

# MAPEAMENTO HIDROGEOLÓGICO DAS FOLHAS SB.24-X-B / -X-D - AREIA BRANCA / MOSSORÓ

Eugenio Antonio de Lima<sup>1</sup>; Dilermando Alves do Nascimento<sup>2</sup>;  
Teotônio Durval de Castro Dourado<sup>3</sup>; Luiz Carlos Ribeiro Brandão<sup>4</sup> & Valdir José Beraldo<sup>5</sup>.

**Resumo** As Folhas Areia Branca e Mossoró, compreendidas entre as coordenadas 36°00' e 37°30' WGr e 04°00' e 06°00'S, ocupam a porção nor-noroeste do Rio Grande do Norte e extremo nordeste do Ceará, totalizando uma superfície próxima dos 36.800 km<sup>2</sup>. A área pode ser dividida em dois grandes compartimentos bem distintos: a porção sul, que corresponde às áreas de ocorrência do embasamento cristalino, onde as condições hidrogeológicas são pouco favoráveis, e a porção norte, constituída por um pacote sedimentar de idade cretácea – a Bacia Potiguar –, que reúne os melhores aquíferos da área. Os produtos finais constam de duas cartas temáticas – Hidrogeologia e Hidroquímica dos Mananciais Subterrâneos – na escala 1:250.000. O mapa hidrogeológico fornece uma representação cartográfica dos sistemas aquíferos, suas potencialidades, importância hidrogeológica relativa, vulnerabilidade e condições de exposição, enquanto que o mapa de hidroquímica analisa a potabilidade, constituintes químicos e indicações de uso na irrigação.

**Abstract.** The Sheets Areia Branca and Mossoró, comprised between the meridians 36°00' and 37°30' WGr and the parallels 04°00' and 06°00'S, occupy the north-northwest sector of the State of Rio Grande do Norte and the extreme northeast of the State of Ceará, amounting about 36,800 square kilometers. The area can be subdivided into two compartments: the southern portion, that correspond to the areas of crystalline basement, where the hydrogeological conditions are little favourable, and the northern portion basically constituted by a sedimentary layer of cretaceous age – the Potiguar Basin --, where the best aquifers in the area are concentrated. The final products include two thematic charts: Hydrogeology and Hydrochemical of Underground Waters Charts at 1:250,000 scale. The hydrogeological map gives a representation of the aquifer systems, their

---

<sup>1</sup>Geólogo, Pesquisador Titular III, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 4º andar – Vale de Nazaré; CEP: 40.046-900; Salvador; BA; Brasil; fone: (71) 21058682; fax (71) 21058658; e-mail: eugenioibge@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Geólogo, Tecnologista Senior III, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 4º andar – Vale de Nazaré; CEP: 40.046-900; Salvador; BA; Brasil; fone: (71) 21058682; fax (71) 21058658; e-mail: dilermando@ibge.gov.br.

<sup>3</sup> Geólogo, Tecnologista Senior III, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 4º andar - Vale de Nazaré ; CEP 40.046-900; Salvador ; BA; Brasil; fone: (71) 21058682; fax (71) 21058658; e-mail: teotonio@ibge.gov.br.

<sup>4</sup> Analista de Sistemas, Pesquisador Titular III, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 3º andar - Vale de Nazaré ; CEP 40.046-900; Salvador ; BA; Brasil; fone: (71) 21058672 ; fax (71) 21058658; e-mail: lbrandao@ibge.gov.br.

<sup>5</sup> Geólogo, Tecnologista Junior III, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 3º andar - Vale de Nazaré ; CEP 40.046-900; Salvador ; BA; Brasil; fone: (71) 21058682 ; fax (71) 21058658; e-mail: valdirberaldo@ibge.gov.br.

potentialities, relating hydrogeological importance, vulnerability and exposure conditions, whereas the hydrochemical map analyses the potability, chemical components and use for irrigation.

**Palavras-Chave** - Aquíferos; mapa hidrogeológico; mapa de hidroquímica.

## 1 - Introdução

A avaliação dos recursos hídricos disponíveis, tanto nos mananciais de superfície quanto nos mananciais de sub-superfície, constitui-se numa preciosa informação para os diversos setores da sociedade, visto que a água representa um recurso fundamental, mormente para a Região Nordeste, face à sua carência e aos graves problemas sociais e econômicos decorrentes da estiagem.

O objetivo geral desta avaliação é oferecer a partir de uma base de dados hidrogeológicos propostas para a utilização racional dos recursos hídricos, fundamentadas na estimativa de seu potencial, em termos quantitativos e qualitativos.

Os estudos objetivam o reconhecimento hidrogeológico das unidades, caracterização dos aquíferos, condições gerais de alimentação, circulação e descarga, aspectos litológicos e estratigráficos, condições gerais de exploração e classificação química das águas subterrâneas. A metodologia obedece, em essência, a normalização adotada pela CPRM para o Projeto Levantamento Geológico Básico do Brasil, na escala 1:100.000.

