

# EXTRAÇÃO DE LINEAMENTOS VISANDO A PROSPECÇÃO DE AQUÍFEROS FRATURADOS NA FORMAÇÃO SERRA GERAL

Pedro Antônio Roche Reginato <sup>1</sup> & Adelir J. Strieder <sup>2</sup>

**RESUMO** - Neste trabalho é realizada uma comparação entre levantamentos de estruturas geológicas realizados com fotografias aéreas e imagens de satélite, visando a prospecção de aquíferos fraturados na Formação Serra Geral. O estudo dessas estruturas por meio das fotografias apresentou-se como o método mais eficiente, pois a identificação de lineamentos foi facilitada em função da observação em 3D do terreno.

**ABSTRACT** - This work presents a comparison between a survey of geological structures obtained from aerial photographs and satellite images, in order to prospect fractured aquifers in the Serra Geral Formation. The study of these structures through photographs has highlighted among others, because the identification of lineaments was disposed due to observation of the terrain in 3D.

**Palavras-chave:** Aquíferos Fraturados, Extração de Lineamentos

## INTRODUÇÃO

A prospecção de aquíferos fraturados é realizada através da integração de diferentes planos de informações, baseados em dados estruturais, dados geológicos e hidrogeológicos. No entanto, para este tipo de aquífero o dado geológico de maior importância está relacionado com o sistema estrutural. Esse sistema é caracterizado por estruturas geológicas (lineamentos) que, de um modo geral, são identificados a partir de fotografias aéreas ou de imagens de sensores remotos (satélite, radar), bem como de trabalhos de levantamento em campo.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a importância e as vantagens do estudo de estruturas geológicas, visando a prospecção de aquíferos fraturados, por meio do emprego de fotografias aéreas (Reginato [1]; Reginato & Gotardo [2]).

A área de estudo localiza-se na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul e compreende parte da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, sendo delimitada pelas seguintes coordenadas: 51°40'00'' e 51°05'00'' de longitude e, -28°53'00'' e -29°12'00'' de latitude.

---

<sup>1</sup> UCS/CARVI/DCEN – Alameda João dal Sasso, 800 – Bento Gonçalves/RS – CEP95700-000 – [parregin@ucs.br](mailto:parregin@ucs.br)

<sup>2</sup> UFRGS/EE/DEMIN – Av. Osvaldo Aranha, 99 Sala 502B – Porto Alegre/RS – CEP90035-190 – [adelir@ufrgs.br](mailto:adelir@ufrgs.br)

## **GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA REGIONAL**

A região de estudo está inserida na Formação Serra Geral que é caracterizada por uma seqüência de rochas vulcânicas ácidas e básicas, tendo como principais litologias os basaltos toleíticos, andesitos, riolitos, riolitos e dacitos (Roisenberg [3]). A espessura da seqüência vulcânica é variável sendo que na área de estudo há variações de 700 a 500 metros.

Essa Formação foi condicionada por um forte controle tectônico, evidenciado pela presença de falhas e fraturas com direções preferencias N70°E, N35°-40°E e N20°-30°W (MAGNA ENGENHARIA [4]). Esse controle é também observado pela disposição da rede de drenagem que ocorre encaixada nos principais lineamentos estruturais da região. Além disso, as rochas vulcânicas apresentam uma estruturação primária disposta em três zonas principais (Leinz [5]; Roisenber & Chies [6]): basal (rochas maciças e vidros vulcânicos); central (zona de disjunção horizontal e vertical) e superior (vidros e rochas vesiculares a amigdalóides). Esse padrão de estruturação é bastante variável e está condicionado, principalmente, ao tipo de rocha vulcânica.

Os aquíferos fraturados da Formação Serra Geral estão relacionados com a estruturação e tipo de litologia, sendo que a variabilidade de circulação da água subterrânea está condicionada ao preenchimento das fraturas, largura e extensão dos lineamentos, envergadura da zona fraturada e geomorfologia. Em geral, as características hidrogeológicas estão representadas por vazões extremamente variáveis e por capacidades específicas baixas.

## **EXTRAÇÃO DE LINEAMENTOS**

O principal condicionante geológico dos aquíferos fraturados está relacionado com as estruturas lineares que a rocha apresenta e que são denominados de lineamentos. Nesse trabalho, foi considerado como lineamento expressões topográficas, da superfície do terreno, de estruturas tridimensionais presentes na crosta terrestre, sendo que foram interpretados os lineamentos do tipo 2 (Amaro & Strieder, [7]). Esses lineamentos consistem de estruturas rúpteis, retilíneas e são expressos por feições geomorfológicas negativas. Em geral, estão representados, principalmente, por drenagens controladas por fraturas, que possuem distribuição espacial, orientação azimutal e comprimento bem definidos.

