

PROJETO ÁRIDAS

Uma Estratégia de Desenvolvimento Sustentável para o Nordeste



GT II - RECURSOS HÍDRICOS

GT 2.6 - ÁGUA SUBTERRÂNEA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

Waldir Duarte Costa

Coordenação Geral:

COORDENAÇÃO DA
PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

711.2: 63:504 (213.504)

NOBRE P - ARIDA

V.1 N.1



Ministério da
Integração Nacional



PROJETO ÁRIDAS



Uma Estratégia de Desenvolvimento Sustentável para o Nordeste



GT II- RECURSOS HÍDRICOS

II.6 - ÁGUA SUBTERRÂNEA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMI-ÁRIDO NORDESTIN

Waldir Duarte Costa

Versão Preliminar, sujeita à revisão.
Circulação Restrita aos participantes
do Projeto ARIDAS



PROJETO ÁRIDAS



Um esforço colaborativo dos Governos Federal, Estaduais e de Entidades Não-Governamentais, comprometidos com os objetivos do desenvolvimento sustentável no Nordeste.

O ARIDAS conta com o apoio financeiro de Entidades Federais e dos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Bahia, particularmente através de recursos do segmento de Estudos do Programa de Apoio ao Governo Federal.

A execução do ARIDAS se dá no contexto da cooperação técnica e institucional entre o Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura-IICA e os Estados, no âmbito do PAPP.

ORGANIZAÇÃO

Coordenação Geral: **Antônio Rocha Magalhães**
Coordenador Técnico: **Ricardo R. Lima**

GTI - RECURSOS NATURAIS E MEIO AMBIENTE

Coordenador: **Vicente P. P. B. Vieira**

GT - II - RECURSOS HÍDRICOS

Coordenador: **Vicente P. P. B. Vieira**

GT III - DESENVOLVIMENTO HUMANO E SOCIAL

Coordenador: **Amenair Moreira Silva**

GT IV - ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO REGIONAL E AGRICULTURA DE SEQUEIRO

Coordenador: **Charles Curt Meller**

GT V - ECONOMIA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Coordenador: **Antônio Nilson Craveiro Holanda**

GT VI - POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO E MODELO DE GESTÃO

Coordenador: **Sérgio Cavalcante Buarque**

GT VII - INTEGRAÇÃO COM A SOCIEDADE

Coordenador: **Eduardo Bezerra Neto**

Cooperação Técnica-Institucional IICA: **Carlos L. Miranda** (Coordenador)

COORDENAÇÃO GERAL:

Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação
da Presidência da República
Seplan-PR - Esplanada dos Ministérios - Bloco K - sala 849
Telefones: (061) 215-4132 e 215-4112
Fax: (061) 225-4032



PROJETO ÁRIDAS



COLEGIADO DIRETOR

Presidente: Secretário-Executivo da Seplan-PR

Secretário: Coordenador Geral do ARIDAS

Membros:

Secretários-Executivos dos Ministérios do Meio ambiente e Amazônia Legal, da Educação e Desportos e da Saúde;

Secretário de planejamento e Avaliação da Seplan-PR;

Secretário de Planejamento do Ministério da Ciência e Tecnologia;

Secretário de Irrigação do Ministério da Integração Regional;

Superintendente da Sudene;

Presidente do Banco do Nordeste do Brasil;

Presidente da Embrapa;

Presidente do IBGE;

presidente do Ibama;

Presidente da Codefasv;

Diretor Geral dos Dnocs;

Presidente do Ipea;

Representante da Fundação Esquel Brasil (Organização Não Governamental)

CONSELHO REGIONAL

Membros:

Secretários de Planejamento dos Estados participantes do ARIDAS;

Suplentes: Coordenadores das Unidades Técnicas do PAPP;

Coordenador geral do Aridas;

Representante da Seplan-PR;

Representante da Sudene;

Representante do BNB;

Representante do Ipea;

Representante da Embrapa;

Representante do Codevasf;

Representante da Secretaria de Irrigação do Ministério da Integração Regional;

COMITÊ TÉCNICO

Presidente: Coordenador Geral do aridas;

Membros:

Coordenadores de GT Regionais;

Coordenadores Estaduais;

Representante da Seplan-PR;

Representante da Sudene;

Representante da Embrapa;

Representante do IBGE;

Representante do Codevasf;

Representante da Secretaria de Irrigação/MIR;

Representante do DNAEE;

Representante do Dnocs;

Representante do IICA





1. INTRODUÇÃO

1.1 Caracterização Regional das Águas Subterrâneas

No contexto dos recursos hídricos potencialmente disponíveis na superfície da terra, considerados como tal as águas doces existentes na superfície e até a profundidade de 800 metros, as águas superficiais continentais (rios e lagos de água doce) correspondem a apenas 3% das águas subterrâneas; apesar disso, o uso consuntivo da água superficial para os diversos fins representa 75% do total utilizado.

No Brasil, calcula-se (REBOUÇAS, 1978) que existam até a profundidade de 1.000m, cerca de 58.1012 m³ armazenados, dos quais 22% aproximadamente, estariam na região nordeste, principalmente na Bacia Sedimentar do Parnaíba (Piauí - Maranhão), onde seriam armazenados 82% das reservas regionais.

Entretanto, a distribuição espacial das águas subterrâneas na região nordeste se faz de maneira heterogênea, principalmente considerando as áreas de maior escassez, no semi-árido. Com efeito cerca de 50% do nordeste é representado por rochas do embasamento cristalino (granitos, gnaisses, xistos, etc) de reduzida potencialidade hídrica, correspondendo essa área à localização das zonas de maior aridez, dos Estados do Ceará, R. G. do Norte, Paraíba, Pernambuco, norte da Bahia e leste do Piauí .

Das reservas totais, incluindo as reservas permanentes e as reservas reguladoras deve ser considerada inicialmente a profundidade máxima explorável em função dos aspectos técnicos e econômicos da construção de poço e ainda da qualidade química da água. Quanto aos aspectos técnico-econômicos da construção de poços, admite-se atualmente uma profundidade limite, na região nordeste, em torno dos 1.000m, já existindo vários poços perfurados até esse limite, principalmente na região de Mossoró (RN) e na Bacia do Parnaíba no Piauí. No que se refere a limitação de profundidade em função da qualidade, pode ser citada a Bacia Sedimentar do Recôncavo, na Bahia, onde as águas dos aquíferos situados a profundidades superiores a 800m já se acham salinizados.

Em função dessas limitações, considera-se como explorável apenas as águas armazenadas até o limite definido regionalmente para cada aquífero ou sistema aquífero da bacia sedimentar, e, por extensão, para os terrenos cristalinos.

Conforme definido conceitualmente no PLIRHINE (1980), "POTENCIALIDADES, representa a quantificação dos recursos hídricos sem a intervenção humana, em seu estado natural. Depende portanto das



características geológicas, geográficas, climáticas e fisiográficas e está representado pelo escoamento natural de base dos rios".

Conquanto o conceito de potencialidade esteja ligado ao escoamento natural de base dos rios, admite-se em alguns casos, uma exploração depletiva em que se participe com uma reduzida parcela das reservas permanentes durante um tempo determinado.

Enquanto isso, o PLIRHINE define como "DISPONIBILIDADE, a parcela das potencialidades ativadas pela ação do homem; suas variações, portanto, dependerão não somente dos fatores naturais como também, daqueles ligados ao destino da água. Esse conceito, no sentido amplo, envolve portanto : localização, regime, qualidade, nível tecnológico, tipo do uso e aspectos econômicos".

Quando se calcula as disponibilidades de exploração de um aquífero devem ser consideradas a disponibilidade real que representa o volume total anual que pode ser retirado a partir das obras existentes, num regime de exploração de 24/24 horas e a disponibilidade de uso que corresponde à exploração usual do aquífero a partir do regime de exploração adotado (12/24, 6/24, 2/24, etc) em cada obra de captação.

A avaliação das reservas, potencialidades e disponibilidades das águas subterrâneas é ainda muito imprecisa na região nordeste, como de resto em todo o Brasil. Os estudos regionais a nível de reconhecimento foram executados nas décadas de 60 e 70 e desde então não foi efetuado um estudo a nível de detalhamento para quantificação precisa desses valores, existindo inclusive dados controversos sobre a real potencialidade hídrica subterrânea.

Bem mais difícil porém, é quantificar as disponibilidades usuais pois nem mesmo um cadastro geral dos poços perfurados no nordeste se acha atualizado. Os órgãos públicos federais que vinham executando uma base de dados informatizada - SUDENE, DNPM e CPRM - não estão atualizados com os dados dos últimos anos, quando o número de poços cresceu consideravelmente em razão das duas últimas secas. Além de desatualizados, em termos quantitativos, também são esses bancos de dados desatualizados qualitativamente, pois não dispõem de dados atuais de uso do poço, da vazão bombeada, do regime de exploração diária, da finalidade de uso, etc; inclusive, muitos desses poços - em algumas regiões chega a 40% - se acham desativados, por problemas técnicos (sistema de bombeio danificado), pela má qualidade da água ou até mesmo por problemas políticos.

No âmbito do presente trabalho, será tomado como base os estudos hidrogeológicos executados no PLIRHINE (1980), que tomou como referencial a potencialidade explorável, considerada como equivalente ao escoamento natural de base dos rios. Esses dados foram atualizados pelo próprio autor do referido trabalho, geólogo José do Patrocínio T. de Albuquerque, que atua

como coordenador do Grupo Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba, no Projeto ARIDAS.

Os cálculos efetuados para reservas totais das águas subterrâneas serão apresentados apenas por "sistema aquífero" enquanto as avaliações das potencialidades serão apresentadas tanto por "sistema aquífero" como por "bacia hidrográfica".

As disponibilidades hídricas subterrâneas serão estimadas a partir de uma apreciação estatística por "sistema aquífero" e distribuídas por bacia hidrográfica em valores anuais, tomando-se por base a disponibilidade real e não a de uso, que é absolutamente desconhecida e muito variável em função da demanda, do uso a que se destina e de condicionantes econômicos.

1.2 Desenvolvimento da Hidrogeologia no Nordeste

O estudo das águas subterrâneas corresponde à ciência da hidrogeologia e o seu surgimento no Brasil tem seu berço justamente na região nordeste em função da carência de águas superficiais decorrente de continuados períodos de estiagem, conhecidos desde séculos atrás, como o fenômeno das secas.

É importante analisar o desenvolvimento da hidrogeologia e das obras correlatas na região nordeste para que se possa compreender o atual estado de carência de conhecimentos e as necessidades futuras de retomada do ritmo inicial.

O desenvolvimento, nem sempre evolutivo, da hidrogeologia regional, passou até o momento atual por três fases : a primeira, todo o período anterior a 1960; a segunda correspondeu às décadas de 60 e 70 e a terceira, da década de 80 até a atualidade.

A primeira fase caracterizou-se pelo empirismo com que eram abordados os aspectos ligados às águas subterrâneas, devido a ausência de profissionais especializados, sobretudo geólogos.

As atividades desenvolvidas ficaram restritas às perfurações de poços, executadas na maior parte por empresas públicas como o IFOCS (posteriormente designado DNOCS), DNPM e FSESP, através de máquinas percussoras.

A ausência de mapas geológicos e até mesmo de mapas planialtimétricos na escala adequada (1:100.000 ou superior) e de aerofotos, impedia a realização de estudos hidrogeológicos, podendo se mencionar apenas algumas publicações técnicas, sobretudo pelo DNPM, e trabalhos executados por geólogos estrangeiros como Kegel, Branner, Small e outros.





No final desta fase, no Governo de Juscelino Kubistheck de Oliveira, dois importantes eventos vieram a lançar a semente para o desenvolvimento da hidrogeologia no nordeste, que foram :

- a criação dos cursos de geologia no Brasil, surgindo em 1957 o Curso de Geologia do Recife (PE), em 1958 o de Salvador (BA) e já na década seguinte, o de Fortaleza (CE); o de Natal (RN) surgiu apenas na década de 70;
- a criação, também em 1957, da SUDENE e da CONESP.

A segunda fase foi marcada pela formação profissional das primeiras turmas de geólogos, assim como pela arregimentação dos quadros de pessoal da SUDENE e CONESP.

A década de 60 foi marcada por uma intensa produção técnica-científica, principalmente através da SUDENE, que além de possuir um quadro de mais de 50 geólogos, procurava melhor qualificar aqueles técnicos recém-formados com a experiência de especialistas estrangeiros que para cá vieram em "missões" como a de Israel, França, Alemanha e Estados Unidos.

Dentre as publicações de vulto, merece destaque o "Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste" que em sucessivos anos, cobriu quase todo o nordeste, com mapas hidrogeológicos, cadastro de poço e um texto hidrogeológico que ainda hoje é amplamente consultado em todos os trabalhos regionais ou localizados, no âmbito do nordeste.

Ainda nesta fase, foi criada a CPRM que passou a desenvolver, paralelamente à pesquisa de recursos minerais, a área de perfuração de poços, sendo hoje a empresa que perfura os poços mais profundos para captação de águas subterrâneas em todo o País.

Durante esta fase, foram desenvolvidos vários trabalhos técnicos visando o abastecimento d'água de Natal (RN), Maceió (AL), Recife (PE) (como complemento ao manancial superficial), São Luiz (MA) além de inúmeras cidades do interior; também foram estudados os potenciais hídricos subterrâneos de grandes bacias sedimentares como a de Parnaíba (PI/MA), Apodi (RN) Bacia Costeira de Pernambuco/Paraíba e de Alagoas/Sergipe e Região Cárstica Central da Bahia; grandes bacias hidrográficas tiveram estudadas a componente de água subterrânea, como as de Mearim e Itapecuru (MA), Parnaíba, Poti, Piauí e Gurguéia (PI), Jaguaribe (CE) Piranhas-Açu (PB/RN), Capibaribe, Pajeú e Brigida (PE), Vaza Barris e Itapicurú (BA) etc.

Também foram desenvolvidos estudos visando a implantação de distritos industriais com abastecimento de água subterrânea, como os de Aratu e Camaçari (BA), Igarassu (PE), dentre outros.

Durante esta fase os governos estaduais do nordeste criaram estruturas para funcionamento das atividades de perfuração de poços, adquirindo máquinas percussoras (na década de 60) e roto-pneumáticas (na década de 70 em diante) e contratando geólogos para os seus quadros.

Na área da formação de recursos humanos, um evento importante para a hidrogeologia marcou essa fase que foi a criação em 1973 do Curso de Mestrado em Hidrogeologia na Universidade Federal de Pernambuco, único no nordeste e um dos dois existentes até hoje em todo o País.

Apesar do incremento das atividades tecnológicas e o surgimento da especialização do técnico com a pós-graduação, o final dessa fase marcou o início do declínio na pesquisa e na divulgação de trabalhos científicos na área hidrogeológica, sobretudo pela mudança radical ocorrida na estrutura e objetivos da SUDENE, que passou em meados da década de 70, de órgão executor para mero gerenciador e fiscalizador das atividades técnicas, resultando no afastamento de 80% do seu quadro técnico na área de geologia e hidrogeologia.

A terceira fase que se iniciou na década de 80 foi marcada por avanços tecnológicos na área da informática, dos modelos matemáticos e estatísticos, da geologia ambiental e controle à poluição, inclusive no campo da hidrogeologia.

Estudos mais avançados a partir de modelos matemáticos passaram a ser empregados nos dimensionamentos de vazões explotáveis e níveis, e bombeamento em baterias de poços para abastecimento público e irrigação.

Uma nova área de aplicação da hidrogeologia começou a ser desenvolvida no início da década de 80 em São Paulo, chegando ao final da década ao nordeste, que foi o estudo da poluição dos mananciais hídricos subterrâneos, integrado a um contexto mais amplo da geologia ambiental.

Surgiu também um maior entrosamento entre os estudos dos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos, como base para elaboração do "plano de gestão de recursos hídricos", relacionados às bacias hidrográficas.

Embora as pesquisas científicas não tenham se desenvolvido satisfatoriamente, como na fase anterior, surgiu uma maior oportunidade para divulgação dos trabalhos realizados, através dos Congressos Brasileiros de Águas Subterrâneas (bi-anuais) e Simpósios Regionais, promovidos por uma associação específica da área, a ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, criada no final da década de 70, tendo realizado o seu 1º Congresso Brasileiro em 1980 na cidade do Recife.



