

MAPEAMENTO GEOLÓGICO EM ÁREAS DE ESPESSA COBERTURA DE LATOSSOLO

C.R.Valente
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Rua 83, nº 38 - 74.000 Setor Sul - Goiânia - GO

P.Veneziani
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - 12.201 - São José dos Campos - SP

RESUMO

A utilização de produtos de sensores remotos (multiespectrais e geofísicos), integrada a dados geoquímicos e geológicos preexistentes, abre novas perspectivas para a detecção e caracterização de unidades litológicas e feições estruturais. Com a disponibilidade de tais produtos e dados desenvolveu-se, em caráter experimental, um trabalho na região de Silvânia (GO), área esta inserida no Projeto Sudeste de Goiás (PLGB) e constituída por terrenos pré-cambriano, de fácies anfíbolito a granulito, com litologias de idades e origens diferentes e filiações vulcânicas, plutônicas e sedimentares. Os principais objetivos deste trabalho foram desenvolver e aperfeiçoar critérios de análise dos atributos espectrais das imagens TM/LANDSAT e integrar os resultados destas análises com os dados geológicos, geofísicos e geoquímicos disponíveis, visando fornecer subsídios para o mapeamento de feições geológicas. Como resultado obteve-se a discriminação de determinadas litologias nem sempre perceptíveis nas fotos pancromáticas devido à cobertura de latossolo e intenso uso da terra. Adicionando-se as técnicas de análise digital aos dados geoquímicos e geofísicos disponíveis, observou-se uma complementação entre os produtos gerados que se mostrou bastante eficiente para a cartografia geológica.

ABSTRACT

The use of remote sensing products (multispectral and geophysical), compled with geochemical and geological data, improve detection and characterization of lithological unities and structural features. The availability of these products, experimentally, led to the development of a workshop an the Silvânia (GO) region, wich is studied by the Goiás Sowtheast Project (PLGB) and composed of Precambrian terrain, in granulitic to amfibolite facies with lithologies of different origin and age, and volcanics, plutonics and sedimentary rocks. The main objectiveis of this work were to develop and aproach analysis criterion for the spectral attributes of TM/LANDSAT images, and to associate these analysis results with available geological, geophysical and geochemical data, aiming geological mapping. As results, certain lithological features often indetectable by pancromatic photography, because of the land use and latosol layers, were distinguished. Digital analysis techniques, added to geochemical and geophysical data, were very effective aproach towards geologic cartography, as these sources of information complemented each other.

1. INTRODUÇÃO

A região de trabalho do presente artigo está contida no Projeto Sudeste de Goiás, resultado do Convênio entre o Departamento N. Produção Mineral - DNPM e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM, como parte dos Levantamentos Geológicos Básicos (LGBS).

A área em estudo ocorre a uma dis

tância de 80 km de Goiânia e localiza-se na região de Silvânia (Fig.1). Caracteriza-se por apresentar um relevo de planalto, com vegetação predominante de cerrado e clima definido por duas estações do ano: uma chuvosa, que vai de outubro a março e a outra seca, entre abril e setembro, tendo ambas igual tempo de duração.

SIL, cópia fotográfica (1:250.000), Folha SE.22-X-B;

- Mapa geológico (1:100.000);
- Analisador de imagens I-100;
- Transferidor Óptico PROCOM-2;
- Magnetômetro GEOMETRICS G-826;
- Cintilômetro SAPHYMO SRAR-SPP2;
- Gravímetro LACOSTE-ROMBERG.

2.2. MÉTODOS

A fotointerpretação foi fundamentada na análise das propriedades dos elementos texturais de relevo e drenagem proposta por Soares e Fiori (1976), Veneziani e Anjos (1932).

Utilização de processamento digital de imagens TM/LANDSAT, com técnicas de realce, nas escalas 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000, através do Sistema Analisador de Imagens GE I-100.

Os slides dos perfis densitométricos foram ampliados e compatibilizados com a escala de trabalho (1:100.000), com auxílio do transferidor óptico PROCOM-2.

Os dados magnéticos terrestres foram corrigidos da variação diurna segundo o datum de 23.950 nT. Os perfis magnéticos e cintilométricos foram executados concomitantemente, com intervalo de leitura de 50m entre estações.

O levantamento dos perfis gravimétricos constou de estações espaçadas de 1 km. Os valores Bouguer foram calculados e referenciados para o valor teórico de uma densidade de 2,678/cm³.

A amostragem geoquímica de sedimento de corrente teve uma densidade média de 1 amostra por 7 km² e foi analisada por espectrografia padrão e espectrometria de absorção atômica.

