

# *Pesquisas em Geociências*

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

---

**A Análise de Lineamentos Estruturais, Sob a Óptica da Geometria Fractal, no Maciço Alcalino de Poços de Caldas (MG)**

*Éder Carlos Moreira, Luís Alberto D'Ávila Fernandes, Vitor Paulo Pereira*

*Pesquisas em Geociências, 34 (2): 89-97, set./dez., 2007.*

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/19476>

---

Publicado por

**Instituto de Geociências**

---



**Portal de Periódicos**  
**UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

---

## **Informações Adicionais**

**Email:** [pesquisas@ufrgs.br](mailto:pesquisas@ufrgs.br)

**Políticas:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

**Submissão:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

**Diretrizes:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

---

Data de publicação - set./dez., 2007.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

## A Análise de Lineamentos Estruturais, Sob a Óptica da Geometria Fractal, no Maciço Alcalino de Poços de Caldas (MG)

ÉDER CARLOS MOREIRA<sup>1</sup>, LUÍS ALBERTO D'ÁVILA FERNANDES<sup>2</sup>,  
VITOR PAULO PEREIRA<sup>2</sup>

1. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15001, CEP 91509-900, Porto Alegre, RS, Brasil.
2. Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15001, CEP 91509-900, Porto Alegre, RS, Brasil.

(Recebido em 07/05. Aceito para publicação em 12/07)

**Abstract** - This work presents the evolution of geological history of the Alkalic Mass of *Poços de Caldas*, based on a lineament study. The lineaments are correlated to rüptil fractures on the ground. For this purpose, the fractal geometry of lineaments was used to explain the results. The lineaments were obtained from Landsat-TM and Radar images. Graphics were generated such as the cumulative frequency of direction, histograms of structural lineaments direction per cumulative length and a plot of direction by lineament length. A map of fractal dimension of these lineaments was generated too. The correspondence between the plans of processed data, the structural context and the location of mineralizations allowed to conclude: (1) the uranium mineralizations are associated to fractures oriented preferentially NW and NE and (2) the zirconium mineralizations are oriented preferentially NS and EW.

**Keywords** - geochemistry, fractals, fractures.

### INTRODUÇÃO

O Maciço Alcalino de Poços de Caldas (MAPC) situa-se na divisa dos estados de Minas Gerais e São Paulo (Fig. 1) e possui uma marcante feição fisiográfica, na forma de um anel ressaltado no relevo regional, que apresenta estruturas anelares em seu interior. O maciço está inserido no Planalto do Sul de Minas, um dos planaltos cristalinos que constituem o Planalto Atlântico, onde são comuns setores de planaltos maturamente dissecados e tectonicamente elevados, separados por regiões serranas (IPT, 1981).

O MAPC possui um número significativo de descontinuidades (falhas e fraturas), tendo sido propostos dois modelos geológicos para a sua gênese: o de caldeira (Ulbrich & Ulbrich, 1992) e o de corpo intrusivo erodido (Vargas & Motoki, 1991).

O Maciço Alcalino de Poços de Caldas possui uma grande quantidade de lineamentos associados a um conjunto significativo de ocorrências minerais. Para verificar a relação existente entre as estruturas e as mineralizações, foi importante o cálculo da dimensão fractal dos lineamentos, onde foi considerado não só a direção, mas também o compr

imento dos lineamentos. Observa-se que isso é um fator importante, uma vez que as mineralizações estão associadas às direções preferenciais dos lineamentos. Alguns autores, desde 1962, já relacionavam a presença de filões mineralizados em certas direções de fraturamento (Frayha, 1962; Oliveira, 1974; DNPM, 1979b; Fraenkel *et al.*, 1985). Almeida Filho (1995) realizou um trabalho de integração de dados utilizando modelos que consideravam, entre outros fatores, as distâncias das ocorrências minerais.

A dimensão fractal é invariante com a escala, assim esta permite analisar a quantidade de lineamentos levantados sem incorrer em grandes erros.

Um exemplo clássico da aplicação da teoria fractal em geociências é sua aplicação na análise de falhas. Por exemplo, o estudo da dimensão fractal das interseções de planos de falhas com a superfície do terreno tem sido uma ferramenta potencial na investigação de fenômenos sísmicos (Aviles & Scholz, 1987; Okubo & Aki, 1987; Turcotte, 1986). Os traços de falha nestes trabalhos foram estudados caracterizando-os pela dimensão fractal.

Neste trabalho, é caracterizado o potencial mineral desse maciço alcalino, demonstrando que a

