

## ESTRUTURAS CIRCULARES INTERNAS AO COMPLEXO DE BAÇÃO, QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG)

Cláudio Riccomini (\*, \*\*\*)

Gilberto Amaral (\*, \*\*)

\* CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO  
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

\*\* INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
DEPARTAMENTO DE PALEONTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA

\*\*\* BOLSISTA DA FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO

**ABSTRACT** Examination of LANDSAT MSS imagery resulted in the disclosure of three circular structures within the Bação Complex in the central part of the Quadrilátero Ferrífero District. Available data and field work indicate that one of these structures is associated with a granodioritic body (Engenheiro Correia), which is one of the oldest rock of the area. With respect to the other two, where one is internal to another, they indicate a probable structural domal pattern, not related to strong lithological differences.

**RESUMO** A interpretação visual e análise automática de imagens multiespectrais do satélite LANDSAT, resultou na identificação de três estruturas circulares dentro do Complexo de Bação, na parte central do Quadrilátero Ferrífero. Dados disponíveis na literatura e trabalhos de campo indicam que uma dessas feições está associada ao granodiorito de Engenheiro Correia, o qual forneceu uma das maiores idades geocronológicas da região. Nas outras duas estruturas, onde uma é interna à outra, nos- sas observações e os dados disponíveis levaram-nos a crer que não estão, aparentemente, associadas à profundas diferenças litológicas em relação às rochas situadas ao seu redor.

**INTRODUÇÃO** A região do Quadrilátero Ferrífero é geologicamente uma das áreas melhor estudadas do Brasil. A abundância de recursos minerais, entre eles o ferro, o ouro, o manganês, tornou essa região a mais importante do país, sob o ponto de vista mineral. Por outro lado, o grande volume de dados obtidos por plataformas sensoras a diferentes altitudes, tais como, imagens MSS e RBV LANDSAT, radar de visada lateral, fotografias aéreas coloridas normais, coloridas infravermelhas, multiespectrais e pancromáticas, além de estudos isolados com outros sensores, torna essa região particularmente favorável ao estudo do desempenho de diferentes sistemas sensores.

O exame dos produtos de sensoriamento remoto disponíveis para a região, em especial as imagens MSS LANDSAT, mostraram várias feições, principalmente estruturais, não representadas nos trabalhos de mapeamento executados até a presente data. O estudo de tais feições constituirá parte do trabalho de mestrado, em desenvolvimento pelo primeiro autor (Riccomini, 1979).

Nesta comunicação, apresentaremos os resultados obtidos para algumas estruturas circulares, localizadas no interior do Complexo de Bação.

**GEOLOGIA REGIONAL** As estruturas em questão situam-se no interior do Complexo de Bação (Dorr, 1969; Herz, 1970). Herz (1970) subdividiu este

complexo em duas unidades denominadas Granodiorito Engenheiro Correia e Granito Gnaissé Itabirito.

GRANODIORITO ENGENHEIRO CORREIA (Herz, 1970) Constituído por biotita-muscovita granodiorito, de coloração cinza escuro, granulação fina a média e foliação incipiente. Com exceção de fenocristais de microclínio, espalhados irregularmente pela matriz, a rocha apresenta-se equigranular, com constituintes ao redor de 0,5mm de diâmetro. Mineralogicamente, o plagioclásio ( $An_{21}$ ) constitui 50% da rocha, sendo alguns grãos apresentam auréolas de feldspato potássico. O conteúdo de quartzo oscila ao redor de 30%, estando presentes ainda microclínio e pertita (10%), biotita (6 - 14%), muscovita, magnetita, apatita, zircão e clinzoisita. A plitos e pegmatitos ocorrem como pequenos diques, intrudidos nessa unidade.