3. GEOLOGIA DA ÁREA

A geologia da área de Silvânia é divulgada, neste artigo, pela primeira vez. É fruto do mapeamento geológico desenvolvido por Valente (1987-inédito), na escala 1:100.000, com apoio de 80 dias de campo, que integrado aos produtos de sensores remotos e dados geoquímicos possibilitou individualizar seis grandes unidades lito-estruturais, assim denominadas: Complexo Granulítico, Sequência Metavulcano-Sedimentar de Silvânia, Grupo Araxá, Intrusivas e Coberturas Superimpostas Finais (Fig.2).

3.1. COMPLEXO GRANULÍTICO

Este terreno de alto grau metamórfico corresponde, em parte, ao Complexo Basal de Nilson e Motta (1968), Barbosa et alii (1970) e Pena et alii (1975). Na região estudada o Complexo Granulítico foi dividido em duas unidades, em termos de litologias predominantes, uma representada por um domínio de granulitos básicos e a outra por um domínio dos khon

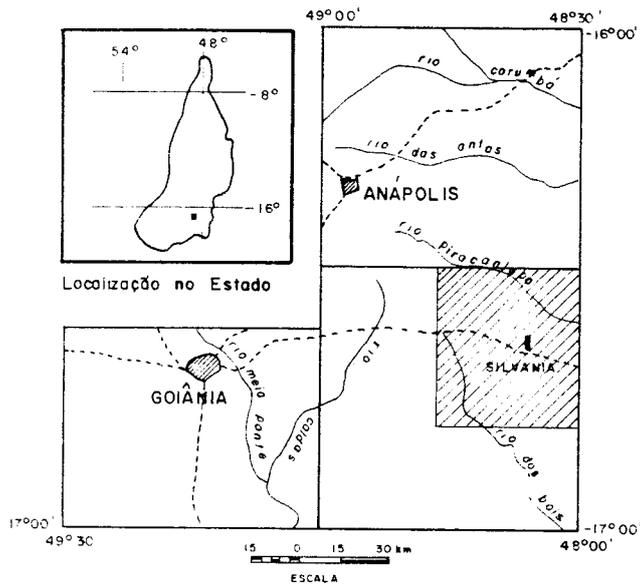


Fig. 1 - Mapa de localização

Este trabalho tem como objetivo principal testar e integrar os dados dos produtos de Sensoriamento Remoto tanto a nível orbital, de aeronaves como terrestre, em área de geologia diversificada, com presença de solos espessos, baixa densidade de afloramentos e intenso uso do solo.

Na execução deste trabalho foram analisadas e interpretadas imagens multiespectrais TM/LANDSAT, radar, aerofotos pancromáticas, imagens resultantes de processamento digital, perfis de magnetometria, cintilometria, gravimetria e dados analíticos de geoquímica.

Os resultados aqui apresentados são preliminares e fazem parte da pesquisa para a Dissertação de Mestrado que está sendo desenvolvida pelo autor. Este trabalho não tem por finalidade o estudo estrutural, lito e cronoestratigráfico das unidades existentes e nem responde às múltiplas questões relativas a ambientes e processos deposicionais das unidades. Estas questões serão enfocadas nos resultados finais da dissertação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS

Para a realização deste trabalho foi necessário o uso sistemático dos seguintes produtos de Sensoriamento Remoto e equipamentos:

- Imagens TM/LANDSAT (1:100.000): Órbita 221/Ponto 72A (WRS) de 14/06/85 e 25/02/86, bandas 3, 4, 5 e 7;
- Imagens de radar do Projeto RADAMBRA

