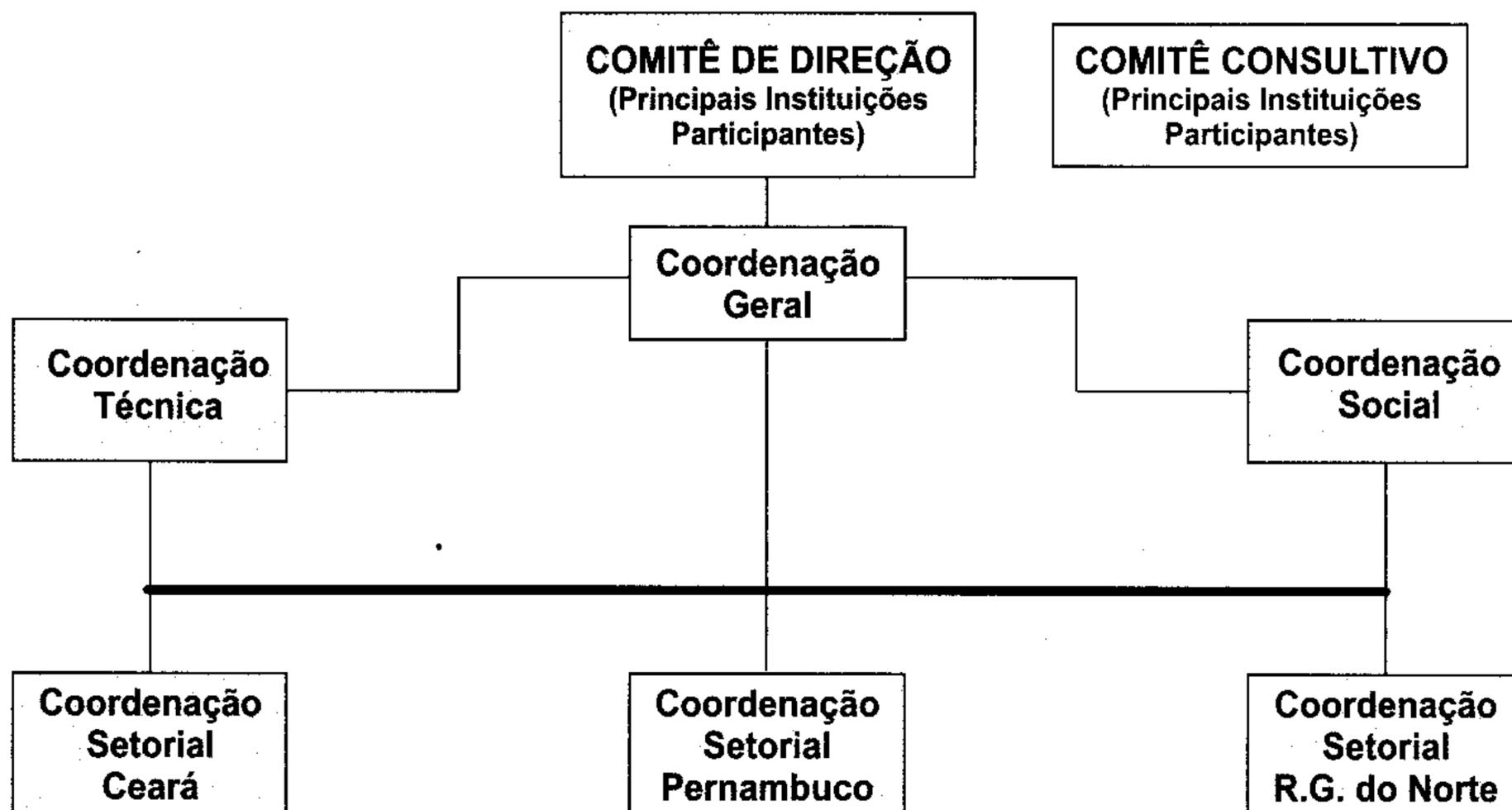
PRODUTOS E BENEFÍCIOS

Os estudos realizados permitirão os seguintes produtos e benefícios:

- Mapas Temáticos: Como produtos finais, serão obtidos mapas na escala 1:100.000, contemplando diversos temas, que servirão como informações básicas a serem postas à disposição do público, através de um banco de dados relacional. Os principais temas disponíveis serão:
 - Litologia
 - Morfoestrutura
 - Lineamentos
 - Drenagem
 - Pontos d'Água
 - Solos
 - Vegetação
 - Declividade
 - Hidrogeologia – Favorabilidade de Ocorrência de Água Subterrânea
- Mapa de Cobertura Geofísica – DIGHEM da área de detalhamento.
- Modelo Hidrogeológico para locação de poços.
- Avaliação técnica da aplicabilidade e viabilidade de todas as novas tecnologias utilizadas.
- Aumento da oferta de água da região, através da instalação dos poços utilizados no estudo.
- Aumento do conhecimento sobre os mecanismos de recarga e salinização de poços em rochas cristalinas.