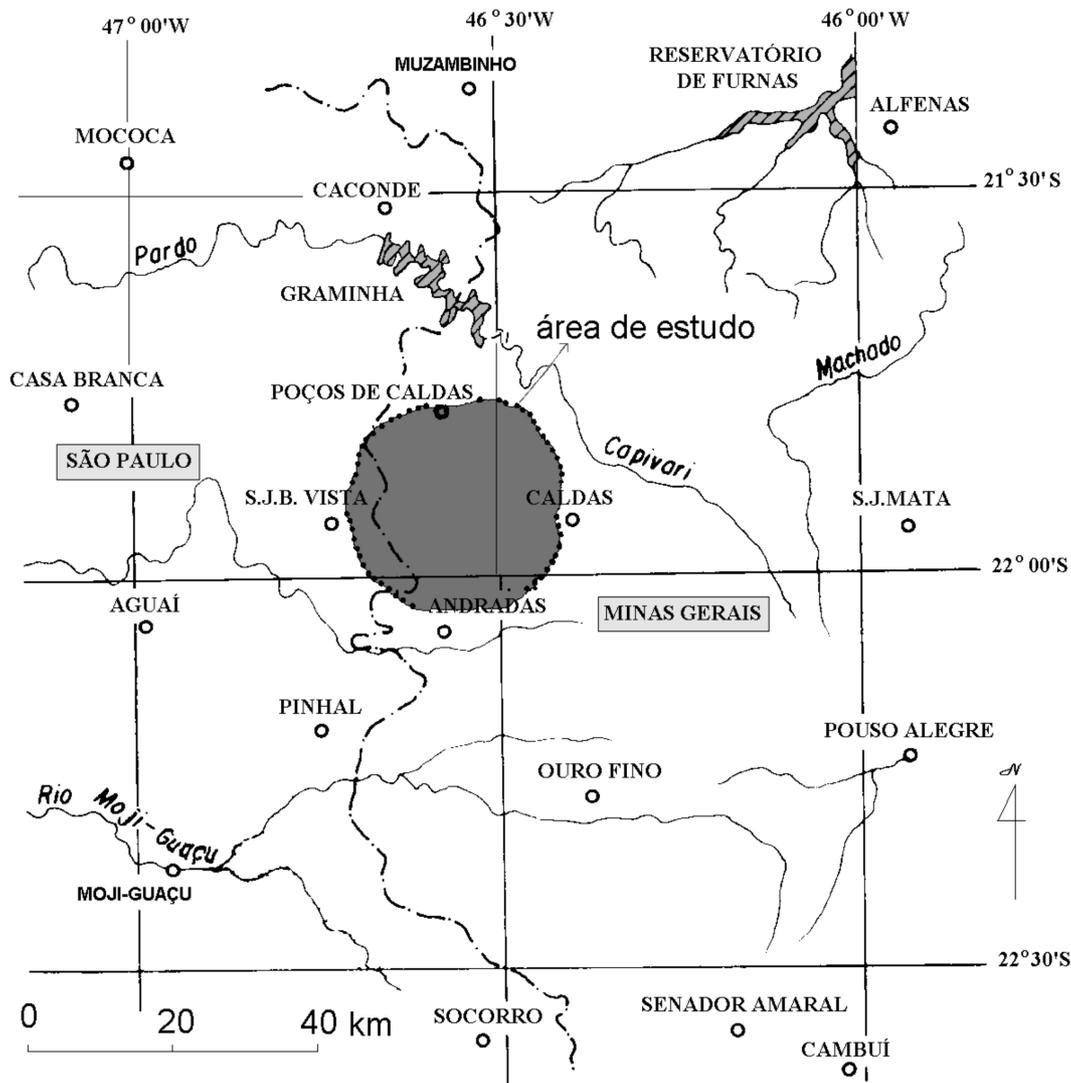


Figura 1 - Mapa de localização da área (Modificado de Etchebehere *et al.*, 1992).

geometria fractal dos lineamentos é uma ferramenta importante no estudo dos processos de mineralização controlados por processos tectônicos.

A delimitação e o reconhecimento da natureza e da idade relativa dos lineamentos que representam fraturas rúpteis, ao lado da análise fractal daqueles, confirmou o indicador potencial para as mineralizações de urânio e zircônio.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

O fenômeno da reativação tectonomagmática da Plataforma Sul-Americana teve o seu início a partir do final do Permiano (Almeida, 1986). O fenômeno atingiu o máximo de intensidade no Jurássico e Cretáceo e diminuiu no Paleógeno. Este evento tectonomagmático é reconhecido como Ativação

Mesozóica (Almeida, 1986).

Essa reativação tectônica da Plataforma Sul-Americana é uma das conseqüências da fragmentação do Gondwana e está relacionada com o magmatismo alcalino nas bordas das bacias intracratônicas e costeiras e com o magmatismo basáltico para o centro destas. O alívio de tensões ocorrido pela rotação da placa sul-americana promoveu a geração e a reativação das fraturas.

Alguns autores vêem na distribuição geográfica dos centros de intrusões alcalinas uma extensão ao interior do continente do lineamento Rio de Janeiro (Kumar *et al.*, 1977, Sadowski & Dias Neto, 1981; Asmus & Guazelli, 1981; Asmus, 1982) ou mesmo, observa-se uma relação destas intrusões com a presença de hotspots (Windley, 1982) ou, ainda, as relaciona com dois alinhamentos distintos – um com direção NE-SW e um trend N-NW que

corta a borda da Bacia do Paraná (Schobbenhaus, 1984).

Almeida (1991) observou a relação dessas intrusões alcalinas com o deslocamento da placa sul-americana, considerando que uma zona de fraqueza litosférica tenha originado condições favoráveis à formação do magma alcalino por fusão parcial no manto. Isto teria permitido a colocação de corpos ou maciços como o MAPC. Esse maciço inclui rochas como fonólitos, nefelina sienitos, sedimentares epiclásticas, brechas piroclásticas e basaltos.

O embasamento cristalino, onde foi posicionado o MAPC, é conhecido como Cunha de Guaxupé, conforme Ebert & Hasuy (2000), devido a sua forma triangular (Fig. 2). Trata-se de um alóctone, com deslocamento tardio no sentido NNW, sendo interpretado por esses autores como o resultado de recristalização, migmatização e transposição de rochas transamazônicas e pré-transamazônicas. As rochas desse embasamento foram submetidas a anatexia local e regional e às intrusões graníticas, correspondentes ao Ciclo Brasileiro (Ebert, 1971; Wernick & Artur, 1983; Vasconcellos, 1988). O MAPC intrude o maciço de Pedra Branca, observando-se ali texturas fortemente orientadas e de origem primária.

As primeiras datações no MAPC são em zircões provenientes de veios cortando o corpo alcalino utilizando o método chumbo-alfa (Dutra, 1966). Esse autor obteve idades entre 109 e 87 Ma (Cretáceo). Amaral et al. (1967), utilizando o método K-Ar, obtiveram idades entre 80 e 62 Ma (Cretáceo Superior). Guimarães & Viana (1970) dataram uma amostra de Poços de Caldas utilizando o método K-Ar, e obtiveram a idade de  $177 \pm 8,5$  Ma, enquanto Bushee (1971) obteve, para as diversas fases magmáticas, as seguintes idades:

- lavas ankaratríticas: pelo menos 87 Ma;
- rochas do dique anelar: entre 81 e 80 Ma;
- derrame de fonólitos: entre 81 e 80 Ma;
- massa principal de tinguaitos e fonólitos: entre 78 e 72 Ma;
- intrusão de corpos sieníticos: entre 64 e 60 Ma;
- diques de fonólitos: 53 Ma.