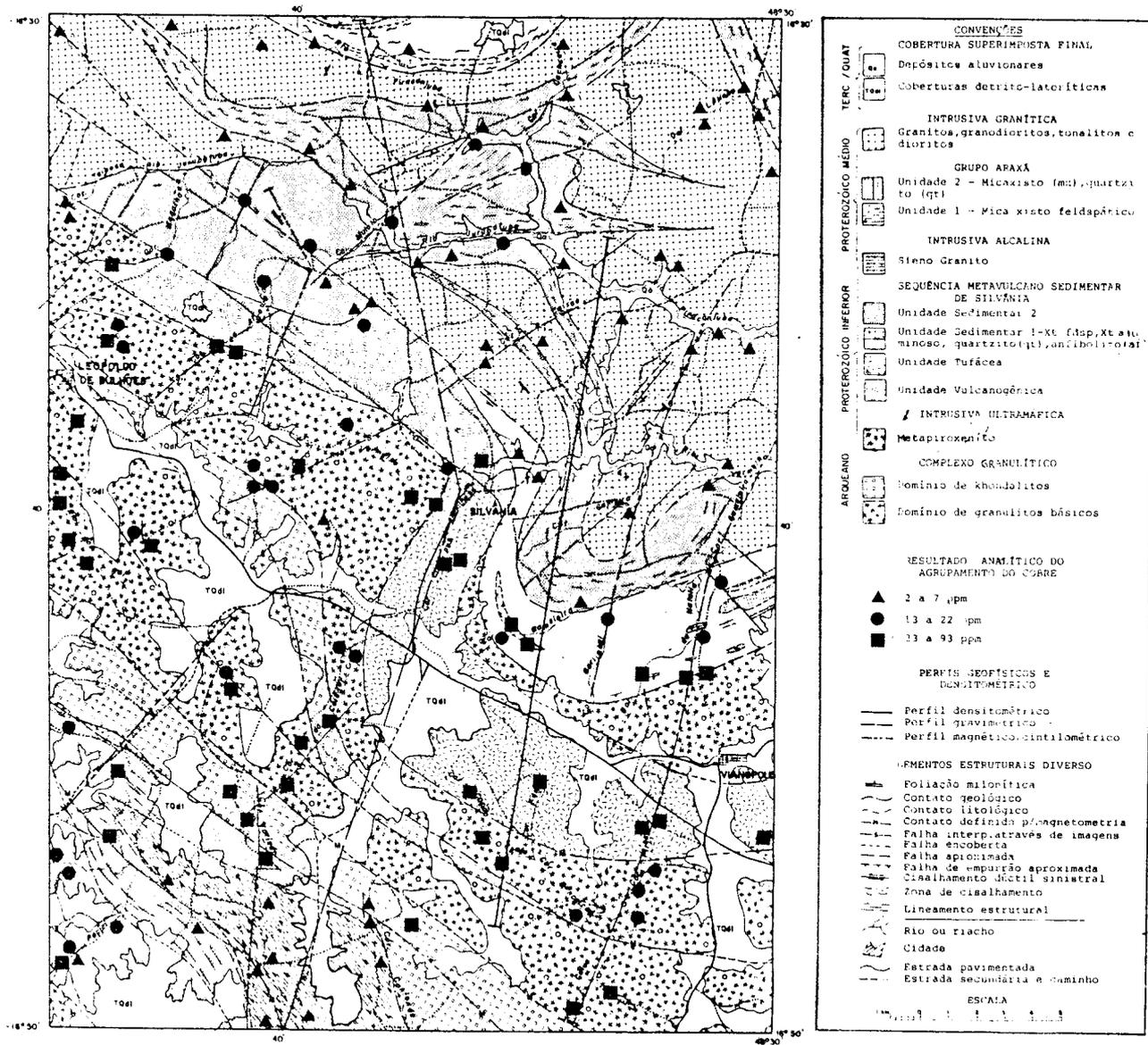


FIG 2 - MAPA GEOLÓGICO INTEGRADO DA REGIÃO DE SILVÂNIA

dalitos. Esta suite metamórfica aflora sob forma de um cinturão alongado de direção geral N40-50W, topograficamente constituída por uma região bastante plana, com altitudes médias em torno de 1.000 m, capeada por um espesso latossolo.

Domínio de Granulitos Básicos - É representado por rochas com paragênese de alto grau metamórfico (fácies granulito), distribuídas em estreitas faixas subordinadas e intercaladas aos gnaisses khondalíticos. As rochas têm cores variando do cinza-esverdeado a verde-escuro, estrutura orientada e textura granoblástica fina e média. Este domínio é constituído por granulitos básicos, plagioclásio granulito, localmente granulitos enderbíticos, com intercalações subordinadas de gnaisses aluminosos da série khondalítica.

Os granulitos básicos compreendem uma assembléia de plagioclásio (An > 50) clinopiroxênio, ortopiroxênio e hornblenda. Para o enderbito ocorrem ainda granada e quartzo. Os piroxênios e o plagioclásio mostram agregados poligonais, exibindo pontos de junção triplíce ("annealing"), com ângulos interfaciais próximos de 120°. Estruturas de "ribbons" às vezes estão presentes evidenciando uma foliação milonítica. Saussuritização do plagioclásio, cloritização da biotita e alteração dos piroxênios à hornblenda, a uralita e carbonato são evidências de retrometamorfismo superimposto.

Domínio de Khondalitos - O termo "Khondalite" foi introduzido na literatura da Índia por Walker (1902) para definir um grupo de gnaisses leucocráticos da fácies granulito, que contém granada e sillimanita (Santosh, 1986). Os khondalitos da região de Silvânia representam um grupo de gnaisses de alto grau metamórfico (originalmente sedimento pelítico-aluminoso), com intercalações subordinadas de granada anfíbolito e granulitos básicos, dispostos concordantemente segundo a orientação principal NW-SE. Estes gnaisses aluminosos possuem coloração cinza com bandas escuras esverdeadas e manchas vermelhas, textura porfiroblástica com matriz granoblástica e estrutura orientada e bandada, geralmente exibem uma foliação milonítica.

As variedades mais representativas da série khondalítica são biotita granada gnaisses com subordinação de biotita-sillimanita-granada gnaisses, localmente cianita-biotita-granada gnaisses, gonditos e lentes de quartzitos com ou sem granada.

Microscopicamente estes gnaisses paraderivados são representados por uma assembléia de quartzo, K-feldspato, plagioclásio, granada, sillimanita, cianita

e biotita.

