

(\*) Cientista e Pesquisador — USGS

## A próxima década do sensoramento remoto de satélites

(Tradução:  
Hanns Studnitz - Engenheiro)



LANDSAT-C e LANDSAT-D, SEASAT-A, o "TREM" ESPACIAL, o LABORATÓRIO ESPACIAL EUROPEU e um SATELITE SINCRÔNICO DE OBSERVAÇÃO DA TERRA PODERÃO PROVER AS CAPACIDADES FUTURAS DO SENSOREAMENTO REMOTO.

Em data de 21 de fevereiro próximo passado, realizou-se, no auditório da Academia Brasileira de Ciências, a conferência, a seguir transcrita, pronunciada pelo Dr. Frederick J. Doyle, que atendeu a convite da Sociedade Brasileira de Cartografia (SBC) e da Associação Nacional de Empresas de Aerofotogrametria (ANEA).

O Dr. Doyle, cientista e pesquisador de Sistemas de Mapeamento da Divisão Topográfica do U.S. Geological Survey, é consultor do "staff" do Programa Nacional de Mapeamento dos Estados Unidos, e sua principal atividade profissional é a coordenação dos programas espaciais da NASA relacionados com fotografia.

Suas áreas de responsabilidade direta compreendem também a investigação de sistemas cartográficos digitais, selecionando e pondo em execução os sistemas de sensoramento remoto para naves espaciais, e explorando as aplicações Cartográficas para esses sistemas.

Trabalhou no projeto lunar da Apollo e no projeto das naves de Marte Mariner e Viking, e ainda no do Landsat e Skylab, tendo sido premiado pela NASA com uma medalha por seus "Conhecimentos Científicos Excepcionais", pelo seu trabalho sobre os sistemas fotográficos da Apollo.

Diplomou-se pela Universidade de Siracusa em 1951 e pelo Centro Internacional de Treinamento para Levantamentos Aéreos (ITC), na Holanda, em 1952. Foi agraciado com o título de Doutor Honoris Causa em Engenharia pela Universidade de Hannover, em 1976.

Foi professor de fotogrametria na Universidade Estadual de Ohio, durante 8 anos e, também durante 8 anos, foi cientista-chefe da Raytheon Comp., antes de passar a prestar serviços ao U.S. Geological Survey.

Além de suas atividades profissionais, o Dr. Doyle é o Secretário Geral da Sociedade Internacional de Fotogrametria (ISP) para o período 1976/1980.

A conferência que se segue foi pronunciada em inglês acompanhada de tradução realizada pelo Prof. Placidino Machado Fagundes, 2º Vice-Presidente da ISP.

As apresentações e os agradecimentos foram feitos pelo Presidente da SBC, Engº Genaro Araujo da Rocha, secundado pelo Vice-Presidente da ANEA, Engº Dêcio Brandão.



Em 1948 o astrofísico inglês Fred Hoyle escreveu: "Assim que uma fotografia da Terra, tomada do espaço exterior esteja disponível — assim que o isolamento da Terra se torne evidente — uma nova idéia, tão poderosa como nenhuma outra na história, se desencadeará."

Nos fins de dezembro de 1968, a tripulação da Apollo 8, na histórica primeira missão tripulada ao redor da Lua, obteve exatamente tal fotografia. O astronauta Jim Lovell transmitiu:

"Daqui, a Terra parece um frágil ornamento, azul-esverdeado, de árvore de Natal".

É na noite de Natal, o astronauta Frank Borman leu do Livro do Genesis:

"E Deus chamou a terra seca de Terra; e a união das águas Ele chamou de Mares; e Deus viu todas estas coisas que Ele tinha feito, e elas eram boas."

No notável cumprimento da predição de Fred Hoyle, aquele vôo e aquelas fotografias mudaram para sempre o modo como a humanidade olhava seu lar neste planeta. Viemos a apreciar isto, como Jim Lovell disse:

"A Terra é um grande oásis na escura vastidão do espaço."

Temos um novo e sensível cuidado pela saúde e bem-estar da Terra e dos Mares.

Entendemos que os problemas ambientais não estão confinados dentro das fronteiras nacionais, embora, em anos recentes, o profundo cuidado pelo meio-ambiente, que caracterizou o final dos anos sessenta e o início dos setenta, tivesse sido suplantado pela crise energética e de recursos.

Reconhecemos que estes também são problemas globais, e que um sensoriamento remoto efetivo através de veículos espaciais, é provavelmente a melhor esperança na obtenção

da informação necessária para minorá-la sem impor excessiva pressão ao meio-ambiente.

Passaram-se, agora, mais de 15 anos desde que as primeiras fotografias da Terra foram tomadas com uma câmara operada a mão, na missão Mercury 8. O primeiro veículo espacial especificamente desenhado para observações da Terra está operando há mais de cinco anos.

O Sensoriamento remoto do espaço atingiu a maioridade e estamos próximos a começar a segunda geração de sistemas de satélites.

#### Landsat-1 e-2

Desde julho de 1972, o Landsat — 1 está em órbita ao redor da Terra a uma altitude de 919 km e com uma inclinação de 99°. Esta órbita sincrônica com o sol provê uma cobertura de faixas adjacentes em dias consecutivos. O Landsat — 2 idêntico, foi lançado na mesma órbita em janeiro de 1975. As características destes satélites e os dados e imagens produzidas por seus sensores são bem conhecidas e são resumidas aqui meramente como um ponto de partida para sistemas futuros.

Cada veículo espacial leva três câmaras de Feixe de Retorno Vidicon (Return Beam Vidicon) (RBV) que registram uma cena de 185 km x 185 km em três faixas de ondas do espectro, 475-575 nm, 580-680 nm e 690-830nm, com um elemento fotográfico terrestre efetivo (pixel) de tamanho aproximado de 80 m.