A extração desses lineamentos foi realizada utilizando-se imagens de satélite LANDSAT TM-5 e fotografias aéreas em escala 1:60.000.

No caso das imagens de satélite foram utilizadas as bandas 3,4 e 5 e efetuados tratamentos digitais, como filtragens direcionais (NE; NW; E-W) e composições coloridas, visando ressaltar as estruturas, as drenagens e o relevo da região. Foram com isso obtidas, imagens em escala 1:100.000, utilizadas para a extração dos lineamentos, sendo que os mesmos foram depois lançados num mapa topográfico base, em escala 1:50.000 (Figura 1).

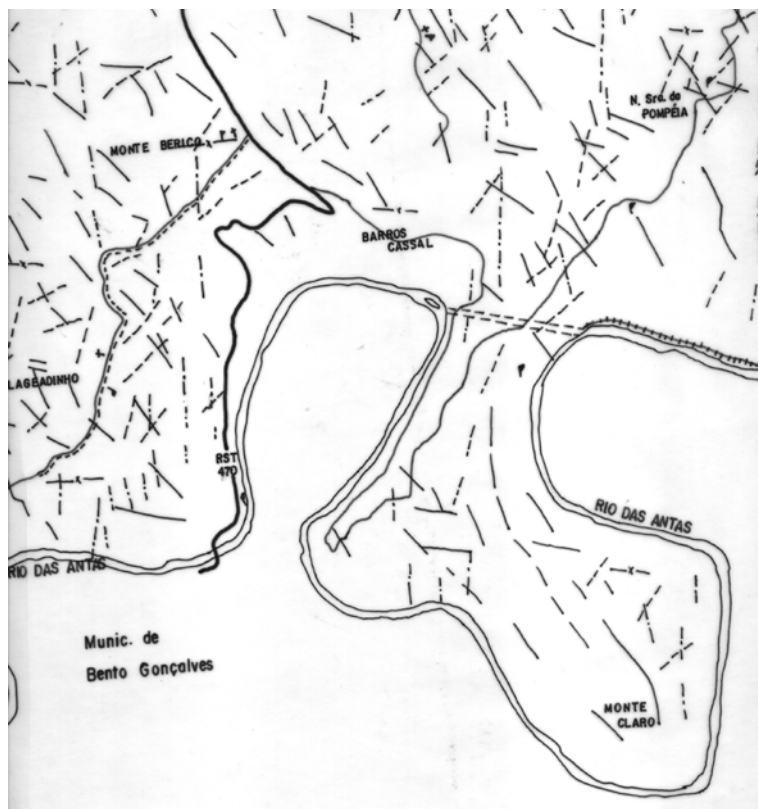


Figura 1 – Parte do mapa de estruturas elaborado através da interpretação de imagens de satélite LANDSAT TM-5 (parte do Município de Veranópolis – Escala 1:50.000)

Para as fotografias aéreas cada estereopar foi analisado em estereoscópios de espelhos, marca WILD, tendo sido demarcados e delimitados os lineamentos em overlay. Os lineamentos foram delimitados pela extensão de segmentos lineares de drenagem, sendo que nessa delimitação, procurou-se não prolongar a extensão dos lineamentos para além das suas linhas de drenagem visíveis nas fotografias aéreas, mesmo que dois segmentos paralelos estivessem alinhados em suas terminações. Após essa demarcação, os lineamentos foram transferidos para uma mapa topográfico base, em escala 1:50.000, do Serviço Geográfico do Exército, por meio de interpretação geomorfológica (Figura 2).

Analisando-se os mapas de lineamentos obtidos por interpretação de imagens de satélite e de fotografias aéreas, observou-se que as fotografias foram o melhor material para a extração dos

lineamentos, em função da possibilidade de observação em 3D o relevo da região. A visão estereoscópica permitiu observar e identificar facilmente os lineamentos do tipo 2, existentes na região, já que eles são reflexo direto do relevo e da drenagem. As observações monoscópicas em imagens de satélite ficam prejudicadas em função da ausência do elemento profundidade, sendo que foi comum identificar nessas imagens, feições lineares que não possuem conotação estrutural, mas estão relacionadas a outros fatores, como feições antrópicas.



Figura 2 – Parte do mapa de estruturas elaborada por meio da interpretação de fotografias aéreas em escala 1:60.000 (parte do Município de Veranópolis – Escala 1:50.000)

Cabe salientar, no entanto, que as outras fontes (imagens de satélite e de radar) para obtenção de lineamentos não devem ser descartadas, pois as mesmas, são e sempre serão ferramentas de grande valor para a geologia estrutural. Isso significa apenas que, para a região em estudo, as fotografias aéreas demonstraram maior acuracidade na extração de lineamentos.