3.2. SEQUÊNCIA METAVULCANO-SEDIMENTAR DE SILVÂNIA (SVS)

Esta suite de rochas, da fácies epidoto anfíbolito, foi identificada pela primeira vez por Valente (1985), posteriormente, o mesmo autor trabalhando com maior detalhe nesta região discriminou as seguintes unidades lito-estratigráficas:

UNIDADE VULCANOGÊNICA - Constitui a base da sequência. É representada por um vulcanismo diferenciado toloítico a calcio alcalino, constituído por metabasaltos (epidoto anfíbolito, granada anfíbolito) e meta-andesito. São rochas de coloração verde-escura e cinza-esverdeado, textura porfiroblástica a granoblástica muito fina e estrutura orientada.

As metavulcânicas básicas são compostas essencialmente por hornblenda, epidoto, clorita, plagioclásio e granada (localmente). As metavulcânicas intermediárias (meta-andesitos), às vezes apresentam uma textura porfirítica remanescente. A assembléia mineralógica é definida por hornblenda, plagioclásio, quartzo, clorita, biotita, pirita e calcopirita geralmente preenchendo microfaturas. Milonitos e ultramilonitos são frequentes, principalmente nas proximidades das zonas de cisalhamento dúctil.

UNIDADE TUFÁCEA - Corresponde a fácies intermediária da sequência. É melhor exposta nos antigos garimpos de ouro, na cidade de Silvânia e se estende, para leste, até Vianópolis. É representada por intercalações de metatufos intemperizados de composição básica ácida, com variações de clorita xisto granítico e níveis milimétricos a centimétricos de metacherts puros e turmaliníferos.

UNIDADE SEDIMENTAR - Pode ser dividida em duas subunidades: a primeira é essencialmente hiper-aluminosa, constituída por moscovita-biotita-xisto feldspático (metatufos ácidos), às vezes turmaliníferos, níveis de metavulcânicas básicas (anfíbolitos), com gradação para o topo de cianita-clorita-moscovita-biotita xisto, com lentes de agalmatolito, moscovita-quartzo xisto, granada-moscovita-quartzo xisto e moscovita quartzito.

A caracterização da segunda subunidade não está bem definida. A principal dificuldade reside em que seus litotipos encontram-se cisalhados juntamente com os granitos, formando um "conjunto" de difícil identificação no campo, principalmente quando este "conjunto" está ultramilonitizado e intemperizado. Seus limites são inferidos ou aproximados e suas litologias são agrupadas por lito

tipos predominantes, podendo conter "restos" de granitos ultramilonitizado dentro desta faixa. É composta por sedimentos encravados e cortados por granitos, orientados segundo as zonas de cisalhamento sinistral NW-SE, E-W e NE-SW, com foliação milonítica subvertical. Compõe-se por clorita-quartzo xisto, moscovita-quartzo xisto, moscovita xisto feldspático, moscovita-clorita-quartzo xisto feldspatizado, moscovita-granada xisto, ocorrência localizada de anfibólito, níveis de quartzito fino, grafita xisto e lente de agalmatolito.

3.3. GRUPO ARAXÁ

O Grupo Araxá aflora na porção sudoeste da área e foram individualizadas duas unidades distintas: uma de xistos feldspáticos e a outra pelítica-psamítica. A primeira unidade é constituída, predominantemente, por biotita-moscovita xisto feldspático (metagrauvaca), com subordinação de moscovita-biotita-quartzo xisto. A segunda é composta por moscovita quartzo xisto, granada-moscovita -quartzo xisto e moscovita quartzito laminado.

O principal estilo deformacional dos metasedimentos do Grupo Araxá (primeira fase), caracteriza-se por um intenso regime de tectônica horizontal, com dobramentos recumbentes (tipo "de colement"), com eixos sub-horizontais e expressiva deformação dúctil/rúptil, que culmina com as grandes falhas de empurrão, mais evidentes na porção sudeste da Folha Leopoldo de Bulhões e, a sul da área, na região de Caldas Novas onde já foram reconhecidas por Drake Jr. (1980).

4. INTRUSIVAS

Sob esta denominação estão contidas várias rochas ígneas que variam desde o termo ultramáfico a ácido, de diferentes eventos termo-tectônico. As plutônicas mais antigas correspondem aos pequenos corpos de metapiro Xenitos, às vezes talcificados e xistificados, que ocorrem a sudeste da área e encontram-se associados ao Complexo Granulítico (Arqueano).

A segunda geração plutônica possui um quimismo alcalino, sendo representada por um pequeno corpo de sieno granito encaixado na Unidade Sedimentar hiper-aluminosa (Proterozóico Inferior), que ocorre a norte de Vianópolis. Estas duas gerações de intrusivas não serão detalhadas aqui, pois as suas áreas de afloramentos são reduzidas e não têm representadas espectrais nas imagens analisadas.

