

ANÁLISE MORFOESTRUTURAL EM FOTOS AÉREAS:
APLICAÇÃO NA PROSPECÇÃO DE HIDROCARBONETOS NA BACIA DO PARANÁ

P.C. Soares, M.E.R. Luz, R. Redaelli e S.M.S. Guerra
PAULIPETRO - Consórcio CESP/IPT
Av. Engº Luiz Carlos Berrini, 1461, São Paulo - SP.

RESUMO

A detecção de estruturas favoráveis à acumulação de hidrocarbonetos constitui o principal desafio do programa de exploração do PAULIPETRO, devido à espessa cobertura basáltica nas suas áreas de atuação. Dentre outros métodos, utiliza-se a análise morfoestrutural a nível de semidetalhe com fotografias aéreas na escala 1:60.000. Esta análise tem como objetivo detectar estruturas em superfície que representem reflexo de outras em profundidade. A metodologia empregada compreende as fases de fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação. Nesta análise morfoestrutural observou-se o quanto é fiel a imagem da drenagem e do relevo, na sua relação com elementos estruturais, tais como mergulho de camadas, fraturas e falhas. O tratamento analítico dos elementos de drenagem e relevo, através de critérios associativos e discriminatórios, foi realizado de tal forma a filtrar feições que realmente tenham significado geológico. Este procedimento é considerado como o ponto central da metodologia da análise lógica de fotos aéreas. Os mapas morfoestruturais foram comparados com mapas de contorno estrutural, sendo observada uma notável correlação entre eles, fato este que torna aconselhável a utilização da análise morfoestrutural na pesquisa de hidrocarbonetos em áreas de difícil prospecção, como a parte da bacia do Paraná coberta pelos derrames de lava. Tendo em vista os excelentes resultados obtidos e a necessidade de agilização do programa exploratório, esta metodologia está sendo transferida para outras empresas que prestam serviços ao PAULIPETRO.

ABSTRACT

The determination of favorable structures for the accumulation of hydrocarbons is the main challenge for Paulipetro's exploratory program due to the thick basalt layer found in its working areas. Among other methods, a morphostructural analysis, using air photographs in the scale 1:60.000, is used.

The main target of this analysis is to detect surface structures which may reflect those in the subsurface. The methodology involves the reading of photographs, photoanalysis and photointerpretation.

In this morphostructural analysis, the fidelity of the image of drainage and relief related to structural elements such as bedding dips, fractures and faults, has been observed.

An analytical focussing of the drainage and relief elements through discrimination and association criteria has been tried in order to detect features which do have a geological meaning. This procedure is considered to be the main point of the airphotograph logical analysis methodology.

The morphostructural maps were compared to the structural contour maps and an amazing correlation between them was noticed. Thus it becomes advisable the using of morphostructural analysis in the search for hydrocarbons in difficult prospecting areas, such as part of the Parana Basin, greatly covered with lava flows.

Taking into consideration the excellent results achieved and the need to speed up the exploration program, this methodology is now being transferred to other firms which work for Paulipetro.

1. INTRODUÇÃO

Em virtude das dificuldades em detectar estruturas favoráveis à acumulação de hidrocarbonetos em áreas da Bacia do Paraná, por métodos convencionais, devido à grande espessura dos derrames basálticos, o Consórcio Paulipetro decidiu realizar um programa teste de detecção de estruturas dômicas, através da análise e interpretação de informações obtidas a partir de produtos de sensores remotos. Este programa constou de duas partes: extração de informações de imagens de radar e de satélite, produzindo mapas na escala 1:250.000 (regional); e, extração de informações de fotos aéreas convencionais (escala 1:60.000), produzindo mapas na escala 1:100.000 (semidetalhados). As informações básicas pesquisadas foram as de drenagem, relevo e suas relações espaciais, constituindo o produto final, mapas de interpretação morfoestrutural, nos quais são evidenciadas as morfoestruturas de interesse na pesquisa de hidrocarbonetos.

A metodologia aplicada, inicialmente em 5 áreas, apresentou resultados favoráveis (Soares, 1981), os quais encorajaram a aplicação em outras áreas da Bacia do Paraná.

Em função dos resultados obtidos e da urgência de indicação de áreas favoráveis para desenvolvimento do programa exploratório do Paulipetro, a metodologia foi transferida para outras empresas que prestam serviços ao Consórcio, tendo sido analisadas um total de 80 áreas até o presente momento.

Paralelamente foram realizados trabalhos de mapeamento geológico-estrutural de detalhe (1:25.000) os quais confirmaram, em parte, os resultados obtidos na análise morfoestrutural de semidetalhados.

O escopo deste trabalho é apresentar uma comparação de discussão dos resultados obtidos na análise morfoestrutural de semidetalhados e no mapeamento geológico estrutural de 5 áreas selecionadas dentre todas as áreas já estudadas.

2. PRINCÍPIOS E MÉTODOS

Considerando-se que muitas estruturas podem ser refletidas em superfície e que esse reflexo é passível de identificação através de produtos de sensores remotos, por meio de técnicas específicas de análise e interpretação, a equipe de fotointerpretação sistematizou um método lógico para definir estruturas dômicas através do estudo de

fotos aéreas (1:60.000).

A metodologia envolve princípios de fotointerpretação há muito utilizados em vários setores da ciência geológica (RAY, R.G. - 1961), os quais foram anteriormente desenvolvidos por diversos estudiosos, entre eles Rivereau (1969) e Soares e Fiori (1976). Considera-se como mérito do trabalho aqui apresentado, o fato de ter-se conjugado e sistematizado o uso de certos conceitos fotoanalíticos e geológico-interpretativos para atingir os objetivos buscados pelo Paulipetro, que são a localização de estruturas favoráveis à acumulação de hidrocarbonetos (chamadas neste programa de "morfoestruturas").

Constituiu-se essa metodologia da análise e interpretação sistemáticas de informações extraídas de fotos aéreas: a análise utilizou apenas os elementos de drenagem e de relevo, sua associação e classificação, de acordo com o caráter homólogo ou não dos mesmos; a interpretação procura um significado geológico para as diferentes formas ou associações dos elementos de drenagem e de relevo, admitindo-se que estes são mais ou menos condicionados por fatores estruturais ou litológicos, através dos processos morfogenéticos atuando sobre o substrato.