GRANITO GNAISSE ITABIRITO (Herz, 1970) É uma rocha de granulação média a grosseira, fortemente foliada, com bandas alternadas de minerais máficos e félsicos. Mineralogicamente, ocorrem fenocristais de microclínio, especialmente nas bandas escuras. Plagioclásio, quartzo, biotita, apatita, zircão e titanita também estão presentes. Quartzo e feldspatos cataclasados constituem algumas bandas com foliação mal definidas. Quimicamente, a composição desta rocha varia de granito a granodiorito. Estas rochas gradam localmente para granodioritos (Granodiorito Engenheiro Correia), migmatitos, ou metassedimentos granitizados (em parte rochas do Grupo Nova Lima, granitizadas). Exibem ainda evidências de metassomatismo posterior.

Além destas duas unidades são descritos enclaves de xistos (por vezes granitizados) atribuídos ao Grupo Nova Lima (Johnson, 1962) e corpos de anfibolitos.

Estruturalmente, o Complexo de Baçõ constituiu-se em um grande domo, pois embora a foliação das rochas xistosas situadas ao seu redor não seja sempre paralela àquela dos granito-gnaisses interiores, a presença de mergulhos centrífugos é freqüente. Herz (1966, 1970, 1978) observou a presença de uma auréola metamórfica que inclui estauroilita, granada e possivelmente cordierita, rodeando a maior parte do Complexo.

Os mapas disponíveis não mostram estruturas de grande porte na região.

Determinações geocronológicas disponíveis para a região (Herz et al, 1961; Herz, 1966 e 1970) indicam uma complexa evolução geológica. Na parte norte do complexo, na zona de contato entre o Grupo Nova Lima e o Granito Gnaissé Itabirito, Herz (1966, 1970) obteve as idades mais antigas da região, com valores de 2.790m.a. e 2.675 m.a. (Rb/Sr em muscovita), que indicam uma idade mínima para formação da rocha. Idades mínimas ao redor de 2.400 m.a. (K/Ar em biotita) foram obtidas por Herz et al (1961) na localidade tipo do granodiorito de Engenheiro Correia. Herz (1966) sugere que os gnaisses bandados, incluindo-se aqui o Granito Gnaissé Itabirito, desenvolveram-se durante as deformações ocorridas até 1.350 m.a. (idade mínima). As determinações revelaram também idades esporádicas posicionadas temporalmente entre os principais eventos.

METODOLOGIA O problema foi abordado em duas etapas:

1- Interpretação visual de imagens MSS LANDSAT (órbita 136, ponto 26, 12/08/76) em cópias de papel, branco e preto, nas escalas de 1:500.000 e 1:250.000. Nesta fase foram delineados os principais traços estruturais e unidades texturais, que levaram à identificação das feições em questão (figs. 1 e 2).

2- Análise automática supervisionada utilizando fita compatível com o analisador automático multiespectral Image-100 do INPE. Aqui foram efetuados tratamentos objetivando realçar as estruturas delimitadas na etapa anterior. Para tanto, foram utilizados os programas rotineiros de ampliação de escala, realce de bordas (edge enhancement) e eliminação de ruídos, bem como os programas para aumento de contraste (contrast stretch) e filtragem digital de imagem.

O tratamento automático de pré-processamento para aumento de contraste "contrast stretch" consiste basicamente, em se expandir de forma proporcional, a distribuição dos níveis de cinza para os 256 níveis disponíveis que, normalmente, não ocupam todo o campo de variação tonal possível, entre o preto e o branco. Escolhida a área de interes-

se, solicitamos ao sistema o fornecimento do gráfico (histograma) que representa a distribuição dos níveis de cinza da imagem, em função da frequência de ocorrência dos mesmos. Em seguida, "cortamos" no terminal do sistema, os níveis mais altos e os mais baixos deste histograma. Dessa forma, os níveis mais significativos são redistribuídos para os 256 níveis de cinza do sistema, ocorrendo assim uma redistribuição de tonalidade e conseqüente aumento de contraste.

