

PROPOSTA METODOLÓGICA DE DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS AO ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM TERRENOS CRISTALINOS, POR GEOTECNOLOGIAS, NO ESTADO DE SERGIPE

Paulo Sérgio de Rezende Nascimento¹

RESUMO - O objetivo geral deste trabalho é definir os procedimentos geotecnológicos para determinar áreas propícias à acumulação de águas subterrâneas em aquíferos fissurais no Estado de Sergipe. Neste sentido serão utilizadas imagens de satélite LANDSAT, CBERS-2B e SRTM para a discriminação dos lineamentos geoestruturais de drenagem e relevo. Finalizada esta etapa, serão realizadas as análises exploratórias destes lineamentos estruturais, que fornecem a frequência de suas direções pelo diagrama de roseta. Por fim, a interpolação por krigagem ordinária delimitará as áreas de maior concentração de lineamentos e as áreas mais propícias à acumulação de águas subterrâneas. Assim, o presente trabalho além de aspirar contribuir com a realidade sergipana, visa também fornecer subsídios teórico-práticos que possam ser estendidos para todo o semiárido nordestino.

ABSTRACT - The objective of this study is to define the procedures to determine geotechnological methods to the accumulation of groundwater in fractured aquifers in the State of Sergipe. LANDSAT, CBERS-2B and SRTM satellite images will be used for the discrimination of structural lineaments of drainage and relief. Exploratory analyzes of these structural lineaments will be held, aiming to provide directions by their frequency of rosette diagram. Finally, interpolation by ordinary kriging will delimit the areas of highest concentration of lineaments and the most favorable areas for groundwater accumulation. Thus, this work beyond aspire to contribute to the reality of the State of Sergipe, also aims to provide theoretical and practical information that can be extended to all the semi-arid northeast.

Palavras-chave – Geoprocessamento, hidrogeologia, semiárido.

¹ Professor Visitante da Pós-Graduação em Geociências da UFAM; Av. General Rodrigo Octávio, 3.000, Bairro Coroado, 69.077-000, Manaus - AM; (92) 3305-2862; psrn.geologia@gmail.com

1 – INTRODUÇÃO

O regime pluviométrico do Estado de Sergipe é marcado por extrema irregularidade de chuvas, e a ocorrência cíclica das secas e seus efeitos catastróficos estão registrados desde aos primórdios da história do Brasil. É notório, que a escassez de água constitui um forte entrave à subsistência da população e ao desenvolvimento socioeconômico. No entanto, esse quadro de escassez pode ser modificado com estudos hidrogeológicos específicos e regionais e com uma gestão integrada entre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos eficiente (Bomfim *et al.*, 2002). Esses autores também fazem uma reflexão crítica dos investimentos dos governos Federal e Estadual na execução de uma enorme quantidade de poços tubulares, perfurados como medidas emergenciais desde o início do século passado, e que se encontram desativados e abandonados no Estado de Sergipe. Ainda hoje, o desperdício de recursos financeiros públicos é uma realidade.

Os estudos dos mananciais subterrâneos constituem um desafio técnico que o Estado de Sergipe tenta superar com dificuldade. Normalmente, os obstáculos são o desconhecimento da distribuição espacial em subsuperfície das formações geológicas que contenha água de qualidade e quantidade favorável à sua exploração (Feitosa, 1997). A estimativa preliminar das Reservas Renováveis de águas subterrâneas em Sergipe resultou em um valor de 1.223 m³/ano, equivalente a 38,77 m³/s, sendo composto por 0,37 m³/s representado pelas rochas ígneas, 4,37 m³/s pelas rochas metamórficas e 34,03 m³/s pelas rochas sedimentares e sedimentos. O valor total das reservas renováveis encontrado está inferior ao intervalo de 34,8 a 107,0 m³/s (JICA, 2000).

