

ESTUDO DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL DE SAIS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SERGIPE

Eugenio Antonio de Lima¹; Raíssa Santos Soares²; Selma Chaves Guilera³;
Luiz Carlos Ribeiro Brandão⁴ & Estácio Alves Costa⁵

Resumo - O estudo utiliza-se de um banco de dados contendo informações sobre 2.138 resultados de análises físico-químicas de águas subterrâneas do Estado de Sergipe – todas extraídas de poços tubulares. São delimitados domínios quimicamente homogêneos com relação à salinidade das águas subterrâneas, a partir da averiguação dos valores da quantidade total de sais solúveis (Resíduo Seco). Esses dados servem de base à análise e seleção de zonas mais e menos propícias à utilização dos recursos hídricos, em termos da qualidade físico-química das águas subterrâneas. Em linhas gerais, observa-se um nítido contraste entre as águas procedentes de rochas cristalinas (salinas) e as águas extraídas de terrenos sedimentares (potáveis), especialmente nas zonas de maior aridez, que correspondem à porção centro-ocidental do estado, localizada no domínio do Polígono das Secas.

Abstract - The present study is based on database containing the results of 2,138 physical-chemical analysis of underground waters of the State of Sergipe, all from tubular wells. Chemically homogeneous domains related to salinity of underground waters are delimited from the analysis of values of total quantity of soluble salts (Dry Residue). Those data are basic to the analysis and selection of more or less favourable zones to the utilization of underground hydric resources, considering the physical-chemical quality of the waters. In general, it is observed an evident contrast between waters from (salty) crystalline rocks and waters extracted from (potable) sedimentary terrains, in special in more aridity zones, corresponding to the center-western sector of the state, located within the so-called “Polígono das Secas” (Drought Polygon) domain.

Palavras-Chave – salinidade; águas subterrâneas; Sergipe

¹ Geólogo, Pesquisador em Inf. Geográficas, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 4º andar – Vale de Nazaré; CEP: 40.050-900; Salvador; BA; Brasil; fone: (71) 21058682; fax (71) 21058658; e-mail: eugenioalima@gmail.com

² Estudante, Estagiária do Setor de Recursos Hídricos, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 4º andar – Vale de Nazaré; CEP: 40.050-900; Salvador; BA; Brasil; fone: (71) 21058682; fax (71) 21058658; e-mail: raissasoaes1@hotmail.com

³ Analista de Sistemas, Tecnologista em Inf. Geográficas, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 3º andar - Vale de Nazaré ; CEP 40.050-900; Salvador ; BA; Brasil; fone: (71) 21058674 ; fax (71) 21058658; e-mail: sel@ibge.gov.br.

⁴ Analista de Sistemas, Pesquisador em Inf. Geográficas, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 3º andar - Vale de Nazaré ; CEP 40.050-900; Salvador ; BA; Brasil; fone: (71) 21058672 ; fax (71) 21058658; e-mail: lbrandao@ibge.gov.br.

⁵ Técnico em Informações Geográficas, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 3º andar - Vale de Nazaré ; CEP 40.050-900; Salvador ; BA; Brasil; fone: (71) 21058672 ; fax (71) 21058658; e-mail: estacio@ibge.gov.br.

1 – INTRODUÇÃO

A avaliação dos recursos hídricos disponíveis – tanto nos mananciais de superfície quanto nos mananciais de subsuperfície – constitui-se numa preciosa informação para os diversos setores da sociedade, haja vista que a água representa um recurso fundamental – mormente para o Estado de Sergipe que possui boa parte de seu território inserido na denominada região do Polígono das Secas, onde a carência de recursos hídricos é responsável por impactos significativos sobre a produção agrícola e pecuária, com repetidos riscos de perdas totais ou parciais das lavouras e rebanhos, desencadeando graves problemas sociais e econômicos.

O conhecimento das características químicas e dos usos mais indicados para as águas subterrâneas é, sem dúvida, um instrumento hábil no gerenciamento eficaz dos recursos hídricos, possibilitando o norteamento de políticas públicas e a adoção de ações concretas e efetivas – ainda que pontuais – visando ao bem-estar coletivo e promovendo a fixação do homem no campo, evitando o êxodo rural e o conseqüente inchaço populacional nas periferias de “polos de atração”, como, por exemplo, Aracaju – capital do Estado de Sergipe.

