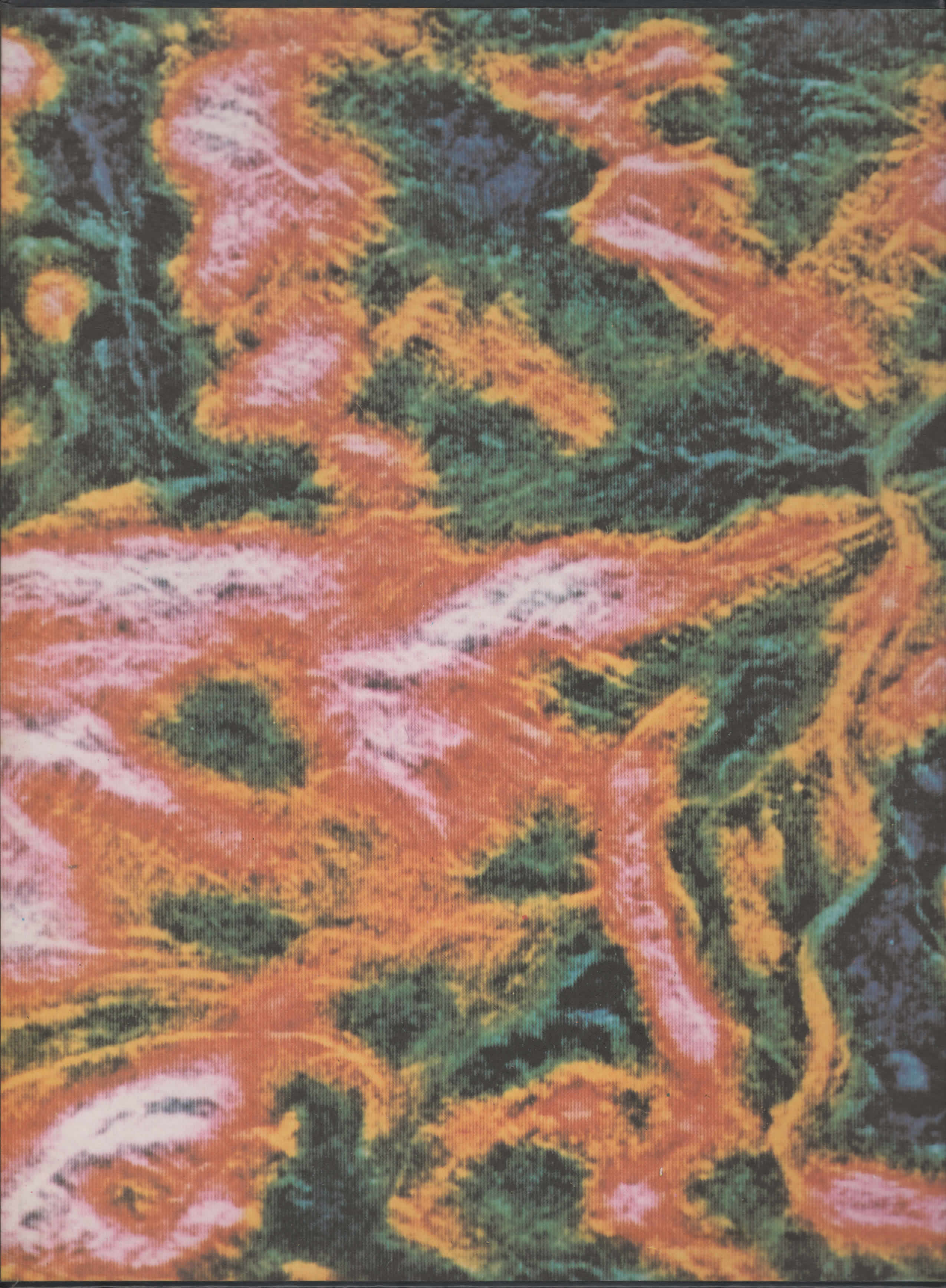


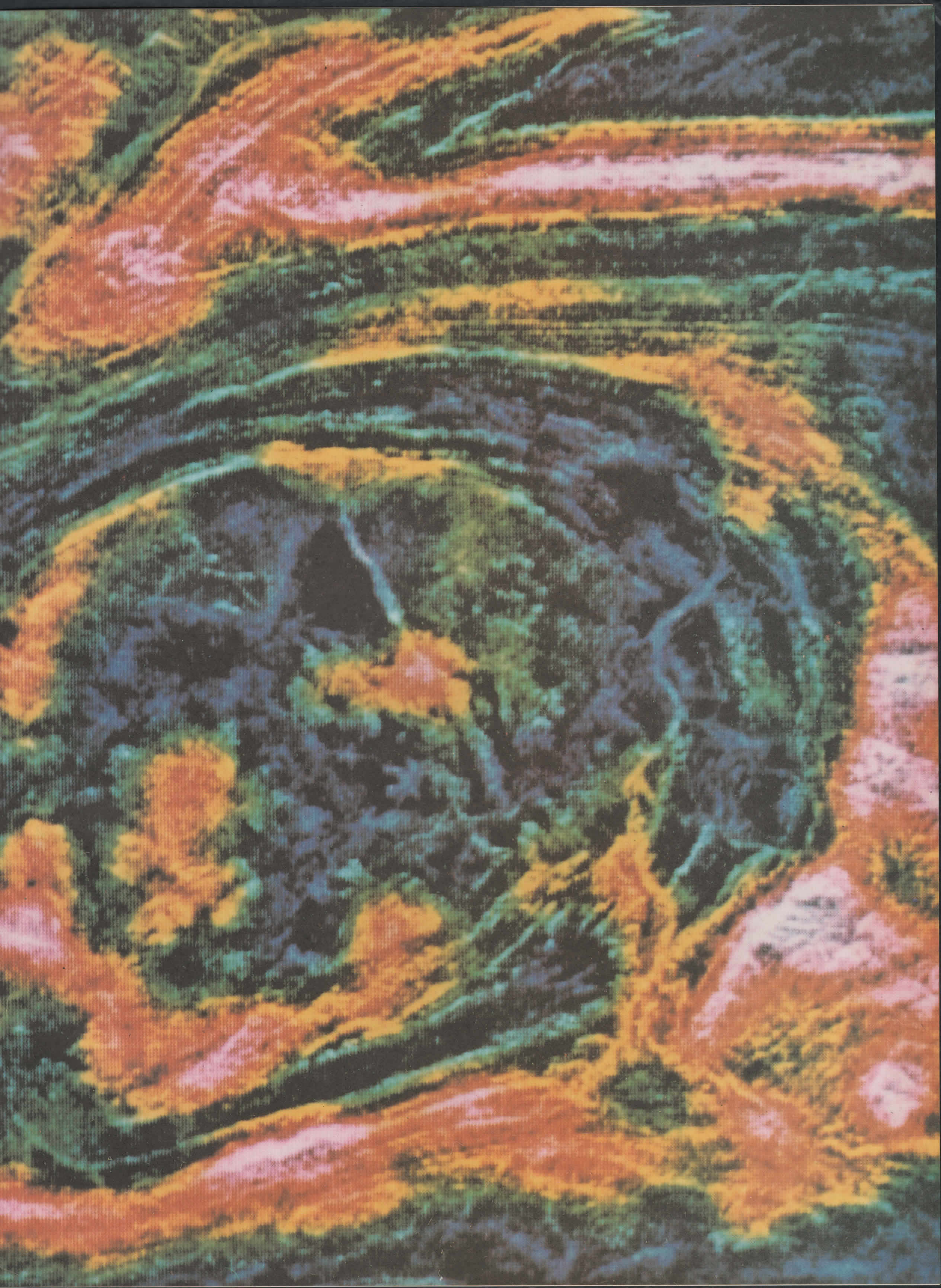
Robin Kerrod

ATERRA VISTA DO ESPAÇO

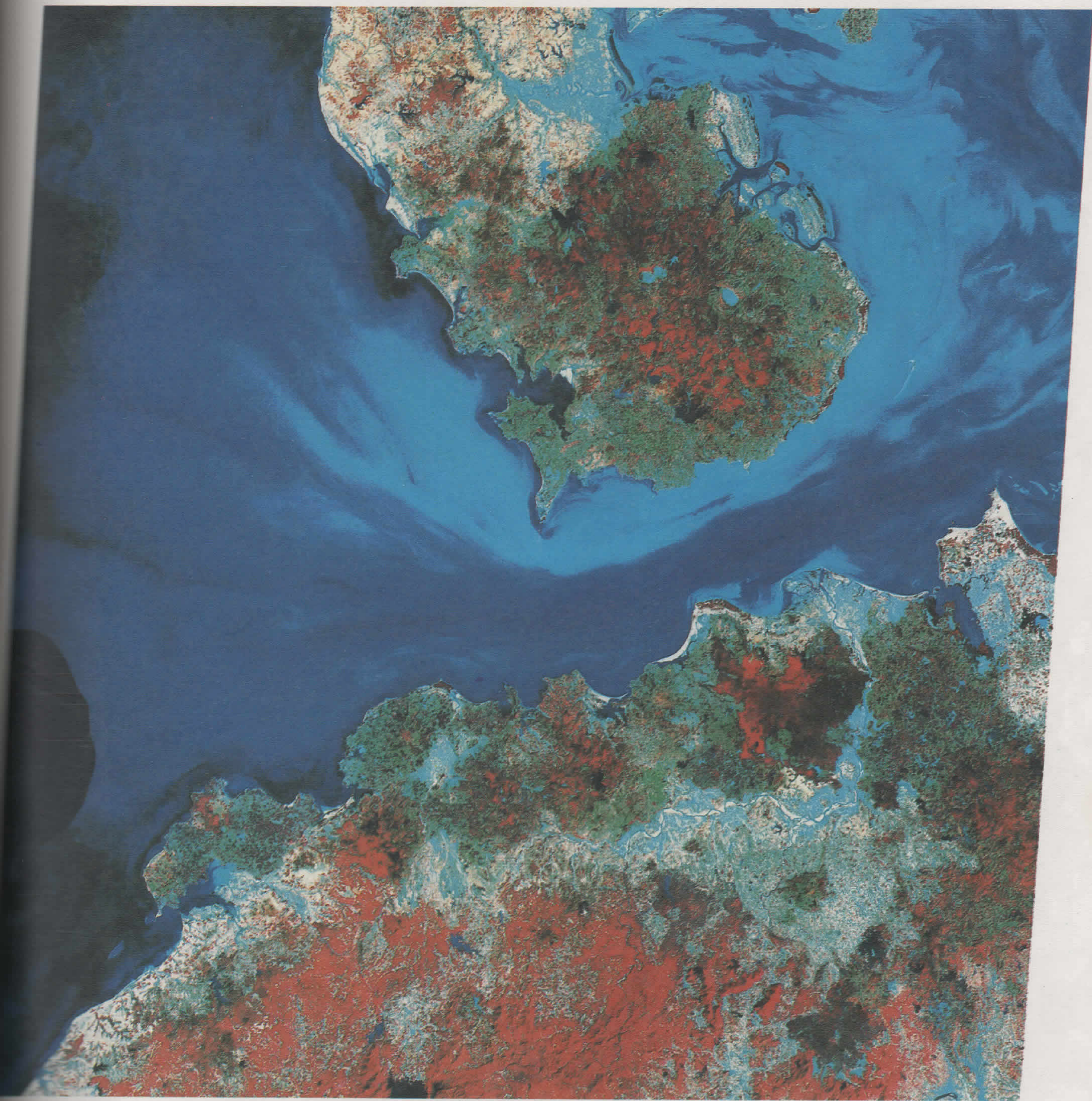


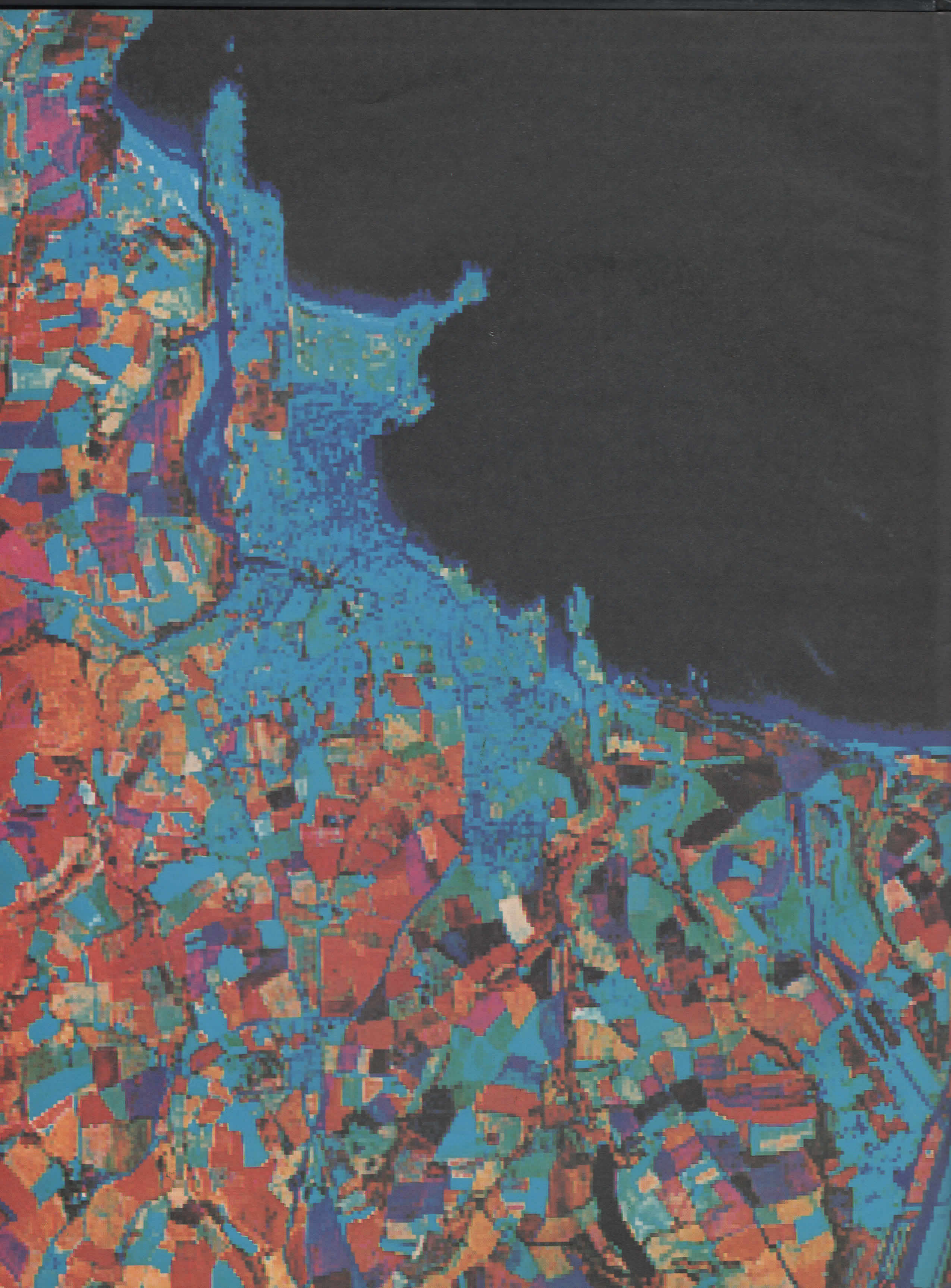
O LIVRO DA NASA





ATERRA VISTA DO ESPAÇO





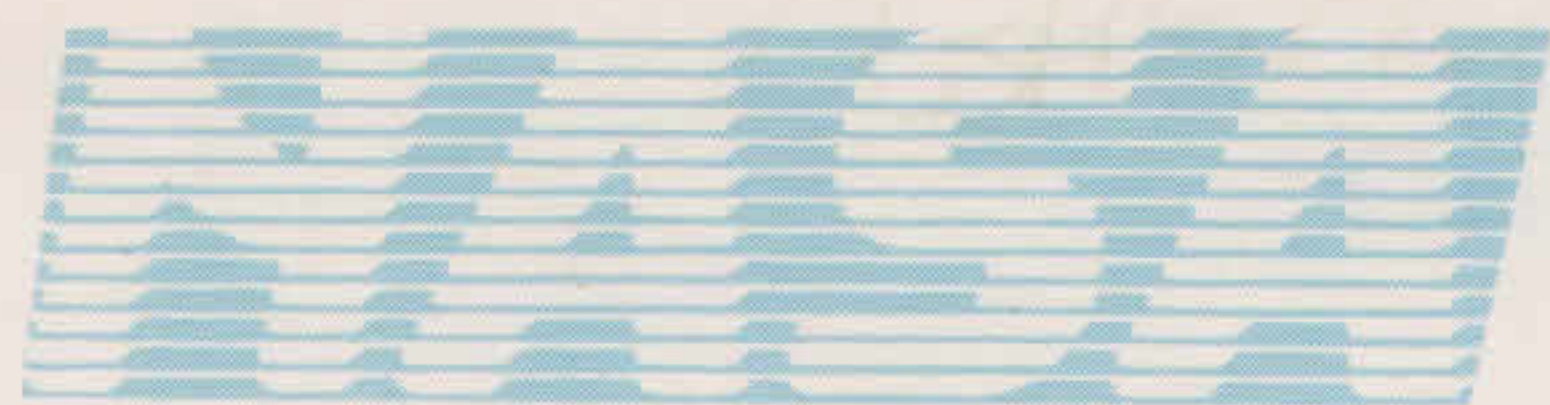
Robin Kerrod

ATERRA VISTA DO ESPAÇO



 CÍRCULO DO LIVRO





Sumário

Introdução

Página 6

A tecnologia

Página 8

A terra

Página 22

Uso da terra

Página 32

As águas

Página 48

Olho meteorológico

Página 60

Catástrofe

Página 68

Introdução

Em maio de 1963 o astronauta Gordon Cooper, a bordo da cápsula espacial Mercury 9, foi disparado da plataforma de lançamento do cabo Canaveral. Ele iria bater o recorde americano, permanecendo um total de 34 horas em órbita e circundando a Terra 22 vezes. Ao contrário dos astronautas das cápsulas Mercury precedentes, teve tempo de ver mais de perto a paisagem da Terra, que se desdobrava lentamente por cerca de 240 quilômetros abaixo dele. O que relatou deixou incrédulos os controladores da missão e os estudiosos das ciências da Terra.

Cooper afirmou que conseguia ver as casas e ruas das regiões de pouca umidade e poucas nuvens, como a planície tibetana e a parte sudoeste dos Estados Unidos. Uma locomotiva a vapor resfolegando nos trilhos de uma estrada de ferro na Índia. A esteira de um barco num rio da Birmânia.

Na verdade, todo mundo na Terra estava cético. Suspeitou-se que Cooper pudesse estar tendo ligeiras alucinações, e, sem dúvida, alguém ficou imaginando se isso não seria um problema nos vôos espaciais mais longos; mas quando, em 1965, foram iniciadas as missões Gemini, a verdade das observações de Cooper ficou patente. Em órbita, podem se ver detalhes incríveis. Desde então, nas missões Gemini e em algumas missões Apollo subseqüentes, fotografar a Terra tornou-se uma atividade regular.

Olhos eletrônicos

Os astronautas em órbita tiram fotografias espetaculares com filme colorido comum, mas a fonte mais rica de informações da Terra provém de instrumentos colocados a bordo dos satélites não-tripulados, que inspecionam a Terra com luz de vários comprimentos de onda diferentes. Desses satélites, os mais notáveis são os da série Landsat, da NASA. O Landsat não fotografa diretamente a Terra: forma imagens eletrônicas enquanto varre o solo em faixas estreitas. Os dados das imagens são transmitidos de volta para as estações em terra, onde, por meio das engenhosas artes do computador, são transformados em fotografias fascinantes, cujas cores não são as reais.

Essas fotografias revelam grande riqueza de detalhes sobre a natureza e o uso da terra. Descobrem formações rochosas de grande porte, que facilitam a localização de novos depósitos minerais. Conseguem indicar onde grassa a doença nas plantações. Mostram os campos arados; a ameaça de enchente.

É evidente que os geógrafos ficam encantados com as imagens do Landsat, que lhes permitem elaborar os mapas de regiões até então desconhecidas de praticamente qualquer parte da Terra. Somente pequenas regiões próximas aos pólos não são visíveis para o onividente olho eletrônico do Landsat.

A visão do tempo

O Landsat constitui apenas uma parte da história do sensoriamento remoto. Para os meteorologistas, sensoriamento remoto é sinônimo de satélites meteorológicos como o NOAA e o GOES, que, hora após hora e dia após dia, nos brindam com os conhecidos quadros de nebulosidade que vemos nas previsões meteorológicas fornecidas pela televisão.

Também estão acontecendo coisas incríveis com o sensoriamento remoto na lançadeira espacial. Nas missões do Spacelab, a fotografia de precisão do tipo convencional está sendo feita com a câmara fotográfica de formato grande e com a câmara fotográfica métrica. O radar de formação de imagens da lançadeira espacial está fornecendo imagens com os mínimos detalhes, tanto durante o dia como à noite. A Agência Espacial Francesa (com o SPOT) e a Européia (com o ERS) trabalham com afinco no sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto já foi condenado por alguns países como instrumento de espionagem, certamente com um pouco de razão; mas as imagens do Landsat estão disponíveis, não para uso exclusivo de espões, e sim para uso de qualquer pessoa, em qualquer país e para qualquer finalidade. E é assim que deve ser. Todos da Terra deveriam ter a oportunidade de se maravilhar com a beleza do nosso planeta natal, que é revelada pelas imagens deslumbrantes obtidas do espaço.

Magnífica vista de toda a Terra, obtida pelo satélite europeu Meteosat. Mostra céus praticamente livres de nuvens sobre a maior parte da Europa e da África, com exceção da região do Mediterrâneo e da África tropical. Nesta foto as cores naturais são simuladas: normalmente o Meteosat fotografa as nuvens em preto e branco.





A tecnologia

Circulando em órbita a 700 quilômetros de altitude, um satélite que representa o estágio atual da tecnologia do sensoriamento remoto está apontando os dispositivos de varredura para as praias da região oeste do lago Erie. É o quinto da série Landsat de satélites de observação da Terra, lançado em órbita em 1º de março de 1984. Do ponto em que se encontra, varre uma superfície quadrada de 185 quilômetros de lado.

Em menos de meio minuto, registra automaticamente mais de 30 milhões de informações a respeito daquele quadrado de terra e água. Num piscar de olhos, transmite esses dados para o Centro de Vãos Espaciais Goddard, de Greenbelt, em Maryland, perto da capital, Washington. Nesse centro os sinais recebidos são registrados e processados, para a execução de correções geométricas e outras. Com o decorrer do processamento, obtém-se a gravação de uma fita magnética compatível com os computadores; essa fita é enviada ao centro de dados EROS, de Sioux Falls, em Dakota do Sul.

No centro EROS, após mais uma fase de processamento, os dados eletrônicos são colocados num gravador de filme, que utiliza um feixe *laser* para produzir uma imagem fotográfica. O resultado é a foto que se vê nestas páginas: uma vista espetacular das cidades de Detroit, Windsor e Toledo, circundadas pelas zonas rurais.

Naturalmente, a zona rural não é vermelha! O Landsat fornece dados que, processados, transmitem imagens nas cores de sua preferência. Nesta fotografia, o vermelho representa a vegetação dos campos, oferecendo um contraste marcante com o azul e branco das zonas urbanas.

A família Landsat

A história do Landsat começou em 1972. No dia 23 de julho daquele ano foi lançado em órbita um satélite parecido com uma borboleta, chamado Primeiro Satélite Tecnológico de Recursos Terrestres (ERTS-1). Em janeiro de 1975, o ERTS-1, mais tarde rebatizado com o nome de Landsat 1, recebeu a companhia do Landsat 2. Em março de 1978, foi lançado o terceiro Landsat, dois meses depois do insucesso do Landsat 1. Os três satélites tinham o mesmo projeto básico do Nimbus, satélite meteorológico de muito sucesso. A forma de borboleta desses satélites devia-se às duas "asas" dos painéis solares. Todos foram lançados do Campo de Testes do Oeste, na Base Aérea de Vandenberg, na Califórnia, em órbitas quase polares a uma altura de cerca de 920 quilômetros.

Os Landsats levavam dois instrumentos principais para examinar a superfície da Terra: o RBV (feixe *vidicon* de retorno) e o MSS (dispositivo de varredura multiespectral). Para obter a imagem do solo, o sistema RBV utilizava três câmaras do tipo utilizado pela televisão, e o MSS, um sistema inédito de varredura, com espelhos oscilantes. Foram os MSS que forneceram a maior parte dos dados. Foi também o MSS um dos dois principais sensores escolhidos para a geração seguinte de satélites Landsat, o Landsat 4 (de julho de 1982) e o 5 (de março de 1984). Destes, somente o Landsat 5 está em pleno funcionamento.

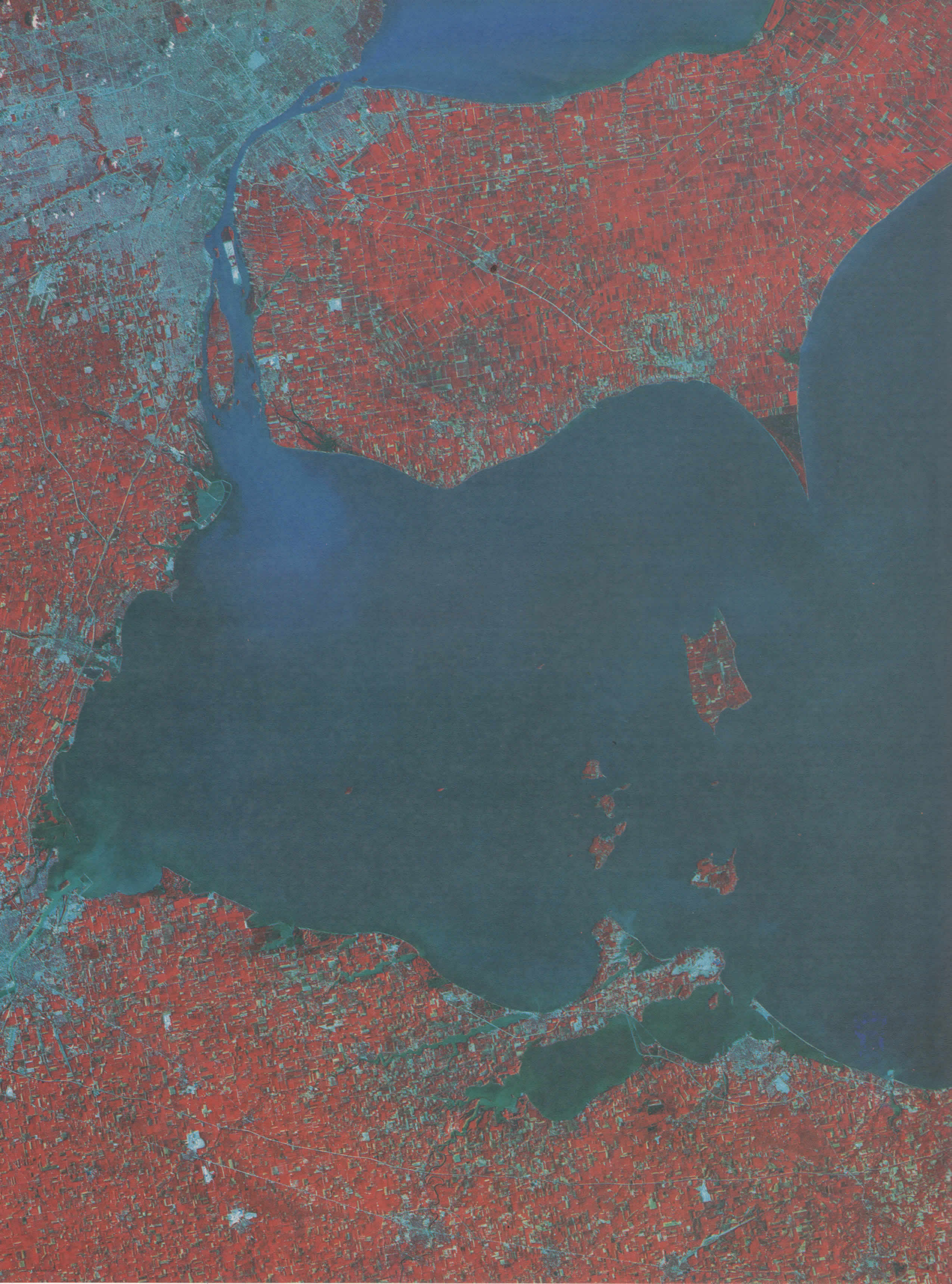
Landsat 5: o veículo espacial

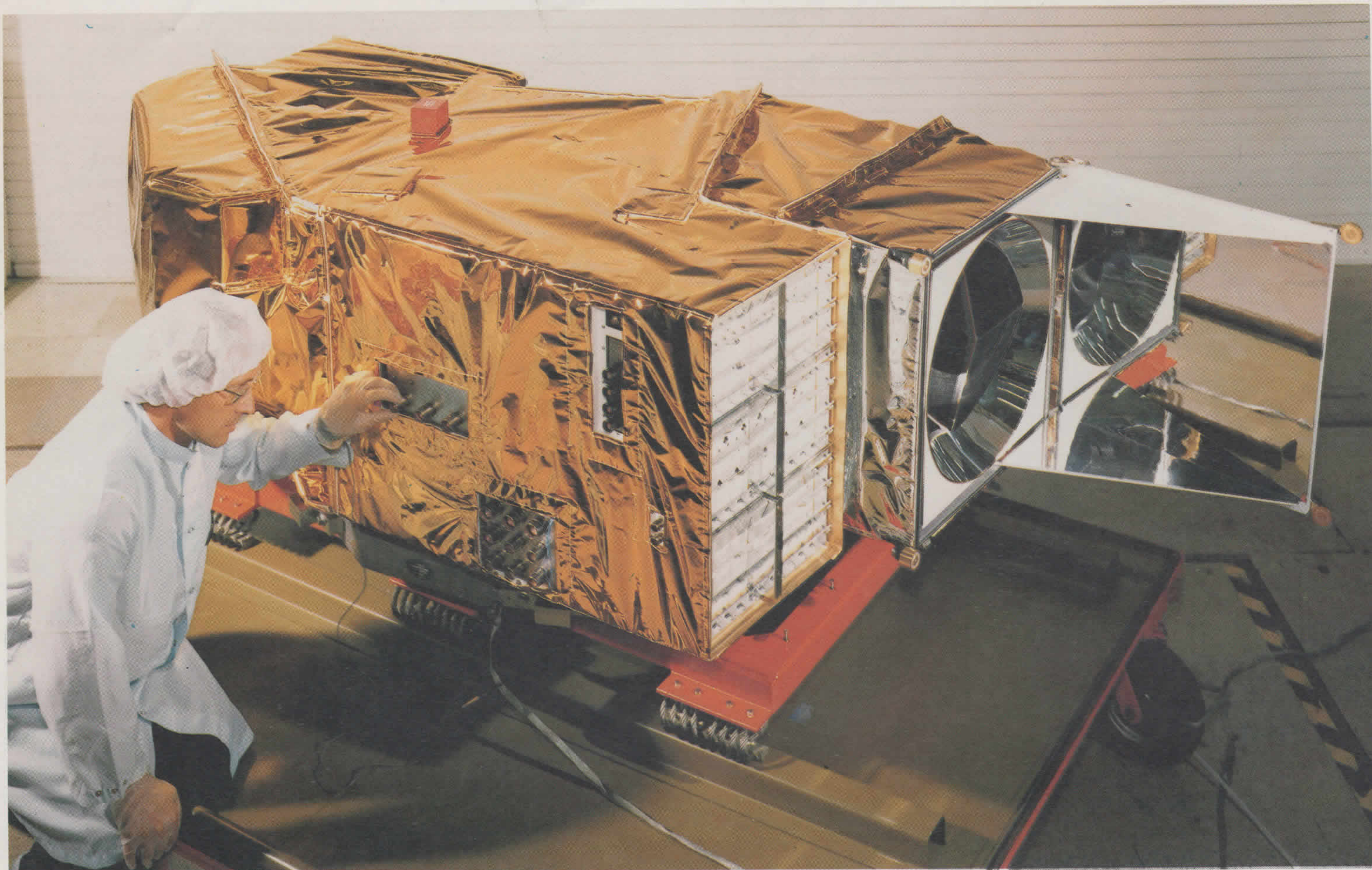
O último Landsat, que é idêntico ao Landsat 4, é uma adaptação de um projeto básico da NASA, chamado MMS (veículo espacial modular de missões múltiplas). O projeto básico também foi usado no caso do Solar Max, satélite que leva e traz os astronautas, tão espetacularmente consertado em órbita em abril de 1984. Com os painéis solares abertos, o Landsat tem 4 metros de comprimento e 2 de largura. O mastro, de 3,7 metros, tem uma antena parabólica de diâmetro de 1,8 metro.

O Landsat 5 opera em altitudes menores do que os Landsats 1, 2 e 3. A cada cem minutos circunda a Terra, a cerca de 700 quilômetros de altitude. A órbita é escolhida de forma que o satélite possa acompanhar o Sol enquanto a Terra gira em torno do eixo. Assim, o Landsat sempre passa por um certo ponto da Terra na mesma hora local, que é entre 9h30min e 10h30min. Volta a esse mesmo ponto a cada dezesseis dias. Como o ângulo do Sol nas imagens do Landsat é sempre o mesmo,

Esta imagem do lado oeste do lago Erie, obtida pelo Landsat 5, mostra o que há de mais novo em matéria de sensoriamento remoto. Produzida pelo mapeador temático do Landsat 5, revela detalhes incríveis da paisagem. Em cima, no centro, estão a cidade e os subúrbios de Detroit. Do outro lado do rio Detroit fica a cidade canadense de Windsor. A cidade da extremidade sudoeste do lago Erie é Toledo, no Ohio, na foz do rio Maumee.







fica mais fácil detectar as diferenças nas imagens obtidas em momentos diferentes.

As estações

O Landsat obtém muito mais informações do que uma câmara fotográfica comum, pois ele vê, não com luz comum, mas sim com luz de diversos comprimentos de onda.

A maioria das substâncias tendem a parecer diferentes quando examinadas com luz de diferentes comprimentos de onda do espectro. Dizemos que têm “assinaturas” espectrais diferentes. Usando dados do Landsat, é mais fácil localizar essas assinaturas e com isso identificar aspectos da superfície que podem passar despercebidos com luz comum (branca).

No Landsat 5, utilizam-se dois sensores: O MSS e o TM (mapeador temático). O MSS faz uma varredura da Terra em quatro comprimentos de onda, ou, mais precisamente, em quatro faixas de ondas, cada uma cobrindo uma região de comprimento de onda. Uma faixa está na parte verde (visível) do espectro; outra faixa, no vermelho (visível), e duas no infravermelho próximo (invisível). O mapeador temático faz uma varredura em mais três faixas de onda: mais uma no verde e duas no infravermelho. As faixas são escolhidas de modo a revelar os contrastes de características da superfície. Por exemplo, a primeira faixa no verde mostra as diferenças existentes entre florestas de árvores decíduas e florestas de coníferas e salienta aspectos da costa. A faixa vermelha dá ênfase às diferenças encontradas em espécies vegetais. A faixa do infravermelho médio distingue neve e nuvens.

Tanto o MSS como o TM utilizam um dispositivo com espelho oscilante para fazer a varredura da superfície, numa sucessão de zonas de 185 quilômetros, da direita para a esquerda, enquanto o Landsat se dirige para o sul. O espelho dirige a luz refletida pela superfície para filtros, e destes para detectores correspondentes a cada faixa de onda.

O menor detalhe de superfície que o MSS consegue resolver é uma área quadrada de 82 quilômetros de lado; essa área constitui o elemento

Um técnico da Hughes Aircraft examina o mapeador temático do Landsat antes de ele ser montado no satélite. Dos instrumentos do Landsat, este é o mais sensível e o que dá melhor resolução das imagens. O dispositivo de varredura se encontra na abertura circular. À esquerda da foto, fica o módulo eletrônico, em frente ao qual há um conjunto de venezianas, que se abrem e se fecham para manter o módulo à temperatura ótima de funcionamento.

básico do quadro (ou pixel) do sistema de imagens do MSS. Já o sistema do TM tem resolução muito maior; gera imagens com elementos de imagens (ou pixels) de 30 metros de lado.

Permuta e distribuição de dados

O Landsat transmite para a Terra dados do MSS e do TM, de várias maneiras. Quando está na linha de visão de uma estação do Landsat baseada em terra, como é o Centro Goddard, transmite diretamente os dados para lá. Quando está fora da linha de visão de uma estação em terra, pode se encontrar dentro da linha de visão de um TDRS (satélite de rastreamento e permuta de dados), e nesse caso transmite os dados (por meio de sua antena parabólica) ao TDRS, que, por sua vez, os envia à estação em terra de White Sands, no Novo México. Desta estação, os dados vão para o Centro Goddard por meio de um satélite de comunicações nacional (americano). Quando não há satélite nem estação em terra ao seu alcance, o Landsat armazena os dados de varredura em fita.

O Centro de Vãos Espaciais de Goddard, de Greenbelt, Maryland, é uma das três principais estações receptoras do Landsat nos Estados Unidos. As outras estão em Goldstone, na Califórnia, e em Fairbanks, no Alasca. Existem muitas outras estações receptoras de dados do Landsat; na Europa há duas: em Kiruna, na Suécia, e em Fucino, na Itália. Os dados recebidos por essas estações são distribuídos por toda a Europa por uma rede chamada Rede da Terra, a partir de um centro localizado em Frascati, na Itália. Há também estações receptoras na Austrália, no Canadá, no Brasil, na Argentina, na África do Sul e no Extremo Oriente.



Desenho dos Landsat 4 e 5 (originalmente chamados D e E). O Landsat é um veículo espacial grande, como se pode notar comparado ao tamanho do mapeador temático da página oposta. Pesando cerca de 2 toneladas, tem 4 metros de comprimento e 2 de largura. O mastro da antena tem 1,8 metro de altura. Circundando a Terra a uma altura de 700 quilômetros, orbita o planeta a cada 100 minutos. Faz a varredura de uma faixa vertical de terra de 185 quilômetros de largura, devolvendo os sinais diretamente para as estações em terra, ou indiretamente, por meio de um TDRS (satélite de rastreamento e distribuição de dados).