Amaral et al. (1967) determinaram a idade para os diques de fonólito como sendo 53 Ma, enquanto Kawashita et al., (1984) sugerem que os maiores valores devem ser os mais prováveis para a idade do vulcanismo.

A ocorrência de mineralizações zirconíferas no MAPC são relatadas na literatura desde o tra-

balho pioneiro de Derby (1887), que já fazia referência ao minério zirconífero do MAPC. As descrições mais completas das mineralizações de urânio e zircônio (caldasito) foram apresentadas por Frayha (1962) e pelos geólogos do DNPM. Observa-se que essas jazidas estão praticamente extintas em superfície, mas há registro de zircônio nas rochas alcalinas e em formas de pequenos veios, irregulares e aleatórios.

É importante destacar que as ocorrências de urânio (caldasito) estão em sua maioria localizadas na estrutura anelar centro-leste.

## ANÁLISE DOS LINEAMENTOS I

A delimitação e a análise dos lineamentos rúpteis da área de influência regional do MAPC permitiram a separação de vários grupos de distribuição preferencial de direção. A região de vizinhança do MAPC foi aqui chamada de zona de influência regional do MAPC. A delimitação dos lineamentos foi realizada através de imagens *Landsat-TM* e RADAR, sendo todos considerados como feições retilíneas.

Para a análise dos lineamentos foi necessário o uso dos dois tipos de imagens, porque apresentam atenuação de uma ou de outra direção.

A imagem RADAR (Fig. 3a) apresentou baixa definição de lineamentos N-S e E-W. A atenuação na direção N-S é devida ao processo de obtenção da imagem por abertura sintética.

A imagem *Landsat-TM* apresentou uma atenuação para os lineamentos N50°E (Fig. 3b), devido à direção de iluminação para a obtenção da imagem, que é nessa mesma direção. Sabe-se isso pela época seca em que foi realizada a imagem TM.

A atenuação na direção E-W surge porque a iluminação é realizada nessa direção. A combinação dos dois levantamentos fornece uma distribuição em que há lineamentos em todas as direções (Fig. 3c).

Desse modo, o conjunto de lineamentos foi analisado a partir das duas imagens. Para isso, foram medidos os comprimentos e as direções dos lineamentos anotados que foram utilizados na construção do mapa combinado de lineamentos. Uma distribuição de frequência de comprimento acumulado por classes de direção (de 10° em 10°) foi elaborada.

Os padrões observados no mapa combinado encontram reforço na observação da distribuição de frequência (Fig. 5). Nessa distribuição de frequência, dois intervalos de classes direcionais, em azimutes,

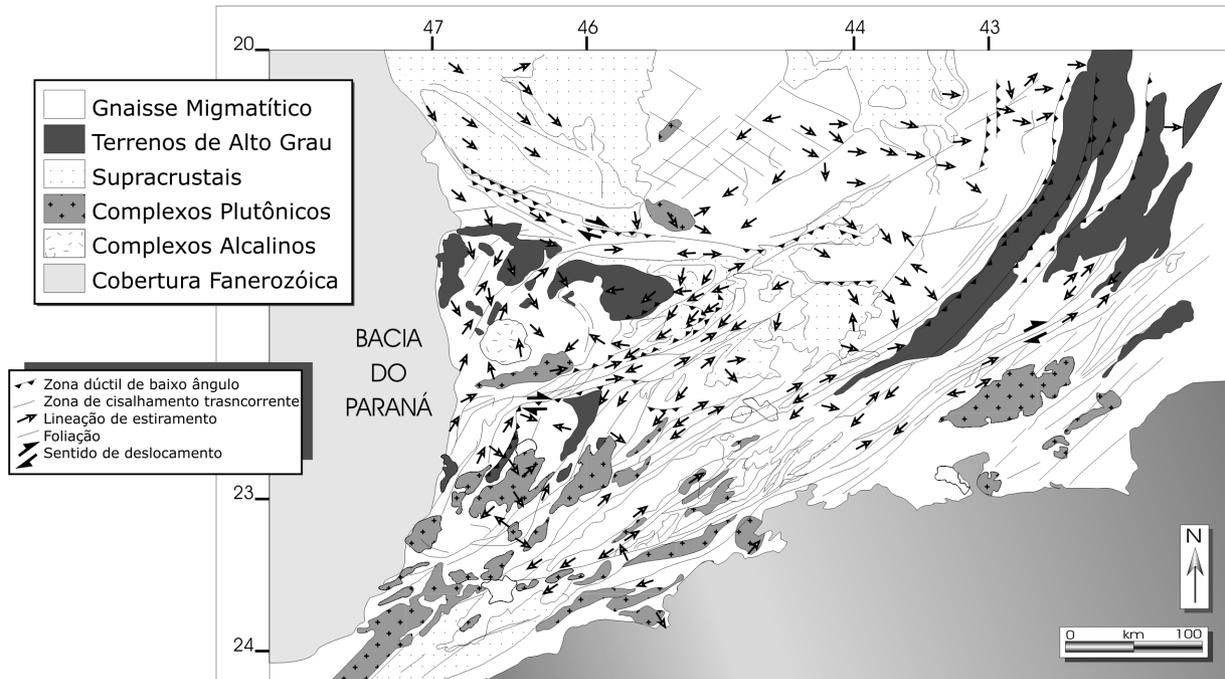


Figura 2 - Esboço geológico do SE do Brasil (modificado de Ebert & Hasui, 2000).

podem ser destacados: (i) o principal intervalo entre N120° e N150°, e (ii) o intervalo secundário entre N10° e N40°.

