

Fluxo Lateral de Águas Subterrâneas nas Bacias Sedimentares: Implicações para Ocorrências de Recursos Geotermiais

Fabio P. Vieira e Valiya M. Hamza, Observatório Nacional – ON/MCT, Rio de Janeiro

Copyright 2012, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no V Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 27 a 29 de novembro de 2012. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do V SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBGF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGF.

Resumo

Análises integradas de dados geotérmicos e hidrogeológicos permitiram identificação de uma associação entre a distribuição geográfica de fontes termais e as ocorrências de fluxo lateral de águas subterrâneas. De acordo com essa associação as ocorrências de fontes termais se encontram obliteradas nas áreas de fluxos laterais de águas subterrâneas, uma consequência da interferência entre os dois sistemas de circulação. O exemplo marcante é a região Amazônica, isento de fontes termais. Outras regiões com características semelhantes são o centro-norte da bacia do Parnaíba, centro-oeste da bacia do Paraná, e a porção emersa da bacia de Campos. O presente trabalho examina as implicações dessa associação para ocorrência de recursos geotermiais.

Introdução

A determinação de assim chamado “grau de segurança geológico - GSG” constitui uma das etapas importantes na avaliação de recursos geotermiais. No procedimento adotado geralmente para a determinação de GSG levam-se em consideração somente as condições geológicas estruturais e sequências litológicas favoráveis para ocorrências de reservatórios profundos nas áreas geotermiais. Contudo, é conhecido que os movimentos laterais de fluidos profundos alteram o balanço térmico nos reservatórios, limitando a acumulação de recursos geotermiais. O enfoque do presente trabalho é contribuir para o conhecimento deste processo que é importante na avaliação de recursos geotermiais no território nacional.

Problema Investigado

Uma das características marcantes do campo geotérmico da área continental Brasileira é a grande variabilidade na ocorrência de fontes termais. Resultados de levantamentos realizados por Hurter et al (1980), Hamza e Muñoz (1996) e Hamza et al (2006) indicam que a ocorrência de fontes termais é comum nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Contudo, não foram constatados presença de fontes termais nas vastas regiões do Norte e Noroeste, apesar das semelhanças gerais nos seus quadros geológicos e geotérmicos. No presente trabalho aventamos a hipótese de que os fluxos laterais profundos de águas subterrâneas pode se constituir como mecanismo responsável pelas características na distribuição geográfica de fontes termais.

Características Hidrogeológicas e Geotérmicas

A natureza de associação entre áreas de fluxo lateral de águas subterrâneas e ocorrência de fontes termais pode ser melhor compreendido com base nas características hidrogeológicas do território nacional. Neste contexto, tornou-se útil a delimitação das províncias hidrogeológicas de MMA (2003), com base no trabalho anterior de DNPM/CPRM.

Grande parte dos estudos geotérmicos foram realizados nas províncias hidrogeológicas interiores do Amazonas, Paraná e Parnaíba-Maranhão e nas diversas províncias na área costeira. Medições geotérmicas também foram efetuadas em diversos locais de sistemas cársticos formados pela Província Hidrogeológica do São Francisco e pela subprovíncia Potiguar. Contudo, estudos geotérmicos são bastante esparsos nas áreas de sistemas fraturados ou fissurados que ocupam área de cerca de 4,6 milhões de km², correspondente a 53,8% do território nacional. Não há atualmente dados geotérmicos nas províncias Hidrogeológicas dos Escudos Setentrional, Central, Oriental e Meridional.

No presente trabalho estudos de fluxo lateral de águas subterrâneas, com base nos dados geotérmicos foram realizados apenas nas províncias hidrogeológicas do Amazonas, Paraná, e Parnaíba-Maranhão e na província costeira da bacia de Campos. Essas províncias hidrogeológicas são indicadas da Figura (1).

