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

WALDIR RENATO PARADELLA*

ABSTRACT Spectral and seasonal information from computer enhanced MSS Landsat 3 data were evaluated within the context of lithological discrimination in the lower valley of Curaça River, State of Bahia, Northeast of Brazil. The chosen area is made up of low to high Archean-Proterozoic metamorphic rocks and constitutes part of the important copper province of the Curaça Valley, 100 km north of the Caraíba Copper Mine. The vegetation is represented by the *caatinga*, typical of the Brazilian semi-arid environment with variable cover density and marked seasonality. The occurrence of rock outcrops is not high. Several digital enhancement techniques were applied including: (1) Linear Contrast Stretch; (2) Stretched Band Ratio and (3) Principal Component Transformation. These techniques allowed to emphasize subtle differences in the spectral reflectance of the surface which were good indicators of the changes in the residual soil compositions and geobotanical controls given by variations in the vegetation cover well-correlated with the lithological variations of the substratum. The observed brightness and gray patterns were exceptionally well correlated with the lithological units mapped by conventional methods in the 1:50,000 scale and provided additionally new contributions to the geological knowledge of the area. The spectral measurements collected in situ for the surface conditions of rock units and in the laboratory for soil samples showed to be compatible with the data registered by the Landsat MSS CCT's and provided additional information to the understanding of the causes of the variations in the registered spectral data. The analysis of the orbital data from the dry season was not sufficient to express the lithological differences, but the multiseasonal approach was of great value.

INTRODUÇÃO Dados digitais MSS dos satélites do Programa Landsat (detalhes sobre o Programa, Paradella & Vitorello 1982) têm sido utilizados com sucesso em propósitos de discriminação litológica (Rowan *et al.* 1974, Goetz *et al.* 1975, Blodget *et al.* 1978, Dykstra & Birnie 1979, Rothery 1984, entre outros). Tais resultados têm sido obtidos, inegavelmente, sob condições particularmente favoráveis, isto é, extensas exposições de rochas, com reduzida presença de alterações, ausência de atividades antrópicas e de cobertura vegetal, geralmente em áreas restritas a ambientes desérticos.

Como tais condições não são comuns em nosso ambiente, a pesquisa foi dirigida no sentido de avaliar em que extensão padrões de radiação espectral (simplificadamente, corresponde à porção espalhada da radiação eletromagnética solar incidente no terreno, sendo em primeira ordem dependente da reflectância dos alvos na superfície), coletados pelo MSS-Landsat 3 e gravados digitalmente em fitas magnéticas, poderiam ser usados na discriminação de litologias presentes no baixo vale do Rio Curaça, Estado da Bahia. Esta área-teste, de característica tropical semi-árida, é parte da importante província cuprífera de Caraíba, sendo representativa dos extensos terrenos arrasados antigos do Nordeste. Sua geologia é complexa e suas unidades litológicas estão cartografadas na escala de 1:50.000. A presença de solos e produtos de alteração de rochas, a baixa densidade de afloramento, particularmente para algumas unidades de alto grau metamórfico, e a ocorrência de vegetação natural de *caatinga*, com marcada sazonalidade e variação do recobrimento, configuram variáveis interessantes, cujas influências nas respostas espectrais de litologias detectadas pelo Landsat merecem ser investigadas.

A abordagem baseou-se em dados multi-sazonais do MSS-Landsat 3, realçados digitalmente por computador. Os vários produtos tratados foram interpretados visualmente, confrontados com dados prévios e verificados em campo por observações de afloramentos, de perfis pedológicos e levantamentos de cobertura vegetal. Análises petrográficas, físico-químicas de solos e espectrorradiométricas de campo e laboratório, de amostras representativas das unidades litológicas foram também usadas.

Todo o processamento digital foi desenvolvido pelo autor no Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais (LTID), do INPE, com o Analisador I-100 (GE 1975), através de um PDP 11-45.

O VALE DO CURAÇA Considerações gerais A área de pesquisa, com 900 km² aproximadamente, está situada 100 km ao norte da mina de Caraíba. O clima é semi-árido (categoria BSw^h de Köppen), em um domínio pediplanizado, de solos predominantemente rasos e autóctones, que refletem com frequência, pela cor e textura, o substrato (Leube 1972, Delgado & Souza 1975, Mattoso 1975).

A vegetação é representada por espécies de *caatinga* xerófilas/hiperxerófilas, notando-se certa seletividade da flora em relação ao tipo de solo, observada por vários autores. Assim, associações de pinhões, matapasto, catingueiras, quipás, baraúna e imburana são mais comuns em solos de rochas máfico-ultramáficas enquanto xique-xique, favela, cansança, carqueja, calumbi e jurema são mais frequentes nos solos areno-argilosos derivados de gnaisses e migmatitos. Nos aluviões dos riachos mais expressivos, caraibeiras, angicos, juazeiros e quebra-facas predominam. A cobertura vegetal tende a ser mais densa nas unidades silicosas que nas máfico-ultramáficas (Lewis Jr. *et al.* 1964, Leube

* Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE. Caixa Postal 515, CEP 12201, São José dos Campos, SP, Brasil

1972, Mattoso 1975).

Aspectos litoestratigráficos À exceção dos depósitos recentes, o Baixo Vale do Curaçá encerra fundamentalmente rochas de idades proterozóicas superiores a arqueanas.

Uma análise bibliográfica de contribuições que abordaram a litologia e a cartografia geológica na área de estudo permite discernir três fases de conhecimento. Assim, Barbosa *et al.* (1964) reconheceram unidades litoestratigráficas que compõem quatro grandes grupos: Caraíba - basal, com migmatitos, leptinitos, calcários sacaróides, granitos, granodioritos, tonalitos e corpos básico-ultrabásicos mineralizados a cobre; Macururé - micaxistos, paragneisses, quartzitos micáceos; Canudos - filitos, xistos carbonáticos, calcários; e Bambuí - essencialmente calcários pouco metamorfizados. Manifestações sieníticas foram reconhecidas na Serra Redonda.

A segunda fase está ligada aos resultados obtidos entre 1967 e 1972 pelo convênio Missão Geológica Alemã - Sudene. Jordan (1968) analisou as relações entre os grupos Canudos e Bambuí, na Serra da Cana Brava, e concluiu por uma transição gradual entre um pacote superior de mármore/calcários e rochas mais fíliticas subjacentes, pertencentes ao mesmo ciclo deposicional. Em 1971 esse autor propôs um modelo evolutivo para a área, por uma sequência micaxisto-gnaissica (superior) e mármore-filítica (inferior), constituindo o Sinclínio do Curaçá.

Leube (1972), analisando aspectos litológico-petrográficos do Grupo Caraíba, ressalta a presença de gnaisses bandados com anfíbolitos no centro-sul da área-teste e de uma variedade de gnaisses caracterizada pelo elevado teor de ortopiroxênio e anfíbolitos a noroeste da Serra Redonda. Nas bordas da serra, devido a ações tectônicas, são observados metassienitos e sienitos xistificados que, sob extremo tectonismo, mostram estruturas cataclástico-miloníticas.