A Exploradora Multiespectral (Multi-Spectral Scanner) (MSS) cobre a mesma faixa de 185 km em quatro faixas de onda do espectro, 500-600 nm, 600-700 nm, 700-800 nm, e 800-1100 nm, com um "pixel" de 79m, que equivale a aproxima-

damente 200 m de resolução fotográfica terrestre.

Os sinais detectados são selecionados, digitalizados e transmitidos a estações receptoras quando o satélite está no alcance.

No início de 1978 estarão em operação as seguintes estações receptoras:

- Fairbanks, Alaska
- Goldstone, Califórnia
- Greenbelt, Maryland
- Cuiabá, Brasil
- Prince Albert, Saskatchewan
- St. John's, Newfoundland
- Fucino, Itália
- Teerã, Irã

Estas estações têm uma razão de recepção de dados de 15 megabites/segundo. Outras estações estão sendo negociadas com o objetivo de uma cobertura mundial. Para áreas fora do alcance das estações terrestres, os veículos espaciais estão equipados com gravadores de fita para o armazenamento dos dados de imagem até a próxima passagem sobre uma estação receptora.

Os dois veículos espaciais registraram mais de 450.000 cenas cobrindo quase que completamente as áreas terrestres do mundo, repetindo a cobertura de muitas áreas. A maior parte desta cobertura é realizada com a câmara MSS, tendo sido feito muito pouco uso das câmaras RBV.

Atualmente, (setembro de 1977) ambos os gravadores do Landsat-1 e um dos do Landsat-2 deixaram de funcionar; também a faixa de onda -4 da MSS do Landsat-1 deixou de operar.

A exaustiva experimentação demonstrou a utilidade dos dados do Landsat para a cartogra-



fia de escala pequena, para a classificação do uso dos solos, para a exploração geológica e para outras aplicações, demonstrando a investida multiespectral na interpretação das características terrestres através das técnicas analógicas e digitais.

### Sistemas 1978

A série dos Landsats continuará com o lançamento, na Primavera de 1978, do Landsat-C; sua órbita será idêntica à dos Landsat-1 e -2, entretanto, os seus sensores serão modificados. A MSS continuará a fornecer quatro faixas de onda de espectro com 70 m "pixel" nas faixas visível e próxima ao infravermelho, uma quinta faixa de onda será adicionada; na região térmica infra-vermelho (10.4 a 12.6  $\mu\text{m}$ ); o tamanho "pixel" desta faixa de onda será de 240 m.

O sistema RBV na Landsat-C fornecerá imagens pancromáticas da Terra com um fator nominal de 2 vezes de melhoria na resolução terrestre comparado aos Landsat-1 e -2.

Existirão duas câmaras RBV no lugar das três e suas distâncias focais serão ampliadas para 236 mm, que fornecerão um elemento "pixel" efetivo de dimensão aproximada de 40 m, as duas câmaras estarão dispostas para a obtenção de imagens adjacentes do terreno nas dimensões de 98 km  $\times$  98 km, com uma superposição lateral de 13 km (Figura 1); assim, um par de imagens cobrirá nominalmente 183  $\times$  98 km e dois pares de imagens sucessivas recobrirão cada imagem da MSS.

A NASA planeja produzir inicialmente fitas digitais do Landsat-C, o processamento das fitas em imagens e a distribuição aos usuários será realizada

pelo U.S. Geological Survey EROS Data Center, em Sioux Falls, Dakota do Sul. O processamento será totalmente digital, utilizando-se um gravador de feixes laser controlado por um computador, e um algoritmo padrão de acentuação do contraste será aplicado para todas as imagens do Landsat.

O EROS Data Center também fornecerá fitas compatíveis para computador para aqueles usuários que desejarem realizar o seu próprio processamento.

Ainda, para a primavera de 1978, está planejado o lançamento do Seasat-A, um satélite para todas as condições meteorológicas diurnas/noturnas, inicialmente projetado para observações da dinâmica dos oceanos, operando a uma altitude de cerca de 800 km em uma órbita aproximadamente polar. O Seasat-A levará a bordo cinco instrumentos: um radar altímetro, um radiômetro com cinco canais de ondas curtas, um dispersômetro de ondas curtas, um radiômetro passivo de infravermelho visível e um imageador de radar com uma abertura sintética na faixa -L (Figura 2).

O radar, que cobrirá uma faixa de 100 km com uma resolução de cerca de 25 m foi projetado inicialmente para a observação do estado dos mares e massas de gelo, mas os geólogos esperam obter uma cobertura utilizável das áreas terrestres. Uma vez que não existem gravadores de fita no veículo espacial, os dados de radar somente poderão ser registrados quando o veículo espacial estiver ao alcance das estações receptoras. As estações americanas estarão localizadas em Fairbanks, Alasca, em Goldstone, Califórnia e nas Ilhas Merrit, Flórida, proporcionando uma cobertura total dos EEUU (excção do Havai). O Canadá está instalando uma estação em Shoe Cover, Newfoundland e