O princípio de que o relevo e a drenagem tendem a desenvolver padrões específicos, em função de fatores litológicos e estruturais, é a base de toda a metodologia. Como o programa objetivou a localização e a definição de morfoestruturas, os elementos e formas que foram utilizados na interpretação estrutural são os seguintes: elementos lineares e formas assimétricas de drenagem e de relevo, formas anômalas de drenagem (anelares e radiais) e descon-tinuidades de zonas homólogas.

A seguir é feita uma discussão sobre os conceitos dos diversos termos utilizados neste programa.

Formas Assimétricas de Drenagem: os cursos d'água que se desenvolvem sobre estratos inclinados tendem a se ajustar ao acamamento. No caso de estratos fracos a moderadamente inclinados os elementos de drenagem vão apresentar tamanho e/ou arranjo sistematicamente diferentes de cada lado de um elemento de ordem imediatamente superior, sendo que os elementos mais longos, de baixa angularidade e sub-paralelos geralmente correm com o mesmo sentido das camadas (rios consequentes e resequentes), enquanto que os rios mais curtos, com ângulos abertos (forma denominada como "de candelabro") correm em sentido per-

pendicular ao acamamento (rios obsequentes).

Formas Assimétricas de Relevo: o relevo, da mesma forma que a drenagem, tende a se ajustar às estruturas de acamamento, quando os estratos estão inclinados; assim, ocorre a tendência de as vertentes de um mesmo vale se apresentarem com angularidade e forma dessemelhantes, sendo que a vertente com inclinação mais suave geralmente se estabelece concordante com o sentido de mergulho das camadas e a vertente mais inclinada é perpendicular ao sentido (costão e cuevas, seg. Penteado, M. 1978).

Formas Lineares de Drenagem e de Relevo:

a utilização, pela equipe de fotointerpretação do Paulipetro, dos termos lineação, lineamento e traço de fratura, baseia-se em conceitos desenvolvidos por alguns autores, como O'Leary et al. (1976), que propõem conceitos de lineamento e lineação para geologia de campo, com conotação estrutural, ajustam-se também aos de Allum (1978), que transpõe o conceito de lineamento para fotogeologia, embora de forma generalizada, e de Lattman (1959) que diferencia os termos traço de fratura e lineamento, em fotogeologia, baseado na dimensão da feição linear (até 3Km, no máximo, é considerada traço de fratura e além dessa extensão, lineamento, podendo, neste caso, ser composta). Também Soares e Fiori (1976) sistematizam, para fotogeologia, a utilização desses termos. Para os objetivos deste trabalho, utilizamos esses termos na seguinte forma:

Alinhamento: termo genérico, significando arranjo alinhado de quaisquer elementos observados em fotos aéreas, sem conotação genética ou estrutural;

Traço de fratura: é um conceito para mapa geológico, por isto utilizamos o termo sempre que as lineações forem interpretadas como reflexo de fraturas nas camadas;

Lineamento: é um alinhamento de feições naturais, com dimensões acima de 3 Km, controlado por discontinuidade estrutural. Quando é possível observar discontinuidade de zonas homólogas interpreta-se como falha com rejeito vertical;

Lineação: feição linear retilínea ou arqueada individual traçável na foto.

Formas anômalas de drenagem anelares e radiais: a drenagem que se estabelece sobre estratos horizontais a sub-horizontais geralmente assume padrões bem definidos, como por exemplo, nas áreas de ocorrência de rochas basálticas, onde o padrão geral é de elementos reti-

lineos bi a tri-dimensionais. Quando aparecem arranjos anômalos dos elementos de drenagem, fugindo do padrão geral, considera-se como formas anômalas produzidas por mudança no controle estrutural regional, refletindo feições estruturais locais. As formas anômalas que mais interessam para este trabalho, em função de sua significação estrutural, são as anelares, as radiais e alinhamentos.

As formas anômalas anelares de drenagem geralmente se estabelecem sobre estruturas dômicas ou depressões estruturais, concordantes com o acamamento ou com fraturamento anelar (Riverau, 1969 e Soares e Fiori, 1976). As formas anômalas radiais de drenagem também podem ser reflexo de controle estrutural, porém podem ser uma expressão puramente topográfica (divergência de elementos de drenagem a partir de um ponto mais alto). No primeiro caso, podem significar mergulhos de camadas ou fraturamento radial, ambos desenvolvidos em estruturas dômicas e raramente em depressões estruturais. A conjugação das formas anelares e radiais, com as indicações de assimetrias nos permite determinar que tipo de estrutura está presente, uma vez que assimetrias divergentes indicam domos e convergentes refletem depressões;

Morfoestrutura: este termo define uma estrutura presumida, identificada a partir da análise e interpretação de informações, basicamente de drenagem e de relevo. É importante salientar que uma morfoestrutura, em áreas de estruturação descontínua, é caracterizada por zonas anômalas dentro de um padrão geral de distribuição e arranjo dos elementos de drenagem e de relevo.

O conceito básico que sustenta e reúne as idéias é o "Princípio de Convergência de Evidências", segundo o qual "muitos itens separados, de dados geológicos, todos indicando a presença de uma mesma estrutura, dá à interpretação dessa estrutura uma alta ordem de confiança". (Allum, 1966).

3. SISTEMÁTICA DA METODOLOGIA

A lógica obedecida nesta metodologia envolve três estágios: extração de dados, análise e interpretação. A primeira etapa compreende a extração dos elementos de drenagem até primeira ordem, extração de assimetrias de relevo, alinhamentos e lineações. São montados mapas de drenagem, de alinhamentos e de lineações.

A segunda etapa refere-se à análise das informações obtidas. A análise da drenagem fornece indicações de assi-

metrias, alinhamentos e formas anômalas anelares e radiais. O mapa de alinhamentos permite analisar o comportamento estrutural da região com relação às estruturas lineares, ou seja, verificar tendências de direções e concentrações anômalas. As lineações são objeto de análise por tratamento estatístico, não existindo, portanto, resultados conclusivos.