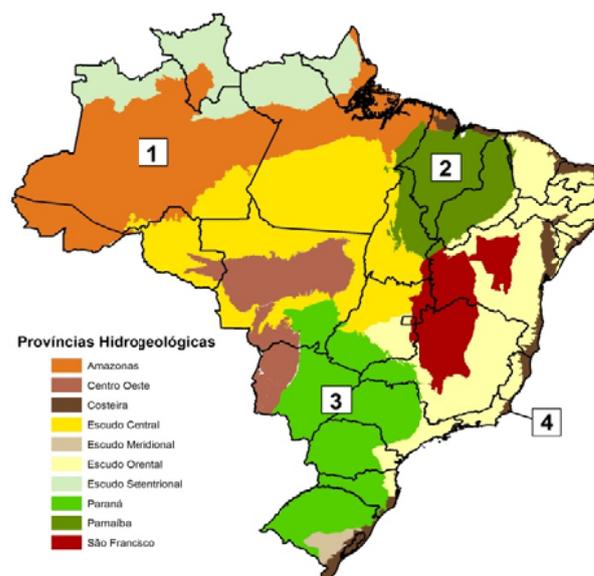


Figura (1) Províncias Hidrogeológicas nas quais foram efetuadas medições geotérmicas. 1- Amazonas; 2- Parnaíba; 3- Paraná; 4- campos. Base do mapa adaptado de DNPM/CPRM (1983) e MMA (2003).

Resultados

Os resultados obtidos no presente trabalho permitiram identificação de quatro regiões de fluxo lateral de águas subterrâneas, todos situados nas áreas de bacias sedimentares. Segue abaixo descrições resumidas de sistemas de fluxos subterrâneos nessas regiões.

a) Região Amazônica: Dados geotérmicos de 241 poços perfurados pela PETROBRÁS foram utilizados por Pimentel e Hamza (2011) na determinação de fluxos de águas subterrâneas na região Amazônica. De acordo com Pimentel e Hamza (2012) as partes superiores de todas as bacias sedimentares da região Amazônica apresentam características de sistemas de recarga. Os movimentos descendentes de águas subterrâneas ocorrem desde a superfície até a base das formações de idade Devoniana. As velocidades dos movimentos verticais estimados variam de 10^{-8} a 10^{-9} m/s.

De acordo com Pimentel e Hamza (2012) sistemas de recargas com grande extensão regional seria possível somente em situações em que ocorrem fluxos laterais nas partes profundas. O magnitude do fluxo lateral estimado é relativamente maior na formação Alter do Chão, em profundidades de 300 a 1200 metros. Contudo, os fluxos laterais também são significativos nas formações de idade pré-Devoniana, em profundidades superiores a 3500 metros. Em ambos os casos a direção geral do fluxo é no sentido de oeste para leste, seguindo aproximadamente o curso do Rio Amazonas. A área afetada por fluxos laterais está indicada na Figura (2).

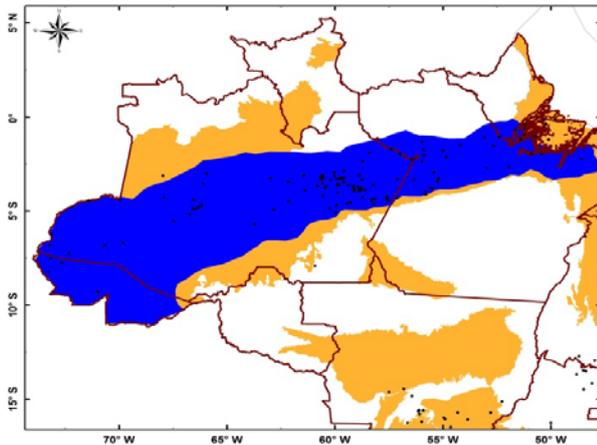


Figura (2) Área de fluxo lateral de águas subterrâneas na região Amazônica. Os pontos indicam locais de medições geotérmicas.

b) Bacia do Parnaíba: Perreira e Hamza (1991) efetuaram análises de dados geotérmicos de 28 poços nesta bacia. Uma reavaliação recente desses dados indicaram movimentação vertical de águas subterrâneas com velocidades que variam de 10^{-8} a 10^{-9} m/s. Contudo, os movimentos laterais nas partes profundas ocorrem somente no setor centro-norte da bacia, conforme indicado na Figura (3). A direção inferida de movimento lateral é de sul para norte, com eventual descarga de águas no oceano Atlântico.