2 – OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta metodológica, empregando diversos procedimentos inerentes às geotecnologias, que contribua com os métodos diretos (mapeamento geológico) e indiretos (prospecção geofísica) em hidrogeologia (aquíferos fissurais) no semiárido nordestino, especificamente o Estado de Sergipe. A decisão de formular esta proposta metodológica baseou-se na problemática de água no semiárido sergipano, visando apresentar maiores informações com respeito às possíveis rochas do embasamento cristalino portadoras de água. É imperativo, então, avaliar todos os domínios hidrogeológicos sergipanos fissurais para se ter uma visão geral das diferentes áreas favoráveis ao acúmulo de água subterrânea. Esta avaliação é otimizada pela visão sinóptica das imagens orbitais e pelas técnicas disponíveis no Sistema de Informações Geográficas. Deste modo, a metodologia desenvolvida apresenta o reconhecimento inicial e a caracterização dos lineamentos (densidade, espaçamento, cruzamento e tamanho) pela fotointerpretação das imagens até a determinação de áreas favoráveis à concentração de águas subterrâneas pelo tratamento geoestatístico dos referidos lineamentos.

Desta forma, o presente trabalho baseia-se nas seguintes premissas: (i) a frequente falta de água que periodicamente assola o semiárido nordestino pode ser minimizada através de estudos hidrogeológicos por sensores remotos e técnicas de geoprocessamento; (ii) o levantamento fotointerpretativo dos produtos sensores TM/LANDSAT-5, ETM+/LANDSAT-7, CCD/CBERS-2B e SRTM identificam os elementos texturais de relevo e drenagem, de forma a determinar os lineamentos estruturais, os quais analisados pela geoestatística delimita áreas prioritárias à pesquisa de águas subterrâneas; (iii) as respostas espectrais dos terrenos cristalinos apresentam-se distintas nas imagens e, assim, poderão ser diferenciados os aquíferos fissurais. Como exemplo, tanto nas imagens do visível como do infravermelho refletido as rochas cristalinas apresentam-se em tonalidades que variam de cinza médio ao médio-escuro, sendo que em áreas dos granitoides apresentam-se em tonalidade cinza mais clara que as áreas dos gnáisses e migmatitos.

3 – EMBASAMENTO TEÓRICO

As condições hidrogeológicas do embasamento cristalino sofrem particular influência das condições superficiais no processo de escoamento, enquanto que as características intrínsecas das rochas é que permitem a acumulação. As águas possíveis de serem captadas em rochas cristalinas ficam condicionadas a uma pseudoporosidade, originária das fraturas existentes Rebouças (1975), caracterizando-as como más fornecedoras de água. Este fato provocou certo desinteresse por parte dos pesquisadores no que diz respeito ao desenvolvimento de pesquisas nesta área.

A acumulação de água subterrânea no cristalino está ligada essencialmente à existência de redes aquíferas. Tais redes originam-se a partir da trama formada por séries ou sistemas de fraturamentos. Sendo óbvio que quanto maior a densidade de fraturamento e a abertura ou separação entre os planos que subdividem os blocos rochosos fraturados, maior é a capacidade de infiltração (Feitosa, 2008). As feições estruturais de origem distensiva têm maiores possibilidades de criarem as redes aquíferas, que somadas às informações sobre a tendência de fluxo das águas subterrâneas através da tropia e assimetria das drenagens, tornam possível a demarcação de áreas favoráveis a pesquisa de água subterrânea. As feições estruturais podem ser consideradas como setores onde as condições de infiltração e percolação de água são diferentes, devendo ser analisados segundo prioridades, partindo-se do cruzamento de estruturas distensivas até o cruzamento de estruturas compressivas. Conforme as situações possíveis de formas de ocorrências de estruturas e suas combinações ordenam-se a prioridade de áreas mais favoráveis à pesquisa de água subterrânea. Assim, as possibilidades de acumulação de água em rochas cristalinas estão ligadas a características de zonas fraturadas e são facilmente identificadas por imagens de satélite.

