



Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Estudo de Campo Integrado com Imagem Landsat para Indicar Áreas Favoráveis a Captação de Águas Subterrâneas

Francisco de Assis da Silveira Gonzaga¹; Marx Prestes Barbosa²;
Paulo Roberto Megna Francisco³

¹Professor-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB). E-mail: franciscoagonzaga@hotmail.com; ²Professor – Universidade Federal de Campina Grande, (UFCG). E-mail: marx@deag.ufcg.edu.br; ³Doutorando em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Campina Grande, (UFCG). E-mail: paulomegna@ig.com.br

Artigo recebido em 09/04/2012 e aceito em 17/12/2012

RESUMO

Este trabalho objetivou o mapeamento de áreas potencialmente favoráveis à pesquisa de água subterrânea para o município de Parari, utilizando técnicas de geoprocessamento. Para a análise de fraturamento foi utilizada a banda 4 em papel fotográfico da imagem TM/Landsat-5 e fotografias aéreas que permitiram identificar as principais direções das estruturas lineares: NS±15°, EW±15°, NNE15°, NNW±15°, NE±15°, NW±15°, N60E±15° e N60W±15°. Os dados obtidos das imagens e medidos nos afloramentos foram submetidos ao tratamento estatístico proposto por Aliyev (1980), que permitiu o estudo regional dos eventos da tectônica rúptil. A partir da utilização do modelo de Riedel (1929), com as modificações de Sadowski (1983), definiu-se 2 sistemas de cisalhamento, dextral e sinistral. O Mapa Integrado contempla os dados obtidos como também o posicionamento das áreas com maior potencialidade à pesquisa de água subterrânea. No mapa estão indicadas áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea, relacionando cruzamento de estruturas abertas, com base na proposta de Sampaio (1987). As direções estruturais que mais se adequaram ao modelo, conseqüentemente mais propícias à prospecção de água subterrânea foram NS±15°, EW±15°, NE±15°, N60E±15° e N60W±15°.

Palavras-chave: geologia, geoprocessamento, semiárido

Field Study with Integrated Landsat Image to Indicate a Favorable Areas Underground Water

ABSTRACT

This study aimed at mapping the potentially favorable to the survey of underground water for the city of Parari, using geoprocessing techniques. For the analysis of fracturing was used band 4 on photographic paper image TM/Landsat-5 and aerial photographs that have identified the main directions of linear structures: NS ± 15°, EW ± 15°, NNE15°, NNW ± 15°, NE ± 15°, NW ± 15°, ± 15° N60E and N60W ± 15°. Data from the images and measured in outcrops were subjected to statistical treatment proposed by Aliyev (1980), which allowed the study of regional tectonic events brittle. From this model of Riedel (1929) with modifications Sadowski (1983) have defined two systems shear dextral and sinistral. The integrated map includes data obtained as well as the positioning of the areas with greatest potential for groundwater research. On the map are indicated favorable areas for groundwater research, cross-linking open structures, based on the proposal of Sampaio (1987). The structural directions that best conformed to the model, thus more conducive to prospecting for groundwater were ± 15° NS, EW ± 15°, ± 15° NE, N60E and N60W ± 15° ± 15°.

Keywords: geology, geoprocessing, semiarid

1. Introdução

As mudanças climáticas, nos últimos anos, têm afetado de maneira direta a região

dos Cariris Velhos Paraibano, colocando continuamente em risco toda a produção agropecuária como ocorrido em 2001 com a perda quase total da produção de alimentos. A população dessa região não convive

* E-mail para correspondência: franciscoagonzaga@hotmail.com (Gonzaga, F. A. S.).

satisfatoriamente com a instabilidade climática, tornando o flagelo da seca, desde o século XIX, um grande problema de política governamental, sem nenhuma ação concreta para minimizar seus efeitos, sobretudo no que se refere à captação de água para o consumo humano e animal. As principais consequências das secas são relacionadas, principalmente, com a baixa produtividade na agricultura, pecuária e abastecimento d'água aos centros urbanos e comunidades rurais (Rodrigues da Silva, et al.,1998).

No Nordeste brasileiro a natureza e magnitude dos desastres causados pelas secas são resultados da combinação entre a ausência ou irregularidade das chuvas com a falta de organização da produção agrícola (Andrade, 1985).

Blaikie et al. (1994), afirmam que o impacto do desastre devido à seca só pode ser compreendido dentro de um contexto mais amplo da sociedade e de seus processos associados. Nesse contexto, as vulnerabilidades das pessoas frente às secas ou outras ameaças ambientais, estão intimamente relacionadas com as características dos membros das sociedades, em termos de sua capacidade para prever, enfrentar, resistir e se recuperar do impacto.

Do ponto de vista dos estudos dos desastres naturais, a degradação dos solos e a desertificação desencadeiam outro desastre relacionado com os recursos hídricos - o assoreamento dos corpos d'água - rios e açudes, diminuindo a capacidade destes

últimos em armazenar água. Sem vegetação e sem solos para reter as águas das chuvas, estas são rapidamente drenadas, deixando a população altamente vulnerável aos efeitos da seca (Barbosa, 1997).