Em decorrência da grande irregularidade das precipitações pluviométricas, o processo para promover o desenvolvimento do Estado de Sergipe a partir do gerenciamento dos recursos hídricos deve passar pela análise específica voltada à qualidade da água destinada ao abastecimento e à irrigação e pelo reconhecimento da complexidade dos ecossistemas, o que torna a pesquisa científica fundamental ao planejamento, visando à exploração desse recurso e ao seu manejo mais adequado. Desta feita, o conhecimento da qualidade da água é parte integral e elemento essencial no processo de desenvolvimento social e econômico de Sergipe – um Estado que apresenta boa parte de suas terras com evidente déficit hídrico para as plantas e atividades pastoris, proporcionado por índices pluviométricos reduzidos e irregularmente distribuídos ao longo do ano.

O objetivo geral desta avaliação é, portanto, oferecer – a partir dos dados de análises físico-químicas de águas subterrâneas coletadas no território sergipano – uma visão geral da salinidade das águas, bem como estimular a discussão de propostas para a utilização racional dos recursos hídricos em escala regional. Esta análise permite apresentar para o conjunto da área um documento cartográfico que traduz, em termos gerais, as possibilidades de exploração das águas subterrâneas e através do qual são prontamente identificáveis as áreas mais e menos favoráveis para a captação hídrica subterrânea, sob o ponto de vista da quantidade de sólidos totais dissolvidos.

2 - ASPECTOS GERAIS DA ÁREA

Sergipe – o menor dos Estados brasileiros – localiza-se na Região Nordeste do Brasil, entre as

coordenadas geográficas 36° 23' e 38° 15' WGr e 09° 30' e 11° 35' S e seu território ocupa uma extensão de 21.910 km². Limita-se a norte com o Estado de Alagoas – do qual se separa pelo rio São Francisco – a oeste e a sul com a Bahia e a leste com o Oceano Atlântico. Dados do IBGE (2010), indicam uma população de 2.068.017 habitantes, dos quais cerca 26 % residem no meio rural.

A topografia estadual é relativamente plana, com trechos modestamente ondulados, onde as cotas altimétricas raramente ultrapassam 300m. A vegetação no litoral é composta por espécies da floresta ombrófila, restinga, mangues e coqueirais. Na porção média do Estado ocorrem remanescentes da floresta estacional (boa parte substituída por pastagens e culturas cíclicas), enquanto que no sertão domina a caatinga. Seis rios se destacam na hidrografia regional: o São Francisco (abastecimento, irrigação e hidroeletricidade), o Sergipe, o Piauí, o Vaza-Barris, o Real e o Japarutuba. Em decorrência do clima-semi-árido, boa parte dos afluentes dos rios São Francisco, Vaza Barris e Sergipe são intermitentes; por outro lado, pequenos rios costeiros têm regime permanente às custas da pluviosidade elevada (1000/1600 mm) e da eficaz restituição subterrânea do sistema aquífero poroso.

Prevalecem no território sergipano três tipos de clima: o tropical-úmido, no litoral, onde se verificam os totais pluviométricos mais elevados, o tropical semi-úmido, entre o litoral e o sertão, e o semiárido, no sertão, onde compõe o cenário do Polígono das Secas, marcado por temperaturas elevadas e por um regime pluviométrico extremamente irregular – no tempo e no espaço –, onde as chuvas são escassas (500 a 700 mm) e o período seco se prolonga por 7 a 10 meses por ano. As irregularidades climáticas se fazem sentir periodicamente – de maneira bem evidente – sobre os recursos superficiais, tanto por secas como por inundações, que muitas vezes assumem proporções catastróficas. Diante deste cenário, a exploração dos reservatórios subterrâneos surge como alternativa para a sustentabilidade econômica e, portanto, o conhecimento da qualidade das águas subterrâneas torna-se ferramenta necessária e imprescindível ao planejamento para exploração desse recurso subterrâneo e ao seu manejo adequado e seguro.

O Estado de Sergipe apresenta uma grande diversidade de tipos litológicos, envolvendo diversas unidades litoestratigráficas, que abrangem um período de tempo que se estende desde o Arqueano até o Quaternário. Esta variada gama litológica gerou diferentes unidades aquíferas com características peculiares e distintas. De maneira geral, ocorre no Estado de Sergipe um relativo predomínio de rochas de natureza cristalina, envolvendo gnaisses, migmatitos, anfíbolitos, charnockitos, xistos e quartzitos dos Complexos Presidente Juscelino, Caraíba-Paramirim, Jequié e Entremontes, Grupo Macururé e suítes de rochas sieníticas e graníticas, além de rochas neoproterozóicas da Faixa de Dobramentos Sergipana (Grupo Miaba e Grupo Vaza-Barris). Apenas cerca de 25% do seu território é coberto por rochas sedimentares, distribuídas em grande parte ao

longo da faixa litorânea (Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas, Grupo Barreiras, aluviões, dunas, acumulações flúvio-marinhas e sedimentos litorâneos), com pequenas representações nos extremos noroeste e sudoeste do Estado (Bacia Sedimentar de Tucano).

