



Avaliação Hidrogeológica do Aquífero Fraturado no Município de Itabaiana-SE

Paulo Henrique Prado STEFANO^{1,2}; Sillas Alves de CRISTO¹;
Ivan Pastro GOMES¹; Cristine LENZ¹

RESUMO: O estado de Sergipe está incluso no denominado polígono das secas, apresentado um regime pluviométrico muito irregular. No município de Itabaiana, as rochas do embasamento cristalino são as litologias predominantes, com a maioria das captações de água subterrânea sendo provenientes de aquíferos fissurais. Diante disso, buscou-se associar a presença de lineamentos tectônicos, um bom indicador de aquíferos fissurais, com dados de poços tubulares presentes na região. Por fim, efetuou-se a correlação entre os dados de vazão de cada um desses poços com os lineamentos identificados, gerando um mapa de caracterização hídrica do município. Através desse mapa foram observados dois tipos de lineamentos, um de grande porte de aproximadamente 7,5 km de comprimento e outro de pequeno porte, tendo no máximo 2km de comprimento. Ambos possuem características semelhantes em relação a orientação, sendo que ocorre uma direção preferencial no quadrante NW-SE 305° e uma direção secundária NE-SW 060°. As maiores vazões da região ocorrem na parte central-norte da área do estudo, local em que predominam as fraturas de direção ~305° e as intersecções dessas com as fraturas 355° e 060°. Nessa região ocorrem também os lineamentos de grande porte, responsáveis por uma maior permeabilidade secundária na rocha. Por fim, foram observados poços com vazões praticamente nulas na porção sul do município, em locais onde não há presença de lineamentos tectônicos. Dessa forma a dimensão do lineamento e a orientação dele indicaram uma boa correlação com altas vazões de água no município de Itabaiana.

Palavras-chave: Hidrogeologia, Geologia Estrutural, Análise estrutural, Vazão de poços

ABSTRACT: *The Sergipe state is located in an area with irregular rainfall distribution. In Itabaiana city, the geology is mainly composed by crystalline basement, which results in a fractured aquifer. Hence, an association was made using tectonic lineaments, commonly used in the study of fractured aquifers, with yield data from tubular wells. Then, a correlation was elaborated using the yield data of each well with the geologic lineaments, generating a water characterization map of the city. Through this map, two types of lineaments were observed, one of bigger size (~ 7.5 km) and another of small size*

¹ Departamento de Geologia. Universidade Federal de Sergipe

² Doutorado em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Autor para correspondência: Paulo Henrique Prado Stefano

Universidade de Sergipe. Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Roza Elze, São Cristóvão, SE.

E-mail: paulo.stefano@ufrgs.br

Recebido em 01 de Agosto de 2018 / Aceito em 20 de Dezembro de 2018.

(~ 2 km). Both types show similar orientations, with three preferred directions in the NW-SE quadrant (~ 280 °, ~ 305 ° and ~ 355 °) and a NE-SW (~ 060 °) secondary direction. The biggest yields are concentrated in the central-northern part of the study area, where the ~ 305° fractures and intersections with the 355 ° and 060 ° fractures occur. This area also shows large lineaments, responsible for a greater secondary permeability in the rock. Finally, wells with insignificant yields were observed in the Southern part of the city, in places without tectonic lineaments. Thus, the size and the orientation of the lineaments have a good correlation with high yields in the Itabaiana city.

Keywords: Hydrogeology, Structural Geology, Structural Analysis, yield of wells

1. INTRODUÇÃO

O estudo hidrogeológico de uma região é de extrema importância, pois serve como premissa para o manejo do abastecimento de água de uma comunidade. Apesar de estar muito bem definida a importância dos recursos hídricos subterrâneos para o desenvolvimento de nossa sociedade, os estudos desses mananciais ainda representam um grande desafio técnico, principalmente quando esses aquíferos estão localizados nas fraturas de rochas do embasamento cristalino. Nas últimas décadas, com a necessidade crescente de água para abastecer centros urbanos e áreas rurais, a prospecção de água em aquíferos fraturados vem aumentando consideravelmente (NEVES, 2005).

