

GEOLOGIA ESTRUTURAL APLICADA À HIDROGEOLOGIA DO SEMIÁRIDO CEARENSE: ESTUDO DE CASO NOS MUNICÍPIOS TAUÁ E PEDRA BRANCA

Juliana Alves Viana Aguiar¹; Ricardo Hirata¹; Daniela Barbati Osório¹; Amélia João Fernandes²; André Pires Negrão²; Zulene Almada Teixeira³; Luiz Ricardo Cunha Braga³; José Guilherme Filgueira³

¹CEPAS|USP. Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas, Rua do Lago, 562-Butantã, CEP 055-080, São Paulo, SP, Brasil (juliana.aguiar@usp.br; rhirata@usp.br; danibarbati@hotmail.com)

²Universidade de São Paulo – USP, Instituto de Geociências, Rua do Lago, 562- Butantã, CEP 05508-080, São Paulo, SP, Brasil (andrenegrao@usp.br)

²Instituto Geológico- SMA, Rua Joaquim Távora, 822- Vila Mariana, CEP 04015-011, São Paulo, SP, Brasil (amelia.jfernandes@gmail.com)

³ Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Rua Adualdo Batista, 1550- Parque Iracema, CEP 60824140, Fortaleza, CE, Brasil (zulene.almada@cogerh.com.br)

Palavras-chave: neotectônica, aquíferos fraturados, condicionantes da circulação da água subterrânea.

INTRODUÇÃO

Períodos de secas na região semiárida do Nordeste têm causado grandes perdas econômicas e de vidas. Até 2017 foram registrados 6 anos de seca, resultando em um dos mais longos períodos de seca registrados no Nordeste (Governo do Estado do Ceará, 2018). Como estratégia de convívio com a seca, a água subterrânea tem sido umas das alternativas para suprir a demanda hídrica da população. Contudo, as características climáticas somadas ao predomínio de unidades geológicas cristalinas, são fatores que impactam diretamente na disponibilidade hídrica superficial e subterrânea na região. No caso do Ceará, os aquíferos fraturados, que perfazem mais de 70% dos domínios hidrogeológicos, têm como características a baixa produtividade e a alta salinidade na água (Medeiros et al., 2011).

O projeto aqui apresentado, ainda em fase de progresso, resulta da parceria entre o Centro de Estudos e Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS|USP) e a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH). O foco da pesquisa é o estudo da hidrogeologia dos aquíferos fraturados do semiárido do Ceará, por meio da correlação entre os aspectos geológicos, geológico-estruturais e geomorfológicos com a produtividade de poços tubulares instalados nos municípios de Pedra Branca e Tauá. Os métodos empregam técnicas hidrogeológicas mais modernas e pouco aplicadas, incluindo análises da tectônica cenozoica. O objetivo é complementar os estudos hidrogeológicos, entendendo os condicionantes da circulação da água subterrânea em meios anisotrópicos, para melhor aproveitamento do potencial subterrâneo e gestão de recursos hídricos, de forma a auxiliar na locação de futuros poços, priorizando a sustentabilidade e um maior conforto hídrico da população do semiárido cearense.

MÉTODOS

O principal método aplicado nesse estudo, que é a análise de lineamentos estruturais, se baseia em Fernandes (1997) e parte do pressuposto que a tectônica cenozoica condiciona a natureza “aberta” ou “fechada” da rede de fraturas. Novos estudos vêm aplicando essa metodologia, correlacionando a capacidade específica ou vazão com a proximidade, densidade, extensão, direção e intersecção de lineamentos (Fernandes, 1997; Bertachini, 1987). Bertachini (1987) obteve maiores valores de capacidade específica para os lineamentos de maior extensão, no entanto, segundo o autor, a extensão dos lineamentos é um dos critérios ainda debatidos pelos hidrogeólogos. Para Fernandes (2008) a intersecção de lineamentos está subordinada à conectividade de fraturas e está associada à maior produtividade. Fernandes (2008) ainda observa que, de fato, poços mais próximos a lineamentos tendem a ser mais produtivos, fato corroborado pelo estudo de Bertachini (1987).

A escala da fotointerpretação dos lineamentos é um fator relevante e deve ser escolhida de acordo com o detalhamento desejado. Escalas pequenas (<1:25.000) não permitem enxergar fraturas que atravessam os

poços ou que estejam mais próximas e, por isso, apenas é possível inferir que o poço pode estar na zona de influência do lineamento e que pode estar atravessando fraturas com diferentes direções e que não foram identificadas como lineamentos. Isso não acontece em escalas maiores ($\geq 1:25.000$), em que é possível inferir que o poço está interceptando fraturas com mesma direção que o lineamento traçado (Fernandes, 2008). Nesse trabalho, o traçado dos lineamentos será feito em escala de 1:25.000, a partir de imagens de sensoriamento remoto ALOS PALSAR, adquiridas na plataforma eletrônica ASF (Alaska Satellite Facility) e processadas pelo software ArcGIS (Sistema de Informação Geográfica produzido pelo Environmental Systems Research Institute- ESRI). Os lineamentos serão traçados através de cristas alinhadas e fundos de vales, de acordo com interpretação dos mapas de sombreamento gerados com iluminações de azimutes 315° e 45°, para realce de estruturas.

