

ESTUDOS SOBRE A APLICABILIDADE DA INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DE IMAGENS LANDSAT PARA PROSPECÇÃO MINERAL

Gilberto Amaral *

RESUMO

Um dos produtos mais importantes do programa LANDSAT são as fitas compatíveis com computador (CCT) nas quais uma área com cerca de 35 000 km², correspondente a um quadro, é digitalizada para aproximadamente 250 milhões de bits de informação. As imagens assim formatadas poderão ser processadas em qualquer computador digital para a extração de informação impossível de ser obtida por meios convencionais. De modo a testar essa possibilidade, o autor selecionou áreas que incluem depósitos minerais com porte adequado em função da resolução do imageador multi-espectral dos satélites LANDSAT, que é uma célula de 79 por 56 metros. As áreas examinadas até o momento, foram a Serra dos Carajás, o vale do Rio Fresco e o baixo vale do Rio Trombetas, encerrando importantes depósitos, respectivamente, de ferro, estanho e alumínio. Todas essas áreas pertencem à região Amazônica e estão geralmente recobertas por densa floresta.

Os resultados preliminares são bastante animadores, especialmente para depósitos de ferro. Espera-se que com o auxílio de técnicas matemáticas mais elaboradas e imagens de melhor qualidade (baixo nível de ruído e pequena nebulosidade) será possível o estabelecimento de padrões interpretativos para a identificação de áreas favoráveis à prospecção de novos depósitos.

ABSTRACT

One of the most important products of the LANDSAT program are the computer compatible tapes (CCT) in which an area of about 35 000 sq. km., corresponding to one frame, is codified to near 250 million bits of information. The data so formatted can be processed in any digital computer and can yield information not available by conventional means. In order to test such possibility the author selected areas enclosing mineral deposits within the resolution range of the LANDSAT multispectral scanner (MSS) system, which is an cell of about 79 by 56 meters. These areas included the Serra dos Carajás, with its large iron deposits, the Rio Fresco valley with its tin-bearing granites, and the lower Trombetas river valley with its large bauxite deposits. All these areas are within the Amazon region and area normally covered by dense jungle.

Preliminary results, obtained up to now are very promising, in particular for iron deposits. It is expected that with the use of more elaborated mathematical techniques and imagery of better quality (low noise and cloud coverage) it will be possible to establish interpretation patterns for those mineral deposits.

INTRODUÇÃO

Os resultados obtidos desde 1972 com a utilização dos satélites de recursos naturais (LANDSAT, ex-ERTS) foram extraordinários, ultrapassando as melhores expectativas de seus usuários. Desde 23 de julho de 1972, com o lançamento do LANDSAT-1, e de 22 de janeiro de 1975, com o lançamento do LANDSAT-2, ambos em pleno funcionamento, já foram levantados cerca de $1,17 \cdot 10^{10}$ quilômetros quadrados da superfície terrestre, correspondendo a 30 vezes toda a superfície terrestre incluindo os oceanos. Esse volume fantástico de informação está sendo utilizado em todo o mundo para o levantamento de recursos naturais, para a prevenção e cálculo de danos decorrentes de acidentes naturais e, para se avaliar o impacto das atividades humanas na superfície terrestre. Os benefícios já obtidos são incalculáveis, ultrapassando muitas vezes os investimentos feitos nesse programa.

O Instituto de Pesquisas Espaciais, órgão subordinado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Secretaria de Planejamento da Presidência da República, já inves-

* Instituto de Geociências — Univ. São Paulo
Instituto de Pesquisas Espaciais — INPE

tiu cerca de US\$ 10 milhões no programa LANDSAT. Esse investimento inclui a instalação em território nacional de um sistema completo para a aquisição, processamento e disseminação de produtos do programa, além de sistemas para a interpretação automática e convencional. O Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) mantém um quadro de cerca de 70 pesquisadores (geólogos, agrônomos, geógrafas, oceanógrafos, engenheiros, físicos, matemáticos, etc.) que se ocupam quase que exclusivamente de projetos objetivando estabelecer metodologias de utilização de dados do programa LANDSAT. O autor está ligado ao INPE desde 1971, como coordenador do Convênio existente entre essa entidade e o Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, tendo participado do programa LANDSAT-1 como investigador principal junto à NASA, para aplicações geológicas no Brasil.

O presente trabalho, apresentado sob a forma de comunicação preliminar devido à impossibilidade de impressão dos resultados sob a forma de fotografias coloridas, objetiva chamar a atenção da comunidade geológica do País para as potencialidades da interpretação automática das imagens LANDSAT para prospecção mineral.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizamos, no presente trabalho, os conjuntos de fitas compatíveis para computador, correspondentes às imagens:

L1-73-257-132351 de 4/8/1973 — Serra dos Carajás;

L1-73-199-130332 de 18/7/1973 — Rio Fresco e

L1-73-257-132351 de 14/9/1973 — Baixo Trombetas.

As duas primeiras imagens apresentaram-se excelentes, praticamente sem cobertura de nuvens. A imagem do Rio Fresco apresentou ruído eletrônico no canal 6, prejudicando a utilização do mesmo. A imagem do baixo Trombetas apresentou-se com nebulosidade, especialmente desenvolvida sobre as áreas de ocorrência dos platôs bauxitíferos, o que prejudicou bastante sua interpretação.