Dessa maneira há uma necessidade urgente de estudos integrados que possam definir as vulnerabilidades das terras agrícolas e dos recursos hídricos, definindo os padrões de riscos a desastres dos efeitos da seca e as mitigações para estes efeitos. É preciso desenvolver mecanismos que possibilitem o convívio com a seca, minimizando os seus efeitos e fixando o homem no campo.

O objetivo deste trabalho é de usar técnicas de sensoriamento remoto, fotografias aéreas e sistema de informações geográficas, para identificar, quantificar e qualificar as estruturas tectônicas, com o propósito de zonear tais estruturas para auxiliar na prospecção de águas subterrâneas em Parari.

2. Material e Métodos

A área de estudo está localizada nas coordenadas de 36⁰40'13"e 7⁰19'17", inserida na porção centro-sul do estado da Paraíba, mesorregião da Borborema, microrregião do Cariri Ocidental, com uma área de 128,48 km², limitando-se com os municípios de São João do Cariri, São José dos Cordeiros, Taperoá, Serra Branca, Gurjão e Santo André (Figura 1) (AESAs, 2012). Sua população total é de 1.418 habitantes distribuídos na zona urbana com 344 e na zona rural com 1.114 habitantes.

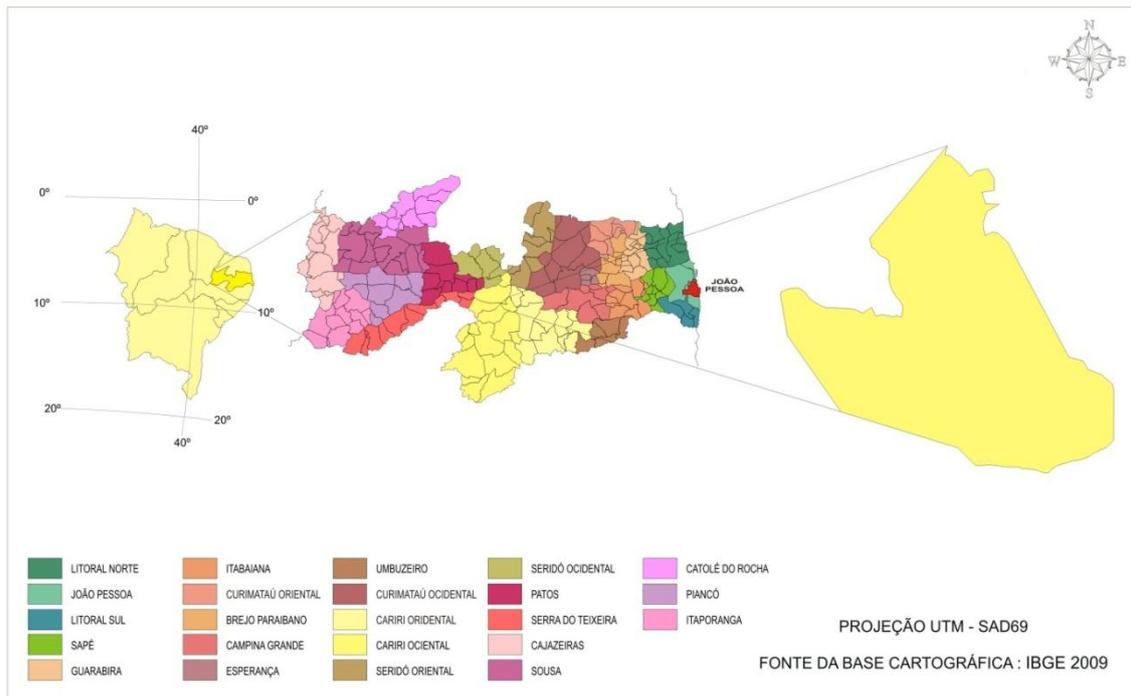


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

De acordo com a classificação de Gaussen o clima predominante é do tipo 4aTh (tropical quente de seca acentuada). Segundo a classificação de Köppen (PDRH-PB, 1996), o clima predominante na região é do tipo Bsh, semiárido quente, com precipitações médias anuais muito baixas, em torno de 500 mm, e uma estação seca variando de 7 a 8 meses que pode atingir até 11 meses.

A temperatura média anual é de 23,4⁰ C, a evaporação média está em torno dos 2300 mm. A região apresenta uma deficiência hídrica anual de 1.800 mm. As altas taxas termométricas e evaporimétricas devem-se à proximidade da região com a linha do equador. (PDRH-PB, 1996).

As variações de temperatura atingem mínimas mensais de 18 a 22⁰C entre os meses de julho e agosto, e máximas mensais de 28 a 31⁰C entre os meses de novembro e dezembro. A umidade relativa do ar alcança

uma média mensal de 60 a 75%, observando-se que os valores máximos ocorrem, geralmente, no mês de junho e os mínimos no mês de dezembro (PDRH-PB; 1996). A insolação apresenta variações nos valores médios mensais de janeiro a julho com a duração efetiva do dia de 7 a 8 horas diárias, e de agosto a dezembro de 8 a 9 horas diárias. Quanto à velocidade do vento na região os valores alcançados oscilam entre 3 a 4 m/s.