No Mapa Hidrogeológico estão representadas, através da superposição de hachuras, símbolos e cores, a potencialidade dos aquíferos, importância hidrogeológica relativa e produtividade, onde são identificadas e agrupadas áreas de condições similares de ocorrência de águas subterrâneas. Este mapa visa fornecer ao usuário uma representação cartográfica dos diferentes ambientes hidrogeológicos, tendo como suporte o arcabouço geológico, que, em linhas gerais, determina a vocação hidrogeológica das unidades e as condições de exploração, demandas e características físico-químicas das águas subterrâneas. Além dessas informações, são também esboçadas as condições de exposição dos aquíferos e a vulnerabilidade dos mesmos à poluição.

No Mapa de Hidroquímica dos Mananciais Subterrâneos são delimitados domínios quimicamente homogêneos com relação a potabilidade, tipos químicos dominantes e possibilidades de uso na irrigação. As informações apresentadas neste mapa, além de fornecerem uma visualização das características químicas gerais das águas subterrâneas, servem de base à análise e seleção de zonas mais e menos propícias à utilização dos recursos hídricos subterrâneos, em termos da qualidade química das águas subterrâneas, bem como poderão subsidiar estudos futuros visando esclarecer maiores detalhes ou certas particularidades das unidades aquíferas.

## 2 - Aspectos Gerais da Área

Toda a porção norte da área é banhada pelo Oceano Atlântico. As cidades de maior destaque são Mossoró, Açú, Areia Branca, Macau, Guamaré, Angicos e Tibau. As principais atividades econômicas da região são a extração de petróleo, a agroindústria e a exploração de sal marinho. A Bacia Potiguar, que ocupa toda a porção centro-norte da área, é considerada atualmente um dos principais campos produtores de petróleo em terras emersas do Brasil. A agroindústria, baseada principalmente na produção de castanha de caju, desenvolve-se em áreas irrigadas através da captação de águas subterrâneas. No presente trabalho, a Folha SB.24-X-D (Mossoró) foi encartada com a folha contígua a norte, a Folha SB.24-X-B (Areia Branca), devido a pequena extensão desta.

A localização geográfica da área – próxima à linha do Equador – condiciona o predomínio do clima semi-árido, característico da Região Nordeste. A posição do litoral, associada à topografia aplainada – típica de chapada – determina a influência das características climáticas no regime de alimentação dos aquíferos. As isoietas variam de 400 a 700 mm/ano, com valores médios em torno de 600 mm/ano. O período chuvoso, extremamente irregular, concentra-se nos meses de fevereiro a maio (verão-outono), enquanto a estiagem – mais pronunciada – muitas vezes se estende por até oito meses. O potencial de evaporação é bastante elevado e durante quase o ano inteiro as temperaturas permanecem elevadas. A temperatura média anual fica em torno de 27°C e os meses de julho e agosto são normalmente os mais frios do ano. Na maior parte da área a vegetação primitiva (caatinga) encontra-se substituída por pastagens, agroindústrias e agricultura de subsistência. A topografia da porção sedimentar é de maneira geral uniforme e monótona, com variações de cotas pouco acentuadas – geralmente próxima dos 100m –, onde as principais feições do relevo são a Chapada do Apodi, situada no limite entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará e as Serras do Carmo e do Mel, localizadas a leste de Mossoró. A área cristalina caracteriza-se por um relevo suavemente ondulado, localmente com algumas elevações, sendo a serra de João do Vale, localizada próximo a Jucurutu, com cotas que atingem até 728m, o maior destaque topográfico regional.

Na área de estudo ocorrem dois rios principais: o Apodi-Mossoró e o Piranhas-Açú, que representam os principais níveis de base regional e cujos estuários – geralmente invadidos por vários quilômetros pelas águas do mar – são utilizados na produção de sal. A maioria dos rios e riachos que compõem as bacias hidrográficas da porção sul da área está submetida ao regime fluvial semi-árido e apresentam caráter temporário. O rio Apodi – intermitente na região do alto curso, onde corre sobre terrenos cristalinos – apresenta regime perene ao penetrar na porção sedimentar, alimentado por restituições subterrâneas mais significativas. Na porção norte da área, no âmbito da Bacia Potiguar, o sistema de drenagem é, em geral, pouco denso e geralmente caracterizado por uma rede difusa de riachos intermitentes, afluentes dos rios mais importantes.

### **3 - Metodologia**

Inicialmente, foi realizado um levantamento das informações hidrogeológicas disponíveis para a área em vários órgãos governamentais. Posteriormente, foram programadas operações de campo, destinadas a executar estudos de reconhecimento hidrogeológico, incluindo visitas a vários poços tubulares e coletas sistemáticas de águas subterrâneas.

