



ANÁLISE DE RADÔNIO NO SOLO PARA PROSPECÇÃO DE ÁGUA EM AQUÍFEROS FRATURADOS

Paulo H.P. Stefano¹ (D), Roisenberg, Ari¹, José F. Gallas², Zildete Rocha³

1 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre – RS paulohenriquestefano@email.com

2 - Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, SP

3- Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, Belo Horizonte, MG

Resumo: A prospecção de águas em aquíferos fraturados utiliza diversos métodos já consagrados, dentre os quais os métodos geofísicos. Uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos técnicos é a locação de poços em áreas urbanizadas. O radônio (Rn) é um gás nobre oriundo do decaimento radioativo da série do urânio (U) e ascende até a superfície através de fraturas e poros de rochas. A geologia da região de Porto Alegre compreende diferentes granitóides de afinidade cálcico-alcálica à alcalina que estão parcialmente cobertos por sedimentos quaternários aluviais e fluviais. Os resultados analíticos para radônio foram obtidos com uso de equipamento Sarad RTM 1688-2. Estes dados foram comparados com resultados de eletrorresistividade, sendo os eletrodos posicionados com o arranjo dipolo-dipolo. Nas quatro áreas de estudo observou-se boa correlação entre os dois métodos. Nas regiões de baixa resistividade dos perfis foram encontradas anomalias positivas de radônio nas zonas de fraturas, alcançando valores de até 7x o background da região, partindo de aproximadamente 2500 Bq/m³ em zonas não fraturadas para valores de 21157 Bq/m³ nas áreas onde ocorrem os fraturamentos.

Palavras-chave: Radônio, Aquíferos Fraturados, Resistividade.

PROSPECTING FRACTURED ROCK AQUIFERS USING RADON SOIL GASES METHOD

Abstract Prospecting water in fractured rock aquifers uses a variety of established methods, including geophysical methods. One of the most difficulties faced by technicians is determining water well site location in urban areas, where asphalt and cement may interfere in the results. Radon (Rn) is a noble gas from the radioactive decay of the uranium (U) series and rises to the surface through fractures and pores of rocks. The geology of Porto Alegre shows different granitoids of alkaline-calcium to alkaline affinity that are partially covered by alluvial and fluvial quaternary sediments. The radon emanation results were obtained using an equipment called Sarad RTM 1688-2. The radon data have been compared with electrical resistivity study that was made using dipole-dipole arrangement. In the four study areas, an interesting correlation was observed between the two methods. In the regions of low resistivity, positive radon anomalies were found in the fracture zones, reaching values up to 7 times the background of the region, starting from a concentration value of 2500 Bq/m³ in non-fractured zones to 22187 Bq /m³ in the fractured zones.

Keywords: Radon, Fractured Aquifers, Resistivity

Introdução

A busca por novos aquíferos e o uso descontrolado da água estão, cada vez mais, se tornando um dos maiores problemas da humanidade. Nas regiões compostas por embasamentos cristalinos, como granitos e gnaisses, as áreas que possuem elevada quantidade de lineamentos tectônicos têm grande chance de conter aquíferos fraturados. Esses aquíferos são de expressiva importância nessas localidades, uma vez que podem abastecer a população com grandes quantidades de água. As águas presentes nos aquíferos fraturados podem ser oriundas tanto de

recarga meteórica, como de águas subterrâneas. A utilização de sistemas de informações geográficas, bem como análises de fotos aéreas e imagens de satélite são de extrema importância para o estudo de regiões fraturadas, além disso, os métodos geofísicos como eletrorresistividade e métodos eletromagnéticos são amplamente utilizados nesse tipo de estudo. No entanto, em áreas amplamente urbanizadas, os métodos geofísicos sofrem diversos tipos de interferência que, em algumas vezes, impossibilitam o seu uso para a prospecção (Pereira, 2009). Devido a esse problema, surge a importância de se estabelecer diferentes métodos de mapeamento de áreas fraturadas. O radônio (^{222}Rn) é um gás nobre que aparece na natureza oriundo do decaimento radioativo da série do urânio (^{238}U). As rochas que possuem este elemento o emitem continuamente para o ambiente. Devido às propriedades geoquímicas do radônio, rochas graníticas com afinidades alcalinas e rochas feldspatóídicas são as mais propícias a terem elevados teores deste elemento (Ferronsky e Polyakov, 2012). Nessas rochas, o radônio normalmente está presente em minerais acessórios, como zircão, apatita, monazita, esfeno, entre outros (Duarte, 2002). Altas concentrações de radônio no ambiente são relacionadas a lineamentos tectônicos, pois, por meio de um alívio de pressão, o gás chega à superfície. Baseado nisso, medidas de teores de radônio podem ser utilizadas para o mapeamento de zonas fraturadas (Ionides, 2003).