Esta foto do Meio Domo, no Parque Nacional de Yosemite, na Califórnia, é uma imagem produzida por um MSS do Landsat (dispositivo de varredura multiespectral), que está sendo testado num avião. É uma imagem em cores artificiais, que apresenta a folhagem das árvores e o restante da vegetação em vermelho.



O centro de dados EROS

A responsabilidade total pelas operações com o Landsat está delegada hoje à NOAA (Administração Nacional Atmosférica e Oceânica dos Estados Unidos). O centro de dados EROS, de Sioux Falls, é operado pela NOAA como organismo auxiliar no processamento e pesquisa das imagens fornecidas pelo Landsat e é o principal centro de distribuição de dados dos Estados Unidos. (Em inglês, EROS é a sigla correspondente a "Sistema de Observação de Recursos da Terra".)

O centro de dados EROS também distribui imagens obtidas pelas missões Gemini, Skylab e Apolo. Além disso, comercializa fotografias detalhadas que abrangem todos os Estados Unidos, em preto e branco, em cores comuns e em infravermelho. Algumas dessas fotos foram tiradas como parte do programa aeronáutico de recursos da Terra, na NASA; outras, para o programa nacional de fotografia em grande altitude (NHAP americano). As fotografias aéreas da NASA foram tiradas em várias altitudes, de algumas centenas de metros a 18 000 metros. As do NHAP foram obtidas a uma altitude padrão de 12 000 metros.

Imagens do Landsat

O Landsat envia as informações sobre a superfície da Terra na forma de dados eletrônicos digitais; estes dados representam as saídas dos detectores individuais para as quatro faixas de ondas do MSS e as sete do TM. Os dados relacionados com cada faixa de onda são separados e processados, formando uma imagem que pode ser "gravada" num filme. Pode-se notar que uma imagem do Landsat não é quadrada como uma fotografia: é um paralelogramo, pois os lados são paralelos à trajetória orbital do satélite ao longo da superfície da Terra. Cada lado da imagem padrão do Landsat representa uma distância de 185 quilômetros no solo.

A imagem feita a partir de uma única faixa de ondas tem a característica de ser impressa em preto e branco. Dessa forma, todos os dados de MSS de uma cena do Landsat fornecem um conjunto de quatro imagens em preto e branco, que, nos comprimentos de onda verde, vermelho e infravermelho próximo, apresentam diferenças de aparência de uma mesma região.

Para a maioria das finalidades, as diferenças nas características da superfície tornam-se mais evidentes quando os dados individuais das faixas de ondas são combinados numa composição de cores que não representam as cores reais. Uma forma de se obter composições em cores que não correspondem às reais consiste em expor três das imagens de faixas de ondas em preto e branco, através de filtros, em filme colorido; mas as cores obtidas são artificiais, não correspondem à realidade. A vegetação aparece em vermelho, não em verde; as zonas urbanas surgem em azul ou azul-acinzentado; a água pura tem aparência preta e a carregada de sedimentos aparece num azul-claro. Esse sistema de obtenção de composições a partir de filme em preto e branco já foi em boa parte superado: hoje em dia, as imagens em cores que não correspondem às reais são criadas diretamente a partir dos dados digitais originais.

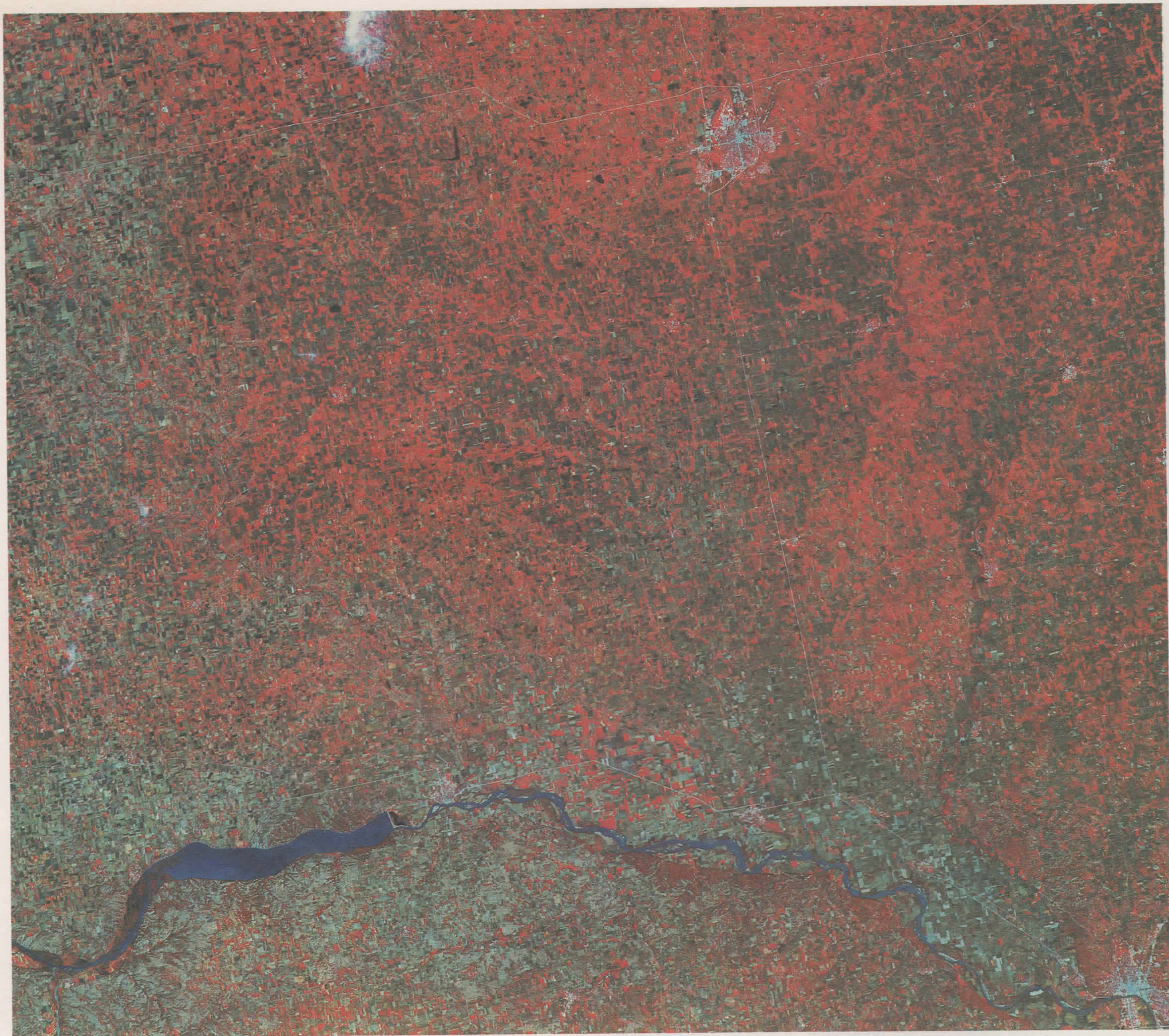
Processamento da imagem

Os dados transmitidos por um centro receptor de Landsat, como é o Centro Goddard, já foram processados até certo ponto; mas, para a maior parte das aplicações dos usuários, os dados ainda são considerados "crus" e precisam de mais processamento por computador.

Os dados crus do Landsat já foram corrigidos quanto a fatores como a curvatura da Terra e erros de posição do satélite, mas a imagem ainda é distorcida. Para alinhar a imagem com o mapa, usa-se um processo chamado "transformação geométrica".

Os dados do Landsat são recebidos do veículo espacial na forma eletrônica digital. Depois são processados por computador, dando uma imagem. Aqui uma pesquisadora do Centro de Dados EROS, de Sioux Falls, no Dakota do Sul, efetua uma análise digital de uma imagem da ilha havaiana de Oahu.





O mapeador temático do Landsat fez a imagem desta região essencialmente agrícola da região sudeste do Dakota do Sul. O rio que corre na parte inferior da foto é o Missouri, que assinala a fronteira com Nebraska. Observe, à esquerda, a represa que corta o rio (represa da ponta Gavins), englobando os lagos Lewis e Clark. Na parte superior da foto, a cidade de Sioux Falls, que abriga o Centro de Dados EROS. Note com que clareza sobressaem as pistas de decolagem do aeroporto.

O Centro de Dados EROS, no nordeste de Sioux Falls: Edifício Karl E. Mundt (de 11 200 metros quadrados). O coração do centro é um computador potente e complexo que controla uma base de dados de mais de 6 milhões de imagens e fotografias.





“Fatiamento (ou separação) por densidade” é uma técnica que acentua os contrastes em valores que mudam continuamente (como, por exemplo, profundidades de água). Faz-se uma correspondência entre diferentes cores, que não são as verdadeiras, e certas faixas de valores (por exemplo: 1-10, 10-20 metros). A imagem resultante facilita a localização de diferenças essenciais.

Outra técnica utiliza uma “assinatura do alvo”, para uma localização rápida de certos aspectos particulares da superfície. Primeiro, determina-se a assinatura espectral da característica ou aspecto desejado; em seguida, pode-se instruir o computador para realçar, em cores artificiais, todas as zonas da imagem que tiverem essa assinatura.

Fotos e imagens obtidas da lançadeira espacial

As imagens da superfície da Terra fornecidas pelo Landsat não correspondem à realidade. Para saber com que a Terra realmente se parece, precisamos ver as fotografias tiradas pelos astronautas com uma câmara fotográfica e filme colorido comuns. Hoje, os astronautas obtêm da lançadeira fotos em todas as missões, continuando o trabalho pioneiro dos fotógrafos espaciais das missões Gemini, Apollo e Skylab.

Geralmente, os astronautas usam câmaras fotográficas Hasselblad e filmes de 70 milímetros. Evidentemente, as fotos são tiradas através das janelas da lançadeira, que são de boa qualidade óptica. As cores das

A NASA tem um programa de recursos da Terra que é executado no ar, e outro efetuado numa base espacial. Esta deslumbrante imagem das cataratas do Niágara foi obtida de uma altura de cerca de 760 metros. À direita, estão as espetaculares cataratas canadenses, ou Horseshoe Falls (cataratas da Ferradura); as cataratas americanas ficam à esquerda. Veja como a folhagem e a vegetação aparecem em tons de vermelho. Os instrumentos do Landsat gravam as imagens em vários comprimentos de onda infravermelhos.

fotos tiradas da lançadeira não são tão vívidas como seria de se esperar. O verde da vegetação, por exemplo, tende a sair cinza-azulado, como resultado da difusão de luz na atmosfera da Terra.

A lançadeira também funciona como transportadora de câmaras fotográficas mais aperfeiçoadas e outros tipos de equipamento para sensoriamento remoto. Na missão 41-G, de outubro de 1984, por exemplo, a câmara fotográfica de formato grande (LFC) fez sua estréia espacial para fins de teste e calibração. Ela consegue dar uma resolução do solo de cerca de 21 metros, comparável aos 30 metros do mapeador temático do Landsat.

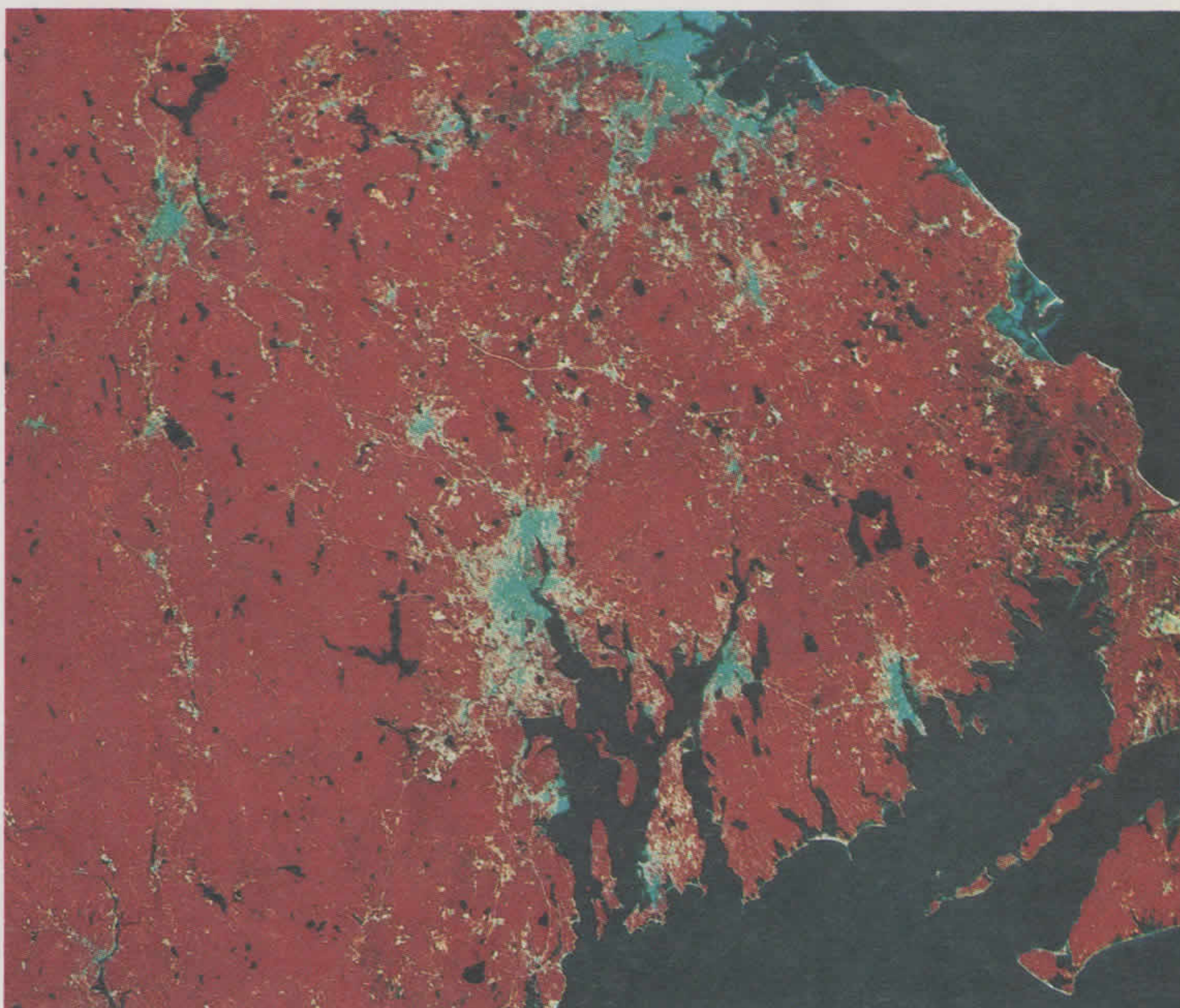
A missão 41-G comportava também o radar de formação de imagens da lançadeira (SIR). Como a câmara fotográfica de formato grande, o SIR ficou alojado no compartimento de carga útil, que está sempre aberto para o espaço. O SIR funciona como qualquer radar: transmite

pulsos de microondas e detecta seus ecos; mas, ao contrário do radar comum, consegue transmitir pulsos que atingem a superfície em diversos ângulos. A potência dos ecos depende da natureza da superfície. Processando os ecos com um computador, pode-se formar uma imagem da superfície.

Pelo fato de se usar microondas, essa imagem pode ser obtida a qualquer hora, seja durante o dia, seja à noite, e em qualquer condição meteorológica. Essa é uma vantagem em relação ao Landsat, que utiliza luz do sol refletida e precisa de luz do dia e ausência de nuvens, para fornecer boas imagens.

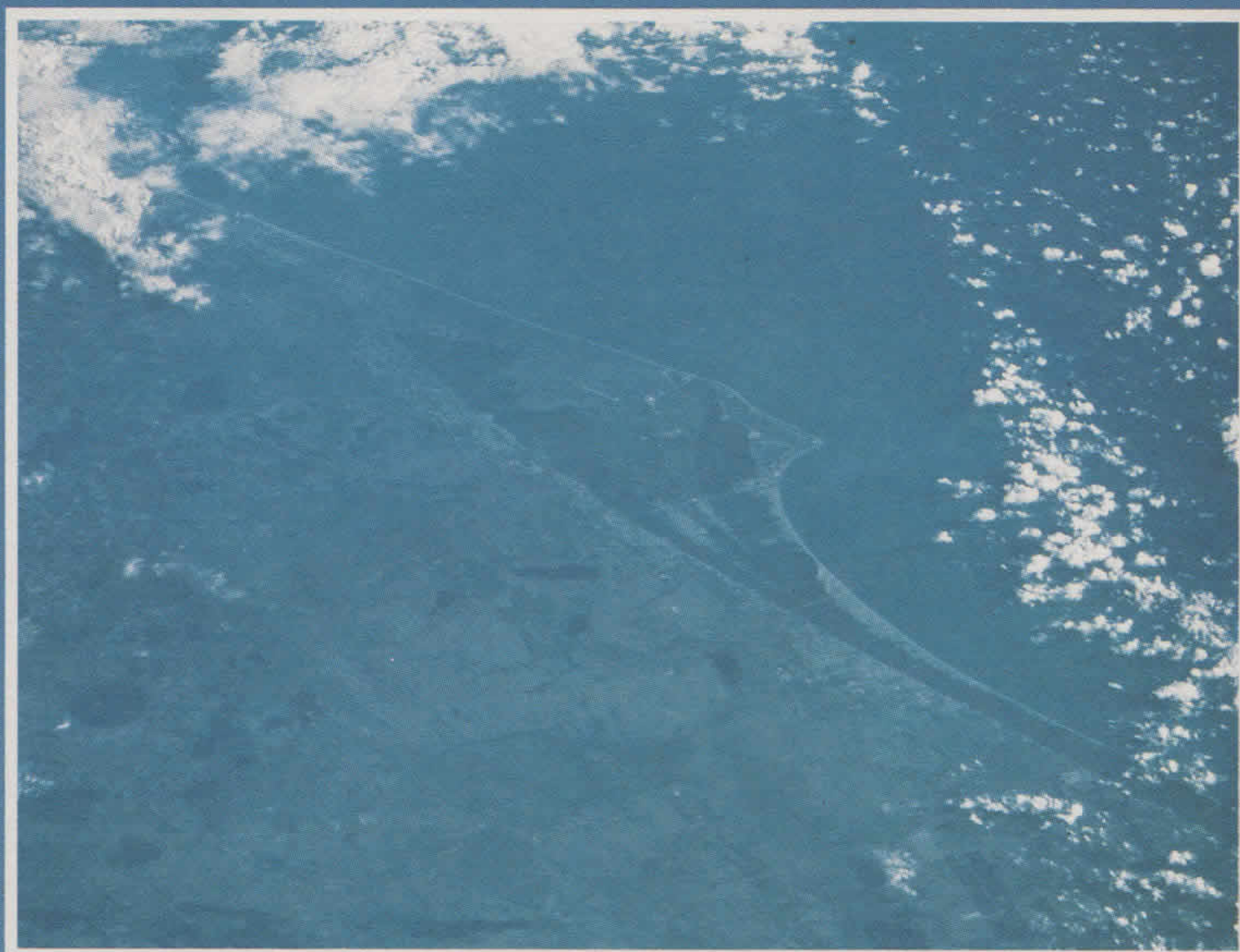
Esta foto da Nova Inglaterra foi obtida por um MSS (dispositivo de varredura multiespectral) do Landsat. As cores artificiais contrastam as zonas urbanas (azuis e brancas) com a zona rural (vermelha). As águas do interior são pretas. No centro da parte superior vê-se Boston, no Massachusetts; no meio, Providence, em Rhode Island. A resolução da imagem não é perfeita.

Vista de Boston, feita a uma distância menor, onde se nota a alta resolução do mapeador temático. Por exemplo, as rodovias e suas interseções aparecem claramente. Também aqui as cores são artificiais, embora tenham sido escolhidas de modo a apresentar a zona rural em verde.

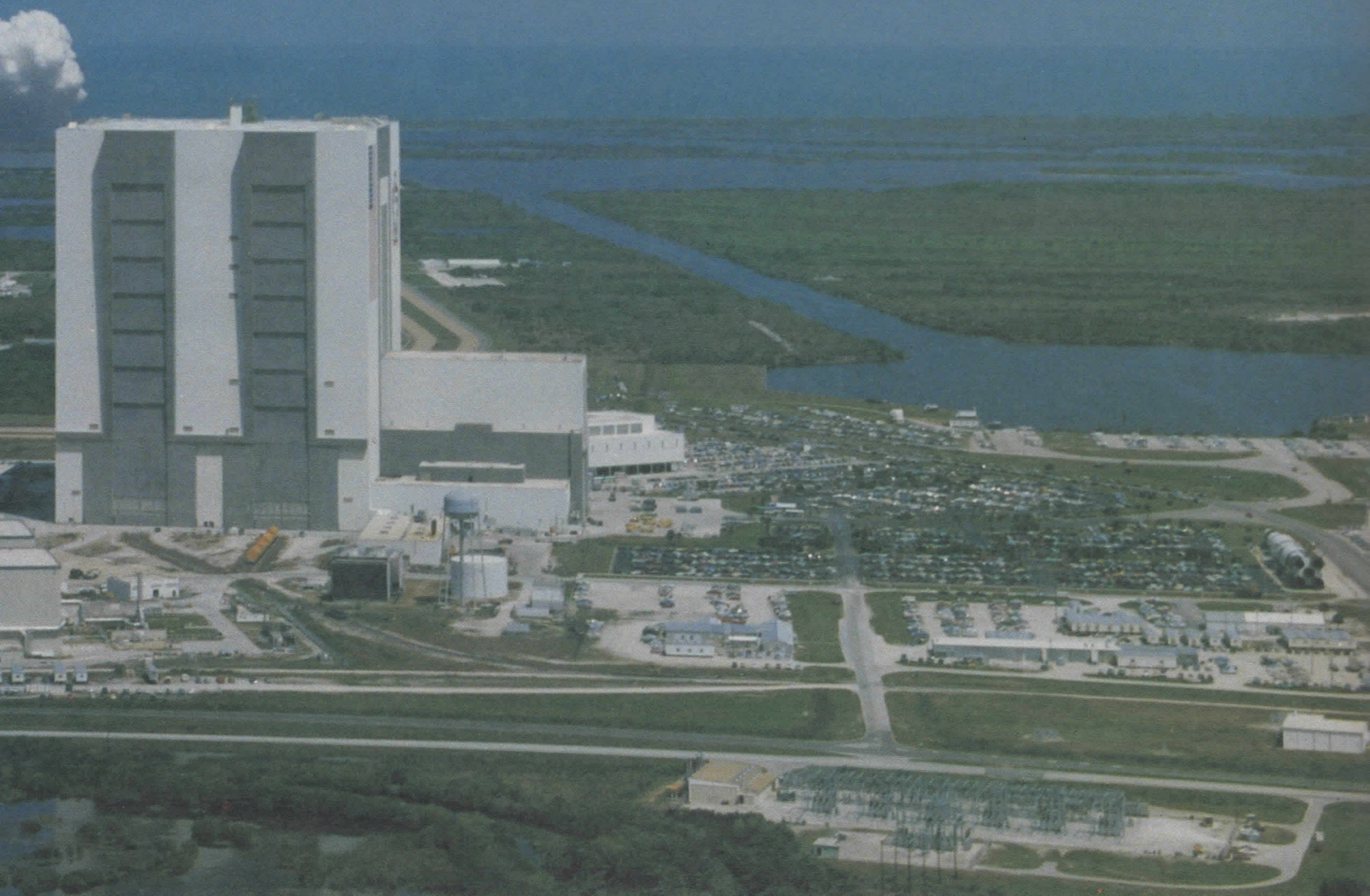


Sobre um pilar de chamas, fumaça e vapor de água, uma lançadeira espacial é disparada da plataforma de lançamento do Centro Espacial Kennedy, na Flórida. Dominando a cena temos o edifício de montagem de veículos, da altura de um arranha-céu, no qual é montada a chaminé da lançadeira, que participa cada vez mais do sensoriamento remoto, através dos programas de formação de imagens da lançadeira (SIR) e da câmara de formato grande (LFC).

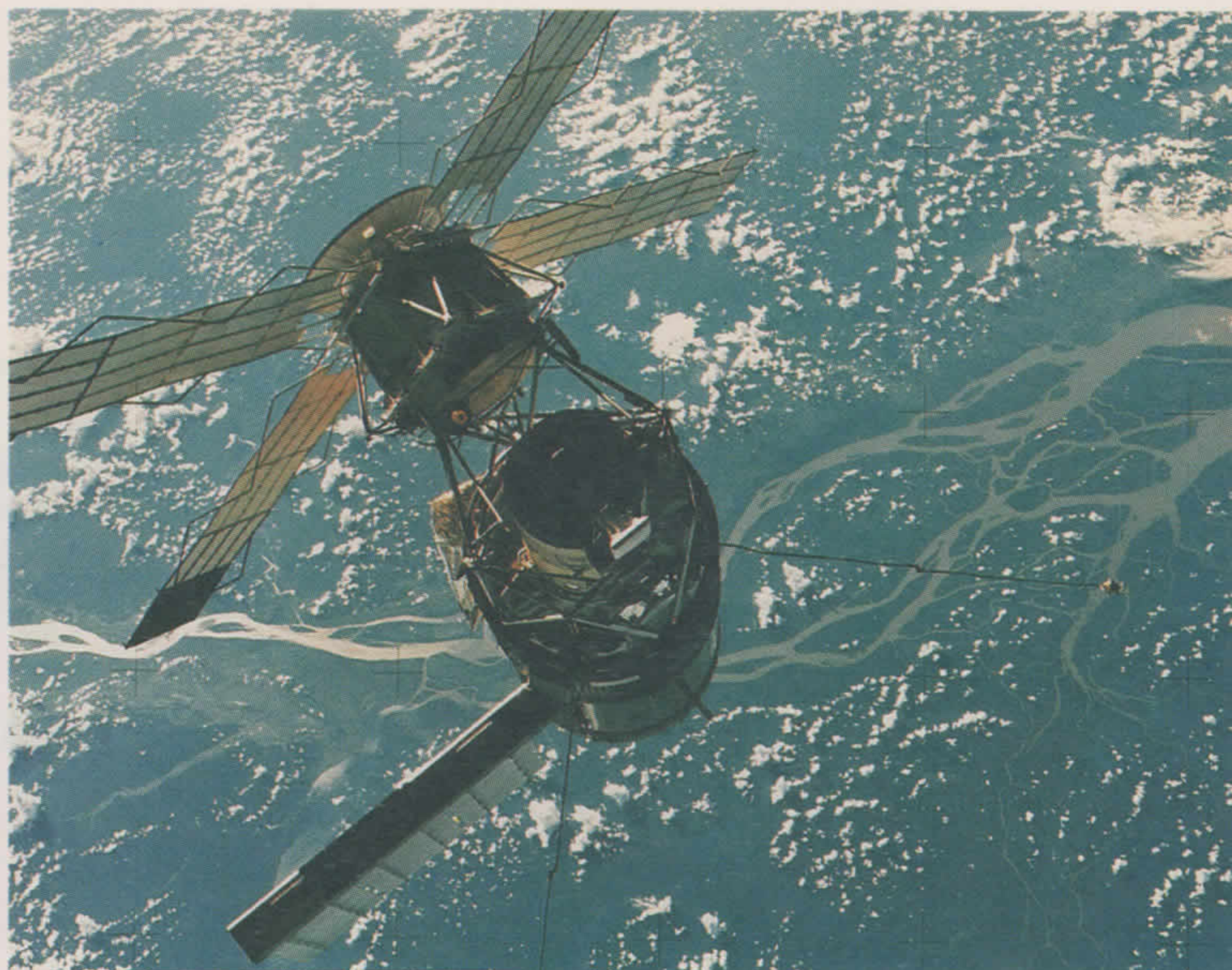




O espaçoporto Kennedy, nesta vista do cabo Canaveral e da ilha Merritt, obtida por um astronauta. O edifício de montagem de veículos e as duas plataformas de lançamento estão claramente visíveis.







Os astronautas do Skylab fizeram este instantâneo da estação espacial antes de iniciar a missão de julho de 1973, que iria bater um recorde de 59 dias de permanência no espaço. Bem embaixo, o sol brilha sobre o poderoso rio Amazonas, no Brasil. A maior parte das fotos tiradas a bordo do Skylab são de excelente qualidade. Um conjunto de câmaras de sensoriamento remoto obteve imagens de qualidade comparável às das obtidas hoje pelo mapeador temático do Landsat.

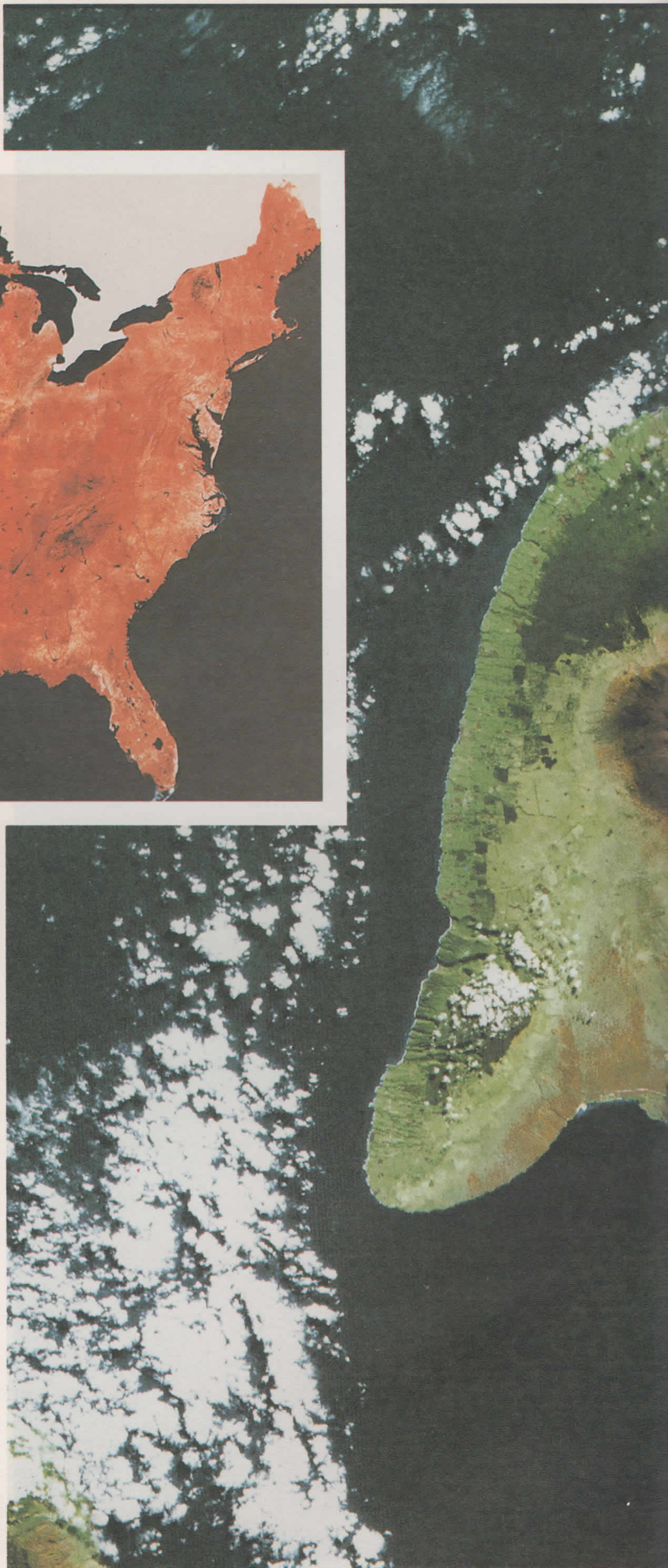


Uma parte do trabalho mais interessante de sensoriamento feito na lançadeira é executada pelo radar de formação de imagens da lançadeira, ou SIR. Esse instrumento funciona a partir do interior do compartimento de carga. Varre o solo em faixas estreitas, e as imagens são geralmente fornecidas em branco e preto. Aqui está uma imagem tirada de parte do deserto do Saara, superposta a outra, obtida pelo Landsat. Apresenta detalhes da superfície rochosa existente sob a cobertura de areia.

Os astronautas da lançadeira tiraram diversas fotografias coloridas da Terra, com máquinas fotográficas portáteis. Esta foto mostra o vasto delta do Nilo, no Egito, e o Mediterrâneo. Cairo está diretamente acima da cauda da lançadeira. À direita da ponta do motor de bombordo, está o Grande Lago Amargo, de onde parte o Canal de Suez, que encontra o Mediterrâneo em Porto Said.



Uma vista mais ampla da superfície da Terra do que a oferecida por uma única imagem do Landsat pode ser obtida pela combinação de várias imagens num mosaico. Este fotomosaico em cores artificiais dos Estados americanos contíguos foi obtido a partir de 569 imagens padrão do Landsat. O processamento foi feito pela General Electric. Mesmo nessa escala, o fluxo do delta do rio Mississippi aparece com riqueza de detalhes.



Este belo fotomosaico do Havaí mostra a ilha em cores naturais simuladas. No centro da ilha fica o enorme vulcão Mauna Loa, cercado de fluxos de lava por todos os lados. É 36 metros mais baixo que o Mauna Kea (à esquerda), que mede 4 200 metros. Acima do Mauna Loa, está o Kilauea, permanentemente ativo.



A terra

Talvez você adivinhasse com facilidade os dois grupos de pessoas mais beneficiados pelo sensoriamento remoto. Um é o grupo dos cartógrafos (cientistas encarregados de fazer os mapas); o outro, o dos geólogos (cientistas que estudam rochas e minerais, a estrutura e as mudanças da superfície da Terra).

Antes da entrada em operação do Landsat, o preparo de mapas era um processo trabalhoso. Confeção de mapas geológicos era ainda mais complicado, pois exigia pesquisas detalhadas feitas *in situ*, assim como amostragem e prospecção real. Nas regiões mais remotas do mundo, isso era impossível; por isso, havia lacunas enormes no conhecimento geológico. Essas lacunas não existem mais, pois o Landsat consegue formar imagens de praticamente toda a superfície da Terra em apenas dezesseis dias (Landsat 5).

O mapeamento do Egito

Hoje em dia, cartógrafos e geólogos conseguem fazer o mapa de qualquer lugar do mundo com total precisão. Por exemplo, na década de 70 o Egito utilizou o Landsat para obter um mapa geológico detalhado do país, por cerca de 15 milhões de dólares, em aproximadamente cinco anos. Se tivessem sido empregadas as técnicas comuns de mapeamento, seriam gastos mais tempo e dinheiro e os mapas não conteriam metade dos detalhes oferecidos pelo Landsat.

A imagem básica do Landsat revela aspectos do solo com uma riqueza de detalhes incrível, e, por processamento posterior, podem-se extrair ainda mais detalhes. Esse processo chama-se “realce da imagem”. Examine os detalhes da foto do vale da Morte, apresentada ao lado: note a clareza com que aparece a estrutura da montanha e o curso dos rios, que estão levando o sedimento para o vale e criando os famosos “cones aluviais”.

A distância com que o Landsat “observa” a Terra traz consigo vantagens definidas. As imagens destacam aspectos regionais que ficariam perdidos numa fotografia aérea em escala maior. Podem-se apreciar as cadeias de montanhas intercontinentais, bem como as linhas de falha em toda a sua extensão. Para os residentes na Califórnia, as linhas de falha têm um interesse especial. A região da baía de San Francisco está crivada delas, e a mais impressionante é a falha de San Andreas. Nessa região, há uma permanente ameaça de terremotos.