Os dados hidrogeológicos, uma vez avaliados, foram incorporados a um banco de dados, desenvolvido no Microsoft Access, sendo então elaborada uma classificação baseada na produtividade dos aquíferos (vazão específica) e na importância hidrogeológica relativa, nos moldes propostos pela CPRM (Leal, 1993 [1]). Já com relação ao Mapa de Hidroquímica, foram estabelecidos, através de um aplicativo, os parâmetros para as determinações químicas, baseados em classificações de potabilidade, tipos químicos e uso na irrigação. Os resultados dessas classificações foram migrados e geo-referenciados no MicroStation, viabilizando-se, assim, o estabelecimento de unidades hidrogeológicas e hidroquímicas que guardam características mais ou menos similares no âmbito de seus domínios. As características gerais de cada unidade, suas condições adequadas de exploração e aplicabilidade das águas subterrâneas são descritas para o conjunto de toda a unidade, com limitações devido às variações locais ou pela falta específica de informações.

A conjugação dos temas numa única carta só foi possível com a utilização de cores, hachuras e símbolos, que permitem ao usuário uma visão global das características dos mananciais hídricos subterrâneos e da qualidade química das águas subterrâneas.

A continuidade dos levantamentos vem contribuindo para uma atualização das informações do Banco de Dados. Quanto maior o volume e melhor a qualidade dos dados hidrogeológicos específicos, melhor a definição das unidades formuladas, ou seja, o processo de seleção de zonas mais e menos propícias à utilização dos recursos hídricos é dinâmico – função da evolução do conhecimento hidrogeológico. Desta feita, poderá uma certa unidade, no futuro, ser subdividida ou mesmo modificada sempre que surgirem novas informações técnicas interessantes.

### **4 - Geologia Regional**

Ao longo de toda a porção meridional da área afloram rochas do embasamento cristalino, com idades que vão desde o Neoproterozóico Superior até o Mesoarqueano. O Complexo Caicó é dominante em boa parte da área cristalina, sendo constituído principalmente por biotita gnaisses, gnaisses facoidais, gnaiss quartzo-feldspáticos, migmatitos, leptinitos e intercalações de lentes anfíbolíticas. Na porção central e sudeste ocorrem biotita xistos, sericita xistos, filitos, calcossilicáticas, gnaisses, migmatitos e calcários metamórficos das Formações Seridó, Equador e

Jucurutu. Disseminados por toda a área cristalina, principalmente na região de São Rafael e Campo Grande, ocorrem granitos finos a grosseiros, cinza a róseo e granitos anatóxicos. Dispostos em sentido leste-oeste, os diques de diabásio toleítico e olivina-diabásio representam manifestações vulcânicas ocorridas na região no período cretáceo e receberam a denominação de Vulcanismo Ceará-Mirim.

Toda a porção norte da área é dominada por uma importante faixa sedimentar costeira que se estende desde o Estado do Ceará até proximidades de Natal. São os sedimentos da Bacia Potiguar, datados do período cretáceo, que se encontram em longos trechos recobertos por sedimentos do Grupo Barreiras e sedimentos diversos do Quaternário e repousam, em discordância, sobre as rochas do embasamento cristalino. Este pacote sedimentar, que atinge espessuras de até 1.000 metros é composto pelas Formações Gangorra, Açú e Jandaíra. A Formação Gangorra não aflora em nenhum ponto da bacia e consiste numa seqüência de clásticos finos, com predominância de folhelhos escuros, carbonosos, cinza-esverdeados, que foram detectados apenas em profundidades superiores a 800 metros. A Formação Açú ocorre numa estreita faixa que circunda grosseiramente a bacia e mergulha suavemente em direção ao mar – recoberta pela Formação Jandaíra – apresentando espessuras variáveis, que aumentam gradativamente de sul para norte, desde poucas dezenas de metros, na área de afloramento, até mais de 800 metros, próximo à costa. Possui um caráter clástico dominante, sendo constituída por arenitos quartzosos, brancos, cinzas e avermelhados, conglomeráticos e caulínicos, com intercalações de folhelhos e siltitos, na base. A Formação Jandaíra aflora em quase toda a extensão da Bacia Potiguar e forma um extenso platô, com espessuras médias da ordem de 250-350 metros, podendo, excepcionalmente, atingir até mais de 400 metros. Sua litologia é constituída por calcários bioclásticos, calcarenitos e calcários dolomíticos, com coloração predominantemente creme e cinza. São duros, finos, com intercalações de argilitos e com bancos ricamente fossilíferos. Junto ao contato com a Formação Açú ocorrem camadas de folhelhos verdes a cinza-escuros, calcíferos, carbonosos e irregularmente estratificados, sendo gradativa a passagem entre ambos.