Área de estudo

Porto Alegre é a capital do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil e possui uma área de aproximadamente 480 Km². A cidade está interligada às rodovias federais BR-290 e BR-116. A população do Município é de 1.409.939 habitantes, sendo que a zona metropolitana de Porto Alegre chega a 4.500.000 habitantes.

O município está localizado no chamado Batólito de Pelotas, que consiste em múltiplas injeções magmáticas (Fragoso César et al., 1986). As unidades mais antigas são o Granito Viamão e Granito Independência, os quais são cortados por unidades mais tardias, representadas pelo Granito Canta Galo, Granito Santana e Granito Ponta Grossa (Fig 1) (Philipp et al., 2002). Cobrindo o embasamento cristalino, ocorrem os depósitos sedimentares Cenozóicos, os quais são representados por sedimentos aluviais, depósitos de lagunas e barreiras e depósitos aluvionares atuais. (Tomazelli, 1987).

Experimental

Foram realizados perfis aproximadamente ortogonais a quatro lineamentos tectônicos, identificados através da interpretação de imagens de satélite. Em cada perfil foram locados pontos distantes 20m entre si nos quais realizaram-se análises das concentrações de radônio e ensaios de eletrorresistividade.

Para obtenção dos dados de radônio, foi utilizado o equipamento SARAD RTM 1688-2, que promove degaseificação da amostra de solo em ciclo fechado, o que possibilita a análise da concentração de radônio presente nos gases dos poros.

Os dados de concentração de radônio nos gases dos solos foram comparados com um método geofísico muito utilizado para a prospecção de aquíferos fraturados, o método da eletrorresistividade. Os ensaios de eletrorresistividade foram executados com arranjo dipolo-dipolo e abertura dos eletrodos de 20m (AB=MN=20m) em cinco profundidades teóricas de investigação. Os resultados obtidos com o caminhamento elétrico são representados sob a forma de pseudo-seções de resistividade aparente e seções modeladas de resistividade. Os processos de inversão utilizados no processamento dos dados foram realizados com o software RES2DINV (2001), que é fundamentado no algoritmo de Loke & Barker (1996a, 1996b).

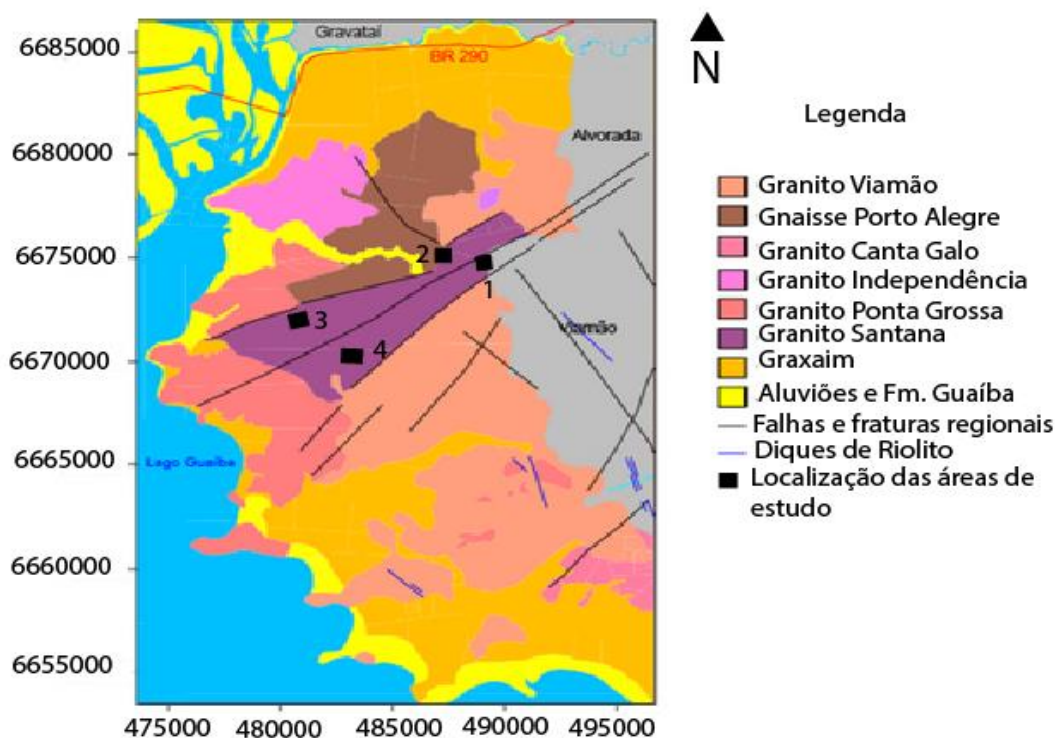


Figura 1 – Geologia de Porto Alegre e localização das quatro áreas de estudo. (Modificado de Fianco *et.al*, 2011)