1.3 ASPECTOS INSTITUCIONAIS

1.3.1 Instituições Regionais

As águas subterrâneas fazem parte integrante e indissociável do ciclo hidrológico, juntamente com as águas meteóricas e as águas superficiais.

Apesar disso, essas três componentes do ciclo hidrológico, costumam ter, no Brasil, uma administração independente, não as encontrando em grande parte das instituições federais ou estaduais, tratadas em conjunto.

Assim é que as águas meteóricas são administradas por entidades que cuidam apenas da meteorologia ou que estão aparelhadas com ênfase para essa área de conhecimento. Eventualmente podem essas entidades cuidar também de águas superficiais em alguns dos seus aspectos, como por exemplo, o monitoramento de reservatórios hídricos.

Por outro lado, algumas entidades são responsáveis pela administração dos recursos hídricos, porém as águas subterrâneas quase não são enfocadas nesse contexto e às vezes, não possuem sequer em seus quadros técnicos, um especialista da área de hidrogeologia.

As águas subterrâneas por serem consideradas como um bem mineral, têm o seu controle ligado ao Departamento Nacional de Produção Mineral, pertencente ao Ministério das Minas e Energia, ficando assim, completamente dissociada, institucionalmente dos demais recursos hídricos.

O DNPM/CPRM tem investido, ultimamente, na elaboração de mapas de recursos hídricos subterrâneos na escala 1:100.000, já tendo publicado algumas folhas do contexto de rochas cristalinas do semi-árido. Nestes mapas faz-se a indicação de zonas de falhas/fraturas relativamente mais favoráveis à locação de poços.

Coube à SUDENE (Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste) o papel mais importante no estudo das águas subterrâneas na região nordeste, durante as décadas de 60/70, porém dos mais de 20 (vinte) geólogos que dispunha em 1965, restam hoje apenas 3 (três), desempenhando atividades meramente administrativas.

Os estudos e as pesquisas desenvolvidas pela Divisão de Hidrogeologia do Departamento de Recursos Naturais da SUDENE através de seus técnicos e especialistas de missões técnicas estrangeiras representaram o que mais avançado existia naquela época em todo o Brasil, tendo servido de modelo para as posteriores ações no campo da hidrogeologia nos estados do sul, como São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Minas Gerais e Rio Grande do Sul.

O Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, realizado pela SUDENE entre 1966-1980, representa, sem dúvida, o maior marco da hidrogeologia nacional e tem servido de base aos estudos que se desenvolvem

na região desde então. O programa cobriu toda a área do Nordeste e compreende 32 folhas na escala 1:500.000. Os resultados são apresentados na forma de mapas hidrogeológicos, os quais foram publicados e distribuídos amplamente a nível regional e até nacional. Cada folha apresenta os elementos hidrogeológicos essenciais, tais como: base geológica, rede de poços cadastrados - com indicação do nível estático (m), capacidade específica ($m^3/h.m$) e residuo seco (mg/l), características hidrodinâmicas (T, K, S, S_y), potenciometria dos aquíferos sedimentares, indicação dos setores com potenciais de águas subterrâneas relativamente elevados, médios e baixos; nota explicativa dos elementos representados e das interpretações, com ênfase na definição das condições e/ou perspectivas de uso (doméstico, industrial e irrigação) das águas subterrâneas.

Um outro órgão federal de atuação na região nordeste é o DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) que vem desde o início do século (com anterior denominação de IFOCS) desempenhando importantes ações para minimizar o secular problema das secas no semi-árido nordestino. As principais atividades desse órgão são a perfuração de poços e a construção de açudes, desempenhando ações paralelas na irrigação, piscicultura dentre outras.

Apesar de ter sido o órgão federal que perfurou a maior quantidade de poços no passado (atualmente atua em apenas algumas regiões do nordeste oriental), ele jamais desempenhou uma ação de estudos e pesquisas nesse campo, tendo sempre tido um irrisório número de geólogos - 1 a 2 em todo o nordeste.

Igualmente a CODEVASF (Companhia do Desenvolvimento do Vale do São Francisco) vem desempenhando ações em recursos hídricos, principalmente relacionadas à irrigação ao longo das margens do Rio São Francisco. Todavia, a participação das águas subterrâneas nos estudos e projetos vem se fazendo de maneira muito incipiente, face a precariedade desses recursos naturais naquelas áreas.

A PLANVASF/OEA (1985) realizaram o Diagnóstico Hidrogeológico da Bacia do Rio São Francisco, indicando recursos de águas subterrâneas da ordem de 10 bilhões de m^3/ano , suficientes para irrigar cerca de 1 milhão de hectares em perímetros de 3 a 36 hectares por poço.

Um outro organismo federal que já desempenhou importante papel foi a FSESP (Fundação de Serviços e Saúde Pública) atualmente denominada de FNS (Fundação Nacional de Saúde), pois mesmo antes de surgirem os primeiros geólogos, vinha esse órgão executando curso de preparação de técnicos de nível médio na área de perfuração de poços. Atualmente essa entidade ainda vem perfurando poços em alguns estados do nordeste, principalmente no Ceará, onde executou os melhores poços já construídos na região do Crato.





O RADAM elaborou uma cartografia de recursos naturais na escala de 1:1.000.000 onde as reservas de águas subterrâneas foram avaliadas. No geral, os volumes encontrados ficaram dentro das ordens de grandeza calculados pelo Inventário Hidrogeológico Básico da SUDENE.

1.3.2 Instituições Estaduais

O acompanhamento sobre a utilização das águas subterrâneas a nível estadual apresenta-se absolutamente diferenciado em cada Estado do Nordeste, mas em todos eles têm um ponto em comum : acha-se integrado às águas superficiais, formando, como não deveria deixar de ser, um conjunto indissociável denominado de recursos hídricos.

A seguir são descritas as instituições em cada unidade federativa nordestina, nas quais são contemplados os recursos hídricos, sob a forma de Secretaria de Estado, ou como Diretoria de uma Secretaria de Estado, ou como uma autarquia, órgão ou fundação.

a) Maranhão

Os recursos hídricos são coordenados principalmente pela Secretaria de Estado de Infraestrutura - SINFRA que possui uma Coordenadoria de Recursos Hídricos, uma Divisão de Planejamento e Hidrologia e uma Divisão de Gestão de Recursos Hídricos. A área de irrigação fica afeta a uma Coordenadoria de Irrigação da Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento e Irrigação. Os serviços de perfuração de poços são executados em parte pela CAEMA - Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão e outra parte pela COPENAT - Companhia de Pesquisa e Aproveitamento de Recursos Naturais.

b) Piauí

Todas as atividades de recursos hídricos estão vinculadas à Secretaria da Agricultura, Abastecimento e Recursos Hídricos - SEAAB-RH, que contém o Departamento de Irrigação e Recursos Hídricos e o Departamento de Hidrometeorologia. As entidades executivas ligadas a SEAAB-RH são o COMDEPI - Companhia de Desenvolvimento do Piauí, responsável pelas obras de engenharia hidráulica e projetos de irrigação, a AGESPISA - Companhia de Águas do Piauí, que trata da distribuição da água e a EMATER - Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Piauí que subsidia as ações de irrigação à política agrícola.

c) Ceará

Nesse Estado existe uma Secretaria de Recursos Hídricos onde são exercidos o planejamento e a gestão das águas superficiais e subterrâneas. A essa Secretaria se acha ligada a COGERH que é a Coordenadoria de Gestão de Recursos Hídricos que desempenha as funções executivas e administrativas

relacionadas a essa área, e a SOHIDRA - Superintendência de Obras Hidráulicas que participa do sistema na operação de reservatórios e preservação.

Fora do âmbito dessa Secretaria funciona ainda a FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia, ligada à Secretaria de Ciências e Tecnologia e a CAGECE - Companhia de Abastecimento de Águas e Esgotos do Ceará, ligada à Secretaria de Saneamento e Obras.

O uso da água para fins agrícolas, sobretudo a irrigação, se acha vinculado à Secretaria de Agricultura.

d) Rio Grande do Norte

A principal responsável é a Secretaria de Transportes e Obras Públicas - STOP à qual estão vinculadas a CAERN - Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, responsável pela distribuição de água para abastecimento das áreas urbanas e a CDM - Companhia de Desenvolvimento Mineral do Estado do Rio Grande do Norte, órgão encarregado da perfuração de poços.

Na Secretaria de Agricultura existe uma Coordenadoria de Recursos Hídricos - COHIDRO responsável pelas obras de açudagem e irrigação. Finalmente na Secretaria de Planejamento existe a Fundação IDEC que possui o Setor de Recursos Hídricos, responsável pelo Inventário Hídrico do Estado.

e) Paraíba

Apesar de já haver possuído uma melhor estrutura administrativa para os recursos hídricos, com uma Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, extinta no Governo Estadual do período 87/90, esse Estado apresenta um esquema institucional bastante simplificado, onde todas as ações de planejamento estão afetas à Secretaria de Planejamento - SEPLAN, ficando as ações executivas sob a responsabilidade da CAGEPA - Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba, encarregada da distribuição da água nas áreas urbanas e a CDRM - Companhia de Desenvolvimento dos Recursos Minerais que perfura os poços.

Ligadas à Secretaria de Agricultura ficam as ações relacionadas à irrigação.

f) Pernambuco

Não existe nenhuma Secretaria de Estado específica, sendo os recursos hídricos tratados de maneira dispersa e descentralizada em várias Secretarias.

Na Secretaria de Habitação, Saneamento e Obras existe uma "Diretoria de Recursos Hídricos" que deveria exercer ações de planejamento para serem executadas pela COMPESA - Companhia Pernambucana de saneamento, vinculada a esta Secretaria.





Na Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, existe um " Setor de Recursos Hídricos " subordinado à Diretoria do Meio Ambiente e um órgão que deveria exercer as ações executivas no campo do controle à poluição e da administração dos recursos hídricos, que é a CPRH - Companhia Pernambucana de Combate à Poluição e Administração dos Recursos Hídricos.

Na Secretaria de Agricultura existe uma Diretoria de Recursos Hídricos que administra e contrata obras de açudagem e irrigação, além da perfuração de poços para atendimento da demanda d'água do meio rural.

Até na Secretaria de Saúde existe um Departamento de Saúde Pública que procura controlar a perfuração de poços na Área Metropolitana do Recife, apesar de não possuir nenhum geólogo no setor.

g) Alagoas

Duas Secretarias de Estado dividem as ações em recursos hídricos : a Secretaria Extraordinária de Recursos Hídricos e Irrigação, a qual se acha subordinada a EDRN - Empresa de Desenvolvimento de Recursos Naturais encarregada da perfuração de poços e a Secretaria de Saneamento e Energia, onde se localiza a CASAL - Companhia de Águas e Saneamento do Estado de Alagoas, responsável pela distribuição das águas para abastecimento das áreas urbanas.

h) Sergipe

Em recente decreto estadual de 26/04/94 o Governo Estadual criou o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, competindo à Secretaria do Estado do Planejamento - SEPLAN, a Coordenação Geral de suas ações. Além da SEPLAN, existem duas outras Secretarias de Estado envolvidas com recursos hídricos : a Secretaria de Irrigação e Ação Fundiária - SEIAF e a Secretaria de Estado de Obras Públicas - SEOP; à primeira acha-se relacionada a COHIDRO - Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe, encarregada da perfuração de poços e obras de irrigação enquanto que, ligada à segunda vem o DESO - Companhia de Saneamento de Sergipe, responsável pelo abastecimento de água nas cidades.

Desempenham ainda um papel secundário no contexto dos recursos hídricos , o CEPES - Centro de Pesquisas Espaciais de Sergipe e a ADEMA - Administração Estadual do Meio Ambiente, ambos ligados à Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, além da EMDAGRO - Empresa de Desenvolvimento Agro-pecuário de Sergipe, ligado à Secretaria da Agricultura .

i) Bahia

A Secretaria de Estado de Recursos Hídricos, Habitação e Saneamento desempenha as principais ações na área de planejamento e gestão de

recursos hídricos, sendo as atividades executivas realizadas pelas companhias mistas, com destaque para a EMBASA - Empresa Baiana de Saneamento encarregada da distribuição da água nas áreas urbanas e a CERB - Companhia de Engenharia Rural, que executa a perfuração de poços e outras obras de exploração de água no meio rural.

Conforme se depreende das diversas formas institucionais de administração de recursos hídricos, quatro são as feições com que se apresentam :

- I - Existência de uma Secretaria de Recursos Hídricos totalmente desvinculada de usuários da água, como é o caso do Ceará;
- II - Existência de uma Secretaria de Recursos Hídricos associada a uma atividade de usuário, como ocorre nos Estados do Piauí (junto com Agricultura e Abastecimento), em Alagoas (junto com a Irrigação) e na Bahia (junto com Habitação e Saneamento);
- III - Inexistência de uma Secretaria de Recursos Hídricos porém com uma Secretaria que lidera as ações no campo dos recursos hídricos, como no Estado do Maranhão (Secretaria da Infra-Estrutura), a Paraíba (Secretaria de Planejamento) e Sergipe (Secretaria de Planejamento);
- IV - Inexistência de Secretaria de Recursos Hídricos bem como de liderança por parte de alguma Secretaria, como ocorre nos Estados do R.G. do Norte e Pernambuco.

Evidentemente que a melhor situação institucional é a primeira, como é o caso do Estado do Ceará; a junção da Secretaria de Recursos Hídricos com outra atividade, sobretudo de usuário da água, tende a demorar as ações no campo do usuário (abastecimento d'água, irrigação, etc) e deixar de cumprir os objetivos de planejamento e gestão dos recursos hídricos; a pior situação, todavia, é aquela em que inexistente qualquer Secretaria responsável pelo comando das ações na área dos recursos hídricos.

1.4 ASPECTOS LEGAIS

As águas subterrâneas a partir da nova Constituição do Brasil, de Outubro/88, passaram a ser propriedade do Estado e não mais do proprietário do terreno abaixo do qual ela se encontra (art.26, II da Constituição Federal do Brasil).

Em decorrência dessa nova situação, deveria ser regulamentada pelo Estado a exploração desses recursos hídricos, todavia segundo o item VI do art.22 da Constituição Federal cabe com exclusividade à União, legislar sobre águas em todo o território nacional.

O Projeto de Lei n* 7.127/86 que "Dispõe sobre águas subterrâneas, define critérios de outorga de direitos de seu uso e dá outras providências"





acha-se no Congresso Nacional desde 1986, já tendo sido aprovado pela Câmara Federal e Senado, encontrando-se atualmente novamente na Câmara para ratificação das emendas propostas pelo Senado.

De acordo com o art.24 Inciso VI da Constituição Federal, que diz : "Compete a União, aos Estados e ao Distrito Federal, legislar concorrentemente sobre : ...VI - florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição;" torna-se possível constitucionalmente aos Estados, executarem "concorrentemente com a União" a sua legislação para preservação dos recursos hídricos subterrâneos por serem os mesmos um dos "recursos naturais" citados na Lei.

Em função dessa abertura propiciada pela Constituição Federal, é possível cada Estado realizar sua própria legislação, desde que não venha a divergir daquela estabelecida a nível federal, ora em tramitação no Congresso Nacional.

No Nordeste, o Estado do Ceará é o único que já possui a sua lei aprovada desde 1992; em outros Estados se acha em fase de elaboração, estando no Estado de Pernambuco o Projeto de Lei específico na Assembléia Legislativa para aprovação, a partir de agosto/94.

Uma vez aprovada a Lei Estadual, deverá ser efetuada a sua normatização, sobretudo no que se refere a outorga para uso da água. Deverão ser definidos os critérios de outorga, estabelecida a rotina para solicitação da "Licença de Execução" de obra e posterior "Licença de Operação", uma vez constatado pelo órgão fiscalizador, o cumprimento das normas regulamentares de construção de poços pela empresa de perfuração encarregada da obra.

Como se pode constatar, na região nordeste o problema do cumprimento de uma legislação específica para exploração das águas subterrâneas ainda se acha muito distante de ser concretizado, no que vem resultando sensíveis problemas, tais como : super-exploração de aquíferos, salinização de aquíferos, poluição orgânica e inorgânica das águas subterrâneas, interferências entre poços, desperdícios em poços jorrantes não tamponados, dentre outros.