ESTRATÉGIA

O organograma a seguir ilustra a estruturação prevista para o subprograma.



Recursos Humanos Previstos

➤ CPRM

- 3 hidrogeólogos
- 3 geólogos estruturalistas
- 3 geofísicos
- 3 especialistas em sensoriamento remoto
- 3 técnicos de nível médio
- 1 hidrólogo

PARCERIAS

Recursos Financeiros Previstos

CPRM	R\$ 3.300.000,00
CIDA + GSC	(CAN\$ 1.694.000,00) R\$ 2.455.300,00
Parcerias Nacionais	R\$ 5.105.200,00
Total	R\$ 10.860.500,00

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Atividade		Trimestres											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fase I	Interp. Prod. Sens. Remoto												
	Inventário de Pontos d'Água												
	Análise Integrada de Temas												
Fase II	Mapeamento e Geofísica Aérea												
	Elaboração do Modelo												
	Estudos Hidráulicos												
	Est. dos Mec. de Rec. e Salinização												
	Aplicação de Técnicas Especiais												

META

2000/2002.

SUBPROGRAMA III

CARACTERIZAÇÃO GLOBAL DAS ALUVIÕES

A finalidade desse subprograma é promover uma visualização regional da ocorrência e potencialidade dos mananciais aluvionares da região de rochas cristalinas da Região Nordeste, de modo a permitir um efetivo planejamento de programas de pequena irrigação e abastecimento público de pequenas localidades. Esse objetivo poderá ser alcançado confrontando-se os resultados do estudo proposto, de um lado, com a distribuição de solos favoráveis para agricultura, já mapeados no PLIRHINE (Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil – CEPTASA/Embrapa), e, de outro, com a distribuição de pequenas comunidades carentes de abastecimento ou abastecidas com carro-pipa. Evidentemente, acha-se implícito no objetivo do subprograma o zoneamento hidroquímico das aluviões em um nível de detalhe tal que permita a tomada de decisões quanto ao provável destino de suas águas, como também a otimização dos critérios fotogeológicos e de campo atualmente utilizados na pesquisa de aluviões.

METODOLOGIA

Os estudos deverão ser realizados e apresentados por bacia hidrográfica que constitui uma unidade fisiográfica natural, envolvendo os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e a parte norte de Minas Gerais e Espírito Santo, considerando-se toda a região proposta hoje para o Polígono das Secas. Em linhas gerais, o programa deverá ser desenvolvido em quatro fases.

Fase I – Análise Sistemática das Informações Existentes

Nessa etapa, a metodologia proposta é exclusivamente de gabinete, consistindo na exploração dos dados existentes, fazendo extensivo uso de métodos estatísticos de manipulação e correlação.

- **Coleta e Organização de Informações.** Durante os últimos 30 anos, as companhias de saneamento dos estados do Nordeste executaram pesquisas sistemáticas em aluviões, visando ao abastecimento público. Essas pesquisas resultaram num substancial volume de dados que permanecem até hoje à espera de uma análise e interpretação globalizada que possam transformar em conhecimento técnico-científico útil a potencialidade que encerram. Essa fase do trabalho consistirá inicialmente na recuperação de todo o acervo existente, através de uma interação com as companhias de saneamento da região, Agepisa (PI), Cagece (CE), Caern (RN), Cagepa (PB), Compesa (PE), Casal (AL), Deso (SE), Embasa (BA), Copasa (MG) e Cesan (ES). Além das companhias de saneamento, serão consultados todos os órgãos e instituições que possam deter dados sobre depósitos aluvionares. Em seguida, todo o material coletado será organizado, analisado e consistido para a constituição de um banco de dados. Esses dados, devidamente estruturados, serão separados por bacia hidrográfica e as áreas aluvionares pesquisadas serão indicadas num mapa hidrográfico do Nordeste em escala conveniente. Esse documento constituirá um mapa-índice dos estudos realizados, que fornecerá uma visão panorâmica da distribuição das informações, facilitando, assim, a programação das etapas seguintes.

- **Análises Geoestatísticas.** No estágio atual de conhecimento do problema, é prevista a realização das seguintes análises estatísticas:
- correlação espessura dos termos arenosos x espessura dos termos argilosos;
 - correlação espessura das frações arenosas x largura da faixa aluvionar;
 - correlação espessura das frações arenosas x declividade do riacho no trecho estudado;
 - análise de regressão múltipla, considerando a espessura das frações arenosas como variável dependente e as seguintes variáveis independentes: largura da faixa aluvionar; declividade do riacho; distância das cabeceiras; curvatura do riacho; topografia da bacia hidrográfica; tipo de rocha predominante etc.;
 - análise da variação dos teores de cloreto, dureza e resíduos secos ao longo do perfil longitudinal do riacho;
 - outras análises e correlações que se revelem importantes durante o desenvolvimento do estudo.