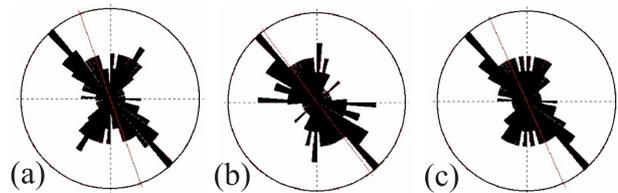
A dispersão de direções, em intervalos amplos, pode ser indicativa de que:

- (i) existem duas zonas principais de cisalhamento (e.g. azimutes N30° e N140°), que seriam responsáveis pela geração de zonas de cisalhamento secundárias com direções mais espalhadas (dos tipos R, R' e P) e,
- (ii) possivelmente trata-se de zonas de cisalhamento transcorrente, pelo próprio arranjo observado. Os padrões radial e anelar aparecem diluídos na distribuição de frequência. Essa possibilidade inicialmente levantada por Moreira *et al.* (1999) é reforçada pelos resultados obtidos neste estudo.

No mapa de lineamentos (Fig. 4), foram observados inicialmente 6 padrões direcionais preferenciais: em azimutes (i) N30° e (ii) N140°, bem marcantes, (iii) N00°, (iv) N90° e, ainda, (v) anelar e (vi) radial.

Por isso, se procurou responder às seguintes questões:

- Os padrões radial e anelar estão claramente relacionados à colocação do MAPC e à presença de filões radiais e anelares, conforme Ulbrich & Ulbrich, 1992?
- Quais seriam os significados das outras direções observadas?



	Número de medidas	Orientação principal (azimute)	Orientação média (azimute)
(a) RADAR	849	N140°	N170°
(b) Landsat-TM	1531	N140°	N145°
(c) combinada das duas imagens	2380	N140°	N155°

Figura 3 - Rosetas direcionais (número de lineamentos) para os três mapas de lineamentos a partir das imagens (a) RADAR, (b) Landsat-TM e (c) combinada das duas imagens para o MAPC.

As direções, a seguir são anotadas em azimutes. As direções menos marcantes, como a N20°, podem estar relacionadas às importantes falhas normais, que condicionaram a colocação do MAPC (Almeida Filho & Paradella, 1976), mas que, na área de influência do maciço alcalino, não deixaram marcas consistentes.

Já as direções N30° e N140° representam falhas verticais (Almeida Filho & Paradella, 1976) e parecem materializar um par conjugado, cujo esforço principal ( $\sigma_1$ ) se orientou segundo a direção N175°-N355° e o esforço mínimo ( $\sigma_3$ ), segundo

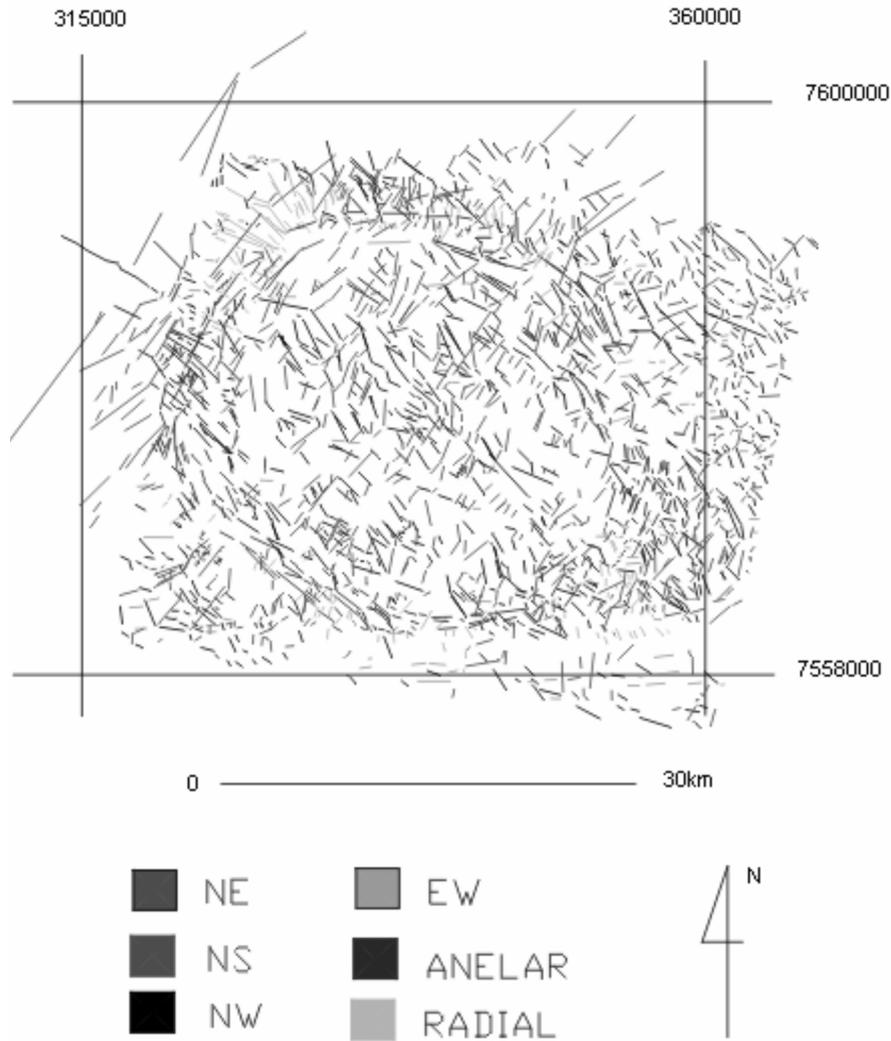


Figura 4 - Mapa combinado de lineamentos do MAPC mostrando as direções preferenciais separadas em classes.

N85°-N265° (ambos horizontais) e, um  $\sigma_2$  vertical. O estudo do posicionamento do campo de esforços foi descrito por Etchebehere *et al.* (1992) e os dados obtidos estão plotados na Tabela 1. Assim, a orientação dos tensores locais resultaria em uma movimentação transcorrente dextral, para a família direcional N140° e uma movimentação sinistral, para a família N30° (Fig. 6).

Tabela 1 - Comparação da orientação dos eixos de esforços.