O problema, aliás, não se restringe à região nordeste, mas ocorre em quase todo o País, excetuando-se o Estado de São Paulo que já havia elaborado a sua lei antes da Constituição Federal de 88. Com a existência da lei e sua posterior regulamentação, pôde o DAEE daquele Estado efetuar um controle da exploração, que se não vem funcionando da melhor maneira desejável, tem evitado a continuidade de uma série de problemas que vinham ocorrendo na exploração dos aquíferos daquele Estado.

2. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

2.1 As Províncias Hidrogeológicas

Os grandes sistemas aquíferos distribuídos ao longo da superfície do Brasil foram classificados em PROVÍNCIAS HIDROGEOLÓGICAS com subdivisão, quando cabível, em SUBPROVÍNCIA, constando a distribuição dessas províncias no Mapa Hidrogeológico do Brasil, publicado em 1983 pelo DNPM/MME - Departamento Nacional das Minas e Energia.

Na região nordeste as províncias hidrogeológicas mapeadas são as seguintes :

- Parnaíba;
- Escudo Oriental;
- São Francisco;
- Costeira;

A província "Escudo Oriental" subdivide-se nas sub-províncias seguintes: Nordeste; Sudeste.

A província "Costeira" subdivide-se nas seguintes sub-províncias :São Luiz/Barreirinhas; Ceará/Piauí; Potiguar; Pernambuco/Paraíba; Alagoas/Sergipe; Recôncavo/Tucano/Jatobá.

As províncias Parnaíba e Costeira são constituídas por aquíferos intersticiais ou porosos, dotados de porosidade e permeabilidade boas a regulares; a província São Francisco inclui aquífero intersticial e aquífero cárstico-fissural em que a porosidade e a permeabilidade são secundárias, proporcionadas por fraturas e dissolução dos calcários; a província Escudo Oriental é representada pelo aquífero fissural, de rochas duras fraturadas, com baixas porosidade e permeabilidade.

2.2 A Província Parnaíba

Esta província localiza-se na região nordeste ocidental, abrangendo cerca de 90% do Estado do Piauí e todo o Estado do Maranhão, correspondendo geologicamente à Bacia Sedimentar do Parnaíba também conhecida como Bacia Sedimentar do Maranhão.

Nesta bacia sedimentar constituída de uma alternância de formações geológicas de composição litológica variada entre arenitos, siltitos, argilitos e folhelhos, os principais aquíferos são mostrados no Quadro 2.1 (na ordem do mais recente para o mais antigo).





Quadro 2.1 : Sequência dos aquíferos da Província Parnaíba

IDADE	AQUÍFERO	ESP. MÉDIA (m)	CONSTITUIÇÃO LITOLÓGICA
Quaternário	Aluvial	5	Areias e argilas
Tercio-Quaternário	Barreiras	60 a 80	Arenitos, areias e argilas
Cretáceo	Itapecuru	100	Arenitos, folhelhos e siltitos
	Codó	220	Arenitos, folhelhos e calcários
Jurássico	Corda	160	Arenitos, siltitos, folhelhos e silix
Triássico/Permiano	Pastos Bons/Motuca	180	Arenitos, mudstones, silt. e calcários
Carbonífero	Piauí	200	Arenitos e folhelhos
	Poti	200	Arenitos e folhelhos
Devoniano	Cabeças	300	Arenitos e siltitos
	Serra Grande	500	Arenitos grosseiros

Os aquíferos Serra Grande, Cabeças, Poti e Piauí são explorados no Piauí enquanto os aquíferos Corda e Codó se restringem ao Maranhão. Os aquíferos Barreiras e aluvial ocorrem indistintamente nos dois Estados. O aquífero Pastos Bons/Motuca ocorre na faixa limítrofe aos dois Estados porém é pouco explorado face a sua permeabilidade muito baixa.

O aquífero Serra Grande é explorado principalmente sob condições de artesianismo, proporcionando poços jorrantes ao longo da borda oriental da bacia sedimentar desde Pedro II ao norte, até São João do Piauí ao sul. Os seus coeficientes hidrodinâmicos médios são :

- Transmissividade - $T = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 4,3 \cdot 10^{-4}$

A produtividade é muito elevada, com poços de vazão específica superior a 4m³/h/m e vazões superiores a 100 m³/h para rebaixamento do nível d'água de 25m; a qualidade da água é muito boa, com Resíduo Seco (R.S.) médio de 300mg/l.

O aquífero Cabeças, separado do Serra Grande por um aquífero - Formação Pimenteiras - é considerado o melhor aquífero da região apesar de possuir menor espessura do que o Serra Grande, em função das suas condições de exploração serem mais favoráveis. Acompanha a Formação Serra Grande ao longo da faixa de afloramentos, sendo todavia melhor explorado em condições de artesianismo, por sob a Formação Longá, constituída de folhelhos. Seus coeficientes hidrodinâmicos médios são :

- Transmissividade - $T = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 3,7 \cdot 10^{-4}$

As características de produtividade são as mesmas do aquífero Serra Grande, e a qualidade química da água é semelhante, com média de R.S.= 330mg/l.

O sistema aquífero Poti/Piauí será considerado conjuntamente por não existir entre as duas formações aquíferas nenhum aquíclodo ou aquícardo que proporcione separação das águas armazenadas nos dois aquíferos. O sistema aflora extensivamente no Estado do Piauí, ao norte do paralelo 8°00', sendo mais comumente explorado na condição de aquífero livre a semi-confinado. Seus coeficientes hidrodinâmicos médios são os seguintes :

- Transmissividade - $T = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Porosidade eficaz - $m = 2,0 \cdot 10^{-3}$

A produtividade do sistema é elevada a média, tendo os poços vazão específica entre 1 e 4 m³/h/m e vazões entre 25 e 100 m³/h para rebaixamento de nível d'água de 25m. A água é de boa qualidade, com R.S. médio da ordem de 200mg/l.

O sistema aquífero Pastos Bons/Motuca é muito fraco e ocorre em área restrita, sendo pouco explorado. Seus parâmetros hidrodinâmicos médios são:

- Transmissividade - $T = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 2,0 \cdot 10^{-4}$

A produtividade do sistema aquífero é média a fraca, tendo os poços vazões específicas entre 0,13 e 1,0 m³/h/m com vazões entre 3,2 e 25 m³/h para rebaixamento de nível d'água de 25m.

O aquífero Corda ocorre na condição de livre, semi-confinado e confinado, sendo mais explorado como semi-confinado onde apresenta melhores condições hidrodinâmicas. Sua área de exploração situa-se no centro-sul do Estado do Maranhão e seus parâmetros hidrodinâmicos médios são :

- Transmissividade - $T = 8,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 4,0 \cdot 10^{-6}$

A produtividade do aquífero é média, tendo os poços a vazão específica entre 1 e 4 m³/h/m e vazões entre 5 e 25 m³/h para rebaixamento de nível d'água de 25m. A água é de boa qualidade com média de R.S. = 400mg/l.

O aquífero Codó apresenta-se em muitos locais como aquícardo em função da presença de pelitos e carbonatos, e apresenta os seguintes coeficientes hidrodinâmicos médios :

- Transmissividade - $T = 9,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 3,4 \cdot 10^{-3}$





A produtividade é semelhante ao aquífero Corda e a média do R.S. é de 300mg/l.

O aquífero Itapecuru é o que apresenta maior extensão de ocorrência na superfície, em geral sob a forma de livre a semi-confinado. Todo o centro-norte do Maranhão é representado por esse aquífero que é intensamente explorado sobretudo para a pecuária e abastecimento rural. Seus coeficientes hidrodinâmicos médios são :

- Transmissividade - $T = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 3,8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- Porosidade eficaz - $m = 1,3 \cdot 10^{-1}$

A produtividade do aquífero é média a fraca, tendo os poços a vazão específica entre 1 e 0,13 m³/h/m e a vazão entre 25 e 3,2 m³/h para rebaixamento de nível d'água de 25m.

Os aquíferos Barreiras e Aluvial ocorrem em áreas muito restritas, o primeiro na porção mais setentrional dos Estados do Piauí e Maranhão, numa estreita faixa ao lado do rio Parnaíba, enquanto o segundo ocorre em áreas descontínuas, nos leitos e margens fluviais. Desempenham um papel muito secundário não tendo por isso sido calculados os seus parâmetros hidrodinâmicos, na Província do Parnaíba.

No capítulo seguinte, serão apresentados os dados sobre as reservas, potencialidades e disponibilidades para essa província hidrogeológica.

2.3 A Província São Francisco

Localiza-se na porção ocidental do Estado da Bahia, ingressando no Estado de Goiás até Brasília e, para sul, no Estado de Minas Gerais (zona noroeste), até as proximidades de Belo Horizonte.

Apenas dois sistemas aquíferos ocorrem nessa província : o Sistema Cárstico-Fissural (Grupo Bambui e F. Caatinga) e o Sistema Arenítico (Formação Urucuia e Formação Areado).

O Sistema Aquífero Cárstico-Fissural é representado pela formações Bebedouro - metassedimentos síltico-argilosos e Salitre - calcários cinza, que compõem o Grupo Bambui do Pré-Cambriano Superior, capeadas discordantemente pela Formação Caatinga de idade Quaternária.

Esse sistema tem por característica principal a constante presença de formas de dissolução cárstica (dissolução química de rochas calcárias) formando cavernas, sumidouros, dolinas e outras feições erosivas típicas desse tipo de rocha. Essas formas de dissolução cárstica aliadas às fraturas e juntas de estratificação, propiciam ao sistema uma porosidade e permeabilidade

secundárias que permite acumulação de água em volumes consideráveis, fornecendo vazões em poços, de até 200m³/h .

Lamentavelmente essa condição de reservatório hídrico subterrâneo não se faz de maneira homogênea ao longo de toda a área, mas ao contrário, são feições muito localizadas, que conferem uma elevada heterogeneidade e anisotropia ao sistema aquífero.

A partir dos vários estudos levados a efeito na região da Província São Francisco, pode-se admitir como valores mais representativos para os coeficientes hidrodinâmicos do Sistema Cárstico-Fissural, os seguintes :

- Transmissividade : $1,0 \cdot 10^{-3}$ m²/s
- Armazenamento : $5,0 \cdot 10^{-3}$

O sistema aquífero cárstico-fissural é de produtividade média a fraca, com vazão específica dos poços variando entre 1,0 e 0,13 m³/h/m e vazões entre 25 e 3,2 m³/h para rebaixamento de nível d'água de 25m.

A qualidade da água, embora dentro dos limites de tolerância quanto a potabilidade - R.S. = 1.400 mg/l (em média) apresenta-se carbonatada, com dureza média de 870 mg/l , bem acima do limite tolerado.

Quanto ao Sistema Arenítico representado pelas Formações Urucuia e Areado de idade cretácica associado a coberturas detrítico-lateríticas recentes, ocorre na faixa ocidental do Estado da Bahia, a oeste do Rio São Francisco e os valores dos parâmetros hidrodinâmicos oscilam em torno das médias seguintes:

- Transmissividade - $T = 10^{-4}$ a 10^{-6} m²/s
- Permeabilidade - $K = 10^{-5}$ a 10^{-7} m/s
- Porosidade eficaz - $m = 1$ a $5 \cdot 10^{-2}$ (condição de livre)
- Armazenamento - $S = 1 \cdot 10^{-4}$ (condição de confinado)

A Formação Urucuia possui espessura variável entre 30 e 400m enquanto a Formação Areado sotoposta possui espessura máxima de 200m.

O Sistema Arenítico da Província São Francisco apresenta produtividade elevada a média com vazões específicas variando entre 4 e 1 m³/h/m e vazões entre 100 e 25 m³/h para rebaixamento de nível d'água da ordem de 25m.

No Estado de Goiás tanto os arenitos Urucuia como os calcários e meta-sedimentos Bambuí, acham-se capeados por coberturas detrítico-lateríticas quaternárias.

2.4 A Província Escudo Oriental

Compreendendo a maior área da região semi-árida nordestina, inclui praticamente todo o Estado do Ceará, cerca de 60% do Estado do R.G. do





Norte, 95% dos Estados da Paraíba e Pernambuco, aproximadamente 70% dos Estados de Alagoas e Sergipe, 40% da área nordeste da Bahia, além de 50% da área sudeste desse mesmo Estado.

Sua constituição geológica é de rochas do embasamento cristalino, representado por gnaisses, granitos, migmatitos, xistos, quartzitos, vulcanitos, dentre outros tipos líticos, os quais caracterizam o “aquífero fissural”.

A subdivisão da província nas sub-províncias “Nordeste” e “Sudeste” é baseada não no tipo litológico que é o mesmo, mas nas condições hidrogeológicas bastante diferenciadas entre aquelas duas regiões, devido a ausência de manto de cobertura - ou eluvião, ou regolito - na sub-província Nordeste, em contraposição a sua existência na sub-província Sudeste.

A existência desse regolito capeando as rochas na sub-província Sudeste é decorrente do clima mais chuvoso e úmido, que favorece o intemperismo químico da rocha, acarretando a sua decomposição com a consequente formação do manto de intemperismo, cuja espessura chega até 50 ou 80m; esse manto eluvial por ser de constituição areno-argilosa, possui regular porosidade e permeabilidade, facilitando a recarga do aquífero fissural sotoposto.

Na sub-província Nordeste, ao contrário, predomina um clima semi-árido seco, pouco chuvoso, onde o intemperismo dominante é o físico, acarretando pela desintegração da rocha um solo de cobertura muito raso, às vezes totalmente ausente.

Em decorrência dessas características climáticas, a sub-província Nordeste é representada por aquíferos fissurais livres, constituídos por rochas metamórficas ou ígneas, de baixa permeabilidade (adquirida secundariamente por deformações rupturais).

A produtividade desse aquífero fissural na sub-província Nordeste é muito fraca, com vazões específicas inferiores a 0,13 m³/h/m e vazões inferiores a 3,2 m³/h para rebaixamento de nível d’água de 25m. A qualidade da água em geral é salinizada, com predominância de cloretos, e R.S. médio da ordem de 3.000 mg/l.

A sub-província Sudeste, limitada ao Estado da Bahia a sul do paralelo 13° (na altura de Salvador), é representada por aquíferos fissurais, ampliados em certos trechos devido à associação com rochas porosas do manto de intemperismo. São aquíferos livres de permeabilidade baixa e boa qualidade química das águas, cujo resíduo seco fica em geral, abaixo de 500 mg/l.

A sua produtividade é média a fraca, com poços de vazão específica entre 1 e 0,13 m³/h/m e vazões entre 25 e 3,25 m³/h para rebaixamentos do nível d’água de 25m.

- BACIAS SEDIMENTARES INTERIORES

No âmbito da Província Escudo Oriental, de rochas cristalinas e cristalofilianas, ocorrem pequenas bacias sedimentares, denominadas de “bacias sedimentares interiores” por se acharem no interior do continente.

A mais importante por sua extensão (cerca de 11.000 Km²), espessura de depósito (\pm 1.200m) e presença de vários aquíferos, é a Bacia do Araripe localizada nos limites dos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí.

Nessa bacia o principal aquífero é o Missão Velha, explorado por cerca de 800 poços na região do Cariri cearense e por abastecer importantes cidades daquele fértil vale, como o Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha, etc. Outros aquíferos de menor importância dessa bacia são o Mauriti na base da seqüência e o Exu no topo da coluna.

Várias outras bacias sedimentares interiores de menor porte ocorrem nessa província, podendo-se citar :

a) No Estado de Pernambuco

- Bacia de São José do Belmonte
- Bacia de Cedro
- Bacia de Mirandiba
- Bacia de Araras

b) No Estado do Ceará

- Bacia de Iguatu-Icó
- Bacia de Varzea Alegre-Lavras da Mangabeira

c) No Estado da Paraíba

- Bacia do Rio do Peixe

d) No Rio Grande do Norte

- Bacia de Martins
- Bacia de Pau dos Ferros

Embora esses depósitos sedimentares não desempenhem papel importante em potencialidades, quando comparadas às grandes bacias sedimentares (exceto a Bacia do Araripe), representam de qualquer forma um paliativo para abastecimento de água às populações locais, sobretudo rural, servindo até mesmo para irrigação de pequenas áreas (até 5 ha) como ocorre na Bacia de São José do Belmonte.



2.5 A Província Costeira

Essa província é a que se apresenta mais diversificada, por abranger várias bacias sedimentares costeiras, de diferentes constituições e idades geológicas, distribuídas desde o Maranhão no extremo norte da área de estudo até o sul da Bahia no outro extremo.