Em termos de águas subterrâneas, o Estado de Sergipe pode ser dividido em três grandes províncias hidrogeológicas: granular, fissural e mista. A Província Granular tem sua principal área de ocorrência no litoral onde encontra-se representada pelo Sistema Aquífero Sergipe-Alagoas, localmente composto por um sistema aquífero livre, que circula na sequência Grupo Barreiras/Formação Marituba/sedimentos holocênicos e um sistema multi-camadas, confinado a semiconfinado, representado por vários níveis de circulação, que correspondem aos horizontes permeáveis das formações Penedo, Riachuelo e Cotinguiba, limitados por níveis pelíticos – os aquitards. Completam esta categoria o Grupo Barreiras (individualmente) e os sedimentos da borda sudeste da Bacia Sedimentar de Tucano. O Sistema Aquífero Sergipe-Alagoas – o mais importante do Estado – apresenta poços com profundidades que oscilam geralmente entre 100-180m e vazões da ordem de 20 a 200 m³/h – excepcionalmente, podem atingir 250-350 m³/h. Nesse sistema aquífero o perigo de contaminação do lençol por intrusão da água do mar é um fator limitante à exploração em larga escala. A Província Fissural – propriamente dita – é representada por rochas do embasamento cristalino (gnaiesses, migmatitos, granitos, granodioritos, micaxistos, quartzitos e anfibolitos), onde as águas subterrâneas percolam preferencialmente através de fraturas e fendas – características que impõem certas restrições hídricas, em termos de quantidade (fracas vazões) e de qualidade (águas salinas). As unidades geológicas da Faixa de Dobramentos Sergipana (Formação Itabaiana, Formação Jacoca-Jacarecica, Formação Capitão Palestina e Formação Frei Paulo-Ribeirópolis) apresentam comportamento hidrogeológico misto (fissural-granular), em função da litologia e do incipiente grau de metamorfismo (metarenitos, metassiltitos, quartzito e metagrauvas), embora o caráter fissural seja predominante. Uma discreta província hidrogeológica – de caráter mais localizado – pode ser também identificada: a sub-província cárstica, sobretudo ativa nos calcários das Formações Riachuelo e Cotinguiba, nos evaporitos da Formação Muribeca (todas pertencentes à Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas) e nos metacarbonatos da Formação Olho d'Água (Neoproterozóico)

3 – MATERIAL E MÉTODOS

A base de dados hidroquímicos utilizada para a realização deste trabalho é oriunda do cadastro de poços da COHIDRO (2007), dos Inventários Hidrogeológicos Básicos do Nordeste (Leal, 1971 e SUDENE, 1978) e da CPRM (SERGIPE, 2002) Além destas, foram acrescentadas análises físico-químicas do IBGE, coletadas por ocasião das várias campanhas de campo realizadas

para estudos de reconhecimento hidrogeológico. Tais análises físico-químicas foram executadas pelo Laboratório de Análises Minerais Solos e Águas – LAMSA, da Universidade Federal de Pernambuco.

Os dados hidroquímicos, uma vez avaliados, foram incorporados a um banco de dados, desenvolvido no *Microsoft Access*. Os valores de Resíduos Secos foram agrupados em faixas de potabilidade, de acordo com os parâmetros propostos por Schoeller. Desta feita, foram adotados os intervalos: 0 a 500 mg/l (potabilidade boa), 500 a 1.000 mg/l (potabilidade passável), 1.000 a 2.000 mg/l (potabilidade medíocre), 2.000 a 4.000 mg/l (potabilidade má), 4.000 a 8.000 mg/l (potabilidade momentânea) e maior que 8.000 mg/l (não potável).

Os resultados dessa classificação foram migrados e georreferenciados no *GeoMedia*, onde as classes de salinidade dominantes em determinadas regiões ou unidades geológicas definiram unidades homogêneas que guardam certa similaridade – quanto ao teor salino – no âmbito de seus domínios. As características gerais de cada unidade, suas condições adequadas de exploração e aplicabilidade das águas subterrâneas são extensivas ao conjunto de toda a unidade, com limitações devido às variações locais ou pela falta específica de informações.