O estado de Sergipe encontra-se na região nordeste do Brasil e abrange uma superfície de 22.000 km², estando incluso no denominado polígono das secas (clima semi-árido), apresentando assim, dificuldades para a obtenção de água potável. Dentre os seus principais mananciais destacam-se rios, como o Rio São Francisco, além de lagos, represas e a água subterrânea, principalmente de poços profundos (DESO, 2018). Dessa forma, em períodos de chuvas escassas ou inexistentes, os pequenos mananciais superficiais comumente secam e os grandes reservatórios chegam a atingir níveis críticos, provocando grandes impactos no abastecimento de água. Nesses períodos, o abastecimento

através dos mananciais subterrâneos é de grande importância, tornando-se um tema de pesquisa eminente.

A área de estudo desse trabalho localiza-se no município de Itabaiana, região central do estado de Sergipe (Figura 1), no limite do agreste com o semiárido sergipano. O município está praticamente todo inserido na unidade geológica denominada Complexo Itabaiana, onde predominam rochas ortognáissicas. No extremo noroeste ocorrem ainda rochas metassedimentares de baixo grau metamórfico (metarenitos, metacarbonatos e metafilitos) pertencentes ao Domínio Vaza Barris (Figura 2). Nessas regiões os aquíferos são essencialmente fissurais, armazenando água na presença de falhas e fraturas. No sul da área, são encontrados sedimentos da Formação Superficial Cenozóica, onde podem ser encontrados aquíferos porosos.

O presente trabalho teve como objetivo investigar as correlações entre os lineamentos tectônicos, falhas e fraturas (identificados em campo e através de imagem de satélite) e os dados de vazão dos poços do município (COHIDRO, 2018), para assim, estabelecer padrões de ocorrência das vazões de água no aquífero fissural e poroso associado.

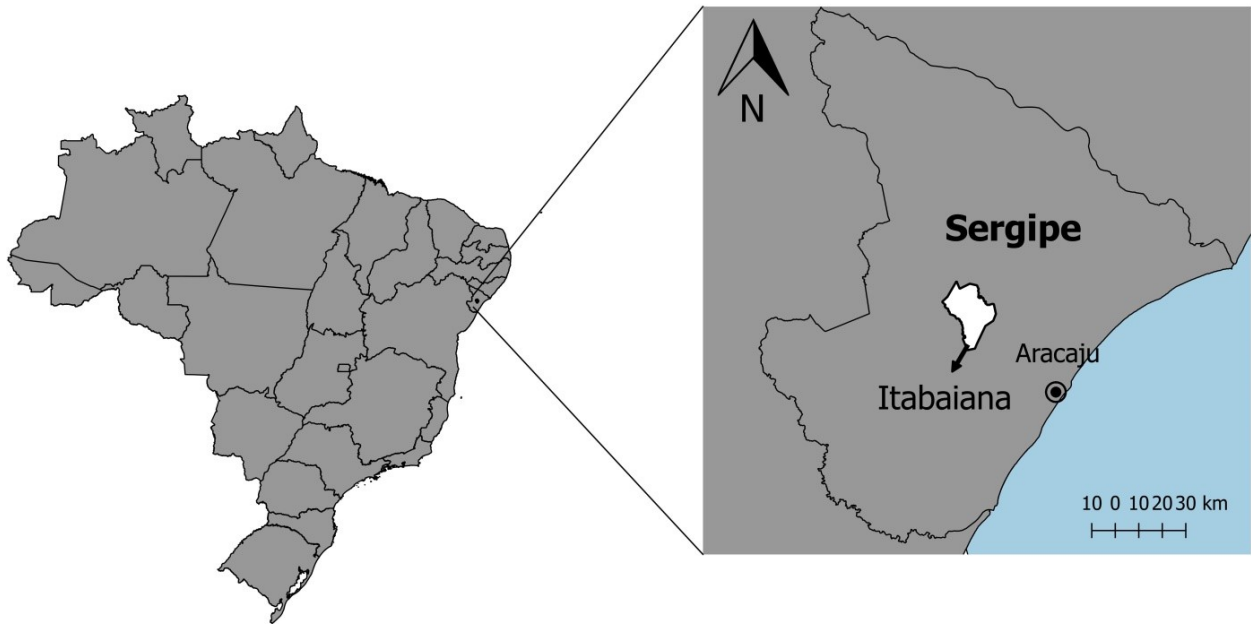


Figura 1 – Localização da área de estudo.