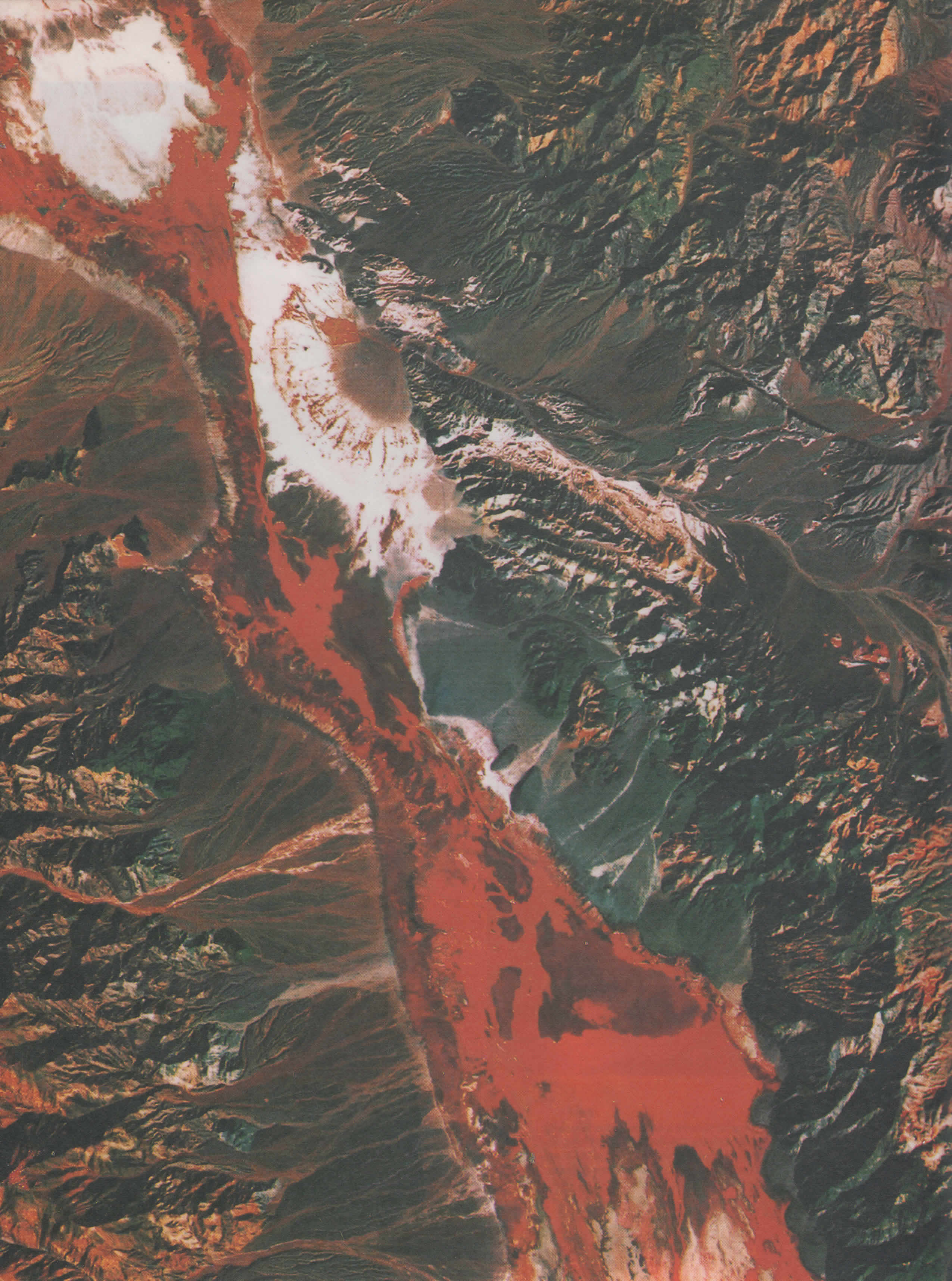
A pesquisa do subsolo

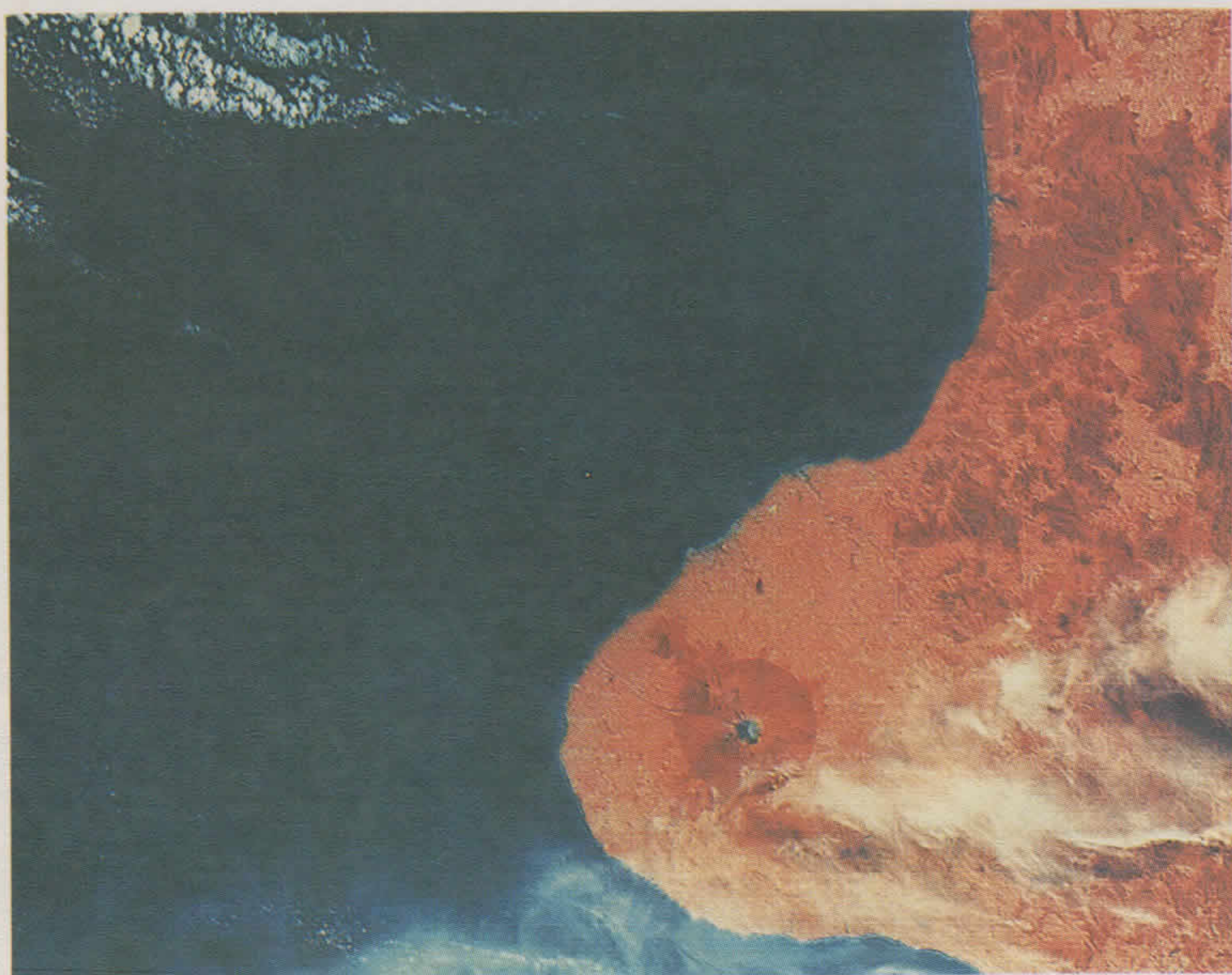
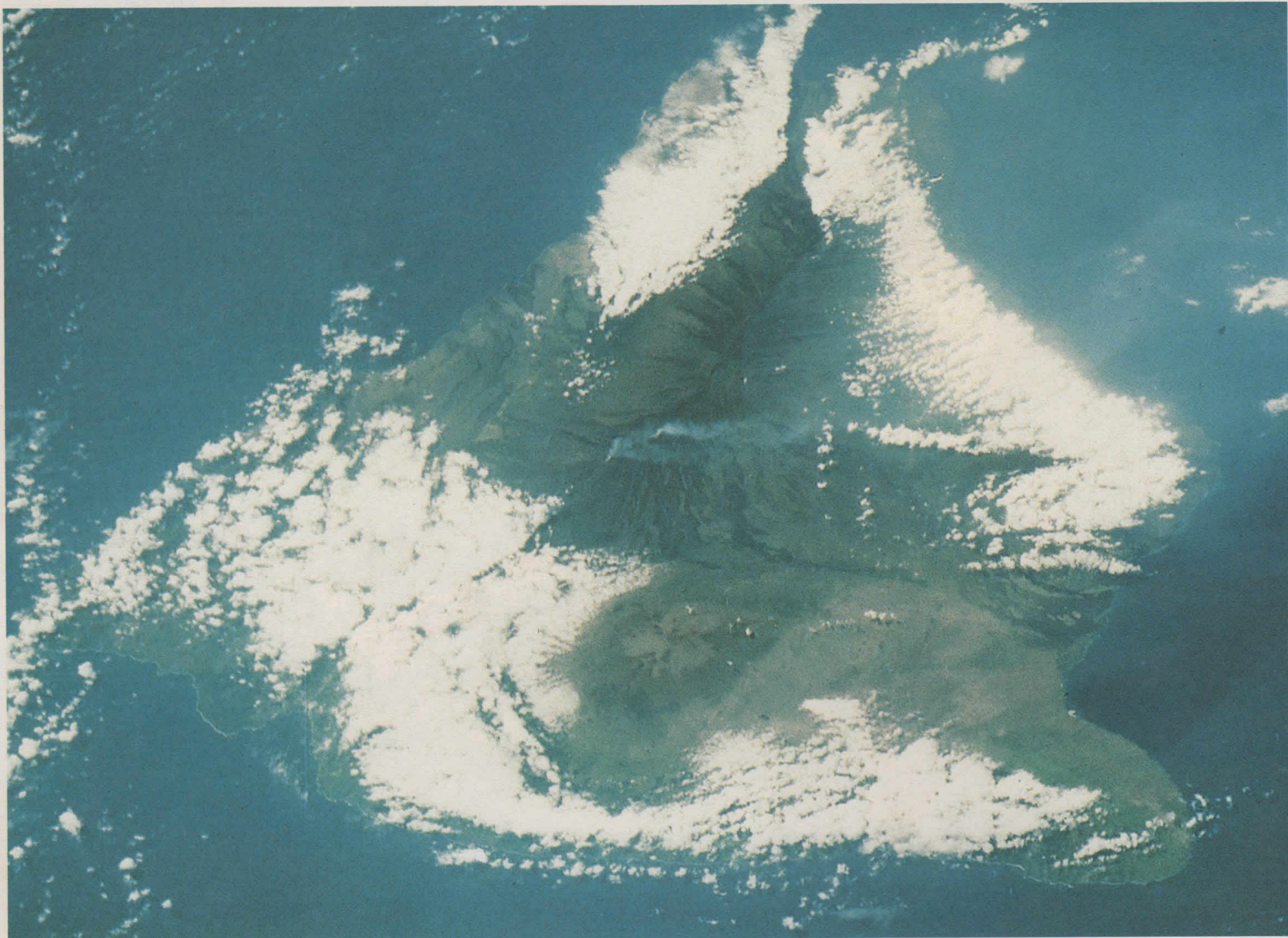
Apesar de tudo, as falhas têm seu lado bom. Geralmente são regiões em que se formam depósitos de minerais. Em geral, depósitos minerais e petróleo estão associados a outras estruturas geológicas, como dobras e domos. O Landsat também consegue detectá-los. Os depósitos minerais podem se revelar na forma de descolorações das rochas próximas, o que pode ser invisível para o olho, mas é visível para os dispositivos de varredura multiespectral do Landsat. Em algumas regiões cujos depósitos minerais estão localizados no subsolo, a vegetação da superfície é afetada de uma forma que só o Landsat consegue detectar. Não é de surpreender que as indústrias de petróleo e mineração sejam as maiores clientes do Landsat.

Não é preciso ser cientista nem agrimensor para apreciar as vistas multicores da superfície da Terra produzidas pelo Landsat. Para todos nós, as imagens do Landsat focalizam o mundo com vividez. Podemos ver como os rios cavaram seu leito através da paisagem, e a devastação causada pelo seu transbordamento. Conseguimos acompanhar o fluxo de lava de vulcões em erupção, que fornece um indício da atividade fervilhante que ocorre sob a superfície. Podemos ver onde a superfície ficou enrugada devido a pressões inexoráveis, criando altas cadeias de montanhas. Podemos nos aventurar a ir com segurança para os lugares mais remotos, quentes e frios da Terra, graças ao Landsat.

O vale da Morte, na Califórnia, região mais quente e mais seca da América do Norte, onde se registraram temperaturas de até 57°C. Esta imagem foi obtida pelo mapeador temático do Landsat 4, tendo sido codificada em cores, de modo a realçar a estrutura geológica das montanhas que margeiam o vale: as cordilheiras Amargosa (à direita) e Panamint (à esquerda). Sobem a cerca de 2 000 metros, enquanto o vale da Morte mergulha verticalmente 86 metros abaixo do nível do mar; é o ponto mais baixo do hemisfério ocidental.







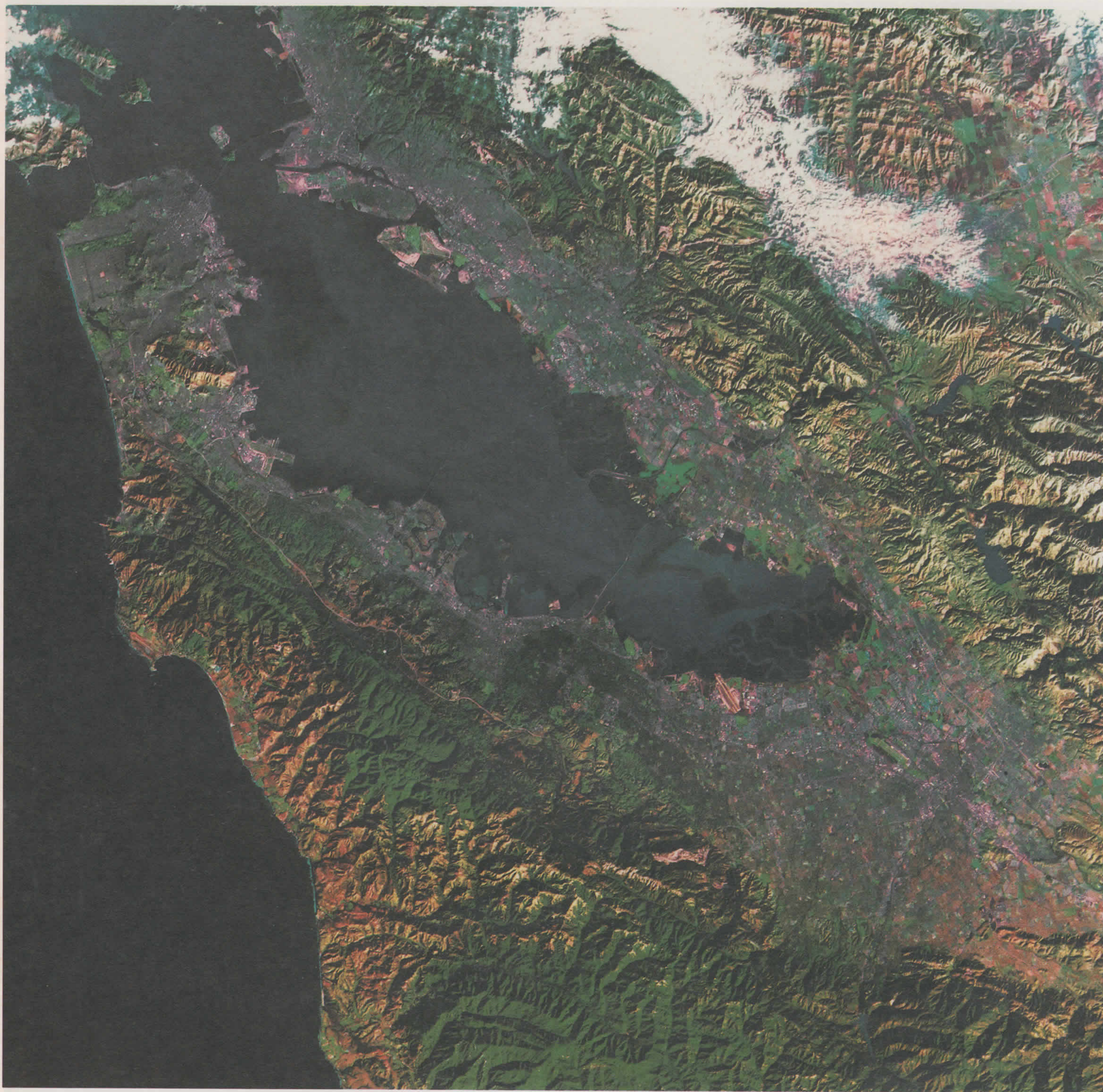
Em abril de 1984, fumaça e vapor de água elevam-se de um rio de lava fundida que desce a encosta do vulcão Mauna Loa. Esta foto, dirigida para o sul, foi tirada pelos astronautas da missão espacial 41-C. Abaixo do Mauna Loa, na foto, vê-se o Mauna Kea, vulcão que não entrou em erupção nos últimos milênios. Escondido atrás das nuvens, à esquerda na foto, está o vulcão Kilauea, que também estava em erupção naquela época. Compare esta fotografia com o mosaico do Havaí, à página 21.



Uma estrutura perfeitamente circular mostra a extensão dos fluxos de lava do monte Egmont, na costa oeste da ilha do Norte, na Nova Zelândia. Esse vulcão adormecido, que entrou em erupção pela última vez há trezentos anos, tem um cone vulcânico de forma quase perfeita. Esta é uma imagem convencional do MSS do Landsat.

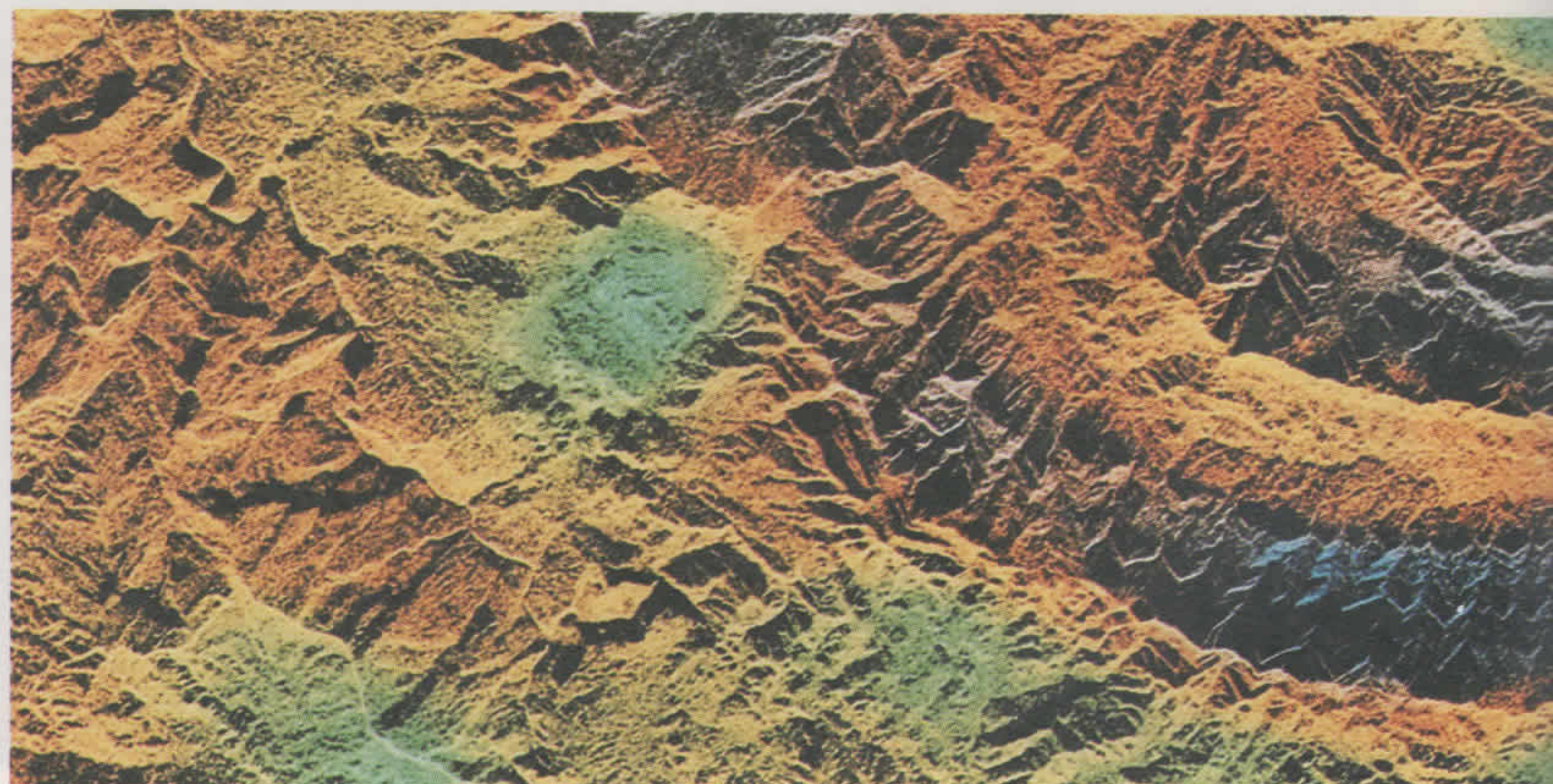
Uma das excelentes fotografias tiradas do Skylab em 1973, dentro do Programa Experimental de Recursos da Terra. Mostra o monte Etna ativo, na costa leste da Sicília. Vê-se claramente a extensão dos fluxos de lava de erupções anteriores. A lava da erupção mais recente aparece no tom mais escuro. Ao longo da costa, logo depois da alta montanha (que tem 3 340 metros), fica a cidade de Catânia.





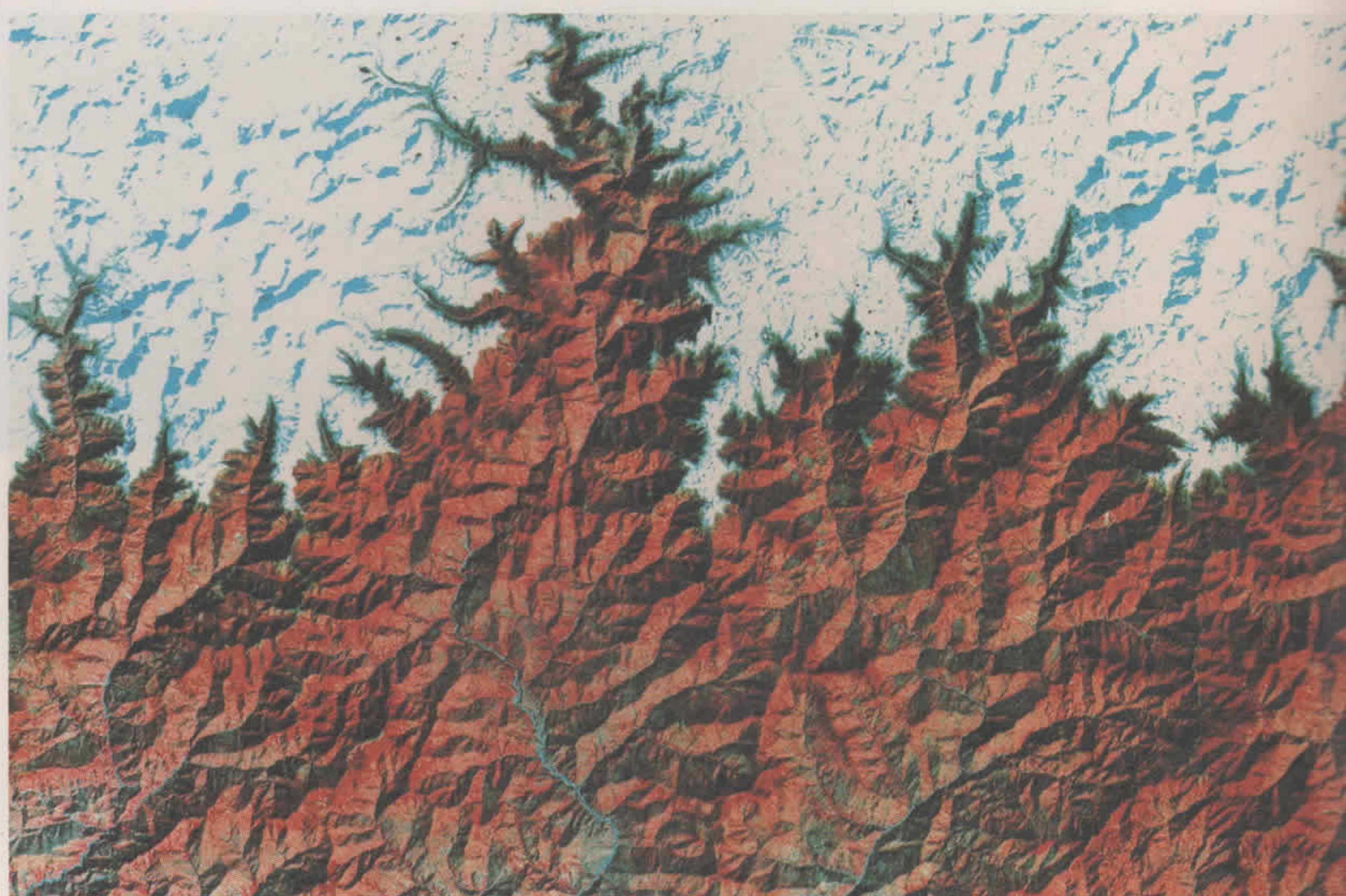
A baía de San Francisco, vista de uma altura de 700 quilômetros pelo mapeador temático do Landsat 4. A zona densamente povoada que rodeia a baía está cercada de montanhas baixas, que, no monte Diablo, se elevam a 1 173 metros (parte superior da imagem). Geologicamente, a característica mais interessante é a falha de San Andreas, de triste memória, que se estende para sudeste a partir de San Francisco. A falha pode ser facilmente reconhecida na imagem, ao longo da represa de San Andreas e dos lagos Crystal Springs, acompanhando a Rodovia Interestadual 280.

O SIR (radar de formação de imagens da lançadeira espacial) produziu esta imagem da estrutura rochosa do planalto elevado no norte do Peru. A codificação computadorizada, feita em cores sutis, forneceu como resultado um quadro bastante informativo do ponto de vista geológico. Atravessando a imagem, vê-se o rio Marañón, um dos principais tributários do Amazonas.

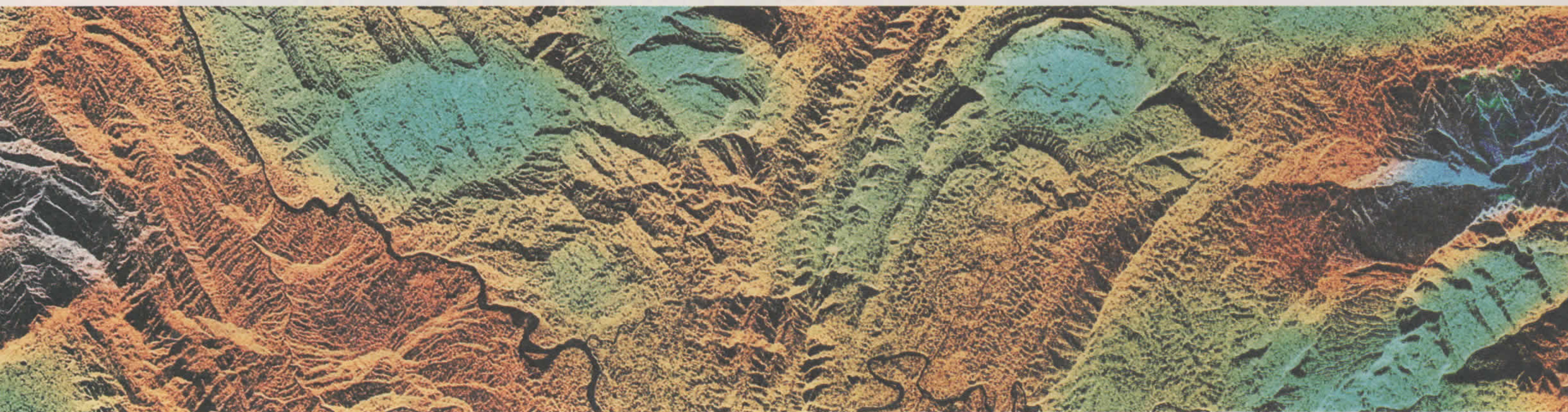


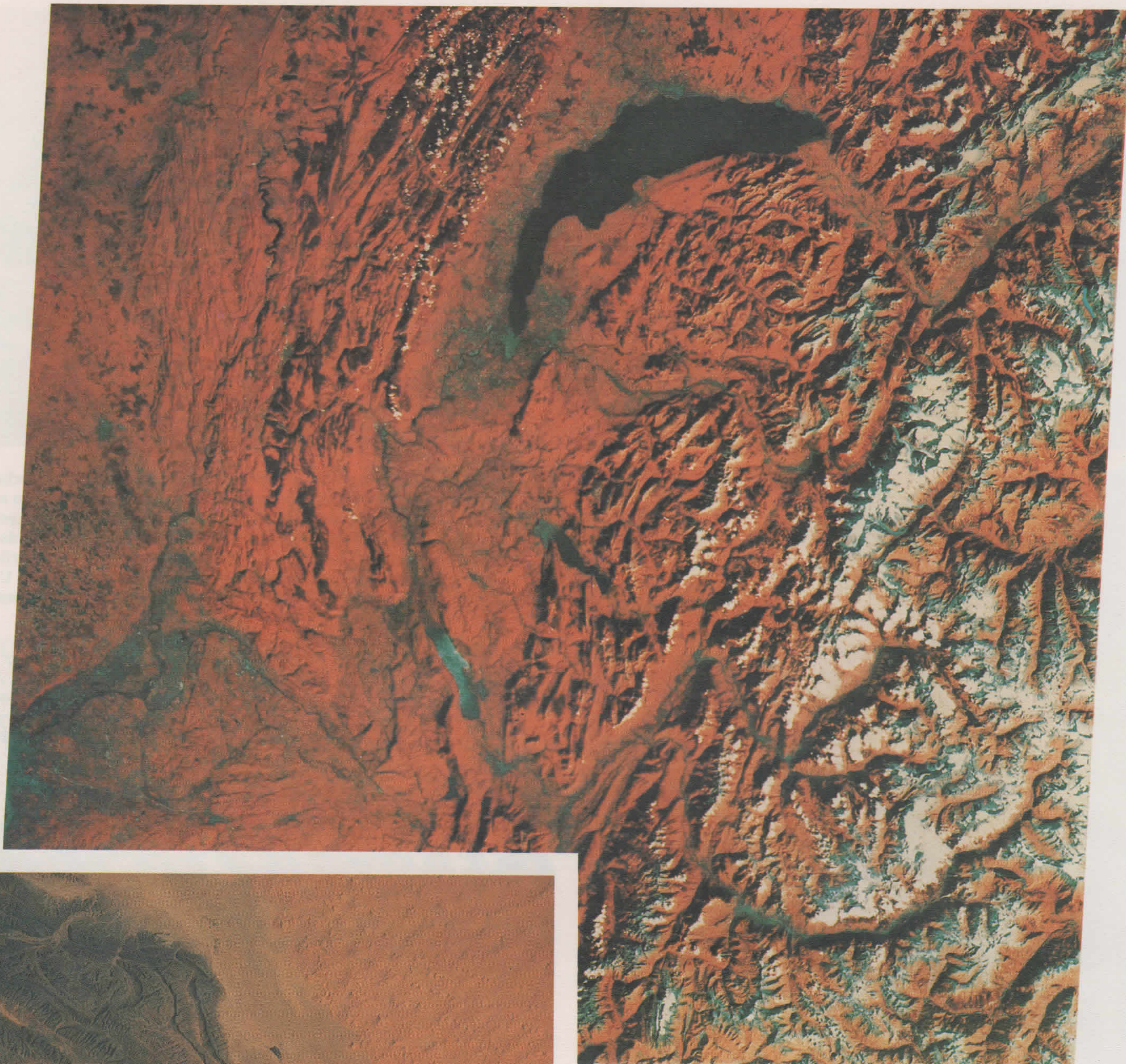


A devastação causada pelo tremendo terremoto de San Francisco em 18 de abril de 1906. O terremoto e os incêndios que provocou arrasaram dez quilômetros quadrados da cidade, matando setecentas pessoas. O terremoto foi causado por um movimento súbito ao longo da falha de San Andreas (à esquerda), indicando uma região da superfície da Terra em que “placas” adjacentes da crosta estão em atrito. Um desastre semelhante pode ocorrer novamente a qualquer momento.



O movimento da crosta terrestre também explica a existência da cordilheira mais alta do mundo, a do Himalaia. Esta imagem feita pelo MSS do Landsat apresenta essa região desolada, acertadamente chamada “teto do mundo”. O monte mais alto, o Everest, de 8 848 metros, fica na cordilheira (vista na parte superior esquerda da imagem) que limita o norte da China com o Nepal. É uma região de neves eternas.





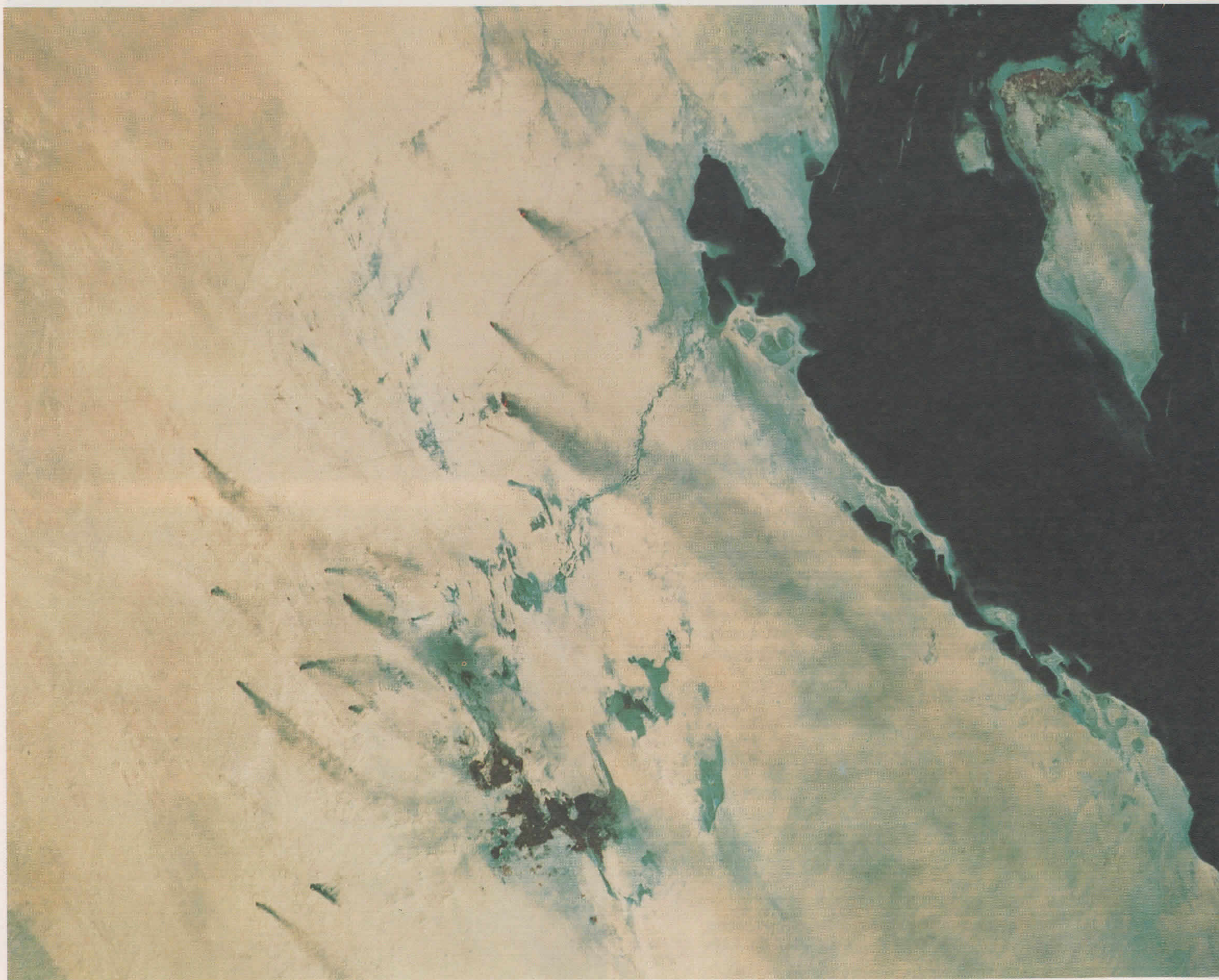
Dominando esta imagem outonal, feita pelo MSS do Landsat, vemos o lago de Genebra, em forma de lua crescente. Está imprensado entre os montes Jura (à esquerda) e os Alpes. O pico mais alto dos Alpes, o monte Branco, de 4 810 metros, situado a sudeste do lago, está coberto por uma camada de neve. A neve ainda não chegou a grande parte desta região de montanhas, que se apresenta quase totalmente vermelho-alaranjada devido à extensa cobertura de vegetação. A cor cinza-azulada indica as zonas que ficam acima da linha onde cessa o crescimento de árvores, ainda não atingidas pela neve.

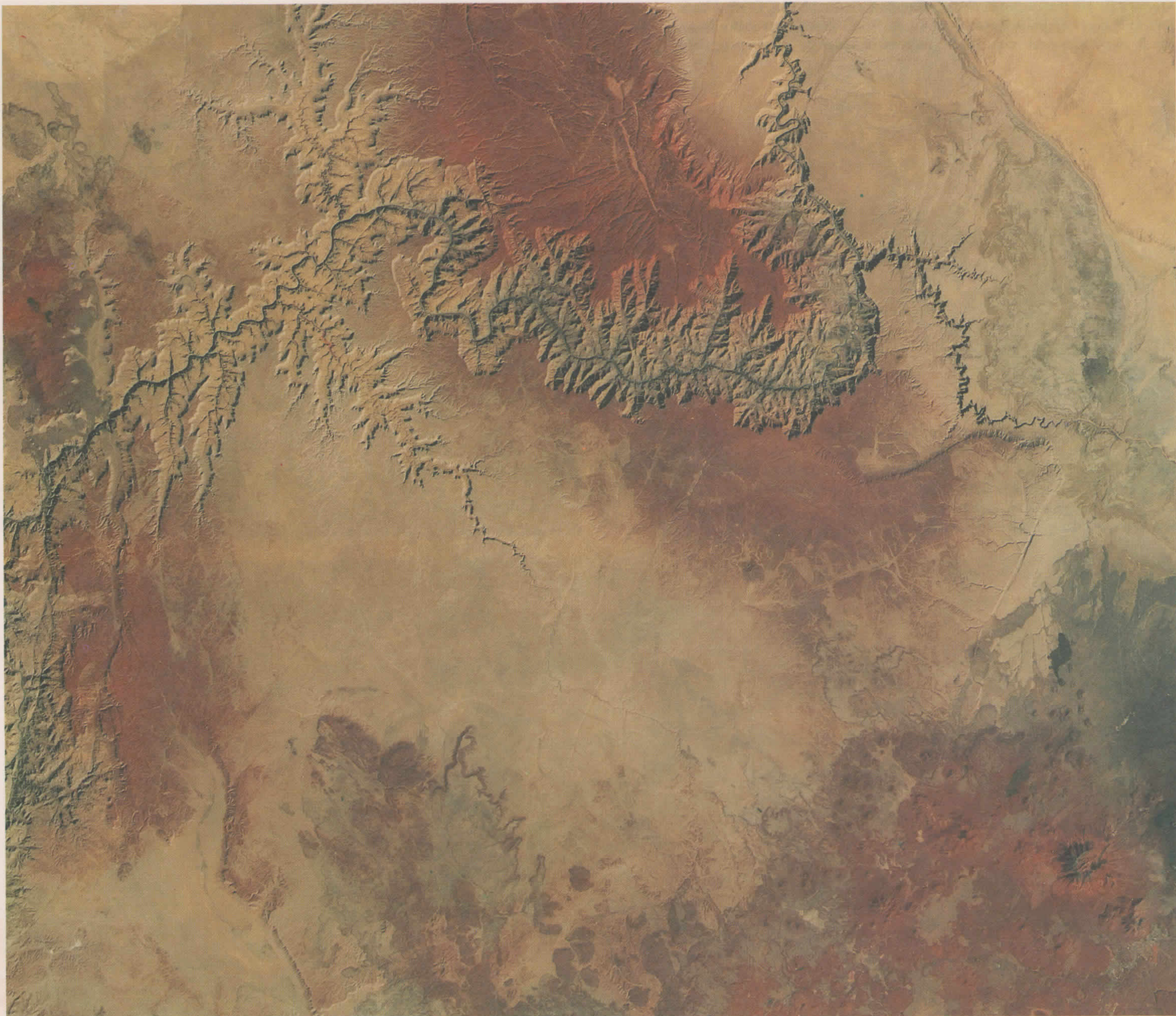
A fotografia convencional feita em órbita mostra relances fascinantes de regiões da Terra que normalmente são inacessíveis, como a Argélia, que vemos aqui. No alto, à direita, estão as areias do deserto do Grande Erg Ocidental. Observe o traçado das dunas. O deserto é limitado pelas montanhas de dobras da cordilheira de Raoui.