Não foi realizado nenhum programa de amostragem periódica (sazonal) e, assim, a evolução da salinidade ao longo do ano não pôde ser avaliada. Com relação às profundidades, as amostras extraídas de rochas do embasamento cristalino provêm de fraturas geralmente localizadas a menos de 70 metros, enquanto que as oriundas de áreas sedimentares apresentam ampla variedade de horizontes produtores – vão desde poucos metros, em áreas sedimentares pouco espessas (aluviões, manto de alteração e Grupo Barreiras), até mais de 150 metros (Bacia Sergipe-Alagoas). Por outro lado, a evolução da salinidade em relação à profundidade não foi avaliada, em função da dificuldade de se identificar as possíveis misturas das águas de diferentes níveis aquíferos, a partir dos dados disponíveis.

Executada ao longo de quatro anos, esta investigação baseia-se nos resultados de 2.138 análises físico-químicas completas e visa contribuir para o conhecimento do comportamento químico das águas subterrâneas de Sergipe – um dos estados mais carente de recursos hídricos no Brasil – oferecendo, assim, subsídios para o planejamento e uso racional dos recursos hídricos em escala regional.

A continuidade dos levantamentos vem contribuindo para uma atualização das informações do banco de dados. Por outro lado, quanto maior o volume e melhor a qualidade dos dados hidroquímicos 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 – RESULTADOS

Em boa parte do Estado de Sergipe observa-se uma diferença marcante entre as salinidades das águas procedentes dos aquíferos sedimentares e dos aquíferos cristalinos. Os aquíferos sedimentares, por apresentarem melhor poro-permeabilidade, oferecem melhores condições de infiltração e circulação de suas águas subterrâneas, o que influencia de modo decisivo a salinidade. As rochas cristalinas, por possuírem reduzida capacidade de armazenar e circular suas águas subterrâneas, apresentam uma concentração muitas vezes excessiva de sais, especialmente onde são mais deficientes as condições de recarga a partir das precipitações pluviométricas.

Com efeito, águas com salinidades inferiores a 500 mg/l (potabilidade boa, segundo Schoeller) são oriundas quase sempre de unidades das Bacias Sedimentares de Sergipe-Alagoas e Tucano, bem como de arenitos argilosos/conglomeráticos do Grupo Barreiras, de sedimentos costeiros ou de rochas metassedimentares da Faixa de Dobramentos Sergipana. São, em geral, águas muito moles a moles (quanto à dureza), ácidas a ligeiramente alcalinas, com valores de pH entre 5,5 e 7, onde o SAR situa-se entre 0 e 10 (fraco risco de teor nocivo para a irrigação). São frequentes nos poços amostrados nas regiões de Pacatuba-Japarutuba, Itaporanga d'Ajuda-Aracaju, Neópolis-Cristinápolis e Muribeca-Capela-Areia Branca-Salgado-Araúá.

Os aquíferos formados em metassedimentos da Faixa de Dobramentos Sergipana (região central do Estado) e em as áreas de rochas cristalinas (com manto de intemperismo relativamente bem desenvolvido), situadas em zonas de precipitação pluviométrica superiores a 1.000 mm/ano são comumente responsáveis por produzir águas de salinidade intermediária. Este fato é observado nas regiões de Boquim-Itabaianinha-Riachão do Dantas-Lagarto-Macambira-Campo do Brito-Itabaiana e Japoatã-Propriá-Aquidabã-Canhoba, que apresentam com relativa frequência águas com salinidades entre 500 mg/l e 1.500 mg/l.

Já as águas de salinidades elevadas a muito elevadas (> 4.000 mg/l), são encontradas com frequência na região compreendida pelos municípios de Tobias Barreto, Poço Verde, Carira, N^a S^a Aparecida, Gracho Cardoso, Gararu, Poço Redondo e Canindé do São Francisco. São oriundas, via de regra, de rochas do embasamento cristalino, sendo caracterizadas pela Condutividade Elétrica elevada (entre 2.250 e 20.000 μ S/cm) e valores de SAR variando entre 18 e 30 (alto risco de aparição de teores nocivos de sódio).

5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Corroborando as observações de Cruz (1974), constata-se uma associação bastante significativa entre a geologia, os índices pluviométricos e a salinidade, ou seja, à exceção da porção sedimentar referente à Bacia de Tucano, na porção noroeste do Estado, a salinidade das águas cresce, de uma maneira geral, do litoral em direção ao interior, na razão inversa dos índices pluviométricos, ou seja: o binômio geologia-clima é um fator preponderante no zoneamento da salinidade das águas subterrâneas do Estado. A natureza cristalina dos aquíferos fissurais, o fato das chuvas serem concentradas e escassas e de ocorrerem geralmente no verão, influenciam negativamente o tempo de permanência (na superfície) das águas de chuvas e, conseqüentemente, na alimentação das fraturas. Globalmente, essas deficiências são também responsáveis pelo caráter intermitente de boa parte da rede de drenagem regional e de eventuais ocorrências de riachos com águas salobras ou salgadas.