Ao longo da costa norte-riograndense, desde Ponta Grossa até São Bento do Norte, os calcários da Formação Jandaíra são recobertos pelos depósitos, de idade terciária, do Grupo Barreiras, que formam uma superfície tabular de largura bastante variável e espessuras que vão desde 20 até mais de 100 metros (média de 30-50 metros). Consiste num pacote de sedimentos continentais, afossilíferos, composto por arenitos argilosos, pouco consolidados, de coloração vermelha, violeta, branca e amarelada, apresentando incipiente estratificação plano-paralela e freqüentes intercalações sílticas, argilosas e conglomeráticas.

Com ocorrência restrita na área, a Formação Serra do Martins, do Tércio-Quaternário, aflora apenas na região de Cerro Corá e corresponde a depósitos de coberturas de pediplanização e desnudação, sendo composta por arenitos caulínicos, grosseiros a conglomeráticos e lateritas.

As aluviões ocorrem com destaque ao longo dos vales dos rios Piranhas-Açu e Apodi, sendo constituídas por areias finas a grosseiras, de cores variadas, incluindo desde cascalhos até argilas, com matéria orgânica em decomposição. Nas desembocaduras dos rios principais desenvolvem extensas baixadas, formadas pela acumulação aluvial, a partir das quais as marés penetram até vários quilômetros para o interior – locais tradicionalmente escolhidos para exploração do sal.

A faixa costeira, propriamente dita, é recoberta por cordões litorâneos paralelos à linha de costa, compostos por campos de dunas móveis, que se caracterizam pela morfologia ondulada típica e em certos trechos constituem uma barreira natural à drenagem superficial (endorreica), proporcionando a formação de lagoas. As dunas móveis são depósitos de natureza eólica, constituídas por areias homogêneas, bem selecionadas, friáveis, finas a médias, amareladas, esbranquiçadas e avermelhadas, que se sobrepõem tanto aos sedimentos do Grupo Barreiras como às dunas fixas (mais antigas).

Em termos estruturais, os principais falhamentos regionais ( Falhas de Frei Martinho e Mina-Picuí ) têm direção sudoeste-nordeste, prolongando-se em direção ao litoral, onde são recobertos por sedimentos da Bacia Potiguar. Essas falhas possuem várias outras associadas, de direções variadas, bem como importantes sistemas de fraturas e extensas zonas de cisalhamento, que refletem uma sucessão de dobramentos holomórficos de fortes mergulhos (Manoel Filho, 1970 [2]). A continuidade estrutural é, por vezes, interrompida por maciços graníticos ou por zonas de alto grau de migmatização.

## **5 - Hidrogeologia Regional**

As rochas do Sistema Aquífero Cristalino afloram na porção meridional da área constituindo superfícies mais ou menos contínuas. Em termos lito-estratigráficos, correspondem a rochas de composição variada e idades diversas: ocorrem desde granitos, do Neoproterozóico, até migmatitos, gnaisses, quartzitos, calcários e xistos, do Mesoarqueano. Todos esses tipos litológicos encerram aquíferos de porosidade intergranular praticamente nula. O meio aquífero está representado pelas fraturas e diáclases interconectadas e abertas e apresenta, em geral, potencial hidrogeológico fraco, seja pelo aspecto quantitativo – devido às condições deficientes de alimentação e circulação –, seja pelo aspecto qualitativo, por apresentarem, via de regra, águas com alto teor salino. Os terrenos cristalinos, face à fraquíssima permeabilidade primária que apresentam, são comumente negligenciados com vistas à exploração de águas subterrâneas. Entretanto, a presença de manchas aluviais determina melhores condições de recarga e maiores possibilidades de exploração das águas

subterrâneas, bem como os reservatórios contidos nos mantos de alteração – verdadeiras zonas aquíferas sobrepostas às fraturas – que cumprem um importante papel no contexto hidrogeológico regional, facilitando as recargas provenientes principalmente das precipitações pluviométricas.

Em linhas gerais, o sistema cristalino compreende um meio fraturado, heterogêneo, do tipo livre, cujas possibilidades residem principalmente na interceptação de fraturas produtoras. Os fatores climáticos impõem restrições principalmente pelas chuvas escassas e irregulares – a principal fonte de recarga. A circulação em sub-superfície se dá com gradientes em geral baixos, em direção aos cursos d'água – os níveis de base regionais. Parcelas consideráveis destinadas ao armazenamento hídrico subterrâneo sofrem processos de exsudação, principalmente através da evapotranspiração, durante e imediatamente após as chuvas, em virtude das elevadas temperaturas anuais.

Os volumes de águas subterrâneas armazenadas nesse meio fraturado variam amplamente em função da grande anisotropia que comumente apresenta. Os melhores resultados são geralmente obtidos em zonas tectonicamente mais favoráveis, zonas intemperizadas e ao longo dos trechos de coincidência fratura/drenagem. As vazões são em geral reduzidas, variando, em média, entre 1 e 4 m<sup>3</sup>/h e os níveis estáticos são comumente inferiores a 10 m.