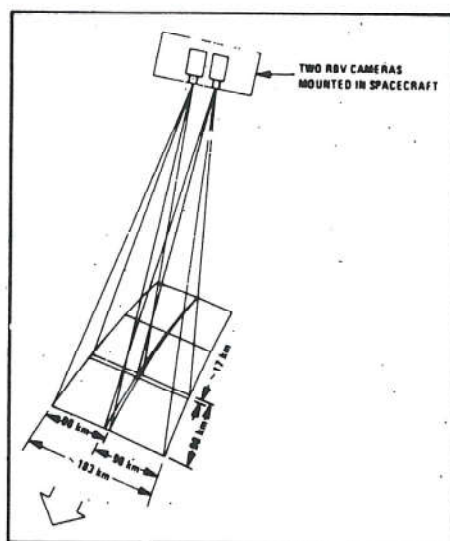
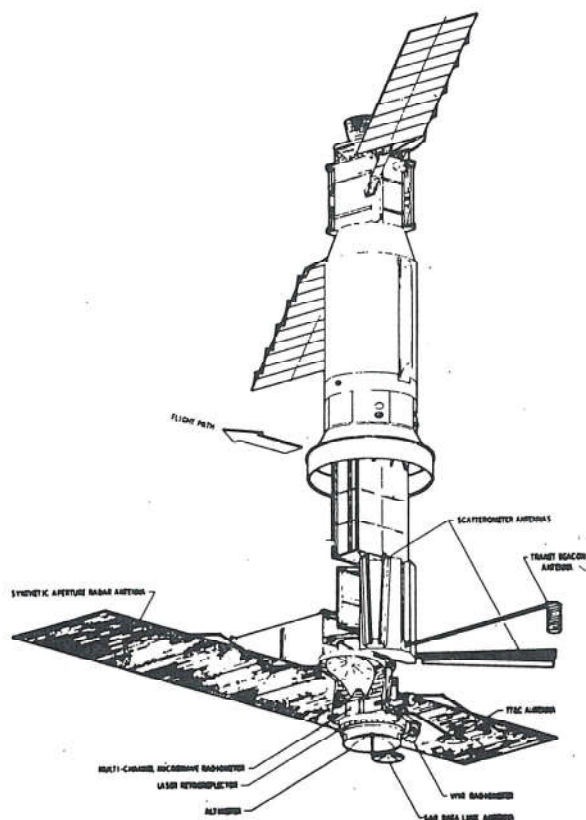


FIG. 1. — Câmaras de Feixe de Retorno Vidicon (RBV) no Landsat-C. As câmaras estarão dispostas de modo a cobrir áreas de 98  $\times$  98 km com superposição, e dois pares de cenas cobrirão a mesma área que uma cena do Varredor Multiespectral (MS).





**FIG. 2. — Veículo espacial Seasat. Antenas solares fornecerão energia para cinco instrumentos, o maior dos quais é o Radar de Abertura Sintética Faixa-L.**

negociações estão sendo efetuadas com a Agência Espacial Européia (ESA) para a provável instalação em Oak Hanger, Inglaterra e uma possível estação nas Ilhas Canárias.

Atualmente a NASA está capacitada a processar somente 10 minutos de dados de radar por dia no Laboratório de Propulsão a Jato (Jet Propulsion Laboratory), podendo as estações estrangeiras instalar os seus próprios processadores.

A NASA tem vários projetos menores chamados AEM (Application Explorer Missions) "Missões de Aplicação Exploratória". Estas são cargas (úteis) peque-

nas, de peso reduzido e relativamente de baixo custo lançadas pelo Foguete Scout, sendo que a precisão da entrada em órbita e a atitude de estabilização são considerados marginais. Um dos que está planejado para o início de 1978, é a HCMM (Heat Capacity Mapping Mission) Missão Mapeadora da Capacidade Calorífica, que levará um sensor de canal térmico único, cobrindo uma faixa de 700 km com um "pixel" de 500 m de dimensão, fazendo uma passagem diurna e uma noturna sobre a mesma área no "pico" do ciclo quente e frio, de modo a determinar a inércia térmica. Estes parâmetros poderão servir

de diagnósticos para alguns tipos de rocha e solos.

### Novos Desenvolvimentos

Durante os últimos anos a NASA esteve desenvolvendo diversas concepções novas, relativas ao sensoriamento remoto do espaço.

Sem sombra de dúvida, o maior programa atual da NASA é o "Trem Espacial", que se tornará o principal sistema de transporte espacial da Nação, pelo menos nas duas décadas vindouras. O "Trem" será lançado por meio de dois foguetes de combustível sólido presos ao mesmo, que uma vez usados serão ejetados e recuperados para serem reutilizados. O "Trem" será, então, conduzido à sua órbita apropriada usando um grande tanque de combustível líquido que será desconectado e abandonado quando o "Trem" estiver em sua órbita correta.

O veículo Orbital (Orbiter) realizará então, no espaço, as missões programadas e eventualmente retornará à Terra como uma aeronave.

A principal vantagem do "Trem" é que o seu componente mais importante, o veículo Orbital, é recuperável e reutilizável.

O primeiro veículo Orbital, batizado "Enterprise" pelo Presidente Ford está sendo submetido aos seus testes de vôo iniciais, antecipando-se que eventualmente haverá um total de cinco veículos, que deverão cumprir de 30 a 50 missões anualmente.

Os primeiros lançamentos se darão do Centro Espacial Kennedy. As condições de segurança ali restringem a inclinação máxima a 57°, o que permitirá ao veículo Orbital cobrir a Terra das latitudes 57° N a 57° S. Por volta de 1983, as operações de lançamento deverão ser realizadas da Base Vandenberg,



da Força Aérea, na Costa Oeste e então órbitas polares poderão ser alcançadas. Órbitas circulares de 200 km a 1.200 km de altitude poderão ser conseguidas dependendo do peso da carga e da inclinação da órbita, devendo cada missão durar de 3 a 30 dias.

O "Trem" operará de dois modos distintos. No modo diversificado, os instrumentos experimentais serão montados no compartimento de carga e operados em órbita por períodos de 3 a 30 dias e então retornarão à Terra.

O compartimento de carga tem 18,3 m de comprimento e 4,6 m de diâmetro e pode transportar uma carga máxima de 30.000 kg, sendo que a carga consistirá da combinação de módulos pressurizados, nos quais os membros da tripulação poderão trabalhar numa atmosfera (de "manga de camisa") terrestre, e de um número de módulos de paletas externas cujos instrumentos podem ser montados para operarem no espaço externo.

No segundo modo de operação, o "Trem" será empregado para transportar veículos espaciais individuais ao espaço, colocá-los numa órbita apropriada, e realizar a manutenção necessária. Um Sistema de Manipulação Remota (RMS) retirará a carga do compartimento e a soltará em sua própria órbita. Subseqüentemente o "Trem" poderá se encontrar com veículos espaciais de voo livre, podendo o RMS, ainda, recuperar um satélite e o colocar em seu compartimento de carga onde poderá ser feita a sua manutenção ou então retornar à Terra para seu condicionamento. Este modo será sem dúvida mais efetivo para o sensoramento remoto do que as experiências realizadas pelo modo tripulado diversificado, alcançando um ponto onde eles se podem tornar operacionais e a

um custo efetivo com veículos espaciais independentes não tripulados, esperando-se que o "Trem" Espacial, quando totalmente operacional, venha a substituir todos os veículos de lançamento de custo elevado.