AUTORES	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
Etchebehere <i>et al.</i> (1992)	N150°-N330°	vertical	N60°-N240°
Moreira <i>et al.</i> (1999)	N175°-N355°	vertical	N85°-N265°

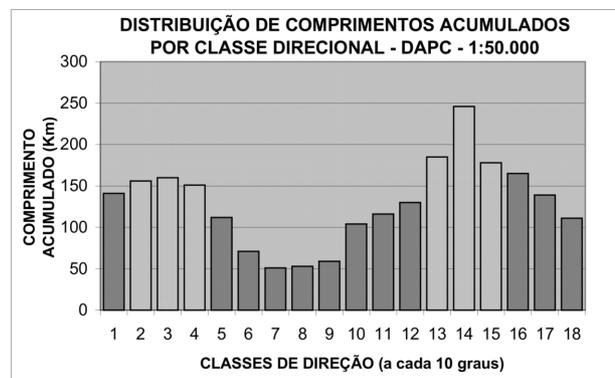


Figura 5 - Distribuição de freqüência de direção de lineamentos estruturais por comprimento acumulado, destacando as principais classes de lineamentos da área.

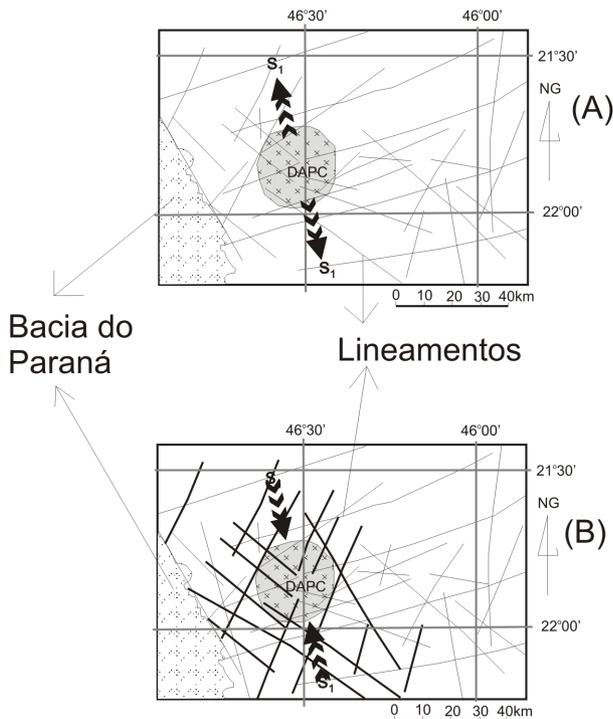


Figura 6 - Esboço estrutural dos lineamentos rúpteis para o MAPC e sugestão do posicionamento dos tensores regionais no momento da geração dos lineamentos N70° (A) correspondentes aos falhamentos normais, e do par conjugado N30°-N140° (B) de falhas transcorrentes (Moreira *et al.*, 1999).

## ANÁLISE DOS LINEAMENTOS II

Para a construção de um mapa de dimensão fractal, os lineamentos contidos na estrutura do MAPC foram selecionados (Fig. 7). O limite observado foi aquele da extensão de afloramento das unidades litológicas do mapa litológico. Com base nos resultados obtidos, foi possível fazer uma comparação entre a distribuição dos lineamentos no MAPC e na sua vizinhança (Fig. 4) e a distribuição dos lineamentos só no MAPC (Fig. 7). Essa comparação foi possível pela construção da roseta de distribuição dos lineamentos só no MAPC (Fig. 8). Observou-se que, sem a vizinhança, fica mais acentuada a direção NE-SW.

Na análise do comprimento dos lineamentos e do azimute de direção dos mesmos (Fig. 7), observou-se que os lineamentos mais extensos apresentam-se em dois intervalos de direções principais: de 30° a 50° e de 130° a 145°.

Observadas as relações de corte entre os lineamentos estruturais e o MAPC e as direções destes lineamentos, pode-se afirmar que :

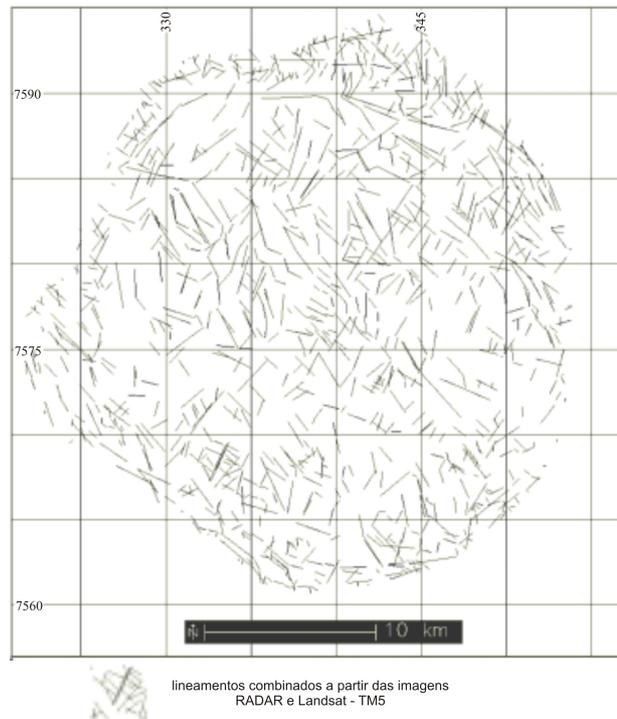


Figura 7 - Mapa de lineamentos no interior do MAPC.

- as famílias com direção N00° e N90°, por serem menos penetrativas no MAPC, poderiam ser anteriores à sua colocação ou, no máximo, contemporâneas à principal fase de intrusão dos magmas alcalinos;
- a família radial teria sido contemporânea ao período de ascensão do magma e a anelar, ao período de colapso da pressão magmática, de acordo com Kumoro (1987), que também descreveu o mesmo para caldeiras vulcânicas;
- as famílias com direções N20° e N140° teriam sido contemporâneas, em um período compressivo de atuação do esforço primário de direção N175°-355°, ou posteriores à colocação dos magmas do MAPC;
- a família N70°, que não aparece de modo marcante na área, poderia ser contemporânea à colocação dos magmas do MAPC e originada durante um período de relaxamento do esforço primário N175°-355°, ou poderia ainda ser posterior à colocação dos magmas no MAPC, visto que uma fase de reativação pode ter ocorrido no estágio final da atividade magmática.