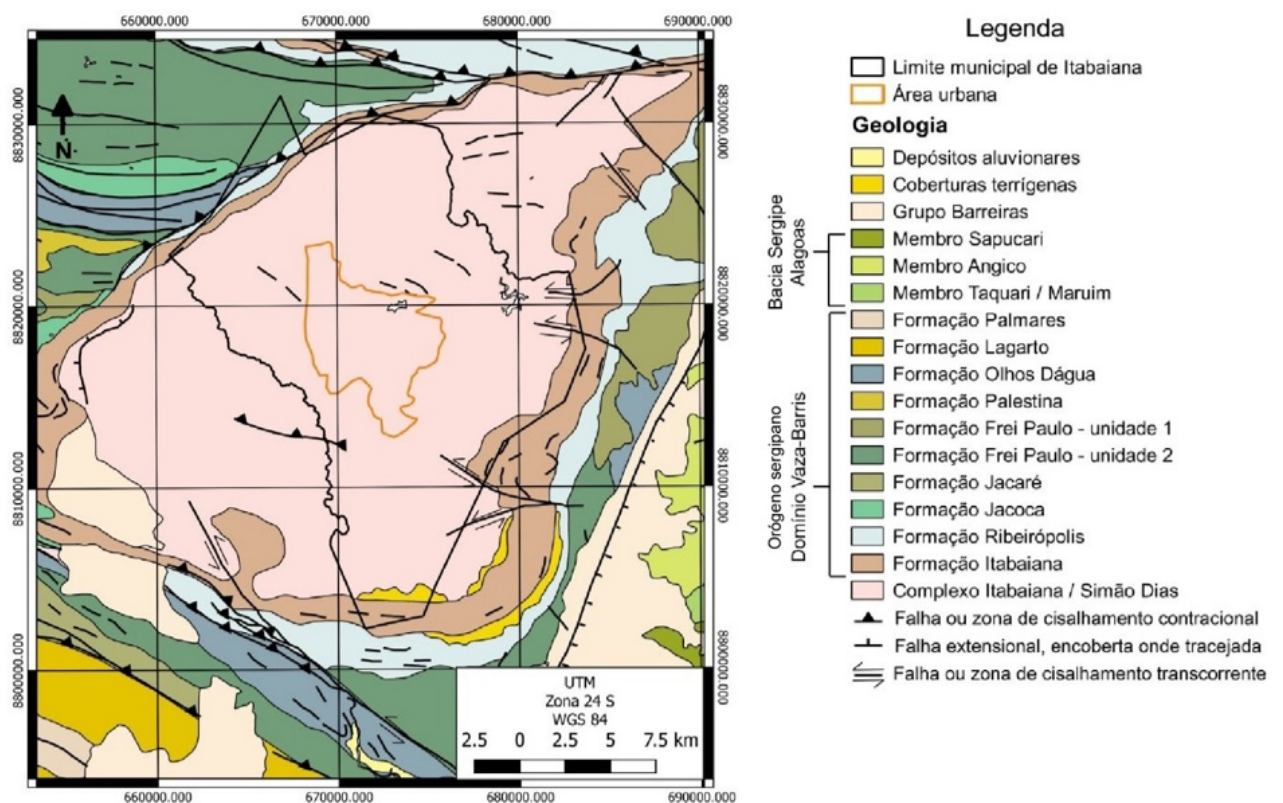


Figura 2 - Mapa geológico do município de Itabaiana. Baseado no Mapa Geológico de Sergipe, Silva et al., 2001.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

No estado de Sergipe afloram rochas inseridas em três grandes províncias estruturais: São Francisco, Borborema e Costeira (ALMEIDA, 1976). A primeira é representada pelas rochas do Cráton São Francisco e aflora no sul do estado de Sergipe, a Província Borborema é representada pelas rochas do Orógeno Sergipano. Por fim, a província costeira é constituída por rochas sedimentares da Bacia Sergipe-Alagoas, do Grupo Barreiras e coberturas do Quaternário.

A área de pesquisa ocorre inserida no Orógeno Sergipano, onde ocorre através de uma janela estrutural o afloramento de rochas do embasamento Arqueano. Esse embasamento ocorre na forma de domos e é constituída por ortognaisses de composição essencialmente granodiorítica (HUMPHREY e ALLARD, 1969, BRITO NEVES, 1975, SILVA, 1995a, SANTIAGO *et al.*, 2017)

O Orógeno Sergipano (OS) constitui-se de vários domínios, entre eles o Domínio Vaza-Barris, que aflora na porção sul do orógeno. Este é essencialmente metassedimentar e composto principalmente por metassedimentos psamo-pelito-carbonáticos (SILVA, 1995b, OLIVEIRA *et al.*, 2010). O metamorfismo nessas rochas é de baixo grau.