Os resultados alcançados poderão indicar atributos para serem utilizados na definição de potencialidades dos depósitos aluvionares.

Fase II – Cartografia dos Depósitos Aluvionares

Desenvolvida paralelamente à fase anterior, consistirá no mapeamento, em escala 1:100.000, através de sensoriamento remoto (análise de imagens de satélite, radar, fotografias aéreas etc.) de todos os depósitos aluvionares expressivos ocorrentes na região semi-árida do Nordeste. Também serão assinalados os locais favoráveis para construção de barragens subterrâneas.

Fase III – Complementação de Dados

Essa fase, que engloba trabalhos de campo, terá duas finalidades básicas. A primeira será a complementação de dados através da investigação em regiões carentes de informações, a partir da aplicação de metodologias de prospecção em áreas selecionadas. A segunda será a otimização dos atributos definidos na fase I, em função de sua prévia aplicação nas áreas prospectadas. As atividades de prospecção constarão de: fotointerpretação de detalhe (escala 1:25.000); sondagens em 2"; métodos geofísicos (GPR, eletrorresistividade, sísmica); perfuração de poços e piezômetros, testes de bombeamento e infiltração, análises físico-químicas etc. Deve-se ressaltar que as áreas escolhidas para prospecção devem ficar próximas a comunidades carentes, para que os poços de pesquisa sejam aproveitados para prover o seu abastecimento.

Fase IV – Caracterização de Potencialidades e Planejamento de Utilização

A aplicação dos atributos definidos na fase I e otimizados na fase III, juntamente com todas as informações consistidas existentes, permitirá a realização de uma caracterização globalizada de potencialidade para os depósitos aluvionares mapeados. O cruzamento dos mapas de potencialidade, por um lado, com mapas de vocação agrícola e, por outro, com mapas de localidades sem abastecimento ou usuárias de carro-pipa, dará subsídios para a elaboração de um planejamento de uso desses recursos através de pequenos projetos de irrigação e do abastecimento de pequenas comunidades, promovendo o desenvolvimento socioeconômico da região.

PRODUTOS E BENEFÍCIOS

Os estudos realizados permitirão os seguintes produtos e benefícios:

- Mapas de Potencialidade: Como produto final, serão confeccionados mapas na escala 1:100.000 dos depósitos aluvionares de toda a região semi-árida, com previsão de potencialidade e indicação do uso da água. Serão utilizadas legendas simplificadas, à base de cores, para melhor disseminação entre os usuários. Os mapas conterão, além do posicionamento de eixo barráveis, todas as informações pertinentes;
- previsão de potencialidade e indicação do uso da água. Serão utilizadas legendas simplificadas, à base de cores, para melhor disseminação entre os usuários. Os mapas conterão, além do posicionamento de eixos barráveis, todas as informações pertinentes.
- Aumento imediato da oferta de água da região, através da instalação dos poços utilizados no estudo.
- Proposta de uma nova abordagem de prospecção de água subterrânea em aluviões, baseada na utilização de sensoriamento remoto, considerando os atributos definidos para indicação de potencialidade.