A análise conjugada das informações obtidas (com exceção das lineações), permite interpretar-se a área, à luz dos conceitos já descritos. As atitudes de camadas são interpretadas a partir das assimetrias de drenagem e de relevo; os alinhamentos são interpretados como lineamentos, e quando são percebidas discontinuidades de zonas homólogas, infere-se falhas com rejeito vertical; as formas anelares significam traço de acamamento anômalo ou fraturamento direcional e as formas radiais significam direção geral de mergulho de camadas ou fraturamento radial; e, as lineações representam traços de fratura.

A interpretação integrada permite inferir a conformação estrutural da área, através do traçado de linhas de forma as quais representam o contorno (não cotado) de horizontes hipotéticos. O produto dessa interpretação integrada é a caracterização de morfoestruturas, ou seja, zonas estruturalmente anômalas, positivas (estruturas dômicas) ou negativas (depressões estruturais), e discontinuidades estruturais (lineamentos e falhas). As morfoestruturas foram caracterizadas e classificadas por diferentes graus e orders de estruturação dos elementos de drenagem e de relevo, os quais se referem à similaridade da forma com um modelo morfológico ajustado à estrutura geológica e à segurança com que a propriedade (estrutura) foi determinada (Soares et al., 1981a).

4. APLICAÇÕES NA BACIA DO PARANÁ

O método foi aplicado em várias áreas da Bacia do Paraná, tendo-se constatado que onde afloram rochas basálticas obtiveram-se os melhores resultados (Soares et al., 1981b).

Para este trabalho foram selecionadas 5 áreas que foram objeto tanto de análise morfoestrutural em semidetalle, quanto de mapeamento estrutural de detalhe, e comparados os resultados obtidos.

O mapeamento estrutural de detalhe gerou um mapa de contorno estrutural de horizontes fantasmas, o qual é baseado em medidas de atitudes de cama

obtidas em campo. Neste caso, os horizontes imaginários estão paralelos aos vários estratos reais, cujos contatos nem sempre são visíveis em campo, mas são definidos a partir das medidas feitas.

As áreas selecionadas foram geradas pelo programa de análise morfoestrutural regional (Soares, 1981-A) e posteriormente mapeadas em nível de semidetalle. Parte dessas áreas analisadas a nível de semidetalle foram submetidas a um mapeamento geológico-estrutural de detalhe (1:25.000).

A comparação dos resultados obtidos nos trabalhos de semidetalle e detalhe foi feita para as seguintes anomalias (Fig.1):

- 1 - Guaraipó - Guabiroba
- 2 - Paulo Bento
- 3 - Penteados
- 4 - Severiano de Almeida
- 5 - Vargeão

1 - Anomalia de Guaraipó/Guabiroba (Fig.2)

Comparando-se os resultados obtidos na análise morfoestrutural de semidetalle e no mapeamento geológico estrutural de detalhe observa-se uma grande correlação entre ambos.

A área ocupada pela anomalia principal corresponde à região estruturalmente mais alta do mapa de detalhe, sendo observada uma coincidência de localização, forma e tamanho das áreas anômalas.

O mapeamento de detalhe identificou um baixo alongado na direção N60E, idêntico à depressão determinada na análise morfoestrutural.

Próxima à estrutura dômica a noroeste, foi determinada uma região alta pelo detalhamento. Deve-se salientar que a forma das duas estruturas não são iguais, visto que a estrutura dômica acha-se truncada por um lineamento.

Na região localizada a noroeste da estrutura dômica, a sudeste da área, existe uma concordância de resultados, uma vez que o detalhamento também determinou um alto estrutural neste local.

2 - Anomalia de Paulo Bento (Fig.3)

Analisando-se o mapa que contém os dois temas observou-se as seguintes semelhanças:

A anomalia de Paulo Bento, determinada em foto, corresponde nitidamente a um alto estrutural determinado em detalhe.

Em ambos os mapas (fig.03), observa-se na porção leste da anomalia de Paulo Bento, uma tendência das linhas de forma e das linhas de contorno estru

tural mergulharem para leste.

A anomalia de Paulo Bento, determinada em semidetalhe, é truncada por um lineamento N40W que foi identificado como falha no mapeamento de detalhe.

3 - Anomalia de Penteados (Fig.4).

Comparando-se os resultados dos mapeamentos em de semidetalhe e de detalhe (fig.4), considera-se que houve uma boa correlação, levando-se em conta os seguintes fatos:

A região mais alta determinada pelo mapeamento estrutural corresponde às estruturas dômicas de Arroio dos Carneiros (noroeste) determinada em análise morfoestrutural.

As linhas de contorno estrutural apresentam valores menores na porção sudoeste da área, coincidente com uma depressão estrutural situada a sudoeste da área.

4 - Anomalia de Severiano de Almeida(Fig.5)

Analizando-se conjuntamente os mapas gerados em semidetalhe e em detalhe (fig.5) observam-se as seguintes coincidências de resultados:

Na região correspondente à morfoestrutura dômica de Rio Napoleão (noroeste) as linhas de contorno estrutural indicam uma área alta.

As linhas de contorno mais elevadas estão localizadas próximo à anomalia de Três Tombos (centro-sul).

Na porção noroeste da área observa-se em ambos os mapas uma região baixa.

5 - Anomalia de Vargeão (Fig.6)

Existe uma total coincidência da estrutura de Vargeão gerada na análise morfoestrutural de semidetalhe com o centro da estrutura determinada pelo mapeamento de detalhe.

Nas regiões localizadas a noroeste, oeste e sudoeste da estrutura de Vargeão, observa-se uma clara concordância entre as linhas de forma e as linhas de contorno estrutural. Outra área onde as curvas apresentam tendências semelhantes situa-se a sudeste da referida estrutura.

No mapa morfoestrutural de semidetalhe foi identificado um lineamento que foi interpretado como falhamento vertical. Este falhamento foi comprovado nos trabalhos de campo.

6. CONCLUSÕES

Da comparação entre os resultados obtidos com a análise morfoestrutural

aplicada e com o mapeamento geológico-estrutural de detalhe nas anomalias, conclui-se que o método aplicado é eficiente na localização de altos estruturais. Não há, como não era esperado, uma concordância quanto à geometria da estrutura tal como interpretada na análise morfoestrutural. Porém a forma geral inferida com as linhas de forma se aproximam adequadamente da forma geral da estrutura obtida com o mapeamento estrutural.