3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE ITABAIANA

O município de Itabaiana encontra-se em grande parte sobre as rochas do Arqueanas do Complexo Itabaiana, representadas por ortognaisses migmatíticos milonitizados (de composição granodiorítica a tonalítica) intercalados com anfíbolitos (HUMPHREY e ALLARD, 1969, BRITO NEVES, 1975,

SILVA, 1995a, SANTIAGO *et al.*, 2017). Esse complexo possui 45 km de comprimento e 30 km de largura e aflora na forma de stock, onde o comportamento das litologias ocorrentes sugere várias fases tectono-orogênicas, ocorrentes durante o Arqueano e mais recentemente retrabalhadas e soerguidas durante o Neoproterozóico (SILVA, 1995a, SANTIAGO *et al.*, 2017). A evolução tectônica do Complexo Itabaiana é motivo de controvérsias, sendo que estudos demonstram que o mesmo se encontra na posição atual devido a reativação de falhas extensionais para falhas contrancionais (ALLARD, 1972), com geração de dobras por empurrão (SILVA, 1995a). Cabe ressaltar ainda, a importância do falhamento rúptil extensional que originou as adjacentes bacias de Sergipe-Alagoas e Tucano, o qual certamente afetou as rochas estudadas.

Na região noroeste, leste e sul do município podem ser encontradas as rochas Neoproterozóicas do Domínio Vaza Barris, destacando-se na região nordeste as rochas do Grupo Vaza Barris (Fm. Ribeirópolis 1) e Grupo Miaba (Fm. Itabaiana e Frei Paulo 1 e 2), enquanto que no leste e sul afloram as rochas da Formação Itabaiana. Na região sul ocorrem ainda pequenas exposições da unidade Formações Superficiais do Cenozóico (SANTOS *et al.*, 1998).

As rochas encontradas na Fm. Itabaiana são predominantemente de granulação grossa, ocorrendo metaconglomerados, metarenitos e quartzitos médios, grossos e finos, além de metafilitos. Na Fm. Ribeirópolis 1 predominam sedimentos finos como metafilitos, metagrauvacas e também ocorrem raros metaconglomerados. Por fim, na Fm. Frei Paulo 1 e 2 afloram metarenitos, metafilitos e metacalcários (SANTOS *et al.*, 1998).

Nas rochas do Orógeno Sergipano foram descritos no mínimo três eventos de deformação dúctil e dúctil-rúptil associados a tectônica colisional-tangencial brasileira. São evidenciadas estruturas de cavalgamentos, cisalhamentos, falhas de empurrão e transcorrentes, além de uma série de estruturas rúpteis, como falhas e fraturas (SILVA, 1995b; OLIVEIRA *et al.*, 2010).

4. DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS

Existem no município de Itabaiana quatro domínios hidrogeológicos: Cristalino, Metassedimentos, Metacarbonatos e Formações Superficiais Cenozóicas. O Embasamento Cristalino é essencialmente constituído pelas rochas gnáissicas arqueanas que recobrem aproximadamente 80% da área do município. Como basicamente não existe uma porosidade primária nessa litologia, a ocorrência da água subterrânea é ditada por uma porosidade secundária expressada pela presença de fraturas e falhas, gerando reservatórios descontínuos e de extensão baixa (BOMFIM *et al.*, 2002).

O domínio composto pelos metassedimentos é recoberto pelas rochas das Formações Frei Paulo; Ribeirópolis e Itabaiana. Os metassedimentos formam aquíferos do tipo fissural, similares aos aquíferos encontrados no embasamento cristalino (BOMFIM *et al.*, 2002).

Os metacarbonatos (Fm. Frei Paulo) são caracterizados por margas e metacalcáreos. A porosidade e a permeabilidade secundária, que permitem acumulação de água, são geradas por fraturas, as quais ocorrem em grande quantidade nesse domínio. Essas fraturas são feições localizadas, o que confere elevada taxa de anisotropia ao sistema aquífero (SILVA *et al.*, 2014).

As Formações Superficiais Cenozóicas ocorrem de forma localizada no extremo sul do município. Nas camadas de pequenas espessuras (<10 m), os sistemas de captação se dão por meio de poços rasos e trincheiras subterrâneas.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a construção deste trabalho, foram realizados levantamentos dos dados de vazão dos poços perfurados no município de Itabaiana-SE, através do banco de dados da Companhia de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (COHIDRO).