A relação densidade, espaçamento, cruzamento e tamanho com a permeabilidade é inversamente proporcional e tais propriedades possuem relações com a porosidade. Esta, por sua

vez, depende do grau de cristalização e da granulometria dos minerais e da existência de fissuras nos litotipos, reconhecidas pelos lineamentos, que afetam as propriedades do terreno tais como: permeabilidade, resistência ao esforço e taxas de infiltração, de intemperismo e de erosão (Summerfield, 2000). Assim, as relações espaciais dos lineamentos podem ser utilizadas para identificações de áreas mais propícias á acumulação de água subterrânea.

Os elementos texturais de relevo e drenagem são estruturados e esculpturados por processos endógenos e exógenos, sendo, portanto elementos fundamentais, como subsídio, para a caracterização de propriedades físicas e químicas do meio físico. Assim, os lineamentos são obtidos a partir de feições de drenagem e relevo alinhadas, os quais geram o mapa de lineamentos, e a intersecção de lineamentos, que ocorrem em diferentes direções. Tais feições evidenciam as áreas de alívio tectônico rúptil provocado por um processo cataclástico, indicando maior ou menor ocorrência de cisalhamentos. Representam a permeabilidade do terreno, principalmente os cruzamentos de lineamentos, que caracterizam zonas de maior variação de tensão, ocorrendo o maior número de fraturamento (Feitosa, 2008). A análise dessas feições permite inferir fatores como a permeabilidade e porosidade secundária, que condicionam o grau de infiltração e armazenamento. O resultado é expresso no Mapa de Potencial Natural de Infiltração, e através da geoestatística, podem ser estabelecidas as áreas propícias ao armazenamento de água.

Neste século, várias metodologias estão consagradas e muitas em desenvolvimento, como a proposta neste trabalho. Resumidamente tem-se: processamento digital de imagens; integração de dados de multissensores; fotointerpretação visual e inferência espacial estatística. Atualmente, é inquestionável que a identificação de lineamentos crustais visíveis na escala de imagens orbitais possibilita a demarcação de possíveis domínios hidrogeológicos, de forma rápida e eficiente, não obtida por outros meios. O desenvolvimento de técnicas de Processamento Digital de Imagens e Inferência Espacial Estatística, aliado aos diversos produtos de sensoriamento remoto com melhores resoluções espacial, espectral e radiométrico, foi essencial. Como consequência, os hidrogeólogos que trabalham com geotecnologias têm possibilidades cada vez mais crescentes, pois diferentes procedimentos metodológicos estão sendo aprimorados.

4 – DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

Para o desenvolvimento dos diversos procedimentos técnicos, adotaram-se dois níveis de abrangência: o nível compilatório e o operacional. O primeiro se refere à constatação de fatos e fenômenos a serem pesquisados e diz respeito aos levantamentos, seleção e preparação de dados de diversos formatos, bem como a solução dos problemas de armazenamento e recuperação dos dados; e o segundo visa a modelagem de processos atuantes no ambiente através do tratamento dos dados obtidos no primeiro nível, os quais tornam-se informações para interpretações e análises. Dentro de

um banco de dados, esse nível representa as diversas maneiras de apresentação dos resultados sob uma tipologia adequada, por modelos numéricos, mapas temáticos, gráficos, tabelas e imagens.

No Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), programa computacional de geoprocessamento, o ambiente de trabalho é estruturado em um Banco de Dados Geográficos (BDG). Optou-se por empregar o gerenciador ACCESS, pois este permite o desenvolvimento rápido de aplicações que envolvem tanto a modelagem e estrutura de dados como também a interface a ser utilizada pelo usuário. O BDG é um modelo de dados georrelacional que permite tratar, de maneira unificada, a grande diversidade de informações espaciais e não espaciais. Posteriormente, esse banco pode ser separado em projetos, os quais são compostos por um conjunto de planos de informação (PIs), que são o suporte para os diferentes tipos de dados existentes, que por sua vez, permitem que tais dados sejam integrados e que diferentes tipos de estudos possam ser realizados.