O Quadro 2.2 mostra resumidamente a situação das sub-províncias em que foi dividida a Província Costeira (considera-se apenas os aquíferos até 1.000m de profundidade).

Quadro 2.2 : Sub-Províncias da Província Costeira

Designação da Sub-província	Estado(s) incluído(s)	Formações Aquíferas	Espessura (m)	Constituição Litológica
São Luiz / Barreirinha	Maranhão	Barreiras	50 a 80	Arenitos argilosos
		Itapecuru	100	Arenitos, siltit. e folhelhos
Ceará/Piauí	Ceará /Piauí	Dunas e Barreiras	50 a 80	Areias eólicas e aren. arg.
Potiguar	Rio Grande do Norte	Jandaira	600	Calcários
		Açu	200	Arenitos c/interc. silt.arg.
Pernambuco / Paraíba	Pernambuco e Paraíba	Maria Farinha	30	Calcário
		Gramame	120	Calcário
		Beberibe	200	Arenito
Alagoas / Sergipe	Alagoas e Sergipe	Barreiras	60 a 80	Arenitos argilosos
		Piaçabuçu	500	Arenitos e calcários
		Cotinguiba	300	Arenitos e calcários
Recôncavo / Tucano / Jatobá	Bahia e Pernambuco	Barreiras	60	Arenitos e argilas
		Marizal	200	Arenitos e conglomerados
		São Sebastião	3.000	Aren. gros.,folhelho e calc.
		Ilhas	2.500	Folhelho e arenitos
		Candelas	1.200	Folhelhos calc. e arenitos
		Sergi	400	Arenitos fin. a gr., argila
		Aliança	750	Siltitos,aren.,folhel. e calc.
		Inajá	300	Arenito f. a m.,folhel. e silt
Tacaratu	200	Arenitos gr. fin. a conglom.		

Segue-se uma apreciação resumida de cada sub-província, seus aquíferos ou sistemas aquíferos com respectivos coeficientes hidrodinâmicos e produtividade.

2.5.1 Sub-Província São Luiz / Barreirinhas

Os sistemas aquíferos de São Luiz e Barreirinhas conquanto sejam separados entre si por um alto estrutural do cristalino, que também separa os dois sistemas do sistema do Maranhão, já analisado atrás, serão tratados em conjunto nesse capítulo devido a semelhança dos aquíferos neles explorados.

Os dois Sistemas são de origem comum, tendo sido depositados em fossas tectônicas que atingem profundidades de até 10.000m, porém os aquíferos ali explorados são apenas os mais superficiais, até profundidades máximas de 200m.

Além dos depósitos recentes de aluviões e dunas, explorados por captações rasas na faixa mais costeira, os aquíferos explorados por poços tubulares mais profundos (média de 100m) são o Barreiras, aqui denominado de Formação Alter do Chão e o Itapecuru.

Os coeficientes hidrodinâmicos médios desses dois aquíferos na área são de :

		<u>F. Alter do Chão</u>	<u>F. Itapecuru</u>
Coef. de Transmissividade - T (m ² /s)	---	7,0 . 10 ⁵	1,0 . 10 ⁻⁴
Coef. de Permeabilidade - K(m/s)	---	1,4 . 10 ⁻⁵	6,0 . 10 ⁻⁶
Coef. de Armazenamento (Por.Eficaz) - μ	---	3,5 . 10 ⁻²	8,0 . 10 ⁻²

A produtividade desses sistemas aquíferos pode ser considerada como média, com vazão específica entre 0,5 e 3 m³/h/m e vazões variáveis entre 3,2 e 25 m³/h para rebaixamentos de nível d'água de 25m.

A qualidade da água é boa, com média de R.S. de 500 mg/l para a F. Alter do Chão e de 250 mg/l para a F. Itapecuru.

2.5.2 Sub-Província Ceará / Piauí

Os poços existentes nessa sub-província exploram o Sistema Dunas/ Barreiras que possui idênticas características as analisadas para a sub-província anterior.

2.5.3 Sub-Província Potiguar

A parte superior é representada pelo aquífero cárstico-fissural livre da Formação Jandaíra, um espesso pacote de calcários que atinge 600m na região de Mossoró, e que possui baixa produtividade. Seus parâmetros hidrodinâmicos médios são :

- Transmissividade - T = 2,4 . 10⁻² m²/s
- Permeabilidade - K = 1,1 . 10⁻⁴ m/s
- Porosidade eficaz - μ = 5,0 . 10⁻²

Os poços nele perfurados possuem vazão específica inferior a 0,13 m³/h/m e vazão inferior a 3,2 m³/h para rebaixamento do nível d'água de 25m. A qualidade da água é razoável, oscilando os R.S. entre 500 e 1.000 mg/l.



A parte inferior é representada pelo aquífero Açú, uma camada de arenitos que chega a 300m de espessura, porém com limitada área de recarga. Atualmente vem sendo super-explorada para abastecimento de cidades, irrigação e indústrias, acusando um forte declínio da sua carga piezométrica. Seus coeficientes hidrodinâmicos médios são :

- Transmissividade - $T = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 1,0 \cdot 10^{-4}$

A produtividade do aquífero é elevada a média, com vazões específicas médias nos poços entre 4 e 1 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ e vazão entre 100 e 25 m^3/h para rebaixamento da ordem de 25m. A qualidade da água é boa, com média de R.S. inferior a 1.000 mg/l.

2.5.4 Sub-Província Pernambuco / Paraíba

Os calcários Marinha Farinha e Gramame não vêm sendo explorados face a elevada dureza das suas águas e baixíssimas vazões obtidas nos poços.

O aquífero Beberibe se constitui no principal manancial hídrico subterrâneo, e vem sendo amplamente utilizado para abastecimento d'água das cidades costeiras dos dois Estados, além de suprir os respectivos parques industriais. Seus parâmetros hidrodinâmicos médios são :

- Transmissividade - $T = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 2,2 \cdot 10^{-4}$

A produtividade do aquífero é elevada a média, tendo os poços uma vazão específica entre 4 e 1 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$, com vazões de 100 m^3/h a 25 m^3/h para rebaixamento de nível da ordem de 25m. A qualidade da água é boa, com R.S. médio inferior a 400 mg/l.

2.5.5 Sub-Província Alagoas / Sergipe

Embora sejam explorados os três aquíferos relacionados no Quadro 2.2, a maior parte dos poços existentes vêm captando o conjunto representado pelo aquífero Barreiras e aquífero Marituba (membro mais superior da Formação Piaçabuçu). Do ponto de vista hidrodinâmico essas duas unidades se comportam como um só sistema aquífero, com espessura máxima de 300m. A cidade de Maceió é totalmente abastecida por esse sistema aquífero, cujos coeficientes hidrodinâmicos médios são os seguintes :

- Transmissividade - $T = 3,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 3,6 \cdot 10^{-3}$

A produtividade do aquífero é elevada a média no Estado de Alagoas e média a fraca no Estado de Sergipe, onde o Membro Marituba é pouco representado. A qualidade da água é excelente, com R.S. < 100 mg/l.

2.5.6 Sub-Província Recôncavo / Tucano / Jatobá

Apesar de se tratar de uma mesma sequência geológica, sob o ponto de vista hidrogeológico deverão ser tratados separadamente o conjunto Recôncavo/Tucano, da Jatobá.

a) Bacias Recôncavo/Tucano

Nestas duas bacias podem ser considerados três sistemas aquíferos a saber:

- sistema aquífero superior, representado pelos aquíferos Barreiras, Marizal e São Sebastião;
- sistema aquífero médio, representado pelos aquíferos Ilhas, Candeias;
- sistema aquífero inferior, constituído pelos aquíferos Sergi e Aliança.

O sistema aquífero superior é o mais explorado e o de maior potencialidade, principalmente através da Formação São Sebastião. Apenas do primeiro sistema se dispõe de dados hidrodinâmicos, sendo as médias dos coeficientes as que se seguem :

- Transmissividade - $T = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 2,0 \cdot 10^{-4}$

A potencialidade do aquífero é elevada a média, com vazão específica dos poços entre 4 e 1 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ e vazões entre 100 e 25 m^3/h com rebaixamento de nível de 25m. As águas do sistema aquífero até a profundidade média de 800m são muito boas, com média de R.S. de 210 mg/l.

b) Bacia do Jatobá

As formações aquíferas Inajá e Tacaratu apresentadas na base da coluna do Quadro 2.2 são exclusivas da Bacia do Jatobá e constitui ali o principal sistema aquífero explorável. Por outro lado, as formações Aliança, Candeias e Ilhas são constituídas predominantemente de materiais finos não apresentando boas características hidrogeológicas; as formações Barreiras e São Sebastião não ocorrem nessa bacia e a Marizal é muito restrita não sendo igualmente explorada como aquífero.

O sistema Inajá/Tacaratu vem sendo captado na zona de confinamento e apresenta os seguintes parâmetros médios :

- Transmissividade - $T = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 6,0 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 2,0 \cdot 10^{-4}$





A produtividade do sistema é elevada a média, com vazão específica dos poços entre 4 e 1 m³/h/m. A qualidade da água é boa, sendo o R.S. médio de 540 mg/l.

3. RESERVAS, POTENCIALIDADES E DISPONIBILIDADES

Os diversos aquíferos existentes nas províncias hidrogeológicas do nordeste podem ser enquadrados nas seguintes categorias :

a) aquífero intersticial ou poroso

Representado pelas bacias sedimentares regionais, bacias sedimentares costeiras, bacias sedimentares interiores e depósitos recentes de aluviões, coluviões, dunas e coberturas poligênicas detrítico-lateríticas;

b) aquífero fissural

Constituído por rochas cristalinas (magnéticas) e cristalofilianas (metamórficas), fraturadas ou fissuradas por esfoços tectônicos regionais ou por alívio de pressão em processo erosivo;

c) aquífero cárstico-fissural

Compreendido pelas rochas carbonatadas que além de possuírem fraturas e superfícies de descontinuidades primárias, têm essas aberturas alargadas por processos de dissolução pela água; as formas de dissolução como cavernas, dolinas e sumidouros aumentam consideravelmente a capacidade de armazenamento desses aquíferos.

A avaliação das reservas totais levará em conta a distribuição regional do aquífero, definida no capítulo anterior, bem como a profundidade útil, na qual a água se apresenta em condições de exploração.

Assim, por exemplo, a Bacia do Parnaíba, possui uma espessura total de sedimentos superior a 3.000m; a Bacia de São Luiz e Barreirinhas chega a quase 10.000m e o embasamento rochoso possui uma espessura de vários quilômetros (crosta terrestre sólida); todavia para as bacias sedimentares será estabelecido o limite máximo de 1.000m de profundidade, podendo ser inferior em função da salinização que apresenta em algumas bacias, como no Recôncavo. Para o embasamento cristalino ou aquífero fissural, a experiência tem mostrado que as maiores chances de obtenção de água, na região nordeste, é até a profundidade de 50m; a partir dessa profundidade, as chances de se obter alguma “fenda” aberta e com água cai para apenas 5%, o que vem provocando a limitação daquela profundidade por quase todas as empresas de perfuração de poços na região nordestina.

As reservas serão a seguir apresentadas por província hidrogeológica, sendo posteriormente apresentadas as disponibilidades e as potencialidades por sistema aquífero e por bacia hidrográfica, com base no PLIRHINE, e em dados de poços cadastrados.



3.1 Reservas do Aquíferos do Nordeste

O primeiro estudo de avaliação das reservas hídricas subterrâneas data de 1966, efetuado pela SUDENE através de REBOUÇAS e GASPARY, publicado sob o título “As águas subterrâneas do nordeste: estimativas preliminares”, tendo sido reeditado em 1971 (Serie Hidrogeologia n° 6 - SUDENE).

O Quadro 3.1 sob o título “Possibilidades hidrogeológicas do nordeste do Brasil” mostra os valores calculados por Rebouças e Gaspary para a vazão de escoamento natural, reservas permanentes e reservas exploráveis, para cada tipo de aquífero.

Quadro 3.1 : Possibilidades Hidrogeológicas do Nordeste do Brasil

TIPO DE AQUIFERO	Área (Km ²)	Vazão Escoamento Natural (m ³ /ano)	Reservas Permanentes (m ³)	Reservas Exploráveis (**) (m ³ /ano)
Terrenos Cristalinos	720.000	50 a 250.106	-	50 a 250.106
Aluviões (críst.)	35.000	1.108	5.109	1 a 2.109
B. do Maranhão	450.000	3.109	2.1012	1010
B.de São Luiz/Barreirinha	50.000	5.109	-	-
B. de São Francisco	160.000	7.108	3.1011	3.109
B. do Rio Jacaré	70.000	15.106	1.1011	109
B. Alto Jaguaribe	11.500	40.108	2.1012	107
B. do Recôncavo	10.000	5.107	21.1010	2.109
B. do Tucano	40.000	1.108	1.1012	109
B. do Jatobá	8.000	106	1.1011	107
B. Potiguar	22.000		75.109	75.107
B. Costeiras	25.000	30.106	50.109	
B. do Norte	8.000	-	-	
TOTAIS		8,9.108	3.1012	19.109

(**) Volume explorável num período de 50 anos

A vazão de escoamento natural corresponde ao escoamento de base dos rios, ou seja, à reserva reguladora do sistema aquífero. Nos aquíferos de grande espessura nas bacias sedimentares, a reserva reguladora corresponde a um percentual, em média, da ordem de 0,06% das reservas permanentes, variando desde 0,23% na Bacia de São Francisco, até 0,001% na Bacia de Jatobá; no aquífero aluvial, de reduzida espessura, a reserva reguladora média é da ordem de 2,6%, porém para depósitos aluviais muito rasos (inferior a 2,0m) e com calha ativa profunda esse percentual pode passar dos 20%.

A recarga anual do aquífero - vazão de escoamento natural - é um importante dado para a avaliação das condições de exploração; a relação entre os volumes de recarga e as reservas permanentes é denominada de coeficiente de realimentação .





A realimentação será tanto mais ativa quanto mais elevado for esse coeficiente. Conforme os dados apresentados no Quadro 3.1, a realimentação dos aquíferos do nordeste é de 10^{-4} (0,06%) em média, sendo nos aluviões, da ordem de 10^{-2} (2%).

Isso é fundamental para o cálculo das reservas exploráveis, sobretudo quando "estudos demonstraram que nos anos de pluviometria abaixo da média, não se verifica infiltração" (Rebouças, 1966).

As reservas exploráveis, como pode ser visto no Quadro 3.1, foram calculadas admitindo-se a utilização de uma parte das reservas permanentes, durante um período de 50 anos. A soma das parcelas correspondentes às recargas anuais, mais um percentual das reservas permanentes perfazem, no total, apenas 0,5% das reservas totais. A depleção causada no nível das reservas permanentes é pois irrisória, podendo até mesmo ocorrer uma recuperação proporcionada por recargas verticais ascendentes ou descendentes de um aquífero para o aquífero.

Um caso particular e específico na problemática de avaliação das reservas hídricas subterrâneas é o do aquífero fissural conhecido comumente como cristalino. Na avaliação procedida por Rebouças deixou de ser calculada a reserva total acumulada no aquífero fissural em função da descontinuidade das zonas aquíferas e da insuficiência de dados apesar de já existirem naquela época cerca de 15.000 poços perfurados no nordeste, numa área de 720.000 Km².

Entretanto, Rebouças observou alguns fatos que justificam a baixa potencialidade do aquífero fissural, dentre eles os seguintes :

- 1) o escoamento superficial difuso é bem mais forte sobre as formações cristalinas do que sobre os terrenos sedimentares, o que representa uma diminuição da infiltração;
- 2) no final das estações chuvosas os rios continuam a correr por restituição das águas acumuladas no subsolo, durante 33 dias nas zonas de rochas cristalinas, contra 85 dias nas zonas de terrenos sedimentares, ocorrendo frequentemente nesses últimos uma restituição perene;
- 3) a infiltração é um fenômeno excepcional dos anos úmidos; nos anos de pluviometria média, a totalidade das águas que caem é consumida pela evapotranspiração e escoamento superficial.

Admitiu Rebouças que o valor médio de infiltração para as zonas aquíferas fissurais seria da ordem de 100 a 500 m³/km², o que resultaria para uma área de 720.000 km² representada por rochas cristalinas no nordeste, uma realimentação anual entre 50 e 250 . 10⁶ m³. Considerando a falta de condições para a acumulação de reservas profundas, como se verifica nas bacias sedimentares, o valor dessa realimentação representa o volume máximo explorável anualmente no embasamento cristalino do nordeste.