A última fase de contribuições advém dos resultados de Delgado & Souza (1975), quando foram levantadas as folhas de Curaçá e Barro Vermelho, na escala de 1:25.000, nas quais constam uma subdivisão litoestratigráfica do Grupo Caraíba, representada por uma sequência basal (Sequência Rio Curaçá) e uma superior (Sequência Tanque Novo), de idades arqueana-proterozóica média. Para o Grupo Canudos, admitido como do Proterozóico Superior, foi proposta uma subdivisão nas unidades Vermelho e Veneza.

A Sequência Rio Curaçá ocorreria em uma faixa meridiana no centro da área, representada por uma de suas cinco unidades regionais - a Unidade Cachoeira, predominantemente constituída por migmatitos estromáticos. A Sequência Tanque Novo foi subdividida nas unidades Banguê e Bogó. A Unidade Banguê, basal, repousaria discordantemente sobre a Unidade Cachoeira, com contatos parcialmente falhados, sendo caracterizada por gnaisses (biotita-gnaisses, biotita-hornblenda-gnaisses) com intercalações anfíbolíticas. Já a unidade superior Bogó representaria uma sequência de paragneisses (quartzo-feldspato-gnaisses), ocorrendo no extremo sudoeste da área de estudo. Associados a esta unidade ocorreriam quartzitos ferruginosos, cálcio-silicatados sendo rara a presença de corpos máfico-ultramáficos.

O Grupo Canudos constituiria uma sequência de baixo grau com filitos, micaxistos e metacalcários/mármore. A Unidade Vermelho, basal, apresentaria litologias que variam de calcários a xistos carbonáticos, com relações de contatos transicionais e parcialmente falhados com os micaxistos sobrepostos da Unidade Veneza. No extremo nordeste da

área-teste, micaxistos a granada e albita-gnaisses (gnaisses de baixo grau) são também indicados.

Muito embora seja uma das regiões com maior taxa de informações geológicas no país, trabalhos recentes sobre modelos evolutivos para o Vale do Curaçá indicam que um consenso ainda não está estabelecido ao se considerarem aspectos litoestratigráficos, metamórficos e estruturais (Lindenmayer 1981, Hasui *et al.* 1982, Jardim de Sá *et al.* 1982). Em face dos propósitos da pesquisa, as discussões seguintes terão como referência o mapa da figura 1, que integra as informações de cartografia litológica da área de estudo disponíveis na literatura até a data do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÕES Processamento digital das imagens

Dois conjuntos de fitas magnéticas dos quatro canais MSS do Landsat 3 (MSS 4, MSS 5, MSS 6 e MSS 7), um da estação seca (23 de novembro de 1978) e outro da chuvosa (21 de fevereiro de 1979) sofreram inicialmente processamentos preliminares de correção de ruídos adquiridos durante a aquisição e gravação das imagens. O tratamento digital propriamente dito restringiu-se às técnicas de realce no domínio espectral, embora fossem evidentes vários sistemas de lineamentos nas imagens, que poderiam ser tratados no domínio espacial por filtragens digitais e explorados estruturalmente. Detalhes sobre técnicas de realce e metodologias de aplicação de processamento digital com dados MSS-Landsat podem ser vistos nos trabalhos de Gillespie (1980) e Vitorello & Paradella (1984). A seguir são discutidos os principais aspectos litológicos dos produtos realçados, sempre com referência ao mapa da figura 1, devendo ser mencionado que, em face das restrições de documentação fotográfica, não serão analisados resultados com composições coloridas.

AMPLIAÇÕES LINEARES DE CONTRASTE (estação seca)

Este tipo de realce consiste em uma transformação matemática em cada canal original, isoladamente, expandindo o intervalo inicial de informação da cena para todo o intervalo possível de representação dos níveis digitais, ou 256 gradações entre o nível 0 (preto) e o nível 255 (branco ou saturado). A mais simples desta transformação é linear, sendo o valor do *pixel* (unidade de informação digital) transformado dado pela relação:

$$VD_s = \frac{VD_e - \text{Mín}}{\text{Máx} - \text{Mín}} \times 255 \quad (1)$$

em que: VD_s = valor do *pixel* transformado

VD_e = valor do *pixel* original

Mín = mínimo valor digital escolhido pelo usuário

Máx = máximo valor digital escolhido pelo usuário

Os valores Mín e Máx correspondem ao intervalo original de informação na cena que se pretende expandir.

Na prancha 1 são mostrados os resultados obtidos pelos realces por ampliações lineares de contrastes (ALC) para os canais originais MSS Landsat da época seca.

A análise visual desses produtos permite várias constatações. Inicialmente, observa-se uma aparente redundância de informações entre as quatro bandas, especialmente entre os canais do visível (MSS 4 e 5) e os do infravermelho (MSS 6 e 7). Os cursos de drenagens de maior importância são associados normalmente à vegetação perene-folia, indicados pela comparação entre canais do visível e infravermelho. Como exemplo, o trecho médio do Riacho da Melancia.

Figura 1 - Geologia do baixo vale do Curacá, Bahia (mapa simplificado e adaptado aos propósitos da pesquisa a partir de Jordan 1968, Leube 1972 e Delgado & Souza 1975)

Prancha 1 – Canais originais MSS-Landsat (estação seca) realçados por ALC: 1A, MSS 4; 1B, MSS 5; 1C, MSS 6; 1D, MSS 7. Pontos de referência discutidos no texto

apresenta-se com níveis escuros no canal 5 e claros no canal 7 (ponto 1, Fotos 1B e 1D), ligados ao comportamento de vegetação verde, a qual exibe, com maior intensidade, processos de absorção e reflexão da radiação eletromagnética solar incidente, respectivamente, nestas faixas espectrais (Colwell 1974, Gausmann 1977, Goetz *et al.* 1983).

Depósitos aluvionares (unidade *Qa* na figura 1) mostram normalmente respostas elevadas nos quatro canais (ponto 2, Foto 1B), um comportamento similar a materiais félsicos, cujos padrões de reflectância são elevados no visível e no infravermelho próximo (Hunt *et al.* 1973). Por outro lado, às unidades elúvio arenoso grosso (*Qe*) e calcário secundário Formação Caatinga (*Qca*) estão associados níveis escuros nos quatro canais, desconhecendo-se, sem dados de campo, as causas destas respostas (pontos 1 e 2, Foto 1C). Finalmente, com níveis elevados nos quatro canais é detectável a unidade areno-argilosa calcífera (*Qc* na figura 1 e ponto 3, Foto 1C).

A linha de contato entre os metamorfitos dos grupos

Canudos e Macururé, no nordeste da área-teste, é bem definida nos realces (ponto 3, Foto 1B), embora a continuidade deste traçado para norte, como proposta nos mapas prévios não seja confirmada pelos padrões de imagens. O melhor contraste entre estes dois grupos ocorre no canal 7 (Foto 1D), onde níveis mais escuros e homogêneos se associam aos micaxistos/albita-gnaisses do Grupo Macururé e níveis mais claros, em padrão heterogêneo, aos filitos/micaxistos do Grupo Canudos. Com base na constatação de Delgado & Souza (1975) de que as áreas do Grupo Canudos são cobertas por pavimentos de seixos com óxidos de ferro, as heterogeneidades tonais presentes indicariam variações nesta cobertura superficial ou diferenças de densidades de caatinga seca, ou ambas. Outro aspecto observado refere-se à presença de áreas claras, destoantes do padrão tonal geral, nesta unidade de filitos/micaxistos Canudos, que indica condições superficiais distintas que devem ser investigadas do ponto de vista litológico (áreas de filitos ao redor da Serra

da Cana Brava e uma região, em forma aproximadamente triangular, a sudoeste da Fazenda Humaitá, pontos 4 e 5, Foto 1C, respectivamente).