Certamente não se pode estabelecer ainda uma correlação entre a estrutura obtida nas camadas basálticas com aquela existente em profundidade. O importante é que estruturas em superfície refletem estruturas em profundidade, tal como é verificado em outros locais na Bacia do Paraná e em outras bacias similares. Em decorrência a análise morfoestrutural tem permitido de forma expedita e com baixo custo selecionar áreas com maior probabilidade de apresentarem estruturas traçadoras de hidrocarbonetos em sub-superfície, nas quais são concentrados os trabalhos com métodos indiretos, mais demorados e de custo elevado, como os de levantamento sísmico.

7 - BIBLIOGRAFIA

- ALLUM, J.A.E. - Photogeology and Regional Mapping. New York. Pergamon Press Ltda, 107 p. 1966.
- BARBOUR, E.; ZAINÉ, J.E.; LUZ, M.E.R. ; GUERRA, S.M.S. - Mapeamento Geológico Estrutural de Detalhe da Anomalia de Paulo Bento (RS). São Paulo. Paulipetro. Relatório RT-057/81. 27 p., 1981.
- BARBOUR, E.; CORRÊA, W.A. - Geologia da Estrutura do Vargeão (SC). São Paulo Paulipetro. Relatório RT.023/81. 67p. 1981.
- FIORI, A.P. - Traço de Fratura: Significado Tectônico Hidrogeológico. Rio Claro, SP. UNESP. Relatório de Trabalho de Iniciação Científica. 1972.
- FRANCESCONI, O.; SILVA, V.A.; OSTAFIUC, G.B. - Análise Morfoestrutural de Semidetalhe das áreas de Ponte Serra da, Vargeão e Faxinal dos Guedes. São Paulo-CPRM (Paulipetro - Relatório RT-094/81). 1981.
- FUSSEL, J. - Lineaments lead to oil in wyoming - Geotimes - Virginia 25(5): 19-20, May, 1980.
- GUERRA, S.M.S. - Análise Morfoestrutural a Nível de Semidetalhe da Anomalia de Guaraipó - Guabirola (PR). São Paulo - Paulipetro. Relatório RT-082/81. 20 p. 1981.

- GUERRA, S.M.S.; REDAELLI, R. - Análise Morfoestrutural a Nível de Semidetalhe da Anomalia de Penteados (PR). São Paulo - Paulipetro. Relatório RT-059/81. 12 p. 1981.
- GUERRA, S.M.S.; LUZ, M.E.R. - Análise Morfoestrutural a Nível de Semidetalhe da Anomalia de Paulo Bento (RS) São Paulo - Paulipetro. Relatório RT-050/81. 9 p. 1981
- HALBOUTY, M.T. - Application of LANDSAT Imagery to Petroleum and Mineral Exploration. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 60 (5): 745-793, May, 1976.
- LATTMAN, L.H. - Photogeologic Fracture Trace Mapping in Apalation Plateau. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 42(9) : 2238-2245. 1958.
- LATTMAN, L.H. - Techniques of Mapping Geologic Fracture Traces and Lineaments on aerial Photographs. - Photogrametric Engeneering - 24(4): 568-576, 1959.
- LUEDER, D.R. - Aerial Photographic Interpretation. Mc Grow Hill - Civil Engeneering Series. 462 p. 1959.
- LUZ, M.E.R; GUERRA, S.M.S.; CORRÊA, W. A. - Análise Morfoestrutural a Nível de Semidetalhe da Anomalia Severiano de Almeida (RS). São Paulo - Paulipetro. Relatório RT-054/81. 11 p. 1981.
- O'LEARY, D.W.; FRIEDMAN, J.D.; POHN, H.A. - Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. Geological Society of American Bulletin, New York. 87(10): 1463-1469. Oct. 1976.
- OLIVATI, O.; SOUZA, M.D. e LACERDA FILHO, J.V. - Projeto Arroio dos Carneiros/Faz. Carazinho/ Invernadinha/Penteados. São Paulo. CPRM. Paulipetro - Relatório RT-124/82. 1982.
- PENTEADO, M. - Fundamentos de Geomorfologia - Fundação IBGE. 1978. 153 p.
- RAY, R.G. - Aerial Photographs in Geological Interpretation and Mapping. U.S. Geological Survey, Professional Paper 373, 1961.
- RAY, R.G. - Photogeologic Procedures in Geologic Interpretation an Mapping. Geological Survey Bulletin. 1043-A. 1956.
- RIVERAU, J.C. - Notas de Aula do Curso de Fotointerpretação. Curitiba. Instituto de Geologia da Universidade Federal do Paraná. 91 p. 1969.
- SOARES, P.C.; FIORI, A.P. - Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. Notícia Geomorfológica. Campinas. 16 (32): 17-104. 1976.
- SOARES. P.C.; MATTOS, J.T.; BALIEIRO, M.G.; BARCELLOS, P.E.; MENEZES, P. R.; GUERRA, S.M.S.; CSORDAS, S.M. - Análise Morfoestrutural Regional com Imagens de Radar e Landsat na Bacia do Paraná. Curitiba, Atas. 3º Simpósio Regional de Geologia. Vol.I: 201-216. SBG. Nov.1981A.
- SOARES, P.C.; BARRETO, M.L.K.; REDAELLI, R. - Aplicação da Análise Morfoestrutural em Semidetalhe com Fotos Aéreas na Bacia do Paraná. Curitiba. Atas. 3º Simpósio Regional de Geologia. Vol.I: 217-225. SBG. Nov.81B.
- SOBREIRO NETO; A.F.; BARTORELLI, A. ; VAZ, L.F.; ARAÚJO, C.H.A.;TAJIMA,R.; PEREIRA, A.C.; ANDRADE, A.C. - Mapeamento Geológico de Detalhe da área de Rio da Prata (PR). São Paulo. THEMAG. Paulipetro. 56 p. 1981.
- SOBREIRO NETO, A.F.; ANDRADE, R.H.P. ; BARTORELLI, A.; BITTAR, O.Y.; PEREIRA, A.C.M.; ANDRADE, A.C. - Mapeamento Estrutural de Detalhe das Anomalias Três Arroios e Rio Napoleão/Severiano de Almeida. São Paulo. THEMAG Paulipetro. Relatório RT-068/81. 60 p. 1981.
- STRAHLER, A.N. - Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. Geol. Soc. America Bulletin.63: 1117-1142. 1952.
- VERGARA, M.L.L. - Manual de Fotogeologia. Editora J.E.N. Madrid. 2a. ed. 308 p. Publicaciones Cientificas de la Junta de Energia Nuclear. 1978.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