Essa diferença, que surgiu na comparação entre a distribuição dos lineamentos no MAPC e na

sua vizinhança (Fig. 4), e a distribuição dos lineamentos só no MAPC (Fig. 7) poderia ser indicativa, por exemplo, da:

- diferença de competência (capacidade de se deformar ruptilmente) das rochas à deformação no MAPC (rochas alcalinas) e na sua vizinhança (granitos e gnaisses);
- existência de um evento (ou eventos) pré colocação do MAPC.

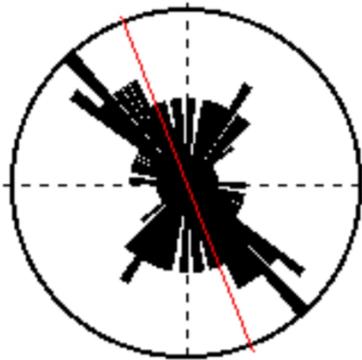


Figura 8 - Roseta direcional (número de lineamentos) para o mapa de lineamentos no MAPC.

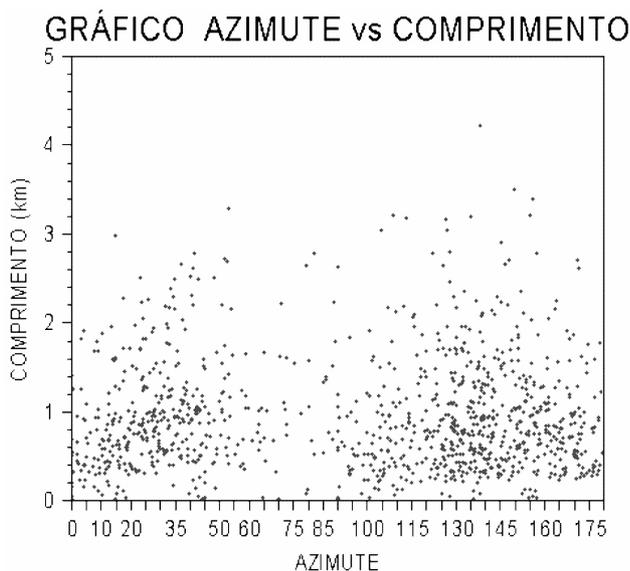


Figura 9 - Distribuição dos lineamentos azimuth por comprimento.

Considerando que todos os lineamentos estão diretamente relacionados à colocação do MAPC, sendo anteriores, contemporâneos ou posteriores à colocação da intrusão alcalina, ainda assim todos fazem parte do estudo para o cálculo da dimensão fractal. Exceção deve ser feita aos lineamentos fora da área de abrangência dos litotipos do MAPC, pois há uma outra história evolutiva relacionada ao embasamento.

## O MAPA DE DIMENSÃO FRACTAL

O mapa de dimensão fractal (Fig. 10) foi gerado pelo Método Box-Counting. A área foi inicialmente dividida em 100 quadrados (células) de mesma dimensão. Para cada quadrado, calculou-se a dimensão fractal e posteriormente foi realizada a interpolação pelo inverso do quadrado da distância, que foi utilizada na geração do mapa de dimensão fractal.

O cálculo da dimensão fractal para cada célula foi realizado contando-se o número de subcélulas que contém pelo menos um lineamento. Essa contagem foi realizada para 1, 4, 16, 64, 256 e 1024 subcélulas. Um gráfico  $\log N$  (número de subcélulas com lineamentos) por  $\log r$  (tamanho do lado da subcélula) foi construído e o módulo da inclinação da reta obtida é a dimensão fractal da célula.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos eixos de tensão confirmaram aquele desenvolvido por Etchebehere (1990), quando o mesmo afirma que a qualificação dos eixos, feita mediante exame dos movimentos relativos a falhas individuais, indicou a posição os tensores  $\sigma_1$  a NNW,  $\sigma_2$  subvertical e  $\sigma_3$  a ENE. E de acordo com este autor, o arranjo indica regime transcorrente.

Observando as relações de corte dos lineamentos estruturais, verifica-se que o MAPC esteve sujeito inicialmente a um sistema de forças compressivas quando do soerguimento deste, o que gerou as fraturas radiais. Com a queda da pressão na câmara magmática, teria ocorrido a geração de fraturas anelares. De acordo com Yákovlev & Volfson (1982), as caldeiras estão sujeitas a fraturas radiais, anelares e cônicas.

Assim, seguindo-se ao colapso, outros pulsos magmáticos poderiam ter gerado as estruturas anelares interiores do MAPC.

As caldeiras são características de complexos de rochas ultrabásicas-alcalinas e carbonáticas, formadas em plataformas e escudos (como na África, Península Escandinávia e Sibéria).

A colocação de uma caldeira, de modo geral, é determinada pelos nós de interseção de grandes falhas de profundidade. No caso de colocação do MAPC, destacam-se as grandes falhas observadas na cunha de Guaxupé, orientadas preferencialmente NW e NE.