As áreas de ocorrências dos calcários e mármore do Grupo Canudos são detectadas nos serrotes da Melancia e Salina, particularmente nos canais do visível (pontos 1 e 2, Foto 1A, respectivamente). Este comportamento sugere uma associação dessas litologias com cobertura vegetal de folhagem verde, quando do imageamento na estação seca, o que causaria as absorções nestas bandas e promoveria o contraste com as unidades vizinhas. Já para a faixa de ocorrência da unidade, no extremo sudoeste da área-teste, a dificuldade de detecção não permite, com precisão, o traçado do contato com a unidade de gnaisses quartzo-feldspáticos Bogó (ponto 3, Foto 1B).

A análise dos padrões tonais detectados para as áreas de ocorrência do Grupo Carafba, particularmente para as unidades Cachoeira e Banguê, indica que tais respostas não são controladas pela cobertura vegetal. Por exemplo, a Unidade Banguê, de caráter mais máfico, apresenta-se normalmente com níveis mais escuros, particularmente nos canais 6 e 7 (Fotos 1C e 1D), do que a faixa central meridiana da Unidade Cachoeira, mais félsica. Essas diferenças devem refletir variações composicionais ligadas em primeira ordem à associação "solo + rocha", já que esses comportamentos espectrais seriam atípicos para a vegetação verde (absorções no visível e elevada resposta no infravermelho próximo) e seca (absorção nos quatro canais). Cabe ressaltar, entretanto, que a análise visual dos realces não permite precisar com confiança os limites dessas unidades, principalmente suas relações de contato.

A unidade quartzo-feldspato gnaisses Bogó, como já se discutiu, confunde-se em grande parte com os mármore e calcários do Grupo Canudos, no sudoeste da área de estudo. Também uma área de elevada resposta, não correlacionada com os dados prévios, ocorre envolvendo a Serra Redonda, registrando possivelmente contribuições félsicas (ponto 3, Foto 1D). Áreas de corpos máfico-ultramáficos e quartzitos ferruginosos, com dimensões compatíveis com a resolução espacial do MSS-Landsat 3, podem ser detectadas pelos níveis escuros (ponto 4 e 5, Foto 1D). Tais padrões seriam causados por processos de absorções de energia incidente nessas litologias e solos associados, ligados a transições eletrônicas na presença de íons de ferro e pela participação de opacos, particularmente magnetita (Hunt 1977).

Conquanto a análise visual dos realces forneça uma boa resposta na discriminação litológica, a redundância de informações e a ausência de definição de alguns contatos impõem a necessidade de uso de outros tipos de realces digitais.

DIVISÕES DE CANAIS (estação seca) Este tipo de realce tem sido utilizado com frequência em investigações geológicas, particularmente na identificação de áreas de interesse econômico associadas com limonita (Rowan *et al.* 1974, Lyon 1975); áreas de greisens com mineralizações estaníferas (Almeida Filho 1983); e em discriminação litológica (Vitarello & Paradella 1984). Divisões de canais são importantes porque tendem a diminuir, em primeira aproximação, diferenças de respostas nas imagens, atribuídas a efeitos topográficos, ou seja, o valor digital correspondente à razão entre as radiancias passa a ser independente da orientação topográfica do alvo em relação ao sol e linearmente proporcional ao cociente das reflectâncias. Maiores

detalhes sobre este assunto podem ser vistos nos trabalhos de Holben & Justice (1980) e Kowalik (1981).

Em sua forma mais simples, a divisão de canais pode ser expressa por:

$$L_s = \frac{L_1}{L_2} a + b \quad (2)$$

em que L_s é o valor digital do novo *pixel* obtido; L_1 e L_2 são os valores dos *pixels* nos dois canais originais; e a e b são ganho e *offset* fornecidos pelos usuários. O termo a da equação tende a evitar maiores truncamentos na conversão de valores decimais da divisão L_1/L_2 para valores discretos (digitais). Já o termo b evita saturações e redistribui os valores da divisão no intervalo dos 256 níveis digitais.

Nessas imagens, os extremos de escalas de cinza representam as maiores diferenças em radiancia espectral. Assim, áreas mais claras são aquelas cujos numeradores na divisão são maiores que os denominadores, ocorrendo o inverso para as áreas mais escuras.

Na prancha 2 são mostrados os seis canais obtidos com as divisões de bandas originais da estação seca, sem considerar permutações inversas, que seriam redundantes.

A análise da contribuição das divisões de canais quando comparada com a dos realces anteriores revela aspectos valiosos por um lado e ambigüidades e redundâncias por outro.

Assim, áreas de vegetação verde são bem indicadas na divisão 5/7, como níveis escuros, e na divisão 4/5 com os níveis claros (ponto 1, Fotos 2E e 2A, respectivamente).

As áreas aluvionares (unidade Qa do mapa geológico da figura 2) são mostradas nos canais 5/7 como níveis brancos, que se confundem com as áreas de cobertura calcífera (Qc) e mesmo com regiões da unidade gnaiss Banguê (pontos 2, 3 e 4 na Foto 2E, respectivamente), o que mostra ambigüidade desta divisão, igualando respostas de materiais pretensamente distintos. A separação entre Qc e Qa é possível nos canais 4/5, 4/6 e 4/7 (pontos 2 e 3, Foto 2A; 1 e 2, Foto 2B; e 1 e 2, Foto 2C, respectivamente). Entretanto, a unidade Qc confunde-se com as faixas de filitos da borda da Serra da Cana Brava e do sudoeste da Fazenda Humaitá por padrões similares nos canais 4/5, 5/7 e 6/7 (pontos 2, 4 e 5, Foto 2A; 3, 5 e 6, Foto 2E; e 1, 2 e 3, Foto 2F).

Já a unidade de elúvio arenoso grosso (Qe) é caracterizada nos canais 4/5 e 4/6 (pontos 6 e 3, Fotos 2A e 2B, respectivamente).

O calcário secundário (Formação Caatinga) e a unidade de filitos/micaxistos do Grupo Canudos confundem-se em todas as razões analisadas como também é de difícil percepção o contato entre os grupos Mucururé e Canudos, no extremo nordeste da área-teste, embora presente nas divisões 4/5, 4/6 e 5/7 (ponto 7, Foto 2A). A unidade de calcários e mármore Canudos é mais bem detectada nas bandas 5/7, sendo possível demarcar seu contato com os gnaisses Banguê (ponto 7, Foto 2E).

Um aspecto extremamente desvantajoso das divisões de canais em relação aos canais originais é a impossibilidade de detecção dos corpos máfico-ultramáficos e cálcio-silicatados. Com efeito, em nenhum dos produtos analisados foi viável caracterizar a geometria dessas litologias com óbvias consequências na aplicação desses realces na prospecção mineral da área. Os aspectos positivos dessas imagens estão, entretanto, ligados às informações fornecidas na caracterização das unidades do Grupo Carafba.