Uma outra situação específica é a do aquífero aluvial, que apesar de limitado no espaço, possui uma considerável reserva permanente, sujeita à exploração anual de 20 a 40% desses recursos.

O Quadro 3.2 mostra uma análise comparativa entre os valores das reservas permanentes calculadas por Rebouças e Gaspary (1966), pelo próprio Rebouças em 1978 e por Chada em 1972.

Quadro 3.2 : Reservas Permanentes (em m³)

BACIA	Rebouças/ Gaspary SUDENE (1966)	Rebouças CNPq (1978)	Chada et al SUDENE (1972)	VALOR MÉDIO
Parnaíba	2,0.10 ¹²	10,5.10 ¹²	0,5.10 ¹²	5,4.10 ¹²
São Francisco	3,0.10 ¹²	-	-	3,0.10 ¹²
Salitre/Jacaré	1,0.10 ¹²	-	1,2.10 ¹²	1,1.10 ¹²
Potiguar	7,5.10 ¹²	2,3.10 ¹²	2,2.10 ¹²	1,4.10 ¹²
RN/PB/PE	5,0.10 ¹²		2,5.10 ¹²	2,5.10 ¹²
Alagoas/Sergipe		1,0.10 ¹²	5,0.10 ¹²	7,5.10 ¹²
REC/TUC/Jatobá	1,3.10 ¹²	8,4.10 ¹²	1,0.10 ¹²	1,0.10 ¹²
Araípe	2,0.10 ¹²	1,1.10 ¹²	9,1.10 ¹²	4,0.10 ¹²
TOTAIS	3,8.10 ¹²	11,6.10 ¹²	1,8.10 ¹²	7,1.10 ¹²

Nota-se que não houve uma considerável diferença entre os cálculos de Rebouças (1966) e Chada (1972) porém entre as duas avaliações do próprio Rebouças, houve um acréscimo de 200% motivado pela elevada taxa encontrada na Bacia do Parnaíba 10,5 . 10¹² m³ na segunda avaliação, contra 2,0 . 10¹² m³ da primeira (acrécimo de 5,25 vezes).

Face a grande diversificação entre os valores encontrados nas três avaliações fica sem resposta a confiabilidade dos resultados apresentados. Qual a avaliação mais precisa ? É válido considerar a média dos valores ?

Lamentavelmente, como já descrito no primeiro capítulo, os estudos regionais desenvolvidos nas décadas 60/70 não tiveram sequência com estudos de detalhamento, mas, ao contrário, deixaram totalmente de existir.

3.2 Disponibilidade de uso dos Aquíferos

O levantamento do número de poços existentes em cada Estado não pôde ser executado com precisão devido a vários fatores :

1° -Não existe cadastro completo de poços em nenhum dos estados nordestinos; quando muito, existem os dados de um ou mais órgãos públicos encarregados da perfuração de poço, como DNOCS, CPRM,



CONESP, FSESP, Empresas Governamentais, etc, porém nunca existe um cadastro de empresa privada. Assim, por exemplo, no Piauí foram levantados os poços das empresas públicas, num total de 7.588, porém, estima-se que esse número corresponda à apenas 60% dos poços totais, sendo 40% equivalente aos poços perfurados pelas 9 (nove) empresas privadas além de prefeituras municipais. Somente a PROÁGUA possui 8 (oito) perfuratrizes, o equivalente ao total de máquinas da CPRM e SIDAPI juntas;

- 2° -as empresas privadas são em geral muito desorganizadas nos aspectos técnicos, não dispoem de banco de dados, fichas de poços, perfis geológicos, mapas de localização ou qualquer informação técnica e, quando possui, apresentam inúmeras dificuldades para fornecer os dados, quando não os negam abertamente;
- 3° -mesmo nas empresas públicas de perfuração, as fichas de poços são incompletas; na maioria das vezes não possuem dados sobre o tipo de rocha, vazão específica, qualidade da água e outros dados importantes como coordenadas geográficas;
- 4° -algumas das companhias de saneamento também não possuem fichas completas dos poços, desconhecendo os volumes explorados em cada sistema de captação para abastecimento público;
- 5° -falta boa vontade de fornecer informações em alguns dos órgãos visitados, tanto de perfuração de poços como de usuários (saneamento, irrigação, indústrias, etc.).

As informações sobre as disponibilidades serão um tanto quanto incompletas e distribuídas imprecisamente entre as grandes unidades hidrogeológicas - províncias.

Na Província do Parnaíba, correspondendo aos Estados do Maranhão e Piauí foram perfurados cerca de 12.000 poços por entidades públicas, afóra os perfurados por empresas privadas, os quais podem ser, a grosso modo, estimados em cerca de 8.000 poços, perfazendo um total de 20.000 poços. Esses poços perfurados por empresas privadas, na maioria para particulares, exploram vazões insignificantes.

Os poços perfurados pelo DNOCS apresentaram uma vazão média de 24 m³/h enquanto os perfurados pela CPRM tiveram uma média de 39,4 m³/h nas áreas urbanas, 18,5 m³/h nas áreas rurais e 276,8 m³/h para projetos de irrigação (poços com 300 a 400m de profundidade).

Admitindo-se uma vazão média de 20 m³/h para todos os poços da bacia, o total disponível nos 12.000 poços é da ordem de 2,1 . 10⁹ m³/ano, ou seja, 21% das reservas exploráveis de acordo com o Quadro 3.1, correspondendo ainda a 4.200 m³/ano/km².

Por aquífero, na Bacia do Parnaíba o mais explorado é sem dúvida alguma o Cabeças, respondendo com cerca de 72% das águas exploradas no Piauí, ou aproximadamente 50% em toda a bacia.

Na região nordeste o percentual de poços desativados por abandono devido às mais diferentes causas - quebra do equipamento de bombeio, má qualidade da água, baixa vazão, etc - varia em torno de 30% a 40%; na Bacia do Parnaíba onde pelo menos a água é de boa qualidade e as vazões são aceitáveis para a demanda, o percentual de poços desativados não deve exceder os 10%. Um outro problema, porém, é típico da região, que é o desperdício da água nos poços jorrantes; somente no vale do Rio Gurguéia no Piauí, existem 175 poços jorrantes, com uma média de descarga horária de 40 m³, o que representa um desperdício de 61,3 . 10⁶ m³/ano, volume esse que daria para abastecer uma população de 1.680.000 habitantes ou irrigar 2.800 hectares, produzindo 33.600 toneladas de arroz que alimentariam 112.000 famílias (dados do Diagnóstico Preliminar sobre os Recursos Hídricos do Estado do Piauí).

Esse desperdício de água tende a produzir um grande prejuízo para a população pois na região de Picos, por exemplo, onde grande quantidade de poços jorrantes foram perfurados na década de 60 e vêm desperdiçando água nesses 30 anos, já não mais possuem essa condição de jorro (parte deles) devido a queda de pressão pela retirada de vários milhões de metros cúbicos anuais.

Na Província do São Francisco o número de poços deve chegar aos 8.000 pois, além da CERB, existem várias empresas privadas, dentre elas a GEOSERVICE que somente na região do Platô de Irecê perfurou 2.000 poços. Em levantamento procedido pela CODEVASF em 1992, no Platô de Irecê houve a seguinte evolução nos volumes explorados anualmente :

- Em 1975 — 1,1 . 10⁶ m³/ano
- Em 1983 — 2,8 . 10⁶ m³/ano
- Em 1992 — 22,6 . 10⁶ m³/ano

Apesar da precariedade de dados, principalmente a inexistência de um cadastro dos poços perfurados por empresas privadas, pode-se admitir a favor da segurança, que 95% dos poços existentes sejam perfurados no Sistema Cárstico-Fissural (calcários) com uma vazão média por poço da ordem de 5 m³/h o que significa um total anual de 332,8 . 10⁶ m³; no Sistema Aquífero Urucua, a vazão média pode ser considerada da ordem de 20 m³/h o que equivale para os 400 poços um total anual de 70,0.10⁶ m³. Assim, o total de água subterrânea disponível para exploração nessa província hidrogeológica deve ficar em torno de 402.10⁶ m³/ano o que representa apenas 13,4% das reservas exploráveis, equivalendo a 2.512 m³/ano/km² não considerando nesse cômputo anual os poços abandonados, que na região chega em torno de 20%.

Na Província Escudo Oriental a maior parte da exploração se verifica na sub-província nordeste, pois da sudeste ocorre uma reduzida área ao sul de Salvador, restrita à bacia hidrográfica do Rio de Contas, e bacias costeiras





do sul da Bahia na qual existem 500 poços no embasamento cristalino, com profundidade média de 60m, vazão média de 5 m³/h e R.S. médio de 400 mg/l. Dessa maneira, a disponibilidade total atual da sub-província sudeste fica em torno de 21,9 . 10⁶ m³/ano o que representa cerca de 300 m³/ano/km².

A sub-província nordeste do Escudo Oriental, com 90% dos 720.000 km² de terrenos cristalinos do nordeste, abrange quase totalmente os Estados do Ceará, R.G. do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe em seus domínios do semi-árido, além da maior parte da região nordeste da Bahia.

Apesar da dominância de rochas cristalinas nessa sub-província, ocorrem também as bacias sedimentares interiores que detêm um grande número de poços.

O Estado do Ceará possui cadastrados na Província Escudo Oriental cerca de 4.000 poços perfurados na maior parte (70%) em aquíferos fissurais de rochas cristalinas, ficando 30% nas bacias sedimentares interiores do Araripe, Iguatú e Icó.

A vazão média dos poços do cristalino é da ordem de 1,5 m³/h, ficando em 10 m³/h a média na área sedimentar. A disponibilidade hídrica subterrânea do Estado fica em torno de 36.106 m³/ano para o aquífero fissural e 105.106 m³/ano para o aquífero intersticial (bacias sedimentares interiores), representando 350 m³/ano/km² e 8.571 m³/ano/km² respectivamente nas áreas de cristalino e de sedimento.

O Rio Grande do Norte possui na Província do Escudo Oriental, cerca de 1.000 poços, com vazão média de 2 m³/h o que representa 17,5 . 10⁶ m³/ano de disponibilidade, correspondendo a 580 m³/ano/km².

A Paraíba possui cadastrados 4.660 poços, dos quais se acham funcionando apenas 52%, tendo sido 21,43% secos e não instalados e 25,98% abandonados, na maioria das vezes por má qualidade da água. Com uma vazão média de 2,3 m³/h por poço as disponibilidades atuais são de 50 . 10⁶ m³/ano, ou, a proximadamente 1.000 m³/ano/km².

Em Pernambuco o cadastro existente consta apenas de 1.300 poços no cristalino da Província Escudo Oriental, com uma vazão média de 1,6 m³/h, 21% dos poços secos e 19% dos poços com água imprestável para consumo humano (R.S > 3.000 mg/l). A disponibilidade de água é de 13,8 . 10⁶ m³/ano, ou, aproximadamente 153 m³/ano/km².

Em Alagoas apenas cerca de 500 poços constam do cadastro, com uma vazão média de 1,8 m³/h o que totaliza 7,8 . 10⁶ m³/ano de disponibilidade, equivalente a 394 m³/ano/km².

No Estado de Sergipe 1.120 poços foram perfurados no cristalino, com uma vazão média de 5,8 m³/h e com 31% de poços secos o que corresponde a uma disponibilidade total de 39,26 . 10⁶ m³/ano ou seja, 2.617 m³/ano/km².

Finalmente a Bahia apresenta apenas a sua porção nordeste entre as bacias Recôncavo/Tucano e São Francisco (calcário), com uma área em torno de 90.000 km². O cadastro de poços revela a existência de 1.130 poços, com vazão média de 4,2 m³/h, o que representa 43,38 . 106 m³/ano ou 5.356 m³/ano/km².

Computando as disponibilidades hídricas subterrâneas em cada Estado, chega-se ao total para a Província Escudo Oriental Nordeste que é de 174,3 . 106 m³/ano o que se aproxima bastante do limite estimado para as reservas exploráveis nesse tipo de aquífero, que foi entre 50 e 250 . 106 m³/ano.

Todavia a disponibilidade de uso é bem menor pelas seguintes razões :

- a) com exceção dos dados de Paraíba, Pernambuco e Sergipe onde constaram os poços secos, num percentual médio de 24%, nos demais Estados a disponibilidade total não levou em conta esses poços, por desconhecimento do seu valor;
- b) além de poços secos, ter-se-ia que considerar também os abandonados, que apenas no cadastro da Paraíba constava, com o percentual elevado de 26%;
- c) a disponibilidade real calculada foi baseada no regime de exploração de 24/24 horas, enquanto a maioria dos poços explora menos de 3 horas por dia.

Provavelmente os volumes totais retirados desses 13.710 poços seja algo em torno de 25 . 106 m³/ano ou seja, 10% apenas das reservas máximas exploráveis.

A Província Costeira é subdividida, conforme apresentado no capítulo 2 em várias Sub-Províncias que serão a seguir abordadas.

Na sub-província São Luiz - Barreirinhas, não se dispõe de dados dos poços, porém se conhece o volume total de água fornecida por poços para abastecimento das cidades localizadas naquela área, que é de 44 . 106 m³/ano, aos quais podem ser somados mais 10% representados por abastecimento particular e indústrias, chegando-se a uma disponibilidade de uso de água de 48,4 . 106 m³/ano, ou equivalente a 968 m³/ano/km².

Na sub-província Ceará-Piauí existem 5.800 poços, todos no Ceará, pois a área costeira do Piauí restringe-se a foz do Rio Parnaíba. A sua vazão média é de 15 m³/h o que implica numa disponibilidade anual de 762,12.106 m³/ano ou 60.970 m³/ano/km².

A sub-província Potiguar possui 85 poços para abastecimento público, dos quais 24 são utilizados para a cidade de Mossoró, 6 poços para irrigação com vazões horárias de 300 m³/h além de cerca de 200 poços com reduzidas vazões , perfurados no calcário ou área de recarga da Formação Açú. O total



da vazão fornecida pelos poços de abastecimento público é da ordem de 2.530 m³/h, os de irrigação, 1.800 m³/h e os restantes 1.700 m³/h, totalizando assim 6.030 m³/h ou seja, 52,8.106 m³/ano que corresponde a 2.363 m³/ano/km². Essa disponibilidade equivale a apenas 5,8% das reservas exploráveis.

Na sub-província R. G. do Norte-Paraíba-Pernambuco, existem aproximadamente, 8.000 poços explorando diferentes tipos de aquíferos : Barreiras no R. G. do Norte, Beberibe na Paraíba e Pernambuco, além dos depósitos recentes na região da planície do Recife, onde já foram perfurados cerca de 4.000 poços. Considerando a diversificação de aquíferos explorados e as demandas distintas - abastecimento público, industrial e residencial, torna-se praticamente impossível estabelecer-se uma vazão média por poço. Uma estimativa grosseira do total de vazão captada nessa região indica o valor de 383.106 m³/ano, ou 6.963 m³/ano/km².

Na sub-província Alagoas-Sergipe existem cerca de 450 poços particulares em Alagoas e mais 200 para abastecimento público, dos quais somente 141 são para a cidade de Maceió. Em Sergipe o abastecimento público é bem menor a partir de água subterrânea. O volume de água fornecido em Alagoas é de 14.295 m³/h e de Sergipe, 12.258 m³/h, totalizando 26.553 m³/h ou seja, uma disponibilidade total anual de 232,58 . 106 m³/ano, ou 19.381,5 m³/ano/km², equivalendo a 46% das reservas exploráveis.

Finalmente a sub-província Recôncavo/Tucano/Jatobá possui um total de 885 poços que fornecem a vazão de 11.413,7 m³/h, com consequente disponibilidade de 1.108 m³/ano equivalendo a apenas 3,3% das reservas exploráveis.

A Província das Bacias Costeiras, computando-se os totais de cada sub-província representa uma disponibilidade real anual de 1,2.109 m³, o que representa 40% das reservas exploráveis das bacias Recôncavo/Tucano/Jatobá e 1,6% das reservas permanentes das bacias costeiras de RN/PB/PE/AL/SE.

O mesmo raciocínio utilizado para a Província do Escudo Oriental é válido para esta Província; provavelmente a disponibilidade de uso não ultrapasse os 20% da calculada, ou seja, cerca de 240 . 106 m³/ano o que é perfeitamente válido no contexto global das reservas subterrâneas.