Conforme o Mapa do Levantamento Exploratório – Reconhecimento de solos do Estado, Paraíba (2006) observou que o solo da região em estudo apresenta as seguintes associações de solos conforme a Figura 2.

NEOSSOLO FLÚVICO Eutrófico (Ae6) textura indiscriminada, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano + **PLANOSSOLO NÁTRICO SÁLICO**, com A fraco, textura indiscriminada, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano.

NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico (Re25) com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado e ondulado, substrato gnaisse e granito + LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vértico, com A fraco, textura média, fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado.

NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico (Re39) com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo forte ondulado e montanhoso, substrato gnaisse e granito mais afloramento de rochas.

NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico fragipânico (REe17) compreende solos pouco desenvolvidos, muito arenosos, medianamente profundos ou profundos, com bastante materiais primários de fácil intemperização, apresentam fragipan, Cx,

tendo como características estrutura maciça, consistência extremamente duro ou muito duro para o solo seco e firme para o solo úmido. São derivados de saprolito de granitos de textura média ou grosseira. Ocorrem em relevo suave ondulado, com elevações de topos planos ou esbatidos. Ocupam as posições elevadas, que funcionam como divisores de água e constituem superfícies preservadas do Planalto da Borborema, onde dominam altitudes de 500 a 600 metros. Estes solos ocorrem associados ao seguinte tipo de solos: PLANOSSOLO NÁTRICO Sílico típico. Destaque-se como principais inclusões: PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico Solódico, CAMBISSOLO HÁPLICO Eutrófico latossólico e NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico.

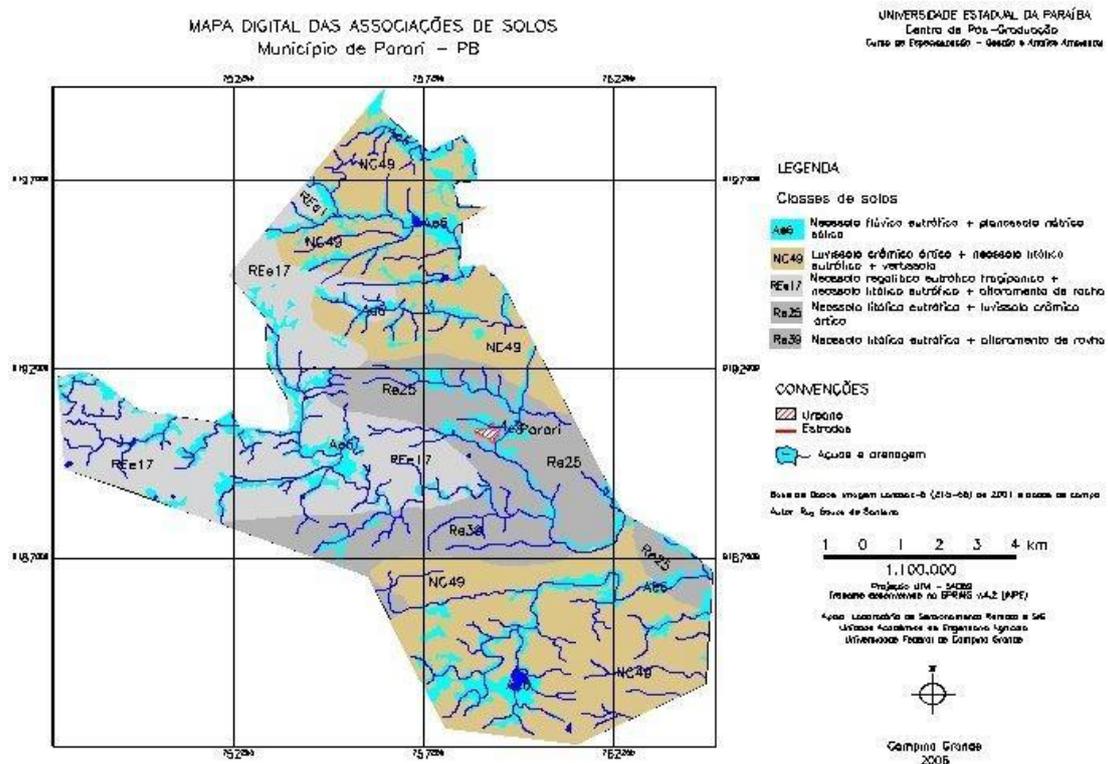


Figura 2. Mapa de solos da área de estudo.

Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006).

LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vértico (NC49) compreende solos intermediários para Vertissolo, que possuem horizonte B textural não hidromórfico. Em virtude, do tipo de argila ser 2:1 normalmente, estes solos durante o período seco apresentam um acentuado fendilhamentos entre os agregados estruturais e uma estrutura prismática e/ou em blocos subangulares, moderada ou fortemente desenvolvida no Bt. Apresentam elevada saturação de bases (V%), horizonte A fracamente desenvolvido e mudança textural abrupta do A para o Bt. São solos em geral, severamente erodidos, podendo apresentar erosão laminar moderada, em sulcos rasos repetidos com frequência ou ocasionalmente e pequenas voçorocas, localizadas em geral nas partes baixas de encostas. Originam-se de rochas oriundas ao Pré-Cambriano (CD), onde são encontrados principalmente gnaisse com biotita e hornblenda e biotita-plagioclásio gnaisse. São solos de fertilidade alta, muito susceptíveis à erosão e com boa reserva de minerais de fácil intemperização que constituem fonte potencial de nutrientes para as plantas. As limitações existentes são decorrentes da escassez de água, profundidade efetiva e pedregosidade superficial. Estes solos ocorrem associados aos seguintes tipos de solos: VERTISSOLO + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico. São observadas como principais inclusões: PLANOSSOLO NÁTRICO Sáfico típico e NEOSSOLO FLÚVICO Eutrófico.