Prancha 2 – Divisões de canais MSS realçadas por ALC (estação seca) 2A, MSS 4/5; 2B, MSS 4/6; 2C, MSS 4/7; 2D, MSS 5/6; 2E, MSS 5/7; 2F, MSS 6/7. Valores de ganho e offset utilizados nas divisões foram 200 e 50, respectivamente. Pontos de referência discutidos no texto

A Unidade Banguê, com níveis de cinza-claro em todas as divisões, indica um comportamento espectral de reflectância decrescente do canal 4 para o 7, condizente com uma filiação mais máfica. Para os quartzofeldspato-gnaisses Bogó, o comportamento exibido é o oposto, isto é, o menor brilho nas divisões, com um padrão ascendente de gradiente de reflectância espectral do visível ao infravermelho próximo, ajusta-se à tendência teórica de comportamento observado para unidades mais félsicas. A unidade migmatítica Cachoeira estaria com um padrão intermediário aos dois conjuntos discutidos. Este padrão de disposição para a Unidade Banguê, rica em intercalações anfibolíticas, aproxima-se também dos resultados obtidos com divisões MSS-Landsat por Blodget *et al.* (1978) para unidades anfibolíticas na Arábia Saudita, com níveis mais claros nos canais 4/5, 5/6 e 6/7. Além disso, em todas as divisões, especialmente em 4/5, 4/6 e 4/7, o contato entre as unidades Cachoeira e Banguê fica mais bem definido, sendo também observados *enclaves* discrepantes nesta última unidade, que sugerem participações mais félsicas (pontos 4, Foto 2B).

COMPONENTES PRINCIPAIS (estação seca) Dentro dos propósitos da pesquisa, realces por componentes principais foram também avaliados. Maiores detalhes sobre este tipo de técnica podem ser buscados em Santisteban & Munoz (1977) e Câmara Neto *et al.* (1980). Como implemento no I-100, é computada uma transformação linear ortogonal C , tal que $Y = CX/X$ é um canal (variável) original MSS, C é a matriz de transformação linear $q \times p$, em que $q \leq p$ e Y é o novo canal ou componente principal obtido. C é a matriz de transformação ou matriz dos autovetores, obtida a partir da matriz de variância/co-variância dos *pixels* dos canais originais. A prancha 3 mostra os novos canais obtidos, para a estação seca, com as respectivas porcentagens de informações relativas às bandas originais ou autovetores.

A análise desses realces permite várias constatações. O primeiro componente (Foto 3A), normalmente associado ao brilho (albedo), mostra regiões de drenagens com vegetação verde que se confundem com áreas das unidades elúvio-arenoso grosso (Qe), calcário caatinga (Qca) e com as grandes extensões dos grupos Canudos e Macururé, todas com níveis elevados de brilho. A detecção de corpos máfico-ultramáficos, cálcio-silicatados e quartzitos ferruginosos é perfeita, porém discriminações entre esses corpos são inviáveis pelas similaridades de respostas (pontos 1, 2 e 3, Foto 3A, respectivamente). Finalmente, áreas de calcários e mármores do Grupo Canudos confundem-se em parte com gnaisses máficos da Unidade Banguê e áreas migmatíticas da Unidade Cachoeira.

O segundo componente (Foto 3B) permite um melhor entendimento das gradações presentes e fornece valiosos resultados ligados ao Grupo Caraíba. Desta forma, o aspecto marcante neste realce é a definição nítida dos contatos entre as unidades Banguê e Cachoeira (ponto 1, Foto 3B). Como consequência, a localização do traçado ocidental do contato entre essas unidades mostra discrepância em relação ao mapa da figura 1, sendo realçado neste componente um traçado situado mais a oeste do que o cartografado previamente. Quanto à Unidade Banguê, são evidentes áreas desviadas do padrão tonal geral da unidade, que enfatiza regiões de diferenças superficiais significativas (ponto 2, Foto 3B). Finalmente, a análise visual indica uma mudança gradativa no comportamento espectral da Unidade Banguê em sua continuidade oriental, não caracterizada nos mapas prévios (pontos 3, Foto 3B).

O terceiro componente (Foto 3C) mostra em grande destaque as áreas de drenagens, integrando respostas bem distintas de vegetação verde e de aluviões em um só nível escuro de brilho. As regiões de ocorrências de Qc e filitos/micaxistos do Grupo Canudos são detectadas, mas se confundem no brilho comum elevado (ponto 1, Foto 3C). Por último, o contato entre as unidades Bogó e mármores e calcários do Grupo Canudos é bem visível no extremo sudoeste da área. O quarto componente não forneceu informações relevantes, sendo portanto desconsiderado nesta análise.

REALCES ESPECTRAIS DA ESTAÇÃO CHUVOSA Admitindo-se que os 246 mm de precipitação, medidos na estação da Embrapa em Bebedouro (PE) (100 km a oeste do Rio Curaçá), para o intervalo entre as imagens da época seca e chuvosa sejam aproximadamente os mesmos na área-teste, nas discussões seguintes procurar-se-á avaliar a contribuição litológica do atributo temporal (sazonal). Toda a sequência do tratamento digital realizada anteriormente foi repetida, sendo que por limitação de ilustrações apenas alguns realces serão discutidos. Na prancha 4 são mostrados os canais-divisões 5/6, 4/7 e 6/7 para a estação chuvosa.

Teoricamente, a banda 5/6 da época chuvosa seria a mais sensível à densidade de cobertura de biomassa verde, em alguns casos, à diferenciação de espécies, à medida que utiliza a banda de absorção de clorofila próxima a $0,68 \mu m$ e a alta reflectância da vegetação na faixa do infravermelho próximo (Raines & Caney 1980). Neste raciocínio, o incremento do brilho nesta divisão é inversamente proporcional à densidade de biomassa verde. Assim, áreas controladas pela vegetação verde são encontradas nos topos das serras Redonda e Cana Brava, nos cursos de drenagens e nas extensões das unidades dos grupos Canudos e Macururé. Por outro lado, as respostas controladas mais pela associação "solo + rocha" são associadas às unidades do Grupo Caraíba, particularmente às unidades Banguê e Cachoeira. Estas variações indicam controles geobotânicos de expressão na área em estudo. Um outro aspecto valioso deste produto relaciona-se à marcante definição de uma nova unidade, disposta na borda oriental da área-teste, cujos mapas prévios generalizavam como uma extensão dos gnaisses e migmatitos do Grupo Caraíba. As diferenças espectrais detectadas não permitem analogias entre esta unidade e as adjacentes a oeste, dos gnaisses máficos Banguê e migmatitos Cachoeira (Área 1, Foto 4A). Na verdade, os padrões tonais desta faixa aproximam-se mais dos encontrados na Unidade Tanque Novo-Bogó, no extremo sudoeste da área de estudo. Em adição, suas características tonais com um padrão heterogêneo escuro indicam que nesses sítios o componente vegetação passa a ter grande influência na resposta à época chuvosa.

A divisão 4/7 (Foto B) foi escolhida para ilustração por ser um realce que manteve a sensibilidade à densidade de cobertura vegetal verde e enfatizou contrastes em radiância nas regiões de exposições de "solos + rochas". Como aspectos de relevância são citados: 1) os contatos entre as unidades Cachoeira e Banguê (Áreas 1 e 2); 2) a nova unidade "oriental" na faixa de ocorrência do Grupo Caraíba (Áreas 3); e 3) diferenças de comportamento nas respostas no serrote da Melancia, com uma borda oriental mais sensível à cobertura vegetal e uma borda ocidental de provável contribuição de "rochas + solos" (Áreas 4 e 5, respectivamente).