Posteriormente, foram obtidas orientações dos lineamentos estruturais do município utilizando o software de geoprocessamento Qgis 2.14 e através de imagens de relevo sombreado da região oriundas do banco de dados da United States Geological Survey (Serviço Geológico Americano). Com essas imagens foram traçados os principais lineamentos da área, a partir de duas imagens, com ângulos de 45° e 135° (Figura 3). Os 383 poços cadastrados no banco de dados da COHIDRO (Tabela 1) foram classificados em 6 categorias pelo método do quantil, baseados na vazão hídrica, e plotados juntamente com os lineamentos identificados, possibilitando um melhor entendimento e visualização do comportamento hídrico do município. Por fim, o software Rockworks foi utilizado para a realização de um diagrama de roseta dos lineamentos tectônicos.

Tabela 1 - Quantidade de poços cadastrados e seu respectivo intervalo de vazões.

Intervalo de Vazão (m ³ /h)	Quantidade de poços
0.00 - 0.18	29
0.18 - 0.89	35
0.89 - 2.03	64
2.03 - 4.80	77
4.80 - 8.61	105
8.61 - 49.5	73
Total de poços	383

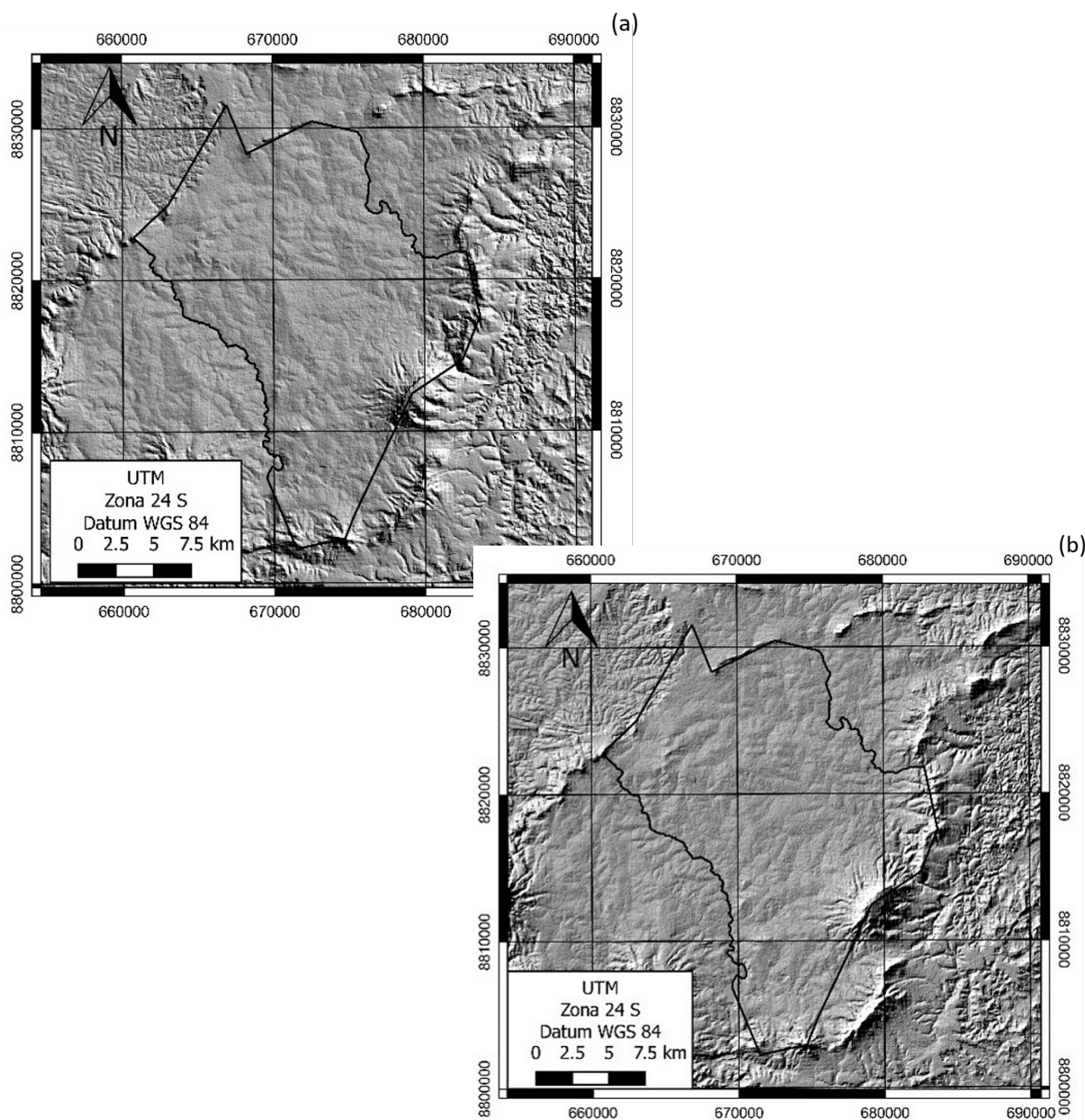


Figura 3 - Imagem de relevo sombreado para 45° (a) e 135° (b) no município de Itabaiana-SE.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base no mapa de caracterização hidrogeológica (Figura 4) e do diagrama de roseta (Figura 5), foram observados três grupos principais de lineamentos tectônicos, um grupo de alta frequência de ocorrência, NW-SE (com direção principal 305°) e outro com baixas frequências de ocorrência, NE-SW (Predomínio da direção 60°).

Observa-se que os lineamentos de orientação NW-SE ocorrem ao longo de toda a área do estudo, sendo que comumente são encontrados cortando um ao outro e sendo cortados pelos lineamentos de orientação NE-SW. Os lineamentos de orientação NE-SW têm maior densidade na porção centro-leste do Complexo Itabaiana, no entanto, ainda em menor proporção quando comparado com os lineamentos NW-SE.

As estruturas NW-SE apresentam tamanhos maiores, chegando a 8,5 km em algumas regiões da área de estudo. Já os lineamentos de orientação NE-SW chegam a medir no máximo de 7 km de comprimento. Apesar da existência das estruturas lineares de grande porte, citadas anteriormente, a grande maioria das estruturas ocorrem com tamanho médio de 2 km, consideradas de pequeno porte.