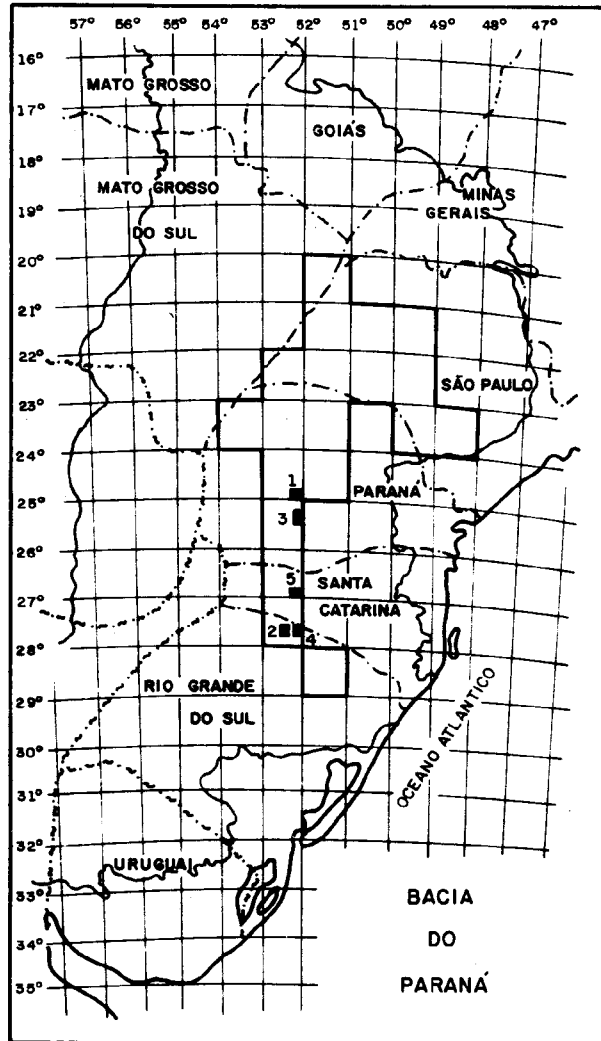
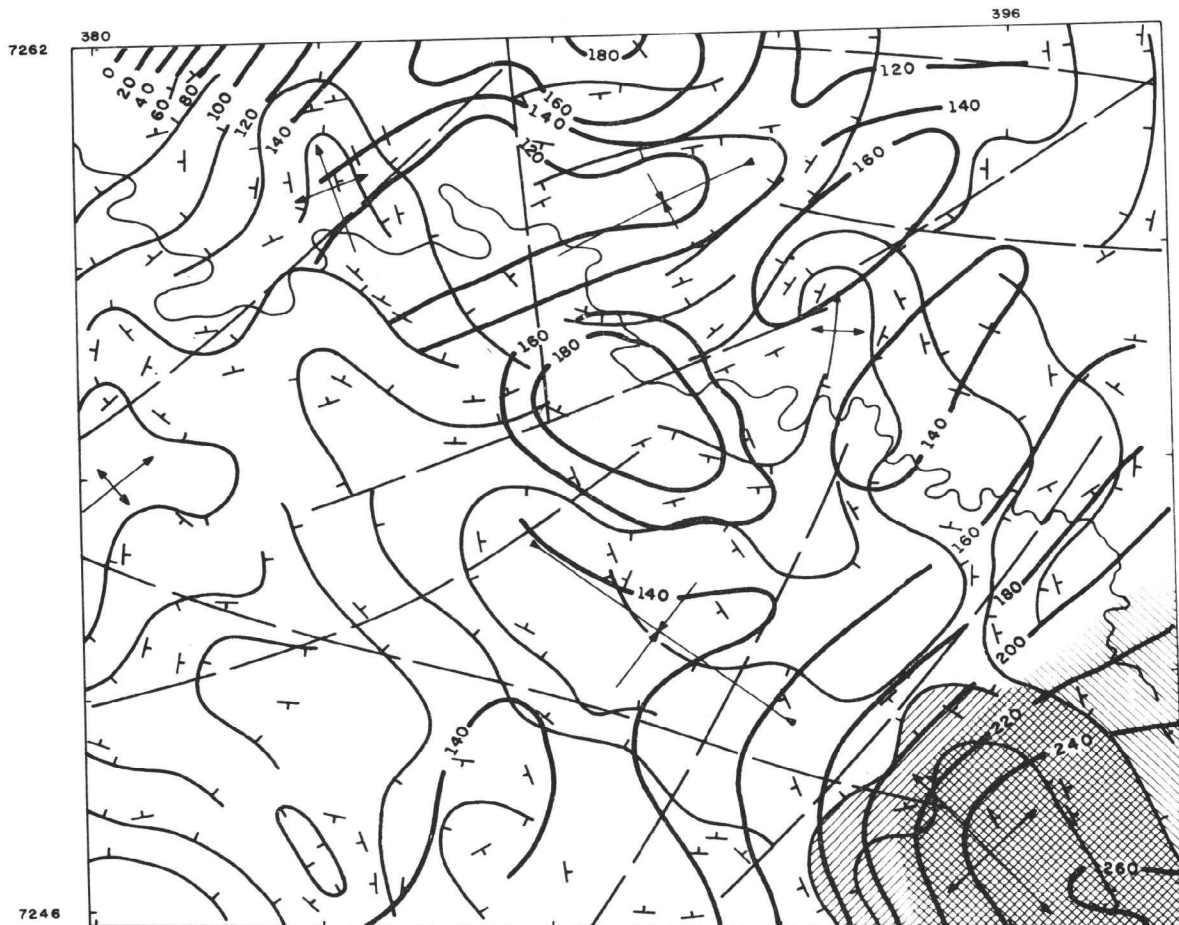


FIG. 01 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ANOMALIAS : 1 - GUARAIPÓ-GUABIROBA, 2 - PAULO BENTO, 3 - PENTEADOS, 4 - SEVERIANO DE ALMEIDA, 5 - VARGEÃO



- LEGENDA -

- Drenagem.....
- Linhas de Contorno Estrutural..... 140
- Lineamentos.....
- Linhas de Forma.....
- Atitudes de Camadas Fotointerpretadas.....
- Estruturas Dômicas.....
- Depressões Estruturais.....
- Anomalias Morfoestruturais.....
- Altos Estruturais... (dado de campo).....