Resultados e Discussões

Área 1

Nesta área foram realizados perfis de eletrorresistividade e de concentração de radônio no solo, totalizando 220 metros. Na área de contato entre o Granito Santana e o Granito Viamão foi registrado o maior valor de concentração de radônio nos solos do perfil (16.146 Bq/m^3), que é aproximadamente cinco vezes mais elevado que o background da região ($\sim 2.500 \text{ Bq/m}^3$). Esta zona é definida como cisalhante, sob o ponto de vista estrutural, propiciando a desagregação dos minerais, o que promove o escape do gás.

Área 2

Os resultados obtidos nesta área mostram forte correlação entre as concentrações de radônio nos solos e a anomalia de eletrorresistividade entre as posições 200 e 240 metros no perfil. O valor do background de radônio é de aproximadamente 3.000 Bq/m^3 , sendo o pico de radônio registrado na posição 220 metros do perfil (22.187 Bq/m^3). Nesta região, ocorre uma zona de fraturas que favorece o escape do gás, o que explica as elevadas concentrações de radônio.

Área 3

Os resultados obtidos na área 3 mostram uma moderada correlação entre os resultados do caminhamento elétrico e os dados de radônio. O valor do background de radônio no perfil é de aproximadamente 2.500 Bq/m^3 , e a concentração máxima registrada é de 4.118 Bq/m^3 .

Área 4

Os resultados obtidos na área 4 apresentam uma excelente correlação entre os dados de resistividade e as concentrações de radônio. É possível observar uma zona de baixa resistividade entre as posições 160 e 240 metros tanto na pseudo-seção, quanto na seção modelada. Essa zona de baixa resistividade pode ser correlacionada com a região de maior concentração de radônio no perfil, que ocorre na posição 220 metros (16.820 Bq/m^3) e é aproximadamente quatro vezes maior que o background do perfil (Fig 2).

Além disso, é possível observar em foto aérea um lineamento de orientação NW-SE que coincide com as anomalias de resistividade e de radônio. Essa zona de fraturas é, provavelmente, o local no qual o radônio escapa para a atmosfera.