O segundo maior desenvolvimento é o Sistema de Satélites de Transmissão de Dados e Rastreamento (TDRSS) (Tracking and Data Relay Satellite System), que consistirá de dois satélites idênticos, a altitudes geossíncronas, localizadas nas longitudes  $41^\circ$  W e  $171^\circ$  W; ambos se comunicarão com uma única estação receptora localizada em White Sands, Novo México e transmitirão dados de comando para outros veículos espaciais operando a altitudes mais baixas, além de receber telemetria de até 20 veículos espaciais, transmitindo estes dados para a estação terrestre, para posterior distribuição. O TDRSS deverá se tornar operacional em 1980, e devido a localização dos dois veículos espa-

ciais TDR, haverá uma zona de exclusão sobre o Oceano Índico onde outros veículos espaciais não poderão se comunicar com o TDRSS. A dimensão desta zona dependerá da altitude do veículo espacial.

O terceiro desenvolvimento significativo é o Veículo Espacial Modular de Multimissão (MMS) (Multimission Modular Spacecraft); este sistema consistirá de uma estrutura central à qual podem ser anexados módulos padrão para suprimento de energia, manejo de dados e comandos e controle de atitude (direção) (Figura 3).

Dois módulos distintos de propulsão estarão disponíveis para permitir mudanças de altitude, uma vez o veículo espacial em órbita, sendo que estes módulos podem obter manutenção individualmente, no compartimento de carga do "Trem". Existirá um adaptador de "missão-única" para ajustar o MMS no seu lugar de carga.

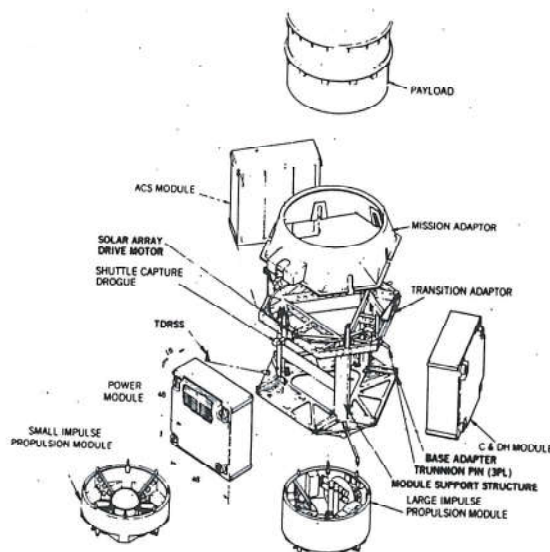


FIG. 3. — Veículo espacial Modular Multi-Missão (MMS). Módulos intercambiáveis fornecerão energia, controle de direção e manipulação de comando e dados. Módulos de missão única proverão propulsão e carga.



Outros equipamentos de "missão-única", tal como os painéis solares e a antena de comunicação, podem ser adicionados, se necessários. O MMS terá adaptadores de veículos para lançamentos, ou por veículos espaciais dispendiosos ou pelo "Trem" Espacial.

O último desenvolvimento é um varredor (Scanner) Multiespectral conhecido como Mapeador Temático (TM) (Figura 4). Este instrumento foi concebido em resposta à contínua demanda dos pesquisadores para faixas espectrais adicionais e resolução espacial mais elevada.

O instrumento está sendo projetado para prever seis ou sete faixas espectrais com um "pixel" de 30 m e uma faixa no infravermelho térmico com um "pixel" de 120 m, devendo cobrir uma faixa de 185 km idêntico aos Landsat-1 -2 e -C. O projeto inicial foi planejado para uma altitude orbital de 705 km, que é compatível com a capacidade de carga do veículo lançador, Delta 3910, e a subsequente recuperação e relançamento pelo "Trem" Espacial. A razão

de transmissão de dados será por volta dos 84 a 150 megabits por segundo, dependendo do número de faixas e de quantas vezes os detectores são selecionados. Consiste o instrumento de um espelho varredor oscilante, um telescópio imageador primário, filtros de seleção das faixas do espectro, detector de conjuntos, um refrigerador irradiador e a operação e processamento eletrônicos.

#### Landsat -D

Estes diversos desenvolvimentos estão reunidos nos planos da NASA para o Landsat-D, (Figura 5). No momento está planejado para ser lançado, na primavera de 1981, pelo veículo lançador Delta 3910, o sistema MMS numa órbita circular sincrônica com o sol, a uma altitude de cerca de 705 km. O principal sensor será o TM, tendo sido originariamente proposto transportar o MSS como um sensor de "reserva", como no voo do Landsat-C, porém, os recursos necessários para tal ainda não foram aprovados. Outros componentes do veículo

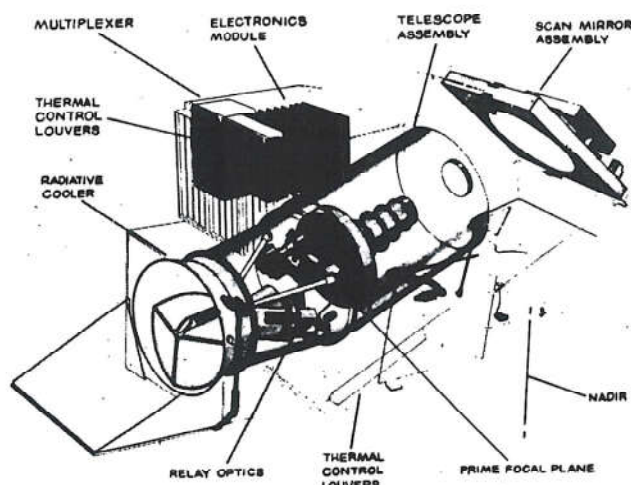
espacial serão: um dispositivo solar escamoteável para o fornecimento da energia, um módulo transmissor de ondas longas para a comunicação direta com as estações receptoras de dados, uma antena direcional para a transmissão de dados ao TDRSS e um sistema de Posicionamento Global (GPS), que está sendo desenvolvido pelo Departamento de Defesa para o fornecimento de um registro preciso de posição e altitude.