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO BLOCO

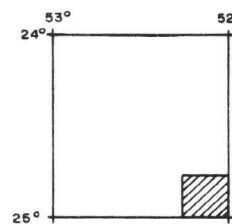
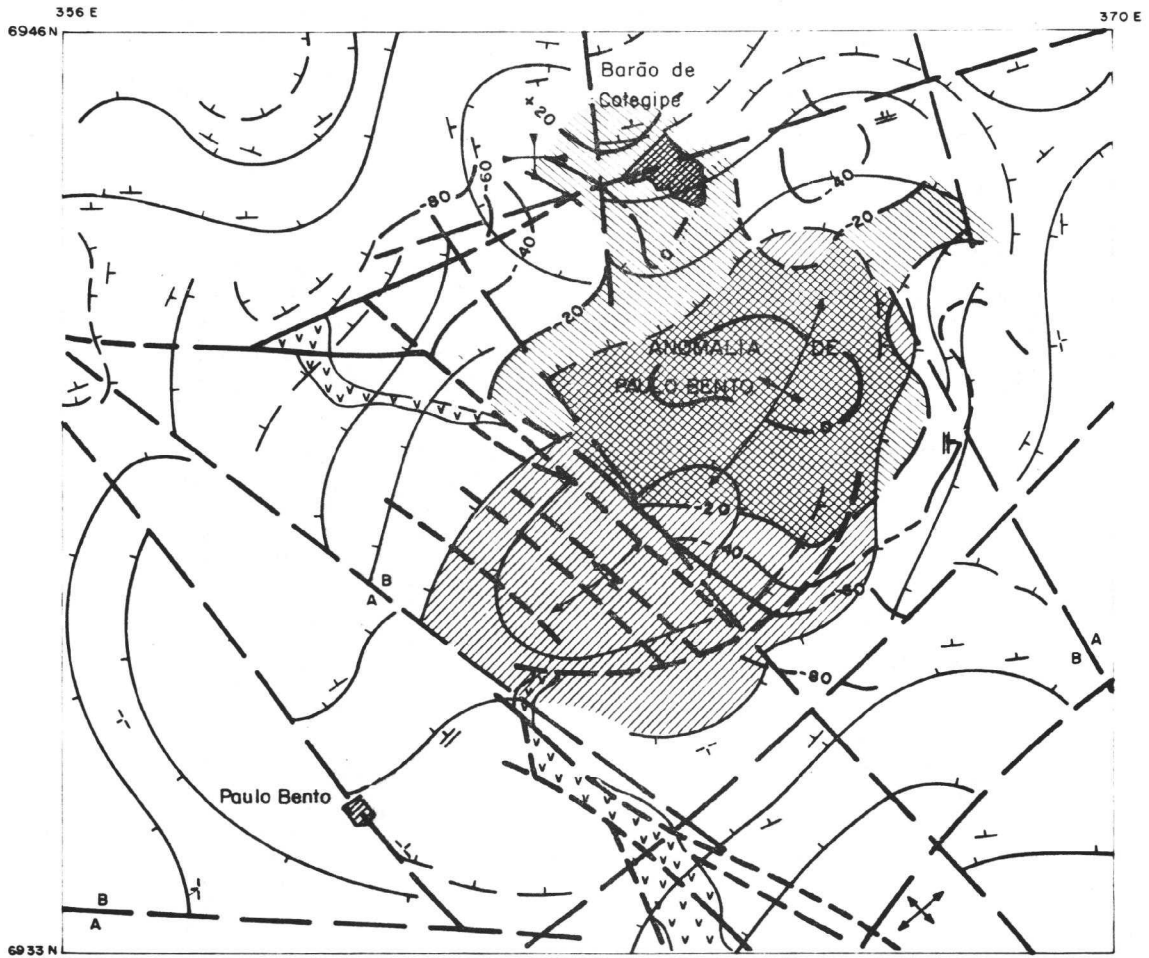


FIG. 02 - COMPARAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA GEOLÓGICA OBTIDA COM ANÁLISE MORFOESTRUTURAL E MAPEAMENTO DE DETALHE - ÁREA GUARAIPÓ-GUABIROBA



- LEGENDA -

- Localidades
- Linhas de Contorno Estrutural.....
- Falhamentos.....
- Atitudes de Camadas Fotointerpretadas.....
- Estruturas Dômicas.....
- Depressões Estruturais.....
- Anomalia Morfoestrutural.....
- Linhas de Forma.....
- Altos Estruturais.. (dado de campo).....