A distribuição das disponibilidades por bacia hidrográfica, ou conjunto de bacias formando as UP (unidade de planejamento) do PLIRHINE, acha-se apresentada no quadro 3.4

3.3 Potencialidades das Águas Subterrâneas

O potencial hídrico subterrâneo será apresentado por sistema aquífero (Quadro 3.3) e por unidade de planejamento (bacia hidrográfica) (Quadro 3.4).

A comparação entre os valores do Quadro 3.3 com os do Quadro 3.1 na coluna de “vazão de Escoamento Natural” mostra que há uma certa coerência e ao mesmo tempo, apresenta uma correção de valores antes calculados com imprecisão em face da menor disponibilidade de dados à época (1966).

As principais modificações foram as seguintes :

- os sistemas aquíferos São Luiz/Barreirinhas estavam super-dimensionados no trabalho de Rebouças, quando avaliou em 5 . 1011 m³/ano a sua VEN, superior ao somatório de todos os demais sistemas aquíferos;
- o valor da VEN dos sistemas aquíferos costeiros (PB/PE, AL/SE e REC/TUC/JAT) foram sub-dimensionados por Rebouças.
- o sistema São Francisco também deveria ter tido uma VEN maior.

O valor total de 64,8.109 m³/ano se acha perfeitamente compatibilizado com o resultado obtido para a potencialidade por bacia hidrográfica (Quadro 3.4), que foi de 58,4.109 m³/ano, de vez que a diferença corresponde às parcelas escoadas diretamente para o oceano.

Quadro 3.3: Potencial Hídrico Subterrâneo do Nordeste do Brasil, por Sistema Aquífero (em 106 m³/ano)

SISTEMA AQUÍFERO	ÁREA Km ²	Parcela Restituída ao Sistema Hidrográfico	Parcela Escoada para o Oceano	TOTAL
Maranhão (Parnaíba)	550.000	15.379,00	-	15.379,00
São Luiz	30.000	-	-	2.800,00*
Barreirinhas	33.500	1.500,00	2.500,50*	4.000,00*
Potiguar	20.000	486,50	165,00	651,50
Paraíba/Pernambuco	13.000	-	-	3.440,00*
Alagoas/Sergipe	12.000	4.000,00	-	4.000,00
REC./TUC./JAT./	56.000	800,00	4.000,00	4.800,00
Salitre/Jacaré	70.000	1.045,70	-	1.045,70
São Francisco	267.000	18.933,00	-	18.933,00
Araripe - C. Novos	10.700	50,00	-	50,00
Rio do Peixe	1.340	35,00	-	35,00
Aluvial	35.000	9.724,00	-	9.724,00
Cristalino	720.000	Insignificante	-	Insignificante
TOTAIS		51.953,20	6.665,00	64.858,20

(*) Potencial total, estimado pela parte infiltrada do excedente hídrico calculado pelo método de Thornthwaite (saída aos rios e oceano)



Quadro 3.4: Disponibilidades e potencialidades de águas subterrâneas por bacia hidrográfica.

DENOMINAÇÃO DA UP	POPULAÇÃO (hab.)		ÁREA (Km ²)		Disponi- bilidade 106 m ³ /ano	Poten- cialidade 106 m ³ /ano
	Urbana	Rural	T. Sedimentar	T. Cristalino		
1. Tocantina Maranhense	264.818	184.556	32.900	--	75,00	500,00
2. Gurupi	192.304	386.480	50.600	--	84,00	2.510,00
3. Mearim-Grajaú-Pindaré	842.469	1.479.103	97.000	--	591,00	3.430,00
4. Itapecuru	326.331	445.288	54.000	--	203,00	1.550,00
5. Murim-Barreirinhas	121.818	293.939	27.700	--	170,00	3.120,00
6. Parnaíba	1.741.594	1.617.872	283.140	46.860	977,00	9.030,00
7. Acaraú-Coreaú	426.746	473.672	4.370	26.130	120,40	1.360,00
8. Cuna	192.629	192.533	590	10.910	196,60	350,00
9. Fortaleza	2.411.212	270.894	4.230	10.470	444,30	530,00
10. Jaguaribe	975.770	992.114	14.400	57.600	141,00	810,00
11. Apodi-Mossoró	368.004	223.712	7.470	8.430	53,00	300,00
12. Piranhas-Açu	684.734	560.677	5.070	39.030	30,00	590,00
13. Leste Potiguar	1.145.863	539.203	9.290	15.150	105,30	730,00
14. Oriental da Paraíba	1.519.834	605.283	2.380	21.380	102,00	900,00
15. Oriental de Pernambuco	4.170.296	1.118.349	3.800	21.500	175,20	950,00
16. Bacias Alagoanas	1.253.953	707.524	3.420	13.680	232,60	1.650,00
17. São Francisco	3.184.912	3.253.205	14.610	472.390	452,60	16.700,00
18. Vaza Barris	755.592	263.655	7.040	15.290	35,20	390,00
19. Itapicuru-Real	517.118	892.025	16.520	29.580	48,50	880,00
20. Paraguaçu-Salvador	3.480.425	1.233.761	35.080	46.480	56,00	4.205,00
21. Contas-Jequié	612.731	807.498	--	62.240	33,50	700,00
22. Pardo-Cachoeiras	909.008	475.229	1.630	40.370	22,00	1.240,00
23. Jequitinhonha	107.416	116.769	700	22.500	8,50	540,00
24. Extremo Sul da Bahia	305.793	190.127	8.190	19.110	15,00	5.440,00
TOTAIS	26.511.010	17.323.468	684.130	979.100	4.343,20	58.405,00

3.4 Demanda

A demanda de água necessária para atendimento dos diversos usos a que se destina, acha-se representada no Quadro 3.5 por bacia hidrográfica (UPs).

Verifica-se que a demanda para os diversos usos no nordeste apresenta os seguintes percentuais médios :

- Demanda para irrigação37,2 %
- Demanda ecológica 37,2 %
- Demanda de abastecimento urbano12,0 %
- Demanda agro-industrial5,1 %
- Demanda de pecuária3,7 %
- Demanda industrial3,0 %
- Demanda de abastecimento rural1,8 %

A participação das águas subterrâneas no atendimento da demanda é apenas complementar, porém desempenha importante papel nos seguintes casos:

- a) no Estado do Maranhão, 76,6% das cidades são abastecidas por águas subterrâneas, com um consumo total da ordem de 85.106 m³/ano;
- b) no Estado do Piauí, 84,3% das cidades consomem água subterrânea num total aproximado de 82.106 m³/ano;

- c) as capitais dos Estados do Rio Grande do Norte e Alagoas, são abastecidas inteiramente por água subterrânea, com consumos anuais em torno de 65.106 m³/ano e 75.106 m³/ano, respectivamente;
- d) a Região Metropolitana do Recife atende 20% da sua demanda total, correspondendo a 63.106 m³/ano, com águas subterrâneas.

Na demanda por bacia hidrográfica (Quadro 3.5) verifica-se que apenas cinco unidades de planejamento: Parnaíba, Jaguaribe, Oriental de Pernambuco, São Francisco e Paraguaçu, demandam cerca de 70% do total, ficando os 30% restante distribuídos nas outras 19 (dezenove) UPs.

Fazendo-se uma comparação entre a potencialidade e a disponibilidade de água subterrânea (Quadro 3.4) e a demanda (Quadro 3.5) observa-se que:

- 1) com exceção das unidades de planejamento de Fortaleza, Jaguaribe, Oriental de Pernambuco e Contas-Jequié, todas as demais apresentam potencialidade de águas subterrâneas superior à demanda total;
- 2) em nenhuma das UPs a disponibilidade de águas subterrâneas supera a demanda;
- 3) a potencialidade total das águas subterrâneas - 58.109 m³/ano, é 2,3 vezes maior do que a demanda total de todas as unidades de planejamento;
- 4) a disponibilidade de águas subterrâneas - 4,3.109 m³/ano, corresponde apenas a 17,4 % das demandas totais.

Quadro 3.5: Demanda Atual de Água no Nordeste (10⁶m³/ano)

UPs	ABASTECIMENTO		PECUÁRIA	IRRIGAÇÃO	INDÚSTRIA	AGRO-INDÚSTRIA	ECOLÓGICO	TOTAL
	URBANO	RURAL						
01	29,83	4,72	11,82	47,98	7,34	0,34	50,00	151,55
02	15,79	9,68	15,07	3,80	3,95	0,00	251,00	300,27
03	80,89	37,79	44,82	142,24	20,22	2,22	343,00	671,19
04	28,41	11,38	15,92	45,14	7,10	4,83	155,00	267,78
05	9,04	7,51	8,55	18,47	2,28	0,00	176,00	221,84
06	191,19	41,34	124,24	798,72	47,80	34,89	806,70	2.047,68
07	37,07	12,10	23,64	116,27	9,27	2,77	57,97	259,08
08	15,80	4,92	5,97	189,44	3,95	13,98	36,91	270,98
09	364,05	8,75	8,55	229,00	91,01	25,67	22,19	747,22
10	90,89	26,55	57,33	803,17	22,72	26,16	193,71	1.226,53
11	34,94	4,52	13,96	156,16	8,74	0,14	16,44	234,92
12	54,33	14,32	25,32	291,94	13,58	0,53	162,55	552,58
13	141,82	13,95	15,17	196,09	35,45	45,54	11,46	459,48
14	106,41	15,63	26,04	235,14	39,10	54,83	28,19	553,30
15	514,39	28,40	20,86	1.113,48	128,60	549,42	15,09	2.370,34
16	153,83	18,08	14,53	340,64	38,46	379,58	0,79	945,91
17	294,37	85,12	248,93	3.231,32	73,59	47,05	6.438,53	10.414,91
18	77,27	8,74	16,44	50,99	19,82	33,27	7,96	211,58
19	42,44	22,79	62,24	84,08	10,81	3,83	16,34	242,35
20	473,94	31,52	69,16	389,60	118,49	39,68	170,00	1.262,60
21	92,87	20,33	40,74	561,75	13,22	2,98	70,00	761,89
22	92,85	12,44	27,37	40,80	23,21	4,00	70,50	260,18
23	8,64	2,08	12,91	1,96	2,18	0,00	54,00	81,75
24	27,50	4,06	21,71	185,88	8,87	1,16	140,00	387,98
TOT.	2.956,11	442,81	930,31	9.274,27	747,03	1.272,68	8.292,94	24.948,14





4. VULNERABILIDADE E SUSTENTABILIDADE

Os conceitos de sustentabilidade e vulnerabilidade se acham intimamente relacionados. Pode-se dizer que o desenvolvimento sustentável depende do grau de vulnerabilidade a que se acha submetido o meio ambiente, através de seus componentes físico, biótico e social.

No caso específico do recurso hídrico a sua maior ou menor vulnerabilidade aos fenômenos naturais, sobretudo às secas, irá determinar e condicionar o nível de sustentabilidade da região.

O quantitativo de oferta dos mananciais hídricos aos diversos usos a que se destina, a solução dos conflitos de uso, a disponibilidade das reservas hídricas no espaço e no tempo, o nível tecnológico de exploração, a existência de infra-estrutura e as condições sócio-econômicas regionais, são algumas das variáveis que influenciam na sustentabilidade de um recurso hídrico para atendimento de uma demanda.

Antes de definir os índices de sustentabilidade que poderão ser utilizados para os recursos hídricos subterrâneos, convém que sejam definidos os termos mais usuais do planejamento desses recursos, o que será procedido a seguir:

- **DEMANDA** - volume de água necessário para atendimento de determinado fim a que se destina a água;
- **OFERTA** - parcela de manancial servida para atendimento de uma determinada demanda;
- **DISPONIBILIDADE** - volume diário que o sistema poderá fornecer em função dos poços instalados, no regime máximo de bombeamento (24/24 hs);
- **POTENCIALIDADE** - volume máximo que o sistema aquífero poderá fornecer sem depleção; corresponde à vazão de escoamento natural - VEN do aquífero, ou em outras palavras, à reserva reguladora (recarga anual);
- **RESERVAS PERMANENTES** - volume de água contido no sistema aquífero que não sofre nenhuma influência da variação sazonal;
- **RESERVAS EXPLORÁVEIS** - volume anual que poderá ser explorado do aquífero sem que haja comprometimento irreversível das reservas permanentes, que atenda as condições de qualidade da água e de condicionantes técnicos e econômicos da construção de poços;
- **RESERVAS TOTAIS** - o volume máximo armazenado na zona de saturação, incluindo as reservas permanentes e as reservas reguladoras;

- **RESERVAS ESTRATÉGICAS** - parcela que pode ser consumida das reservas permanentes em períodos de extrema escassez hídrica, inclusive na ausência de uma recarga anual, em períodos de seca.

As reservas exploráveis, em condições normais de recarga anual, isto é, em anos de períodos chuvosos acima da média, devem ficar restritas às reservas reguladoras do aquífero, ou seja, à sua potencialidade.

As parcelas a serem utilizadas das reservas permanentes, devem ficar resguardadas como reservas estratégicas, para uso nos períodos de seca, ou de estiagem prolongada.

Nesse aspecto é que reside a reduzida vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos e, por conseguinte, o elevado nível de sustentabilidade no abastecimento d'água a partir dos mananciais do subsolo.

Com efeito, foi visto em 3.1, que o " coeficiente de realimentação " médio dos aquíferos em bacias sedimentares do nordeste, é de 0,06 % ao ano o que significa dizer que a ausência de recarga durante 5 anos consecutivos - duração da seca mais prolongada ocorrida no nordeste - implicaria num consumo depletivo das reservas permanentes de apenas 0,3 %; os volumes retirados das reservas permanentes durante esses períodos de seca, poderiam ser rapidamente compensados nos anos mais chuvosos, além das trocas existentes no próprio sistema aquífero por drenança vertical ascendente ou descendente.

Pode-se então afirmar que, com exceção dos aquíferos aluviais e fissurais, os reservatórios de águas subterrâneas são praticamente invulneráveis às secas da região semi-árida nordestina.

A partir do entendimento de cada componente do Quadro 3.4, pode-se estabelecer alguns índices e definir o nível de sustentabilidade desses recursos. O cruzamento dos parâmetros de recursos hídricos subterrâneos permitem a adoção dos seguintes índices :

a) Índice de Demanda de Potencialidade - IDEP

$$\text{IDEP} = \frac{\text{DEMANDA}}{\text{POTENCIALIDADE}}$$

A característica desse índice é : ↓ IDEP ↑

significa que quanto maior for a potencialidade em relação





b) Índice de Demanda de Disponibilidade - IDEP

$$IDEP = \frac{DEMANDA}{DISPONIBILIDADE}$$

A característica desse índice é : ↓ IDEP ↑
significa que quanto maior for a disponibilidade em relação a demanda maior será a sustentabilidade do sistema.

c) Índice de Disponibilidade da Potencialidade - IDIP

$$IDIP = \frac{DISPONIBILIDADE}{POTENCIALIDADE}$$

A característica desse índice é : ↓ IDIP ↑
significa que quanto maior for a potencialidade em relação a disponibilidade maior será a sustentabilidade do sistema.

Foi adotado uma simbologia com sinais positivos quando o índice de sustentabilidade é favorável, isto é, a sustentabilidade é elevada e negativo, quando desfavorável, ou de sustentabilidade baixa.

Para melhor distinguir os índices positivos e negativos entre si foi ainda adotada uma sub-divisão do índice como se segue :

- sustentabilidade elevada = (+)
- sustentabilidade muito elevada = (+)(+)
- sustentabilidade baixa = (-)
- sustentabilidade muito baixa = (-)(-)

Foi efetuada, por fim, uma classificação de níveis de sustentabilidade, tomando por base o conjunto dos três índices acima definidos, da seguinte forma :

NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE	Classificação Predominante dos Índices		
	IDEP	IDED	IDIP
I ELEVADO	(+)	(-)	(+) / (+)(+)
II BAIXO	(-)	(-) / (-)(-)	(+)

A interpretação dos níveis I e II de sustentabilidade deve levar em conta o significado dos índices de sustentabilidade (Quadro 4.1) que geraram esses níveis.