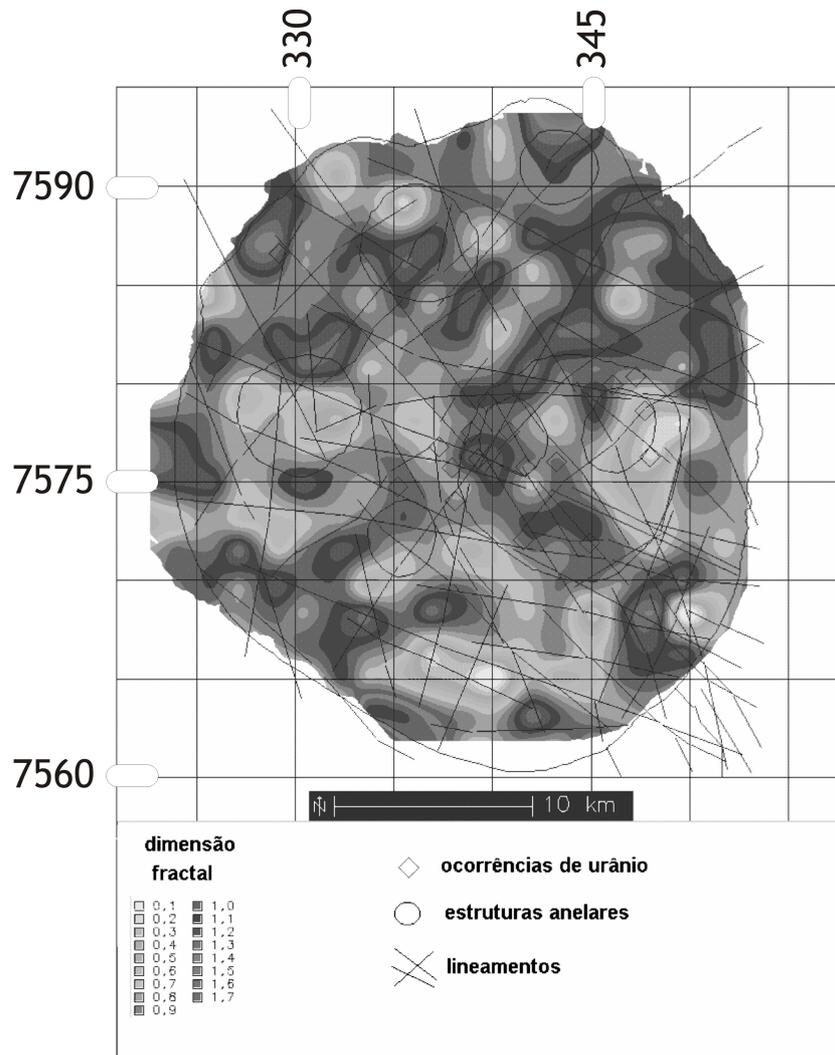


Figura 10 - Mapa de dimensão fractal do MAPC.

Um sistema de forças compressivo na colocação do Maciço, gerando fraturas radiais, o colapso da câmara magmática, gerando fraturas anelares, e a atuação de uma zona de transcorrência no maciço após a sua intrusão levam às mesmas condições que Ulbrich & Ulbrich (1992) utilizaram para determinar o modelo de caldeira.

No mapa de dimensão fractal (Fig. 10), observa-se que os lineamentos de orientação NW e NE, tidos como fraturas profundas (Almeida Filho & Paradella, 1976) ligam os picos máximos de dimensão fractal, ou seja, as feições deste mapa sugerem que os lineamentos de orientação NW e NE estão associados às fraturas profundas NW e NE.

Deve-se ressaltar que as ocorrências de urânio coincidem com as interseções destes lineamentos profundos. Lembra-se, ainda, que as ocorrências de urânio estão em sua maioria inseridas na estrutura anelar centro-leste (Almeida Filho & Paradella,

1976), que é a maior das estruturas anelares. Os valores altos de dimensão fractal destacaram as interseções desses *trends* NW e NE, ou melhor, indicaram uma área mais propensa à percolação de fluidos.

## CONCLUSÕES

A colocação do MAPC está relacionada à reativação de antigas falhas profundas orientadas preferencialmente NW e NE, como sugerido por Almeida Filho & Paradella (1976).

Admitindo-se que a colocação do MAPC esteja relacionada à reativação de antigas falhas profundas, e que haja uma relação direta dos picos máximos de dimensão fractal com estas direções (NW e NE), conclui-se que as mineralizações de urânio estão associadas aos fluidos mineralizantes

oriundos de regiões profundas, necessariamente de fraturas profundas e orientadas preferencialmente NW e NE.