A técnica de filtragem digital de imagens, desenvolvida por Paradella e Dutra (1980), permite que se realcem estruturas segundo direções pré-escolhidas. Este programa atua como um incremento das variações de níveis de cinza da imagem que são responsáveis pelos componentes de alta frequência. Estes, por sua vez respondem pelos detalhes de uma cena, ou seja, definem a dimensão espacial de um objeto na imagem. Isto é feito, através de filtros digitais que apresentam uma configuração espacial a qual leva em consideração um determinado "pixel" da imagem e seus vizinhos, de modo direcional. Atribuindo-se pesos diferentes a esses "pixels", pode-se ampliar pequenas variações, facilitando a análise visual. O sistema executa este processo em todos os pontos da imagem.

As imagens ampliadas e processadas no Image-100 (I-100) são sensivelmente melhores que as imagens originais em cópia de papel, permitindo uma melhoria na interpretação de áreas que têm apresentado problemas (figs. 3 e 4).

AS ESTRUTURAS CIRCULARES A aplicação das técnicas acima expostas às imagens MSS LANDSAT da região, permitiu a delimitação de três feições estruturais circulares.

A principal (A), com cerca de 8,5 km de diâmetro, localiza-se na porção centro-sul do Complexo de Bação. Em seu interior situa-se a cidade de Engenheiro Correia. Seu ponto central localiza-se aproximadamente na confluência do Rio Sardinha com o Ribeirão do Mango.

É realçada principalmente no canal 7 (infravermelho), pelas suas características texturais diversas das regiões circunvizinhas, aliada a uma tonalidade mais escura (menor reflectância). Segmentos de drenagem esboçam um padrão anelar condicionados por esta estrutura. Exemplo disto é a parte do Rio Mata Porcos que contorna a porção noroeste da feição.

Internamente, pode-se ser observada pelo menos outra estrutura anelar, concêntrica à primeira (A), ressaltada principalmente pelo seu relevo em forma de cristas.

Esta estrutura foi esboçada anteriormente por Herz et al (1961) correspondendo ao granodiorito de Engenheiro Correia. Entretanto, trabalhos posteriores, incluindo-se aqui os estudos detalhados de Johnson (1962) e Wallace e Rynearson (in Wallace, 1965) não voltam a mencioná-la. Herz (1970) englobou esta feição em uma unidade maior, a qual denominou Granodiorito Engenheiro Correia.

Nossos dados de campo, até aqui obtidos, confirmam a existência desta feição, em parte segundo a concepção de Herz et al (1961).

No canto sudeste do Complexo de Bação encontramos as outras duas estruturas (B e C) sendo que a C situa-se no interior da B.

A estrutura B, possui um diâmetro aproximado de 6,5 km. Em seu interior, no quadrante noroeste, está situada a cidade de Cachoeira do Campo. O padrão textural e a tonalidade não são muito diferentes das regiões ao redor. Entretanto, a drenagem desempenha um papel importante na sua delineação. O Córrego da Holanda e o Ribeirão dos Tabuões, afluentes do Ribeirão Maracujá, contornam a parte externa da feição.

A estrutura C, com cerca 2,5 km de diâmetro, foi a que mais chamou à atenção durante a interpretação visual das imagens. Apresenta diferença tonal e textural marcante em relação à feição anterior, na qual está inserida.

Destaca-se sobremaneira nas imagens, especialmente pela sua morfologia e pelo seu perfeito contorno circular, dando a impressão de constituir uma verdadeira calota. Dois pequenos ribeirões correm ao longo dos limites da estrutura, desenhando sua bordas antes de se encontram no Ribeirão Maracujá.

Internamente, outros pequenos segmentos de drenagem evidenciam um padrão anelar.