A área de estudo está inserida na sub-

bacia hidrográfica do Rio Taperoá, cuja dimensão drena uma superfície de 5.667,49 km². Seu principal componente é o Rio Taperoá, de regime intermitente, que nasce na Serra do Teixeira e encontra-se com o rio Paraíba, para juntos contribuírem com o manancial do açude Presidente Epitácio Pessoa (Boqueirão). A drenagem superficial da área de estudo caracteriza-se por possuir terrenos variando de suave ondulados à ondulado e valores de “run-off” variado caracterizando diferentes padrões de recarga dos aquíferos “fissurais”.

O sistema de abastecimento d’água para a população urbana é feito através do açude público municipal e poços com dessalinizador. A população rural capta água através de poços, açudes, carros-pipa, de forma ainda precária para a maioria da população. Somente parte da população urbana dispõe de água encanada e tratada de maneira eficaz, informação verbal do Prefeito municipal.

A região de estudo está inserida no Planalto da Borborema apresentando em seu perímetro um relevo suave ondulado a ondulado, com formas alongadas, em virtude dos lineamentos tectônicos presentes, com direção E-W (Santos et al., 2002).

O Município de Parari encontra-se predominantemente assentado sobre rochas cristalinas submetidas a eventos tectônicos extensionais e tracionais, imprimindo-lhe dobramentos, cisalhamentos, falhas e fraturas, e uma foliação proeminente à rocha (Santos et

al. 2002). As coberturas aluviais ocorrem preenchendo parcialmente os talwegues, a parte interna dos meandros, nas estruturas anastomosadas e nas planícies de inundações dos rios e riachos, constituindo-se de material predominantemente arenoso a conglomerático, com lentes argilo-arenosas intercaladas.

Este município enquadra-se na porção do semiárido paraibano, com temperaturas elevadas e índices de pluviosidade anual irregulares, levando conseqüentemente a maioria dos mananciais superficiais à exaustão por longos períodos.

Na região onde está inserido Parari ocorrem, essencialmente, quatro litótipos distintos, descritos a seguir da base para o topo: Os Metagranitóides e Migmatitos Serra de Jabitacá, são metagranitóides que constituem grandes batólitos ocorrendo na Paraíba. Trata-se de suíte de biotita metagranitóides bandados ou foliados, geralmente migmatíticos, com estrutura *schlieren* ou nebulítica, de mesossoma difuso. A composição varia entre monzonítica-sienogranítica e granítica, podendo ocorrer áreas de composição tonalítica-granodiorítica com enclaves de gnaisses granatíferos, além de anfibolitos e leptinitos, por vezes migmatizados, com mesossoma anfibolítico predominantemente. A seguir encontra-se o Complexo São Caetano que compreende uma seqüência metassedimentar e metavulcanoclástica, com uma componente vulcânica predominantemente félsica-

intemediária. Os protólitos de paragnaises são pelitos/psamitos e grauvacas, mas há evidências de uma contribuição vulcânica e, principalmente vulcanoclástica, como ocorre na seqüência Poço do Salgueiro, descrita por Santos (1995). Investigações geoquímicas realizadas em vulcanoclásticas dessa seqüência, por esse autor, demonstraram a presença de uma série calcialcalina de alto K peraluminosa, sugerindo tratar-se de uma mistura de sedimentos clásticos oriundos de arco magmáticos maduros, mas a existência de um vulcanismo de arco típico é ausente. Santos op. cit. obtiveram um alinhamento com relativo espalhamento de 4 frações de zircão em diagrama concórdia U-Pb de um metatupo dessa seqüência, cujo intercepto superior foi de 1.089 ± 143 Ma.

As rochas graníticas Cariris Velhos são leucogranitos e migmatitos de fonte crustal, gerados principalmente por fusão parcial de protólito sedimentar ou vulcano-sedimentar durante a orogênese Cariris Velhos. Ocorrem sempre como *sheets* intrusivos empilhados ao longo das superfícies de *thrusts* do episódio colisional deste evento orogênico. Nessas rochas, uma foliação regional é representada por um bandamento gnáissico ou anatético, com separação entre minerais máficos e félsicos. Em alguns granitóides, essa foliação define o arranjo de tipo S-C, em que os feixes de micas contornam porfiroblastos ou augen de feldspato sintectônicos. Santos (1995) distinguiu dois tipos de metagranitóides

Cariris Velhos, os quais foram identificados como Recanto e Riacho do Forno. Os que ocorrem na região são migmatitos e leucogranitos, sendo mais leucocráticos (menos de 5% de micas e acessórios) e ricos em muscovita, exibindo uma característica estrutura migmatítica, de tipos estromática, *schlieren* e nebulítica. Os metagranitóides Cariris Velhos correspondem aos leucogranitos a duas micas peraluminosos ou crustais colisionais associados a empurrão, de protólito sedimentar ou vulcanoclástico, gerados em ambiente de colisão, do tipo continente-continente ou continente-arco. Por último observamos a Supersuíte I, em sua base, que é caracterizada por granitóides porfiríticos de composição monzonítica, sienogranítica e granodiorítica, conhecidos na literatura como tipo Itaporanga (Almeida et al., 1967).