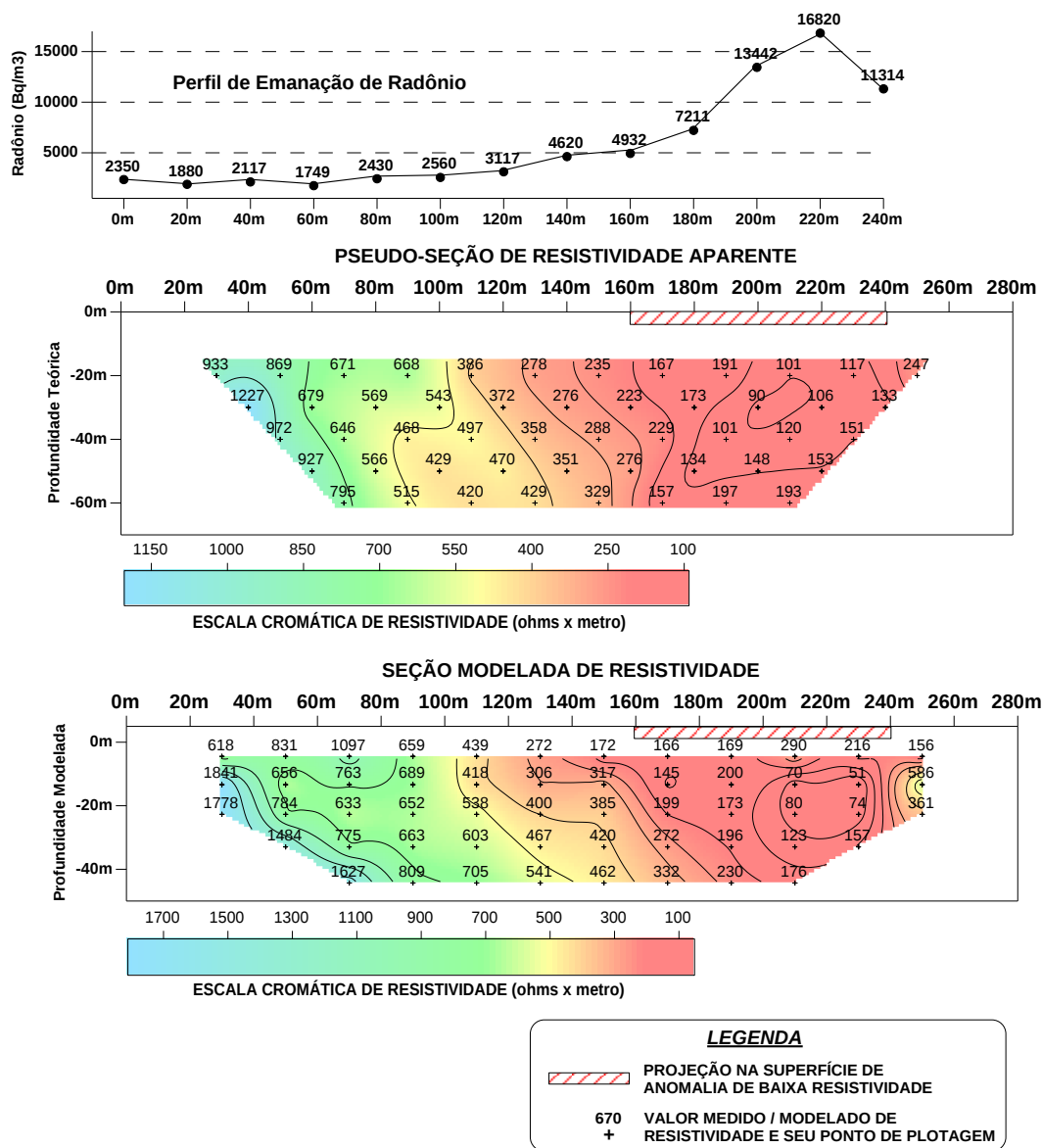


Figura 2 –Perfil de concentração de radônio nos gases dos solos, pseudo-seção e seção modelada de resistividade da Área 4.

Conclusões

A concentração de radônio nos solos mostrou-se como uma boa ferramenta de prospecção indireta de aquíferos fraturados, principalmente quando em associação com a eletroresistividade.

Os dois métodos são eficazes na detecção de fraturas em subsuperfície. Contrariamente aos aquíferos sedimentares, porosos e permeáveis, os aquíferos cristalinos só poderão abrigar água em zonas fraturadas.

Estas fraturas, via de regra, irão comportar-se como zonas de resistividade mais baixa e também como locais em que o gás Rn irá permear com maior facilidade sendo que estas regiões poderão ser detectadas na superfície de forma anômala às vizinhanças. Desta forma, estes métodos irão indicar a presença das zonas fraturadas, que poderão constituir-se em aquíferos.

Particularmente no caso do radônio nos gases do solo, esta está sujeita a interferências por vezes bastante intensas da porosidade, permeabilidade e umidade do solo. Também devem ser considerados como “ruídos” as oscilações de pressão atmosférica, umidade e temperatura tanto do ar como do solo.

Assim, em terrenos cristalinos, os principais fatores que favorecem o escape do Rn para a superfície são as poucas espessuras e as permeabilidades elevadas do solo de alteração bem como a presença de fraturas na rocha subsuperficial.

Sintetizando, tanto locais anômalos em concentrações de Rn em solos como as zonas de baixas resistividades em áreas cristalinas são indicativas de zonas fraturadas que são as mais favoráveis à existência de aquíferos em subsuperfície.

Referências Bibliográficas

Duarte, C.R. 2002. Radioelementos naturais na área do projeto Rio Preto (GO). Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade de São Paulo, Rio Claro, 169p.

Fragoso Cesar, A.R.S., Figueiredo, M.C.H., Soliani Jr., E., Faccini, U.F., 1986. O Batólito de Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. in: Congresso Brasileiro de Geologia, 34. Anais... Goiânia: SBG, 1986. 3, pp. 132.

Ferronsky, V. I., & Polyakov, V. A. (2012). Isotopes of the Earth's Hydrosphere. Springer Science & Business Media.

Ioannides, K., Papachristodoulou, C., Stamoulis, K., Karamanis, D., Pavlides, S., Chatzipetros, A., & Karakala, E. 2003. Soil gas radon: a tool for exploring active fault zones. Applied Radiation and Isotopes, 59(2), 205-213.

Loke, M.H. & Barker, 1996. R.D. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. Geophysical Prospecting, 44p, 131-152.

Pereira, C.M.A., 2009. Mapeamento de aquíferos fraturados empregando métodos geoeletricos e emissão natural de radônio. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 72p.

Philipp, R.P., Machado, R., Nardi, L.V.S. & Lafon, J.M. 2002. O magmatismo granítico neoproterozóico do Batólito Pelotas no sul do Brasil: Novos dados e Revisão da geocronologia regional. Revista Brasileira de Geociências, 32p, 277 – 290.

Tomazelli, L.J., Villwock, J.A., Losse, E.L. 1987. Aspectos de geomorfologia costeira de região de Osório-Tramandaí, Rio Grande do Sul. In: Iº Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Publicação Especial nº 2. Porto Alegre. 21p.