Johnson (1962), mapeou esta área como gnaisses granodioríticos e paragneisses, incluindo ainda

e paragneisses, incluindo ainda xistos de granulação grosseira (xenólitos) correlacionados ao Supergrupo Rio das Velhas. No mapa de Herz (1970) a área está no domínio do Granito Gnaiss Itabirito, incluindo ainda duas pequenas porções do Granodiorito Engenheiro Correia (partes oeste e leste da estrutura B). Datação efetuada em duplicata por Herz et al (1961) em uma amostra da borda da feição B, indicam idades de 720 m.a. e 760 m.a. (K/Ar em biotita).

As observações de campo são dificultadas sobretudo pela espessa cobertura de solos presente na região. Mesmo no fundo das grandes boçorocas existentes no local, os afloramentos, nas melhores exposições, são solos fracamente estruturados.

Em um afloramento na borda norte da estrutura B temos a predominância de gnaisses granodioríticos bandados, e faixas graníticas e pegmatíticas leucocráticas. Xenólitos de anfibólitos também estão presentes.

Uma porção diminuta do bordo sul destas estruturas está encoberta por rochas xistosas do Supergrupo Rio das Velhas.

Nossas observações levaram-nos a crer que as estruturas B e C não estão, aparentemente, associadas a profundas diferenças litológicas em relação às rochas situadas ao redor.

SUMÁRIO E DISCUSSÃO A figura 5 sumariza nossas considerações. Das três feições circulares aqui descritas, a maior está associada ao granodiorito de Engenheiro Correia. As outras duas, ao nosso ver, representam outras estruturas possivelmente dômicas, relacionadas a um rearranjo estrutural nos granito-gnaisses da região ou talvez, a intrusões ainda não exumadas. Análises químicas nas rochas do interior destas estruturas poderão, talvez, fornecer dados que permitam sua diferenciação.

AGRADECIMENTOS São devidos ao Dr. Ícaro Vitorello pelo acompanhamento nos trabalhos de campo, aos geólogos Teodoro I.R. de Almeida pelas sugestões e Waldir R. Paradella pelas discussões sobre análise automática de imagens.

#### BIBLIOGRAFIA

- DORR II, J.V.N. - 1969 - Physiographic, Stratigraphic and Structural Development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Geol. Surv. Prof. Pap. 641-A, 110pp.
- HERZ, N., HURLEY, P.M., PINSON, W.H., FAIRBAIRN, H.W. - 1961 - Age measurements from a part of the Brazilian Shield. Geol. Soc. Am. Bull. 72:1111-1120.
- HERZ, N. - 1966 - Igneous Rocks. In, Outline of the Geology of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Am. Geol. Inst. Guidebook. Internat. Field Inst., Brazil: IV-1 - IV-18.
- HERZ, N. - 1970 - Gneissic and Igneous Rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Geol. Surv. Prof. Pap. 641-B, 58 pp.
- HERZ, N. - 1978 - Metamorphic Rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Geol. Surv. Prof. Pap. 641-C, 81 pp.
- JOHNSON, R.F. - 1962 - Geology and Ore Deposits of the Cachoeira do Campo, Dom Bosco, and Ouro Branco quadrangles, Minas Gerais, Brazil. Geol. Surv. Prof. Pap. 341-B, 39 pp.
- PARADELLA, W.R. e DUTRA, L.V. - 1980 - Filtragens digitais de imagens LANDSAT como técnica de auxílio visual na fotointerpretação geológica. (a ser apresentado no XXXI Congresso Bras. Geologia, Balneário de Camboriú, SC), 6 pp.
- RICCOMINI, C. - 1979 - Estudo comparativo dos diversos sistemas sensores aplicados à análise litológico-estrutural do Quadrilátero Ferrífero-M.G. Dissertação preliminar de mestrado (Inédita). Inst. Pesq. Espaciais, 36 pp.