ESTRATÉGIA

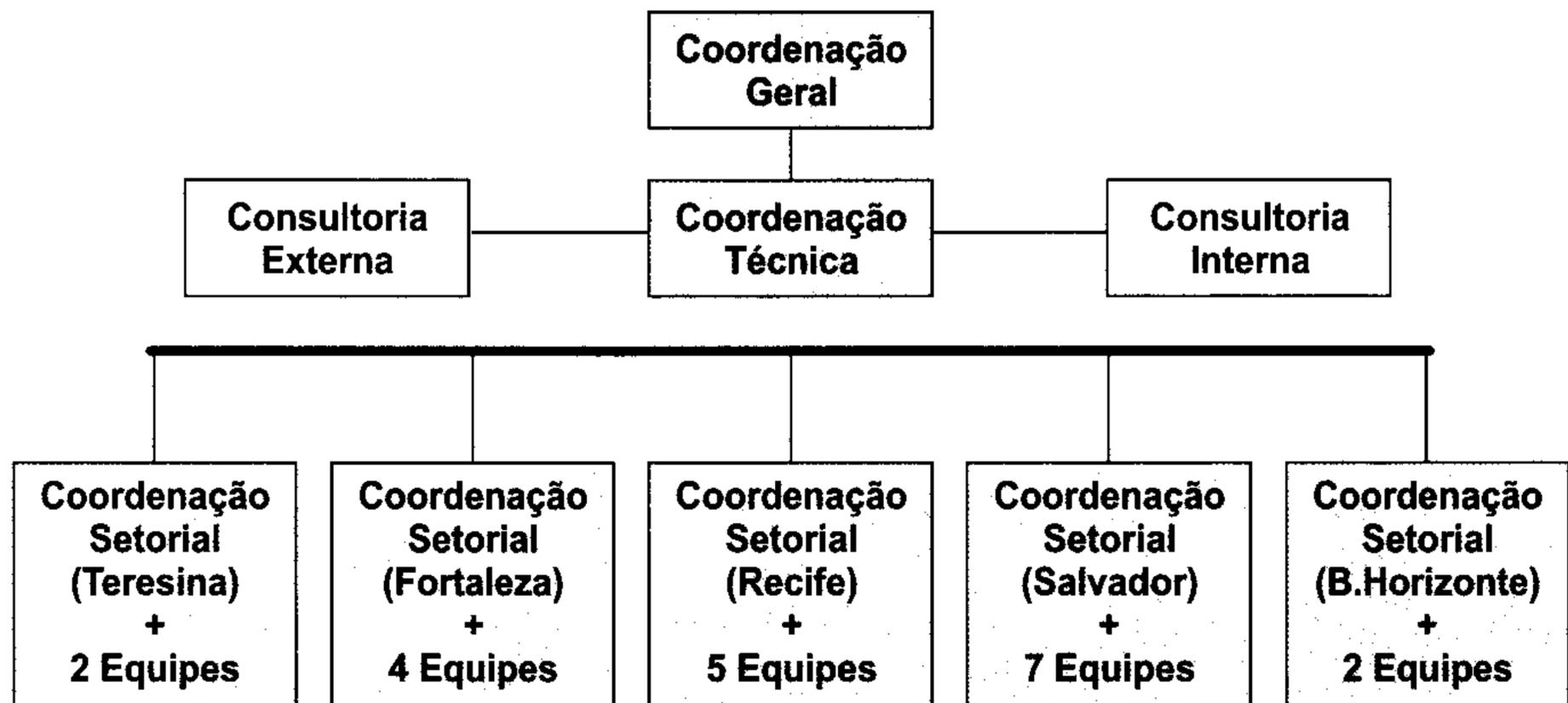
Para a realização do trabalho, em função da extensão territorial ocupada pela região semi-árida, será necessária a mobilização de um grande contingente de técnicos, trabalhando de forma integrada a partir de cinco unidades regionais: Teresina, Fortaleza, Recife, Salvador e Belo Horizonte.

Recursos Humanos Previstos

Cada equipe de trabalho será composta de dois geólogos ou engenheiros e dois técnicos de nível médio. O quantitativo de pessoal necessário para a realização do trabalho será:

- **CPRM**
 - Coordenação: 6 hidrogeólogos
 - Equipes: 40 geólogos ou engenheiros (que trabalhem com sensoriamento remoto); 40 técnicos de nível médio
 - Consultoria Interna: 2 hidrogeólogos seniores; 2 especialistas em sensoriamento remoto; 2 especialistas em geoestatística
- **Consultoria Externa**
 - 1 hidrogeólogo sênior (especialista em aluviões); 1 geoestatístico

A estruturação de coordenação e execução deverá obedecer ao seguinte organograma:



Recursos Financeiros Previstos

CPRM	R\$ 10.500.000,00
Parcerias	R\$ 11.000.000,00
Total	R\$ 21.500.000,00

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

As atividades deverão obedecer ao cronograma apresentado a seguir. Salienta-se que, dentro do prazo do documento (2000-2003), está prevista a cobertura de 60% da região semi-árida, ficando os 40% restantes para o período 2004/2005.

Atividade		Trimestres											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fase I	Coleta e Organização de Informações	█	█	█									
	Análises Estatísticas			█	█	█	█	█					
Fase II		█	█	█	█	█	█	█					
Fase III							█	█	█	█			
Fase IV										█	█	█	█

META

2001/2003 – 60% da área.
2004/2005 – 40% restantes.

SUBPROGRAMA IV

BACIAS SEDIMENTARES

Tem como finalidade promover a avaliação das reais potencialidades das bacias sedimentares do Nordeste, a partir da realização de estudos hidrogeológicos completos. Serão abrangidas as províncias hidrogeológicas do Nordeste, priorizando as bacias localizadas em áreas consideradas como críticas. A partir dessa diretriz e em função da sua importância para a região, os estudos serão iniciados pelas bacias interiores da Província do Escudo Oriental Nordeste e pelas bacias da Província Costeira que penetram na região de rochas cristalinas. Nessas províncias destacam-se, em ordem de importância, as seguintes bacias (Figura 2):

➤ Província do Escudo Oriental Nordeste

- Araripe;
- São José do Belmonte, Rio do Peixe e Serra dos Martins;
- Iguatu-Icó-Lima Campos, Mirandiba, Betânia e Fátima;
- Várzea Alegre-Lavras de Mangabeira, Pau dos Ferros, Cedro e Carnaubeiras.