A Bacia Potiguar representa o mais importante sistema aquífero da área. O topo desta seqüência sedimentar é representado pela Formação Jandaíra, que se apresenta como uma camada sub-horizontal, com espessuras variando de 50 a 250 metros e se comporta como aquífero livre em sua área de afloramento, sendo a circulação interior do aquífero geralmente de natureza cárstica. Sobreposto ao aquífero Açu – do qual se separa por pacote sedimentar semipermeável –, o Aquífero Jandaíra tem suas reservas influenciadas pelas relações de comportamento hidráulico entre ambos. Com relação aos principais exutórios, observa-se uma tendência regional do fluxo subterrâneo de sul para norte, em direção ao Oceano Atlântico. Secundariamente, o fluxo se dá em direção aos vales dos principais rios (Apodi-Mossoró, Piranhas-Açu e do Carmo), que servem como escoamento das águas subterrâneas para o mar. As diferentes litologias (argilas arenosas, argilas siltosas, argilitos, folhelhos, margas, calcarenitos e calcários), correspondentes ao topo da Formação Açu e à base da Formação Jandaíra, formam um aquitard, que funciona como camada confinante do Aquífero Açu e – a depender das diferenças de cargas hidráulicas entre esta e o aquífero Jandaíra – é responsável por fenômenos de drenança vertical ascendente e descendente. Uma análise dos poços perfurados sobre essa unidade indica uma profundidade média de exploração em torno de 100-150 metros e vazões em torno de 7 m<sup>3</sup>/h. Os níveis estáticos do Aquífero Jandaíra variam comumente entre 8m e 30 m, sendo a média em torno de 24 m; o valor máximo observado foi de 113 metros e o mínimo de 2,5 metros.

Devido à sua extensão, localização, características geológicas e qualidade de suas águas subterrâneas, a Formação Açú constitui-se no principal aquífero da Bacia Potiguar e do Estado do Rio Grande do Norte. As espessuras do pacote aquífero variam de 20 a 50 metros na área de afloramento e aumentam consideravelmente em direção ao mar, atingindo valores próximos de 400 metros (área onde se encontra sotoposto ao aquífero Jandaíra). A litologia é constituída, principalmente, por arenitos pouco argilosos, arcossianos, predominantemente quartzosos, médios a grosseiros e, por vezes, conglomeráticos. O meio aquífero é representado pelos arenitos grosseiros do membro basal da Formação Açú. As observações de campo e a análise de perfis dos poços comprovam que o seu substrato, pouco permeável, é representado pelo embasamento cristalino – principalmente nas bordas e nos trechos rasos da bacia – e pela Formação Gangorra – presente apenas nas zonas centrais e mais profundas da bacia. A recarga de suas reservas se faz por infiltrações provenientes das precipitações pluviométricas e filtrações verticais, oriundas do aquífero livre superior (Jandaíra), através do horizonte pouco permeável que se insere entre elas. Em alguns poços perfurados na região de Mossoró este horizonte encontra-se a profundidades próximas dos 200-300 metros. O escoamento das águas subterrâneas se faz, a partir da zona de afloramento, em direção ao mar. Os principais exutórios são o mar, o aquífero sobreposto, os rios e a evapotranspiração – estes dois últimos na porção onde o aquífero é livre. A camada aquífera superior apresenta, a nível regional, condições de confinamento, propiciadas pelos horizontes argilosos da porção superior da Formação Açú e/ou pela porção basal da Formação Jandaíra. Na parte norte da bacia apresenta condições de artesianismo (jorro); no entanto, nas áreas de exposição, o Açú é considerado um aquífero livre. Os poços que captam o aquífero confinado comumente atingem profundidades entre 600 e 1.000 metros, com vazões geralmente superiores a 50 m<sup>3</sup>/h, sendo a média de 78 m<sup>3</sup>/h (SUDENE,1980 [3] ). Não raro, poços com profundidades acima de 900m chegam a produzir mais de 200 m<sup>3</sup>/h. Os níveis estáticos variam quase sempre entre 40 e 100m, podendo atingir cerca de 200m em áreas topograficamente mais elevadas. Os poços jorrantes ocorrem com relativa frequência e, quase sempre, apresentam águas com temperaturas elevadas – acima dos 50 °C –, fato observado em alguns poços perfurados nas sedes municipais de Areia Branca e Mossoró, no Rio Grande do Norte.