Os dados do TDRSS serão enviados para a estação receptora no Novo México, e dali retransmitidos, através dos satélites de comunicação domésticos (DOMSAT), aos centros terrestres de processamento e divulgação.

É plano da NASA se o Landsat-D foi bem sucedido, usar o "Trem" para lançar o veículo espacial Landsat-E, como reserva, por volta de 1983, e recuperar e recondicionar o Landsat-D. Os dois veículos espaciais seriam então, usados alternadamente, servindo como um sistema operacional de observação da Terra.

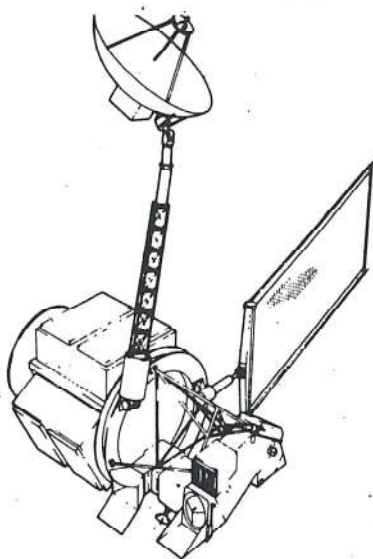
Nem todos estão satisfeitos com os planos para o Landsat-D; isto se torna evidente com a contínua solicitação de se transportar o MSS, de modo que os usuários venham a obter dados com os quais estão habituados a lidar. A quantidade enorme de dados recebidos do TM vai requerer que as estações receptoras existentes sejam ampliadas a um custo de vários milhões de dólares, cada uma e, mesmo assim, uma média de somente 50 cenas por dia poderá ser processada, esperando-se que o custo do processamento digital de cada imagem seja por volta dos US\$ 1.000.

O Departamento Geral de Contabilidade estimou que o Landsat-D, como planejado atualmente, custará cerca de 300 milhões de dólares, não se incluindo as modificações das



**FIG. 4. — Mapeador Temático. O instrumento fornecerá seis ou sete faixas espectrais com um elemento "pixel" de dimensão aproximada de 30 m.**





**FIG. 5. — Landsat-D.** O veículo espacial Modular Multi-Missão transportará o Mapeador Temático e possivelmente o Varredor Multiespectral do Landsat-C. Uma antena solar fornecerá energia e uma antena articulada transmitirá dados ao Satélite de Transmissão de Dados e Rastreamento. (TDRSS).

estações terrestres ou o processamento de dados.

A altitude de 705 km reduzirá a superfície de recobrimento das estações terrestres em aproximadamente 25 por cento e, ainda, o que é mais importante, destruirá a continuidade dos dados. Em lugar de um dia, o intervalo entre faixas adjacentes será elevado para sete ou nove dias. Entretanto, existem outras órbitas na vizinhança dos 715 km de altitude que reduzirão o retardamento, entre faixas adjacentes, a dois dias e sem dúvida uma delas será finalmente selecionada.

Como uma alternativa ao Landsat-D, o U.S.G.S. (U.S. Geological Survey) sugeriu um sistema de sensoriamento de três faixas espectrais baseado no arranjo linear multiespectral (MLA). Duas faixas, uma no verde-azul e outra próxima ao infravermelho, que teriam resoluções comparáveis às do MSS do Landsat atual, enquanto que

a terceira faixa, no verde-vermelho, teria uma resolução comparável ao TM. A órbita, padrões de recobrimento e a razão dos dados seriam totalmente compatíveis com os Landsats-1 -2 e -C.

Uma comissão foi formada pelo Departamento de Ciências e Tecnologia, para avaliar todos os fatores que influenciam na escolha do veículo espacial, sensores, órbita e manipulação dos dados para o sistema que vem após o Landsat-C.

### Stereosat

Geólogos e outros Geocientistas têm requisitado continuamente imagens estereoscópicas que permitirão à interpretação e medição do relevo do terreno, declividade, fenda e mergulho. Atendendo a estas requisições, o Laboratório de Jato Propulsão propôs uma concepção chamada Stereosat, cujo sistema de sensoriamento consistiria de duas lentes teleobjetivas de distância focal de 600 mm, dispostas em um ângulo estereoscópico de 45° ou 60°. As imagens estariam focalizadas em arranjos lineares com 1872 elementos. A compatibilidade da resolução e do recobrimento resultou na escolha de uma órbita circular sincronizada com o sol, a 577 km de altitude, que cobriria uma faixa com 31 km de largura e um elemento "pixel" de 19,3 m x 16,6 m. Este sistema foi proposto para o veículo espacial Applications Explorer (Explorador de Aplicação), (AEM), entretanto, este veículo espacial tem o seu controle limitado e sem capacidade de posicionamento espacial, o que resultaria em imagens distorcidas e com informações insuficientes para remover as distorções através de um processamento terrestre. A quantidade de dados para o arranjo dos dois sensores exce-

deria a capacidade dos gravadores de fita disponíveis, sendo proposta então uma compressão dos dados a bordo do satélite. Devido às limitações do veículo espacial AEM, o MMS lançado e mantido pelo "Trem" é considerado uma alternativa, entretanto, se esta mudança se realizar, o pacote sensor deveria ser reconsiderado para se tomar vantagens da superior capacidade do MMS. Até o momento, (setembro de 1977) o Stereosat ainda não é um programa com recursos e aprovado.