Queima de gás numa sonda de petróleo no Oriente Médio. O gás é bombeado dos poços juntamente com o petróleo e precisa ser retirado antes de o petróleo ser canalizado para os tanques de armazenamento.



Outra cena de deserto (feita pelo MSS do Landsat), desta vez mostrando uma região que margeia o golfo Pérsico. A ilha é Bahrein. Esta região do Oriente Médio tem os campos de petróleo mais produtivos do mundo. Esta imagem apresenta mais de uma dúzia de poços de petróleo em franca produção. Pode-se ver a fumaça e, às vezes, as chamas provenientes do gás queimado nas sondas.





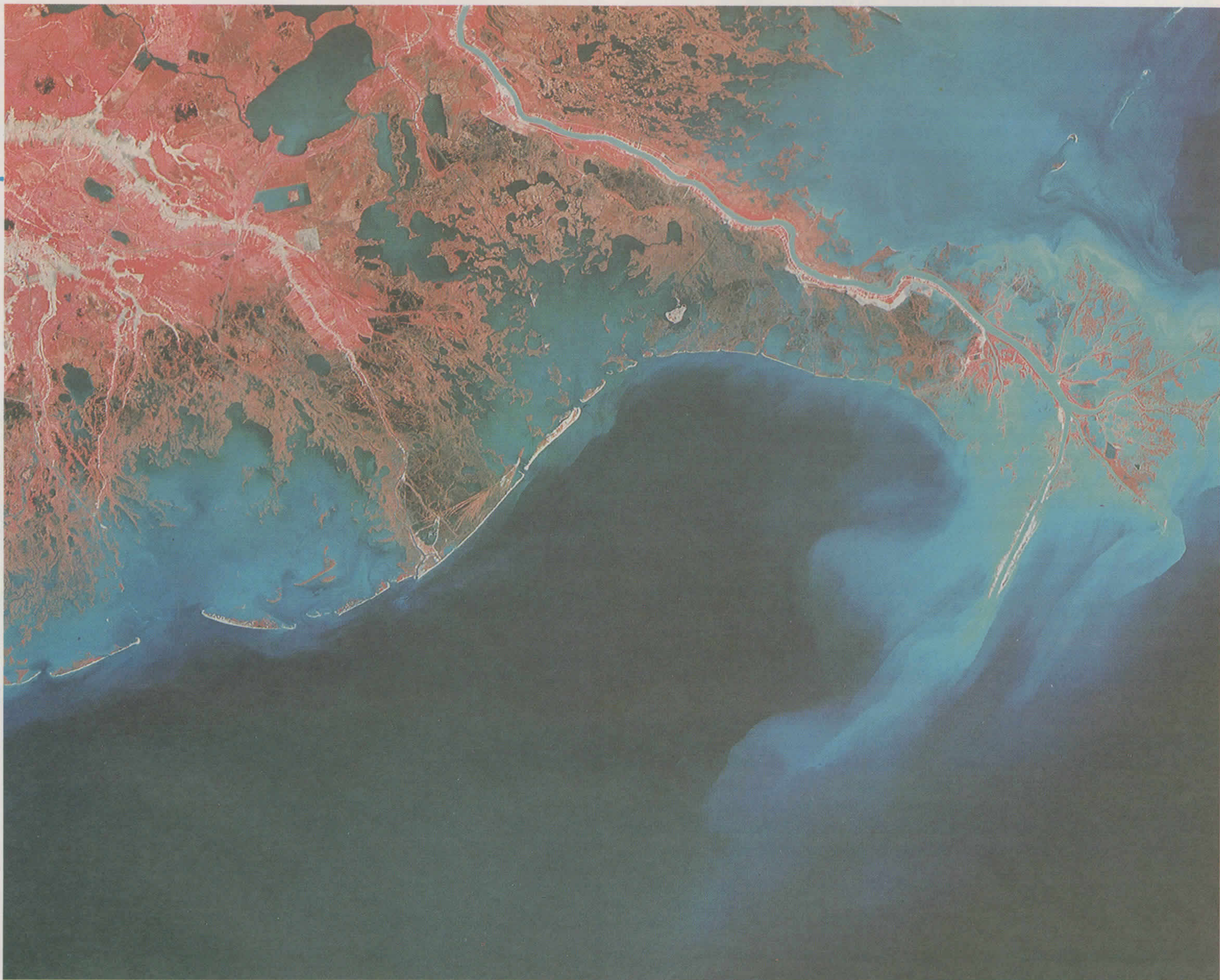
Vista orbital de uma das maiores maravilhas do mundo, o Grand Canyon, no Arizona. Este enorme talho na superfície da Terra, cuja profundidade chega a 1,6 quilômetro, foi feito pelo rio Colorado, que veio cortando as rochas durante centenas de milhões de anos. Outros aspectos interessantes desta imagem obtida pelo MSS do Landsat são a planície do Kaibab, ao norte do Grand Canyon, e o pico vulcânico que se vê embaixo, à esquerda. É o pico de Humphrey, de 3 861 metros, o ponto mais alto do Arizona. Logo ao sul, fica a cidade de Flagstaff.



Esta foto do Grand Canyon mostra os estratos que ficaram expostos quando o rio Colorado cortou a rocha. Foi tirada da trilha do Anjo Radiante.

Os astronautas da lançadeira espacial fotografaram esta fascinante formação circular do oeste da Mauritânia, na África ocidental. Apesar de parecer uma obra humana, na realidade é resultado da erosão pelos ventos. Conhecida como uma estrutura de Richat, é um buraco na terra, de 300 metros de profundidade, que se eleva em faixas circulares concêntricas muito íngremes. No cimo, tem uma largura de 40 quilômetros. Apenas visível na parte extrema esquerda, há uma formação semelhante, menor, chamada domo de Semsittyat.

O rio Mississippi também está erodindo lentamente a paisagem, embora de forma não tão espetacular como o rio Colorado. Depois de percorrer uns 6 000 quilômetros desde Minnesota, o "Old Man River" atinge o mar do sul de Nova Orleans. Como se vê nesta imagem do Landsat, o rio carrega uma grande quantidade de sedimento, que está alargando continuamente a região do delta.



O uso da terra

Observando a Terra lá do espaço, o Landsat registra provas de que a mão do homem está em quase todas as imagens que capta. Por exemplo, quando passa sobre a região das Grandes Planícies, no coração dos Estados Unidos, os olhos eletrônicos do Landsat são atingidos pela geometria quase perfeita do traçado do campo quadrado que se estende de norte a sul e de leste a oeste. Na maioria das cidades americanas, ele também registrou o padrão reticulado quase perfeito. Só pode ter sido feito pela mão do homem. Raramente os aspectos naturais são retos ou alinhados na ponta do compasso.

A ação do homem também se revela de muitos outros modos. Nas imagens do deserto do Saara destacam-se pontos circulares escuros, que formam um desenho que contrasta com o deserto arenoso circundante. Sua simetria também revela o toque da mão do homem: na realidade, são os esquemas de irrigação com pivôs centrados. No grande “deserto” de neve do norte do Alasca, chamas e plumas de fumaça marcam a localização das perfuratrizes com que os técnicos da perfuração de petróleo trazem o precioso “ouro negro” dos poços subterrâneos para a superfície.

Conhecimento inestimável

As imagens do Landsat registram as várias atividades da humanidade: as plantações, as florestas abatidas, os lagos represados. Tudo considerado, essas imagens proporcionam um meio inestimável de acompanharmos o uso da terra.

Um quadro atualizado desse uso, como o fornecido pelo Landsat, está se tornando cada vez mais necessário, quando os planejadores da cidade e do campo se vêm às voltas com os problemas de uma população em expansão que precisa de espaço e de um suprimento de alimentos adequado. O planejamento garante a utilização racional dos recursos disponíveis.

Preenchimento dos detalhes

Tanto na cidade como no campo, o Landsat consegue detectar diferenças sutis das características do solo, o que nos permite classificar os tipos de terra. Ele distingue o sinal espectral de cada tipo. Dessa forma, em regiões urbanas, o Landsat isola os diferentes níveis de habitação, como a zona comercial central, caracterizada pela grande densidade de construções; as zonas residenciais esparsas, com uma quantidade moderada de árvores; as zonas residenciais mais densas, cobertas de grama, e assim por diante.

No entanto, é na zona rural, com seus aspectos agrícolas, que os dados do Landsat são plenamente utilizados. Mesmo em países tecnologicamente desenvolvidos, como os Estados Unidos, até há pouco tempo os detalhes relativos à extensão das plantações e à produção de colheitas eram incompletos, mas com os dados do Landsat a situação melhorou bastante, permitindo um planejamento mais preciso.

Observação das culturas

A precisão com que esse notável veículo consegue acompanhar o ciclo de uma plantação é fantástica. Numa imagem padrão composta em cores irreais, os campos incultos aparecem em azul ou em tons de marrom, dependendo do solo. À medida que amadurecem, as culturas em fase de crescimento vão mudando de cor nas imagens, indo do rosá-claro ao vermelho-vivo. O sinal espectral das culturas também muda quando sofre agressões de qualquer tipo, como doenças, ataques de insetos, geada, granizo ou seca.

Tudo isso pode ser facilmente monitorizado pelo Landsat, que também consegue distinguir culturas diferentes com precisão de mais de 90 por cento. Por exemplo, ele é capaz de distinguir entre milho doce e milho para pipoca, girassol e alfafa, cultivados em áreas adjacentes. Além disso, reconhece tipos diferentes de madeira das árvores. Nas fotos com-

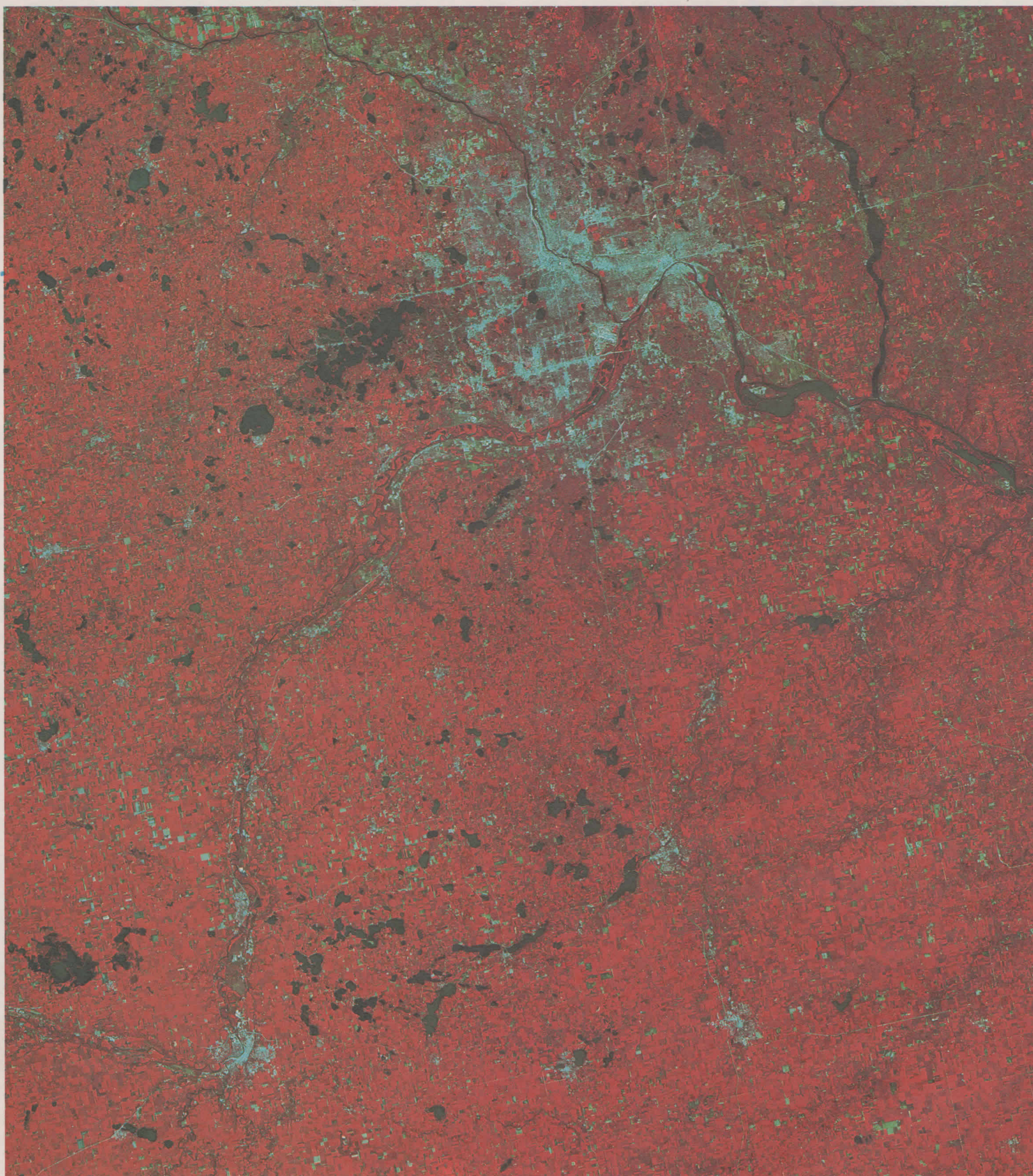
Nesta imagem obtida pelo mapeador temático do Landsat 4, o rio Tâmisa vai serpeando preguiçosamente pelo centro de Londres. A imagem foi codificada em cores para salientar os inúmeros parques e espaços ao ar livre da principal cidade da Grã-Bretanha. Destacando-se ao norte do Tâmisa, vemos o Hyde Park, de forma retangular, que contém o lago da Serpentina. A sudeste, o Hyde Park encontra o Green Park e o St. James Park, onde fica o Palácio de Buckingham.





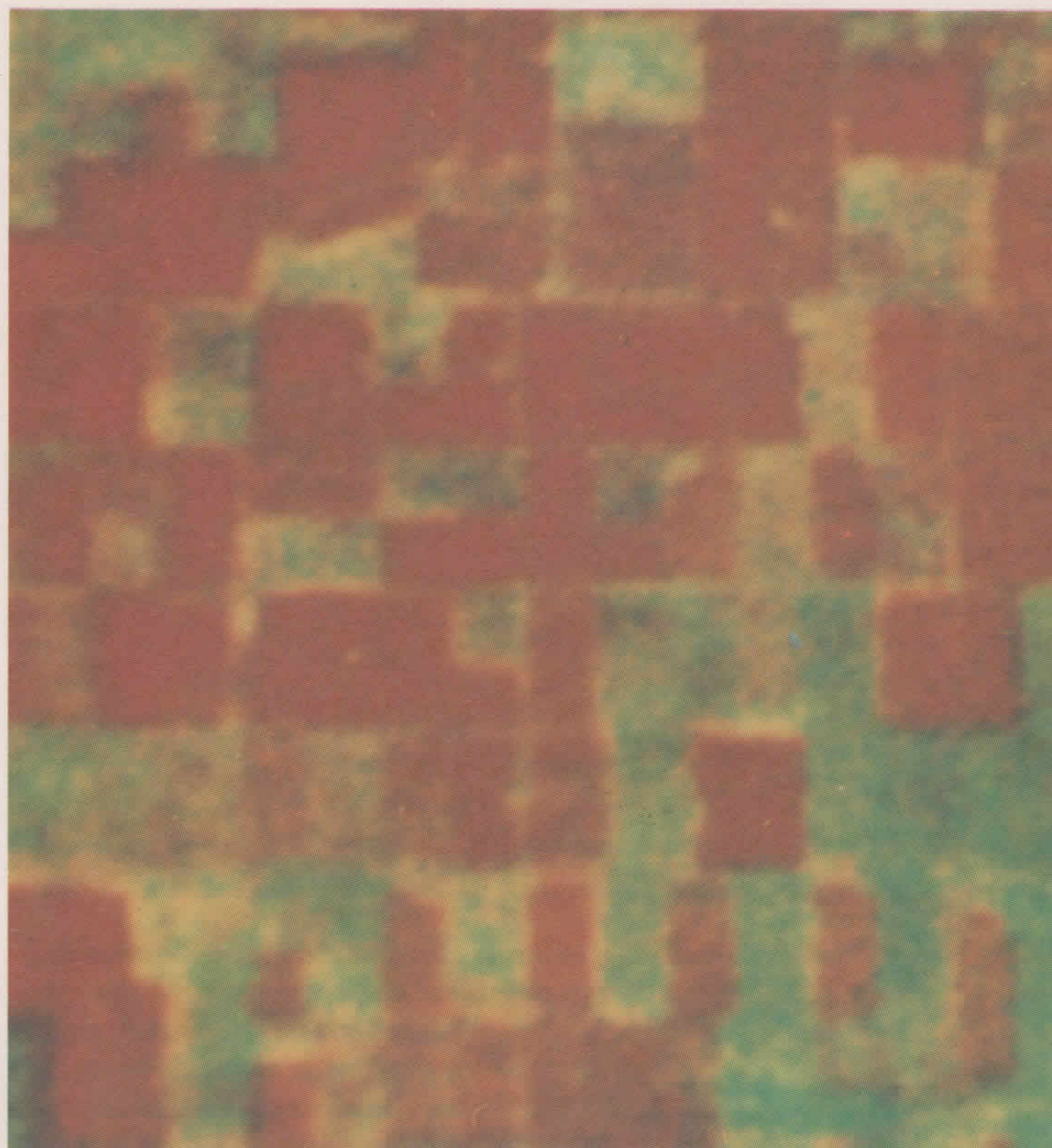
postas básicas, as coníferas perenes aparecem em vermelho-escuro e assim se mantêm durante toda a estação de crescimento, enquanto as árvores que perdem as folhas anualmente mudam de rosa para vermelho e em seguida para marrom, à medida que transcorre a estação.

Esta imagem feita pelo mapeador temático do Landsat mostra a região sudoeste do Minnesota. A codificação de cores dá um contraste bem definido entre a colcha de retalhos formada pelos campos de cultura em desenvolvimento (vermelhos) e as áreas construídas, azuis e cinza. Os campos arados também aparecem em azul e cinza, pois têm um sinal espectral parecido com o do concreto.





Hoje as imagens do Landsat proporcionam aos agricultores um método rápido de identificar as culturas e avaliar-lhes a salubridade e o rendimento provável. Eles podem ter também uma estimativa da extensão dos danos causados à lavoura pela geada, pelo fogo e outras calamidades naturais. Esta imagem do MSS do Landsat foi processada por computador, oferecendo melhor definição da disposição das lavouras no vale de San Joaquín, na Califórnia.



Numa das primeiras experiências de reconhecimento de lavouras feita no espaço, na mesma data (12 de março de 1969), foram feitas fotografias de um local de testes em Mesa, no Arizona: fotografias feitas em órbita, da nave Apollo 9 (acima), e fotografias aéreas (abaixo). A imagem espacial recebeu cores artificiais, que dão um contraste entre as diferentes fases de desenvolvimento das diversas culturas. O instantâneo aéreo é uma foto em infravermelho.





Como os dados do Landsat são recebidos em forma eletrônica digital, prestam-se facilmente a diversas técnicas de processamento por computador. Algumas delas são apresentadas nesta série de imagens da região do canal de Bristol, na Inglaterra; foram geradas a partir dos mesmos dados do Landsat. A técnica escolhida em cada caso particular depende do tipo de informação desejada. A foto acima apresenta uma imagem básica, ou “crua”, produzida a partir dos dados, sem nenhuma aplicação em mente.



Aqui a imagem foi “esticada por contraste”. Foram realçadas as diferenças entre matizes de cor. Isso pode ser feito com imagens monocromáticas (em preto e branco) obtidas em uma única faixa espectral. Usa-se uma técnica semelhante para salientar os detalhes das imagens feitas pelo radar de formação de imagens da lançadeira espacial.



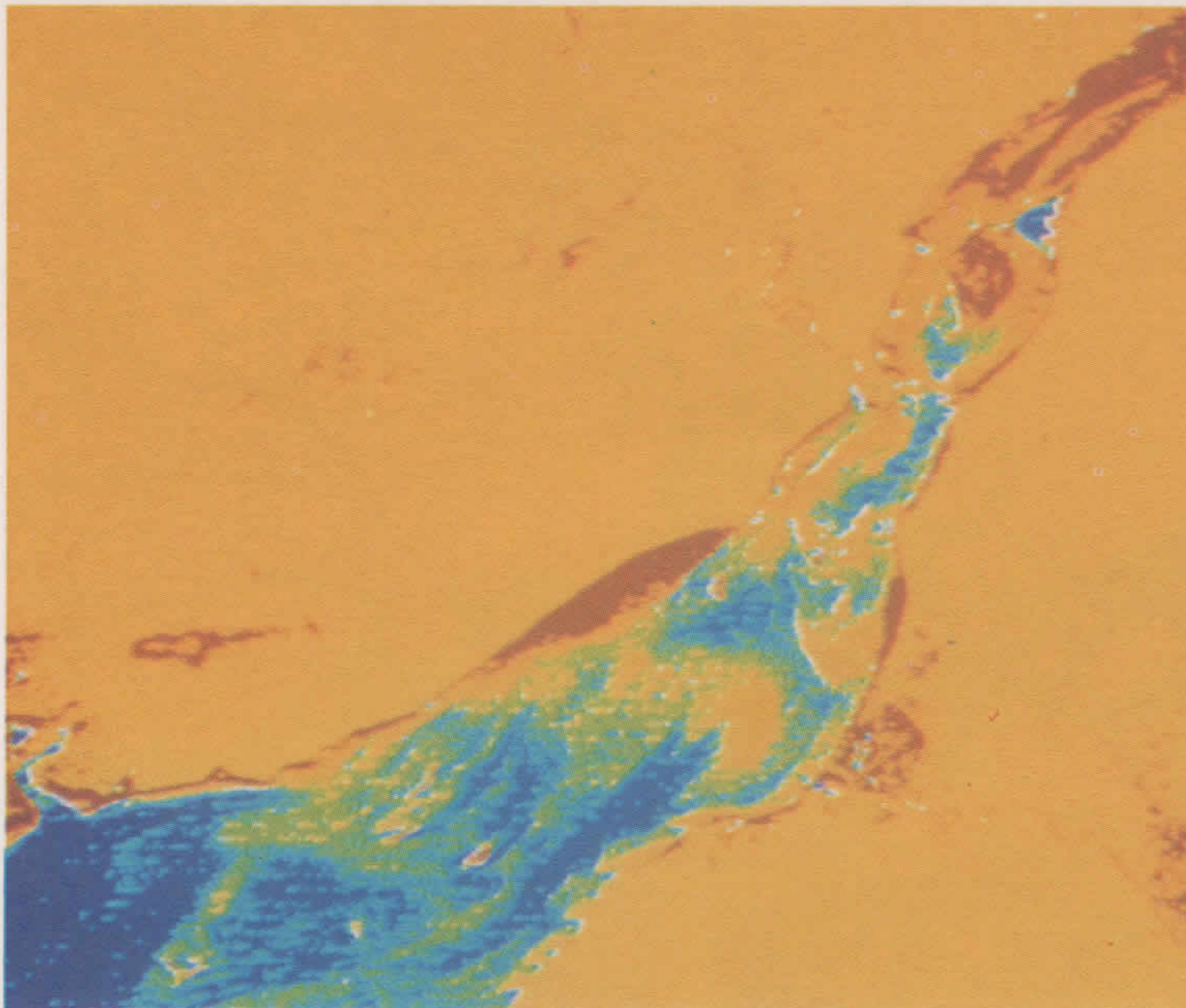
Esta imagem da região montanhosa da Escócia ilustra bem a versatilidade das técnicas de processamento por computador. As diversas categorias de uso do solo foram separadas por codificação de cores, que permite um reconhecimento imediato. Seria economicamente impossível fazer essa classificação de outra maneira.

Chave do código

Azul = água
Amarelo = agricultura
Bege = charcos e terras pantanosas

Preto = não classificado
Verde = região de florestas
Roxo = pastos não cultivados
Vermelho = zona urbana





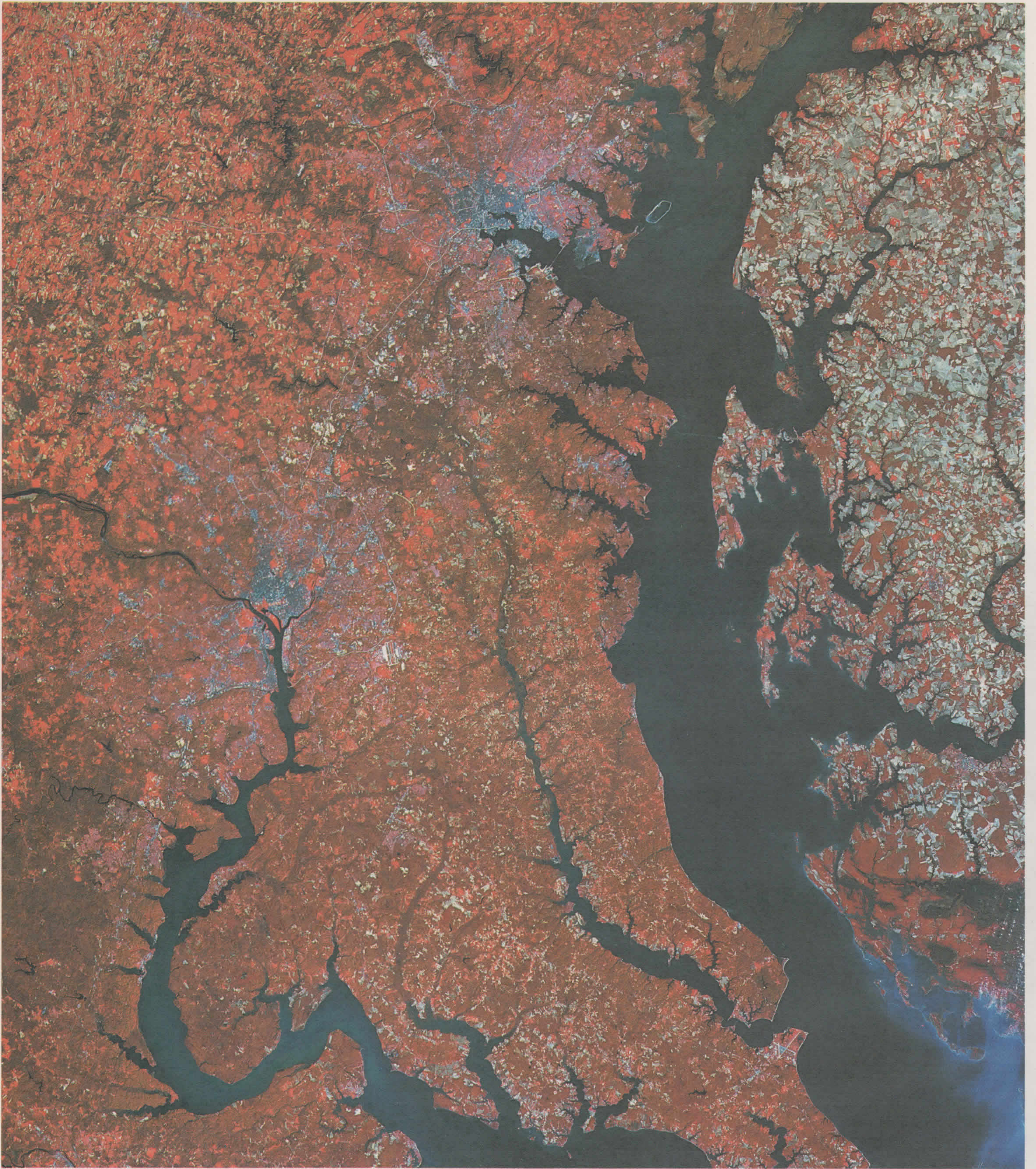
Esta imagem foi obtida por “fatiamento de densidade”. Numa imagem comum, a sequência de tons é contínua e fica difícil para o olho notar alguma diferença. Com a separação de densidade por “fatias”, atribui-se uma cor diferente a cada sequência específica de tons; isso facilita a localização das diferenças. Essa técnica é usada, por exemplo, na determinação da profundidade das águas.



Outra técnica muito útil baseia-se na “assinatura do alvo” para classificar o uso da terra. Esta é uma “impressão digital” espectral que identifica uma dada característica, por exemplo, uma floresta de pinheiros. Uma vez conhecida a assinatura espectral, o computador que faz o processamento pode receber instruções para imprimir em cores artificiais as zonas da imagem que têm essa assinatura: aqui isso foi feito em amarelo.



A formação de imagens feita pelo Landsat é particularmente útil na prospecção e avaliação da terra em regiões muito afastadas, onde as comunicações terrestres são escassas. O processamento de precisão feito por computador proporciona uma grande riqueza de detalhes, como fica evidente nesta imagem de parte da região alagadiça da bacia superior do Nilo, no sul do Sudão. As zonas vermelhas são pastos úmidos sujeitos a alagamentos prolongados, que, na estação seca, transformam-se nas terras de pasto principais. As zonas de lavoura intensiva aparecem em branco. Azul indica pasto esgotado. Queimadas recentes são identificadas pela cor preta. Verde-escuro representa pastos de terra argilosa sazonalmente úmidos.

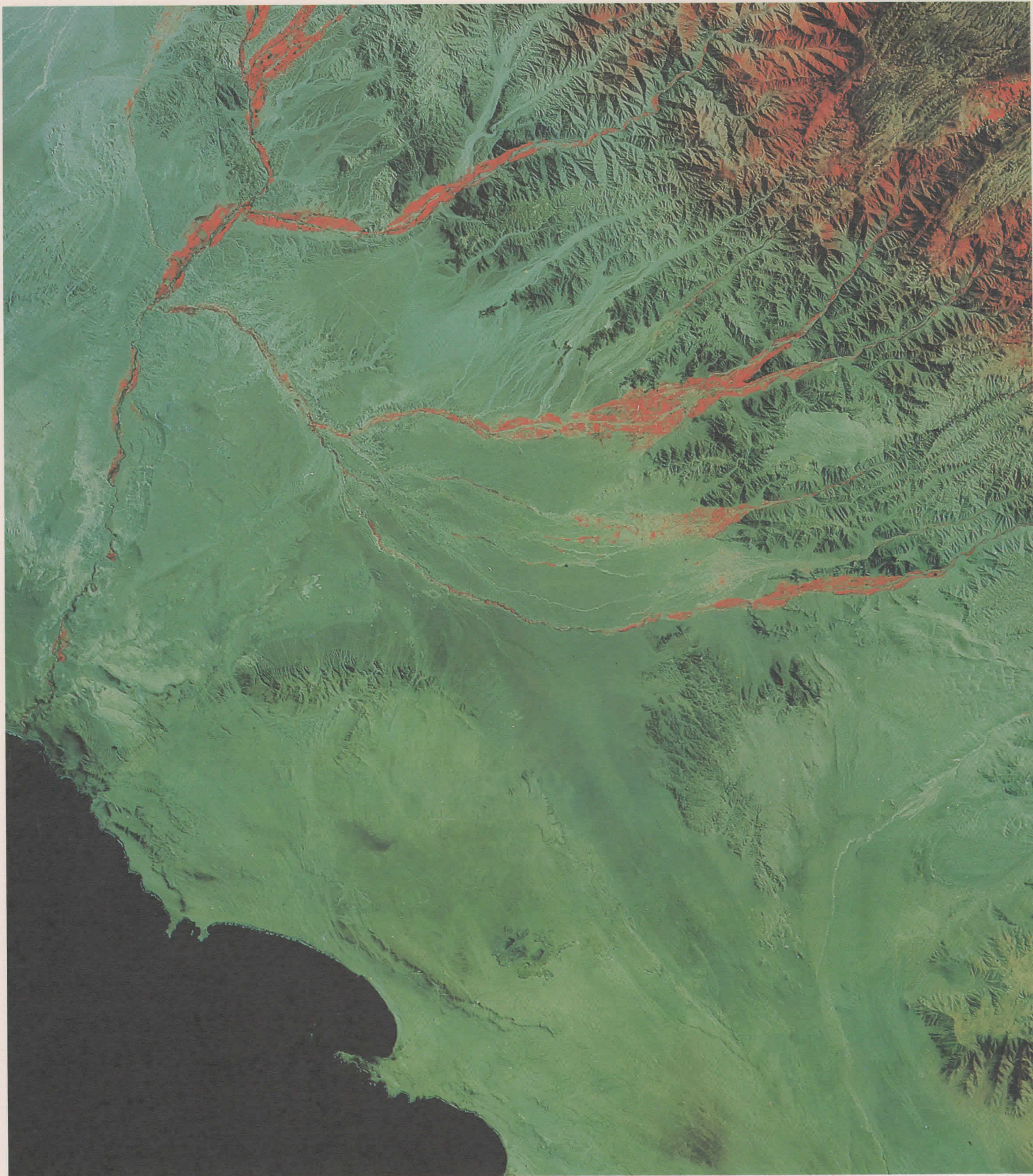


Esta imagem da região da baía de Chesapeake e do rio Potomac, no leste dos Estados Unidos, feita pelo mapeador temático do Landsat, resume, com mais eloquência que palavras, os benefícios que a formação de imagens por satélites traz para os cartógrafos. Mesmo nessa escala, os detalhes são surpreendentes. Com mais processamento é possível salientar determinados aspectos ou regiões de interesses. As duas cidades principais vistas na imagem são Baltimore (ao norte) e a capital dos Estados Unidos, Washington.



Vista de Brasília, destacando-se o plano-piloto (em cujo centro, à direita, está a esplanada dos ministérios) e o lago Paranoá (em negro). Na parte inferior, à esquerda, encontra-se o aeroporto; no canto superior esquerdo aparece parte do Parque Nacional de Brasília.

de Brasília, a cidade planejada, é o plano-piloto, que se estende ao longo do eixo central da cidade. O plano-piloto é caracterizado por uma grade de ruas e edifícios, com o lago Paranoá no centro. A esplanada dos ministérios, localizada no centro do plano-piloto, é o ponto focal da cidade. O aeroporto, situado na parte inferior esquerda, é o principal ponto de entrada e saída da cidade. O Parque Nacional de Brasília, no canto superior esquerdo, é uma área protegida que abriga a floresta amazônica.

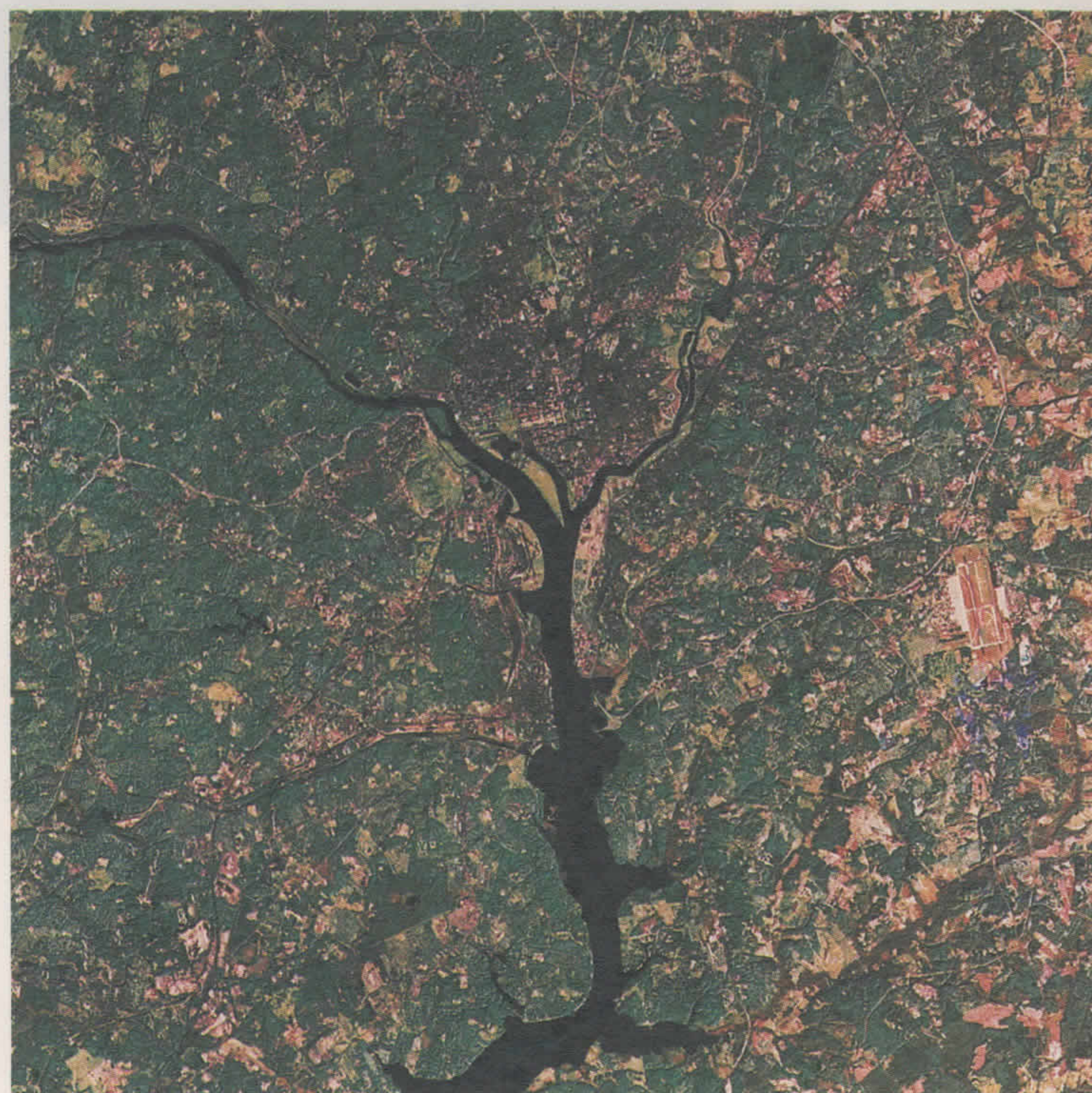


Esta foto mostra um trecho da cordilheira dos Andes, no altiplano do Peru. À esquerda, em negro, vemos o Oceano Pacífico. As áreas em vermelho indicam a vegetação nativa dos vales andinos (canto superior, à direita) e agricultura (mais para o centro). Na parte centro-superior da foto, um pouco à esquerda, aparecem as famosas “linhas de Nazca”. Trata-se de *construções* de período pré-colombiano (entre 300 e 400 a.C.), atribuídas por alguns a “deuses astronautas”.