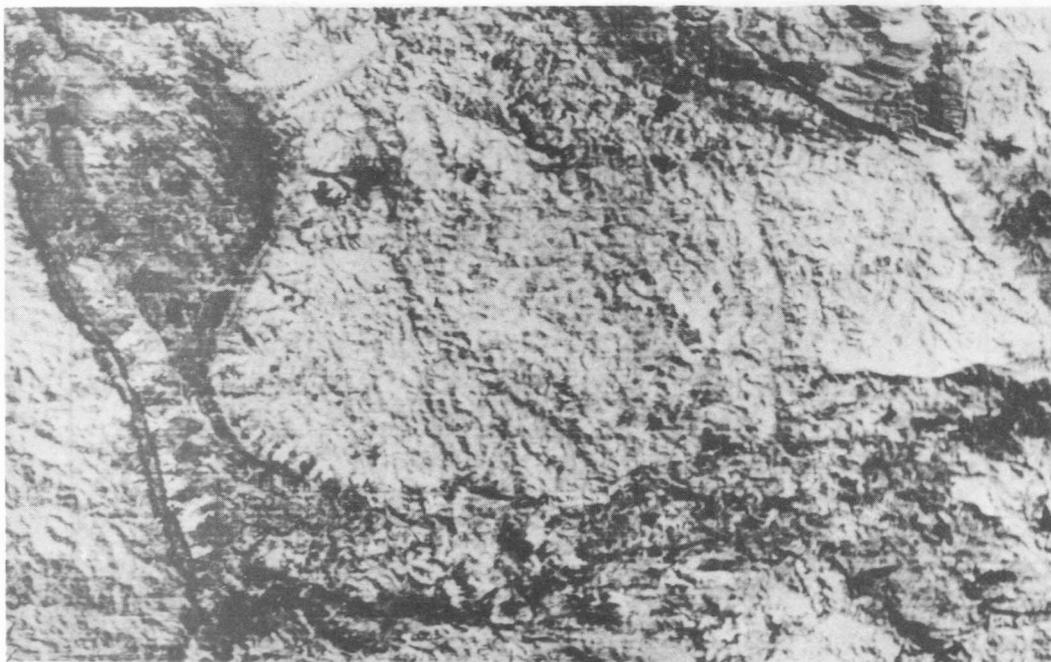


Figura 1 - Parte da imagem MSS LANDSAT, canal 7, correspondente à região do Complexo de Baçao.

N (aprox.)