### Primeiros Vãos do "Trem"

As seis primeiras missões do "Trem" são referidas como Testes de Vão Orbital (OFT). Estes foram projetados fundamentalmente para testar os sistemas do veículo espacial, mas, também fornecerão uma oportunidade antecipada para cargas experimentais. O OFT-2 e o OFT-5 (mais tarde mudado para OFT-6) foram destinados para o Departamento de Aplicações da NASA, para o desenvolvimento da carga. O OFT-2 para transportar uma paleta de instrumentos (carga paletada) e o OFT-6 para testar o mecanismo independente de lançamento e recuperação. Um Anúncio de Oportunidade (AO) (Announcement of Opportunity) foi distribuído à comunidade científica e mais de 100 propostas foram analisadas para as duas missões.

A seleção final da carga para o OFT-2 contém os seguintes testes:

**MAPS** — Medição da Poluição do Ar a partir do Espaço.

Sensor correlator de filtro gasoso operando no infravermelho térmico para medir os níveis do



monóxido de carbono na Troposfera.

**SMIRR** — Radiômetro Multi-espectral Infravermelho Shuttle ("Trem") Radiômetro de dez canais próximos ao infravermelho, não imageador, para a medição da refletância em uma faixa de 100 m ao longo da trajetória terrestre.

**OCE** — Teste de Coloração do Oceano. Radiômetro de varredura de dez canais do espectro visível, produzindo imagens digitais de baixa resolução para a identificação da bioprodutividade do oceano.

**NOSL** — Levantamento Ótico Noturno dos Relâmpagos. Uma câmara cinematográfica sonora de 16 mm equipada com fotocélulas detectoras de relâmpagos, para o estudo da correlação entre os relâmpagos e os vários tipos de tormentas fortes.

**AWSO** — Observações da Superfície sob quaisquer condições de tempo (meteorológico). Modificação, no Seasat, da faixa -L de abertura sintética do radar para o ângulo de 50° de abertura, para o registro do terreno.

O OFT-2 está com o seu lançamento planejado para julho de 1979, mas existem fortes indícios de que o peso da carga permitida será reduzido, de sorte que alguns dos testes aprovados deixarão de ser executa-

dos e a missão sofrerá um atraso de seis meses ou mais.

No momento (setembro de 1977), uma seleção final da carga, para o OFT-6, ainda não foi realizada, estando o seu lançamento previsto para março de 1980. As principais cargas são: O veículo Espacial Modular Multimissão e o Syncom 4, satélite de comunicações, e a escolha provavelmente dependerá de qual sistema esteja apto em tempo.

### Câmara de Formato Grande

Desde 1967 a Academia Nacional de Ciências recomenda que uma câmara cartográfica de formato grande seria uma carga útil no espaço: tal sistema foi proposto em diversas ocasiões, porém, por várias razões, a câmara nunca foi aprovada.

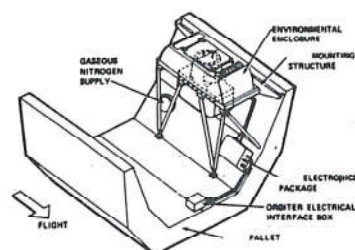
Agora, no entanto, a NASA está fornecendo recursos para o desenvolvimento da Câmara de Formato Grande (LFC) como uma carga para o "Trem".

A câmara terá uma distância focal de 30 cm, com um formato de 23 cm x 46 cm e a capacidade do magazine será de no mínimo, 1200 fotografias. De uma altitude orbital de 300 km, cada fotografia cobrirá uma superfície de 225 km x 450 km, na escala de 1:1.000.000 e com uma resolução terrestre de aproximadamente 15 m.

Operando a LFC com uma superposição longitudinal de 80% e com a sua dimensão mais longa na direção do voo, será possível obter-se uma razão base/altura de 0,3 a 1,2 selecionando-se as diversas combinações de fotografias.

A LFC ainda não foi designada para missões específicas do "Trem", porém, nos vôos iniciais, certamente será uma carga paletada no compartimento de carga (Figuras 6 e 7).

Nestas missões iniciais diversificadas, está projetado o



**FIG. 6.** — Câmara de Formato Grande montada na paleta. A câmara será montada num invólucro ambientado na paleta, que disporá de um interface com os sistemas dos "Trem".

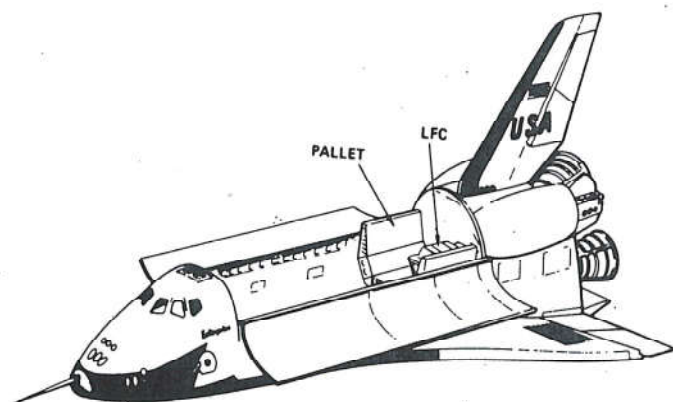
recobrimento do EEUU da América do Norte. De uma órbita de 300 km de altitude com uma inclinação de 52°, menos que 900 fotografias seriam necessárias e, pelo menos em teoria, 11 dias de operação seriam requeridos. Entretanto, devido à cobertura de nuvens, várias missões, sem dúvida, serão necessárias.

Os cartógrafos, no entanto, não consideram que as missões múltiplas tripuladas, tais como as diversificadas do "Trem", sejam uma técnica eficiente na aquisição de fotografias, sendo um bom exemplo disto o padrão de recobrimento fotográfico obtido em 171 dias de ocupação nas três missões do Skylab. Somente umas poucas faixas de fotografias com ausência de nuvens foram obtidas e somente muito poucas folhas de cartas, em escalas compatíveis com a resolução da fotografia foram adequadamente recobertas por estas missões.