Correlacionando os poços cadastrados no sistema da COHIDRO com o mapa de lineamentos tectônicos, observa-se uma boa relação da locação dos poços com a presença dos lineamentos tectônicos em geral. As maiores vazões da região ocorrem na parte centro-norte da área do estudo, local com grande ocorrência de lineamentos de grande porte e intersecção entre os lineamentos de direção NW-SE e NE-SW.

Dos 73 poços encontrados na área com vazões maiores que 8.66m³/h,

aproximadamente 70% estão associados aos lineamentos de direção 305°, sendo que muitos deles estão na intersecção com os lineamentos NE-SW. Aproximadamente 30% desses poços ocorrem relacionados aos lineamentos de direção 355° e praticamente não há indícios de altas vazões associadas aos lineamentos de direção 280°.

Na porção noroeste do município, há o predomínio das rochas carbonáticas da Fm. Frei Paulo, as quais encontram-se intensamente fraturadas em duas direções (NE-SW e NW-SE). No entanto, não há muitos poços locados na região, uma vez que as águas contidas nos carbonatos da região tendem a não ter qualidade necessária para o abastecimento da população. No sul do município observam-se ainda poços que estão com vazões muito baixas ou secos locados em regiões sem lineamentos tectônicos.

As origens dessas estruturas lineares rúpteis da região estão associadas a evolução tectônica das unidades litológicas correspondentes. As rochas do Complexo Itabaiana, de idade Arqueana foram metamorfozadas durante esse período, sendo posteriormente afetados por uma tectônica rúptil. Segundo Silva (1992), foram registradas nessas rochas três eventos de deformação dúctil a dúctil-rúptil que afetaram inclusive a cobertura metassedimentar no Domínio Vaza-Barris. Segundo o mesmo autor a tectônica tangencial brasileira que afetou com intensidade as rochas do Orógeno Sergipano também se faz presente nas rochas do Complexo Itabaiana.

As rochas do Complexo Itabaiana encontram-se intensamente dobradas pela tectônica do brasileiro e as principais estruturas lineares possuem a mesma direção da foliação metamórfica

das áreas do entorno do Complexo Itabaiana (Domínio Vaza Barris). Dessa forma a tectônica do brasileiro foi a principal geradora das estruturas NW-SE,

enquanto que os lineamentos NE-SW são posteriores e podem estar associados a episódios tectônicos extensionais tardios, como a quebra do continente.