O Índice de Demanda de Disponibilidade, ou IDEP revela que a demanda total é, em geral, superior a disponibilidade das águas subterrâneas. Esse fato já havia sido constatado, quando se mostrou que o total da disponibilidade das águas subterrâneas representava apenas 17% das demandas totais atuais,



ou seja, as águas subterrâneas na maior parte do nordeste, excetuando-se os Estados do Piauí e Maranhão e as áreas metropolitanas dos Estados do Rio Grande Norte e Alagoas, atuam como manancial complementar das águas superficiais.

Além disso, pode ser visto no Quadro 3.4 que cerca de 60% da área nordestina localiza-se em terrenos cristalinos e nessa área habita 30% da população do nordeste (os outros 10% da população rural localiza-se em terrenos sedimentares dos Estados do Piauí e Maranhão). Observa-se ainda que nas unidades de planejamento (bacias hidrográficas) 75% apresentam predominância de terrenos cristalinos sobre os sedimentares, com média de participação em área de 87,5%.

Dessa maneira, a oferta de água com relação a demanda total não pode ser muito melhorada, todavia, o atendimento das águas subterrâneas em terreno cristalino deve atender, na maioria dos casos, à demanda difusa, representada pela demanda rural mais a demanda pecuária, cujos totais por UP são apresentados no Quadro 3.5 (colunas 2 + 3).

Comparando-se os Quadros 3.4 e 3.5, verifica-se que a disponibilidade de águas subterrâneas é superior a demanda difusa em 17 das 24 UP's, sendo inferior apenas na UP do Piranhas-Açu e nas UP's localizadas no Estado da Bahia.

Pelo exposto, deduz-se que, ao nível dos dados atuais, isto é, a partir da disponibilidade existente, o índice IDEP não é tão significativo como o índice IDEP, pois, quando este é negativo significa que é imprescindível a participação das reservas hídricas superficiais, sob pena de se ter que explorar uma parte das reservas estratégicas.

Assim sendo, na situação atual de exploração e de demanda, apenas quatro UP's se classificam como de baixa sustentabilidade quanto as águas subterrâneas, quais sejam : Jaguaribe, Oriental de Pernambuco, Bacias Alagoanas e Contas-Jequié (ver Quadro 4.1).

A bacia do Jaguaribe apresenta uma elevada demanda devido a população que habita o fértil Vale do Cariri no sopé da Chapada do Araripe : são as cidades de Juazeiro do Norte, Crato, Barbalha, Missão Velha, dentre outras, que somadas consomem quase toda a potencialidade de águas subterrâneas.

A UP Oriental de Pernambuco apresenta uma demanda elevada por conter a Região Metropolitana do Recife, que consome 20% da demanda de água servida a população, além de outras grandes cidades.

A UP Bacias Alagoanas tem na capital do Estado, totalmente abastecida por água subterrânea, a elevada demanda, enquanto a UP Contas-Jequié apresenta um certo equilíbrio entre a demanda e a potencialidade de água subterrânea.



Quadro 4.1: Índices de "sustentabilidade atual" (1991)

DENOMINAÇÃO DA UP	IDEP	IDED	IDIP	Nível de Sustentabilidade
1. Tocantins Maranhense	0,303 (+)	2,021 (*)	0,150 (+)	I
2. Gurupi	0,119 (+)	3,574 (*)	0,033 (+)(+)	
3. Mearim-Grajaú-Pindaré	0,195 (+)	1,136 (*)	0,172 (+)	
4. Itapecuru	0,172 (+)	1,319 (*)	0,131 (+)	
5. Munim-Barreirinhas	0,071 (+)(+)	1,304 (*)	0,054 (+)(+)	
6. Parnaíba	0,226 (+)	2,095 (*)	0,108 (+)	
7. Acaraú-Coreaú	0,190 (+)	2,158 (*)	0,088 (+)(+)	
8. Curu	0,774 (+)	1,377 (*)	0,560 (+)	
9. Fortaleza	1,409 (*)	1,682 (*)	0,837 (+)	
10. Jaguaribe	1,506 (*)	8,652 (*)	0,174 (+)	I
11. Apodi-Mossoró	0,783 (+)	6,113 (*)	0,176 (+)	
12. Pinranhas-Açu	0,936 (+)	18,400 (**)(*)	0,050 (+)(+)	
13. Leste Potiguar	0,629 (+)	4,371 (*)	0,143 (+)	
14. Oriental da Paraíba	0,615 (+)	5,421 (*)	0,113 (+)	II
15. Oriental de Pernambuco	2,496 (*)	13,542 (**)(*)	0,184 (+)	
16. Bacias Alagoanas	0,573 (+)	4,073 (*)	0,141 (+)	I
17. São Francisco	0,623 (+)	23,039 (**)(*)	0,027 (+)(+)	
18. Vaza Barris	0,542 (+)	6,028 (*)	0,089 (+)(+)	
19. Itapicuru-Real	0,275 (+)	5,042 (*)	0,054 (+)(+)	II
20. Paraguaçu-Salvador	0,307 (+)	23,071 (**)(*)	0,013 (+)(+)	
21. Contas-Jequié	1,088 (*)	23,061 (**)(*)	0,047 (+)(+)	I
22. Pardo-Cachoeiras	0,225 (+)	12,727 (**)(*)	0,017 (+)(+)	
23. Jequitinhonha	0,151 (+)	9,647 (*)	0,015 (+)(+)	
24. Estremo Sul da Bahia	0,071 (+)(+)	25,866 (**)(*)	0,002 (+)(+)	

5. OFERTA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA ATUAL E FUTURA

5.1 Situação Atual e Passada

A perfuração de poços tubulares para captação de águas subterrâneas vem sendo executada na região nordeste através de :

- a) entidades públicas federais que atuam regionalmente, tais como : CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais; CONESP - Companhia Nordestina de Sondagens e Perfurações (subsidiária da SUDENE); DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas; FNS - Fundação Nacional de Saúde;
- b) entidades públicas governamentais que atuam em cada Estado, ligadas ou a Secretaria de Saneamento, ou de Planejamento, ou de Recursos Hídricos , ou ainda de Agricultura;
- c) prefeituras municipais que atuam em áreas restritas ao respectivo município;
- d) empresas privadas, principalmente nos Estados do Maranhão, Piauí e Bahia; nos demais Estados essas empresas limitam-se às regiões metropolitanas costeiras.

A programação de perfuração de poços na região semi-árida dos Estados do Piauí, Maranhão e parte ocidental da Bahia e de Minas Gerais atende a demanda de abastecimento público de cidades, e até mesmo a projeto de irrigação, tendo em vista a potencialidade explorável das formações sedimentares da bacia do Parnaíba (MA/PI) e do aquífero cárstico-fissural (Província São Francisco - BA/MG).

Nas demais regiões dos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, em face do aquífero dominante ser o fissural, representado pelo embasamento cristalino, com água pouca e em grande parte salinizada, os programas de perfuração atendem quase exclusivamente à demanda difusa rural, no máximo às pequenas comunidades, com menos de cinco mil habitantes.

A distribuição de programas de perfuração de poços nos vários anos nas últimas três décadas, tem mostrado uma dependência a quatro fatores, que são:

- programas regionais
- políticas estaduais
- períodos de seca
- situação econômica do País

Nos últimos trinta anos surgiram no nordeste vários programas desenvolvimentistas, que incluíam no seu bojo atividade de captação de reservas hídricas superficiais e subterrâneas; dentro desses programas, as verbas específicas para perfuração de poços eram distribuídas com as entidades públicas federais e estaduais, que se encarregavam da execução da programação. Assim foi com os programas POLONORDESTE, SERTANEJO, PROHIDRO, PAPP, além de outros que surgiram a nível estadual.

A nível de planejamento estadual, a descontinuidade de governo tem acarretado sensíveis mudanças periódicas na programação de perfuração de poços; enquanto determinados governantes consideram prioritárias a captação de água subterrânea, outros priorizam alternativas diferentes, relegando o manancial subterrâneo a nível secundário.

Quanto às secas, se constituem no principal motivo para justificar o aumento da perfuração de poços em áreas semi-áridas, havendo, em geral, uma certa correspondência do aumento do número de poços com os anos de seca.

Finalmente a situação econômica reinante em determinada época se constitui em fator positivo ou negativo para a ampliação ou redução da programação de perfuração de poços. Alguns exemplos podem ser apresentados para caracterizar a ação individual ou conjunta desses fatores :





- 1*) a CONESP perfurou em todo nordeste, desde 1964 até 1993, 5.471 poços assim distribuídos por ano :

1964 - 80 poços	1974 - 151 poços	1984 - 519 poços
1965 - 147 "	1975 - 126 "	1985 - 114 "
1966 - 87 "	1976 - 140 "	1986 - 175 "
1967 - 120 "	1977 - 213 "	1987 - 144 "
1968 - 58 "	1978 - 75 "	1988 - 64 "
1969 - 95 "	1979 - 225 "	1989 - 193 "
1970 - 137 "	1980 - 286 "	1990 - 63 "
1971 - 167 "	1981 - 438 "	1991 - 44 "
1972 - 259 "	1982 - 460 "	1992 - 31 "
1973 - 224 "	1983 - 470 "	1993 - 166 "

Na distribuição de poços acima, pode-se notar a participação de três fatores dos já descritos : o período de 79 a 83 coincidiu com uma das mais extensivas secas que ocorreram no nordeste e, para combatê-la, surgiu o programa PROHIDRO com uma ênfase na distribuição dos recursos hídricos com a população do semi-árido.

Em apenas 6 (seis) anos a CONESP perfurou 43,4% de todos os poços que viria a perfurar em todo o intervalo de sua atuação no nordeste, ou seja, 30 (trinta) anos. Naquele período embora houvesse um evento que justificasse a intensificação da exploração das águas subterrâneas, havia uma situação econômica "aparentemente estável", sem recessão, com reduzida inflação e com intenso desenvolvimento; foi a fase final do denominado "período do milagre econômico" que aconteceu no Brasil na década de 70 até início da década de 80.

A importância do fator econômico pode ser vista ao serem analisados os poços perfurados no biênio 92/93 quando uma intensa seca que chegou até a costa atingiu mais uma vez a região nordestina. Apesar de existir o evento motivador, a situação econômica do Brasil era a pior possível, o que resultou numa reduzida atividade de obras; esse é o reflexo da perfuração de apenas 197 poços nos dois anos de seca 91/92, equivalente a apenas 50% da produção anual média no período 79/84.

- 2*) no Estado de Sergipe, o governo que atuou no período 83/86 perfurou 1.275 poços em 4 (quatro) anos com média de 26,5 poços por mês; no período 87/90 um outro governo perfurou nos 4 (quatro) anos apenas 371 poços, com média de 7,7 poços/mês; e no governo que ora conclui o seu mandato, período de 91/94, foram apenas perfurados 336 poços, com média de 7 poços por mês, apesar de ter havido no período de 92/93 uma das mais intensas secas do nordeste.

- 3*) no Estado de Pernambuco o governo cujo mandato correspondeu ao período de 1987/90 perfurou 1.025 poços, com média de 21,3 poços/mês; no período seguinte, apesar da seca 92/93, foram apenas perfurados 356 poços, com 7,4 poços/mês.

Esses dois exemplos mostram a importância do fator "política estadual", pois esses poços foram perfurados por empresas estatais de seus respectivos estados. Revela também a influência do fator "situação econômica do País, pois, como é de amplo domínio público, a crise financeira do Brasil agravou-se bastante na década de 90, diminuindo os já reduzidos recursos públicos para investimentos em obras.

5.2 Situação Futura : Cenário para os anos 2000, 2010 E 2020

Os estudos estatísticos têm mostrado e a experiência comprovado que o fenômeno das secas do nordeste é cíclico e tende a se repetir no futuro, até mesmo em maior intensidade em função dos processos de esquentamento da atmosfera, efeito estufa, perturbações climáticas no oceano, desmatamento que vem resultando em extensas áreas desertificadas, etc.

Em vista disto, o fator "período de seca" que pesa na estimulação à perfuração de poço, tenderá a continuar presente e até aumentar a sua ação.

A situação econômica do País, segundo as perspectivas dos dirigentes máximos da República, sinaliza para uma retomada do crescimento e desenvolvimento, o que proporcionaria os meios financeiros para implantação de políticas arrojadas na área de execução de obras de captação de recursos hídricos.

Havendo uma retomada no desenvolvimento, os "programas regionais" tenderão a ser dinamizados, principalmente no que concerne a implantação de obras de infra-estrutura, dentre as quais o abastecimento d'água se apresenta como uma das mais importantes.

A dúvida maior e mais aleatória fica por conta das ações dos futuros governantes estaduais no sentido de priorizarem os programas da área de recursos hídricos e sobremaneira da exploração das águas subterrâneas.

Tem-se ainda a considerar que as áreas em distintas bacias hidrográficas desde o Maranhão até Minas Gerais não apresentam o mesmo grau de desenvolvimento, nem as mesmas condições de infra-estrutura para crescerem.

Admitindo-se, então, taxas diferenciadas por região e partindo do princípio que na atual década deverá haver uma maior solicitação de águas subterrâneas em função do deficit de abastecimento por águas superficiais, que poderá ser amenizado progressivamente no futuro, foram estimadas as disponibilidades de oferta de água subterrânea para o decênios de 2000, 2010 e 2020 (ver Quadro 5.1)



Quadro 5.1 : Evolução das Disponibilidades ($10^6 m^3/ano$)

DENOMINAÇÃO DA UP	1991	2000	2010	2020
1. Tocantins Maranhense	75,00	78,75	81,11	82,73
2. Gurupi	84,00	88,20	90,85	92,67
3. Mearim-Grajaú-Pindaré	591,00	620,55	639,16	651,94
4. Itapecuru	203,00	213,15	219,54	223,93
5. Munim-Barreirinhas	170,00	178,50	183,85	187,53
6. Parnaíba	977,00	1.055,16	1.107,92	1.141,15
7. Acaraú-Coreaú	120,40	132,44	143,03	151,58
8. Curu	196,60	216,26	233,56	247,57
9. Fortaleza	444,30	510,94	572,25	623,70
10. Jaguaribe	141,00	157,92	173,71	185,86
11. Apodi-Mossoró	53,00	60,95	68,26	74,34
12. Pinranhas-Açu	30,00	33,60	36,96	42,76
13. Leste Potiguar	105,30	121,09	135,62	147,80
14. Oriental da Paraíba	102,00	117,30	131,37	143,23
15. Oriental Pernambuco	175,20	201,48	225,65	245,90
16. Bacias Alagoanas	232,60	267,49	299,58	326,56
17. São Francisco	452,60	506,91	557,60	596,63
18. Vaza Barris	35,20	38,72	41,82	44,31
19. Itapicuru-Real	48,50	53,35	57,62	61,06
20. Paraguaçu-Salvador	56,00	61,60	66,53	70,50
21. Contas-Jequié	33,50	36,18	37,99	39,13
22. Pardo-Cachoeiras	22,00	23,76	24,95	25,70
23. Jequitinhonha	8,50	8,92	9,18	9,36
24. Estremo Sul da Bahia	15,00	16,20	17,01	17,52
TOTAIS	4.343,20	4.799,42	5.155,12	5.433,46

Pode-se considerar que esse é um cenário tendencial, com uma taxa de crescimento da disponibilidade, da ordem de 11% entre 1991 e 2000, de 12% entre 2000 e 2010 e de 14% entre 2010 e 2020.

O cenário desejável pode ser considerado o mesmo que o tendencial, pois no caso de se

configurar esse crescimento de disponibilidade nas duas décadas seguintes, chegar-se-á na década de 2.020 a uma situação de equilíbrio entre a demanda e a disponibilidade, o que seria a situação ideal.

Verifica-se que, para um aumento decrescente da demanda total de água nas décadas de 2.000, 2010 e 2020, com taxas respectivamente de 22,1%, 17,5% e 14,4%, as demandas tiveram um aumento crescente nesses mesmos períodos, com taxas respectivamente de 10,96%, 12,12% e 14,42%. Dessa forma, em 2020 a relação IDED será em média de 0,97, isto é, positiva.

Quanto a potencialidade em relação a demanda, o índice IDED tende a ser cada vez mais negativo, de vez que as demandas são variáveis (crescentes) enquanto as potencialidades são fixas.

A relação disponibilidade/potencialidade (IDIP) manteve-se ao longo das três próximas

décadas igual à situação atual; apenas na UP de Fortaleza, houve uma aproximação muito grande do índice I,0, chegando a 0,97, o que significa que, nessa unidade a disponibilidade de exploração não pode crescer mais que 5% por década, sob pena de esgotar toda a reserva reguladora e passar a explorar as reservas permanentes.