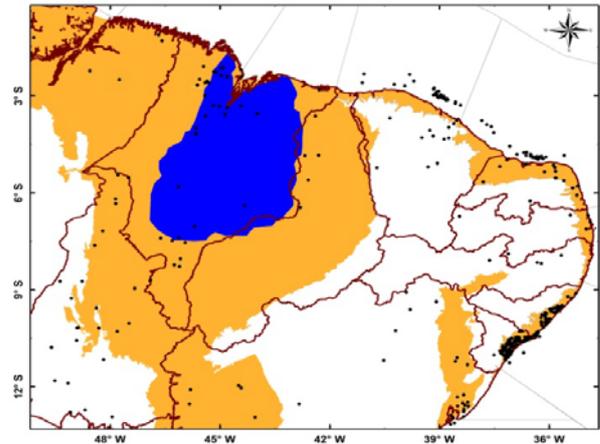


Figura (3) Área de fluxo lateral de águas subterrâneas na bacia do Parnaíba. Os pontos indicam locais de medições geotérmicas.

c) Bacia do Paraná: Gomes (2009) apresentou uma síntese de gradientes geotérmicos de 214 poços nesta bacia. Uma reavaliação recente desses dados indicam movimentação vertical de águas subterrâneas com velocidades que variam de 10^{-7} a 10^{-8} m/s. Contudo, movimentos laterais ocorrem somente na parte centro-oeste da bacia, conforme indicada na Figura (4). As formações geológicas em que ocorrem movimentos laterais incluem aquífero Guarani na parte superior e aquífero Furnas na parte inferior.

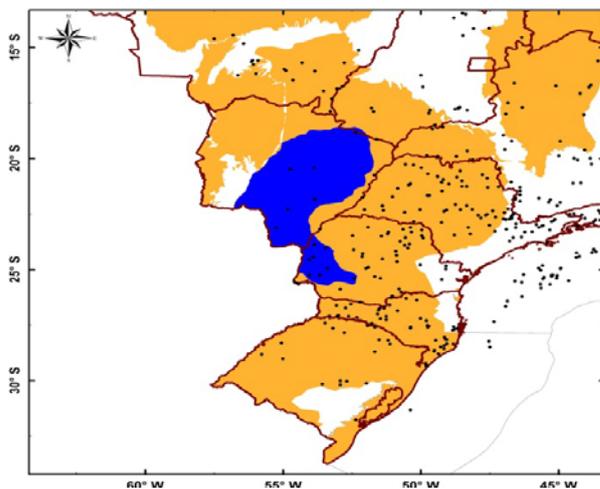


Figura (4) Área de fluxo lateral de águas subterrâneas na bacia do Paraná. Os pontos indicam locais de medições geotérmicas.

d) Parte Emersa da Bacia de Campos: Capucci (1988), Capucci et al (2001) e Martins et al (2006). apresentaram análises das características hidrogeológicas desta bacia. De acordo com Capucci et al (2001) há indícios da ocorrência de movimentos laterais de águas subterrâneas, principalmente na área costeira. As profundidades desses movimentos variam de 300 a 800 metros. A direção geral de movimento é de oeste para

leste, com descargas no talude continental adjacente. Capucci (2003) considera que o volume de águas subterrâneas que alcançam oceano Atlântico é superior a vazão do Rio Paraíba do Sul. Pimentel e Hamza (comunicação verbal) chegaram a conclusões semelhantes ao analisar dados geotérmicos de seis poços nesta bacia. A área afetada por movimentação lateral de águas subterrâneas é indicada na Figura (5).

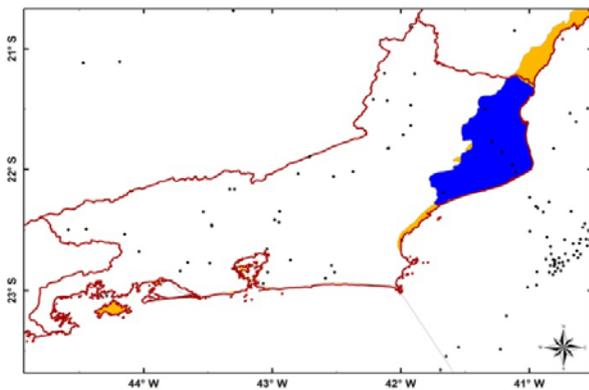


Figura (5) Área de fluxo lateral de águas subterrâneas na bacia de campos. Os pontos indicam locais de medições geotérmicas.