Análise por compartimentação do relevo, que leva em conta a posição espacial dos poços e subdivide o relevo em diferentes compartimentos de acordo, principalmente, com as formas de relevo e com a hipsometria, também será realizada. Essa classificação tem grande importância para a hidrogeologia de aquíferos faturados, visto que alguns estudos já demonstram a relação entre a compartimentação geomorfológica e a produtividade de poços (Fernandes, 1997; Costa, 1986). A compartimentação topográfica adotada nesse trabalho irá classificar o relevo da área de estudo em topo, vale e encostas, também com base na metodologia aplicada por Fernandes (1997), e será feita com base no modelo digital de elevação (MDE) do terreno, gerado com imagens de satélite ALOS PALSAR, processadas pela ferramenta Slope do ArcGis.

Adicionalmente, mapas geológicos, em escala 1:100.000, serão confrontados com os dados estruturais e hidrogeológicos, de modo a buscar uma correlação entre a produtividade de poços e a tectônica com litologia. Esse estudo se fundamenta nas análises que levam em conta a capacidade de armazenamento e o comportamento mecânico de diferentes litotipos (Costa, 1986; Morin & Savage, 2003).

Por fim, os dados hidrogeológicos de poços perfurados no semiárido cearense serão adicionados na plataforma ArcGIS para análise da relação entre capacidade específica e a distribuição no espaço, com relação com a geologia, geomorfologia e lineamentos da área de estudo. Esses dados foram disponibilizados pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) e representam os novos poços perfurados pelo governo do Ceará, em resposta a longa seca dos últimos anos. Em um primeiro momento, os dados foram filtrados, para verificar se havia existência de valores não condizentes, e os valores de capacidade específica foram calculados. A capacidade específica foi o parâmetro escolhido, pois é reflexo primeiramente das características locais do poço e, secundariamente, depende das características construtivas dos poços, portanto, é um parâmetro que indica mais diretamente o potencial do aquífero (Fernandes, 2016; Fernandes et al., 2007).

RESULTADOS PRELIMINARES

Os dois municípios estudados possuem características distintas de produção, um com poços mais produtivos e outro com poços menos produtivos, respectivamente Tauá e Pedra Branca. A escolha desses municípios tem como propósito a comparação dos resultados entre áreas com maior e menor stress hídrico e se deve, também, a densidade e disponibilidade de dados hidrogeológicos para esses municípios. No total são 202 dados de poços, com 189 (93,56%) poços distribuídos em Pedra Branca e 13 (6,44%) em Tauá. Dentre o total de poços, 64 (31,68%) são secos e apenas 64 possuem informações para cálculo de capacidade específica. Os poços são recentes, perfurados entre 2015 e 2018, com profundidade média de aproximadamente 82 metros e o uso mais comum é para área rural (cerca de 62% do total).

Os valores de capacidade específica, de um modo geral, são valores baixos e apresentam uma média de 0,14 m³/h/m. A Tabela 1 mostra os valores estatísticos para os 64 poços considerados no cálculo da capacidade específica.

Tabela 1: Valores estatísticos de capacidade específica ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$)

Máximo	2,35
Mínimo	0,00
Média	0,14
Tamanho (n)	64
Desv. Padrão	0,36
Mediana	0,03

A Figura 1 traz um gráfico de distribuição das frequências dos valores de capacidade específica dos poços. Este gráfico mostra que aproximadamente 62% dos valores de capacidade específica são menores ou igual a $0,05 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ e os demais valores se distribuem principalmente no intervalo entre $0,1-0,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