Os sedimentos do Grupo Barreiras se distribuem ao longo da costa sobre os calcários da Formação Jandaíra. Suas águas subterrâneas acham-se armazenadas nos horizontes arenosos encerrados entre camadas menos permeáveis, comportando-se, em termos hidrogeológicos, como um sistema aquífero livre, embora, localmente, os níveis argilosos, impermeáveis, conduzam à existência de aquíferos com água sob pressão. Em linhas gerais, essa unidade consiste num pacote clástico superior (areno-argiloso), com espessuras médias em torno de 10 a 40 metros, podendo em certos locais atingir 100 metros. Hidrogeologicamente, pode ser definida como um lençol freático

não-confinado, cujo nível estático se orienta, via de regra, segundo as condições topográficas locais e regionais. As camadas argilosas intercaladas nessa seqüência determinam a ocorrência de aquíferos suspensos – aquíferos multi-camada – superpostos ou isolados. A descontinuidade e a reduzida área de ocorrência de alguns afloramentos isolados – mantos residuais de pequena espessura – impedem, localmente, a formação de aquíferos. A profundidade dos níveis estáticos varia, em média, entre 8 e 15 metros nos poços manuais que só captam o aquífero freático, decrescendo em direção aos vales e lagoas, onde, freqüentemente, situam-se entre 1 e 4 metros. O Aquífero Barreiras representa, na prática, a parte superior da seqüência cretácea da Bacia Potiguar, havendo uma franca comunicação hidráulica entre ambos, formando, assim, um único sistema aquífero.

As aluviões dos rios Piranhas-Açu, Apodi-Mossoró e afluentes podem ser também consideradas partes do conjunto aquífero Bacia Potiguar. São relativamente bem desenvolvidas e formam um sistema aquífero livre, de nível estático bastante próximo à superfície, com permeabilidade variável em função de sua gênese sedimentar, sendo relativamente explorados por poços amazonas de pouca profundidade. Hidrogeologicamente, recarregam os aquíferos profundos e, em certos trechos, são realimentados por estes (drenança vertical), o que corresponde aos locais onde, em subsuperfície, os fluxos de água estão dirigidos para cima (fluxos ascendentes) – locais propícios para captação de água subterrânea. As aluviões às vezes possuem quantidades de água explotáveis, no entanto é modesta sua importância hidrogeológica a nível regional.

As dunas são constituídas de areias homogêneas, muito puras, formando depósitos com espessuras entre 5 e 10 metros e representam um sistema aquífero livre, de elevada permeabilidade, com águas pouco profundas, cujo escoamento subterrâneo se faz em direção ao mar e para várias fontes, lagoas e pequenos córregos. Favorecidas pela elevada porosidade, desempenham importante papel na retransmissão de parte de suas reservas – provenientes principalmente das chuvas – para os aquíferos sotopostos.

## **6 – Hidroquímica**

No Mapa de Hidroquímica dos Mananciais Subterrâneos a potabilidade das águas, em termos físico-químicos, foi avaliada segundo o método de Schoeller, que define seis classes de potabilidade: boa, passável, medíocre, má, momentânea e não-potável. Na porção correspondente ao embasamento cristalino, os valores dos resíduos secos conduzem a um predomínio de águas de **má** potabilidade. As características hidrogeológicas adversas – alimentação, circulação e armazenamento deficientes – aliadas ao fator climático, são fatores determinantes na salinização das águas subterrâneas. Com efeito, mais de 60% dos poços perfurados na área de rochas cristalinas fornecem águas com resíduos secos acima de 2.000 mg/l. Na freqüência acumulada, cerca de 75%

das águas do embasamento cristalino na área apresentam resíduo seco superior a 1.000 mg/l. Na região situada entre Pedra Preta e Lajes atingem valores superiores a 8.000 mg/l – o que indica uma predominância de águas salinizadas.

As águas que apresentam baixa concentração de sais dissolvidos – aquelas classificadas, como **boa** e **passável** – estão fortemente relacionadas à porção sedimentar ( Formação Açú, Grupo Barreiras e dunas), onde os resíduos secos são comumente inferiores a 500 mg/l. Os raros valores anômalos observados estão provavelmente associados ao rompimento da interface salina ou decorrem da contaminação das aluviões pelas águas salgadas dos rios, que remontam vários quilômetros em direção ao interior. Este fato foi observado em um poço situado próximo a Alto do Rodrigues (RN) – perfurado em área sedimentar – que apresentou surpreendente resíduo seco de 11.252 mg/l. As águas provenientes da Formação Jandaíra, por apresentarem comumente teores elevados de Cálcio e Magnésio, possuem altas durezas, têm sabor amargo e salobro, estão em maior parte incluídas na faixa de potabilidade **mediocre** (resíduos secos entre 1.000 e 2.000 mg/l) e muitas vezes são aproveitadas apenas para consumo animal.