Distribuição de Fontes Térmicas

O mapa da Figura (6) ilustra a distribuição geográfica de fontes térmicas. O fato notável nesta figura é a ausência de fontes térmicas na região Norte, que inclui as áreas de bacias sedimentares Amazônicas e áreas cratônicas de Guaporé e Guianas. As demais áreas isentas de fontes térmicas incluem craton São Francisco e a parte centro-oeste da bacia do Paraná. Nota-se a presença de um número significativo de fontes térmicas nas regiões Sul e Sudeste.

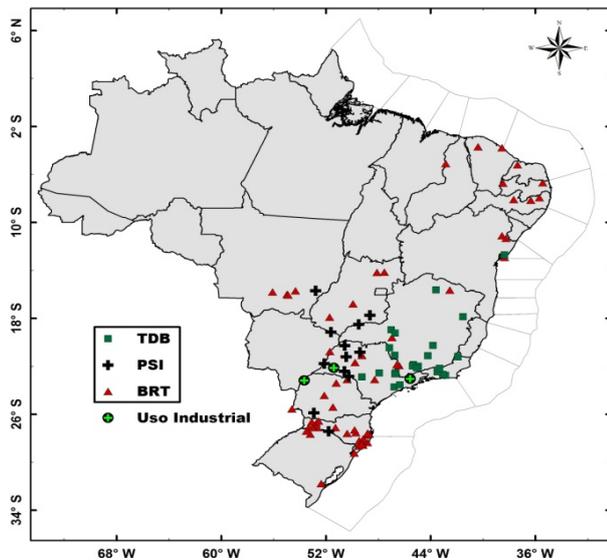


Figura (6) Distribuição geográfica de fontes térmicas. Os símbolos indicam tipos de aproveitamento atual das fontes.

Discussão e Conclusões

A superposição das áreas de fluxos laterais de águas subterrâneas e locais de ocorrência de fontes térmicas permitiram melhores avaliações da natureza da associação entre os dois sistemas de circulação. O mapa da Figura (7) indica a exclusão mútua das áreas de fluxos laterais de águas subterrâneas (indicadas nas figuras anteriores, a saber: 1–Região Amazônica; 2–Centro-Norte da Bacia do Parnaíba; 3–Centro-Oeste da Bacia do Paraná e 4- Porção emersa da Bacia de Campos.) e locais de ocorrência de fontes térmicas (Figura 6).

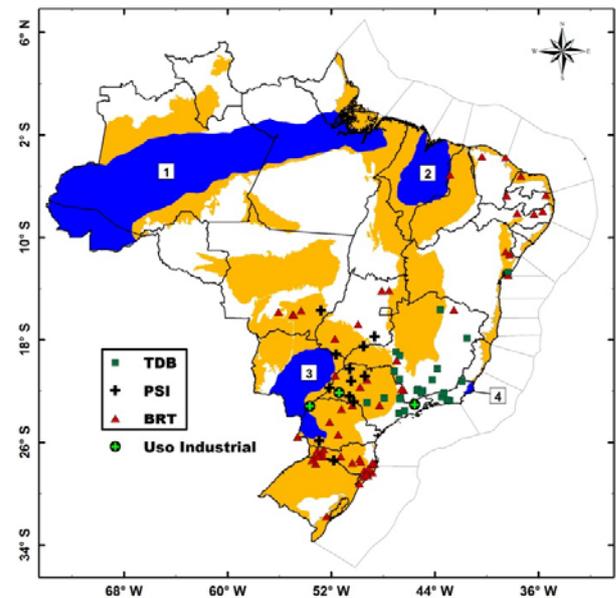


Figura (7) Mapa indicando exclusão mútua das áreas de fluxos laterais de águas subterrâneas e locais de ocorrência de fontes térmicas.

Neste contexto, aventa-se a hipótese de que os fluxos laterais de águas subterrâneas atuam como barreiras impedindo os movimentos ascendentes de fluidos geotérmicos. Os fluxos laterais também afetam o balanço térmico dos aquíferos profundos, já que dificultam as acumulações de fluidos geotérmicos. Consequentemente, as ocorrências das fontes térmicas são praticamente ausentes nas regiões de fluxos laterais. Conclui-se também que as ocorrências de fontes térmicas é um indicativo da não existência de movimentos laterais de fluidos profundos. Outro ponto importante que emerge dos resultados do presente trabalho é que os movimentos laterais de fluidos profundos só ocorrem nas províncias hidrogeológicas sedimentares. Nos aquíferos fissurais do embasamento cristalino não há indicativos de fluxo lateral profundo de águas subterrâneas.