Focalizando ainda mais em Washington, temos uma das mais recentes fotografias aéreas da cidade, tirada a 12 000 metros de altitude, como parte do Programa Nacional Americano de Fotografia em Grande Altitude (NHAP). Tirada com filme infravermelho, apresenta a vegetação na cor vermelha.

Esta imagem foi produzida a partir dos mesmos dados do Landsat utilizados para a imagem da baía de Chesapeake. Aqui focalizamos em Washington e no rio Potomac; a imagem foi impressa em cores naturais simuladas. Os detalhes culturais estão claramente visíveis: pode-se até ver a sombra lançada pelo monumento a Washington, que tem 169 metros de altura!

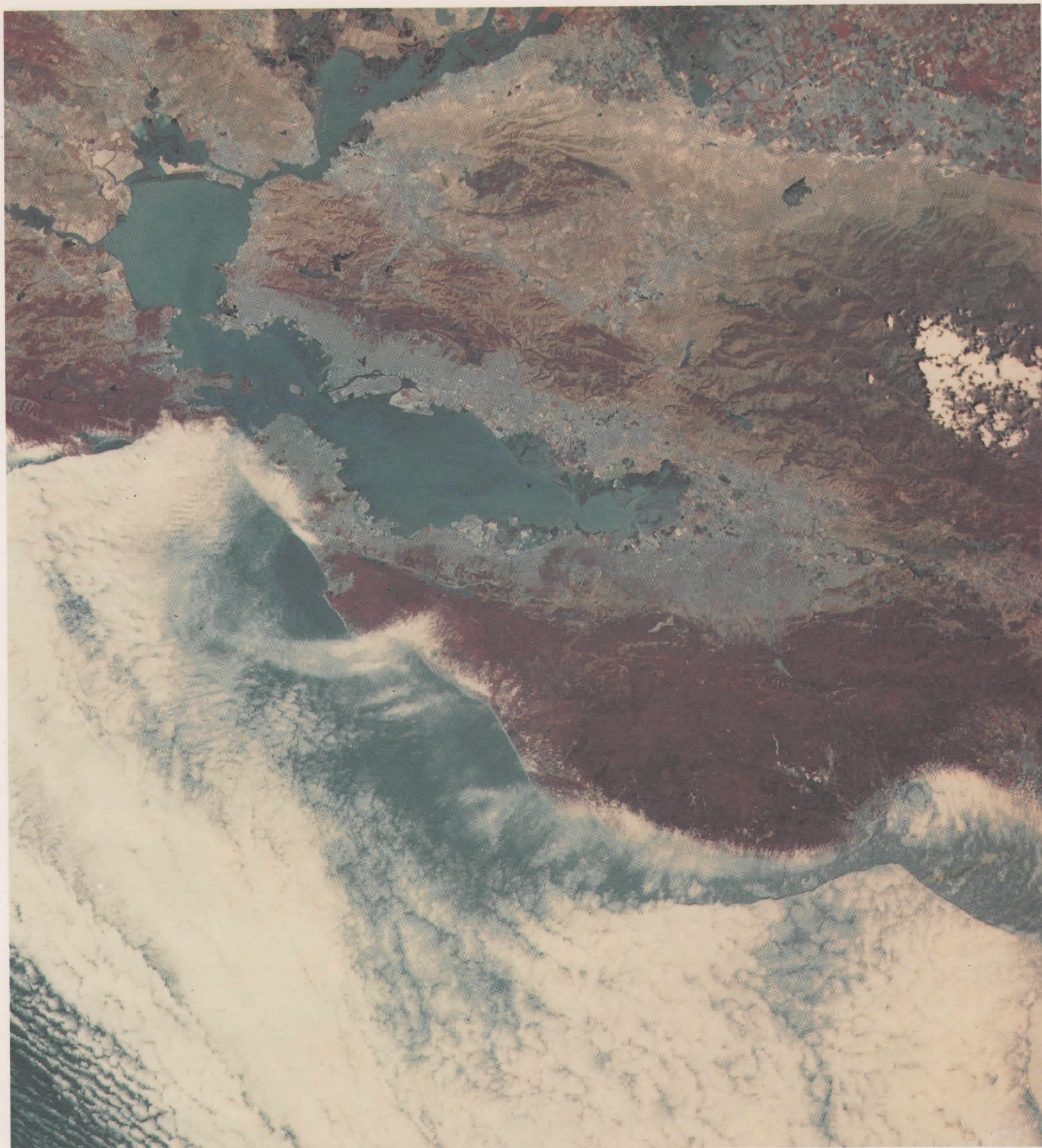




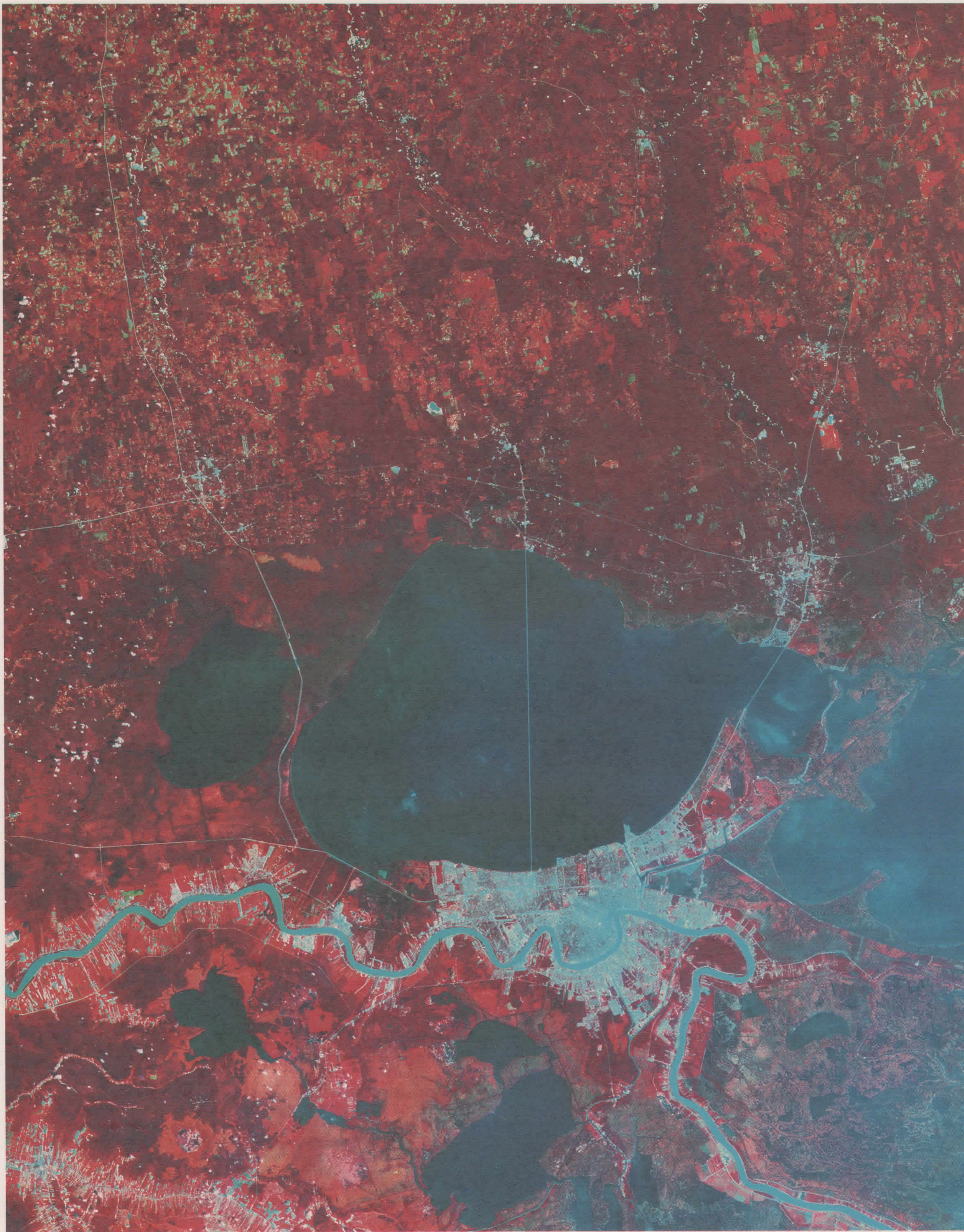
Há poucas fotografias da região da baía de San Francisco mais espetaculares que esta, que é uma foto aérea de grande altitude tirada com filme infravermelho, em ângulo oblíquo. O efeito fica ampliado pelo horizonte, onde a atmosfera se funde no negrume do espaço. Essa perspectiva realça certos aspectos, como os montes da cordilheira de San Diablo, que fica além da baía, e até mesmo os Twin Peaks (Picos Gêmeos), no coração de San Francisco. Mas é difícil avaliar as distâncias.

Em contraste o Landsat fez uma varredura da região da baía de San Francisco de um ponto de vista vertical, o que provocou menos distorção. Esta imagem do MSS do Landsat foi criada usando-se "tecnologia antiga": é uma composição formada por uma combinação de imagens tingidas, feitas a partir de negativos em preto e branco de diferentes faixas espectrais. Hoje, normalmente, as imagens do Landsat são criadas diretamente em filme fotográfico, por meio de um computador.





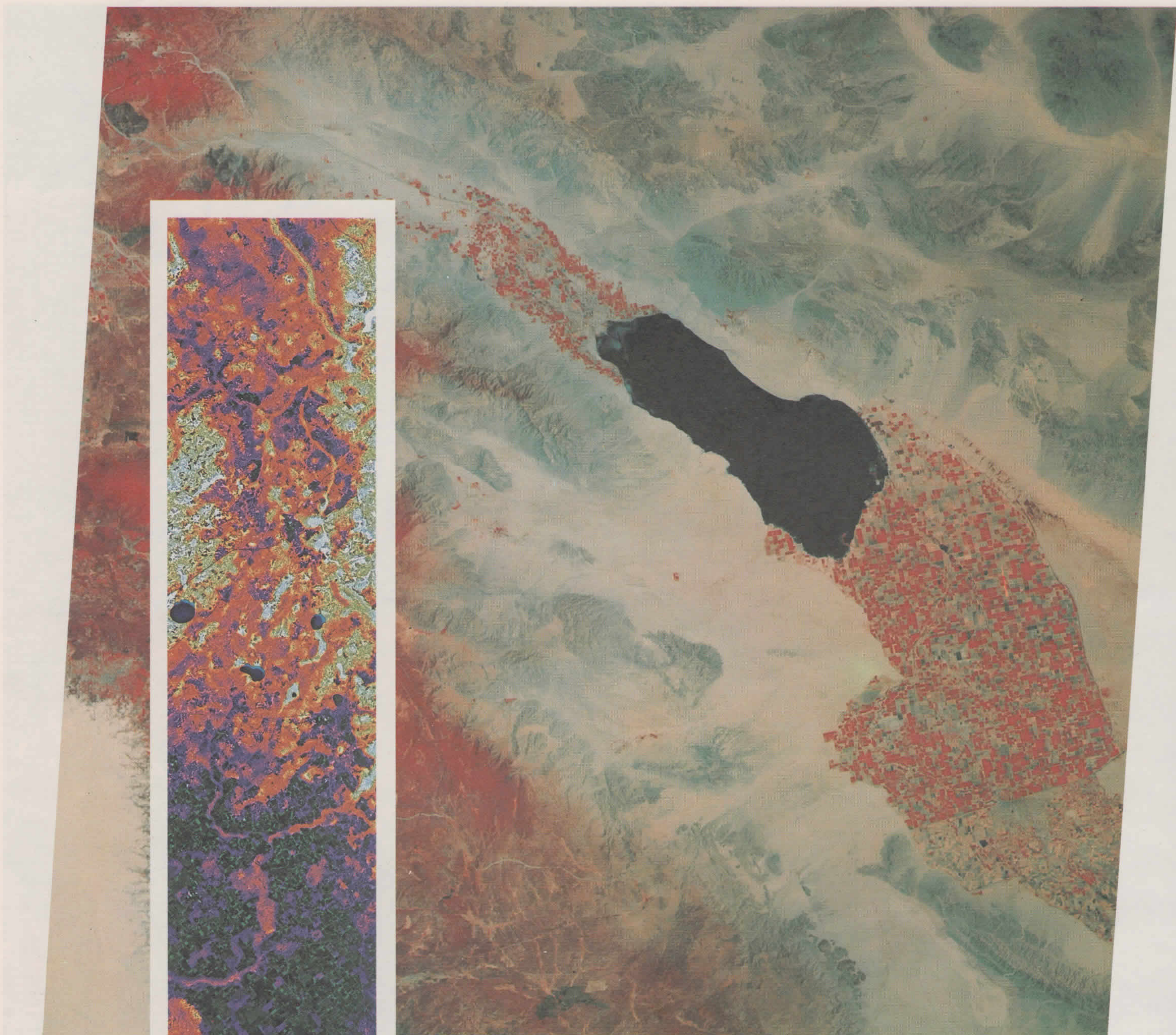
Esta terceira vista da baía de San Francisco é a mais antiga de todas. Foi obtida em 1973 pelos astronautas do Skylab. Mostra um dos aspectos meteorológicos mais característicos da região: bancos de nuvens e neblina, que vêm rolando do Pacífico e cobrem, como um manto, a “cidade favorita de todos”. Esse fenômeno de neblina gélida no verão ocorre quando o ar úmido e quente proveniente do mar entra em contato com a água fria que sobe do fundo do oceano, ao longo da costa. Fotos de recursos da Terra como esta, feita pelo Skylab, mostram quantos benefícios a formação de imagens por satélites pode oferecer.





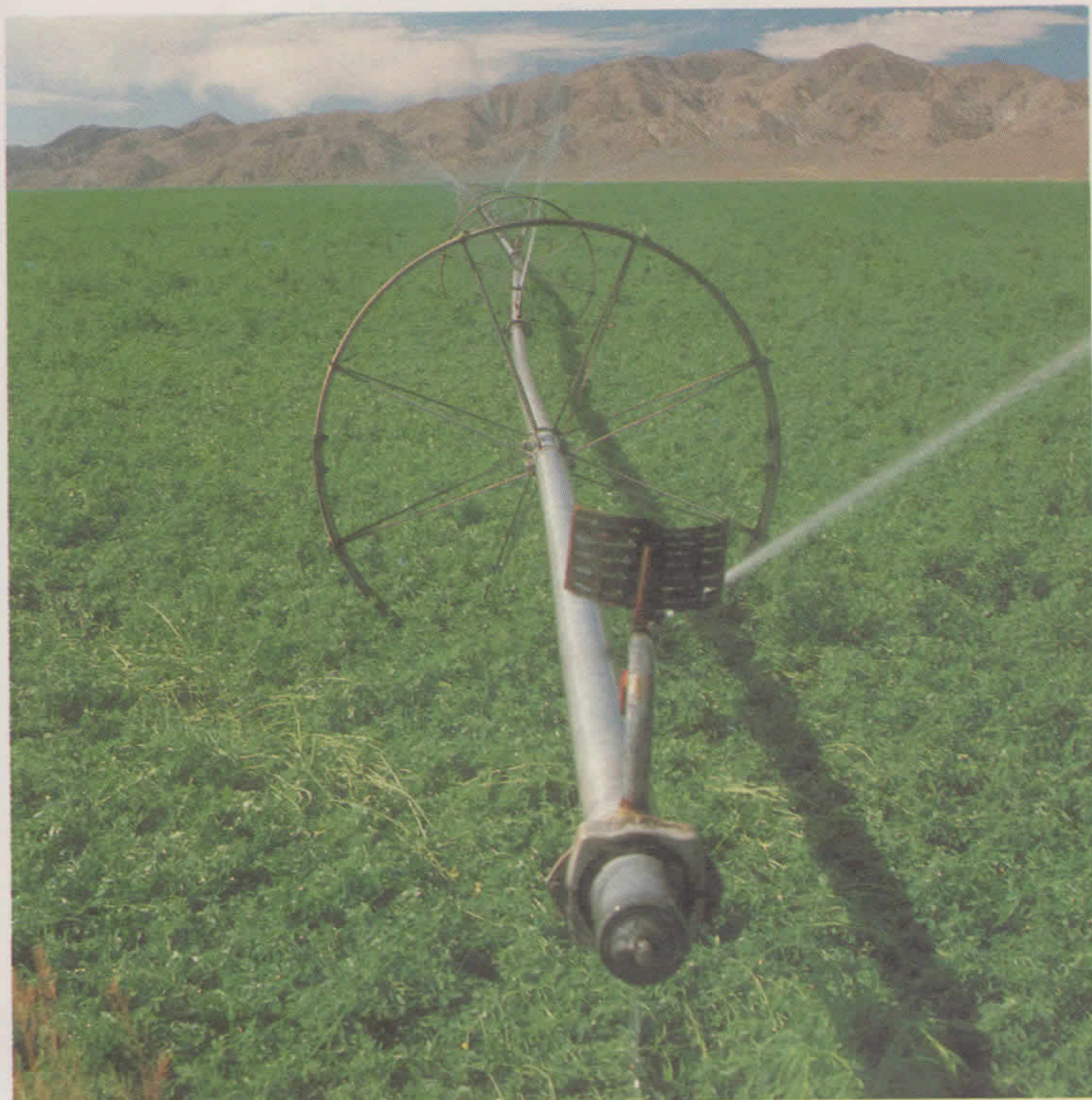
O lago Pontchartrain e, abaixo dele, Nova Orleans, dominam esta imagem, feita pelo mapeador temático do Landsat, do sudeste da Louisiana. Serpenteando por Nova Orleans vemos o rio Mississippi quase no fim da jornada pelo coração dos Estados Unidos. Observe os desenhos dos campos de ambos os lados do rio, ao longo do seu curso: os fazendeiros aproveitam o solo fértil depositado pelas enchentes. Veja os diferentes tons de vermelho nos campos, indicadores de lavouras diferentes em diversos estágios de desenvolvimento. Os detalhes da cidade em si são mais difíceis de se perceber, com exceção de um ponto branco.

Esta fotografia aérea em filme infravermelho do centro de Nova Orleans revela o que é o “ponto branco” da fotografia feita pelo Landsat. É o famoso Superdomo, o maior estádio esportivo coberto do mundo. Concluído em 1975, tem um diâmetro de 680 metros e cobre 5,3 hectares. Ao norte vemos o City Park, também visível na foto do Landsat, assim como o Audubon Park, a oeste.



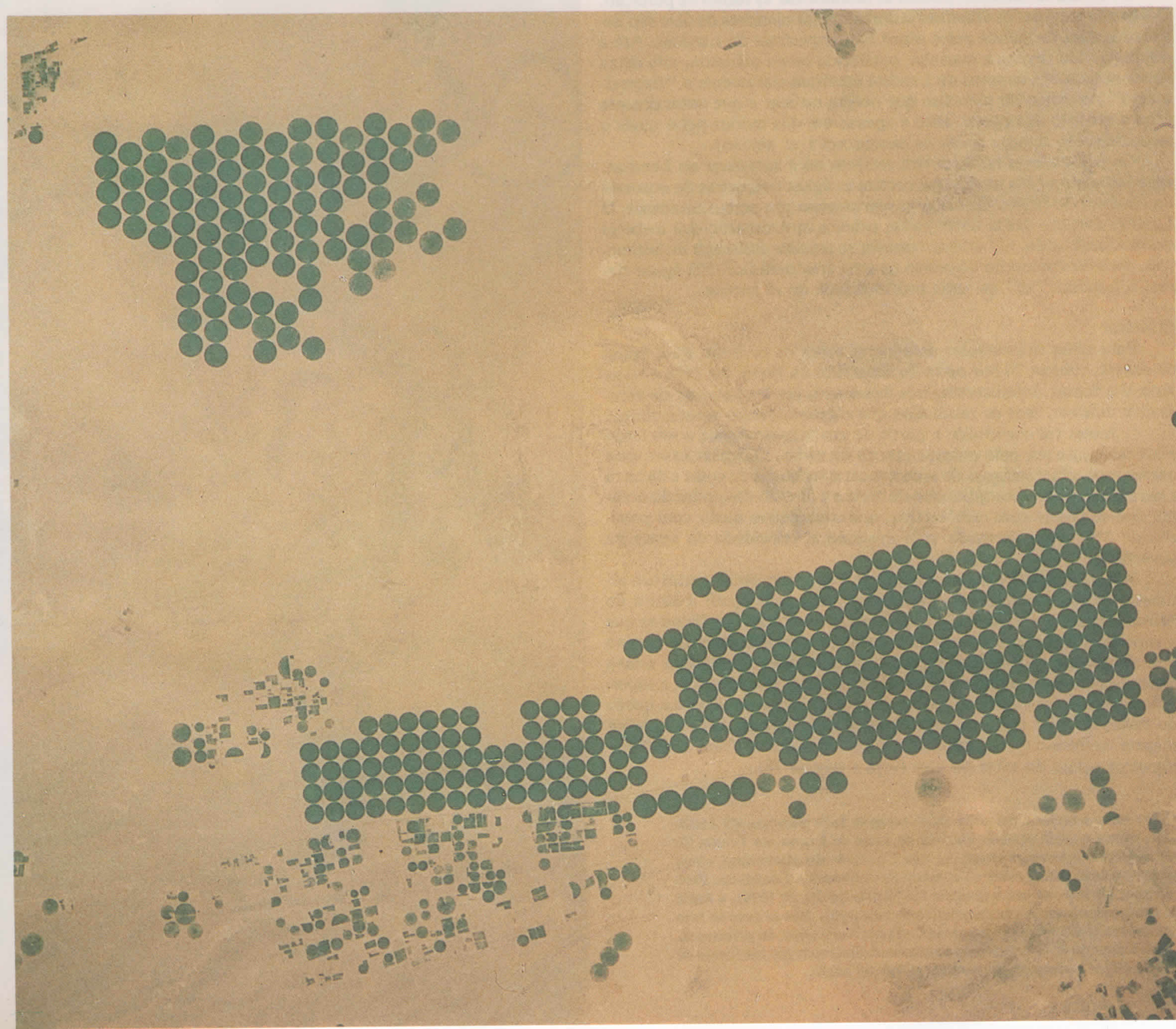
O mar de Salton, no sul da Califórnia (centro), foi criado em 1905-1906, quando uma depressão natural dessa região desértica foi alagada pelo sul, pelas águas do rio Colorado. É mantido no tamanho atual (50 x 16 quilômetros) por drenagem de terras agrícolas irrigadas. Os desenhos dos campos irrigados ficam claramente visíveis nesta imagem feita pelo MSS do Landsat. A noroeste fica o vale Coachella e, a sudeste, o vale Imperial, que é maior. É interessante notar que a terra irrigada e a agricultura intensiva terminam abruptamente na fronteira dos Estados Unidos com o México, refletindo as diferenças das práticas agrícolas dos dois países.

O radar de formação de imagens da lançadeira espacial também consegue revelar diferenças nas técnicas agrícolas. Esta varredura de radar do nordeste da Flórida, feita em cores artificiais e berrantes, revela grande riqueza de detalhes. Os três lagos (centro, em cima) são a lagoa do Oceano, o lago Palestina e a lagoa do Ribeirão Rápido. O rio (embaixo) que corre para o golfo do México é o Suwannee. No código de cores utilizado aqui, laranja indica os canais de drenagem. Os campos agrícolas aparecem em verde-escuro e roxo. As zonas verde-amareladas são fileiras de ciprestes encharcadas de orvalho: a imagem foi obtida às 3h59min. A escuridão não constitui empecilho para a varredura do radar.



No sistema de irrigação de pivô central a água é bombeada do subsolo e distribuída por uma área circular de 0,8 quilômetro de diâmetro, por um aspersor móvel. Como se vê na foto, essa técnica pode fazer o deserto florescer.

Da lançadeira espacial, os astronautas da missão 41-C fotografaram esta extraordinária cena do deserto da Arábia Saudita, perto de Al-Hufuf. As manchas circulares são na realidade áreas de terras irrigadas pelo método de irrigação de pivô central, projetado originalmente para ser usado no oeste americano.



As águas

Apesar de as imagens do Landsat estarem basicamente relacionadas com as características da terra, também podem revelar muita coisa a respeito dos recursos hídricos do planeta. A hidrologia (estudo das águas nos estados líquido, sólido e gasoso, de sua ocorrência, distribuição e circulação na natureza) foi revolucionada pelos dados fornecidos pelos satélites. Hoje os cientistas conseguem ver as fontes de água de uma dada região. Em imagens normais, em cores não reais, a água aparece preta, mas pode ser realçada com outra cor.

É claro que as fontes de água abrangem não só a água que existe na superfície, como a água “em potencial”, encerrada na neve e no gelo. A extensão da camada de neve e a velocidade de fusão do gelo podem ser facilmente avaliadas a partir de imagens sucessivas obtidas pelo Landsat. O início de uma enchente, provocada pela fusão da neve ou por chuvas torrenciais, também pode ser facilmente detectado. O quadro geral visto do espaço pode ajudar a concentrar a defesa num determinado ponto contra a enchente.

Os sensores do Landsat também conseguem penetrar na água e ver os sedimentos. Em imagens adequadamente processadas, a sedimentação nos estuários e ao longo da costa pode ser detectada com facilidade. Isso interessa aos técnicos dos portos, que precisam manter abertos os canais de navegação.

Poluentes letais

De forma semelhante, podem-se monitorizar as fontes de poluição. O lixo não tratado, os efluentes industriais e as manchas de óleo são detectados com facilidade pelos olhos multiespectrais do Landsat. Até a diminuta vida orgânica marinha, conhecida como plâncton, não deixa de ser notada. As imagens do Landsat mostram claramente o “florescimento” periódico do plâncton que ocorre no mar e que naturalmente atrai a atenção dos peixes. Este é apenas um dos modos pelos quais o sensoriamento remoto ajuda os pescadores (ver abaixo).

Os navegadores também têm motivos para agradecer ao Landsat, especialmente os dos navios que cortam as águas traiçoeiras do noroeste da América do Norte. Os *icebergs* representam um perigo constante. O Landsat fornece dados antecipados sobre a aproximação dos *icebergs* e a sua localização. O Landsat também se revelou utilíssimo na batimetria, para determinação do relevo de uma área oceânica. Em águas claras, o Landsat “vê” até uma profundidade de 18 metros.

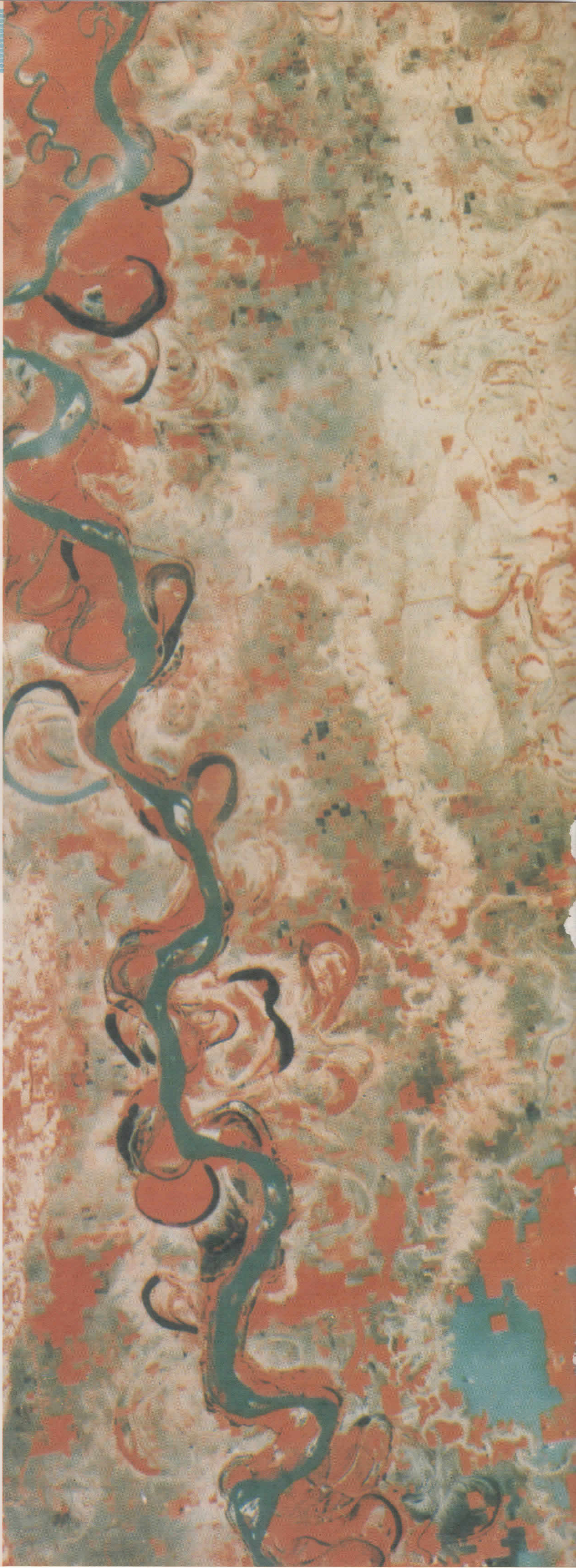
O Seasat

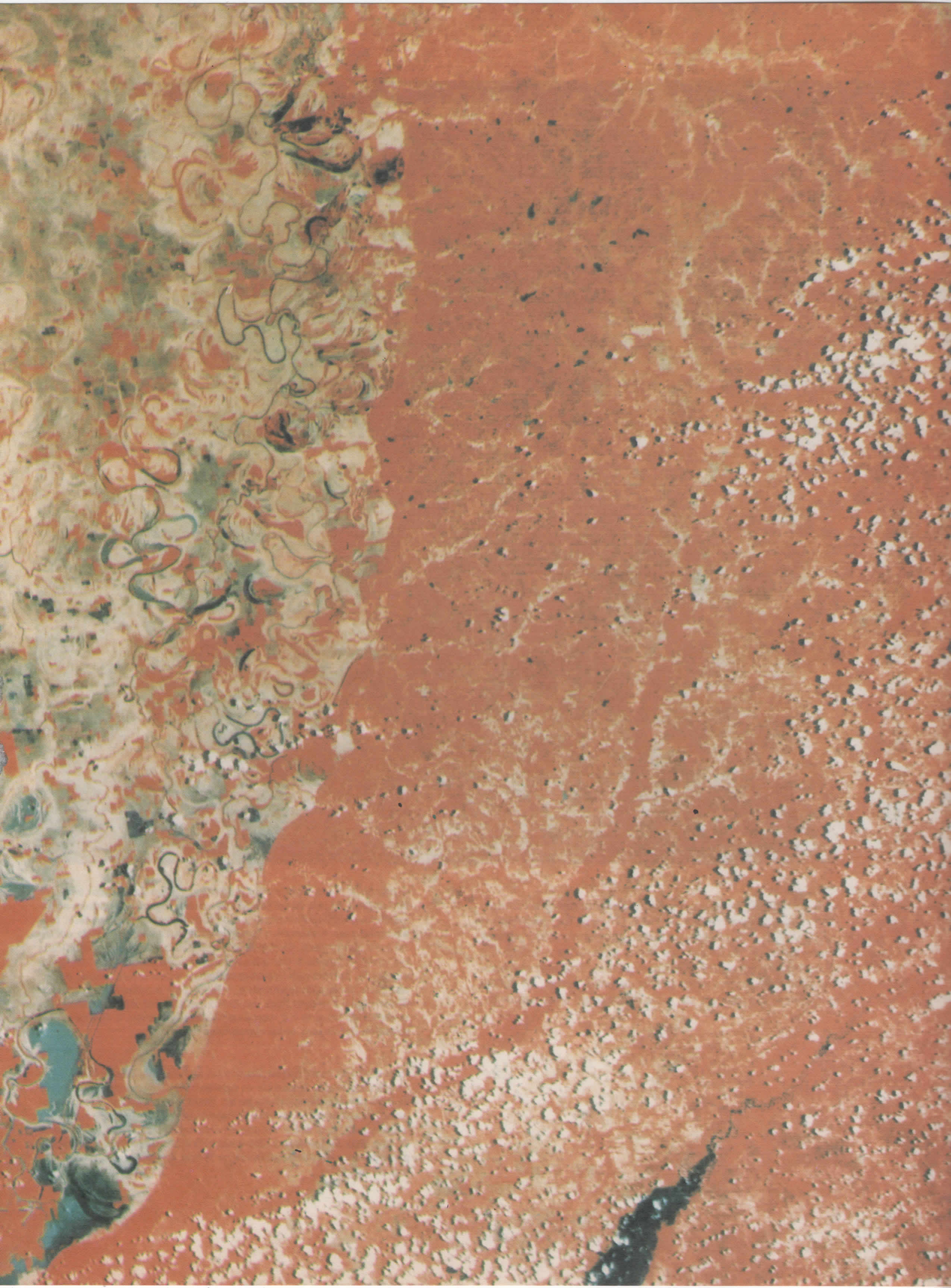
Para obter informações detalhadas sobre os oceanos, que, afinal de contas, cobrem 70 por cento da superfície da Terra, em 1978 a NASA lançou o Seasat. Infelizmente, três meses após seu lançamento ele apresentou defeitos, mas os resultados que ofereceu foram espetaculares.

O Seasat foi construído a partir de um foguete Agena e seu traço mais marcante era uma enorme antena de radar. O Seasat usava essa antena para obter imagens de aspectos característicos da costa e da terra e para determinar o comprimento de onda e a direção das ondas do oceano. Era equipado com radiômetros, que conseguiam medir com precisão de 2°C, além de medir com exatidão a velocidade do vento na superfície.

Mas os resultados mais impressionantes foram obtidos com um altímetro de radar que utilizava pulsos de radar para medir a altura do Seasat acima das ondas. Após a análise dos resultados, verificou-se que a superfície do mar realmente afundava em alguns lugares do oceano e se elevava em outros! Em alguns lugares a superfície do mar estava 5 metros abaixo ou acima do nível médio do mar. Na realidade, a superfície do oceano se eleva e se abaixa de acordo com a elevação e a queda do fundo do mar. Por isso, ao mapear a superfície do mar, o Landsat mapeia também o fundo, feito nada desprezível a uma altura de 800 quilômetros acima do nível do mar (veja a página 78).

Ocupando a metade esquerda desta imagem feita pelo MSS do Landsat, vemos a vasta planície alagada da bacia de Yazoo, no Estado do Mississippi. À extrema esquerda, está o próprio rio Mississippi, cheio de meandros, limite entre os Estados de Arkansas e Louisiana. Para a época do ano em que a imagem foi obtida (junho de 1978), a bacia está surpreendentemente desprovida de vegetação. Isso se deve ao fato de a terra ainda estar se recuperando da enchente geral da primavera. Sem a cobertura de vegetação, aparecem inúmeros lagos em forma de U e antigos meandros do sistema de rio da bacia.







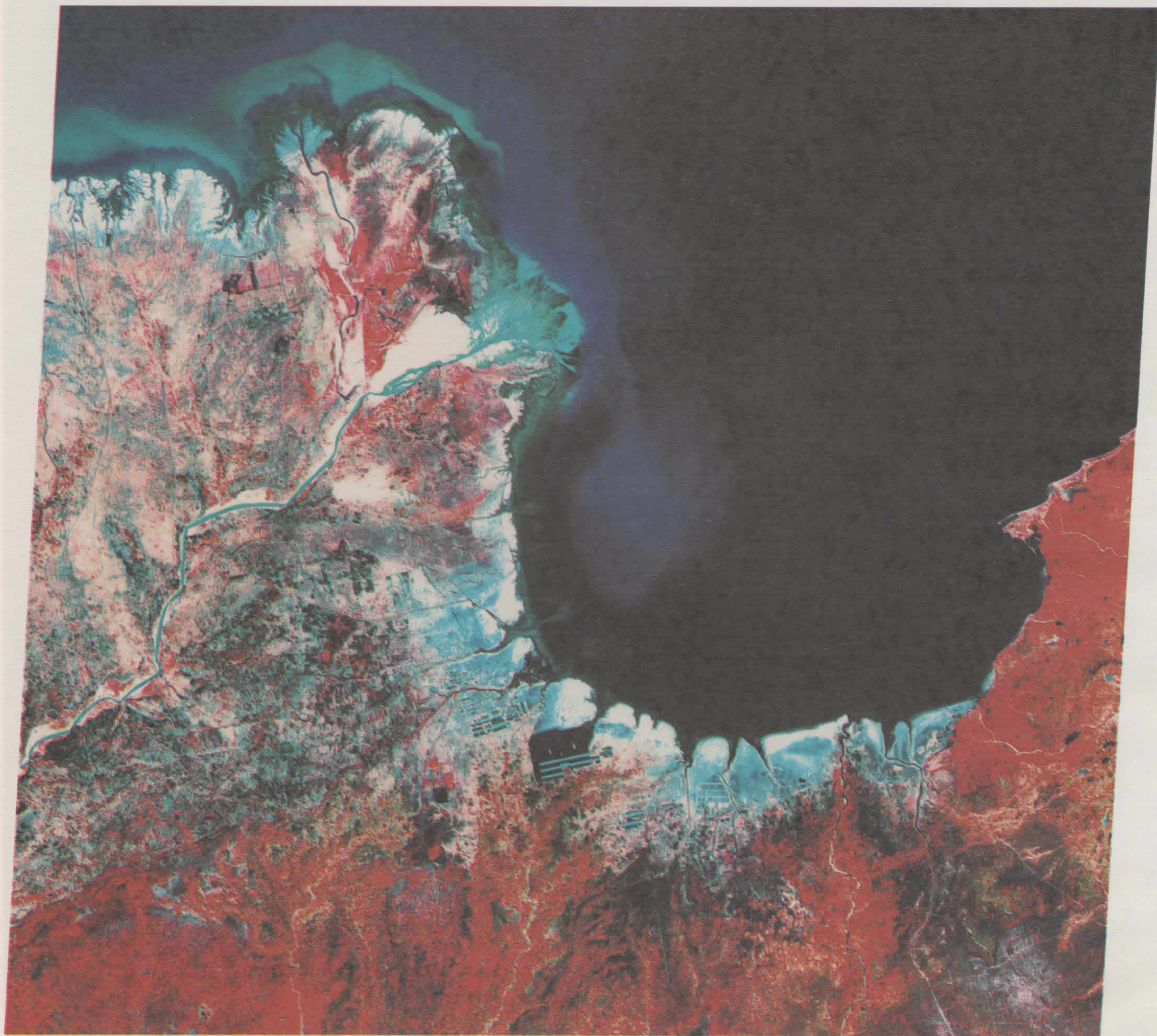
Pescando do espaço

Os satélites meteorológicos NOAA mais recentes também levam instrumentos para medir a temperatura do mar. O perfil da temperatura do oceano é de interesse não só para os meteorologistas, como para os pescadores. Estes utilizam os dados dos NOAA para fazer o mapa dos inúmeros redemoinhos e correntes marinhas quente e fria que vagueiam pelos oceanos. Ciente da temperatura preferida pelos peixes, os pescadores podem seguir as correntes e ter mais sucesso em suas pescarias.