A terceira geração ocupa uma grande área a norte de Silvânia e Leopoldo de Bulhões. Nesta região, esta suite de

granitos corta a Sequência Metavulcano Sedimentar de Silvânia, é representada por granitos de composição tonalítica, granodiorítica, granítica e localmente diorítica. Apresenta uma foliação desenvolvida, na sua maioria, devido ao intenso cisalhamento dúctil que afetou a área, resultando protomilonitos, milonitos e ultramilonitos, com três direções preferenciais de cisalhamento N50W, E-W e N30E (Foto 1).



Foto 1 - Cisalhamento dúctil sinistral (NW-SE) em granodiorito. Nota-se o aspecto sigmoidal característico da foliação S entre os planos C (paralelos a lapiseira).

Estas rochas possuem coloração cinza-claro, com manchas pretas, às vezes com xenólitos de básicas. Mostra textura gronoblástica média a grosseira e estrutura orientada. A assembléia mineralógica é representada por plagioclásio e/ou k-feldspatos, quartzo e biotita, localmente ocorre hornblenda.

Estes terrenos graníticos orientados e cisalhados sofreram remobilizações em vários ciclos tectono-magmáticos, acompanhados de manifestações de pequenos corpos granitoides, rochas básicas e veios pegmatoides. Foram denominados por Barbosa et alii (1970) de Complexo Basal.

3.5. COBERTURAS SUPERIMPOSTAS FINAIS

O Terciário/Quaternário é caracterizado na região pelas coberturas detri-

to-laterísticas situadas na cota de 1.000m de altitude, capeando com mais frequência o Complexo Granulítico e Grupo Araxá. As aluviões recentes ocorrem ao longo dos rios Vermelho, Jurubatuba e Piracanjuba.

4. RESULTADOS

4.1 GEOQUÍMICA

As amostras de sedimentos de corrente foram analisadas por espectrografia de emissão óptica semiquantitativa para 30 elementos padrão e espectrometria de absorção atômica, incluindo os principais elementos químicos: Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, Co, Fe, Mn. Os resultados analíticos disponíveis foram submetidos inicialmente ao Programa de Agrupamento no Sistema GEOQUANT (Geologia Quantitativa). A análise de agrupamento é uma técnica estatística multivariante que utiliza a similaridade, entre os elementos químicos visando selecionar grupos mais homogêneos possíveis.

Estes resultados quando plotados em mapa refletiram o quimismo das unidades geológicas da área, principalmente as litologias que possuem maior área de afloramento.

Entre os elementos calcófilos o cobre foi o que apresentou melhor resultado, que integrado aos dados do níquel e cobalto mostraram uma eficiência de cerca de 80%, compatível com a realidade geológica da área, mesmo naquelas áreas com espessos latossolos e crosta laterítica.

Este método de análise distinguiu três agrupamentos de cobre na região estudada (Fig.2).

AGRUPAMENTO 1 - Os valores analíticos do agrupamento neste domínio ocorrem entre 2 a 7 ppm de Cu. Neste intervalo estão contidas as áreas dos granitos de composição tonalítica a granítica e os biotita-moscovita xisto feldspático da Unidade 1 do Grupo Araxá.

Outro agrupamento de 8 a 12 ppm ocorre fora da área em discussão.

AGRUPAMENTO 2 - Neste domínio o Cu se situa no intervalo de 13 a 22 ppm. Corresponde as rochas da Unidade Sedimentar 1 e 2 (SVS), a sequência pelítica-psamítica da Unidade 2 (Grupo Araxá) e os paragneisses aluminosos khondalíticos (Complexo Granulítico). Os teores de Cu no sedimento de corrente dos gnaisses aluminosos foram, em parte, mascarados pelos altos valores de cobre dos granulitos básicos, os quais ocorrem intervalados.

AGRUPAMENTO 3 - Os teores desta população se situam entre 23 a 92 ppm de Cu. Estes valores correspondem perfeitamente as rochas do Complexo Granulítico e

as Unidades Vulcanogênica (básica/intermediária) e Tufácea (SVS).

A discriminação geoquímica entre os granulitos básicos e gnaisses aluminosos não foi satisfatória em detrimento da intercalações entre estas litologias, onde os sedimentos de corrente mostrados representam uma média dos valores químicos da área de captação da drenagem, elevando os teores dos paragneisses do agrupamento 2 para o 3.

A resposta também entre os granulitos básicos e as metavulcânicas básicas/intermediárias se situaram na mesma população, talvez devido ao grande intervalo do agrupamento 3 (23 a 92 ppm).