Para a realização deste trabalho foram utilizadas as imagens Landsat-5 TM da órbita 215 ponto 65 do ano de 2001 nas bandas 1, 2, 3 e 5 e da banda 4 em papel fotográfico em preto e branco na escala de 1:100.000, quadrantes B e D, de 14 de março de 1990 e 14 de outubro de 1998, respectivamente. Para a extração da base planimétrica da área de estudo e complementação da rede de drenagem foi utilizada a folha topográfica da SUDENE (1972), folha de Juazeirinho, na escala 1:100.000 que abrange toda a área do município de Parari. Como suporte foi utilizado o mapa geológico do estado Santos et al, (2002) na etapa de definição de

lineamentos estruturais, bem como no processo de identificação de complexos rochosos.

A metodologia utilizada na análise das informações compreende uma sequência sistemática de interpretação visual de dados contidos nas imagens e fotografias aéreas associadas à coleta de dados de campo realizada por caminhamento e obtenção dos pontos de interesse por GPS.

O método das chaves interpretativas segundo Barbosa (1988) é empírico e comparativo, que se baseia no conhecimento prévio de padrões e feições similares, que são confrontados com os existentes na área e podem ser visuais e descritivos.

Os critérios de fotointerpretação utilizados baseiam-se no trabalho de Soares & Fiori (1976), Este processo baseia-se em uma sequência de etapas lógicas e sistemáticas que independem do conhecimento prévio da área que segundo Veneziani & Anjos (1982), os procedimentos são a análise dos elementos de textura e da estrutura fotográfica e das tonalidades de cinzas, a fim de definir as Zonas Homólogas; e o procedimento dedutivo e indutivo para estabelecer o significado geológico das zonas homólogas.

O roteiro do trabalho de campo foi definido a partir do mapa de feixes de fraturas e os pontos visitados no campo correspondente às áreas de maior concentração de fraturas. Dessa maneira, ao nível de afloramento foram feitos os estudos de feições indicativas de movimentação e/ou

esforço na formação de falhas ou fraturas; a observação de diques ou veios preenchendo fraturas em uma determinada direção; a relação entre fraturamento, que permite a definição da idade relativa dos eventos tectônicos e dos esforços; a definição da intensidade de fraturamento em direções preferenciais de rupturas e esforços; e a determinação macroscópica dos tipos de rochas em amostras de mão.

Na análise de fraturamento a extração dos dados estruturais (juntas e falhas) são analisados os elementos texturais (lineações e alinhamentos de relevo e drenagem) segundo as definições de Soares et al, (1982) e Northfleet et al, (1971).

Os dados de fraturamento foram estudados através da delimitação dos feixes de fraturas e das análises qualitativas e quantitativas. Na análise dos feixes de fraturas são determinadas direções preferenciais levando-se em conta que os principais alinhamentos e zonas fortemente estruturadas podem indicar tectonismo profundo mesmo em cinturões de “nappes” Plicka (1974). Na análise qualitativa baseada na análise da distribuição, intensidade e relação das interseções dos fotolineamentos, permitiu obter informações sobre a hierarquia dos esforços que atuaram na região, e conseqüentemente obter indicação sobre a relação entre os diversos eventos, que resultaram nos atuais sistemas de fraturas Barbosa (1988).

Na análise quantitativa dos dados foi

processada a partir do tratamento estatístico de fotolineamentos para produtos de pequena escala, proposto por Aliyev (1980), que permite o estudo regional dos eventos da tectônica rúptil e rúptil-dúctil. Para a análise dos falhamentos foram aplicados os modelos de Riedel (1929) para zonas de cisalhamento, apresentado por Vialon et al. em 1976 e modificado por Sadowsqi (1983).

Na análise da assimetria dos elementos de drenagem e relevo é elaborado o mapa de linhas de tendência de fluxo de água subterrânea, que fornece condições para serem feitas inferências sobre o mergulho ou sentido de mergulho de estruturas geológicas que podem indicar a inclinação de estratos ou basculamento de blocos estruturais onde podem ocorrer condições favoráveis à percolação das águas subterrâneas.

Com base nos dados extraídos das imagens e fotografias aéreas, relacionados à convergência de evidências é proposta uma ordem de prioridade para as áreas mais favoráveis à pesquisa de água subterrânea. A metodologia considera 28 situações de formas de ocorrências de feições estruturais, diferenciadas em 3 grupos principais com distintos potenciais de infiltração de água. O grupo colocado como prioritário, refere-se às estruturas portadoras essencialmente de elementos abertos. Composição intermediária são aquelas compostas por elementos híbridos (interferência entre elementos abertos e fechados). Por último estão as estruturas constituídas unicamente com elementos

fechados.