➤ Província Costeira

- Potiguar;
- Recôncavo-Tucano-Jatobá.

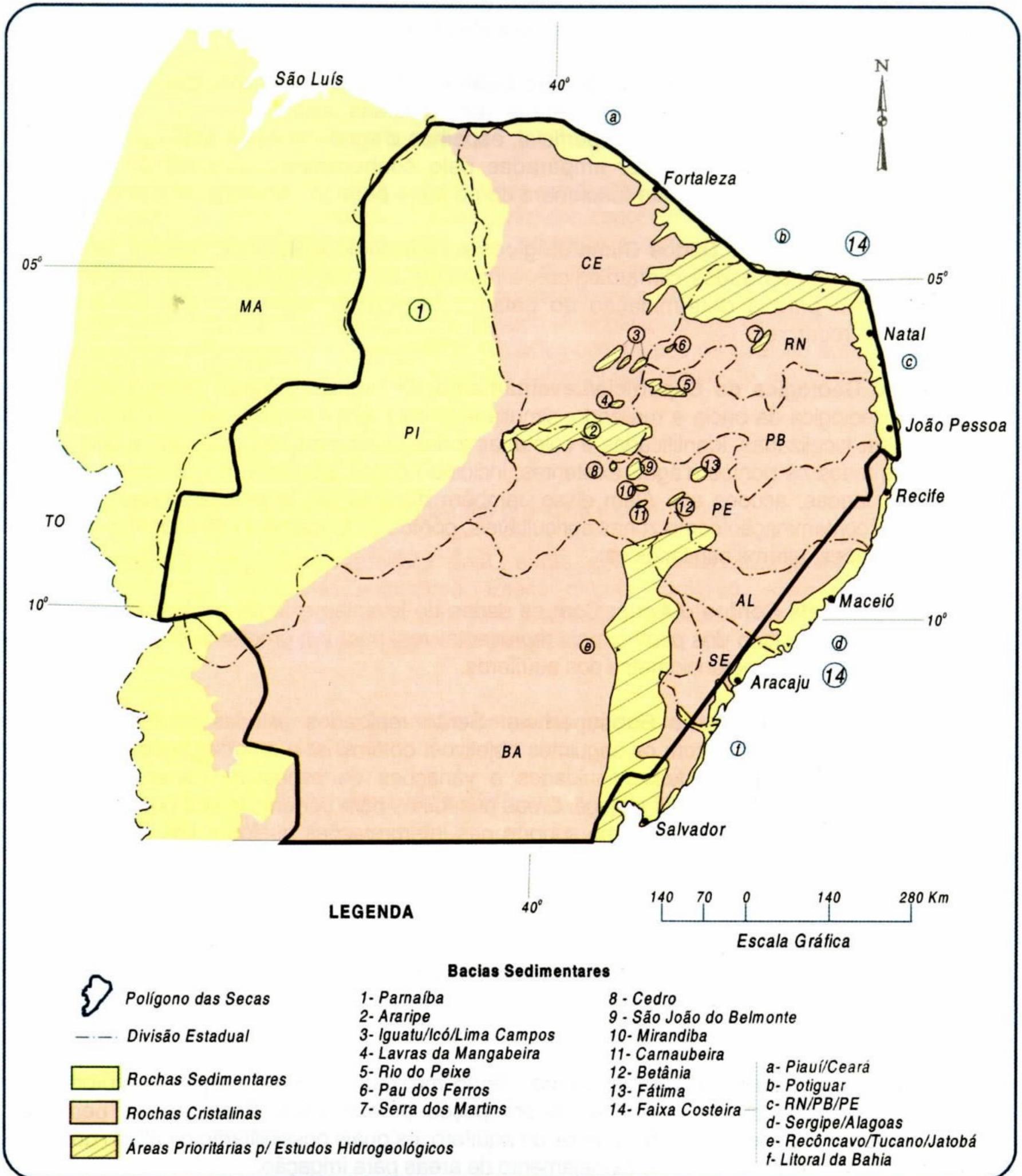
Além dessas bacias especificadas, outras áreas poderão ser priorizadas em função de sua importância para o desenvolvimento da região e de demandas locais, como é o caso de Irecê e Urucuia, na Bahia, a borda leste da bacia do Parnaíba e o vale do Gurguéia, no Piauí.

METODOLOGIA

Os estudos deverão ser efetuados em duas fases.