As fitas foram analisadas no sistema "IMAGE — 100" do INPE, constituído de um computador DIGITAL modelo PDP-11-45; um módulo de memória expandida com capacidade para cerca de 300 milhões de bits de informação; uma mesa de luz acoplada a sistema de TV para digitalização de imagens fotográficas e uma mesa de interação homem/máquina provida de todos os controles necessários além de dois monitores de TV para acompanhamento da evolução do processo interpretativo. Aparentemente complexo, esse equipamento requer pequeno treinamento para seu uso. Uma série de programas utilitários são disponíveis para um grande número de técnicas de interpretação. No caso presente foram utilizados programas para análise estatística simples e individualização de intervalos tonais dos quatro canais do imageador multi-espectral. Técnicas mais elaboradas como análise estatística multi-dimensional, análise de agrupamento, análise fatorial, etc., apesar de disponíveis, não foram empregadas.

Os resultados obtidos estão sob a forma de "slides" coloridos ou fitas magnéticas, não reproduzíveis nos presentes Anais. Desta maneira descreveremos apenas os resultados obtidos, sem o auxílio de ilustrações.

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados mais impressionantes foram obtidos para a região da Serra dos Carajás. A clara associação da canga, desenvolvida sobre os corpos de minério de ferro, com vegetação menos densa é facilmente perceptível nas imagens LANDSAT, mesmo ao exame visual. No canal 5, correspondente à região do visível entre 0,6 e 0,7 microns de comprimento de onda, as manchas de canga, (clareiras) aparecem com tonalidade cinza-clara. No canal 7, correspondente à região do infra-vermelho entre 0,8 e 1,1 microns de comprimento de onda, as clareiras aparecem com tonalidade cinza-escura, em forte contraste com a mata que se apresenta quase branca devido à alta refletividade da vegetação nessa região do espectro. A interpretação automática dessa imagem permitiu a individualização de, pelo menos, 90% das áreas de canga, quando comparada com o mapa elaborado pela AMAZONIA MINERAÇÃO S. A. (Vide roteiros de excursão da X Conferência Geológica Inter-Guianas, 1975). Os intervalos tonais obtidos para os quatro canais poderão ser utilizados para a localização de feições com comportamento espectral semelhante em outros locais da Amazônia, talvez associadas a depósitos similares.

Para a região do rio Fresco os objetivos consistiam na individualização dos corpos de granitos alcalinos associados a mineralizações estaníferas. Esses granitos apresentam um comportamento estrutural, geomorfológico e espectral diferente de granitos do embasamento indiviso e dos granitos associados ao vulcanismo do evento Paraense (1600 ± 100 milhões de anos). Na região do rio Fresco esses corpos graníticos são facilmente individualizados por interpretação visual. Entretanto o processamento automático foi experimentado com o objetivo fundamental de se estabelecer os padrões interpretativos para outras áreas na Amazônia. Como já foi mencionado, na hora de obtenção da ima-

gem a região encontrava-se quase desprovida de nuvens. Todavia, por problemas de gravação das fitas, o canal 6 apresentou forte ruído o que prejudicou sobremaneira a interpretação automática. Por esse motivo uma nova fita foi solicitada para posterior prosseguimento dos trabalhos. De qualquer modo, os principais corpos de granitos alcalinos já conhecidos foram individualizados, apesar de áreas significativas de outros tipos de rochas também terem sido incluídas. Um refinamento no tratamento da nova fita poderá permitir uma separação quase completa das rochas de interesse.

Com respeito à região do baixo Trombetas, a região de ocorrência dos platôs bauxitíferos apresentou-se coberta por nebulosidade o que impediu a utilização dos canais 4 e 5 para os objetivos propostos, que consistiam na individualização daquelas feições ou do comportamento espectral da vegetação a elas associada. Dessa maneira o experimento consistiu em testar o grau de detalhamento possível, de ampliações para escala 1:100 000 no monitor de TV do sistema. Nessas ampliações foram feitos tratamentos especiais para aumentar os contrastes e, assim, ressaltar a feições de interesse. Foram feitas tentativas de individualização das zonas bauxitíferas com utilização apenas dos canais do infravermelho (6 e 7), sem muito sucesso. A seguir, toda a imagem foi lançada no monitor, em escala aproximada 1:600 000, para uma nova tentativa em regiões a leste de Oriximiná, onde platôs semelhantes também ocorrem. Novamente aqui, a nebulosidade não permitiu um tratamento adequado. Do ponto de vista geológico foi interessante o comportamento da faixa de sedimentos do flanco norte da Bacia Amazônica onde um nítido falhamento de direção aproximada NE coloca em contato duas unidades espectralmente distintas. É importante notar que essa feição não é visível nas imagens de radar do Projeto Radam. Outro aspecto de interesse foi o dos limites do rio Amazonas quando comparado com o mosaico de radar correspondente, pois no caso da imagem LANDSAT o rio estava cheio, o mesmo acontecendo com os diversos lagos da região. Isto demonstra uma das características do programa LANDSAT qual seja a cobertura repetitiva, permitindo a análise de fenômenos dinâmicos de interesse, como por exemplo a área real afetada pelas inundações na Amazônia.