Por outro lado, as reservas subterrâneas armazenadas nos sistemas aquíferos das Bacias Sedimentares Sergipe-Alagoas e Tucano, do Grupo Barreiras e dos metassedimentos da Faixa de Dobramentos Sergipana tornam viável o aproveitamento das águas subterrâneas para consumo humano e para o desenvolvimento de atividades de irrigação, uma vez que, além da disponibilidade quantitativa, as águas apresentam com certa frequência potabilidade boa. Os aquíferos sedimentares, por apresentarem melhor poro-permeabilidade, oferecem melhores condições de infiltração e circulação em sub-superfície, fugindo aos efeitos da evapotranspiração e, conseqüentemente, aos processos de salinização das águas subterrâneas, proporcionando salinidades reduzidas (resíduos secos geralmente inferiores a 500 mg/l).

Entretanto, a despeito das limitações impostas pela litologia – pouco propícia ao armazenamento e circulação subterrânea – e pelo clima (semiárido), que induzem a poços com fracas vazões e águas salinas, deve ser julgado o interesse relativo da exploração das águas subterrâneas das rochas do embasamento cristalino levando-se em conta sua grande extensão territorial (quase 70% da área estudada) e o fato que a importância da água cresce na medida em que esta se torna mais escassa. O problema se agrava pelo fato que na porção semiárida – especialmente onde afloram rochas do embasamento cristalino – a irrigação torna-se mais necessária e as culturas exigem maior suprimento de água justamente no período de estiagem, quando, certamente, ocorre um incremento da concentração salina das águas subterrâneas, em função, sobretudo, da intensa evapotranspiração reinante na região.

A maioria dos poços perfurados em terrenos sedimentares e metassedimentares têm como finalidade o abastecimento humano. Por outro lado, boa parte dos poços tubulares perfurados em áreas de rochas cristalinas – especialmente na porção correspondente ao Polígono das Secas – apresenta problemas de salinidade excessiva e vazões reduzidas e, por esta razão, destinam-se quase sempre ao abastecimento animal. Em alguns casos, poços com melhores vazões e/ou com águas

menos salinas – muitas vezes fazendo uso de dessalinizadores – são aproveitados também para consumo humano (em fazendas e pequenas comunidades). De uma maneira geral, o uso preponderante é a pecuária – visando principalmente à dessedentação animal. Cumpre acrescentar que o aproveitamento de algumas calhas fluviais na área cristalina, através da construção de barragens subterrâneas, vem se tornando uma alternativa bastante viável na pequena irrigação de frutas e hortaliças, viabilizando a agricultura em pequenas e médias propriedades rurais, conforme já ocorre no município de Poço Redondo.

Em vista do cenário hídrico apresentado, constata-se a necessidade de adoção e manutenção de políticas públicas voltadas ao aproveitamento racional das reservas hídricas subterrâneas do Estado de Sergipe. Neste sentido, o conhecimento da qualidade química das águas subterrâneas e do comportamento hidrogeológico – a nível local e regional –, a observância de critérios técnicos relevantes na locação e perfuração dos poços tubulares, a definição das demandas e dos manejos mais adequados, além de um eficaz programa de manutenção dos poços e sistemas de adução, terão importância decisiva nos resultados obtidos.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COHIDRO. Cadastro de Poços Tubulares e de Análises Físico-Químicas do Estado de Sergipe, 2007.

CRUZ, W. B. da. Estudo geoquímico preliminar das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil. Recife: SUDENE, Divisão de Documentação, 1974. 147p. (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia, 19)

LEAL, J. De M. Inventário hidrogeológico básico do Nordeste, folha nº 20 - Aracaju - NE. Recife, SUDENE - Divisão de Documentação, 1971. 150p (Brasil. SUDENE. Série hidrogeologia, 34).

SERGIPE. Governo do Estado. Superintendência de Recursos Hídricos; CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de infra-estrutura hídrica do nordeste. 2.ed. Sergipe, 2002. 1 CD-ROM.

SUDENE. Inventário hidrogeológico básico do Nordeste, folha nº 21 - Recife - NO. Recife, SUDENE - Divisão de Reprografia, 1978. 183p (Brasil. SUDENE. Série hidrogeologia, 54).