4.2. GEOFÍSICA TERRESTRE

A dificuldade para individualização e diferenciação das unidades geológicas foi o espesso latossolo e a cobertura de crosta laterítica que capeiam as rochas da área, onde aliado ao uso do solo restringiu ainda mais a interpretação e correlação das informações da geologia de superfície, principalmente no Complexo Granulítico. Devido a estes fatores foram executados perfis de magnetometria/cintilometria e gravimetria atravessando todas as sequências litológicas da Folha de L.Bulhões na direção aproximada sudoeste-nordeste, com o objetivo de ampliar as informações geológicas e fornecer subsídios à definição da compartimentação tectônica da área.

GRAVIMETRIA - O levantamento constou de nivelamento geodésico, com estações espaçadas de 1 km, ao longo dos perfis regionais atravessando as Folhas Leopoldo de Bulhões e Anápolis.

O modelamento do perfil gravimétrico regional que passa por Silvânia e se prolonga para norte, na Folha Anápolis, é apresentado na Fig. 3 cuja localização pode ser vista na Fig.2.

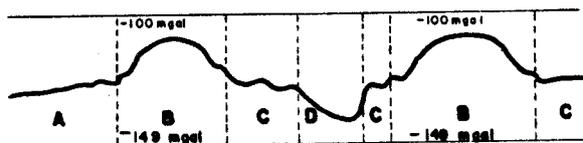


Fig.3 - Perfil Gravimétrico

A - Grupo Araxá; B - Complexo Granulítico; C - Metatufos e metabasaltos/meta-andesitos (SVS); D - Intrusivas Graníticas e metasedimentos da Unidade Sedimentar 2 (SVS)

MAGNETOMETRIA - As anomalias se apresentam bem individualizadas caracterizando litologias, contatos, falhas e sentido de mergulho, conforme mostram

as amplitudes e comprimentos de onda. A interpretação conjunta dos perfis magnéticos da figura 4a e 4b permite delimitar cinco grandes unidades magneticamente diferenciáveis (Fig.4).

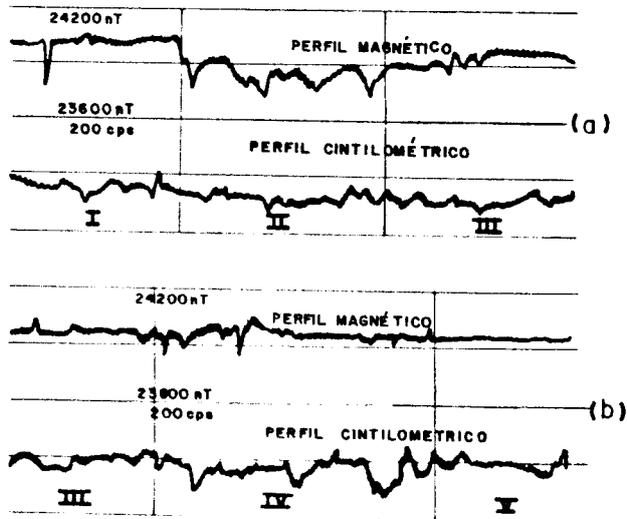


Fig.5 - Perfil Magnético e Cintilométrico.

I - Metassedimentos (Grupo Araxá); II - Granulitos básicos (Complexo Granulítico) III - khondalitos (Complexo Granulítico); IV - Matabasaltos/Meta-andesitos - Unidade Vulcanogênica (SVS); V - Metassedimentos - Unidade Sedimentar 2 (SVS).

Unidade I - É caracterizada por apresentar um gradiente magnético de comportamento suave, orientado segundo NW-SE, com características de um grande falhamento que separa as Unidades I de II. Esta unidade corresponde a região coincidente com os metassedimentos pelítico psamíticos da Unidade 2 do Grupo Araxá.

Unidade II - Caracteriza-se por apresentar um padrão magnético conturbado e irregular, o que evidencia material magnético aflorante. Esta unidade compreende aos terrenos de alto grau metamórfico, representada pelo domínio dos granulitos básicos do Complexo Granulítico.

Unidade III - Magneticamente mostra um relevo menos perturbado que na Unidade II. Geologicamente trata-se dos paragnaisses aluminosos do domínio de khondalitos. As feições mais magnéticas desta unidade corresponde aos níveis intercalados de granulitos básicos.

Unidade IV - O relevo magnético se apresenta com alto gradiente, porém de intensidade inferior à Unidade II e superior à Unidade III. Existe uma correspondência mais nítida com os metabasaltos e meta-andesitos da Unidade Vulcanogênica (SVS).

Unidade V - O relevo magnético é mais regular e mais suave que as demais unidades desta região. Trata-se de uma unidade estrutural bem individualizada no perfil magnético. Corresponde aos metais sedimentos da Unidade Sedimentar 2 (SVS).

CINTILOMETRIA - O "background" ao longo dos perfis está situado entre 30 a 60 cps, corresponde predominantemente à cobertura de solo. Em alguns pontos, principalmente onde aflora os granitos foliados e cisalhados, o nível de radiação atinge pico de até 200 cps devido aos pequenos veios pegmatóides.