A classificação dos tipos químicos foi feita com base no Diagrama Triangular de Feré, que revela uma grande incidência de águas cloretadas-mistas e cloretadas-sódicas, ocorrendo, secundariamente, águas bicarbonatadas-sódicas e bicarbonatadas-mistas . Na porção sudeste da folha – área ocupada pelas rochas do embasamento cristalino – as águas cloretadas-sódicas são dominantes e estão geralmente relacionadas a resíduos secos elevados – estes sempre associados a um gradativo aumento nos teores de sódio e cloreto. As águas subterrâneas do Aquífero Açú são geralmente do tipo cloretada-mista, embora devam sofrer influências das misturas com as águas dos calcários. Em alguns locais da bacia sedimentar as águas do Aquífero Jandaíra são cloretadas-magnesianas e mistas-magnesianas – uma evidente influência da relação água/rocha. À medida que se aproxima da costa, as águas são predominantemente bicarbonatadas-mistas e bicarbonatadas-magnesianas.

A avaliação da qualidade para fins de uso na irrigação foi realizada segundo a classificação americana do U.S. Salinity Laboratory. É fácil observar que na porção dominada pelo embasamento cristalino prevalecem águas das classes C4-S2, C4-S3 e C5-S2, ou seja, águas de salinidade elevada e medianamente a altamente sódicas, em geral, não recomendadas para irrigação. Na zona central da área dominam águas da classe C3-S1 , cujas características são a salinidade média a elevada e o reduzido teor de sódio, o que as recomenda com restrições à irrigação. Na zona de litoral as águas da categoria C2-S1 são dominantes e se caracterizam por apresentarem teor salino moderado e baixo risco de sódio, sendo seu uso recomendado apenas para solos com boa lixiviação e drenagem.

## 7 - Resultados

O Mapa Hidrogeológico das Folhas Mossoró e Areia Branca foi concebido a partir de uma síntese dos dados hidrogeológicos armazenados em banco de dados, acrescidos de dados de campo, obtendo-se, assim, uma representação da importância hidrogeológica relativa e da produtividade dos aquíferos da área. No mapa de encarte constam informações gerais relativas às condições de exposição dos aquíferos e à vulnerabilidade destes à poluição. A produtividade dos aquíferos é representada em faixas de valores da Capacidade Específica (expressa em l/s/m). A Importância Hidrogeológica Relativa Local tem conceituação intuitiva, embora sua definição ampare-se, sobretudo, num confronto equilibrado entre disponibilidade, necessidade, explotabilidade e qualidade química das águas subterrâneas.

Com base nos dados analisados, o embasamento cristalino apresenta potencial hidrogeológico fraco (vazões específicas geralmente inferiores a 0,033 l/s/m). Este fato reflete-se através da vazão de base quase inexistente da grande maioria dos rios estabelecidos sobre esses terrenos. Sua importância hidrogeológica relativa local varia entre **negligenciável** e **muito pequena**. Os poços perfurados sobre esses terrenos apresentam profundidades em torno de 40 a 60 metros, com níveis estáticos variando entre 1,5 e 5 metros, sendo as vazões geralmente compreendidas entre 0,5 e 2,5 m<sup>3</sup>/h.

Os sedimentos da Bacia Potiguar constituem um reservatório subterrâneo de extensão regional cuja importância hidrogeológica relativa pode ser classificada como **média**. As vazões específicas são bastante variáveis – desde 0,44 l/s/m até 1,11 l/s/m –, sendo considerado o mais importante sistema aquífero do Estado do Rio Grande do Norte. A Formação Açu – o principal aquífero da área – abastece várias cidades, como Mossoró e Areia Branca, através de poços tubulares com profundidades entre 700 e 1.200 metros e vazões que chegam a atingir mais de 200 m<sup>3</sup>/h – geralmente em poços com profundidades acima de 900 metros. As águas do Aquífero Açu apresentam geralmente potabilidade **boa**, embora ao se misturarem com as águas do aquífero Jandaíra tornem-se um pouco salobras e sofram um decréscimo na qualidade.

A Formação Jandaíra – constituída quase totalmente de calcários – consiste num aquífero livre que vem sendo captado por poços com profundidades entre 50 e 200 metros, com vazões pouco elevadas (média de 20 m<sup>3</sup>/h). As maiores vazões parecem restritas às zonas de carstificação intensa, onde a circulação das águas subterrâneas é mais efetiva. Suas águas subterrâneas, por apresentarem teores elevados em Cálcio e Magnésio e, conseqüentemente, altas durezas, são geralmente salobras e têm sabor um pouco amargo e se destinam muitas vezes apenas para dessedentação animal.

Os sedimentos do Grupo Barreiras apresentam espessuras geralmente entre 30 e 50 metros e são também fontes razoáveis de recursos de água subterrânea. Os poços perfurados sobre essa

unidade atingem geralmente o aquífero sotoposto (Jandaíra), daí serem considerados como um único aquífero. Produzem, em média, 2 a 4 m<sup>3</sup>/h, sendo, localmente, recomendáveis à exploração de águas subterrâneas.