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO BLOCO

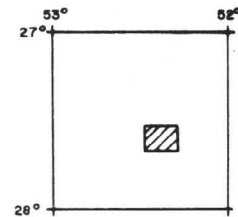
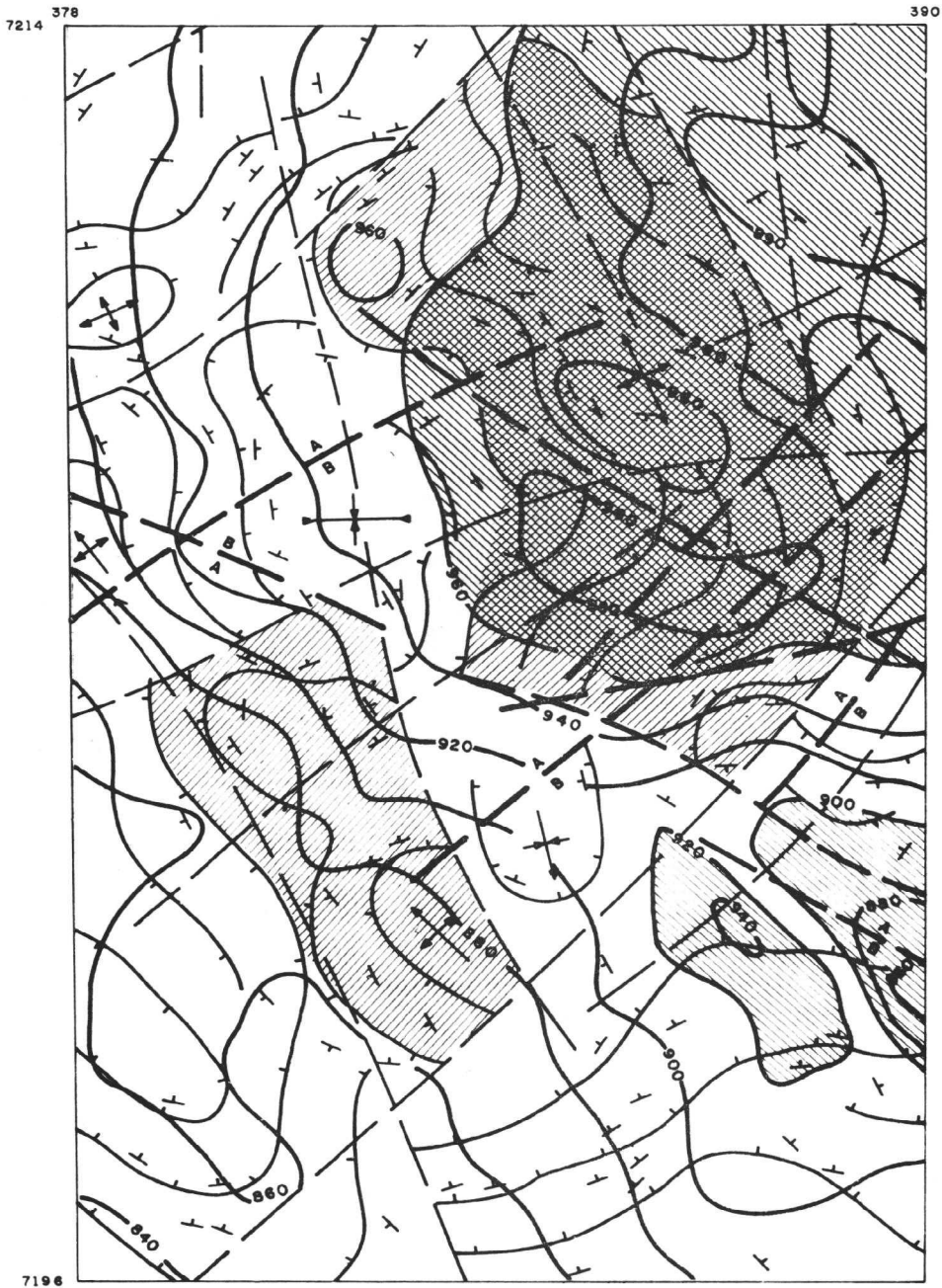


FIG. 03 - COMPARAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA GEOLÓGICA OBTIDA COM ANÁLISE MORFOESTRUTURAL E MAPEAMENTO DE DETALHE - ÁREA PAULO BENTO



- LEGENDA -

- Linhas de Contorno Estrutural..... — 900 —
- Altos Estruturais... (dado de campo) [diagonal hatching]
- Linhas de Forma..... [solid line]
- Falhamentos..... [dashed line with 'A' and 'B' labels]
- Lineamentos..... [solid line]
- Atitudes de Camadas Fotointerpretadas..... [arrow]
- Estruturas Dômicas..... [crossed lines]
- Depressões Estruturais..... [crossed lines]
- Anomalias Morfoestruturais..... [diagonal hatching]

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO BLOCO

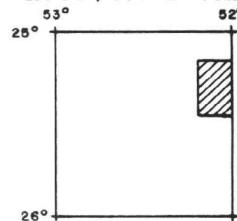
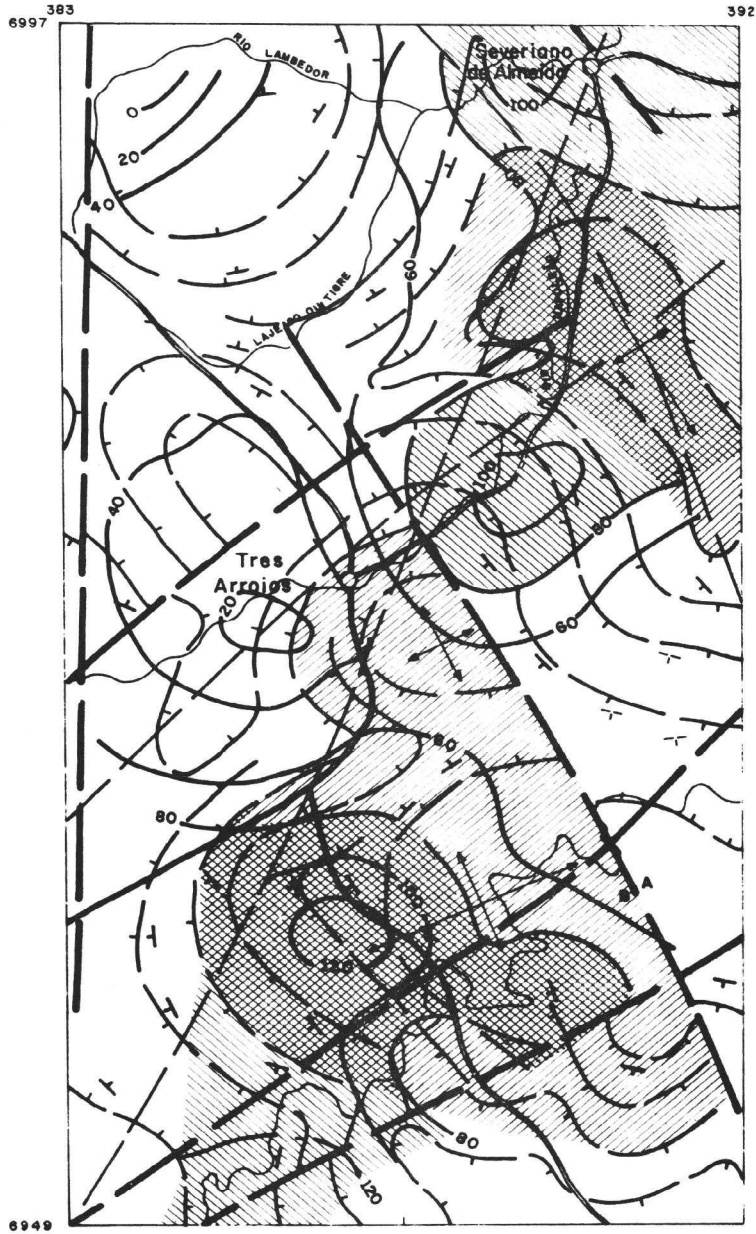