Dentro de cada um destes grupos são diferenciados ainda 3 subgrupos. Dois deles constituem cruzamentos compostos por sistemas conjugados e sistemas simples, sendo o primeiro prioritário. O terceiro subgrupo refere-se às estruturas individualizadas, colocadas em posição aos outros dois.

Além de parâmetros relativos à infiltração de água através das estruturas, deve-se ter em vista as características que elas apresentam em termos de tendência de fluxo de água. Assim, dentro da ordem de prioridade aqui proposta, as estruturas cujo fluxo é concordante são apontadas como

favoráveis não só à infiltração, mas também ao possível armazenamento de água subterrânea. No entanto, quando o fluxo for discordante, é aconselhável que se limite a discriminação das áreas favoráveis apenas sob o ponto de vista relativo à capacidade de infiltração de água.

Na Tabela 1 elaborada por Sampaio (1987) e modificada por Guedes (1993), de forma esquemática reúne todas as situações possíveis de formas de ocorrência de estruturas e suas combinações, segundo ordem de prioridade, contendo as 28 situações distribuídas em sequência numérica crescente para áreas com menor prioridade.

Tabela 1. Estruturas e combinações segundo ordem de prioridade

Elementos estruturais	Cruzamentos				III	Estruturas individuais	
	I	Sistemas conjugados	II	Sistemas			
A	Abertos (A)	1	Feixe(s) x Feixe(s)	1	Feixe(s) x feixe(s)	1	Feixes
				2	Feixe(s) x lineamento(s)		
				3	Lineamento(s) x lineamento(s)		
				4	Feixe(s) x descontinuidade		
				5	Lineamento(s) x descontinuidade		
B	Híbridos (H)	1	Feixe(s)(a) x Lineamento(s)(f)	1	Feixe(s) (a) x lineamento(s) (f)	2	Lineamentos
				2	Feixe(s)(f) x Lineamento(s)(a)		
				3	Feixe(s)(a) x feixe(s)(f)		
				4	Lineamento(s)(a) x lineamento(s)(f)		
C	Fechados (F)	1	Lineamento(s) x lineamento(s)	1	Lineamento(s) x lineamento(s)	1	Feixes
				2	Feixe(s) x lineamento(s)		
				3	Feixe(s) x feixe(s)		
				4	Feixe(s) x descontinuidade		
				5	Lineamento (s) x descontinuidade		

Fonte. Sampaio (1987); Guedes (1993).

Os caracteres alfabéticos maiúsculos representam os tipos de elementos estruturais (aberto, fechado ou híbridos); os caracteres numéricos romanos a forma de ocorrência destes elementos (cruzamentos e estruturas individuais); e os caracteres arábicos as feições estruturas caracterizadas em nível de imagem fotográfica com auxílio de dados de campo, além de informações obtidas através da base geológica utilizada. Por exemplo, uma área cujos caracteres sejam “AII2” representa um cruzamento entre feixes e lineamentos constituídos de elementos abertos configurados sob a forma de sistema. Ou ainda, uma área “BI4” significa um cruzamento entre dois elementos configurados sob a forma de sistema conjugado, sendo um deles relacionado à falha de cisalhamento e o outro a uma falha normal.

A sequência em que estes caracteres são citados representa a ordem de influência de cada um deles na discriminação das áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea.

3. Resultados e Discussão

Para a geologia da área foram individualizados cinco litótipos: do Paleo/Mesoproterozóico os ortognaisses e migmatitos de protólito tonalítico-granodiorítico, com intercalações de paragnaisses, anfíbolito e leptinitos, são reconhecidos como ortognaisse e migmatito Serra de Jabitacá, sendo o embasamento desta sequência; do Mesoproterozóico as rochas

muscovita-biotita gnaisse às vezes granatífera, biotita gnaisse, muscovita xisto e calcário cristalino, descrita como Complexo São Caetano; do Mesoproterozóico (superior), encontra-se as rochas granada-biotita-muscovita metagranito e migmatito de composição sienito à monzogranítica, de fonte crustal metassedimentar, pertencente aos metagranitos Riacho do Forno; do Neoproterozóico as intrusões graníticas, pertencentes a Suíte I, são rochas granítica e granodiríticas grossos e porfiríticos associados a diorito e a fases intermediárias de mistura, sendo denominada de Suíte Granítica calcialcalina de médio a alto potássio. Da Suíte II o granito leucocrático e biotita-anfíbolio sienito; granodiorito porfirítico e fácies híbrida com granodiorito equigranular, quartzo diorito e tonalito.

Os sistemas hídricos superficiais do município estão representados por alguns poucos açudes e pela drenagem, com a qual está relacionada à associação dos solos aluviais NEOSSOLO FLÚVICO Eutrófico + PLANOSSOLO NÁTRICO sálico.