0 3 6 9 Km

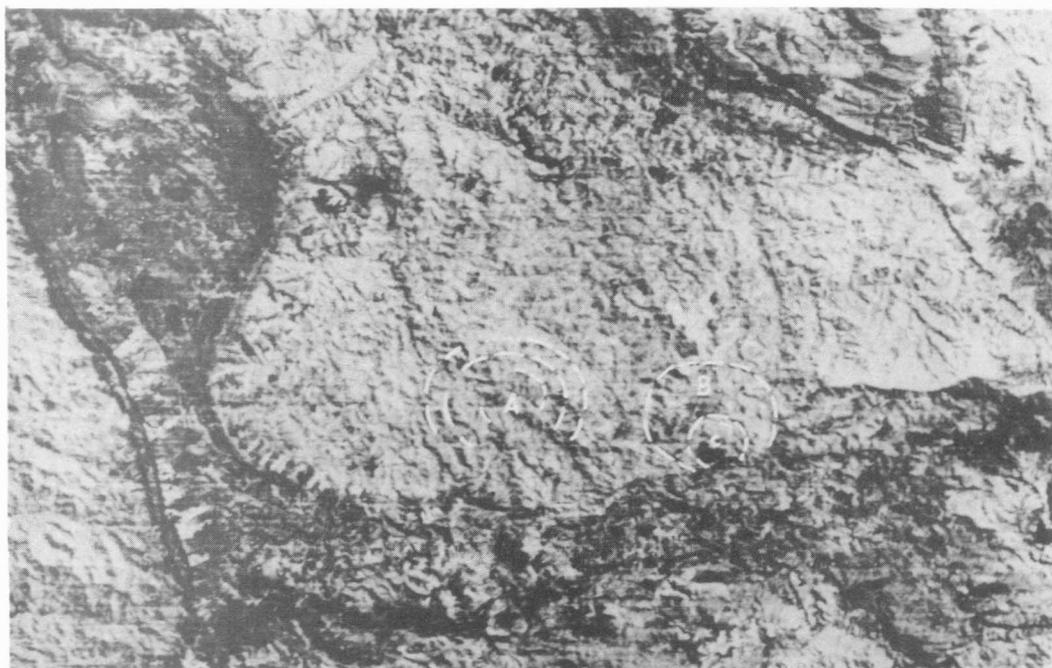


Figura 2 - A mesma imagem com a delimitação das três feições circulares (A, B, C).

N (aprox.)

0 3 6 9 Km

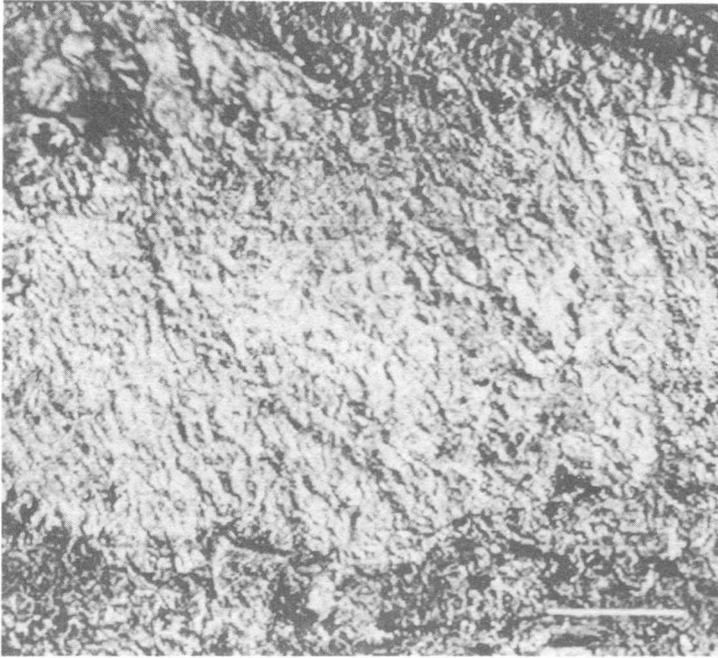


Figura 3 - Parte da imagem anterior processada (realçada) automaticamente, através dos programas de filtragem digital e aumento de contraste.

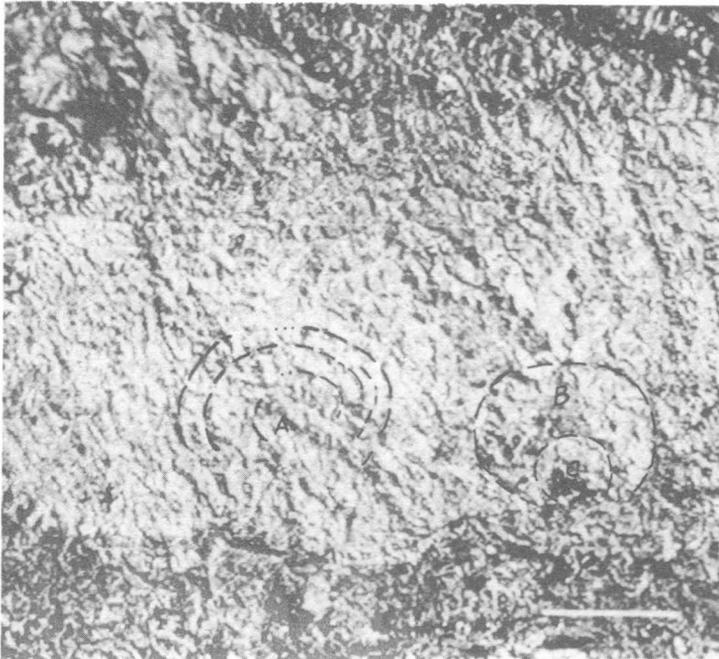
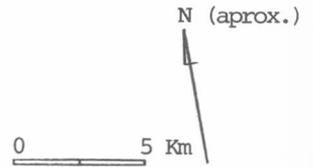


Figura 4 - A mesma cena anterior, com a delimitação das três feições circulares (A, B e C).