Por último, convém discutir alguns aspectos da divisão

Prancha 3 – Componentes principais (estação seca) com suas respectivas porcentagens de informações relativas aos canais MSS originais: 3A, 1.º CP com 94,7%; 3B, 2.º CP com 3,0%; 3C, 3.º CP com 1,3%. Pontos de referência discutidos no texto

6/7 (Foto 4C). Dos estudos de Siegal & Goetz (1977), esta seria uma das divisões MSS menos influenciada pela biomassa verde, a qual pode realçar contrastes espectrais do substrato. A análise deste produto, apesar da baixa qualidade fotográfica, permite definir a zona de contato entre os metamorfitos dos grupos Canudos e Macururé no nordeste da área de estudo (ponto 1), embora se esteja analisando uma divisão da época chuvosa e de parte da cena onde a influência da vegetação verde parece pronunciada.

Isso indica que este realce apresenta potencialidade para aplicações nas quais se busca realçar o substrato (rocha e/ou solos) em áreas de cobertura vegetal mais intensa, condições muito comuns em nosso país. Finalmente, é constatada nesta divisão o contraste tonal entre as unidades Cachoeira e Banguê com as unidades Bogó e "oriental". O padrão heterogêneo escuro, associado à resposta destas últimas, po-

de significar uma participação balanceada de solos + rochas + vegetação verde em suas assinaturas espectrais.

Dados geológicos, pedológicos e de vegetação Visando esclarecer as dúvidas anteriores e dar suporte à interpretação visual dos vários realces, verificações de campo foram realizadas. De modo geral, um aspecto crítico na área é a ausência de bons afloramentos, principalmente para a unidade de gnaisses félsicos Bogó. Para os gnaisses anfibolíticos Banguê e para os migmatitos Cachoeira, este inconveniente é minimizado e é possível encontrar afloramentos ao longo das drenagens e em lajedos esparsos. Para as unidades dos grupos Canudos e Macururé, este aspecto não chega a ser empecilho, mas, sim, a presença da cobertura vegetal, particularmente no nordeste da área.

A Unidade Bogó é caracterizada por um relevo bastante

Prancha 4 – Divisões de canais MSS realçados por ALC (estação chuvosa); 4A, MSS 5/6; 4B, MSS 4/7; 4C, MSS 6/7. Valores de ganho e offset utilizados nas divisões foram 50 e 10, respectivamente. Pontos de referência discutidos no texto

plano, onde gnaisses quartzo-feldspáticos leucocráticos, normalmente brancos, estão associados a planossolos amarelados pouco profundos (60 cm em média), com horizonte B textural, mudança abrupta do A para o B e com horizontes A₁, A₂, B₂ e C. Na ausência ou presença de atributos vérticos no B textural, podem ser subdivididos em planossolos e planossolos vérticos ou com tendência vértica. A densidade de cobertura vegetal é variada, tendendo à baixa. A quase ausência de afloramentos e a pequena frequência de blocos e fragmentos de rochas à superfície indicam que as respostas detectadas pelo MSS-Landsat, particularmente na época seca, são controladas em primeira ordem pelas características composicionais do nível superficial dos planossolos.

À área de ocorrência da Unidade Banguê associa-se uma paisagem de pediplanos de ondulação suave, com maior

quantidade de blocos e fragmentos de rochas à superfície que a anterior e solos com tonalidades mais escuras. Considerando as nuances escuras presentes no segundo componente principal da prancha 3 como representativas da disposição espacial desta unidade, os dados de campo e de laboratório permitem subdividi-la em dois domínios separados pela faixa meridiana de migmatitos Cachoeira. Ao domínio ocidental estaria associada uma predominância de gnaisses cinzentos bandados, representados por biotita-hornblenda gnaisses e biotita-gnaisses, de composição modal granodiorítica, segundo a classificação de Streckeisen (1976). Um aspecto marcante neste domínio é a presença freqüente de corpos máfico-ultramáficos (anfíbolitos, gabro-noritos, piroxenitos e piroxenitos serpentinizados). Para leste, no outro domínio, tem-se a predominância de tipos mais granulitizados, que abrangem gnaisses a hiperstênio, de composições

modais granodioríticas (charnoenderbitos); tonalíticas (enderbitos); quartzo-dioríticas; e dioríticas, segundo as classificações de Streckeisen (1974, 1976). A frequência de máfica-ultramáficas (gabro-noritos, piroxenitos etc.) também é elevada, sendo menor a incidência de rochas cálcio-silicatadas e quase ausentes os quartzitos ferruginosos.

Outro aspecto constatado é a intensa cataclasse nesta unidade, especialmente na parte sudoeste deste segundo domínio, onde lajedos de cataclasitos ácidos associados a solos arenosos líticos são responsáveis pelas tonalidades esbranquiçadas ao redor do corpo sienítico da Serra Redonda. Neste local foram observados lajedos de gnaisses e uma variedade esverdeada, rica em porfiroblastos de microclina rósea, os anfibólio-oftalmos de Delgado & Souza (1975).

Os solos associados à Unidade Banguê são bruno não-cálcicos, rasos a pouco profundos (50 cm em média), com perfil bem diferenciados, normalmente de sequência A, B e C. Segundo a presença ou não de caracteres vérticos e planossólicos, podem ser subdivididos em bruno não-cálcicos e bruno não-cálcicos vérticos planossólicos.

As áreas de ocorrências dos migmatitos Cachoeira mostram solos de coloração clara, com menor incidência de blocos e fragmentos de rocha à superfície que a unidade anterior, compensada agora por uma maior presença de fragmentos e seixos angulosos de quartzo, em uma paisagem de colinas de pequena amplitude e maior ravinamento, com processos de entalhamento mais intenso dos cursos de drenagens. Seus solos podem ser classificados como bruno não-cálcicos, com diversificação em bruno não cálcicos orto (migmatitos nebulíticos e microclina-granitos), bruno não-cálcicos vérticos planossólicos e bruno não-cálcicos planossólicos com ligeira tendência vértica (migmatitos estromáticos e dobrados).

As relações de contato entre as unidades Cachoeira e Banguê, onde verificadas, corresponderam a diferenças bruscas de tonalidade entre solos, associadas à presença de blastomilonitos, filonitos e silicificação, indicativa de mecanismos de falhamentos.

Dados de levantamentos de cobertura vegetal para as unidades Cachoeira e Banguê, realizados no trecho Fazenda Monte Alegre - Fazenda da Cabaceira (Fig. 1), indicam uma formação vegetal predominantemente arbustiva média (de 2 a 4 m de altura no estrato principal), constituída de catingueiras (*Caesalpinia pyramidalis* Tull.) e pereiros (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) e com porcentagens médias de recobrimentos de 10% a 30% da área de um *pixel*, segundo as relações de Folk (1951). Desta forma, para essas duas unidades, as respostas espectrais detectadas refletem prioritariamente características superficiais dos solos argilo-arenosos, diretamente correlacionadas com o substrato litológico.