Baseados nestas experiências, os cartógrafos consideram a câmara em carga paletada como uma medida provisória e olham o lançamento do veículo espacial e o modo de manutenção do "Trem", como a melhor oportunidade de obtenção de dados fotogramétricos sistemáticos úteis, a partir do espaço.

Duas possibilidades estão sendo levadas em consideração. A primeira é o "Buddysat"





**FIG. 7. — Câmera de Formato Grande no "Trem".**  
A paleta transportando a câmera pode ser instalada em qualquer missão diversificada que forneça um tempo adequado de visão da Terra.

("Satélite Companheiro") que é um veículo espacial ejetado do "Trem Orbital" pelo RMS, podendo conter os módulos de controle de atitude, manipulação de dados e comandos, e suprimento de energia do MMS e ainda estar ligado ao "Orbital", mas, provavelmente permanecerá simplesmente em uma órbita própria próxima ao "Orbital". No final da missão, o "Buddysat" seria recolhido a bordo do "orbital" e retornaria à Terra. A vantagem desta proximidade é que o "Buddysat" estaria independente das manobras do "Orbital" durante a missão, sendo este modo o mais útil para os vãos de longa duração do "Orbital".

Um estudo foi realizado para incorporar a LFC ao "Buddysat" além de transportar também retro-refletores de Laser e o Sistema de Posicionamento Global.

A segunda possibilidade é a integração da LFC com o MMS, que pode operar como um veículo espacial totalmente independente. Este modo será o mais útil quando órbitas próximas aos pólos puderem ser ob-

tidas com a duração de muitos meses.

Periodicamente o veículo espacial pode ser recuperado para a mudança do chassi do filme ou para o retorno à Terra para uma revisão completa. Elevando-se a altitude para cerca de 520 km e a inclinação da órbita para  $96^{\circ},5$ , a Terra toda poderia ser recoberta com aproximadamente 6.000 fotografias, e, embora, em princípio, isto requeresse somente nove dias de operação da câmera, certamente se estenderia a diversas missões.

#### Laboratório Espacial (Spacelab)

A Administração Européia do Espaço (ESA) está construindo um Laboratório Espacial como carga aprovada para o "Trem" e que consistirá de um laboratório tripulado em ambiente de atmosfera terrestre, para os cientistas, e, uma série de paletas externas nas quais vários instrumentos experimentais poderão ser montados. Inicialmente, o Laboratório Espacial permanecerá ligado ao "Trem" orbital, mas, eventual-

mente, está planejado para operações independentes no Espaço. A primeira missão do Laboratório Espacial, inicialmente fixada para julho de 1980, provavelmente será adiada até, no mínimo, dezembro de 1980, sendo sua altitude de 250 km a 300 km com uma inclinação de  $57^{\circ}$ , e uma duração de sete dias.

Dentre os muitos experimentos no Laboratório Espacial, haverá uma câmara fotogramétrica Zeiss RMK 30/23, operando através de uma janela do Laboratório Tripulado. De uma altitude de 250 km esta câmara fornecerá uma imagem na escala de 1:820.000 com uma resolução terrestre esperada de 20 m, cada imagem cobrindo uma superfície de 190 km x 190 km. A sua aplicação prevista é a determinação da utilidade das fotografias no mapeamento topográfico nas escalas de 1:50.000 e 1:100.000, particularmente para os países em desenvolvimento.

A NASA planeja configurar um Laboratório Espacial, eventualmente como um Laboratório de Aplicações de Visão da Terra (Earth Viewing Applications Laboratory) (EVAL), mas até agora não foi feita uma seleção de instrumentos específicos.

Tem havido outras propostas para a ESA (Administração Européia do Espaço) para satélites de observação da Terra, notadamente o veículo espacial SPOT da França, e o ARGUS da Alemanha, mas os mesmos ainda não foram aprovados ou não têm recursos. Também os japoneses têm projeto de planos para cinco veículos espaciais denominados JEOS 1 a 5 (Japanese Earth Observation Satellites) (Satélites Japoneses de Observação da Terra) transportando sensores visíveis e próximo ao infravermelho capazes de uma resolução de 50 m (JEOS-1) a 15 m (JEOS-5).



## Grande Telescópio Espacial e o Satélite Síncrono de Observação da Terra.

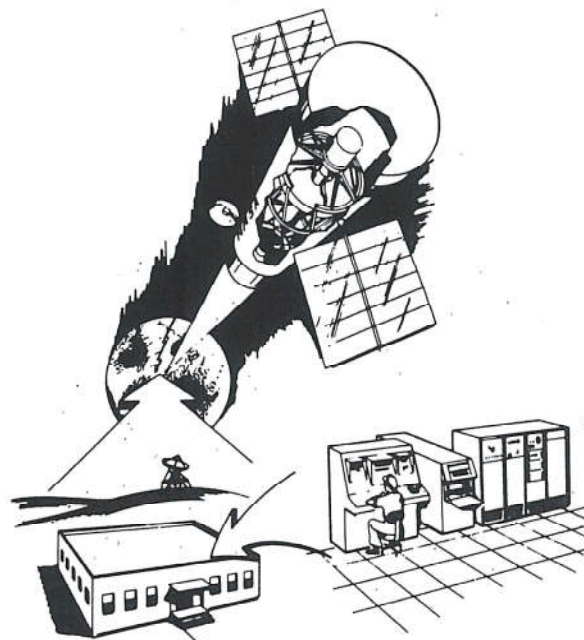
Uma das cargas mais sofisticadas a ser lançada e mantida pelo "Trem" é o Grande Telescópio Espacial (LST), que consistirá de um espelho coletor de 2,5 m de diâmetro em um telescópio do tipo Cassegrain e que operará numa órbita circular a uma altitude de 650 km. A estabilidade da trajetória será adequada para se fazer uma exposição de 10 horas de objetos astronômicos tênues. Uma variedade de sensores talvez possam ser introduzidos no plano focal para o registro da radiação estelar em numerosos comprimentos de onda.