4.1 - Compilação de dados

Essa etapa reúne as atividades de aquisição, seleção e preparação dos dados. A aquisição dos dados resume-se na obtenção gratuitas de imagens de satélite (LANDSAT, CBERS-2B e SRTM) e de documentações cartográficas (cartas topográficas e mapas temáticos) no formato digital. Estas são adquiridas em bibliotecas virtuais, como do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). As imagens digitais LANDSAT e CBERS-2B são obtidas do acervo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e as imagens SRTM, no acervo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). As imagens LANDSAT e CBERS-2B são imageadas entre 9:45h e 10:30h, o que garante um ângulo de visada capaz de realçar o relevo pelo contraste de intensidade de contraste tonal entre faces opostas do relevo iluminado e sombreado (par claro-escuro) essencial para a extração de lineamentos. Entretanto, o efeito benéfico da elevação solar pode ser reduzido se o azimute solar não for ortogonal, ou pelo menos oblíquo, aos lineamentos, na medida em que esses alinham na direção de visada, reduzindo o referido contraste. Para sanar esse problema, são empregados filtros direcionais, que realçam as direções de interesse; como também imagens SRTM através da geração de imagens denominadas de Aspecto, que representam a exposição das direções das vertentes em relação ao Sol.

Na seleção das imagens LANDSAT e CBERS-2B, a preocupação central está relacionada com a escolha de imagens sem cobertura de nuvens, pois em estudos de lineamentos, a data de aquisição não interfere na fotointerpretação. A preparação e a entrada das imagens no banco de dados do SPRING seguem os procedimentos usuais exigidos: (i) conversão das imagens GeoTIFF em GRIB, que é o formato de armazenamento de imagens no SPRING e (ii) geocorreção (registro) das imagens para o Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS).

Realizados tais procedimentos, as imagens estão prontas para serem inseridas no BDG do SPRING. As imagens SRTM já estão georreferenciadas, porém estão com resolução espacial pequena (90m), assim, elas são reamostradas para resolução de 30m, limite máximo possível de aumento de escala.

4.1.1 – Criação do Banco de Dados Georreferenciados

O desenvolvimento deste trabalho envolve a produção de uma grande quantidade de dados espaciais e não espaciais, os quais devem ser armazenados numa plataforma única, como um BDG, que além de possibilitar o arquivamento e a visualização das informações proporciona o tratamento dessas informações por meio de técnicas de geoprocessamento, integrando dados de sensoriamento remoto, geoestatística, cartografia digital em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Desta forma, podem ser geradas informações a partir daquelas armazenadas no banco de dados através da interpretação de imagens de satélite; processamento digital de imagens, integração das informações e álgebras de mapas; análise e inferência de fenômeno espaço-temporal para avaliar e inferir valores de variáveis distribuídas no espaço e/ou no tempo pelas ferramentas de geoestatística. A apresentação dos resultados por mapas temáticos digitais conectados às informações não espaciais através de uma tabela de dados alfanuméricos é outra vantagem.

4.1.2 – Restauração de imagens

Após definir a estrutura do banco de dados no SPRING e antes da transformação das imagens GeoTIFF e do registro das imagens GRIB realiza-se o procedimento de restauração de imagens. Esta técnica possibilita a correção radiométrica e aumento dos tamanhos dos pixels para 10m por 10m, obtendo uma imagem realçada e com o triplo da resolução espacial das imagens multiespectrais TM e ETM+ do LANDSAT originais e 5m por 5m das imagens CCD do CBERS-2D, com resolução original de 20m. Este procedimento é realizado em um projeto sem projeção cartográfica para garantir que as mesmas não foram reamostradas e então são convertidas para o formato GRIB, registradas e só então inseridas no BDG. Este procedimento é obtido automaticamente no módulo IMPIMA do SPRING. É um processo simples e rápido. Após salvar as imagens nesse módulo, elas estão prontas para serem importadas para o banco de dados do SPRING. Já, as imagens SRTM são importadas diretamente no formato original (TIFF) e posteriormente reamostradas, automaticamente, para 30m e transformadas em imagem Aspecto.