FIG.04 - COMPARAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA GEOLÓGICA OBTIDA COM ANÁLISE MORFOESTRUTURAL E MAPEAMENTO DE DETALHE - ÁREA PENTEADOS



- LEGENDA -

- Localidades ○
- Drenagem
- Linhas de Contorno Estrutural
- Altos Estruturais (dado de campo)
- Linhas de Forma
- Falhamentos
- Lineamentos
- Atitudes de Camadas Fotointerpretadas
- Estruturas Dômicas
- Anomalias Morfoestruturais
- Rodovias

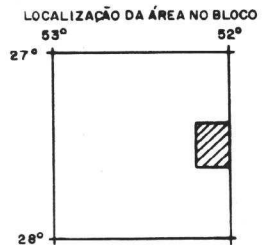
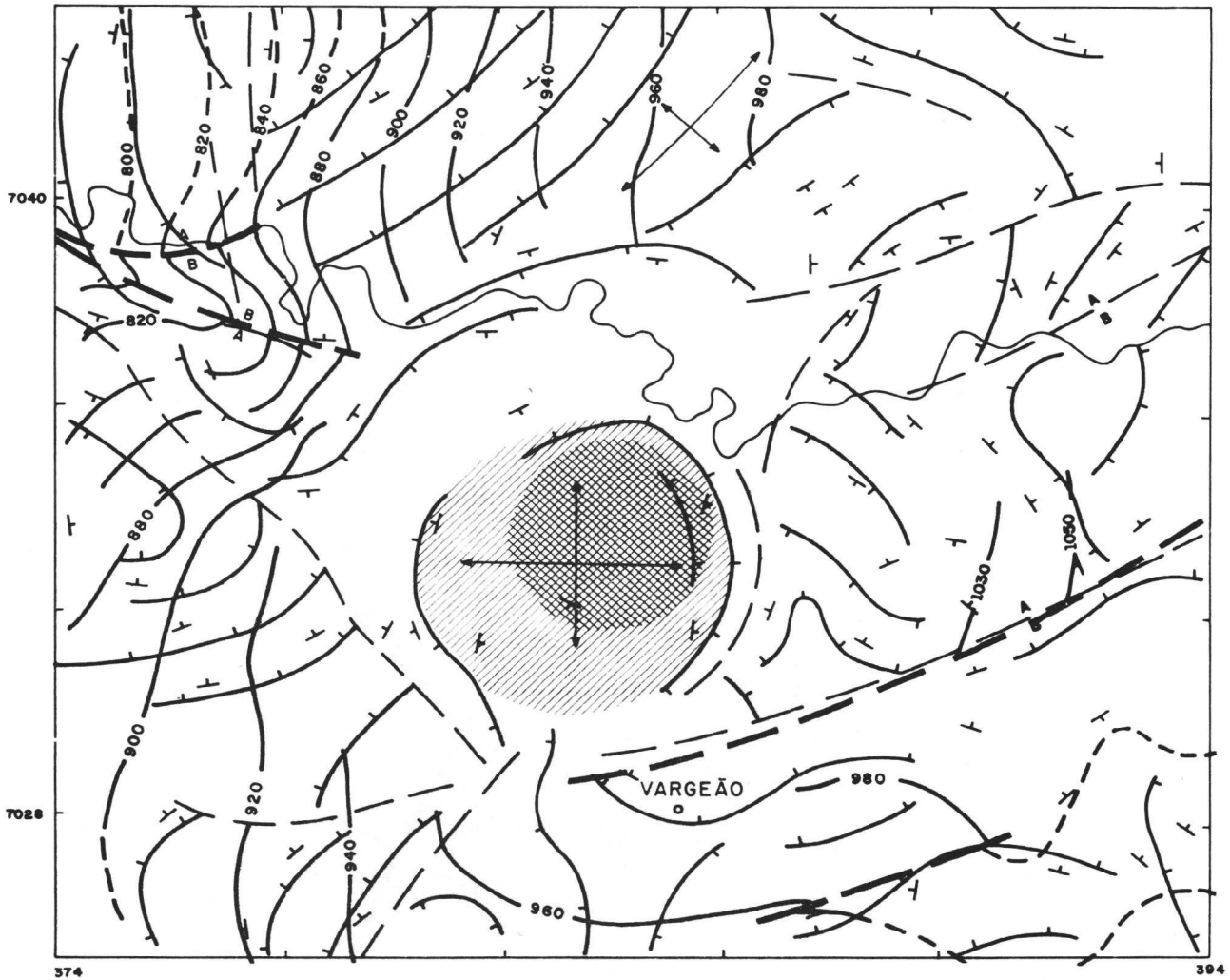


FIG.05 - COMPARAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA GEOLÓGICA OBTIDA COM ANÁLISE MORFOESTRUTURAL E MAPEAMENTO DE DETALHE - ÁREA SEVERIANO DE ALMEIDA



- LEGENDA -

- Localidades..... O
- Drenagem.....
- Linhas de Contorno Estrutural..... 900
- Lineamentos.....
- Falhamentos.....
- Linhas de Forma.....
- Atitudes de Camadas Fotointerpretadas.....
- Estruturas Dômicas.....
- Depressões Estruturais.....
- Anomalias Morfoestruturais.....
- Altos Estruturais (dado de campo).....

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO BLOCO

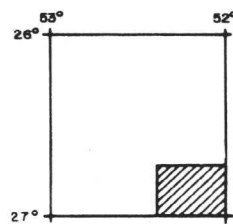


FIG.06 - COMPARAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA GEOLÓGICA OBTIDA COM ANÁLISE MORFOESTRUTURAL E MAPEAMENTO DE DETALHE - ÁREA VARGEM