Fase I – Estudos Hidrogeológicos

- Levantamento Bibliográfico e Cartográfico
- Fotogeologia e Análise de Imagens de Satélite
- Seleção e Análise de Dados Climatológicos – Balanço Hídrico
- Revisão Geológica de Superfície
- Inventário de Pontos d'Água
- Nivelamento (determinação de cota) de Pontos d'Água Selecionados
- Prospecção de Subsuperfície – Geofísica
- Perfuração de Poços e Piezômetros
- Testes de Bombeamento
- Estudos da Qualidade da Água



FONTE: Modificado de DNPM/CPRM, 1981.

Figura 2 – Bacias Sedimentares do Nordeste

- **Levantamento Bibliográfico e Cartográfico.** Inicialmente, deverá ser feito um levantamento completo de toda a bibliografia e cartografia existentes sobre a área e elaborado um relatório preliminar com a síntese do conhecimento atual sobre o problema, o qual servirá de base para a orientação e planejamento das atividades futuras.
- **Fotogeologia e Análise de Imagens de Satélite.** Deverão ser analisadas cuidadosamente imagens de satélite e fotografias aéreas (em diversas escalas) determinando toda a drenagem superficial, espelhos d'água, contatos geológicos, estruturas etc. Essas análises deverão ser amparadas pelo conhecimento preexistente. Deverá ser confeccionado um *overlay*, que funcionará como base para os trabalhos de campo.
- **Seleção e Análise de Dados Climatológicos e Hidrológicos/Balanço Hídrico.** Deverão ser coletados todos os dados climatológicos e hidrológicos existentes sobre a área e realizada uma análise para a determinação do balanço hídrico da região, o qual permitirá inferir valores de recarga.
- **Revisão Geológica de Superfície/Levantamento de Pontos d'Água:** Deverá ser feita uma revisão geológica da bacia e realizado, simultaneamente, um inventário de pontos d'água, onde devem ser localizadas, identificadas e coletadas todas as informações possíveis e disponíveis, e plotados todos os pontos d'água existentes, incluindo poços tubulares, poços amazonas, fontes naturais, lagoas, açudes etc. Além disso, também deverão ser levantadas todas as possíveis fontes de contaminação como zonas agricultáveis, pontos de lançamento de efluentes industriais e esgotos, lixões, aterros sanitários etc.
- **Nivelamento de Pontos d'Água:** Com os dados do levantamento de pontos d'água será feita uma análise e seleção dos pontos mais representativos, para um programa de nivelamento, que permitirá visualizar a potenciométrica dos aquíferos.
- **Prospecção Geofísica de Subsuperfície:** Serão realizados estudos geofísicos, utilizando metodologias modernas, com os seguintes objetivos: determinar a morfologia do embasamento, verificar a existência de discontinuidades e variações de espessura, determinar variações espaciais de transmissividades e eleger áreas prioritárias para perfuração dos poços de pesquisa. Além disso, deve ser utilizado como suporte nas interpretações qualquer tipo de levantamento regional existente.
- **Construção de Poços de Pesquisa e Piezômetros:** Deverão ser perfurados, no mínimo, três conjuntos de poços de pesquisa (poço produtor/piezômetro), em locais indicados pela geofísica. Esses poços terão o seu projeto construtivo definido após a perfuração, com base na análise da amostragem de calha e nos resultados das perfilagens geofísicas realizadas. Pelo menos um conjunto de poços deverá ser estratigráfico e totalmente penetrante.
- **Execução de Testes de Bombeamento:** Serão realizados testes de aquífero e produção em cada conjunto de poços perfurados e em poços preexistentes. Esses testes permitirão a determinação dos parâmetros hidráulicos do aquífero, os quais possibilitarão o cálculo de reservas e simulações iniciais, visando ao planejamento de áreas para irrigação.

- **Estudos da Qualidade da Água:** Deverão ser realizadas análises físico-químicas completas em todos os poços disponíveis e com informações consistidas quanto ao perfil construtivo, visando à classificação da água quanto ao uso e verificação de possíveis variações. Também deverão ser avaliados traços de contaminação em locais julgados suspeitos. As amostras serão coletadas durante o decorrer do projeto e enviadas imediatamente a um laboratório credenciado.

Fase II – Estudos de Otimização do Uso da Água

Com o auxílio de *softwares* específicos, serão feitas simulações de exploração para diversos cenários e usos. Por exemplo, no caso de irrigação, serão otimizados aspectos como: quantidade de perímetros irrigados, área dos perímetros, distância entre os perímetros e número de poços produtores de cada bateria. Nas simulações, serão consideradas, entre outras, as seguintes variáveis: interferência múltipla entre poços, vazão otimizada em função do número e posicionamento dos poços, quantidade de água por tipo de cultura (considerando a vocação da região), tipo de sistema de irrigação, níveis dinâmicos economicamente viáveis para bombeamento etc. Os resultados serão cruzados com mapas de vocação agrícola da região e será feito um planejamento de utilização dos recursos subterrâneos dentro de um padrão otimizado da relação benefício/custo.