4.1.3 – Registro das imagens

Após o procedimento de restauração, as imagens LANDSAT e CBERS-2B são registradas ou georreferenciadas para estabelecer uma relação entre as coordenadas da imagem e as coordenadas geográficas e inseridas no banco de dados. O cuidado na escolha dos pontos de controle é essencial,

eles devem estar devidamente espaçados por toda a imagem para evitar distorções e bem definidos para se obter uma precisão de acordo com o padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrica Estabelecido (BRASIL, 1996). As imagens Geocover LANDSAT são adquiridas no acervo gratuito para *download* da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), e são utilizadas como base de referência para o registro das imagens LANDSAT, uma vez que elas são adquiridas já ortorretificadas. Posteriormente, as imagens CBERS-2B são registradas pelas imagens LANDSAT.

4.2 – Operacionalização dos dados

Essa etapa reúne o realce das imagens, a interpretação visual e a análise espacial. Esta última compreende a análise geoestatística, a qual, atualmente, é entendida como um tópico especial da estatística aplicada que trata de problemas referentes às variáveis regionalizadas (Landim, 2006). A análise em geoestatística compreende: (i) levantamento do semivariograma experimental; (ii) ajuste a uma família de modelos de semivariogramas e (iii) a aplicação da krigagem ordinária.

O método lógico e sistemático de interpretação de produtos sensoriados por satélites foi desenvolvido para as condições brasileiras por Veneziani e Anjos (1982). O princípio da interpretação visual baseia-se na premissa de que as estruturas podem ser refletidas em superfície e que esse reflexo é passivo de identificação através de produtos de sensoriamento remoto. O processo de fotointerpretação depende muito da experiência do fotointérprete.

As técnicas de realce visam melhorar a qualidade visual da imagem (Novo, 1992), pois no processo de obtenção das imagens, elas sofrem atenuações atmosféricas e outros processos inerentes ao seu procedimento de aquisição no sistema sensor, que diminuem o contraste das respostas espectrais dos alvos. Assim, após a aplicação da manipulação de contraste, filtragem espacial, análise por componente principal, transformação IHS e restauração de imagens, as imagens monocromáticas apresentarão maior contraste visual e que serão integradas a um conjunto de canais formando diversas composições coloridas. Um procedimento essencial é a integração da CP-1 das imagens CBERS-2B com as imagens LANDSAT, pois reúne a maior resolução espectral destas últimas imagens com a maior resolução espacial das primeiras imagens. Além desses procedimentos a imagem Aspecto é integrada com as imagens LANDSAT e CBERS-2B, aumentando a visibilidade das estruturas lineares geológicas.

Com o mapa de lineamentos estruturais e de cruzamento de lineamentos devidamente estabelecidos, os mesmos são submetidos à análise geoestatística pela krigagem ordinária. Dessa maneira, são gerados os mapas de densidade de lineamentos estruturais e de densidade de cruzamento de lineamentos, que são de grande utilidade para identificar a distribuição espacial regional do padrão de fraturamento, ruptibilidade, cisalhamento e conseqüente permeabilidade da área, contribuindo para a identificação de áreas com maior potencial natural de infiltração de água.

4.2.1 – Manipulação de contraste

A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano. O contraste entre dois objetos pode ser definido como a razão entre os seus níveis de cinza médios. Realiza-se a operação ponto a ponto, independentemente da vizinhança. Não existe uma regra que melhor se aplique ao contraste, pois se subordina às características da imagem, e a decisão depende da experiência do usuário. O aumento de contraste não revela uma informação nova que não esteja já contida na imagem original, apenas apresenta a mesma informação dos dados brutos, porém de uma forma mais clara ao usuário.