As mineralizações de zircônio (caldasito) estão preferencialmente orientadas segundo os lineamentos de orientação NS, coincidindo com a direção do eixo de tensão mínima ( $\sigma_3$ ) NNW, e também segundo EW, onde foi gerado o caldasito. Os fluidos ascendentes encontraram vias de percolação adequadas, com um grau de confinamento suficiente para transportar zircônio e, assim, depositá-lo na subsuperfície ou na superfície. Também pode ter ocorrido que os fluidos ascendentes tenham percolado as massas alcalinas gerando veios pequenos, irregulares e aleatórios (pervasão), porém utilizando os condutos das fraturas como vias principais de acesso.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, F.F.M.. 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozóico no Brasil. **Rev. Bras. Geoc.**, **16**: 325-40.
- Almeida, F.F.M.. 1991. O Alinhamento Magmático de Cabo Frio. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, São Paulo. **Atas**, RJ, SBG.
- Almeida Filho, R.. 1995. Integração, manipulação e análise espacial de dados na pesquisa mineral através de modelos empíricos de prospecção: um exemplo no Planalto de Poços de Caldas. **Revista Brasileira de Geofísica**: **13**(2): 127-42.
- Almeida Filho, R., Paradella, W. R.. 1976. **Estudo do Maciço alcalino de Poços de Caldas através de imagens Lansat com ênfase em mineralizações radioativas**. São José dos Campos. 130p., Dissertação de Mestrado, Relatório INPE no. 1112-TPT/065.
- Amaral, G., Bushee, J., Cordani, U.G., Kawashita, K., Reynolds, J.H.. 1967. Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brazil. **Geochim. Cosmochim. Acta**: **31**, 117-42.
- Asmus, H.E.. 1982. Hipótese sobre a origem dos sistemas de zonas de fratura oceânicas/alinhamentos continentais que ocorrem nas regiões sul e sudeste do Brasil. **Projeto REMAC**: **4**, p.39-73.
- Asmus, H.E., Guazelli, W.. 1981. Descrição sumária das estruturas da margem continental brasileira e das áreas oceânicas e continentais, adjacentes - hipóteses sobre o tectonismo causador, e implicações para os prognósticos do potencial de recursos minerais. Estruturas e tectonismo da margem continental brasileira, e suas implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais. **Projeto REMAC**: **9**, s.p..
- Aviles, C.A., Scholz, C.H.. 1987. Fractal Analysis Applied to Characteristic Segments of the San Andreas Fault. **J. of Geoph. Research**: **92**(B1), pp. 331-44.
- Bushee, J..1971. **Geochronological and petrographic studies of alkaline rocks from southern Brazil**. Berkeley. 145p.. Tese de Doutorado, California University.
- Derby, O.A.. 1887. On nepheline rocks in Brazil with special reference to the association of phonolite and foyaita. **Quat. Journ. Geol. Soc. London**: **43**, p.457-73.
- DNPM. 1979. **Projeto Sapucaí**. Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais; ed.s Libório Quirino Kafer e outros. Brasília, 299p. (Relatório Final de Geologia, DNPM/CPRM).
- Ebert, H.. 1971. **Os Paraibides entre São João Del Rey (MG) e Itapira (SP) e a bifurcação entre Paraibides e Araxaides**. São Paulo, SBG, Núcleo São Paulo, 114p. (Publicação 12).
- Ebert, H.. 1971. **Os Paraibides entre São João Del Rey (MG) e Itapira (SP) e a bifurcação entre Paraibides e Araxaides**. São Paulo, SBG, Núcleo São Paulo, 114p. (Publicação 12).
- Ebert, H. D., Hasui, Y., 1998. **Tranpressional tectonics and strain partitioning oblique collision between three plates in the Precambrian of southeast Brazil**. In: Holdsworth, R.E., Strachan, R.A., Dewey, J.F., 1998. Continental Transpressional Tectonics. Geological Society, London, p. 231-52 (Special Publications, 135).
- Etchebehere, M.L.C.. 1990. **Modelo de Exploração Mineral Aplicado à Pesquisa de Fontes Termiais no Planalto de Poços de Caldas (SP/MG)**. Rio Claro. 158p.. Dissertação de Mestrado, IGCE, Unesp.
- Etchebehere, M.L.C.; Hasui, Y., Magalhães, F.S., Frangipani, A.. 1992. **Análise Estrutural Aplicada À Prospecção de Fontes Termiais no Planalto de Poços de Caldas (SP/MG)**. In: Hasuy, Y.; Mito, J.A., coord.. **Geologia Estrutural Aplicada**. São Paulo, p.439-59. ABGE (2ª Parte - Estudo de Casos).
- Frayha, R.. 1962. **Urânio e Tório no Planalto de Poços de Caldas**. DNPM, 75p. (Boletim DFPM, 116).
- IPT. 1981. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. V. 1 e 2, IPT/SP.
- Kawashita, K., Mahiques, M.M., Ulbrich, H.H.. 1984. Idades Rb/Sr de nefelina sienitos do Anel norte do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, MG-SP. **Anais**. Cong. Bras. de Geol., **33**, p.244, RS.
- Kumar, S., Bodvarsson, G., Gudmundur, J.. 1977. Fractal characteristics of fracture roughness and aperture data. **High Level Radioactive Waste Management Proc.**, **2**: 279-84.
- Kumoro, H.. 1987. Experiments on Cauldron Formation: a Polygonal Cauldron and Ring Fractures. **Journal of Volc. and Geot. Res.**, **31**:139-49.
- Moreira, E.C., Barreto Neto, A.A., Amaral, G., Silva, A. B.. 2000. Precisão no detalhamento do potencial mineral no Maciço Alcalino de Poços de Caldas. In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO DA AMÉRICA LATINA, VI, 2000, Salvador. **Anais**. Salvador, FATOR GIS.
- Moreira, E.C., Gomes, L. C. C., Amaral, G., Silva, A. B.. 1999. Análise dos lineamentos estruturais do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, MG-SP, Brasil. In: SNET, VII. **Anais**. Sessão 3, p.67-70.
- Okubo, P.G., Aki, K.. 1987. Fractal Geometry in the San Andreas Fault System. **J. of Geoph. Research**: **92**(B1), p.345-55.
- Sadowski, G.R., Dias Neto, C.M.. 1981. O lineamento sismo-tectônico de Cabo Frio. **Rev. Bras. de Geoc.**, **4**, v.11, p.209-12.
- Schobbenhaus, C.. 1984. **Geologia do Brasil, coord.; texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da área oceânica adjacente..** Minerais. Escala 1:2.500.000. DNPM, 501p.
- Turcotte, D.L.. 1986. Fractals and Fragmentation. **Journal of Geophysical Res.**: **91** (B2), p. 1921-26.
- Ulbrich, H. H., Ulbrich, M. N. C.. 1992. O Maciço Alcalino de Poços de Caldas, MG-SP: características petrográficas e estruturais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **37**, São Paulo. **Anais**. São Paulo. Roteiro de Excursões. V.5, 64p.
- Vargas, T., Motoki, A.. 1991. Inexistência dos diques anelares no ressalto topográfico da borda perimétrica (muralha) do complexo alcalino de Poços de Caldas, MG-SP. In: SIMP. GEOL. SUDESTE, **2**, São Paulo. **Anais**. *Boletim de Resumos*, São Paulo, SBG, p.9.
- Vasconcellos, A.C.B.C.. 1988. **O Grupo Andrelândia na região de Ouro Fino, MG. São Paulo**, São Paulo, 199p., Dissertação de Mestrado, IG-USP.
- Wernick, E., Artur, A.C.. 1983. Evolução policíclica de terrenos arqueanos no leste do Estado de São Paulo e Sul de Minas Gerais. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, **2**, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte, SBG, V.3, 50-62.
- Windley, B.F.. 1982. **The Evolving Continents**. Chichester, J. Wiley., 526p.
- Yákovlev, P.D., Volfson, F.L.. 1982. **Estructuras de los campos y yacimientos metalíferos**. Moscow, Editora Mir., 332p.