PRODUTOS E BENEFÍCIOS

Os estudos realizados permitirão os seguintes produtos e benefícios:

- **Mapas Hidrogeológicos:** Como produto final, serão confeccionados mapas hidrogeológicos completos de todas as bacias estudadas. Esses mapas conterão, além do indicativo de potencialidade e qualidade e todas as informações levantadas, diretrizes para o uso da água, áreas para proteção etc. Serão utilizadas legendas simplificadas, para um melhor entendimento pelo público-alvo.
- **Planejamento otimizado** para o desenvolvimento de abastecimento e projetos de irrigação, utilizando os recursos subterrâneos disponíveis na bacia.
- **Aumento imediato** da oferta de água da região, através da instalação dos poços utilizados no estudo.

ESTRATÉGIA

Para a realização do trabalho, deverão ser formadas equipes que trabalharão de forma integrada, utilizando como base quatro unidades regionais da CPRM: Teresina, Fortaleza, Recife e Salvador.

Recursos Humanos Previstos

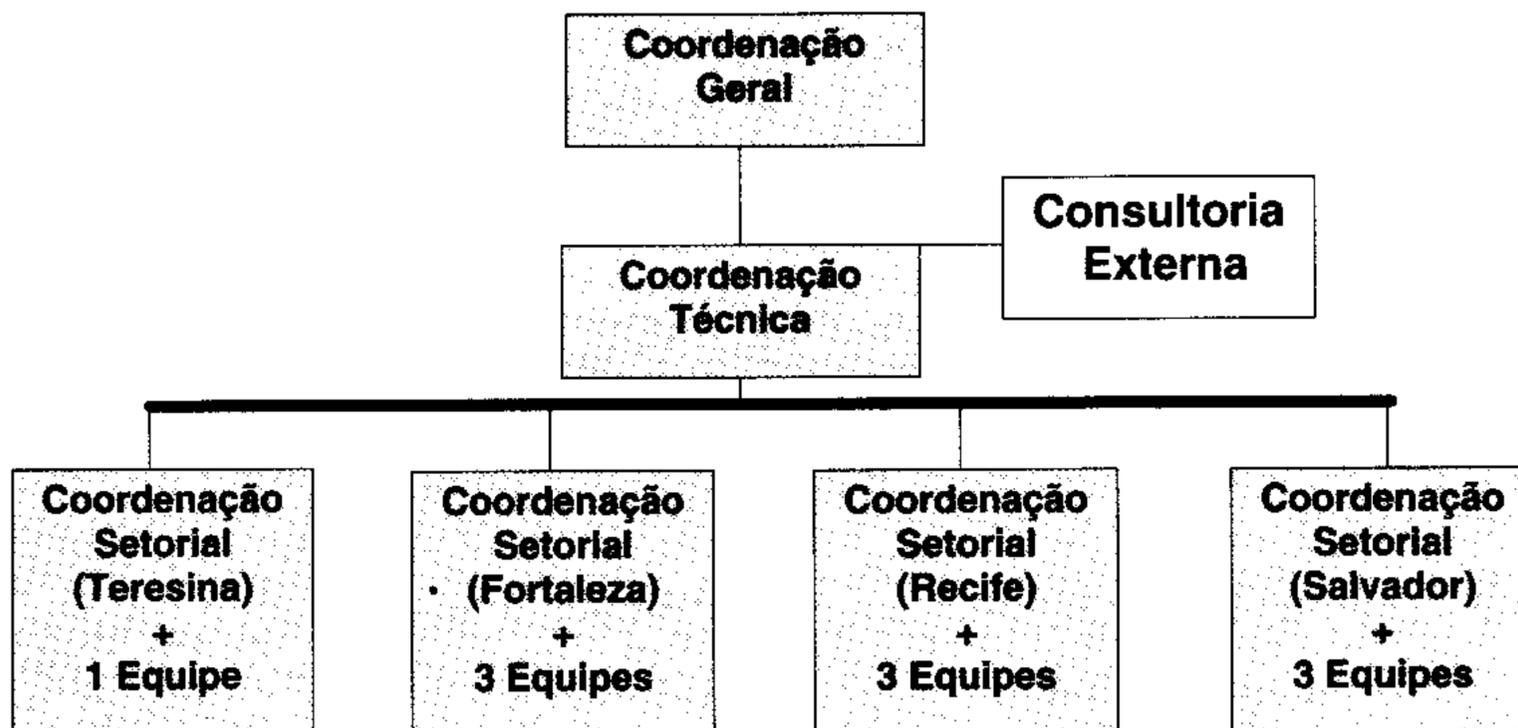
Cada equipe de trabalho será composta de dois geólogos ou engenheiros, um hidrólogo (parcial), um geofísico (parcial) e um técnico de nível médio. O quantitativo de pessoal necessário para a realização do trabalho será:

- **CPRM**
 - Coordenação: 5 hidrogeólogos
 - Equipes: 20 geólogos ou engenheiros; 10 técnicos de nível médio; 4 hidrólogos; 4 geofísicos

Consultoria Externa

- 4 hidrogeólogos seniores
- 4 geofísicos seniores
- 1 hidrólogo

A estruturação de coordenação e execução deverá obedecer ao seguinte organograma:



Recursos Financeiros Previstos

CPRM	R\$ 10.500.000,00
Parcerias	R\$ 32.740.000,00
Total	R\$ 43.240.000,00

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

As atividades deverão obedecer ao cronograma a seguir.

Atividade		Trimestres											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fase I	Levant. Bibliog. e Cartog.												
	Fotog. e Anal. de Imagens												
	Balanço Hídrico												
	Rev. Geol. e Inventário De Pontos d'Água												
	Nivelamento de Pontos d'Água												
	Prospecção Geofísica												
	Perf. Poços e Piezômetro												
	Testes de Bombeamento												
	Estudos da Qualidade da Água												
Fase II													
	Elaboração dos Produtos Finais												

META

2001/2003.

PRODUTO FINAL

Embora articulado em módulos, o Programa Água Subterrânea para a Região Nordeste, se executado integralmente, representará uma revisão e atualização do *Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste*, que ainda é a melhor e mais consistente fonte de informações sobre água subterrânea da região. As informações levantadas, integradas com os estudos hidrogeológicos detalhados, efetuados pontualmente em algumas bacias, e o conhecimento geológico da região, proporcionado pela CPRM nos últimos 30 anos, permitirá a confecção de mapas hidrogeológicos na escala 1:250.000 de todo o Nordeste.

SÍNTESE – RECURSOS FINANCEIROS

O quadro a seguir apresenta uma síntese dos recursos financeiros necessários para a execução do programa, divididos entre a CPRM e as parcerias.

Subprogramas	Recursos Previstos (R\$ 1.000,00)								Total
	2000		2001		2002		2003		
	CPRM	Parc.	CPRM	Parc.	CPRM	Parc.	CPRM	Parc.	
Cadastramento de Fontes de Abastecimento	5.800	9.200	–	–	–	–	–	–	15.000
Rochas Cristalinas	1.300	2.000	1.000	2.780	1.000	2.780	–	–	10.860
Caracterização Global de Aluviões	–	–	3.500	4.000	3.500	4.000	3.500	3.000	21.500
Bacias Sedimentares	–	–	3.500	10.000	3.500	14.000	3.500	8.740	43.240
Total Anual	7.100	11.200	8.000	16.780	8.000	20.780	7.000	11.740	
Total Geral	18.300		24.780		28.780		18.740		90.600

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Programa de Água Subterrânea para a Região Nordeste, diretamente alinhado com a missão da CPRM, procura contribuir para reverter o quadro de desconhecimento hidrogeológico da região, propondo ações diretas e objetivas, tanto na parte básica de levantamento de informações (cadastramento de fontes de abastecimento por água subterrânea e constituição de um banco de dados), como na geração de conhecimento (estudos hidrogeológicos em áreas sedimentares) e desenvolvimento tecnológico (proposição de novas tecnologias para locação de poços em rochas cristalinas). Os subprogramas propostos encontram-se, conforme anteriormente demonstrado, agrupados em função de similaridades hidrogeológicas que possibilitarão, através de uma abordagem sistêmica, a obtenção de resultados de caráter regional e de ampla aplicação que, sem sombra de dúvida, reduzirão os insucessos nas tentativas de captação de água subterrânea e, conseqüentemente, contribuirão expressivamente para a otimização na

aplicação dos recursos financeiros destinados ao combate à seca no semi-árido nordestino. As atividades previstas caracterizam-se como típicas do Serviço Geológico do Brasil e os seus objetivos transcendem as fronteiras da CPRM, de vez que podem contribuir para a melhoria da qualidade de vida, da saúde e da sobrevivência das populações pobres do Nordeste do país. Em razão, portanto, da multidisciplinaridade dos temas e dos múltiplos interesses no sucesso do programa, é que se propõe a sua realização através de parcerias, instrumento aliás sugerido no PPA – Plano Plurianual 2000-2003, e sempre aplicado no âmbito do MME. Dentre os principais órgãos e instituições interessados e afins com os objetivos do programa, destacam-se: SRH/MMA, FNS, Incra, Sudene, DNOCS, Codevasf, Ibama, Embrapa, secretarias estaduais de Recursos Hídricos, Agricultura e Saúde, companhias estaduais de saneamento, órgãos ambientais, universidades e centros de pesquisa, órgãos de financiamento (Banco Mundial etc.).