4.2.2 – Filtragem espacial

Os filtros de realce de bordas atribuem valores de nível de cinza para os *pixels* da cena original, segundo a influência de seus *pixels* vizinhos. Esta maior ou menor influência será função de valores (positivos, nulos ou negativos) fornecidos pelo fotointérprete e atribuídos aos elementos da máscara, considerados segundo a configuração do filtro utilizado. É através da combinação destes valores de entrada ou pesos, que será obtido um realce maior ou menor da cena, segundo direções preferenciais, como: Norte, Sul, Leste, Oeste, Nordeste, Noroeste, Sudeste e Sudoeste.

4.2.3 - Análise por Componente Principal

Este procedimento visa à redução da dimensionalidade dos dados e a remoção da redundância de informações oferecendo maior visualização das estruturas lineares. As imagens Principal Componente (PC) são geradas a partir das bandas 1 a 5 e 7 dos sensores TM e ETM+ e 1 a 4 do CCD. A PC-1 concentra as informações das demais bandas, possui maior variância (contraste) e maior média (brilho). O realce linear da PC-1 aumenta a separação dos lineamentos de drenagem e de relevo e pode ser usada em várias composições coloridas inclusive com as CP-2 e CP-3.

8.2.4 – Transformação IHS

Para descrever as propriedades da cor de um objeto em uma imagem, normalmente o olho humano não distingue a proporção de azul, verde e vermelho presente, e sim, avalia a intensidade (I), a cor ou matiz (H) e a saturação (S). Por serem independentes, estes três parâmetros podem ser analisados e modificados separadamente, para um melhor ajuste das cores ao sistema visual. A transformação IHS pode ser utilizada também na combinação de imagens de diferentes sensores e resolução espacial, como por exemplo: a melhor resolução espacial das imagens CBERS-2B com as melhores resoluções espectrais das imagens LANDSAT; a maior concentração de informação da Componente Principal CP-1 e a direção das vertentes da imagem Aspecto.

8.2.5 - Composição colorida

Por produzir uma integração dos dados em diferentes bandas espectrais serão realizadas várias composições coloridas das diversas imagens geradas pelos procedimentos descritos. A composição colorida aumenta muito a quantidade de informação que pode ser visualizada e interpretada, já que o sistema visual pode ver um maior contraste de matizes de cor do que níveis de cinza. Conjuntos de rochas poderão ser discriminados, conforme os tripletes formados. As rochas ácidas possuem maior albedo que as intermediárias, estas, maior que as ultrabásicas e estas, maior que as básicas.

4.2.6 - Extração das lineações e dos lineamentos de drenagem e relevo

Os elementos de relevo e drenagem nas imagens são as menores superfícies contínuas e homogêneas e passíveis de repetição. Estes elementos quando fortemente estruturados unidirecionalmente são interpretados como lineamentos podendo representar sistemas de fraturamentos (juntas e falhas). Para a extração das lineações e dos lineamentos são utilizados os diversos produtos gerados pelos procedimentos descritos.

4.2.7 - Análise exploratória e filtragem das lineações e dos lineamentos

Os resultados das análises exploratórias são apresentados em relatórios, que fornecem o número total de lineações/lineamentos, juntamente com seu comprimento total e médio. Outra forma de apresentação dos resultados é por gráficos, assim, os elementos texturais de relevo e drenagem são analisados por diagramas de roseta. A filtragem das lineações/lineamentos permite subdividi-los em quatro faixas angulares previamente definidas: N-S, E-W, NE-SW e NW-SE. Estas estruturas geológicas de relevo e drenagem são interpretadas como possíveis sistemas de fraturamentos. As propriedades dos elementos texturais do relevo e drenagem (plasticidade, assimetria, resistência à erosão, tropia e permeabilidade) são utilizadas para a caracterização de zonas homólogas, que indicam diferentes unidades geológicas. A análise destes elementos texturais permite o agrupamento destas feições em domínios litoestruturais (mapa fotolitoestrutural).