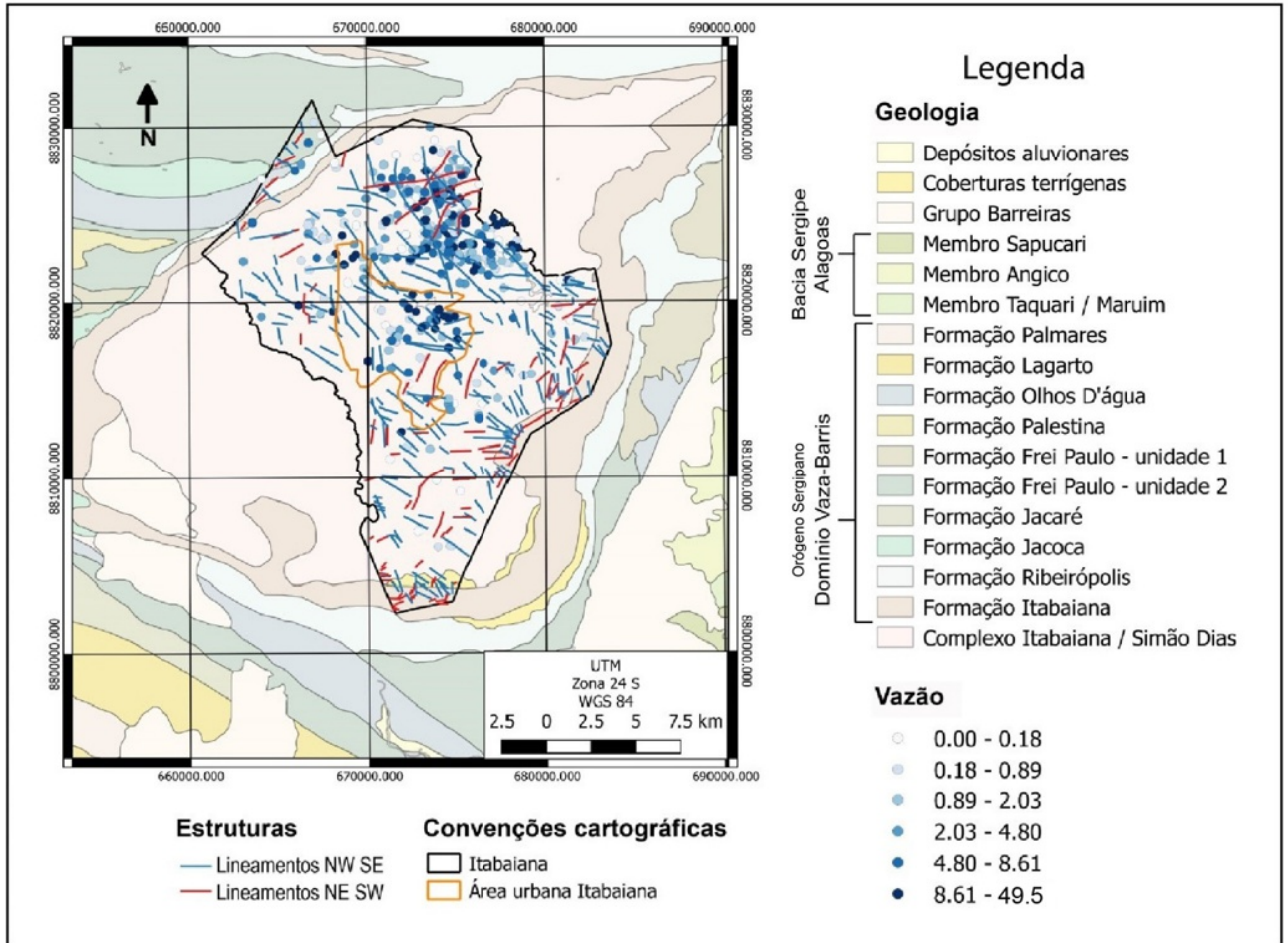


Figura 4 – Mapa de caracterização hídrica do município de Itabaiana SE.

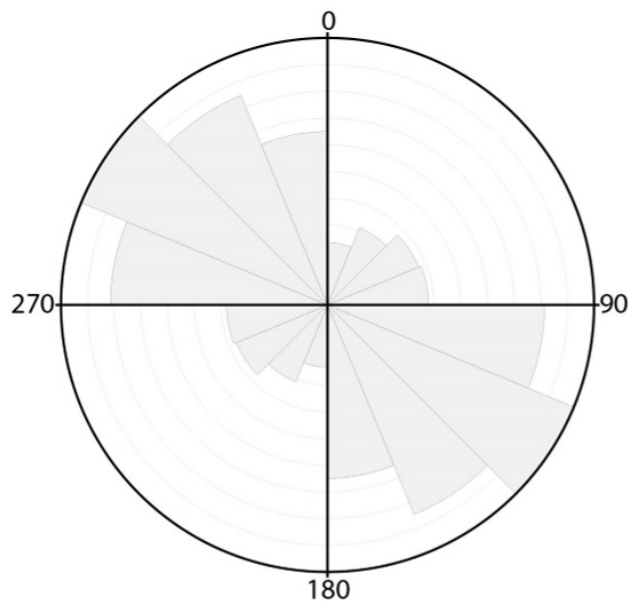


Figura 5 – Diagrama de rosetas das direções dos 398 lineamentos tectônicos na área de estudo.