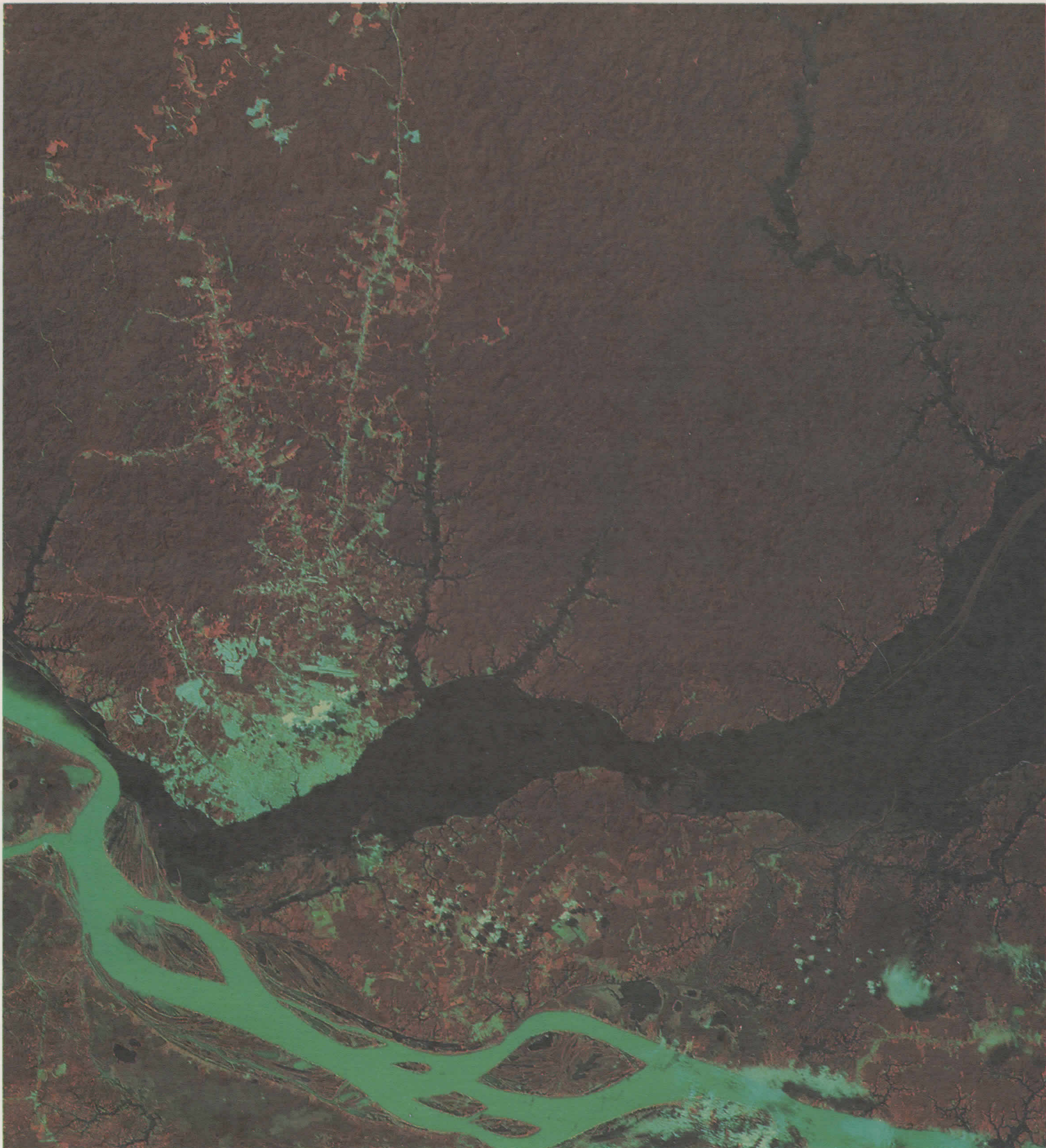
A cidade de Nova York e o rio Hudson vistos pelo mapeador temático do Landsat. Apesar de ser considerado curto, segundo os padrões norte-americanos (500 quilômetros), o rio Hudson mostrou ser um fator fundamental para a abertura e o desenvolvimento do Meio-Oeste americano e evidentemente, da cidade de Nova York. A imagem foi codificada em cores, de modo a dar uma coloração natural simulada em que a vegetação, por exemplo, aparece realmente verde. Dessa forma, o Central Park, na ilha de Manhattan, é facilmente localizado, o mesmo se dando com o Prospect Park, no Brooklyn. Um dos aspectos mais proeminentes da imagem é o Aeroporto Kennedy (centro, à direita), cujas pistas de decolagem estão claramente visíveis.

Para efeito de comparação temos aqui uma foto da ilha de Manhattan obtida pelo NHAP. Apresenta os detalhes extras que se poderia esperar de uma câmara transportada no ar. Enquanto o Landsat tira suas fotos a 700 quilômetros, o NHAP fotografa a uma distância de apenas 12 quilômetros, mas assim mesmo os detalhes talvez sejam até maiores do que seria de se esperar. Na extremidade da ilha vemos claramente o prédio mais alto de Manhattan, o World Trade Center, de 415 metros de altura.

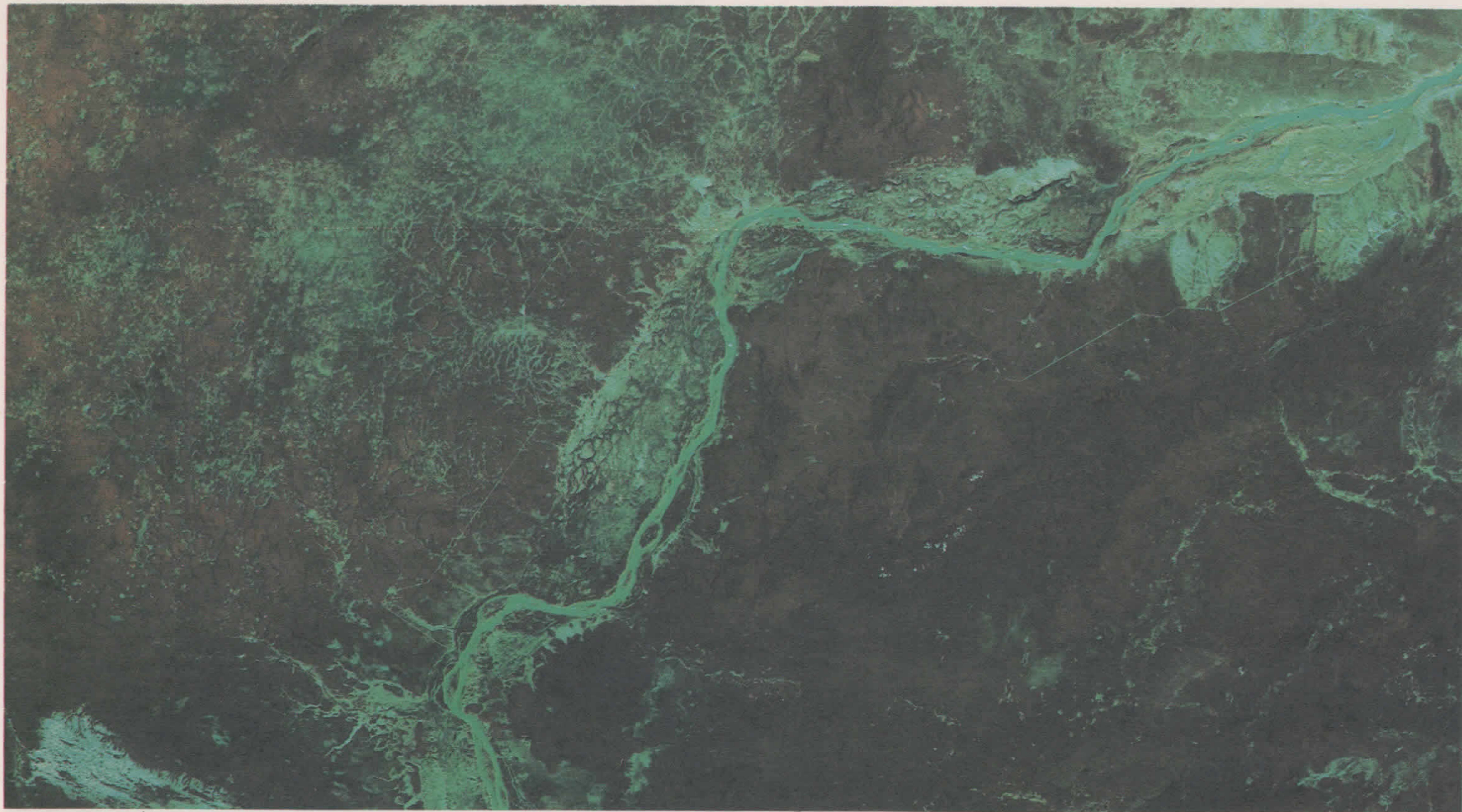




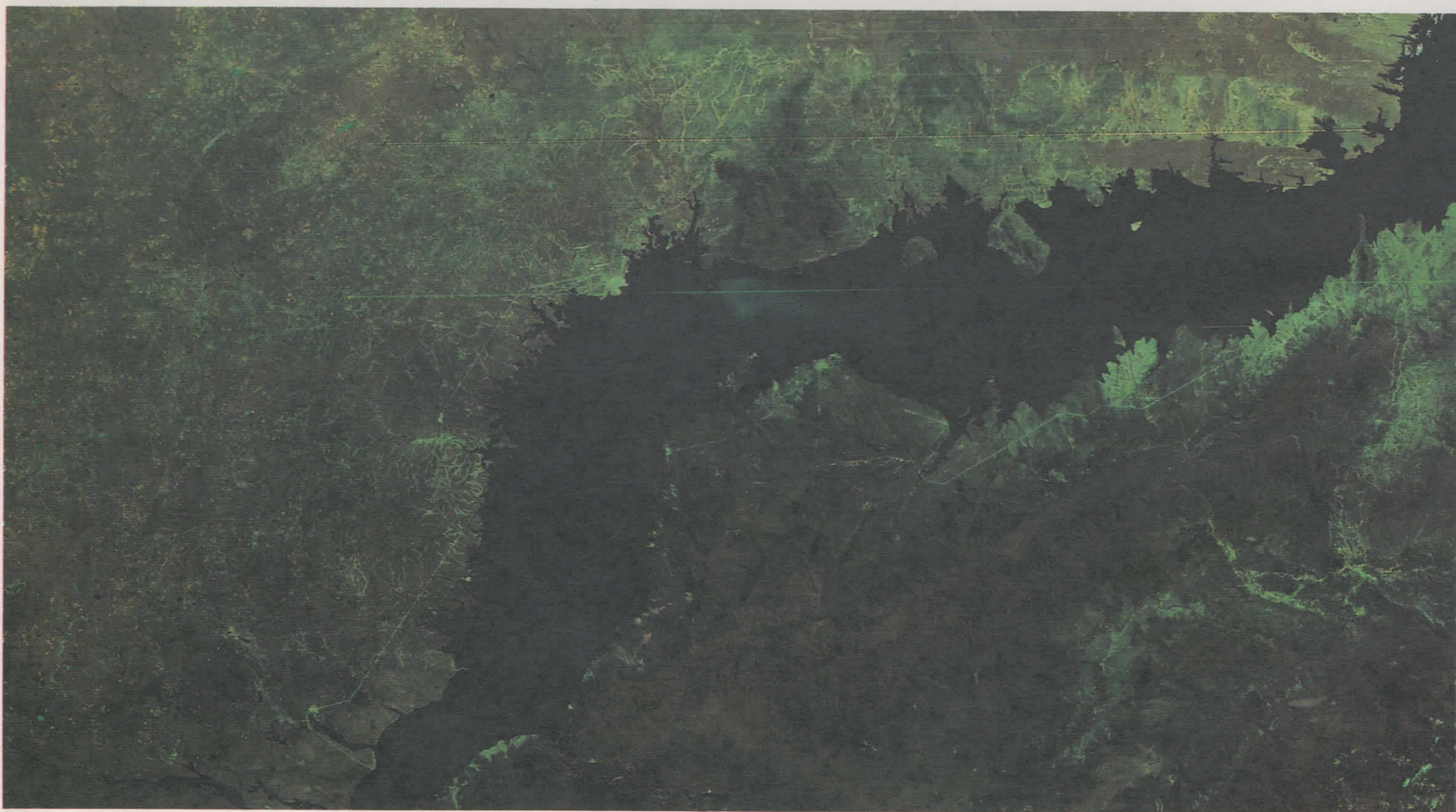
À esquerda desta imagem obtida pelo MSS do Landsat, está a vasta região do delta do segundo maior rio da China, o Huang-Ho, que significa rio Amarelo. Tem esse nome devido à enorme quantidade de lodo amarelo que transporta ao longo de seu curso de 4 845 quilômetros, até desaguar no mar Amarelo. Vemos o lodo (que aqui aparece em azul-claro) destacando-se dos canais do delta. Muitos destes, dado o curso reto que têm, evidentemente não foram feitos pelo homem. Na parte inferior desta imagem vemos a planície do Norte da China, conhecida como “o celeiro da China”, por ser uma região importante de cultivo de arroz, beneficiada pelo lodo fértil que é depositado pelas enchentes regulares do Huang-Ho.

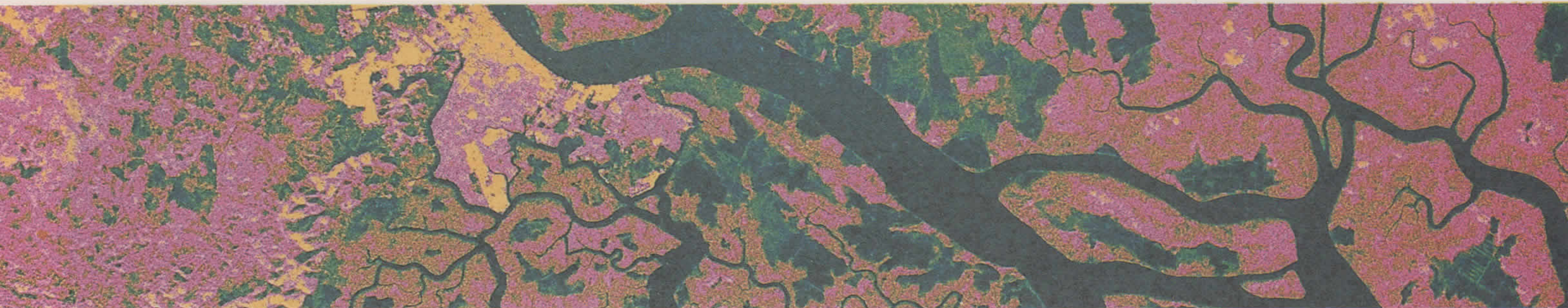


A foto mostra o encontro do rio Negro com o rio Solimões (AM). Na margem esquerda do rio Negro está a cidade de Manaus (tons azul-esverdeados); acima desta podemos perceber a rodovia Manaus-Boa Vista, e, ao longo dela, a ocupação da terra através do desamatamento (área mais clara). À esquerda, no rio Negro, aparece o trecho em que ele atinge sua maior largura (até 50 km, no período da cheia, entre abril e agosto).



Trecho médio do rio São Francisco (BA) antes e depois da implantação da barragem de Sobradinho. A diferença entre as duas passagens do satélite é de 8 meses (primeira tomada em 8-12-77 e a segunda tomada em 26-8-78), tempo necessário para se formar o lago de Sobradinho (em azul, na foto de baixo).

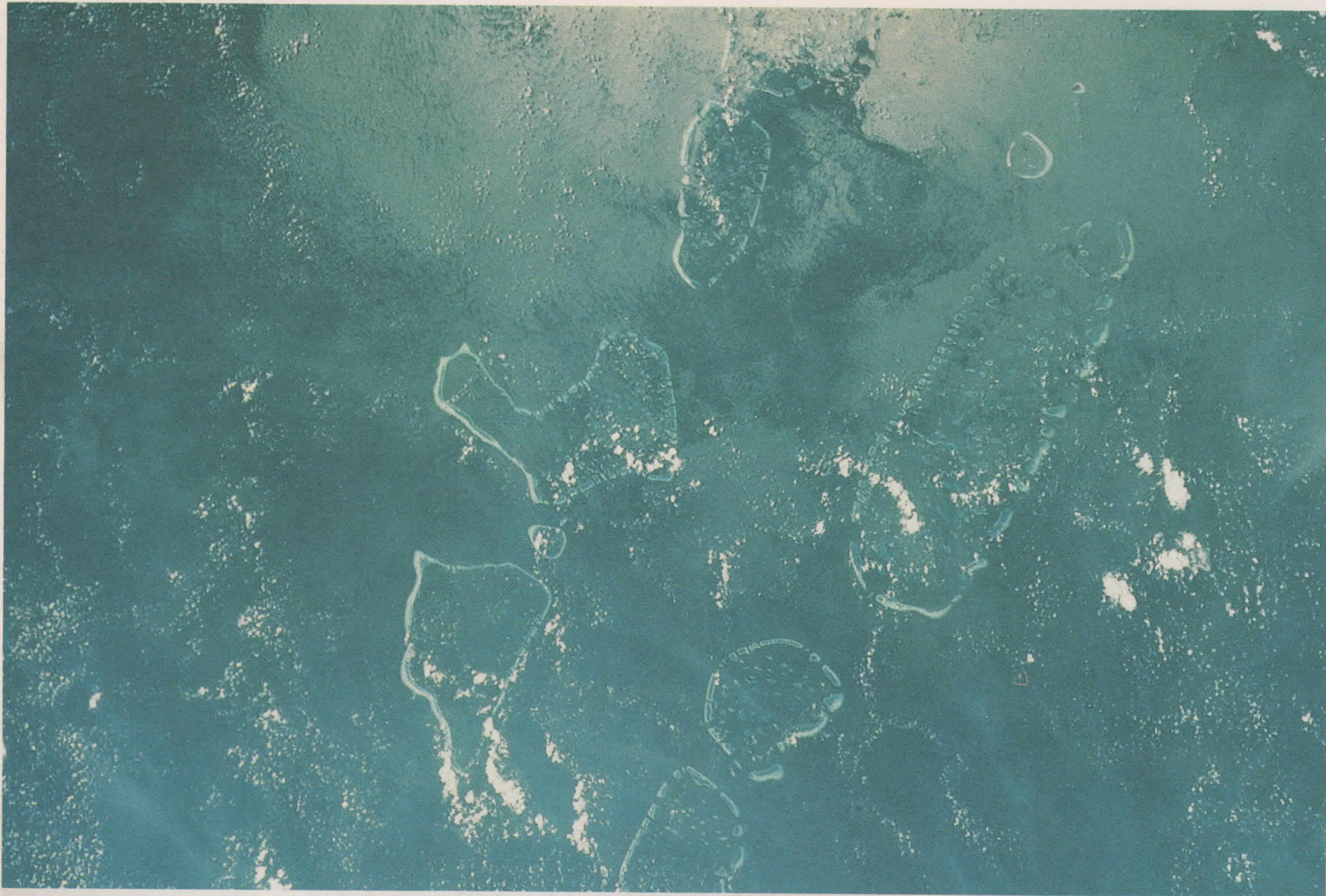




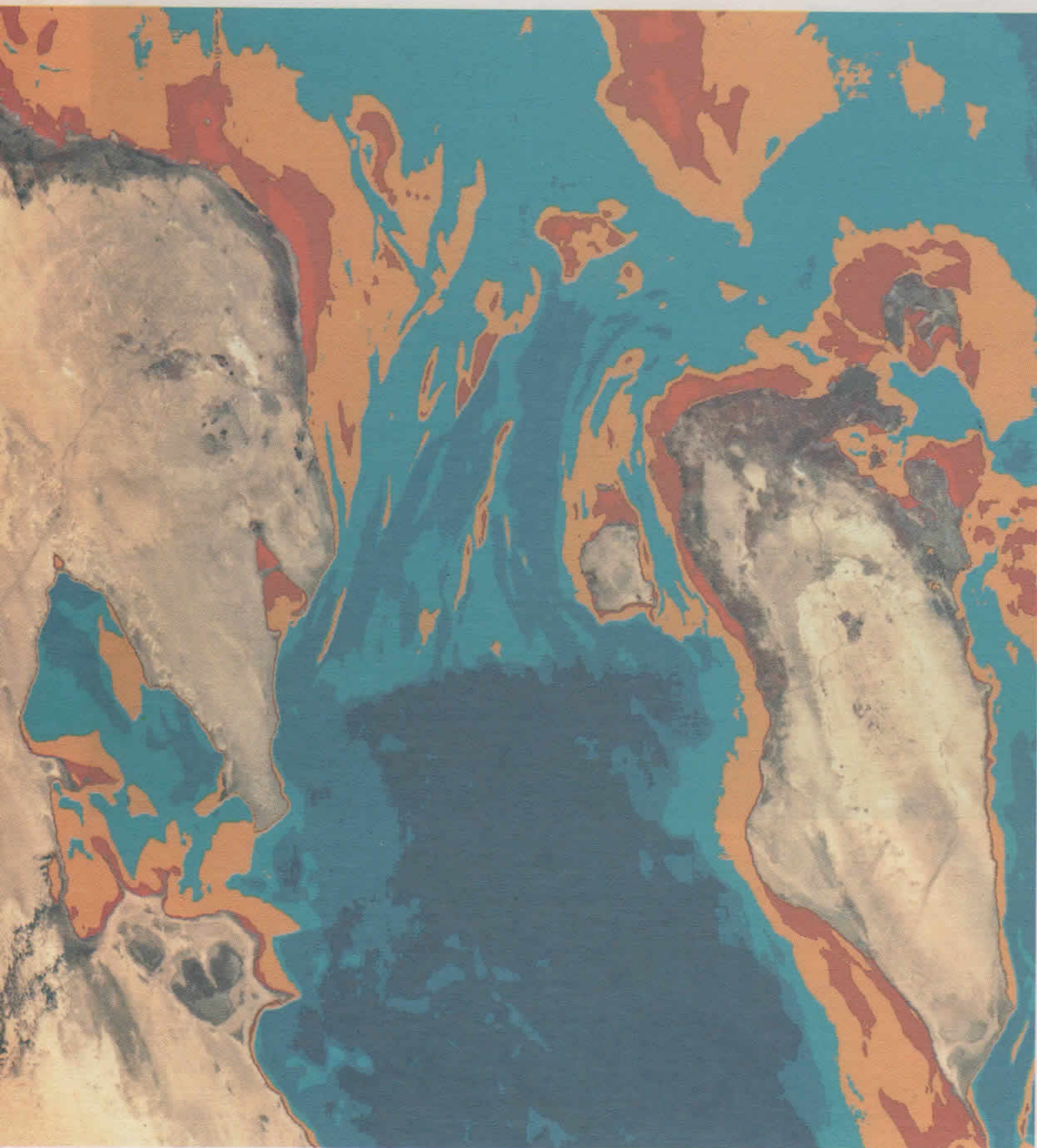
Esta imagem de Guayaquil, principal porto do Equador, indicado com amarelo (centro, em cima), feita pelo radar formador de imagens da lançadeira espacial, mostra o cultivo de arroz em manchas verdes nas duas margens do rio (Guayas) que flui da esquerda para a direita. As regiões roxa e laranja da planície alagada do rio mostram pastos para o gado de corte. As zonas verdes à esquerda são regiões de florestas.



Nesta imagem obtida pelo mapeador temático do Landsat vemos a maior parte da costa do Estado da Carolina do Sul, na fértil planície costeira da região. Charleston está situada a dois terços da parte inferior, na foz do rio Cooper. A característica mais interessante da linha costeira é a presença de barreiras de areia. Atrás delas formaram-se lagunas e baixios de maré de lama, a partir do lodo carregado pelos rios da planície. Com o tempo, esses baixios vão se transformar em terra firme e as barreiras de areia formarão um novo contorno da costa. Há provas de uma estrutura paralela no interior que corresponde a antigas linhas de contorno da costa.



O oceano Pacífico está pontilhado de atóis de coral. São estruturas em forma de anel formadas pelas secreções de cal de seres diminutos chamados pólipos. Os astronautas da lançadeira espacial fotografaram este grupo de atóis no arquipélago das Maldivas. À medida que vão crescendo, os atóis vão recolhendo detritos flutuantes e nozes de plantas, acabando por formar ilhas.



Está é uma imagem do golfo Pérsico obtida pelo Landsat, que mostra a ilha de Bahrein. Foi processada pela técnica de fatiamento de densidades, para mostrar a profundidade das águas ao redor da ilha. Em condições favoráveis, o Landsat consegue "ver" a uma profundidade de 20 metros ou mais. (Para efeito de comparação, a página 29 apresenta uma imagem normal feita pelo Landsat, dessa mesma região.)

Chave do código de cores (profundidade em metros)

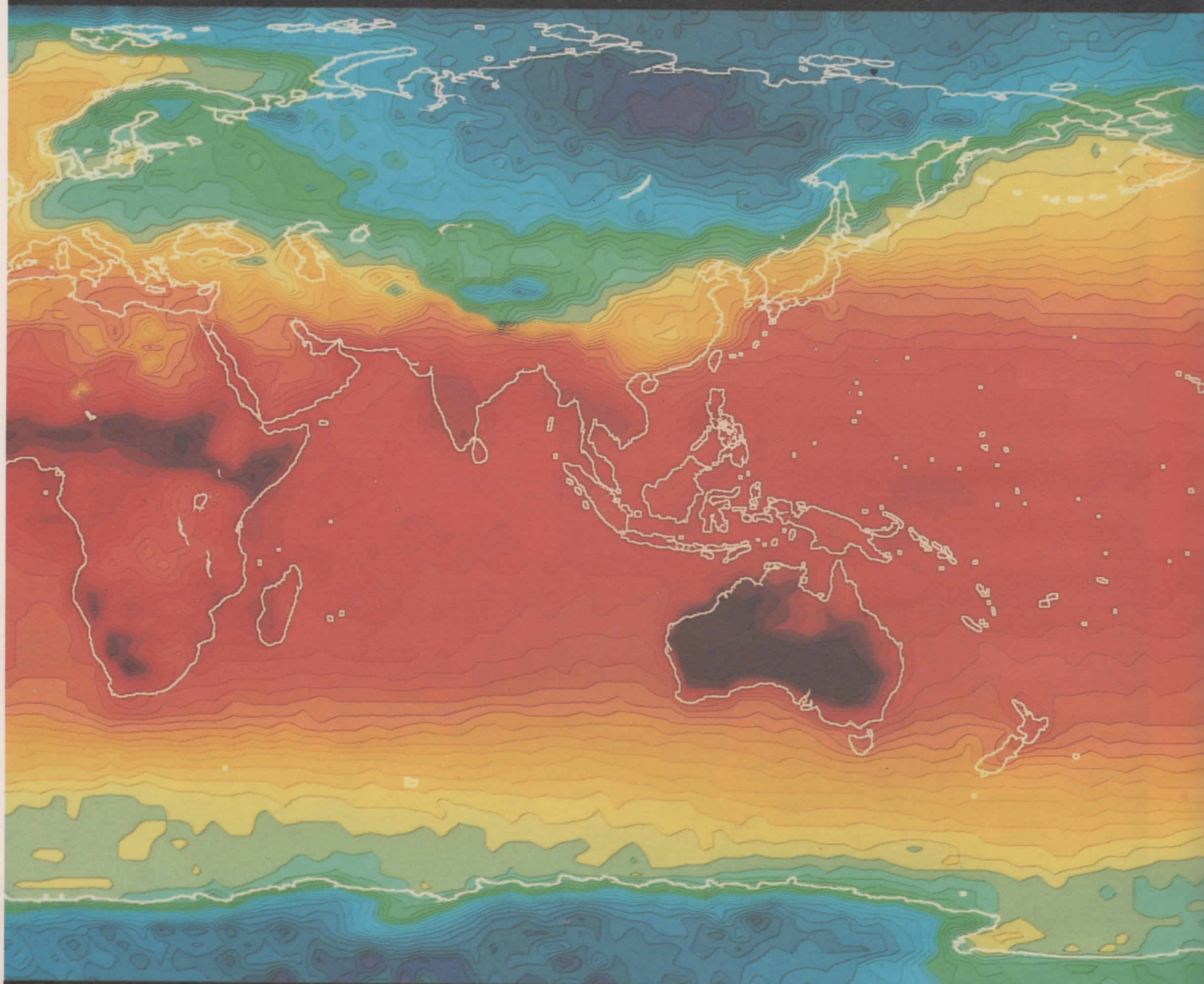
Vermelho = 0-2
Azul-claro = 6-10
Azul-escuro = 20
Marrom = 2-6
Azul-médio = 10-20

Não foram pólipos de coral que formaram este grupo de ilhas! As ilhas britânicas formam parte da plataforma continental da Europa e um dia estiveram ligadas ao continente. A ilha principal da Grã-Bretanha (Inglaterra, País de Gales e Escócia) é a maior ilha da Europa e a oitava do mundo. Esta imagem é um mosaico produzido pelas 52 imagens do Landsat que abrangem esta região. Foi impressa em cores naturais simuladas. Os geógrafos e geólogos usam muito o sistema de mosaicos para obter um quadro geral melhor das características do solo.



MEAN SURFACE TEMPERA

FROM HIRS 2



CHAHINE SUSSKIND
JPL GSFC
(1982)

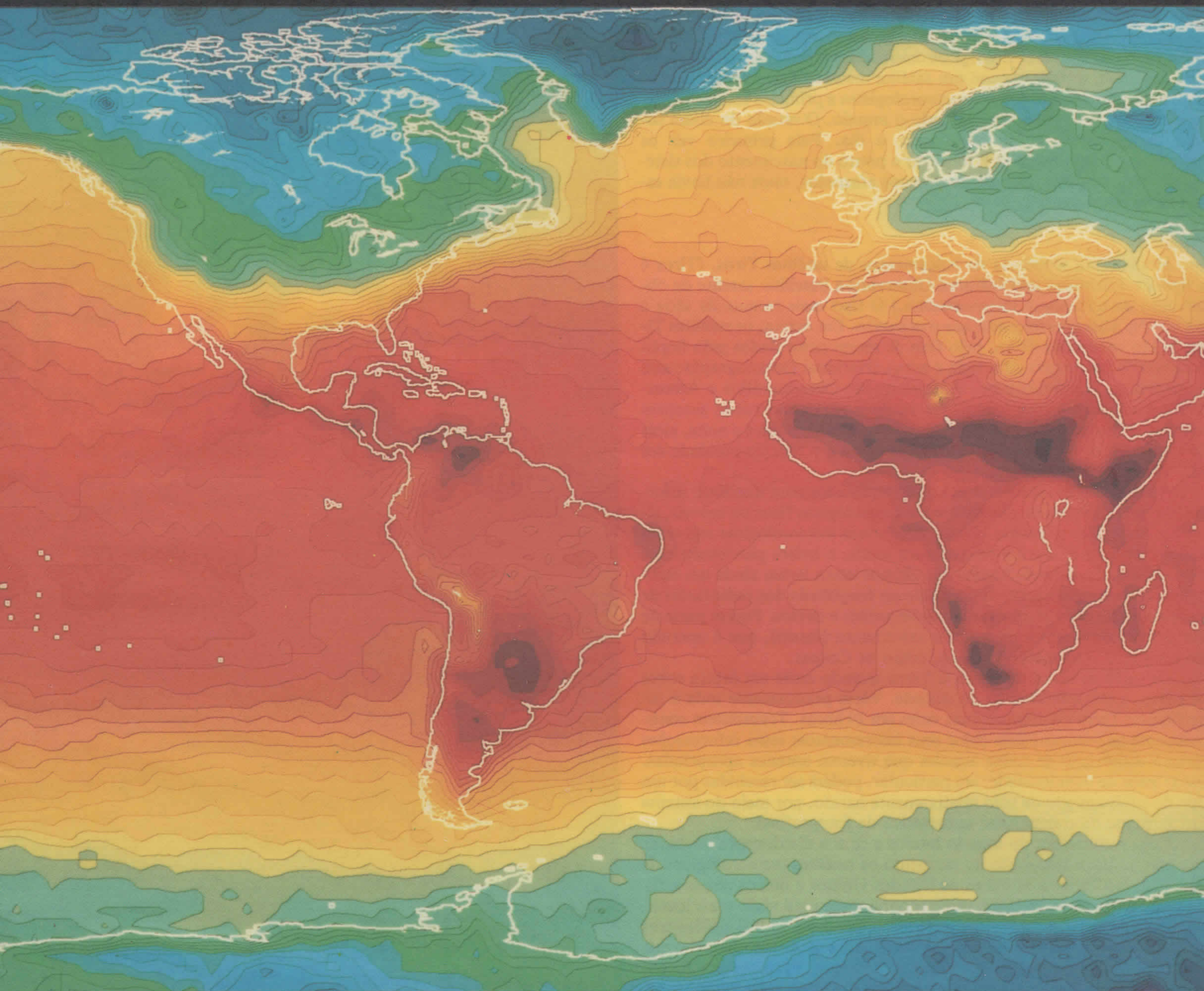
DEGREES



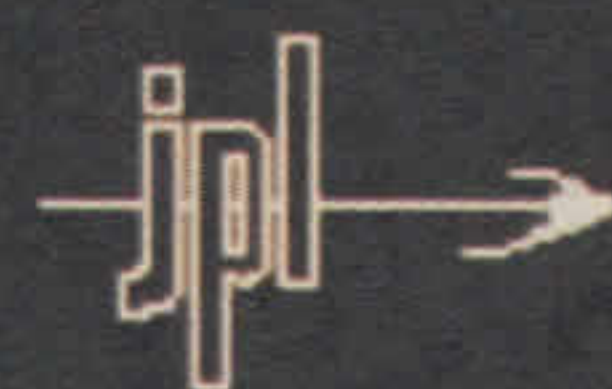
Os dados utilizados para preparar este quadro mundial de temperaturas da superfície foram obtidos por instrumentos transportados por um satélite meteorológico Tiros A/NOAA: o HIRS (receptor acústico infravermelho de alta resolução) e a MSU (unidade de sondagem com microondas). O satélite orbitou a uma altura de 870 quilômetros. Aqui também, o quadro ilustra graficamente as vantagens das técnicas de codificação de cores na apresentação de dados.

TEMPERATURE FOR JANUARY 1979

FROM HIRS2 AND MSU DATA



KELVIN



283

293

303

313

Temperatura média na superfície em janeiro de 1979

A partir de dados HIRS2 e MSU

J.P.L. Chahine

G.S.F.C. Susskind

(1982)

GRAUS KELVIN

O olho meteorológico

Para o Landsat, as nuvens representam um incômodo. Seus sensores não conseguem ver através desses gigantes pompons de gotículas de água e cristais de gelo. Já para os meteorologistas, nas nuvens e na maneira como elas se movimentam está a chave da compreensão do sistema meteorológico. Eles não usam o Landsat para tirar fotos de nuvens: usam satélites meteorológicos construídos especialmente para isso.

Em 1960, a NASA lançou um satélite meteorológico experimental, o Tiros 1. Esse satélite deu aos meteorologistas a primeira foto dos sistemas climáticos de praticamente todo o mundo. O estudo do clima sofreu uma reviravolta da noite para o dia. Pela primeira vez os meteorologistas conseguiram localizar o ponto do nascimento dos sistemas meteorológicos: no meio de oceanos afastados, onde não havia estações meteorológicas.

Tiros

Houve uma sequência de lançamentos de satélites Tiros. (Tiros é a sigla de Television and Infrared Observation Satellite: satélite de observação de televisão e infravermelho.) O tipo mais recente da série é o Tiros N, mais aperfeiçoado que o primeiro. Em órbita, os satélites Tiros N são chamados NOAA, pelo fato de serem controlados pelo órgão do governo americano cuja sigla é NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration: Administração Oceanográfica e Atmosférica Nacional — americana). Os satélites NOAA são robôs sensores aperfeiçoadíssimos, que registram as nuvens durante o dia e a noite, além da temperatura da superfície e a temperatura e o teor de umidade em vários níveis da atmosfera.

Além disso, os satélites NOAA estão equipados para distribuir informações provenientes de plataformas meteorológicas fixas ou móveis, situadas em regiões afastadas. Essas plataformas meteorológicas registram dados como a pressão e a temperatura locais, o índice pluviométrico e a profundidade da neve. Alguns dos últimos NOAA levam ainda um equipamento de comunicações sintonizado na frequência dos radiofaróis de localização de emergência que equipam aviões e navios. Fazem parte de um sistema de satélites de busca e salvamento (sarsat), que é operado em conjunto com satélites russos, como os Cospas.

Os satélites NOAA detectam a Terra quando estão em órbita sobre os pólos, a 800 quilômetros de altitude. Vêm praticamente toda a superfície da Terra no mínimo duas vezes em 24 horas. Transmitem continuamente as leituras feitas pelos seus instrumentos; essas informações estão à disposição de todos aqueles que tiverem antenas apropriadas. Essas fotos de nebulosidade, em particular, podem ser recebidas por um tipo de equipamento de solo relativamente barato, por meio do sistema APT (sistema de transmissão automática de fotografias).

Com a cobertura do mundo inteiro e com a distribuição de dados que oferecem, os NOAA são no momento os satélites meteorológicos de maior importância; mas agora os Estados Unidos e outros países utilizam também outros satélites, que proporcionam uma visão mais localizada das condições meteorológicas. Estão colocados a 35 900 quilômetros de altitude, em órbitas geoestacionárias situadas sobre o equador, o que significa que parece que estão “fixados” no céu. Permanecem focalizando todo um hemisfério e fornecem fotos a cada meia hora.