Agradecimentos

Aos apoios financeiros da Fundação Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ, através do Projeto "Caracterização Físico-Química das Emanações provenientes das Falhas Geológicas na área Costeira do

Estado do Rio de Janeiro" (Processo No. E-26/111.342/2010).

Referências

Brasil/MMA/SRH/ANA. 2003. Panorama Nacional dos Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: www.ana.gov.br.

Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral / Cia Pesq. Recursos Minerais - DNPM/CPRM. 1983. Províncias Hidrogeológicas do Brasil.

Capucci, E., 1988, Mapa de Potencialidades Médias de Água Subterrânea no Estado do Rio de Janeiro. DIN/INX, CEDAE.

Capucci, E.B., Martins, A.M., Mansur, K.L., 2001, Poços Tubulares e Outras Captações de Águas Subterrâneas – Orientação aos Usuários. Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ de Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, SEMADS, SEINPE, DRM-RJ.

Capucci, E.B., 2003, Água Subterrânea na Baixada Campista. Anais do I Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. Petrópolis, RJ. – ABAS.

Ferreira, L.E.T., Hamza, V.M., 2005. Random simulation with geologic control in assessment of geothermal resources of the state of Goiás, Central Brazil. In: Proceedings World Geothermal Congress, Antalya (Turkey).

Gomes, A.J.L. e Hamza, V.M., 2005. Geothermal Gradient and Heat Flow In The State of Rio De Janeiro. Brazilian Journal of Geophysics, 23, 325-347.

Gomes, A.J.L. e Hamza V.M., 2007. Gradiente e Fluxo Geotérmico nas Bordas Norte e Noroeste da Bacia do Paraná. Anais do 10º Congresso Internacional da SBGf, Rio de Janeiro, 19-22 de Novembro, 6p.

Gomes, A.J.L. 2009. Avaliação de Recursos Geotermiais da Bacia do Paraná. 2009. Tese de Doutorado - Observatório Nacional.

Hamza, V.M. Eston, S.M., Araujo, R.L.C., 1978. Geothermal energy prospects in Brazil. Pure and Applied Geophysics, vol.117, pp. 180-195.

Hamza, V.M. e Eston, S.M., 1981. Assessment of Geothermal resources of Brazil - 1981. Zbl. Geol. Palaontol, V I, p.128 155, Stuttgart (Germany).

Hamza, V.M., 1982. Pesquisas de medições de temperatura subsuperficial: Importância para a hidrogeologia. Revista de Águas Subterrâneas, São Paulo, v. 5, p. 65-99.

Hamza, V.M. and Muñoz, M. 1996. Heat Flow Map of South America. Geothermics, v. 25, p. 599-646.

Hamza, V.M., 2003. An Appraisal of Geothermal energy use in Brazil. Geothermal Resources Council Transactions, V. 27, pp. 59-63.

Hamza, Valiya Mannathal; Carneiro, J.. Energia Geotérmica: Utilização Atual e Perspectivas. In: X Congresso Brasileiro de Energia, 2004, Rio de Janeiro. Anais do Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro: Programa de Planejamento Energético, COPPE, UFRJ, 2004. v. 2. p. 999-1006.

Hurter, S.J., Eston, S.M. e Hamza, V.M., 1983. Coleção Brasileira de Dados Geotérmicos Série 2 – Fontes Termiais. Publicação No. 1233, Instituto. de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo s/a – IPT, pp. 111.

Martins, A.M., Capucci, E.B., Caetano, L.C., Cardoso, G., Barreto, A.B.C., Monsore, L.M., Leal, A.S e Viana, P., 2006, Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro: Síntese do estágio atual do conhecimento., Anais do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

Pereira, A. J. O. e Hamza, V.M., 1991, Fluxo Geotérmico na Bacia de Parnaíba. Anais do 20 Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, Salvador (BA), v.1. p. 177-182.

Pimentel, E.T. and Hamza, V.M., 2011, Indications of an Underground River beneath the Amazon River: Inferences from Results of Geothermal Studies. 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society – SBGF, August 15 – 18, 2011, Rio de Janeiro.

Pimentel, E.T. and Hamza, V.M., 2012. Indications of regional scale groundwater flows in the Amazon Basins: Inferences from results of geothermal studies. Journal of South American Earth Sciences, v. 37, p. 214-227.