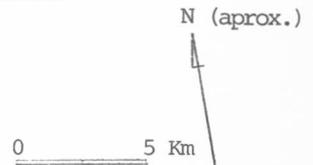
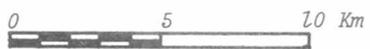
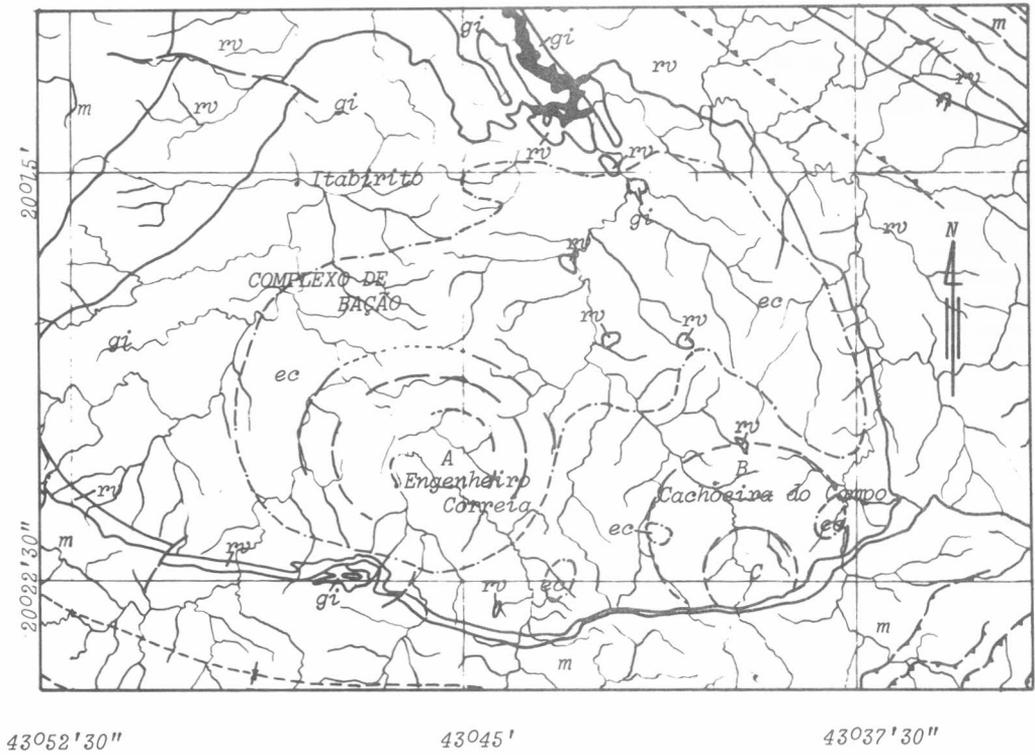


Figura 5 - Esboço Geológico (adaptado de Herz, 1970)



ESCALA

CONVENÇÕES

m

Supergrupo Minas

rv

Supergrupo Rio das Velhas

gi

Granito Gnaiss Itabirito

ec

Granodiorito Engenheiro Correia

limite aproximado entre os granito-gnaisses e os granodioritos

contatos

falha, tracejada onde localizada de forma aproximada

falha de empurrão, tracejada onde inferida (dentres de serra no bloco levantado)

(A)

estrutura circular, tracejada onde menos definida

eixo de sinclinal, inferido

eixo de sinclinal com flanco invertido