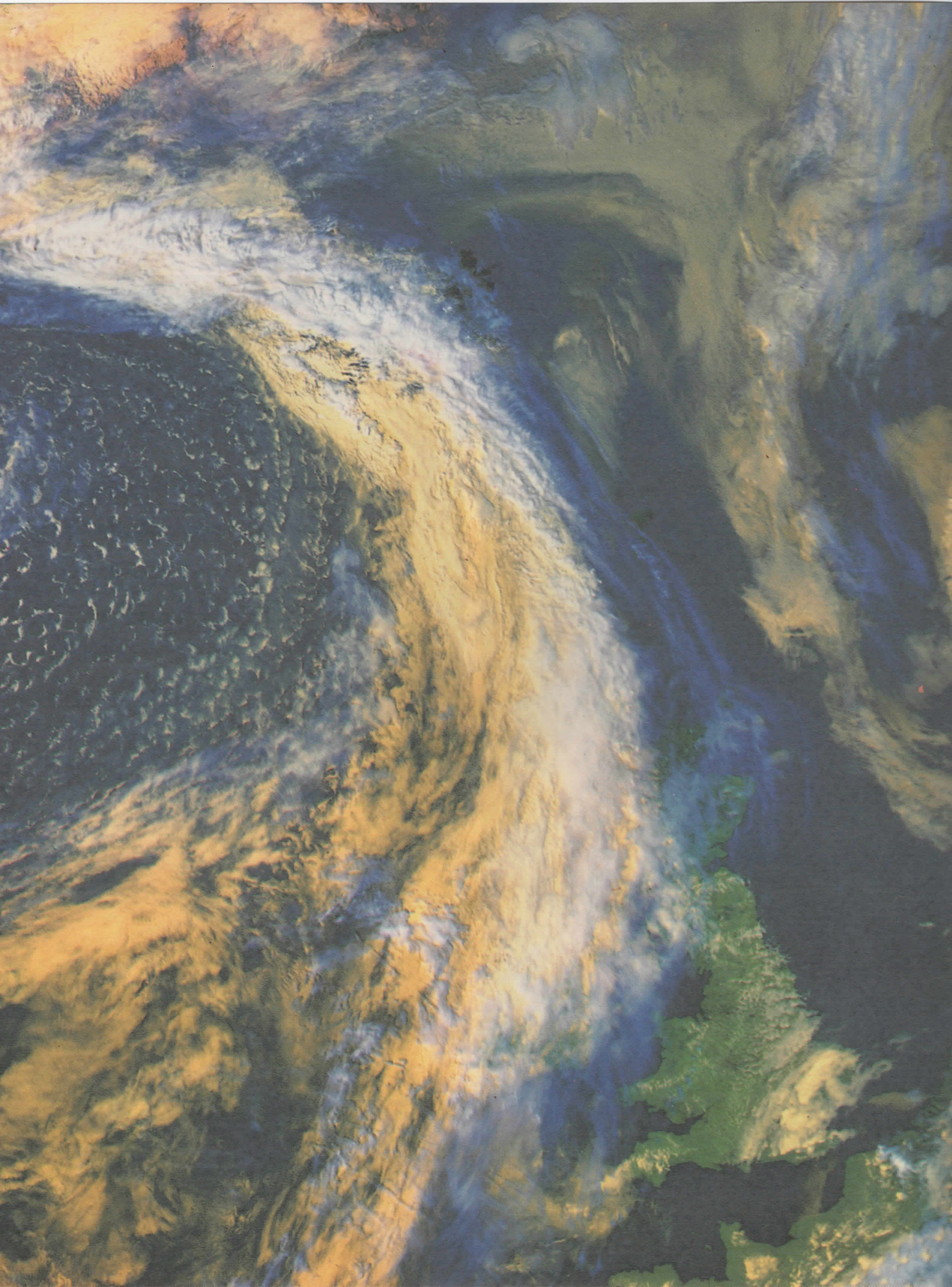
Satélites GOES

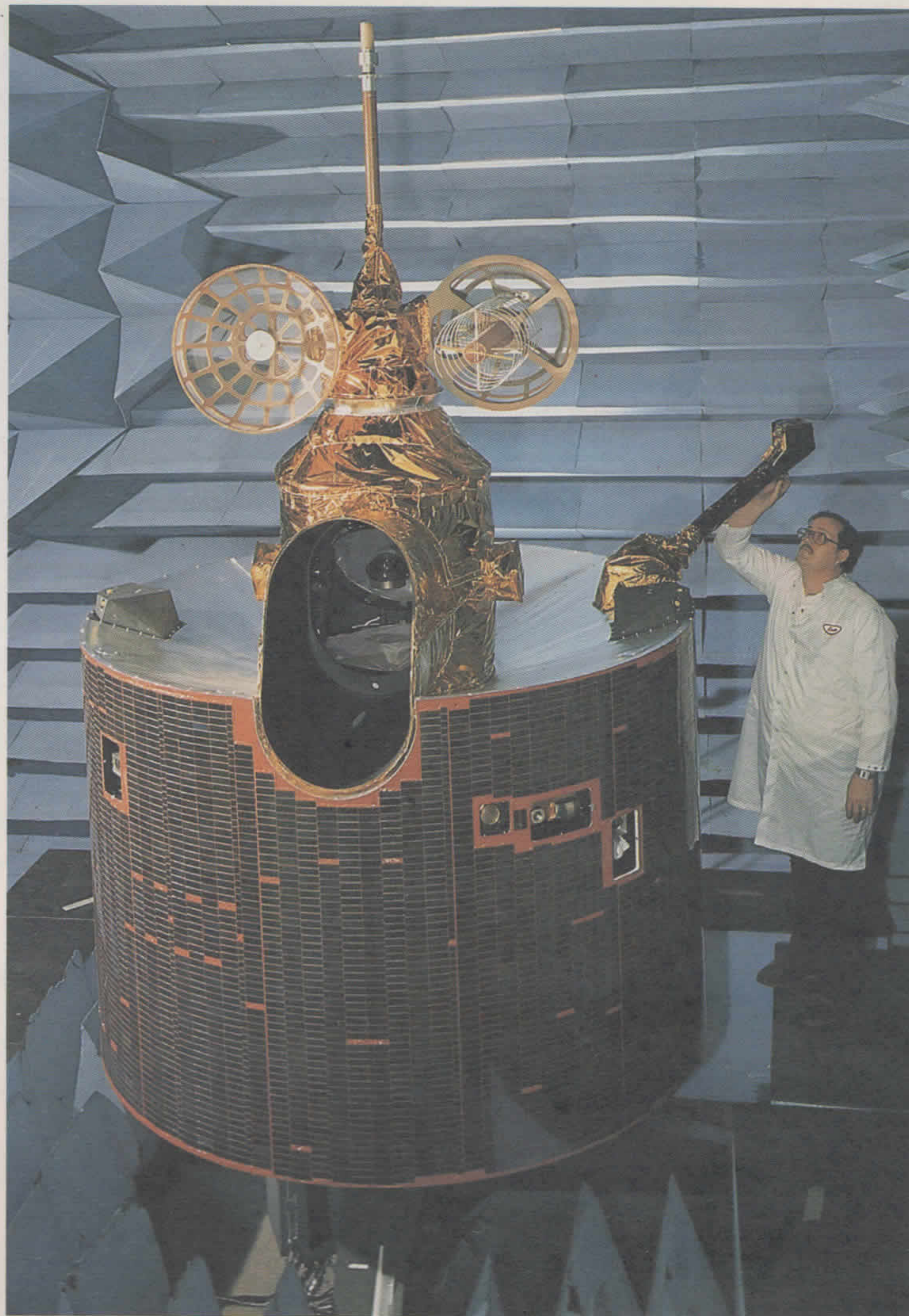
Os Estados Unidos operam dois satélites do tipo citado acima (chamados GOES), um na região leste e outro na região oeste do continente. Outro satélite, chamado Meteosat, acompanha permanentemente as condições meteorológicas da Europa, África e Oriente Médio, enquanto o satélite japonês GMS monitora a região do Pacífico. Como resultado, com exceção de pequenas regiões próximas aos pólos, o sistema de condições meteorológicas de todo o mundo está em permanente observação.

Nenhum vento começa a soprar mais forte, nenhum furacão se forma, nenhuma corrente oceânica muda de direção sem que sejam detectados lá de cima.

Retorcendo-se enquanto espirala em torno de uma região de baixa pressão, um vasto sistema meteorológico de ciclones abate-se sobre a Europa ocidental, vindo do Atlântico norte. A pesada frente de tempestades já está afetando a Irlanda e a maior parte da Escócia. Com seu radiômetro aperfeiçoado, o primeiro satélite meteorológico Tiros N forneceu a imagem desse sistema meteorológico clássico.





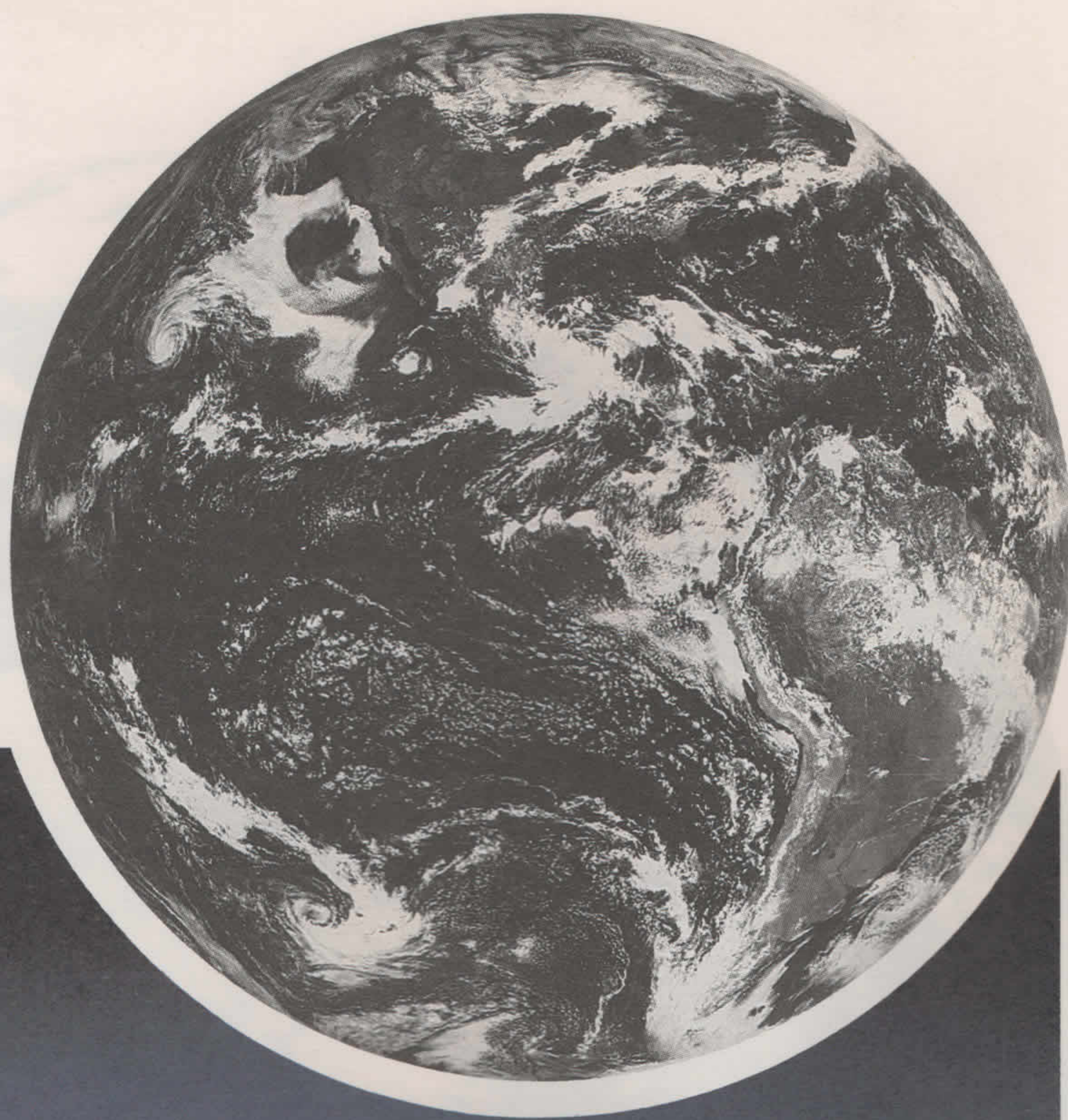


Os satélites meteorológicos GOES como este, juntamente com a série de Tiros N, formam o suporte principal do programa americano de monitoração das condições climáticas. Operam de órbitas estacionárias acima do equador sobre os oceanos Pacífico e Atlântico. Alguns com diâmetro de 2,2 metros, outros com diâmetro de 3,6 metros, todos têm uma vida operacional de sete anos.

Transportando um satélite meteorológico GOES, um veículo de lançamento Delta é disparado da plataforma de lançamento do cabo Canaveral. Todos os satélites GOES "decolam" do cabo, que, nos Estados Unidos, é o local de lançamento mais favorável para os satélites destinados a órbitas estacionárias. O veículo Delta talvez seja o veículo de lançamento convencional de maior sucesso, com um crédito de bem mais de 150 lançamentos bem-sucedidos.

De sua órbita a 35 900 quilômetros de altitude, os satélites GOES fazem uma varredura de todo um hemisfério em apenas meia hora. Devolvem os dados dos instrumentos de monitoração que carregam, dados esses que podem produzir imagens em três faixas de ondas, incluindo a do visível. A imagem visível fornece as fotos de nebulosidade que a televisão usa para dar a previsão do tempo. A imagem desta foto de nuvens, que mostra os sistemas meteorológicos da América do Norte, foi feita pelo GOES 4, localizado sobre o oceano Pacífico.

Os astronautas da lançadeira espacial têm uma perspectiva diferente do tempo. Com filme colorido comum, a tripulação do 51-A captou esta cena teatral de nuvens cúmulos que se elevam sobre a Argentina, tingidas pelo sol poente.

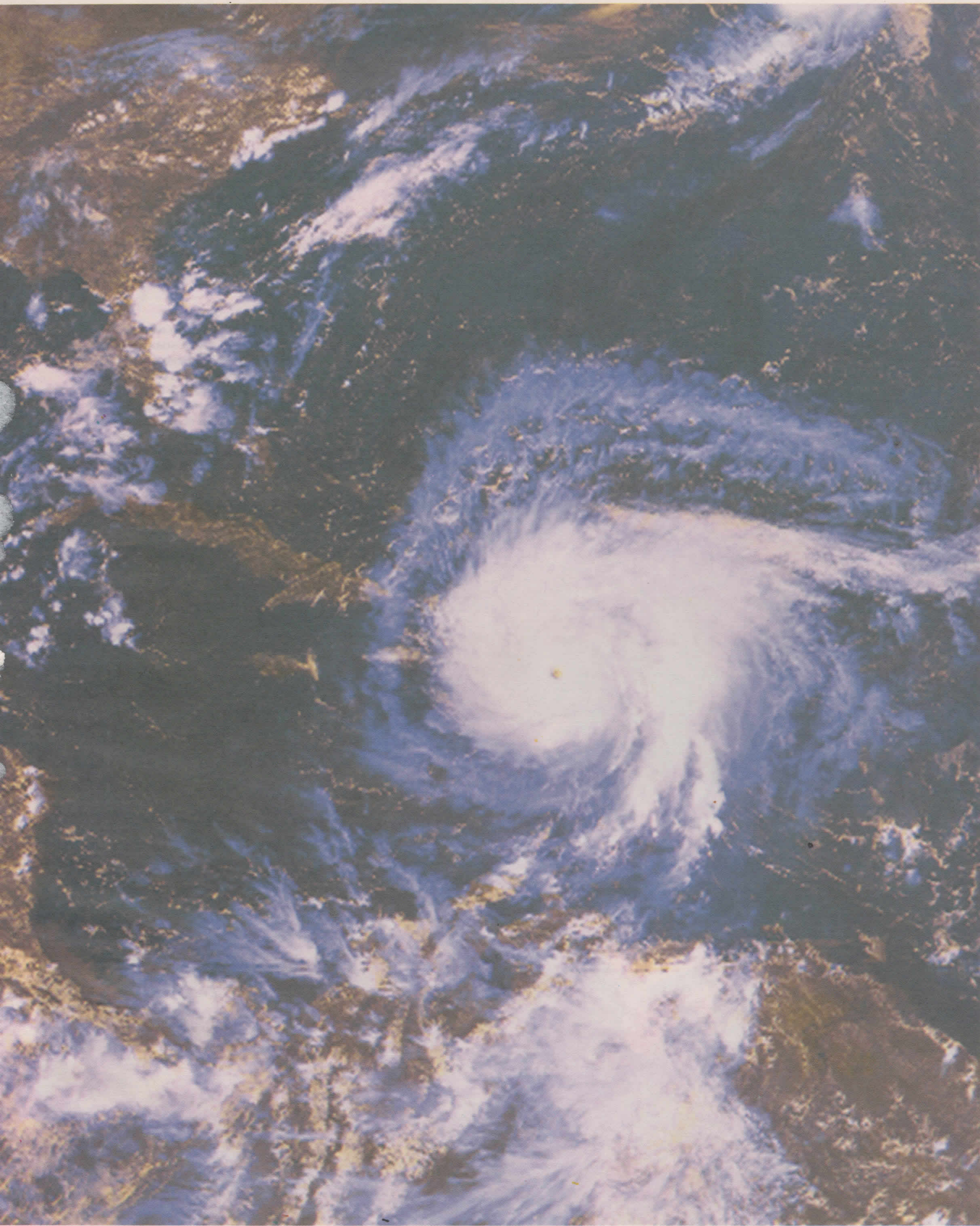


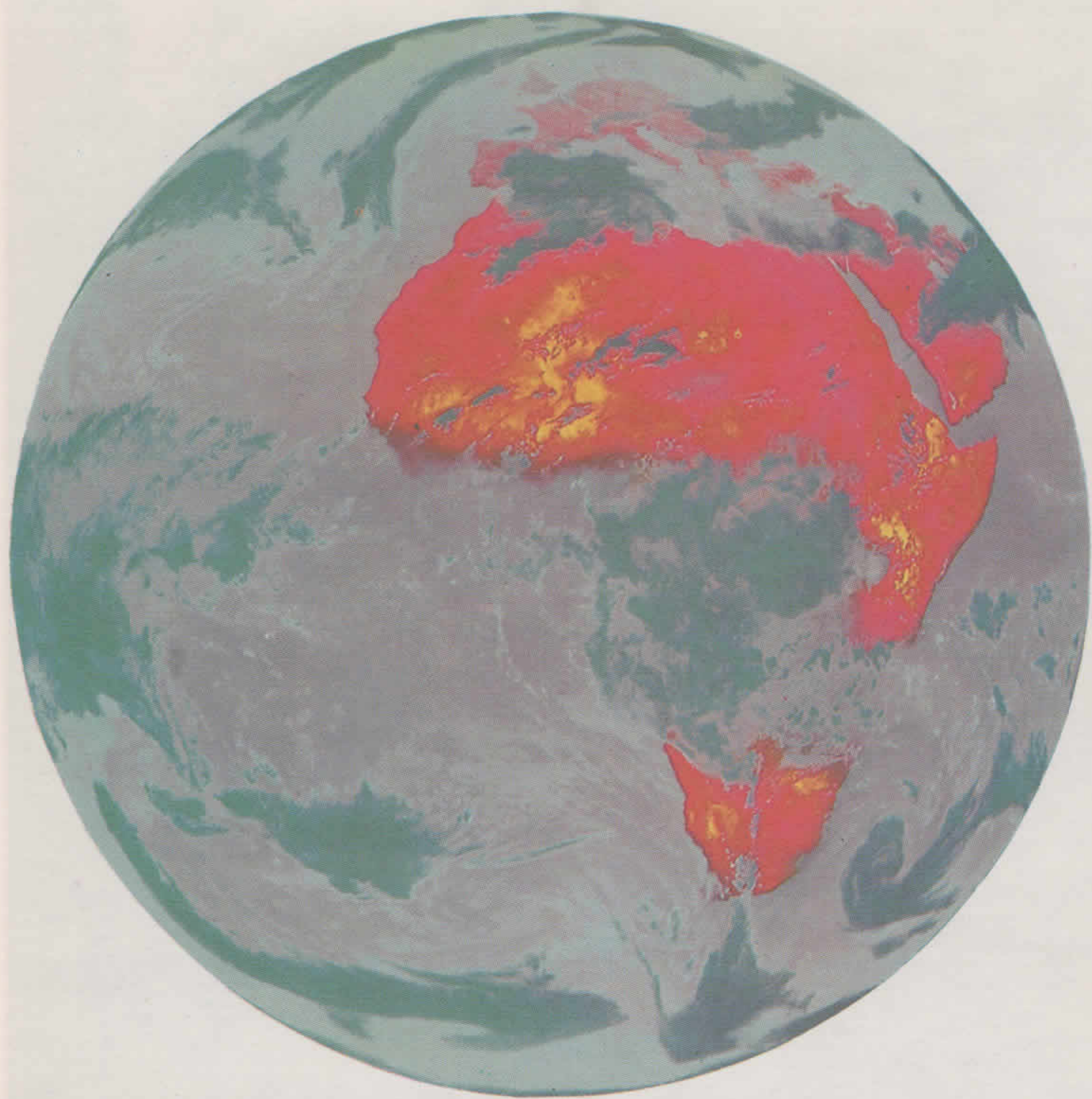


Esta imagem também foi feita pelo GOES 4 em órbita estacionária a oeste das Américas. Mostra os Estados Unidos praticamente sem nuvens, do México à fronteira com o Canadá; mas no golfo do México e no leste do mar do Caribe há centros de tempestade muito densos.

Esta vista do leste dos Estados Unidos e da região do Caribe também foi obtida a partir de dados fornecidos pelo GOES 4. Apresenta o sistema meteorológico com mais detalhes. A enorme nuvem em espiral que se vê sobre Hispaniola e Porto Rico (centro, à direita) é na verdade um furacão, o David. Foi o mais destrutivo da estação de 1979. Nesta imagem o núcleo central tem uma largura de 400 quilômetros.

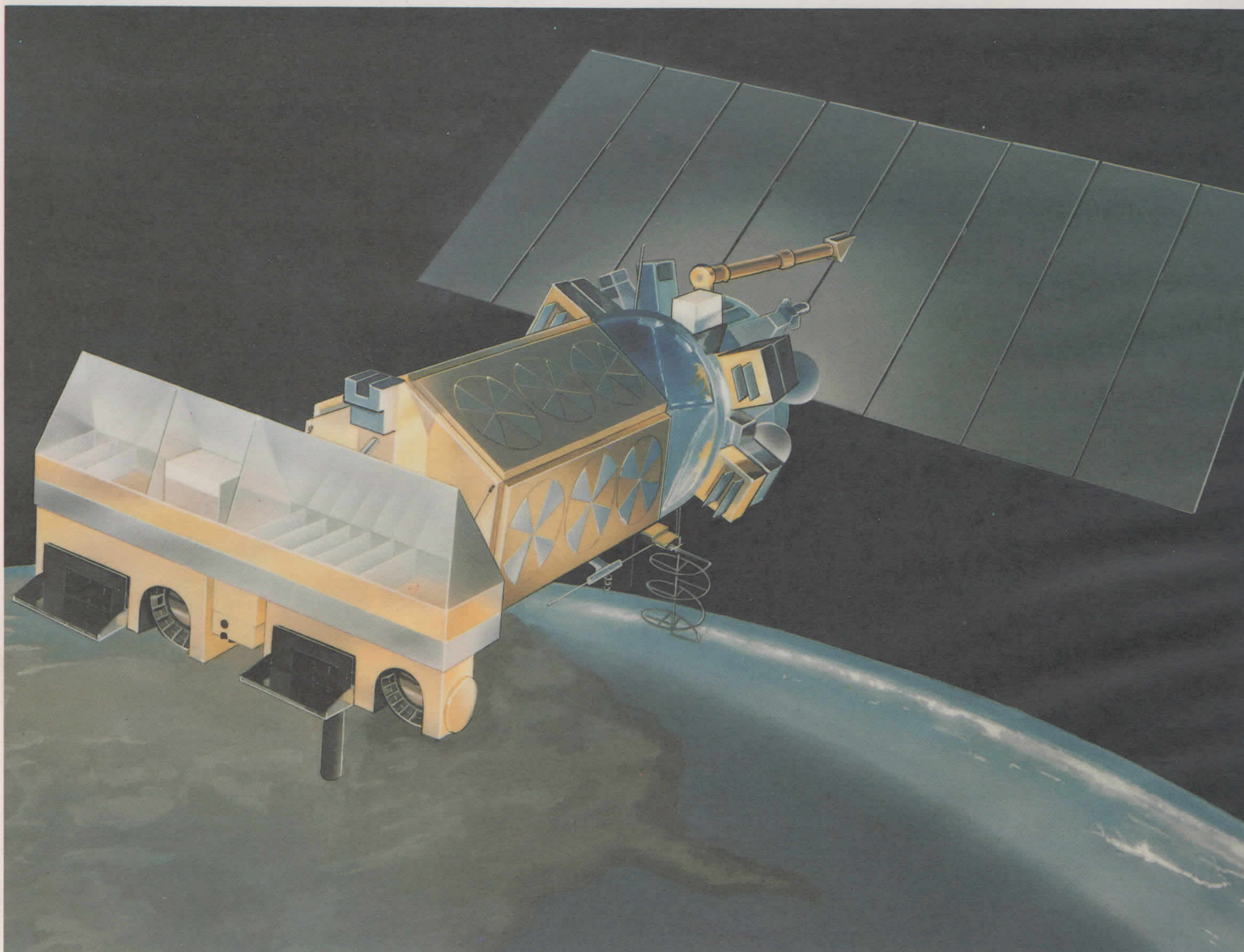






O satélite meteorológico europeu Meteosat obteve esta imagem da Europa, África e Oriente Médio em comprimentos de onda infravermelhos. A viva coloração artificial realça as massas quentes de terra. Nas páginas 8 e 9 vemos, em cores que simulam as naturais, uma imagem produzida a partir de outros dados, recebidos no mesmo instante.

Um satélite meteorológico do tipo Tiros N, que circula ao redor da Terra em órbita polar. Os Tiros N são operados pelo órgão NOAA (Administração Oceanográfica e Atmosférica Nacional Americana) e, em órbita, são indicados por números da NOAA. São equipados com uma série de instrumentos de monitoração de alta sensibilidade e têm ainda capacidade de recolher dados de plataformas meteorológicas bem afastadas. Os modelos mais recentes transportam, além disso, equipamento de monitoração das frequências de emergência de navios e aviões em dificuldades. Isso faz parte de um programa de busca e salvamento por satélite (sarsat) executado em conjunto por americanos e russos.





Entre os instrumentos existentes a bordo dos satélites meteorológicos da série NOAA está um radiômetro aperfeiçoado, de resolução muito alta (AVHRR). Esta imagem, em cores que simulam as cores naturais, foi feita a partir de dados enviados do NOAA para a Terra pelo AVHRR. Mostra o leste do Mediterrâneo sob um céu sem nuvens, como seria de se esperar na época em que a imagem foi obtida (julho). Visível na costa leste da ilha da Sicília, na ponta da “bota” italiana, está o monte Etna, vulcão de atividade regular. Na página 25, vemos uma foto do Etna feita pelo Skylab.

Catástrofe

Através de toda a história, os “atos de Deus”, como terremotos, vulcões, furacões, enchentes e secas, desabafaram sua cólera lançando a destruição sobre a humanidade. Ainda continuam a fazê-lo. Ainda hoje não conseguimos superar os nossos ancestrais, os homens das cavernas, no sentido de controlar as forças que deram forma ao nosso planeta desde sua criação. Tudo o que podemos fazer é olhar, esperar e tentar prever quando tais desastres naturais poderão nos atingir. E pouco podemos fazer quando eles ocorrem.

O sensoriamento remoto efetuado em órbita pode ser útil nos sistemas de previsão de catástrofes, especialmente no que diz respeito às condições meteorológicas. Os satélites meteorológicos localizam os pontos dos oceanos tropicais onde nascem os furacões e tufões, acompanhando sua evolução em espirais crescentes, prontos para descarregar sua fúria sobre a terra. As cidades que ficam em seu trajeto podem ser avisadas e evacuadas.

Avisos de catástrofes

Desde o início da era espacial, os avisos antecipados de catástrofes foram responsáveis pela salvação de dezenas de milhares de vidas; mas, tragicamente, alguns passam despercebidos, como aconteceu em Bangladesh, em maio de 1985. A população foi avisada da aproximação de um poderoso ciclone proveniente do mar; mas a maioria dos habitantes da região costeira não considerou os avisos, acreditando que este ciclone passaria ao largo, como havia acontecido em ocasiões anteriores. Este não se afastou. Em 24 de maio, o ciclone irrompeu com um vagalhão de 14 metros de altura. Em poucas horas, 40 000 pessoas morreram e 250 000 ficaram ao relento.

Atualmente o sensoriamento remoto não pode ajudar a prever a ocorrência de terremotos e a erupção de vulcões, mas fornece aos geólogos uma visão muito melhor da estrutura das rochas existentes nas zonas de perigo, o que também permite que haja uma melhor compreensão daqueles fenômenos.

O monte St. Helens

Isso ficou vividamente demonstrado depois da erupção, de vários megatons, do monte St. Helens, no Estado de Washington, em 18 de maio de 1980. Naquele dia, o pico cônico da montanha, com seu aspecto de foto de cartão-postal, partiu-se estrondosamente, libertando nuvens crescentes de cinza quente que penetraram 20 quilômetros no ar. Caiu uma chuva de pó de vários centímetros de espessura num raio de centenas de quilômetros, soterrando 9 500 quilômetros de estradas. Morreram 57 pessoas, soterradas por deslizamentos de lama, queimadas pelas cinzas quentes ou sufocadas pela fumaça.

As fotografias das próximas páginas mostram os efeitos da devastação. Alguns dias antes do quinto aniversário da erupção de 1980, começou a aparecer na cratera do monte St. Helens uma protuberância agourenta, mostrando que o monte continua bem vivo.

O castigo de Nêmesis

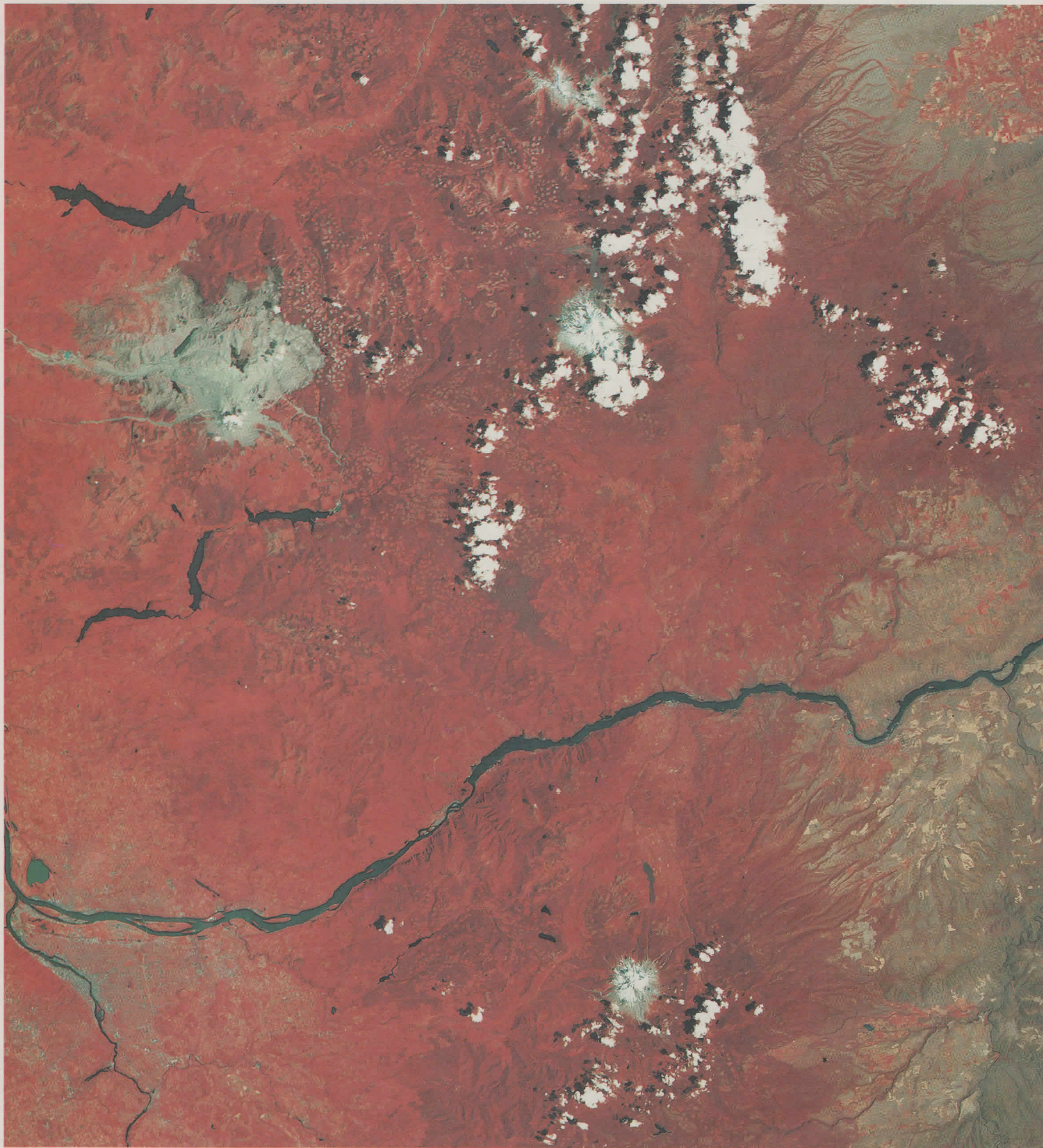
As imagens do Landsat também apontam fatos cataclísmicos naturais que tiveram origem fora deste mundo. Mostram como, há milhares de anos, gigantescos meteoritos, cometas ou asteróides colidiram com a Terra. A cratera mais famosa provocada pelo impacto cósmico é a cratera do Meteorito, no Arizona.

Apesar da largura de 1 200 metros, sua dimensão é diminuída pela proximidade de outras crateras antigas que há muito tempo se formaram e passaram a fazer parte da paisagem. Dentre elas, a que causa impressão mais forte é a cratera do Manicouagon, no Canadá, bem ao norte da foz do rio São Lourenço. Tem 40 quilômetros de largura. Imagine a destruição que se seguiu a um impacto desses numa metrópole moderna.

No dia 18 de maio de 1980 uma explosão de potência quinhentas vezes superior à da bomba atômica de Hiroxima destruiu 400 metros do pico do monte St. Helens, no Estado de Washington, nos Estados Unidos. Esse vulcão, adormecido havia muito tempo, foi o primeiro a entrar em erupção na parte continental do Estados Unidos desde que o monte Lassen se tornou ativo, em 1914. Os dois vulcões ficam na cordilheira da Cascata, que se estende por mais de 1 100 quilômetros, do norte da Califórnia à Columbia Britânica. A NASA tomou parte ativa na monitoração da erupção e de suas conseqüências usando aviões, veículos espaciais e balões.