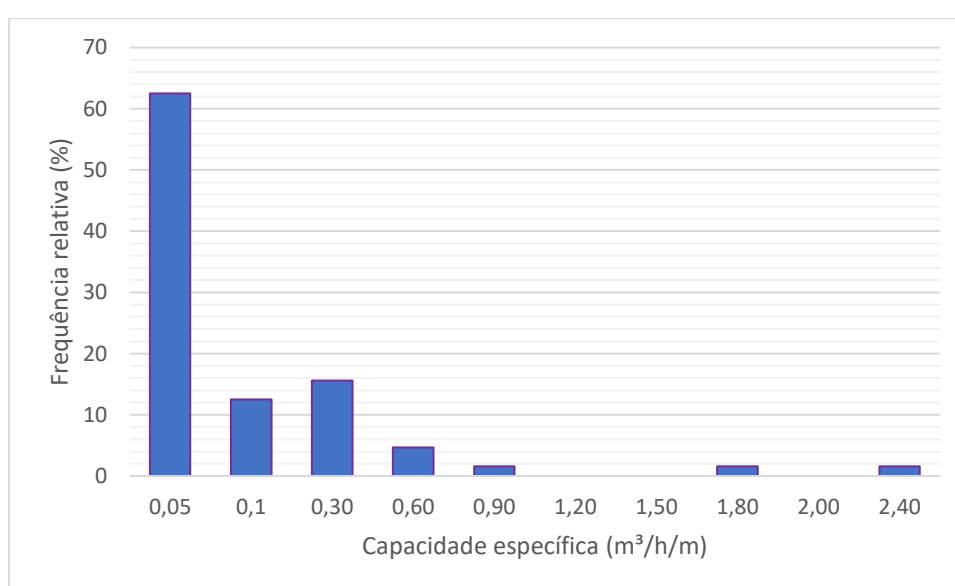


Figura 1: Frequência dos valores de capacidade específica para os poços de Tauá e Pedra Branca.

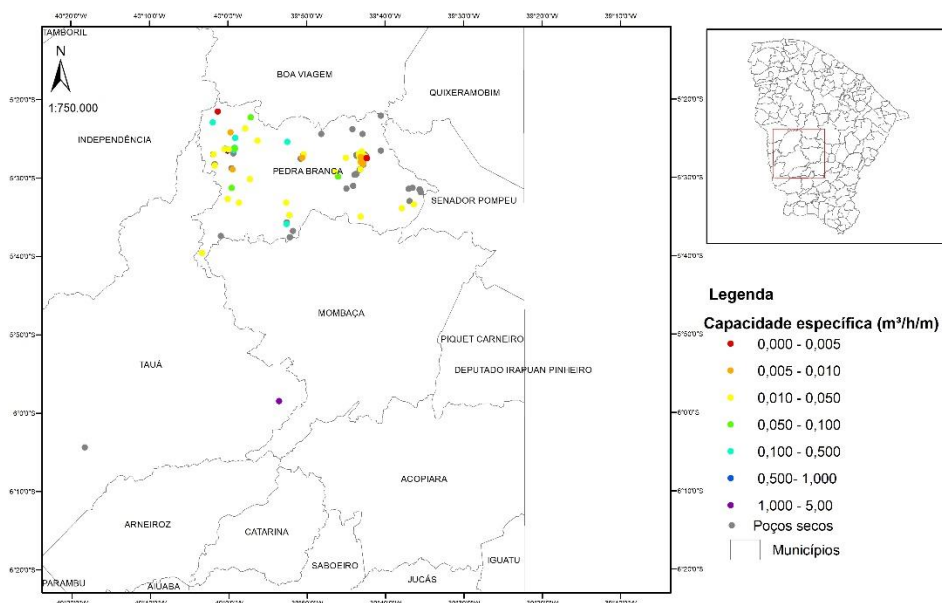


Figura 2: Distribuição de poços e seus respectivos intervalos de capacidade específica ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$).

RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que a interpretação dos dados hidrogeológicos confrontada com as características geológicas, hidroestruturais e geomorfológicas resulte em correlações que permitam estabelecer áreas ou feições onde os poços tenham maior sucesso de produção e, de igual importância, as regiões onde a chance de poços secos seja maior.

REFERÊNCIAS

- BERTACHINI, A. C. Estudo das características hidrogeológicas dos terrenos cristalinos sob clima úmida, na região de Jundiá, em São Paulo. 1987. 128 f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- COSTA, W. D. Análise dos fatores que atuam no aquífero fissural: área piloto dos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. 1986. 225 f. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.
- FERNANDES, A. J. Tectônica Cenozóica na porção média da Bacia do Rio Piracicaba e sua aplicação à hidrogeologia. 1997. 269 f. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- FERNANDES, A. J. Aquíferos fraturados: uma revisão dos condicionantes geológicos e dos métodos de investigação. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, v. 29, n. 1-2, p. 49-72, 2008.
- MEDEIROS, C. N.; Gomes, D. D. M.; Albuquerque, E. L. S.; Cruz, M. L.B. (Org.). Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades. Fortaleza: IPECE, 2011.
- MORIN, R. H.; SAVAGE, W. Effects of crustal stresses on fluid transport in fractured rock: case studies from northeastern and southwestern USA. *Hydrogeology Journal*, v. 11, ed. 1, 2003.
- RODRIGUES, A.V. Ceará tem maior probabilidade de chuvas acima da média em 2018. Governo do Estado do Ceará. Disponível em: < <http://www.ceara.gov.br/2018/01/22/ceara-tem-maiorprobabilidade-de-chuvas-acima-da-media-em-2018/>>. Acesso em: fev. 2018.