Para o extremo leste do Grupo Caraíba, os dados obtidos indicam rochas gnáissicas (fácies anfibolito e retrogradações a xisto verde), que, a leste da Serra Redonda e adjacente à faixa de cataclasitos, são representadas por biotita-gnaisses leucocráticos grossos. Efeitos de granulitização e intercalações de corpos piroxeníticos e piroxeníticos serpentinizados foram constatados nas cabeceiras do Riacho do Banguê. Ao norte desta região foram encontrados gnaisses quartzo-feldspáticos, de composição modal granodiorítica, segundo a classificação de Streckeisen (1976). Um aspecto interessante, também observado nesta unidade, é que os corpos máfico-ultramáficos são menos frequentes que os da faixa granulítica a oeste, porém de muito maior magnitude e com diferenciações marcantes (hornblenditos,

clino-piroxenitos, gabronoritos, serpentinitos e prováveis anortositos).

Com base nos dados disponíveis, as diferenças de padrões tonais entre essas unidades do Grupo Caraíba refletiriam associações litológicas distintas, representadas a oeste por gnaisses a hiperstênio e a leste por associações de biotita-gnaisses e quartzo-feldspato gnaisses, em alguns locais biotita-hornblenda-gnaisses, com migmatização e granulitização subordinadas. As relações de contato não foram estabelecidas em campo, sendo todavia observadas, nas imagens realçadas e no exame de fotos aéreas, evidências de falhamentos, segundo a tendência geral da foliação NS e NNE, com truncamentos expressivos por sistemas dispostos segundo NW, responsáveis por escalonamentos em blocos.

As respostas espectrais para esta nova unidade detectada estariam ligadas à presença de planossolos com tendência vértica associados a uma cobertura de caatinga em bosques, onde predominam espécies arbustivas altas (de 4 a 6 m de altura) com domínio de catingueiras e já se fazendo presente um estrato arbóreo (de 6 a 9 m de altura) constituído por baraúnas (*Schinopsis brasiliensis* Engl.) e quixabeiras (*Bumelia sertorum* Mart.). A porcentagem deste recobrimento vegetal é mais elevada que a da unidade adjacente granulítica, estando na faixa de 30% a 50% em média, segundo as porcentagens de Folk (1951). Ainda dentro deste contexto, a menor frequência de corpos máfico-ultramáficos na unidade favorecerá também o contraste com a unidade granulítica.

Em relação aos metassedimentos carbonáticos do Grupo Canudos, suas áreas de ocorrências estão associadas a latossolos amarelos eutróficos não-hidromórficos, com profundidade superior a 1 m e sequência A, B e C de horizontes. Subdivisões foram constatadas em B.

O contato entre as unidades carbonáticas e as gnáissicas ocorre com grande contraste tonal nos solos, além de uma maior diversidade e participação de blocos e fragmentos de rochas nos gnaisses e maior cobertura vegetal e variação das espécies florísticas nos calcários e mármore. As verificações de vegetação nessas unidades carbonáticas indicaram a predominância de marmeleiros (*Croton* sp.), camarás (*Lantana camara* L.) e catingueiras com 60% a 80% de recobrimento superficial em média, para medidas efetuadas nos serrotes da Melancia e Salina. Nesta última área, os níveis escuros observados nas imagens de época seca relacionam-se a lajedos de mármore de superfície negra, enquanto no serrote da Melancia estão associados à presença de placas cinzentas do calcário secundário caatinga e seus solos rendzina carbonatada - B carbonático com uma vegetação caducifolia densa (marmeleiros e catingueiras com 80% de recobrimento em média). Da mesma forma, a resposta da Unidade Qe na estação seca é controlada pela presença superficial de seixos de quartzo escuros.

No que se refere aos componentes metapelíticos do Grupo Canudos, foi observado que planossolos se associam aos micaxistos, capeados por uma expressiva camada de cascalhos angulosos de quartzo com óxido de ferro. Neste ambiente desenvolveu-se uma cobertura vegetal de composição e estratificação variada, tipificada por catingueiras, marmeleiros, quebra-facas (*Croton* sp.), com densidade de recobrimento na faixa de 60% a 80% em média. A integração desses fatores, ou seja, a presença desses capeamentos de seixos de quartzo com óxido de ferro e de vegetação densa de caatinga, explica convenientemente o baixo nível de respostas dessas unidades na época seca, com forte absor-

ção de energia nas quatro bandas e com respostas opostas no visível/infravermelho da estação chuvosa, controladas pela folhagem verde. Este tipo de comportamento também pode ser aplicado aos metamorfitos do Grupo Macururé, onde a densidade de cobertura vegetal tende a aumentar (90% em média).

Já para as áreas de filitos (bordas da Serra da Cana Brava, sudoeste da Fazenda Humaitá e serrote da Salina), um padrão distinto de paisagem foi constatado pela presença de cambissolos litólicos, de coloração amarelada, com cobertura vegetal rala e ausente (densidade $\approx 0\%$). Tais características superficiais responderiam pelos padrões detectados espectralmente nessas regiões.

Dados espectrorradiométricos Como subsídio ao entendimento dos padrões tonais das imagens, medidas espectrais *in situ* e em laboratório foram também realizadas para as principais unidades da área. Na figura 2 são mostradas médias e seus respectivos desvios (± 1 desvio-padrão) para 49 espectros de campo, tomados com o espectrorradiômetro portátil ABBE SEKKEI (Emori *et al.* 1972) para o intervalo do visível ao infravermelho próximo, relativos às várias condições superficiais (predominantemente solos), dos grupos Canudos, Caraíba e corpos máfico-ultramáficos. A configuração do aparelho exige a utilização de um padrão de reflectância conhecido, sendo usada como fonte de referência uma placa com sulfato de bário. Os locais de medidas foram prioritariamente escolhidos pelas homogeneidades tonais, obtidas dos processamentos digitais, sendo que na geometria do experimento foram utilizados como ângulo azimutal 180° (ângulo entre o radiômetro e o sol, e como ângulo de visada 45° (função da altura do observador e da necessidade da visada no centro da placa-padrão). O único valor angular não fixo no experimento foi o de elevação solar, pela impossibilidade de se realizarem medidas sempre em um mesmo horário (todas as medidas foram concentradas entre 9h 30 e 14h 30).

Figura 2 – Espectros de reflectância de campo para as unidades: mármore/calcários (Grupo Canudos) = linha contínua (superior); migmatitos (Unidade Cachoeira) = traço e ponto; quartzo-feldspato gnaisses (Unidade Bogó) = ponto; gnaisses (nova unidade detectada) = traço (superior); hornblenda-gnaisses/granulitos (Unidade Banguê) = linha contínua (inferior); máfica-ultramáficas = traço (inferior)

Na figura 3 são mostrados cinco espectros de laboratório obtidos de amostras do horizonte superficial dos solos mais representativos das unidades do Grupo Caraíba. As medidas foram realizadas com um protótipo de espectrorradiômetro de medida contínua, desenvolvido no INPE (Bandones 1972). Como fonte de radiação foi utilizado um simulador solar da Oriel Corp. Ltd., o qual emite energia de comportamento semelhante à luz solar. O ângulo de incidência da radiação sobre as amostras, como também o ângulo de visada do espectrorradiômetro com a normal ao plano das amostras, foi de aproximadamente $5,7^\circ$. O ângulo azimutal foi fixado em 180° . Como referência, foi utilizada uma placa-padrão de óxido de magnésio, o qual, juntamente com o sulfato de bário, é considerado difusor da energia eletromagnética, isto é, assume um caráter de superfície lambertiana.