O estudo da distribuição espacial dos feixes de fraturas e das falhas mostrou a existência de regionalização e permitiu a definição de 8 direções preferenciais de esforços que podem indicar relações genéticas e idade relativa dos eventos evolutivos da região, (Figura 3): **NE±15° e NW ±15°** – caracterizam-se estas direções como falhas normais (abertas); **NNW±15° e NNE±15°** – caracterizam-se estas direções como falhas

inversa, transcorrente e gravitacional (fechadas); **NS±15°**, **EW±15°**, **N60W±15°** e **N60E±15°** – caracterizam-se estas direções como falhas transcorrente e gravitacional

(abertas). Não foram encontrados feixes de fraturas relacionados às direções **NNW±15°** e **NNE±15°**.

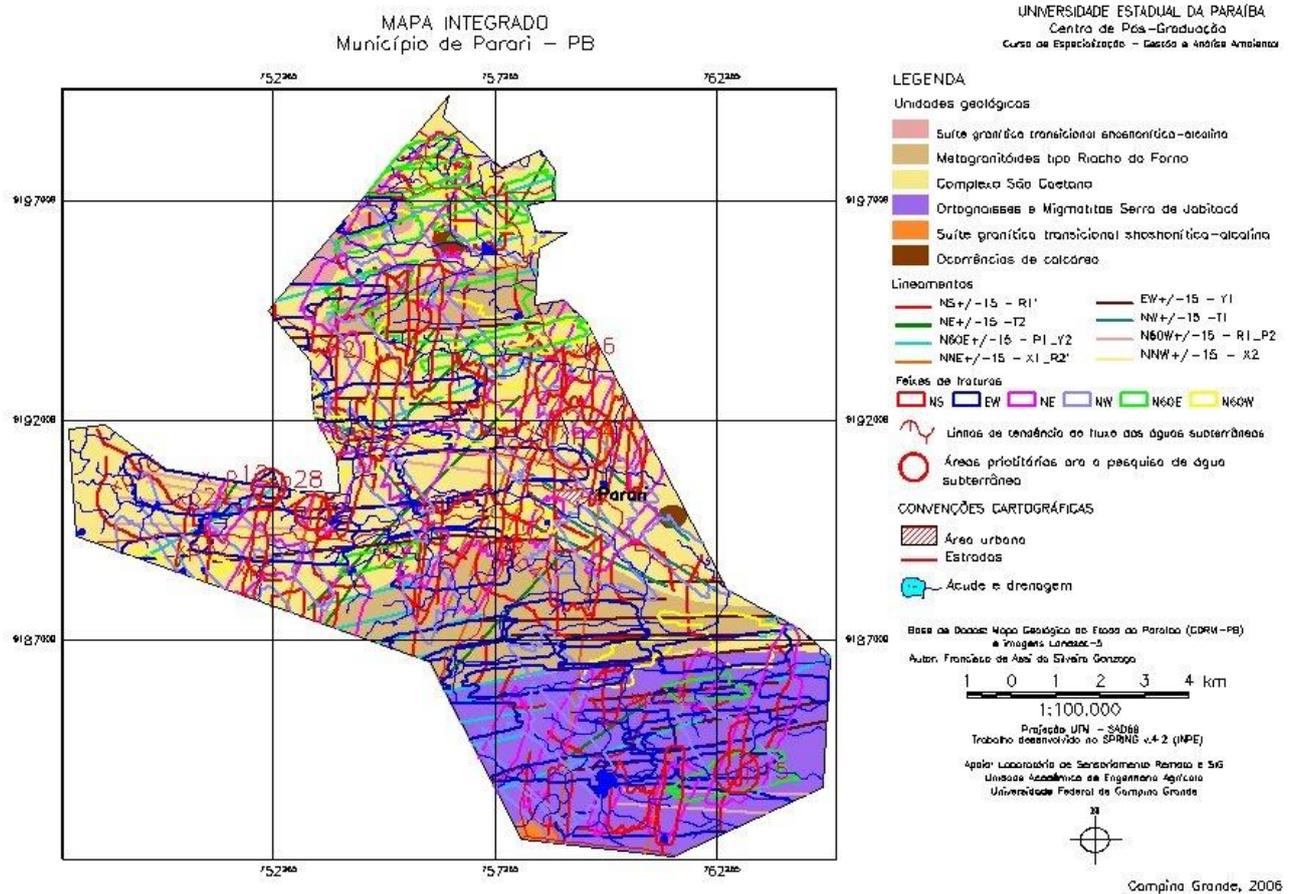


Figura 3. Mapa integrado.

Como resultado da análise de fotoalinhamentos foram determinados para a área de estudo as seguintes estruturas tectônicas: **T1** e **T2** – representam falhas normais abertas com direção NW e NE respectivamente; **X1**, **R'2** e **X2** – representam falhas inversas, transcorrentes e gravitacionais (fechadas); **R'1**, **Y1**, **R1** e **P2**, **P1** e **Y2** – representam falhas transcorrentes e gravitacionais (abertas).

Os estudos de campo indicaram a

presença de um alto grau de tectonismo, ligado à evolução de falhas transcorrentes, inversas e normais, representativas das principais direções de esforços definidas neste trabalho, sendo este conjunto de evidências corroborativo da movimentação policíclica e poliativa a que foi submetida a região estudada.

Os movimentos horizontais, tanto dextrais como sinistrais foram identificados em campo, assim como os movimentos

verticais relacionados à falhamentos normais (abertos) e os falhamentos inversos indicando fraturas fechadas.