As dunas consistem num sistema aquífero livre de elevada poro-permeabilidade que podem ser utilizadas para o abastecimento d'água de pequenas comunidades situadas ao longo da faixa costeira, como ocorre em Porto do Mangue, onde uma bateria de poços de pequenos diâmetros, com profundidades entre 10 e 12 metros e vazões em torno de 2,5 m<sup>3</sup>/h, é responsável pelo abastecimento local.

As águas subterrâneas das aluviões apresentam resíduos secos quase sempre inferiores a 500 mg/l. Localmente, podem ocorrer alterações na salinidade, provocadas pela interferência de outras formações geológicas (em zonas de contato) ou pela proximidade do mar – neste último caso, muito comum nos estuários das maiores bacias hidrográficas da área e decorrentes do avanço da interface salina, por influência das marés, que penetram vários quilômetros através dos rios.

Alguns estudos recentes demonstram que a intensa exploração do Aquífero Jandaíra na região de Baraúnas, principalmente para fins de irrigação, está causando o rebaixamento excessivo do nível potenciométrico a cada ano, ocasionando eventuais perdas de poços tubulares, o que significa dizer que o volume explorado está sendo maior que a recarga através das chuvas. Nesta região, as bombas submersas dos poços têm sido freqüentemente deslocadas para maiores profundidades para que possam ser restabelecidas as suas condições operacionais – sempre com prejuízos nas suas capacidades de produção. Esta situação preocupante do sistema de captação dos recursos hídricos subterrâneos, aliada à pouca disponibilidade de água superficial regional, tem causado preocupação nos profissionais da CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte) e da SERHID-RN (Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte) em relação ao futuro do sistema de captação das águas subterrâneas – principal fonte de abastecimento das comunidades localizadas sobre a Bacia Potiguar. A captação das águas do rio Açu e das barragens de Santa Cruz, em Apodi, e de Umari, em Upanema, são algumas das alternativas já em curso visando complementar as deficiências do sistema existente.

## **8 - Conclusões e Recomendações**

O estudo realizado permitiu o levantamento de diversos dados hidrogeológicos e hidroquímicos, dos quais podem ser tiradas as seguintes conclusões a respeito do comportamento hidrogeológico e da disponibilidade hídrica dos aquíferos da área:

É evidente a boa aptidão hidrogeológica das rochas que dominam a porção norte da área – a Bacia Potiguar – que armazena expressivo volume de águas subterrâneas e constitui-se no principal sistema aquífero da área.

O topo da Formação Açu e/ou a base da Formação Jandaíra formam um aquífero que funciona como camada confinante do Aquífero Açu e – a depender das diferenças de cargas hidráulicas – é responsável por fenômenos de drenança vertical ascendente ou descendente, sendo comum a ocorrência de poços jorrantes.

As dunas e aluviões, apesar de armazenarem volumes exploráveis de água, são de importância regional menor.

O embasamento cristalino – mesmo levando em conta suas características hidrogeológicas desfavoráveis – tem sua exploração recomendada, uma vez que, as condições sócio-econômicas do semi-árido nordestino conduzem à exploração de mananciais localizados que visam, quase sempre, o abastecimento animal. As demandas – embora modestas – são perfeitamente compatíveis com a oferta reduzida de águas subterrâneas. Apesar das limitações impostas pela litologia – pouco propícia ao armazenamento e circulação subterrânea – e pelo clima semi-árido, deve ser julgado o interesse relativo da exploração das águas subterrâneas das rochas cristalinas na área levando-se em conta sua grande extensão territorial (quase 40% da área estudada) e o fato que a importância da água cresce na medida em que esta se torna mais escassa.

Há necessidade de adoção e manutenção de políticas públicas voltadas ao aproveitamento racional das reservas hídricas do embasamento cristalino. Neste sentido, a observância de critérios técnicos relevantes na locação e perfuração dos poços tubulares tem importância decisiva nos resultados obtidos. O uso de dessalinizadores vem obtendo relativo sucesso na melhor aceitação dessas águas, que têm um forte impeditivo no alto teor de sais que geralmente apresentam.

A construção de barragens subterrâneas e de cisternas é uma alternativa perfeitamente exequível na tentativa de minorar os efeitos da seca na Região Nordeste do Brasil.

## **9 - Referências Bibliográficas**

LEAL, A. de S. (Coord.) Mapas hidrogeológicos; definição e legenda. Rio de Janeiro: CPRM, 1993. 16p.

MANOEL FILHO, J. Inventário hidrogeológico do Nordeste: folha n.10-Jaguaribe-NE. Recife: SUDENE.Divisão de Documentação, 1970. 343p. (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia, 30).

SUDENE; SERETE. Projeto Sertanejo. Estudos básicos de recursos naturais. s.l., 1980. (Estudos hidrogeológicos. Núcleo Mossoró, D-5).