Figura 3 – Espectros de reflectância de laboratório de amostras de solos (horizonte superficial) para as unidades: gnaisses granulítico (Unidade Banguê) = linha contínua (inferior); migmatito estromático (Unidade Cachoeira) = traço e ponto; microclina-granito (Unidade Cachoeira) = traço; migmatito folded (Unidade Cachoeira) = linha contínua (superior); quartzo-feldspato gnaisses (Unidade Bogó) = ponto

Os padrões de reflectância obtidos nessas duas figuras permitem várias constatações. Abstraindo a influência da cobertura vegetal, as unidades Canudos (calcários/mármore), Banguê, Bogó, máfica-ultramáficas e a nova unidade gnáissica detectada (gnáisse “oriental”) são discrimináveis por seus atributos espectrais de superfície, dentro de ± 1 desvio-padrão em relação às médias das reflectâncias medidas. Em adição, os espectros das unidades do Grupo Caraíba dispõem-se nas figuras, em campos preferenciais, diretamente vinculados a suas diferentes afinidades félsico-máficas. Assim, na figura 2, a Unidade Banguê ocupa a região de mais baixa reflectância; a unidade gnáissica detectada a leste da área situa-se em um campo intermediário; e a Unidade Bogó dispõe-se no patamar de mais elevada reflectância. Os migmatitos Cachoeira, de caráter litológico mais diversificado, ocupariam o campo intermediário entre os espectros de Bogó e gnaisse “oriental”, com tendência a uma maior reflectância espectral que esta última unidade.

Figura 4 — Unidades litológicas discriminadas no baixo vale do Rio Curaca, Bahia, através de realces por computador de dados digitais MSS-Landsat 3, integrados com dados prévios e de campo (fontes: Projeto Cobre-Curacá, Delgado & Souza 1975; Mapa Geológico MGA-SUDENE, Jourdan 1968, 1972 e Leube 1972)

Os resultados das medidas espectrais de amostras de solos em laboratório são coerentes com os obtidos no campo pela menor reflectância da Unidade Banguê e maior reflectância da Unidade Bogó, a qual se confunde parcialmente com espectros da Unidade Cachoeira de maior variabilidade litológica.

Como consequência desses dados, a variação do teor em ferro total nos horizontes superficiais dos solos das unidades seria um dos parâmetros de maior influência nas respostas obtidas pelas imagens. Com efeito, dados analíticos de amostras desses solos (reação com $\text{HCl} + \text{HF} + \text{HClO}_4$) indicaram teores de Fe total na ordem de 1,5% a 2,0% para as unidades Bogó e gnaisses "oriental"; de 2,5% a 4,5% para os migmatitos Cachoeira; e 5,5% para os gnaisses granulitos Banguê. Tais dados mostram que nos produtos de alteração e solos dessas unidades litológicas estão preservadas suas características intrínsecas composicionais, passíveis de detecção por sensores remotos orbitais, que podem ser usados para propósitos discriminativos em aplicações geológicas.

CONCLUSÕES Informações espectrais e temporais (sazonais) do MSS-3 Landsat, realçadas digitalmente, permitiram discriminar unidades litológicas na área de estudo em nível comparado à escala de 1:50.000 da integração dos vários mapeamentos prévios. A figura 4 sintetiza a contribuição da pesquisa na cartografia litológica do baixo vale do Rio Curuçá. Variações no teor em ferro nos solos autóctones e na porcentagem de recobrimento de blocos e fragmentos de rochas na superfície, aliadas à ocorrência de controles geobotânicos na cobertura vegetal de caatinga, responderiam pelas variações espectrais associadas às unidades litológicas. No caso dos metamorfitos do Grupo Caraíba deve-se ainda acrescentar a variação de frequência de ocorrência de corpos máficos-ultramáficos.