4.2.8 – Análise geoestatística

Para determinar as densidades de lineamentos, estes são convertidos para o formato matricial e em seguida para um arquivo de pontos amostrais de formato numérico, para que processe a contagem automática do comprimento dos respectivos lineamentos. A interpolação por krigagem ordinária definem as áreas de maior concentração de lineamentos no formato numérico. Estes resultados são transformados em produtos do tipo imagem, então a partir de técnicas de equalização dos histogramas e fatiamento equidistribuído são gerados mapas temáticos representativos das

classes de densidade, espaçamento, cruzamento e tamanho dos lineamentos e a partir daí a definição das áreas mais propícias à acumulação de água subterrânea.

4.9 - Considerações finais

A relevância deste trabalho pode ser distinguida através de duas abordagens: a primeira é a importância teórica no contexto da hidrogeologia e das geotecnologias. A segunda é a sua relevância prática, que terá aplicação direta nos prováveis domínios hidrogeológicos fissurais do Estado Sergipano, definindo áreas potencialmente exploráveis. Sob este ponto de vista, mantendo um olhar crítico e atual sobre o processo de maximização de aquisição de informações e delimitação de áreas propícias à acumulação de água subterrânea por meio das geotecnologias e os impactos socioeconômicos positivos advindos da minimização da escassez de água, principalmente no semiárido, destaca-se que: (i) a metodologia desenvolvida na análise dos lineamentos identificará áreas consideradas promissoras à ocorrência de acumulação de água subterrânea e na definição de modelos hidrogeológicos preliminares, como também fornecerá dados para futuras análises mais específicas; (ii) contribuirá para o conhecimento sobre a ocorrência de unidades geológicas do Embasamento Cristalino com potencial quantitativo e qualitativo para exploração das águas subterrâneas acumuladas em seus espaços vazios; (iii) as informações serão consolidadas em um Sistema de Informações Geográficas para possibilitar o cruzamento com outros temas já disponíveis (cadastro de poços tubulares, mapa de qualidade das águas subterrâneas, dentre outros) e para facilitar aos tomadores de decisão a gestão desse bem público; (iv) os dados produzidos poderão ser integrados com dados geofísicos, que facilitará o mapeamento hidrogeológico.

BIBLIOGRAFIA

- BOMFIM, L.F.C.; COSTA, I.V.G.; BENVENUTI, S.M.P. (2002) *Projeto Cadastro da Infraestrutura Hídrica do Nordeste: diagnóstico do município de Carira*. CPRM Aracaju-SE, 14p.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia e Comissão de Cartografia. (1996). *Cartografia e aerolevanteamento – legislação*. Brasília-DF, 27p.
- FEITOSA, E.C. (1998). *Avaliação dos aquíferos da bacia Sergipe/Alagoas entre Aracaju e Capela*. PETROBRÁS Aracaju-SE, 178p.
- FEITOSA, F.A.C. (2008). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. CPRM Rio de Janeiro-RJ, 812p.
- JICA. JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. (2000). *The study on water resources development in the state of Sergipe in the Federative Republic of Brazil*. JICA, 406p.
- LANDIM, P.M.B. (2006). *Sobre geoestatística e mapa*. Terra e Didática 2(1), pp.19-33,
- NOVO, E.M.L.M. (1992). *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. Edgar Blücher São Paulo-SP, 308p.
- REBOUÇAS, A.C. (1975). *Algumas considerações sobre a hidrogeologia nos terrenos cristalinos do Nordeste Brasileiro*. Recursos Naturais 3(1), pp.172-184.
- SUMMERFIELD, M.A. *Geomorphology and tectonic*. (2000). John Willey & Sons England, 361p.
- VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. (1982). *Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento e aplicações em geologia*. INPE São José dos Campos-SP, 61p.