O resultado do método muito pouco acrescentou para individualizar corpos e litologias, pois não foi possível correlacionar as unidades geológicas, salvo em algumas áreas de rochas básicas (anfíbolitos e granulitos básicos) aflorantes.

4.3. IMAGENS FOTOGRÁFICAS

ANÁLISE DOS ATRIBUTOS ESPACIAIS

A fotointerpretação da área foi produto da análise de aerofotos pancromática preto e branco (1:60.000), imagens de radar (1:250.000), imagens TM, bandas 3, 4, 5 e 7, escalas (1:100.000) e imagens resultantes do processamento digital (1.100.000, 1:50.000 e 1:25.000).

Além da análise das propriedades dos elementos texturais de relevo e drenagem, os atributos espectrais de imagens TM foram de fundamental importância na individualização de zonas homogêneas, mesmo nas áreas de relevo plano e espesso latossolo. A discriminação e caracterização de algumas litologias só foi possível a partir de informações multiespectrais, tanto a nível visual como digital.

ANÁLISE DOS ATRIBUTOS ESPECTRAIS

Dois conjuntos de fitas magnéticas da estação seca e chuvosa, sofreram processamento digital das seis bandas (1, 2, 3, 4, 5 e 7) do TM-LANDSAT, com objetivo de melhorar a fidelidade da cena através de realce, nas escalas 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000, de feições geológicas sutis de difícil extração para a efetiva análise visual.

Para realçar as feições tonais, linhas, alinhamentos e contatos litológicos foram utilizadas técnicas de realce através de composição colorida, com componentes principais, divisões de canais ("ratio"), IHS, filtragens digitais (passa-altas) e perfis densitométricos (número digital).

As imagens analisadas da estação seca, que apresentaram melhores resultados na discriminação litológica da área em discussão, foram as seguintes: "ratio" + componente principal, bandas 3/1, 5/2, 4, 7, "ratio" + composição colorida, bandas 3/1B, 5/2R, 5/2G e 4G, 3/1R,

5/2B, componente principal das bandas 2, 3, 4, 5, 7 e número digital das razões 3/1, 5/2 e 7/2.

Realces por divisões de canais têm sido utilizados com frequência em investigações geológicas de interesse econômico (Almeida Filho, 1983) e em discriminação litológica (Vitorello e Paradella 1984).

Detalhes sobre técnicas de realce e metodologias de aplicações de processamento digital podem ser vistos nos trabalhos de Gillespie (1980) e Vitorello e Paradella (1984 e 1986).

Apesar das feições geológicas de superfície estarem mascaradas pelo uso do solo, o realce por divisões de canais através do perfil densitométrico das bandas 3/1, 5/2 e 7/2 mostrou-se eficiente na discriminação das variações das unidades litológicas da área (Fig.5).

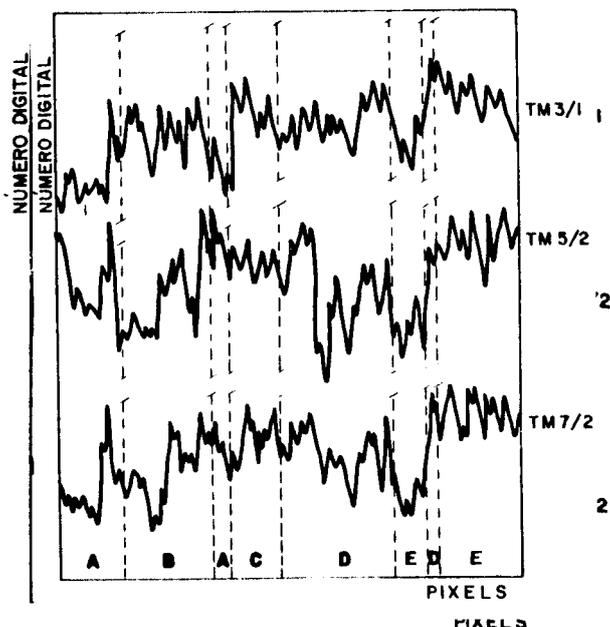


Fig.5 - Valor digital do TM-Seção sul-norte indicada na Fig.2
A - Domínio dos Khondalitos; B - Unidade Tufácea; C - Unidade Sedimentar 1 (SVS); D - Unidade Sedimentar 2 (SVS); E - Intrusivas graníticas.

5. CONCLUSÕES

A interpretação dos dados gravimétricos e magnéticos propiciou reconhecer o comportamento de subsuperfície das propriedades físicas e químicas das rochas da região de Silvânia. Mostrou feições correlacionáveis à tectônica e estrutura da área e possibilitou a indicação da existência de falhas, contatos e variações litológicas.

Falhas, contatos e unidades geológicas encobertos pelo espesso latossolo

e crosta laterítica, sobretudo no Complexo Granulítico e Grupo Araxá, foram detectados e discriminados através dos perfis magnetométrico.