Agradecimentos O autor expressa seus agradecimentos aos Drs. Ícaro Vitorello e Raimundo Almeida Filho (INPE/MCT) pelas críticas, sugestões e revisões do texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de - 1981 - O Cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, Salvador, 1979, Atas... SME/CPM/SBG, p. 1-10.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. de; FUCK, R. - 1981 - Brazilian structural provinces: An introduction. *Earth Science Review*, 17:1-29.
- ALMEIDA F.º, R. - 1983 - *Sensoriamento remoto orbital aplicado à prospecção mineral em corpos graníticos das províncias estaníferas de Goiás e de Rondônia: uma contribuição metodológica*. São Paulo, (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências. USP), 158 p.
- BANDONES, R. - 1982 - Estudo da determinação de bandas para análise de anomalia geobotânica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2, São José dos Campos, 1982. *Sumário dos Trabalhos...* São José dos Campos, INPE.
- BARBOSA, O.; MACHADO, I.F.; WINGE, M.; COELHO, A.L.; BATISTA, M.B.; DYER, R.C.; COSTA, M.J.; CALHEIROS, J.A.; BRAUN, O.P.G. - 1984 - *Geologia econômica de parte da região do médio São Francisco, Nordeste do Brasil*. Rio de Janeiro. DFPM-DNPN, 99 p. (Bol. 140).
- BLODGET, H.W.; GUNTHER, F.J.; PODWYSOCKI, M.H. - 1978 - Discrimination of rock types and alteration products in South Western Saudi-Arabia with computer enhancement of Landsat data. USA, NASA, 34 p. (NASA Tech. Pap. 1327).
- CÂMARA NETO, G.; ARAÚJO, E.O.; MASCARENHAS, N.D.A.; SOUZA, R.C.M. de - 1980 - *Realce visual de imagens de recursos naturais: Aplicações em Geologia*. São José dos Campos, INPE, 53p. (INPE 1952-rpe/267).
- COLWELL, J.E. - 1974 - Vegetation canopy reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 3:175-183.
- DELGADO, I.M. & SOUZA, J.D. - 1975 - *Projeto Cobre-Curuçá - Relatório final - Geologia Econômica do Distrito Cuprífero do Rio Curuçá, Bahia, Brasil*. DNPM, Salvador, CPRM, 30 volumes.
- DYKSTRA, J.D. & BIRNIE, R.W. - 1979 - Reconnaissance geologic mapping in Chagai Hills, Baluchistan, Pakistan, by computer processing of Landsat data. *The American Association Petroleum Geologists Bulletin*, 63(9): 1490-1503.
- EMORY, Y.; YASUDA, Y.; FUKUHARA, M.; HIRATA, K. - 1972 - Trial production portable spectroradiometer. In: JAPAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, *Proceedings...*, Tokio, p. 19-20.
- FOLK, L. - 1951 - A comparison chart for visual percentage estimation. *J. of Sedimentary Petrology*, 21(1): 32-33.
- GAUSMAN, H.W. - 1977 - Reflectance of leaf components. *Remote Sensing of Environment*, 6:1-9.
- GILLESPIE, A.R. - 1980 - Digital techniques of image enhancement. In: SIEGAL & GILLESPIE (eds.), *Remote Sensing in Geology*, N.Y.: Wiley, cap. 6, p. 137-226.
- GOETZ, A.F.H.; BILLINGSLEY, F.C.; GILLESPIE, A.R.; ABRAMS, M.J.; SQUIRES, R.L.; SHOEMAKER, E.M.; LUCCHITA, I.; ELSTON, D.P. - 1975 - *Applications of ERTS image and image processing regional geologic problems and geologic mapping in Northern Arizona*. Pasadena, JPL, 188 p. (JPL Tech. Rept 32-1957).
- GOETZ, A.F.H.; ROCK, B.N.; ROWAN, L.C. - 1983 - Remote sensing for exploration: An overview. *Economic Geology*, 78(4): 573-590.
- HASUI, Y.; DEL'REY, L.J.H.; SILVA, J.J.L.; MANDETTA, P.; MORAES, J.A.C.; OLIVEIRA, J.G.; MIOLA, W. - 1982 - Geology and copper mineralization of Curuçá River Valley, Bahia. *Rev. Bras. Geoc.*, 12(1-3): 463-474.
- HOLBEN, B. & JUSTICE, C. - 1980 - *An examination of spectral band ratioing to reduce the topographic effect on remotely sensed data*. NASA-GSFC, Greenbelt Ma. (NASA-TM 80640).
- HUNT, G.R.; SALISBURY, J.W.; LENHOFF, C.J. - 1973 - Visible and near infrared spectra of minerals and rocks. VII - Acidic igneous rocks. *Modern Geology*, 4:217-224.
- HUNT, G.R.; SALISBURY, J.W.; LENHOFF, C.J. - 1974 - Visible and near infrared spectra of minerals and rocks. IX - Basic and ultrabasic igneous rocks. *Modern Geology*, 5:15-22.
- HUNT, G.R. - 1977 - Spectral signature of particulate minerals in the visible and near infrared. *Geophysics*, 42(3):401-413.
- JARDIM DE SÁ, E.F.; McREATH, I.; BRITO NEVES, B.B. de; BARTELS, R.L. - 1976 - Novos dados geocronológicos sobre o Cráton de São Francisco no Estado da Bahia. In: CONGR. BRAS. GEOL., 29, Ouro Preto, *Anais...*, Belo Horizonte, 1976, SBG, vol. 4, 185-204.
- JARDIM DE SÁ, E.F.; ARCHANJO, C.J.; LEGRAND, J.M. - 1982 - Structural and metamorphic history of part of the high grade terrain in the Curuçá Valley, Bahia, Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 12(1-3): 251-262.
- JORDAN, H. - 1968 - *O Calcário Bambuí e o Grupo Canudos na região de Curuçá, Bahia*. Recife. SUDENE, p. 59-63 (Bol. Estudos 4).
- KOWALIK, W.S. - 1981 - *Atmospheric correction to LANDSAT data for limonite discrimination*. (Doctoral thesis, Stanford Un. USA, 365 p.).
- LADEIRA, E.A. & BROCKES Jr., H. - 1969 - *Geologia das quadriculas de Poço de Fora, Esfomeado, Tanque Novo e Lages, Distrito Cuprífero do Rio Curuçá, Bahia*. R.J., DNPM, 2 vol. (Rel. 116).
- LEUBE, A. - 1972 - *Prospecção de cobre no norte da Bahia*. Hannover, MGA/SUDENE, vol. 1, 98 p.
- LEWIS JR., R.W.; MATTOSO, S. de Q.; BRIM, R. J.P. - 1964 - *Reconhecimento geoquímico da Bacia do Rio Curuçá, Bahia*. Rio de Janeiro, DFPM. 31 p. (Boletim 141).
- LINDENMAYER, Z.G. - 1981 - *Evolução geológica do Vale do Rio Curuçá e dos corpos máfico-ultramáficos mineralizados a*

- cobre. Salvador, (Dissertação de Mestrado em Geol. Econômica, UFBA), 107 p.
- LYON, R.J.P. — 1975 — Mineral exploration of digitally processed Landsat imagery. In: ANNUAL W.T. PECORA MEMORIAL SYMPOSIUM, 1, *Proceedings*, Dakota, 271-292.
- MATTOSE, S. de Q. — 1975 — *Média móvel dos valores de cobre usada em prospecção geoquímica regional no Distrito Cuprífero de Caratiba, Bahia*. Salvador, (Tese Professor Titular, UFBA), 144 p.
- PARADELLA, W.R. — 1983 — *Discriminação de unidades litológicas no Baixo Vale do Rio Curaçá (Bahia), através de realces por processamento digital de dados MSS-LANDSAT-3*. São Paulo, (Tese de Doutorado, Inst. Geoc. - USP), 233 p.
- PARADELLA, W.R. & VITORELLO, I. — 1982 — Sensores remotos na Geologia: tendência atual e perspectivas futuras com dados de satélite. *Ciências da Terra*, 5:19-23.
- ROTHERY, D.A. — 1984 — The role of LANDSAT Multispectral Scanner (MSS) imagery in mapping the Oman ophiolite. In: Gass (ed.), Lippard & Shelton: *Ophiolites and Oceanic Lithosphere*. Geol. Soc. of London. pp. 273-381.
- ROWAN, L.C.; WETLAUFER, P.H.; GOETZ, A.F.H.; BILLINGSLEY, F.C.; STEWART, J.H. — 1974 — Discrimination of rock types and detection of hydrothermally altered areas in South Central Nevada by the use of computer enhanced ERTS image. *USGS Prof. Paper*, 35p (UGS Prof. Paper 883).
- RAINES, G.L. & CANNEY, F.C. — 1980 — Vegetation and geology. In: SIEGAL & GILLESPIE (eds). *Remote Sensing in Geology*, N.Y. Wiley, cap. 12, 365-380.
- SANTISTEBAN, A. & MUÑOZ, L. — 1977 — Application of image principal component techniques to the geological study of structural basin in Central Spain. In: MACHINE PROCESSING OF REMOTELY SENSED DATA SYMPOSIUM, 4, W. Lafayette, 1977. *Proceedings...*, N.Y., IEEE, p. 28-236.
- SIEGAL, B.S. & GOETZ, A.F.H. — 1977 — Effect of vegetation on rock and soil type discrimination. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(2): 191-196.
- STRECKEISEN, A. — 1974 — *How should charnockitic rocks be named*. Liege. Soc. Geol. Belgique, Liege. Geol. des dom. cristall. p. 345-360.
- STRECKEISEN, A. — 1976 — To each plutonic rocks its proper name. *Earth Science Review*, 12:1-33.
- VITORELLO, I. & PARADELLA, W.R. — 1984 — *Methodological approach in lithological discrimination by digital processing: a case study in Serra do Ramalho, State of Bahia*. Int. Soc. for Photog. and Remote Sensing Symposium, Rio de Janeiro (INPE - 3108-PRE/507).

MANUSCRITO

Recebido em 27 de maio de 1986

Revisão aceita em 24 de setembro de 1986

Se, em uma noite clara nós olhamos para o céu, algumas estrelas são imediatamente vistas como se estivessem reunidas, e destacadas de seu ambiente. A constelação Cassiopeia é um exemplo, a Ursa Maior é outro. Por diferentes épocas as pessoas viram os mesmos grupos como unidades, e neste momento as crianças não precisam ter qualquer instrução para perceber a mesma unidade.

Wolfgang Köhler, *Gestalt - Psychology*, New York, 1947, p.83.