7. CONCLUSÕES

A interação dos dados de vazão hídrica dos poços cadastrados com os dados de geoprocessamento se mostraram satisfatórios para a busca de água no aquífero fissural na região do Município de Itabaiana. Foram encontrados dois agrupamentos principais de lineamentos tectônicos, o principal de direção NW-SE, predomínio da direção $\sim 305^\circ$, e uma direção secundária NE-SW ($\sim 60^\circ$). Na região onde predominam os lineamentos de grande porte e de direção NW-SE intersectados com os NE-SW, ocorrem a maior parte dos poços cadastrados com vazões maiores que $8.6 \text{ m}^3/\text{h}$. As regiões de intersecção dos dois grupamentos de lineamentos também se mostraram promissoras para a prospecção de águas subterrâneas. Além disso, observam-se poços com vazões praticamente zero na porção sul do município, poços esses que não estão relacionados a nenhum tipo de lineamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (COHIDRO), especialmente à Gerência de Perfuração de Poços (GEPERF) pela liberação e viabilidade dos dados para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. D., 1976. Estruturas do Pré-Cambriano Inferior brasileiro. In: XXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Vol. 29, p. 201-212.
- BOMFIM, L. F. C. et al. Projeto cadastro da infraestrutura hídrica do Nordeste, Estado de Sergipe. Diagnóstico do município de Itabaiana, 2002, 13p.
- BRITO NEVES, B. B. de., 1975. Regionalização geotectônica do Precambriano nordestino. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 207p.
- COHIDRO – Companhia de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe, Banco de dados de poços tubulares cadastrados. Sergipe, 2018.
- DESO – Mananciais do Estado do Sergipe. Acesso em 15 de junho de 2018, disponível em: <https://www.deso-se.com.br/v2/index.php/agua/mananciais>.
- HUMPHREY, F.; ALLARD, G. O., 1969. Geologia do Domo de Itabaiana (Sergipe) e sua relação com a geologia da Geossinclinal de Própria, um elemento tectônico recém reconhecido do escudo brasileiro. Petrobrás/CENPES, Rio de Janeiro, 104p.
- NEVES, M. A., 2005. Análise integrada aplicada à exploração de água subterrânea na Bacia do Rio Jundiá (SP). Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 200p.
- OLIVEIRA, E. P.; WINDLEY, B. F.; ARAÚJO, M. The Neoproterozoic Sergipano orogenic belt, NE Brazil: a complete plate tectonic cycle in western Gondwana. *Precambrian Research*, 2010; v. 181, n. 1-4, p. 64-84.
- SANTIAGO, R. C. V. et al. Litogeoquímica e Geocronologia dos Ortognaisses Migmatíticos do Domo de Itabaiana: uma suíte do tipo tonalito, trondjemito e granodiorito. *Revista da USP*, 2017: v.17, n.4, p.81-98.
- SANTOS, R. A. et al., 1998. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil-PLGB. Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe. Escala 1: 250.000. Texto explicativo do Mapa geológico do Estado de Sergipe. Brasília, 152p.

- SILVA, C. N. et al. Avaliação preliminar dos tipos hidroquímicos e qualidade das águas subterrâneas nos Domínios Hidrogeológicos do Estado de Sergipe. In: XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2014, v.33, 15 p.
- SILVA, L. J. H. D.R.,1992. Tectonic evolution of the southern part of the Sergipano fold belt, northeastern Brazil. Tese de doutorado, Royal Hollowal University London, 288p.
- SILVA, L. J. H. D.R. The evolution of basement gneiss domes of the Sergipano fold belt (NE Brazil) and its importance for the analysis of Proterozoic basins, J. S. Am. Earth Science, 1995a, v.8, p.325-340.
- SILVA, L. J. H. D.R.Stratigraphy of the southern part of the Sergipano Belt, NE Brazil, tectonic implications. Revista Brasileira de Geociências, v.25, n.3, p.185-202, 1995b.