Umas 85 propostas para experimentos foram submetidas à NASA e embora o LST seja um projeto aprovado, ele ainda não foi designado para uma missão específica do "Trem".

Um estudo foi realizado para a avaliação da performance do LST como um sistema de observação da Terra de uma órbita geossíncrona. Aquela altitude a resolução teórica seria de 10 m e o campo de visão seria de 28 km x 28 km, com um tubo de imagem de 50 mm, a 125 km x 125 km, com um filme de 23 cm x 23 cm. Entretanto, adicionado à violenta objeção dos astrônomos, existe um número de razões técnicas que tornam impraticável a colocação do LST àquela altitude.

O estudo executado no LST conduziu à consideração de um Satélite Síncrono de Observação da Terra (SEOS). No estudo realizado por um contratante, o sensor primário seria um telescópio Cassegrain de 1,8 m, com detectores em arranjo linear operando em quatro faixas espectrais, incluindo o infravermelho.

O sistema operaria de um modo de varredura grosseira,



**FIG. 8. — Satélite Síncrono de Observação da Terra (SEOS). O grande telescópio Cassegrain a uma altitude síncrona fornecerá controle de tempo real dos eventos transitórios.**

fornecendo uma resolução de 600 m, mas seria capaz de mudar para um modo de varredura fina, tendo uma resolução de 16 m a 60 m para áreas de particular interesse, sendo os dados transmitidos para a Terra para análise (Figura 8).

Colocar as cargas do "Trem" a uma altitude geossíncrona requererá o veículo Spinning Solid Upper Stage, e esta possibilidade não é esperada antes dos meados de 1980.

O SEOS ainda não é um programa aprovado.

### Sumário

Os diversos sistemas que foram discutidos não estão em uma competição tecnológica, porque cada um deles pode se justificar por seus próprios méritos. Eles podem estar, entretanto, numa competição econômica, e, independentemente do que se possa pensar, o orça-

mento da NASA não é inesgotável. Não obstante, o que moderadamente pode se esperar como sistemas operacionais de sensoriamento remoto de satélite, na próxima década, incluirá:

- Sistema de transmissão de dados. Sistemas multiespectrais síncronos com o sol, de longa duração, operando continuamente como o Landsat com, talvez, faixas espectrais adicionais e uma resolução maior.
- Veículos Cartográficos independentes. Satélites recuperáveis lançados periodicamente em órbitas polares, de altitudes relativamente baixas e transportando câmaras de alta resolução, fornecendo filmes adequados ao mapeamento cartográfico.
- Sistema de tempo-real geossíncrono. Um telescópio varredor de resolução dual e longa duração, fornecendo



tempo-real, controlando os eventos transitórios.

A tecnologia para estes sistemas está claramente acessível, e um amplo programa está lentamente surgindo, após um período prolongado de experimentações.

### Conclusão

Não há dúvida alguma de que a Terra está sendo sujeita a pressões, tais como população e poluição, aumentando o esforço na produção de recursos, energia e alimentação. Torna-se evidente que o sensoramento remoto de satélites pode prover as informações necessárias para aliviar estas dificuldades. Entretanto, encontrar soluções

tecnológicas é somente uma parte da tarefa. Existem questões de Gerência que necessitam ser solucionadas na transição dos programas experimentais para os operacionais, com a segurança que exista alguma superposição razoável entre aqueles que arcam com os custos e os que colhem os benefícios.

Além do mais, o sensoramento remoto de satélites é essencialmente de alcance internacional.

A tecnologia está agora suficientemente avançada, tornando imperativo para as nações sobrepujarem os impedimentos políticos de algumas aplicações óbvias. Obviamente, a cooperação internacional será mais efetiva que a competição internacional.

Os homens de boa vontade deverão, eventualmente, reconhecer que sigilo e segurança não são sinônimos e que é do maior interesse de todas as nações permitir a aquisição e a divulgação de informações realmente úteis.

Esta geração conta com confiança no futuro da boa Terra e dos mares que o Senhor fez.

Devemos reconhecer que o propósito real do nosso trabalho é assistir ao contínuo ato da criação e continuamente melhorar as condições de nosso amigo homem aonde quer que ele esteja. Este é o desafio real e a oportunidade que o sensoramento remoto de satélites apresenta.

### Atribuições Profissionais

Atendendo a solicitação da ABEC, a Revista Brasileira de Cartografia alerta aos profissionais de engenharia sobre solução emanada do CONFEA à consulta formulada pelo EMFA, sobre exercício de atividades profissionais.

Prende-se o assunto ao fato de o Estado Maior das Forças Armadas haver elaborado consulta ao Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia — CONFEA — sobre o exercício de atividades de aerolevantamento pelas diferentes modalidades profissionais da engenharia, arquitetura e agronomia, com o intuito de fiscalizar o fiel cumprimento do Art 15 das IRA.

Em resposta a esse expediente, a Comissão de Atribuições Profissionais daquele Conselho emitiu a Deliberação nº 17/77-CAP, de onde se depreende

que, de acordo com os artigos 4º e 6º da Resolução nº 218, de 29 jun 73, as atribuições relativas às atividades de fotogrametria somente estão afetas aos engenheiros Agrimensores, Cartógrafos, de Geodésia e Topografia ou Geógrafos, sendo ainda assegurados os direitos adquiridos ao amparo do Art 86 da Lei nº 5 194, de 24 dez 66, observado o seu parágrafo único.

Em consequência do exposto, os requerimentos àquele Estado-Maior, devem levar, um anexo, cópia da *Carteira de Identidade Profissional* do responsável pela execução de cada serviço, onde sejam definidas suas atribuições profissionais.

(esta notícia se baseia nos ofícios nº 3323/FA-51/77 do EMFA e nº 1029/FA-51 de 06/04/78 do sub-chefe de assuntos tecnológicos do EMFA).