4. Conclusões

O geoprocessamento se mostrou uma ferramenta eficiente, rápida e de baixo custo para os estudos e levantamentos hidrogeológicos.

A análise de fotolineamentos e de fotoalinhamentos definiu a presença de dois sistemas de cisalhamento, um de direção leste-oeste preferencialmente dextral e outro nordeste-sudoeste preferencialmente sinistral, com os quais estão associadas as seguintes estruturas tectônicas:

1. T1 e T2 como falhas normais abertas
2. X1, R'2 e X2 falhas inversas, transcorrentes e gravitacionais fechadas;
3. R'1, Y1, R1 e P2, P1 e Y2 são falhas transcorrentes e gravitacionais abertas.

As direções mais propícias à pesquisa detalhada para águas subterrâneas são em ordem de prioridade as seguintes: NE e NW; NS, EW, N60E e N60W, consideradas direções com as quais se relacionam as estruturas abertas e NNE e NNW direções consideradas das estruturas fechadas, por serem relacionadas às falhas inversas.

5. Referências

AESA - Agência Executiva de Gestão das

Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br/>.

Aliyev, A. (1980). Regional fracturing of the pamirs and its metallogenic significance. *Dohlady Akademiy Nauk, SSSR*. Moscou, v. 250, p.90-93.

Almeida, F. F. M. De; Leonardos Jr., O. H.; Valença, J. (1967). Granitic rocks of Northeast South América. In: IUGS/UNESCO SYMPOSIUM, Recife. Spec. Publ. Recife: IUGS/UNESCO, 41p.

Andrade, M. C. (1985). A seca: realidade e mito. Pernambuco, Editora ASA. 84p.

Barbosa, M. P. (1997). Vulnerabilidade de risco a desastre. (Apostila). UFPB-DEAg. Campina Grande, 87p.

Barbosa, M. P. (1988). Estudo do relacionamento genético de feições geológicas da região do Espinhaço Meridional e adjacências (MG). 1988. Tese (Doutorado). São Paulo: USP.

Blaikie, P. et al. (1994). At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters. London, Routledge. s/d.

Guedes, F. X. (1993). Aplicação de dados de sensores remotos de baixa resolução espacial na pesquisa de água subterrânea: Bacia do Rio do Peixe e adjacências (PB, CE e RN). 1993. 111p. Dissertação (Mestrado). UFPB, Campina Grande.

- Northfleet, A. A.; Bettini, C.; Chaves, H. A. F. (1971). Aplicação da geomatemática à prospecção de petróleo; análise de fraturas por polinômios ortogonais. São Paulo: Congresso Brasileiro de Geologia, 25, São Paulo, 1971. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, v.3. p.61-70.
- PARAÍBA. (2006). Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF. 112p.
- PDRH-PB. (1996). Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. João Pessoa/PB: SEMARH/ Governo do Estado da Paraíba. (CD-ROM).
- Plicka, M. (1974). Observations ou joint zones in Maravia Czechoslovakia. In: Proceedings of The First International Conference on The New Basement Tectonics. Utah: Utah Publ., v.5, p.279-289.
- Riedel, W. (1929). Zur mechanik geologischer Brucher. Scheinunger Central Bl. Min. Geol. und Pal., v.8: 354-368.
- Rodrigues da Silva, V. P.; Maciel, G. F.; Guedes, M. J. F. (1998). Influência dos eventos fortes do fenômeno El Niño na precipitação pluvial do Nordeste do Brasil. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET, 1998, Brasília, Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, CD.
- Sadowski, G. R. (1983). Sobre a geologia de cinturões de cisalhamento continentais. 1983. 108p. Tese (Doutorado). USP, São Paulo.
- Sampaio, O. S. (1987). Estudo de fraturamento como subsídio à pesquisa de água subterrânea no Estado de Sergipe: uma abordagem através de dados de sensoriamento remoto. 1987. Dissertação (Mestrado). INPE, São José dos Campos.
- Santos, E. J. dos.; Ferreira, C. A.; Silva Jr, J. M. F. (2002). Geologia dos Recursos Naturais do Estado da Paraíba – Recife: CPRM. 142p. il. 2 mapas 1:500.000.
- Soares, P. C.; Barcellos, P. E.; Csordas, S. M.; Mattos, J. T.; Balieiro, M. G.; Meneses, P. R. (1982). Lineamentos em imagens Landsat e Radar e suas implicações no conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. II Simpósio de Sensoriamento Remoto, CNPq-INPE, Brasília.
- Santos, E. J. (1995). O complexo granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco) Província Borborema. São Paulo, 1995. 219p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Soares, P. C. & Fiori, A. P. (1976). Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Nat. Geomorf.

n.16, v.32. Campinas, p.71-104.

SUDENE. (1972) . Folha Juazeirinho.
(SB.24.Z.D.II) . Recife. Folha topográfica.
Escala 1:100.000.

Veneziani, P. & Anjos, C. E. dos. (1982).
Metodologia de Interpretação de dados de
sensoriamento remoto e aplicação em
geologia. INPE, São Jose dos Campos, (2227-
MD/014). 61p.