6. POLÍTICA PARA EXPLORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

6.1 Análise Sobre a Situação Vigente

O Governo Federal do Brasil vem reagindo a cada período de seca intensiva na região nordeste, com a criação de um novo programa e novas entidades : com a seca de 1951 foi criado o BNB; a seca de 1958 determinou a criação do GTDN e da SUDENE; com a seca de 1970 surgiu o PIN/ PROTERRA; a seca parcial de 1976 criou o movimento necessário ao lançamento do PROJETO SERTANEJO; à seca de 1979 deveu-se a criação do PROHIDRO que, posteriormente, em 1984, ao final dessa mesma seca, foi "substituído" pelo PROJETO NORDESTE cujo principal programa, o PAPP - Programa de Apoio ao Pequeno Produtor apresentou o mais importante desempenho.

Outros programas de apoio ao desenvolvimento sócio-econômico e do meio físico da região nordeste surgiram como o POLONORDESTE, o Programa São Vicente, o FINOR-Agropecuário, o PROÁLCOOL etc.

Finalmente, no momento atual, mais uma vez sob a influência de uma seca intensiva nos anos de 1992/93, cria-se o PROJETO ÁRIDAS que busca um desenvolvimento sustentável que permita ao nordeste uma " convivência pacífica " com o fenômeno das secas.

A avaliação do Projeto Nordeste e do PAPP efetuada pelo Prof. Ricardo Miranda, publicado na Rev. Econom. Nordeste, Fortaleza 1991, foi bastante lúcida e realística, sendo a seguir transcritos alguns dos seus comentários.

Uma das atividades essenciais do PAPP era de promover o "desenvolvimento dos recursos hídricos necessários ao abastecimento d'água para uso humano, consumo animal e irrigação em projetos públicos ou privados".

Nesta área, o programa desenvolveu no período de 1985/87 a irrigação pública em 2.839 hectares e privada em 36.170 hectares, com uma população assistida de 2.477 famílias na irrigação pública, 18.580 famílias na irrigação privada e 120.718 famílias com abastecimento d'água.



Os principais aspectos negativos do PAPP foram :

- a) a difícil integração de programas governamentais pre-existentes, sobretudo dos projetos SERTANEJO, PROCANOR, PROHIDRO, e Programas de Emergências;
- b) a diminuta repercussão política, deixando de herdar do POLONORDESTE a repercussão de que dispunha, uma vez que o PAPP não absorveu as ações de caráter regional de grande repercussão política, integrantes dos PDRIs nos setores de infraestrutura econômica e social;
- c) a perda da visão integrada da pequena unidade de produção na região semi-árida;
- d) a não contenção da proliferação de novos programas, tanto a nível federal, a exemplo do "Padre Cícero", como a nível estadual;
- e) o ineficiente esquema de administração financeira, com atrasos na liberação dos recursos e cortes de dotações durante o exercício financeiro, como já vinha ocorrendo com o POLONORDESTE;
- f) a escassez de recursos para aplicação em crédito rural;
- g) a não valorização hidro-agrícola da pequena unidade de produção;
- h) a debilidade institucional devida a falta de legitimidade política e ao agravamento da crise econômica, com elevado ritmo inflacionário e a quase insolvência do setor público motivado pela crise fiscal.

Todavia, o programa apresentou também o seu lado positivo e os principais aspectos positivos foram :

1. o treinamento dos recursos humanos, com financiamento parcial do banco mundial e apoio do PNUD;
2. o avanço na descentralização das atividades de administração das ações de apoio ao pequeno produtor;
3. o fortalecimento da participação dos beneficiários no processo de gestão e de execução do apoio ao pequeno produtor rural;
4. o aperfeiçoamento do sistema de comercialização que articulava as atividades de apoio à comercialização do pequeno produtor com as atividades de expansão da produção de alimentos, com o objetivo de melhorar as condições de nutrição da população carente.

A situação vigente no nordeste apresenta uma série de restrições para o desenvolvimento adequado de uma política de águas, quer sob o ponto de vista institucional, legal ou técnico.

Em virtude da indissociabilidade que deve ser preservada entre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, serão aqui analisados conjuntamente esses dois componentes do sistema.

6.1.1 Restrições Institucionais

Desde há muitos anos que vem se desenvolvendo nas esferas federais, uma beligerante relação entre os órgãos e entidades públicas pelo domínio do setor das águas. A começar dos Ministérios, onde a água vem sendo tratada em várias áreas, tais como : Integração Regional, Infraestrutura, Meio Ambiente, Minas e Energia, Saúde, etc.

No segundo escalão da administração federal em entidades públicas ou empresas mistas, também ocorre uma disputa velada pelo controle das ações no campo dos recursos hídricos, até mesmo dentro de um mesmo Ministério, como é o caso do DNPM com CPRM e com DNAE, a SUDENE com DNOCS e com a CODEVASF, dentre outros.

O resultado desse desentrosamento administrativo é a dificuldade na aprovação das leis necessárias ao pleno funcionamento da gestão dos recursos hídricos como vem ocorrendo com a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Lei das Águas Subterrâneas, ambas com vários anos de tramitação no Congresso, sofrendo as pressões internas de grupos de diferentes unidades.

Também a nível estadual, conforme analisado no capítulo 1.3 deste trabalho, várias são as Secretarias de Estado que atuam simultaneamente no campo dos recursos hídricos, inexistindo, salvo raras exceções, uma Secretaria que lidere as ações de planejamento e gestão das águas, desvinculadas do interesse do usuário (abastecimento público, irrigação, etc.).

Outros fatores negativos ainda no campo institucional são : a multiplicidade de programas naturais concorrentes, tanto a nível federal como estadual, provocando a pulverização de recursos humanos e financeiros; a multiplicidade de instrumentos de veiculação de crédito rural não harmonizados entre si e não adequados à dinâmica dos processos de aproveitamento da terra; a deficiência de capacitação institucional dos agentes intervenientes do processo; a desarticulação inter-setorial nos escalões federais, estaduais e municipais da administração pública.

6.1.2 Restrições Legais

A demora na aprovação da lei que cria a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e da Lei das Águas Subterrâneas, vem dificultando o desenvolvimento de ações de outorga, cobrança e rateio da água nos Estados; a fiscalização à perfuração de poços evitando os graves problemas atualmente existentes de super exploração, poluição, interferências e desperdícios; a elaboração de políticas estaduais de recursos hídricos e demais ações de planejamento e gestão, no sentido de preservar os mananciais hídricos.





6.1.3 Restrições Técnicas

Talvez motivado pelas restrições institucionais e legais retro-mencionadas, acrescida ainda da crise financeira vigente no País nos últimos 8 anos, nota-se uma ausência quase completa de ações nas áreas técnicas de estudos, projetos e obras de recursos hídricos.

A começar pela ausência de um cadastro na forma de uma "base de dados" informatizada de todas as obras, estudos e projetos, até o desenvolvimento de planos de bacias, planos estaduais de recursos hídricos, projetos executivos de obras hidráulicas e, por fim, a licitação para construções dessas obras.

Excetuando o Estado do Ceará, nenhum outro Estado do nordeste possui um plano estadual de recursos hídricos (a Paraíba está em fase de conclusão do seu) e poucos possuem planos diretores de todas as suas grandes bacias hidrográficas.

Some-se a isso a situação alarmante de ausência de esgotamento sanitário, tendo a cidade com melhor atendimento o irrisório percentual de 20% da população atendida; essa situação vem sem dúvida alguma colaborando para o atual estado de precariedade de saúde da população nordestina.

6.2 BASES PARA UMA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS

A adoção de uma política racional de uso, conservação e preservação dos recursos hídricos, considerados de maneira indissociável os componentes meteórico, superficial e subterrâneo do ciclo hidrológico, deve ser pautada nos seguintes princípios básicos :

- I - o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos deverão ser implantados a nível regional para as bacias hidrográficas federais e a nível estadual para as bacias hidrográficas estaduais;
- II - o sistema de gerenciamento de recursos hídricos a nível estadual deverá compatibilizar a oferta e a demanda da água em função de usos múltiplos, prevenir e resolver conflitos de uso, outorgar o uso da água, cobrar pelo seu uso e promover todas as ações legais e administrativas no sentido de conservar e preservar qualitativa e quantitativamente os recursos hídricos;
- III - como parte do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, desenvolver 4 (quatro) linhas de ação, complementares e interdependentes :
 - a) gerenciamento de bacias hidrográficas, de forma integrada com programas sub-regionais de desenvolvimento;

- b) gerenciamento de secas e inundações, através de sistema de alerta e planos emergenciais com base no monitoramento climático, no zoneamento do uso do solo, na avaliação das disponibilidades hídricas efetivas e uso prioritários, e na utilização de modelos hidrológicos de previsão de cheias e estudos de impactos dessas variações climáticas sobre a população e a economia;
 - c) gerenciamento hidro-ambiental fundamentado na previsão dos impactos causados por obras hídricas; e
 - d) gerenciamento de águas subterrâneas, compreendendo as pesquisas de recursos hídricos do subsolo e o planejamento, monitoramento e manutenção de investimentos relacionados com a sua eficiente utilização.
- IV - para apoiar as ações de gerenciamento dos recursos hídricos, deverão ser desenvolvidos os seguintes elementos infra-estruturais :
 - a) constituição e manutenção em estado de atualização de uma "base de dados" informatizada de todas as obras com respectivas características, estudos e projetos de recursos hídricos;
 - b) complementação e detalhamento da cartografia básica, com utilização de sensoriamento remoto;
 - c) normatização e regulamentação de procedimentos que permitam o pleno exercício de direito e as ações coercitivas necessárias ao cumprimento das leis;
 - V - a co-participação da sociedade, devidamente organizada em associações e cooperativas, deverá desempenhar papel de destaque no planejamento e gerenciamento das ações a serem desenvolvidas em recursos hídricos; a educação do usuário deve ser amplamente exercida no sentido de evitar desperdícios, poluição e mal uso dos recursos hídricos;
 - VI - estimular o desenvolvimento da pesquisa em recursos hídricos nos centros universitários da região;
 - VII - priorizar a formação de um quadro de recursos humanos a nível superior, médio e auxiliar administrativo, concedendo-lhes, além da oportunidade de melhorar seus conhecimentos, usufruir de um padrão de vida condizente com a sua condição social.

6.3 ESTRATÉGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS

Conquanto na política de recursos hídricos tenha sido indissociado o tipo de água, se superficial ou subterrânea, no capítulo de "estratégias" serão abordadas apenas aquelas referentes às águas subterrâneas, distribuídas em distintas áreas : pesquisas, obras, recursos humanos e institucional / legal.



a) Em pesquisas, estudos e projetos

- aprimorar os conhecimentos sobre as reservas e recursos exploráveis das províncias hidrogeológicas do nordeste, tendo em vista a definição das reais potencialidades e a elaboração de política de exploração dos aquíferos regionais;
- desenvolver novas metodologias para locação de poços em terrenos cristalinos, visando diminuir as taxas de insucesso relativas a poços secos e com águas salinizadas;
- pesquisar novas tecnologias para dessalinização de águas, a custos mais acessíveis e com volumes de água dessalinizada mais elevados;
- pesquisar novas tecnologias para construção e completação de poços visando proporcionar maior eficiência do sistema poço-bomba;
- desenvolver metodologias de estimulação de poços de reduzida vazão, sobretudo em rochas cristalinas fraturadas;
- estudar o problema de recarga dos aquíferos aluviais no sentido de assegurar vazão regularizada nos sistemas de captação neles instalados, sobretudo para o abastecimento d'água de pequenas comunidades;
- incentivar a pesquisa de novos materiais de revestimento e filtros de poços no sentido de diminuir os elevados custos do poço, sem afetar a qualidade e eficiência dos mesmos;
- pesquisar fontes alternativas de energia para sistemas simplificados de bombeamento de poços;
- pesquisar metodologias apropriadas para projetos de barragens subterrâneas e barragens de assoreamento, visando melhor aproveitamento dos depósitos aluviais;
- desenvolver estudos de salinização de aquíferos costeiros, isto é, pesquisa da interface água doce/ água salgada em aquíferos que já estejam sendo intensamente explorados na região costeira;
- pesquisar a poluição potencial e real em aquíferos, nas áreas urbanas, industriais ou irrigáveis;
- planejamento para uma política de uso racional dos recursos hídricos subterrâneos, em consonância com a potencialidade do aquífero, economicidade do sistema - custo do metro cúbico de água - proteção ambiental e relacionamento com as águas superficiais e meteóricas.

b) Em obras de captação

- perfuração de novos poços em rochas cristalinas e sedimentares, mediante a locação tecnicamente correta e o emprego de métodos de perfuração adequados a cada formação geológica;
- recuperação de poços abandonados através da estimulação do aquífero nos casos de baixa vazão, da manutenção corretiva do

- equipamento de bombeio quando danificado, ou da instalação de dessalinizadores quando a água for salinizada;
- instalação de equipamentos de bombeamento nos poços já perfurados, preferencialmente que não requeiram energia elétrica ou combustível para acionamento de moto-bomba, como, por exemplo, o uso de catavento;
 - execução de poços rasos em áreas aluviais, do tipo mais adequado para cada caso: poço tubular, poço amazonas, poço coletor com dreno radial, galeria filtrante, etc;
 - construção de barragens subterrâneas utilizando o tipo mais adequado de septo para cada caso ou região: parede de pedra, septo de argila, lona plástica, estacas justapostas, etc;
 - construção de barragens de assoreamento visando aumentar o volume de aluviões e acumular água mais facilmente explorável.

c) Em recursos humanos

- treinamento técnico para formação de equipes de nível médio, para auxiliarem os geólogos nos estudos e acompanhamentos de obras de captação;
- treinamento a nível de pós-graduação, em cursos de atualização concentrados, para melhoramento do nível de conhecimentos dos técnicos de nível superior;
- divulgação de campanhas de formação de opinião pública para melhor aproveitamento e preservação dos recursos hídricos subterrâneos.

d) Nas áreas institucional e jurídica

- aprovar a lei federal e subseqüentes leis estaduais de conservação e preservação das águas subterrâneas;
- elaborar a regulamentação e normatização dessas leis a fim de se tornarem aplicáveis, inclusive os critérios técnicos e legais para a outorga e a cobranças das águas subterrâneas;
- adequar em equipamentos, instalações e recursos humanos os órgãos gestores de recursos hídricos em cada Estado do nordeste a fim de possibilitar o eficaz cumprimento das leis de proteção das águas subterrâneas, fiscalizar a execução de obras de captação e acompanhar a implantação de projetos.





7. BIBLIOGRAFIA

- GOVERNO DO CEARÁ - 1992 - A Nova Política de Águas do Ceará - Secretaria de Recursos Hídricos - Ceará - V.1.
- MATOS, A. G. - 1994 - Bases referenciais para um modelo de gestão do desenvolvimento sustentável do nordeste, Recife.
- MENTE, A. - 1983 - Mapa Hidrogeológico do Brasil - DNPM / MME - Brasília.
- MIRANDA, R. N. - 1991 - Avaliação do Projeto NORDESTE e do Programa de Apoio ao Pequeno produtor - Rev. Econ. Nord. Fortaleza, V.22. n.1/4. p. 9 - 45.
- PLANVASF - 1985 - Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF, Brasília.
- REBOUÇAS, A de C. e GASPARY, J. - 1971 - As águas subterrâneas do Nordeste : Estimativas Preliminares - SUDENE, Série Hidrogeologia nº6 - Recife.
- REBOUÇAS, A de C. - 1978 - Recursos Hídricos : As águas subterrâneas no Brasil - CNPq, Brasília.
- SUDENE - 1979 - Recursos Naturais do Nordeste : Investigação e Potencial - Recife - SUDENE.
- SUDENE - 1980 - Plano de Aproveitamento integrado dos recursos hídricos do nordeste do Brasil - Fase I. Recursos Hídricos I - Águas Subterrâneas - Vol.VII - Recife.
- SUDENE / BNB - 1985 - Avaliação do PROHIDRO e do Programa de Irrigação - Recife - SUDENE. Vol.16.
- SUDENE - 1986 - Programa de Irrigação do Nordeste - PROINE - Recife - SUDENE.





ARIDAS



Ministério da
Integração Nacional