As anomalias radiométricas (cintilométricas) estão correlacionadas às zonas anômalas magnéticas (rochas básicas), aos grandes falhamentos e aos veios pegmatóides.

O quimismo das rochas, através dos dados de sedimento de corrente, foi evidenciado com a utilização do programa de agrupamentos dos elementos químicos. A eficiência deste método como ferramenta auxiliar do mapeamento geológico torna-se mais notável quando se integra os resultados dos elementos Cu, Pb, Zn, Co, Cr, Ni e Mn.

A utilização de imagens TM multiespectrais e sazonais (estação chuvosa e seca) foi de real importância para a discriminação visual de determinadas litologias. Entre os produtos fotográficos utilizados, a imagem do período chuvoso, banda 7, foi a que melhor realçou a sequência pelítica-psamítica e os xistos feldspáticos do Grupo Araxá que ocorre na área.

O processamento digital de imagens que forneceu melhor resultado, compatível com a geologia da área em estudo, foi o realce de razões de canais ("ratio") associado a composição colorida ou componente principal, utilizando as razões 3/1, 5/2, 5/7 e 7/2.

O perfil densitométrico (número digital) através das razões dos canais 3/1, 5/2 e 7/2 foi o método de realce mais eficiente na discriminação de unidades litológicas, cujos resultados foram compatíveis com as informações dos perfis de magnetometria terrestre, mesmo nas áreas onde a geologia é mascarada pela espessa cobertura de latossolo e intensa atividade antrópica. A eficiência e o rápido tempo de resposta das informações deste método constitui uma ferramenta de trabalho de baixo custo e efetividade para mapeamento geológico regional e de detalhe.

A integração conjunta dos diferentes produtos de sensoriamento remoto (multiespectral e geofísico), aliados aos dados geoquímicos e geológico revelou uma nova técnica de grande eficiência na cartografia geológica básica, principalmente nas áreas de difícil mapeamento, com espesso manto de intemperismo, crosta laterítica e intenso uso do solo.

Agradecimentos - Os autores expressam seus agradecimentos aos geólogos Murilo, Renato de Andrade, Joffre Valmório, Cipriano Cavalcante (SUREG-GO/CPRM) pelas discussões e informações que contribuíram para o enriquecimento do artigo.

go e ao Dr. Edison Crepani (INPE/MCT) pelas críticas, sugestões e revisão do texto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA F^o, R. Sensoriamento remoto orbital aplicado à prospecção mineral em corpos graníticos das províncias es-taníferas de Goiás e de Rondônia: uma contribuição metodológica. São Paulo, (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências. USP), 158p, 1983.

BARBOSA, O. et alii - Projeto Goiânia. Rio de Janeiro. Prospec/Dep. Nac. Prod. Min. 75 p - 1970

DRAKE JR, A.A. The Serra de Caldas Window, Goiás - Geological Survey Professional Paper 111 - A. Washington; U.S. Government Printing Office, 11p, 1980.

GILLESPIE, A.R. Digital techniques of image enhancement. In: SIEGAL & GILLESPIE (eds.), Remote Sensing in Geology, N.Y: Wiley, cap. 6, p.137-226, 1980.

NILSON, A.A. & MOTTA, J. Piroxenito e gnaisses gábricos de facies granulito no Complexo Basal Goianira - Trindade, Goiás. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 22 - Soc. Bras. Geol., 289 p, 1968.

PARADELLA, W.R. O significado litológico da informação espectral e temporal (sazonal) de dados digitais MSS do satélite Landsat-3 para o baixo Vale do Rio Curaça, Bahia. Rev. Bras. Geoc.; 16 (2): 335-348, 1986

PENA, G.S. et alii. Projeto Goiânia II. Relat. Final. Goiânia. Dep. Nac. Prod. Min./Comp. Pesq. Rec. Min. 5 v, 1975.

SANTOSH, M. Nature and evolution of metamorphic fluids in the Precambrian Khondatites of Kerala, South India. Amsterdam. Precambrian Research, 33 (4): 283 - 301, 1986.

VALENTE, C.R. Projeto mapas metalogênicos e de previsão de recursos minerais. Folha Goiânia. Comp. Pesq. Rec. Min./Dep. Nac. Prod. Min. Goiânia, 1985.

VALENTE, C.R. Relatório de Progresso da Folha Leopoldo de Bulhões - Projeto Sudeste de Goiás - Rel. interno. [inédito], 1987.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. dos. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia - INPE 2227 - MD/D14 - 61 p. 1982.

VITORELLO, I. & PARADELLA, W.R. Methodological approach in lithological discrimination by digital processing: a case study in Serra do Ramalho, State of Bahia. Int. Soc. Photog. and

Remote Sensing Symposium, Rio de Janeiro (INPE - 3108-PRE/507), 1984.

WALKER, T.L. The Geology of Kalashandi, Central Provinces. Min. Geol. Surv., India: 33 p, 1902.