## ANÁLISE DOS LINEAMENTOS

A extração de lineamentos em fotografias aéreas resultou na obtenção de 4246 estruturas lineares do tipo 2, distribuídas em quatro grandes grupos, segundo a orientação espacial:

N-S – 455 medidas

NE – 1915 medidas

E-W – 436 medidas

NW - 1540 medidas

Observa-se que há um predomínio dos lineamentos com orientação NE e que os lineamentos com orientação N-S e E-W apresentam quantidades semelhantes.

Esse padrão de distribuição é evidenciado também quando analisamos os lineamentos identificados em levantamentos estruturais realizados no campo.

Numa análise preliminar onde foram cruzadas as informações de orientação de lineamentos com localização de poços tubulares, para a região de Bento Bonçalves, encontrou-se a seguinte associação:

⇒ 20 locados sobre ou próximos a fraturas NE

- 2 poços acima de 10m<sup>3</sup>/h (N81-74N)
- 7 poços entre 5 e 10m<sup>3</sup>/h (N52-55 / 006-008E)
- 11 poços abaixo de 5m<sup>3</sup>/h (N0-50 / 60-70E)

⇒ 28 locados sobre ou próximos a fraturas NO

- 6 poços abaixo de 5m<sup>3</sup>/h (N48 -31W)
- 10 poços entre 5m<sup>3</sup>/h e 10m<sup>3</sup>/h (N78-85W / N55-50W)
- 12 poços acima de 10m<sup>3</sup>/h (N75-65W / N20-15W)

Por essa análise, observa-se que os lineamentos de orientação NW são os mais importantes, pois estão associadas às maiores vazões, bem como a orientação N75-65W e N20-15W é a preferencial, pois vários poços com vazões até 30m<sup>3</sup>/h estão localizados sobre esses lineamentos.

## CONCLUSÕES

Os aquíferos fraturados possuem como principal condicionante geológico o sistema de fraturamento, sendo necessário efetuar o levantamento dessas estruturas utilizando-se diversas técnicas.

A extração de lineamentos por meio do uso de fotografias aéreas forneceu excelentes resultados, principalmente para a determinação dos lineamentos do tipo 2 que estão representados por elementos do relevo e da drenagem, visto que a visão em 3D facilita a identificação dessas estruturas.

A interpretação das fotografias aéreas resultou na identificação de 4246 lineamentos sendo que há uma predominância de estruturas com orientação nordeste, mas a comparação da orientação dessas estruturas com a localização de poços tubulares existentes na região, permitiu identificar que poços locados sobre lineamentos NW com orientação N75-65W e N20-15W, apresentam as maiores vazões.

## BIBLIOGRAFIA

- LEINZ, V. 1949. Contribuição à Geologia dos Derrames Basálticos do Sul do Brasil. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Universidade de São Paulo*, v.3, nº 5. 61p. [5]
- MAGNA ENGENHARIA LTDA. 1997. Avaliação Quali-Quantitativa das Disponibilidades e Demandas de Água na Bacia Hidrográfica do Sistema Taquari-Antas. Relatório Final: síntese dos estudos. Departamento dos Recursos Hídricos e Saneamento. Porto Alegre. [4]
- REGINATO, P.A.R. 2000. Integração de Dados para Prospecção de Aquíferos Fraturados na Região da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS). Porto Alegre. Monografia elaborada para Defesa do Exame de Qualificação para Doutorado. Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 91p. [1]
- REGINATO, P.A.R. & GOTTARDO, E. 1994. Mapeamento Hidrogeológico do Município de Veranópolis. Secretaria da Agricultura/Prefeitura Municipal de Veranópolis(RS). Relatório Técnico de Estágio. 30 páginas (inédito). [2]
- ROISENBERG, A. 1990. *Petrologia e Geoquímica do Vulcanismo Ácido Mesozóico da Província Meridional da Bacia do Paraná*. Porto Alegre, Tese de doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (Inédito). [3]
- ROISENBERG, A. & CHIES, J.O. 1987. Vulcanismo Basalto-Riolítico da Formação Serra Geral e Mineralizações Associadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA 1<sup>o</sup>, Porto Alegre, 1987. Roteiro das Excursões... Porto Alegre:SBG, p.38-54.[6]
- STRIEDER, A.J. & AMARO, V.E. 1997. Estruturas de Lineamentos Extraídos de Imagens de Sensores Remotos. EGATEA. Revista da Escola de Engenharia, Porto Alegre. v. 25, nº 4, julho-agosto de 1997. p.109-117 [7]