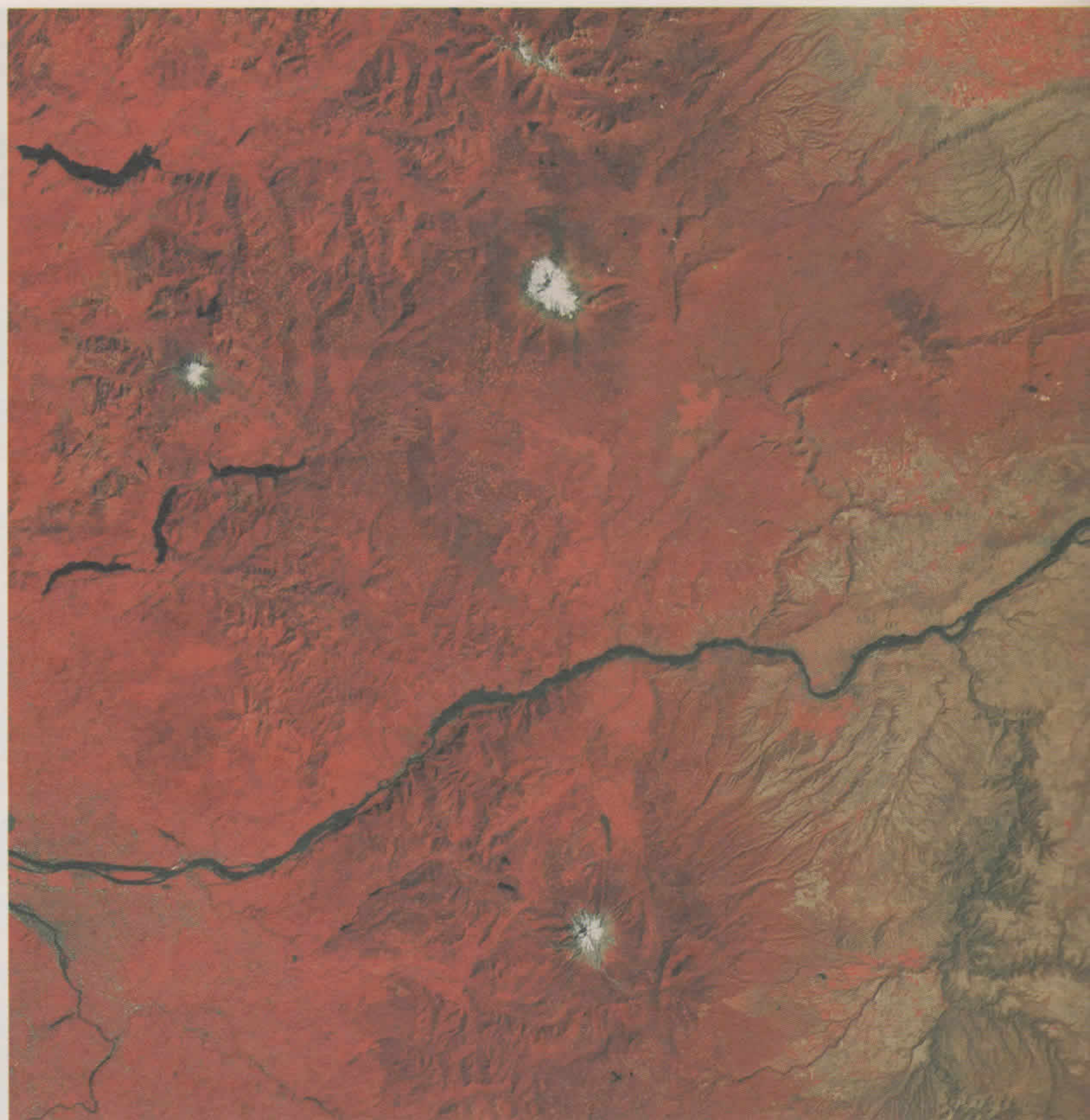


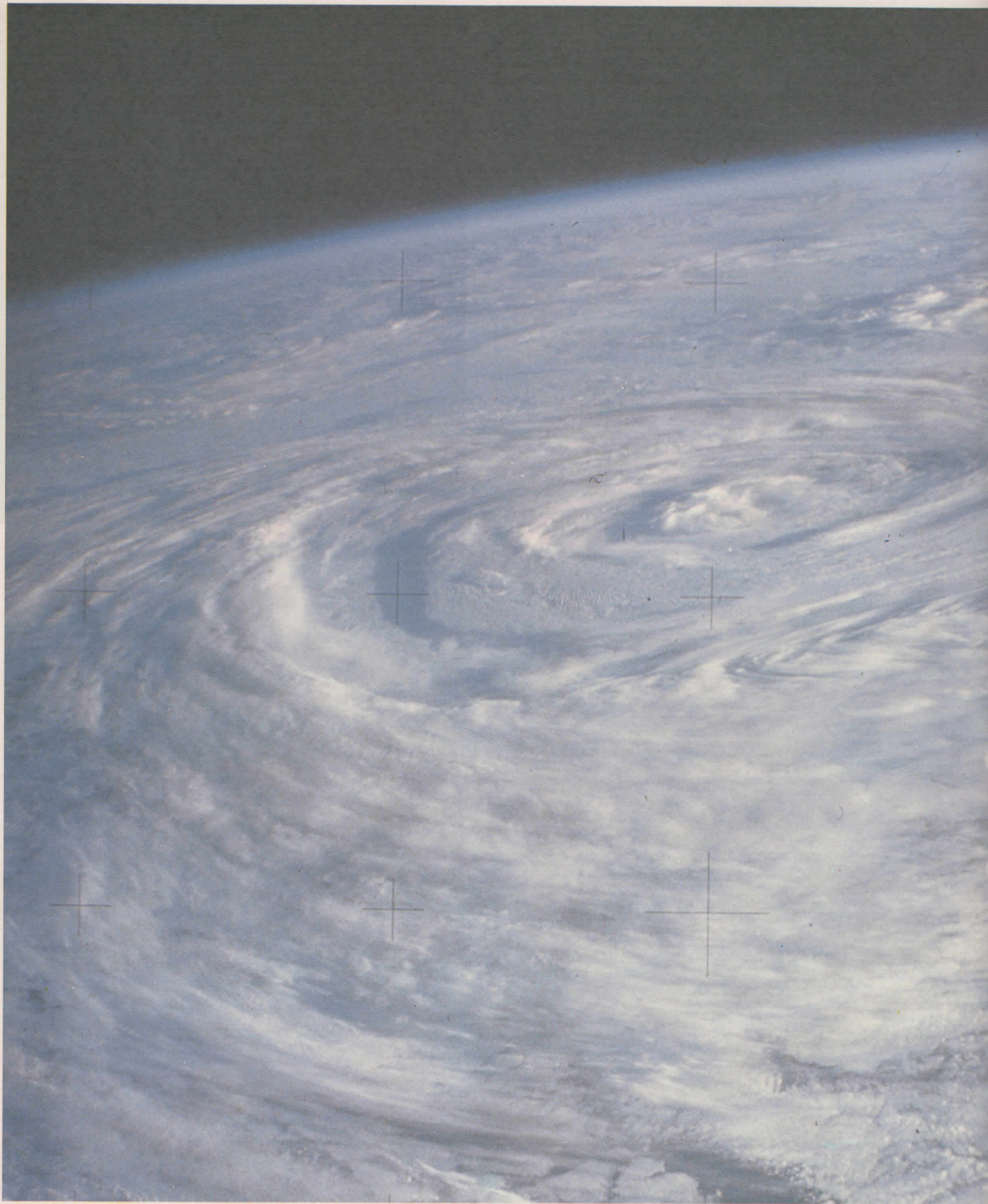
Esta vista do Landsat, cuja imagem foi feita catorze meses após a erupção do monte St. Helens, mostra a destruição causada em 1980. A zona rural que circunda a montanha está coberta por uma espessa camada de cinzas e as águas que corriam pela encosta foram sufocadas pelas cinzas. O que um dia havia sido o lago dos Espíritos, logo ao norte da cratera, é agora uma enorme poça de lama. Durante a erupção, as cinzas foram sopradas para noroeste e caíram como uma neve suja sobre as cidades por onde passaram. Um dos lugares que mais sofreram foi Yakima (em cima, à direita), onde, ao meio-dia de 18 de maio, o dia tornou-se noite.

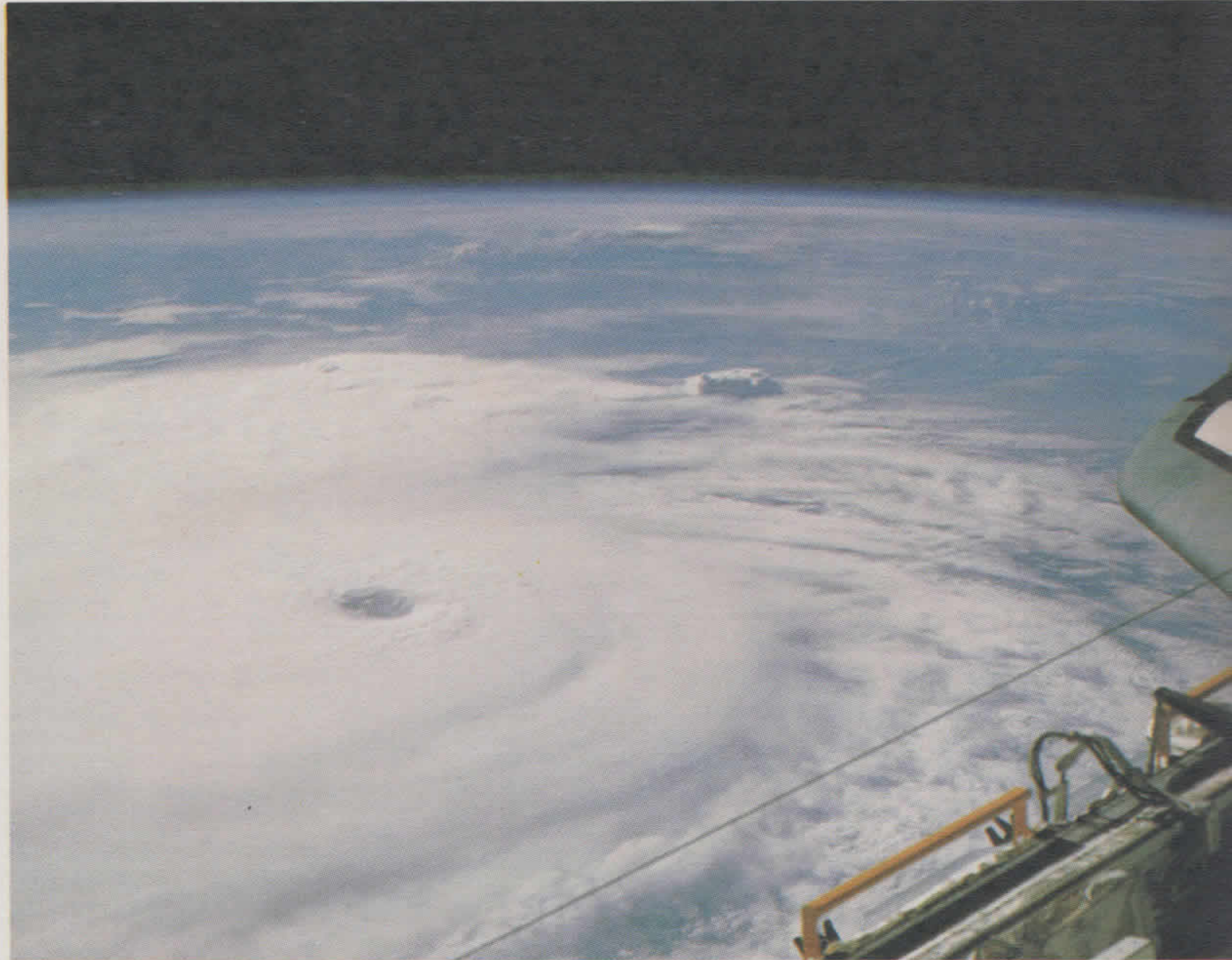
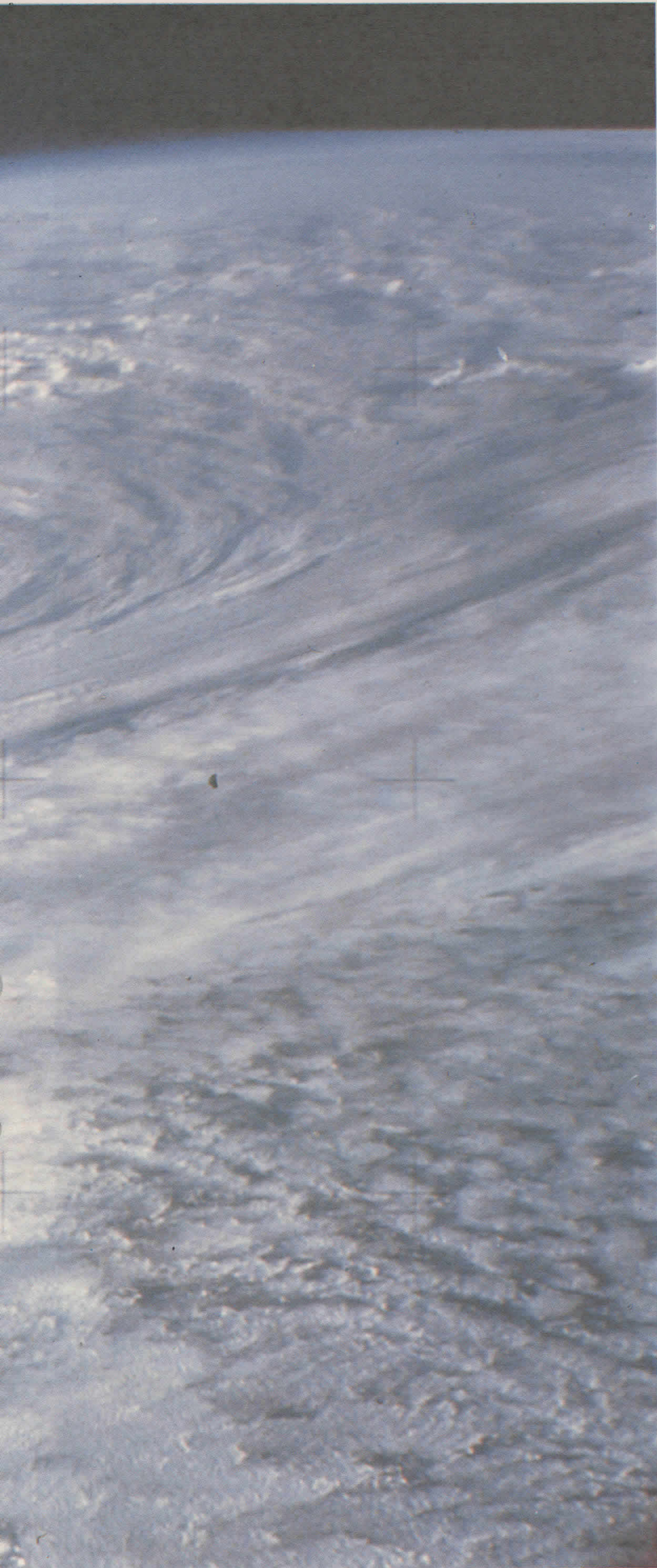
Algumas teorias recentes sugerem que dentro em breve, em termos geológicos, poderemos estar sujeitos a outro ataque proveniente do espaço, provavelmente dentro de cerca de 13 milhões de anos. Esse ataque seria acionado por uma estrela companheira do Sol, ainda não descoberta, chamada Nêmesis. Ela perturbaria a nuvem de cometas que se acredita haver nos limites externos do sistema solar e os arremessaria contra o Sol. A Terra e os outros planetas sofreriam um bombardeio mortal, que causaria a extinção de várias espécies e talvez até a da espécie humana.

Em setembro de 1979, este era o aspecto da região do monte St. Helens, na cordilheira da Cascata. A montanha está localizada em cima, à esquerda; o monte Adams fica à direita e o monte Hood, próximo à parte inferior. Atravessando a foto está o rio Columbus, que constitui a fronteira com o Estado do Oregon. A cidade de Portland fica na parte inferior, à esquerda.

Vista aérea do monte St. Helens, apenas um mês depois da erupção; foi tirada a 18 000 metros de altitude, pela NASA. Sobre a cratera ainda paira uma mortalha de vapor de água. Dentro das zonas cobertas de cinzas não há sinais de vegetação, que, nessa época do ano, teriam aparecido na cor vermelha. É interessante observar agora a imagem obtida pelo Landsat mais de um ano depois. Podemos ver manchas vermelhas aparecendo no cinza das encostas mais baixas, o que indica que a natureza está se restabelecendo, lentamente mas com certeza.





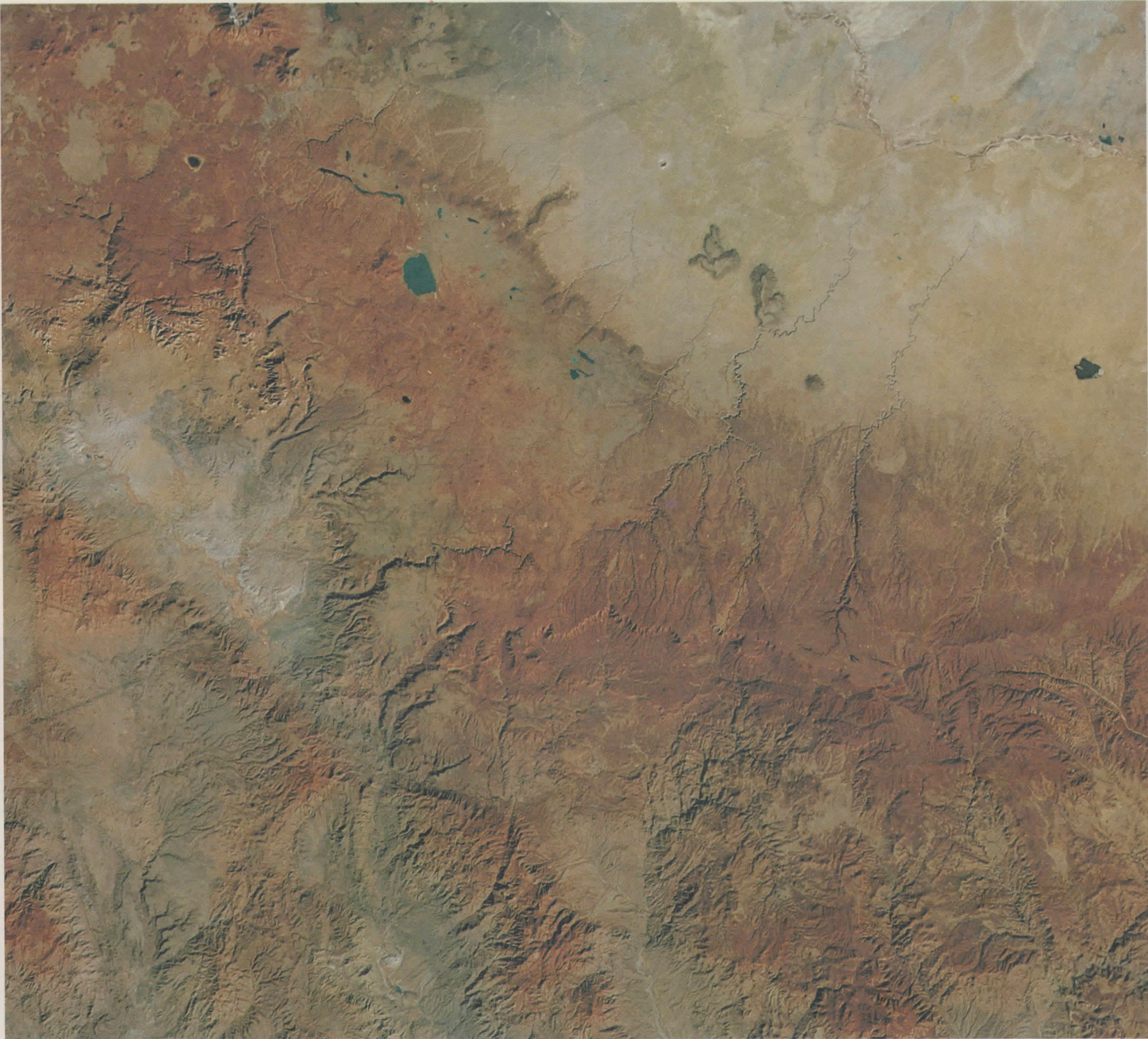


A vista dos sistemas meteorológicos destruidores obtida pelos astronautas da lançadeira espacial também é algo fascinante. Durante a missão 51-A os astronautas descobriram este ciclone atuando sobre as ilhas Marianas, no Pacífico norte. Na Terra, os meteorologistas deram-lhe o nome de tufão Bill. Observe o “olho” bem pronunciado, ao redor do qual os ventos ficam espiralando.



Tendo sofrido a força total da fúria de um furacão, estas casas de madeira da costa do golfo do México, no Texas, jazem agora em ruína total.

Os astronautas do Skylab fotografaram esta gigantesca tempestade tropical que atingiu o Pacífico sul em 1973. Devido ao ângulo baixo do Sol, esta foto em cores naturais parece quase tridimensional. O efeito de relevo é causado por nuvens de tempestades, cúmulos-nimbos que se erguem penetrando numa camada de nuvens cirros altas.



Esta imagem do MSS do Landsat mostra algumas das interessantes terras do Canyon do centro do Estado do Arizona, entre Flagstaff (em cima, à esquerda) e Phoenix (saindo da foto, à esquerda); mas o aspecto mais digno de nota é, sem dúvida, a enorme cratera circular que vemos logo abaixo do centro. É a famosa cratera do Meteorito do Arizona, resultado de um bombardeio feito por um bloco gigantesco de pedra proveniente do espaço cósmico, provavelmente há mais de 25 000 anos. Se um meteorito tão grande como esse atingisse uma região povoada, a devastação causada seria imensa e poderia matar milhões de pessoas.

Vista aérea da cratera do Meteorito do Arizona, que mostra como ela está bem conservada, levando-se em conta a idade. A cratera tem cerca de 1 200 metros de largura e uma profundidade de 175 metros. A NASA também tem uma ligação com esse local, pois os astronautas da nave Apolo fizeram seus treinos na cratera, preparando-se para os passeios a pé que iriam fazer na Lua, já que essa cratera tem semelhanças com uma cratera lunar característica.

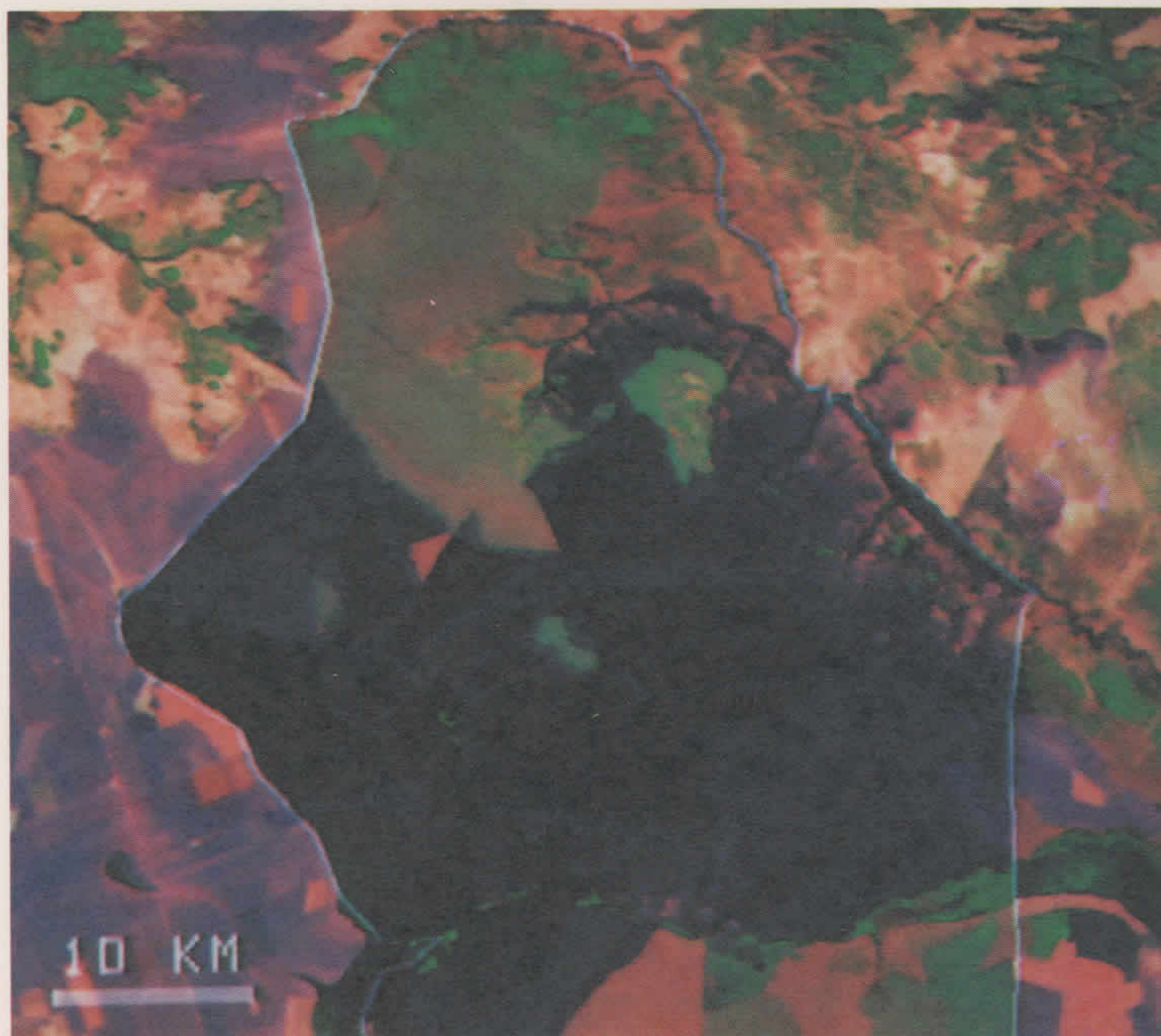


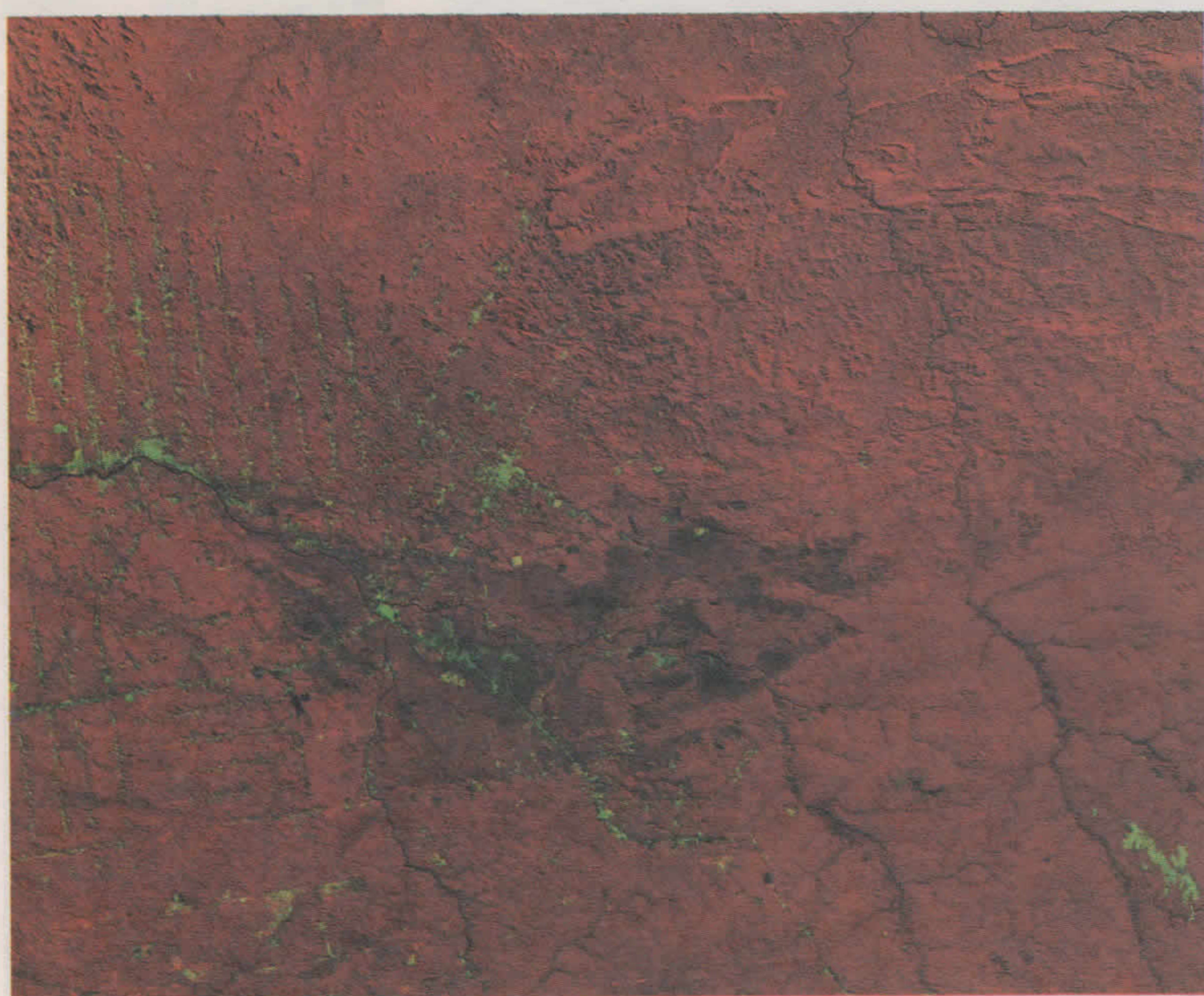
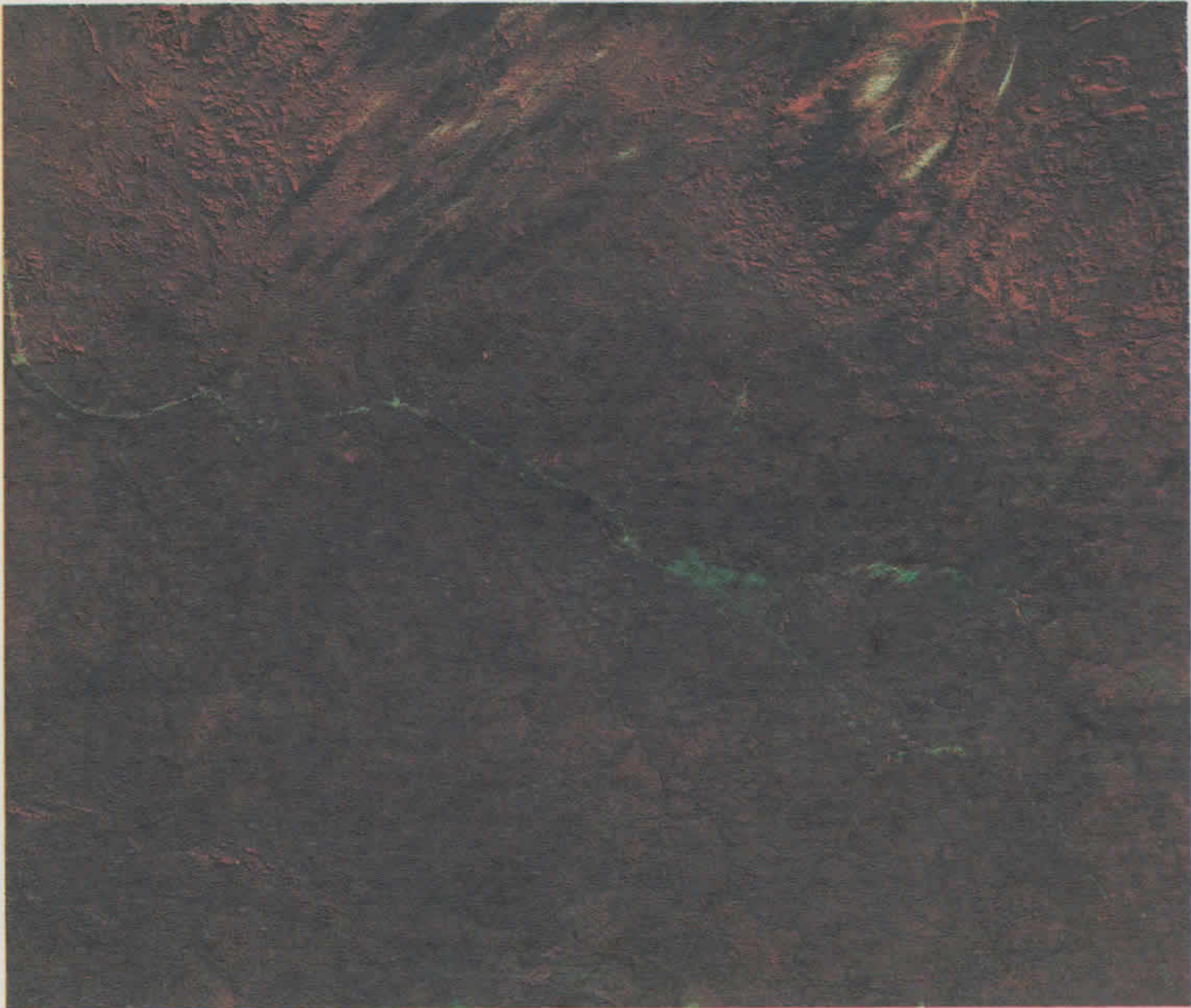


Identificação e monitoramento de queimadas por satélite

1) Parque Nacional de Brasília durante o incêndio de 1985. Este parque, localizado na região periférica de Brasília, teve mais de 50 por cento de sua área destruída. Pode-se perceber o rastro da fumaça (branco) e as frentes de fogo (amarelo). A área em negro indica a parte já queimada.

2) Parque Nacional das Emas (fronteira de MS/GO) após o incêndio ocorrido em 1988. Esta imagem foi tomada em 14-8-88, seis dias após o incêndio que destruiu mais da metade da área do parque (área destruída em negro).



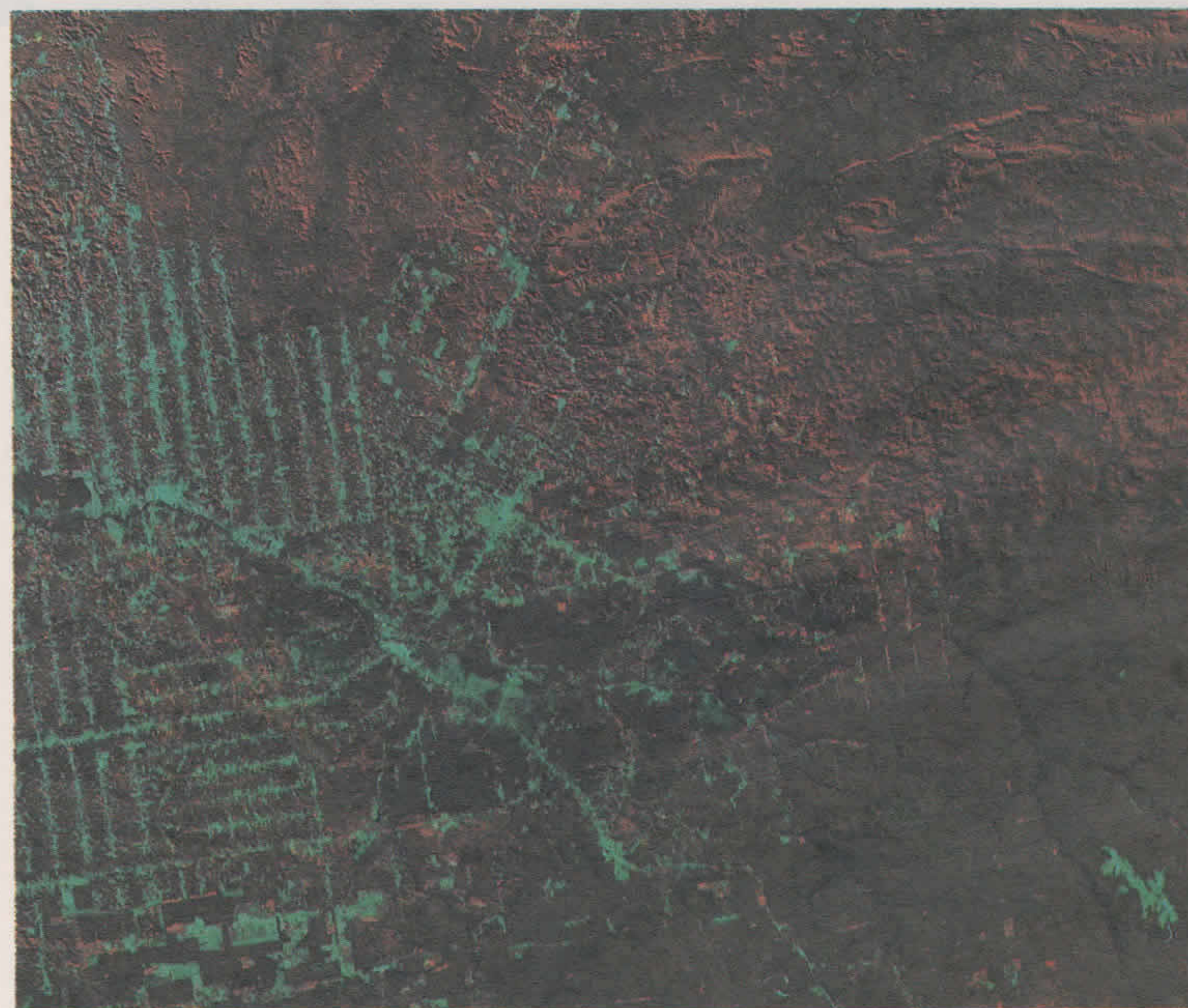
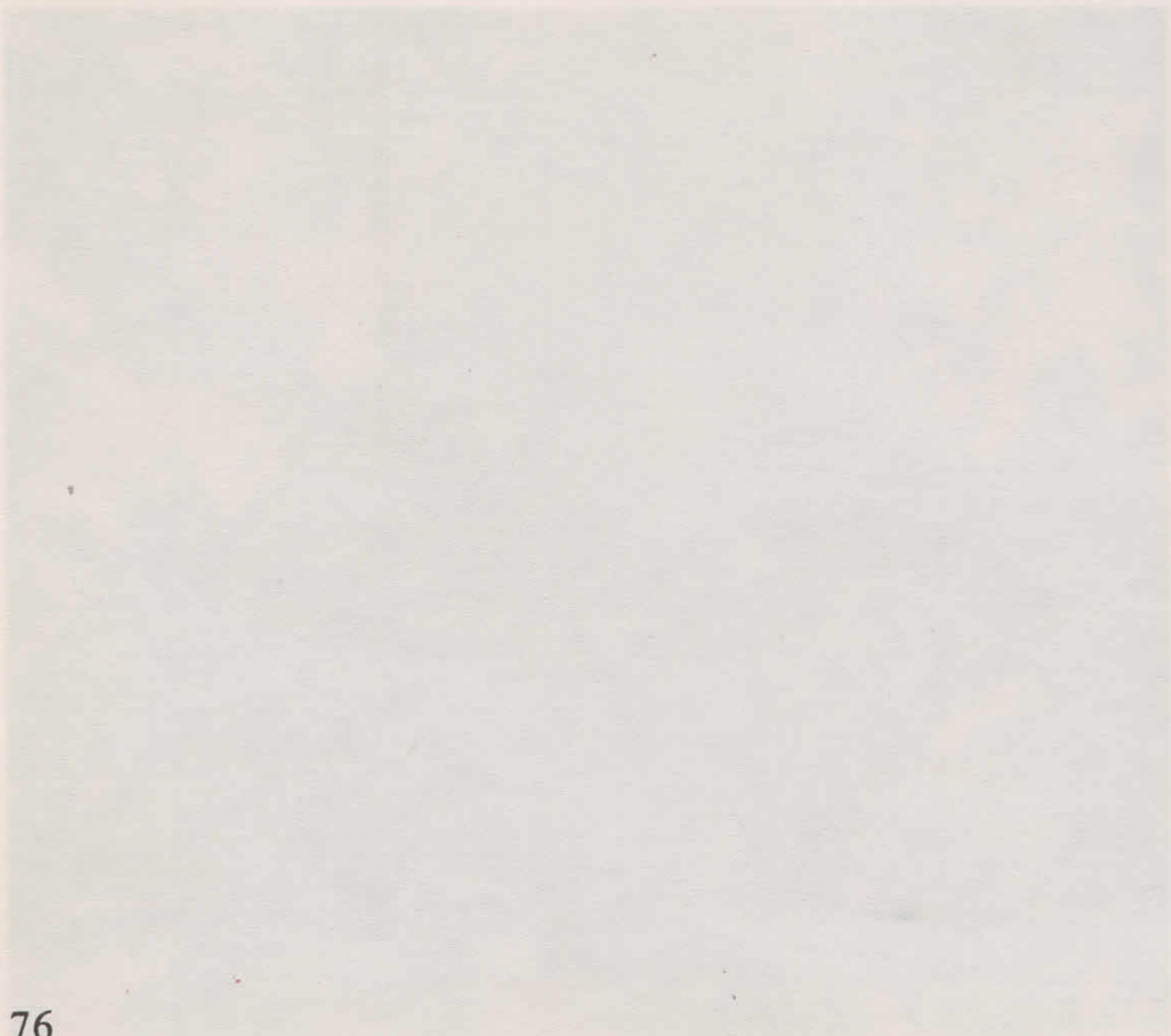


Nestas tomadas podemos perceber como se deu a ocupação e o desmatamento de Rondônia, na região cortada pela BR364 (Cuiabá-Porto Velho), na altura da cidade de Vilhena, de 1973 a 1987.

A primeira foto (julho de 1973) apresenta a região ainda pouco ocupada, percebendo-se a BR364 cortando solitária a mata nativa (em vermelho).

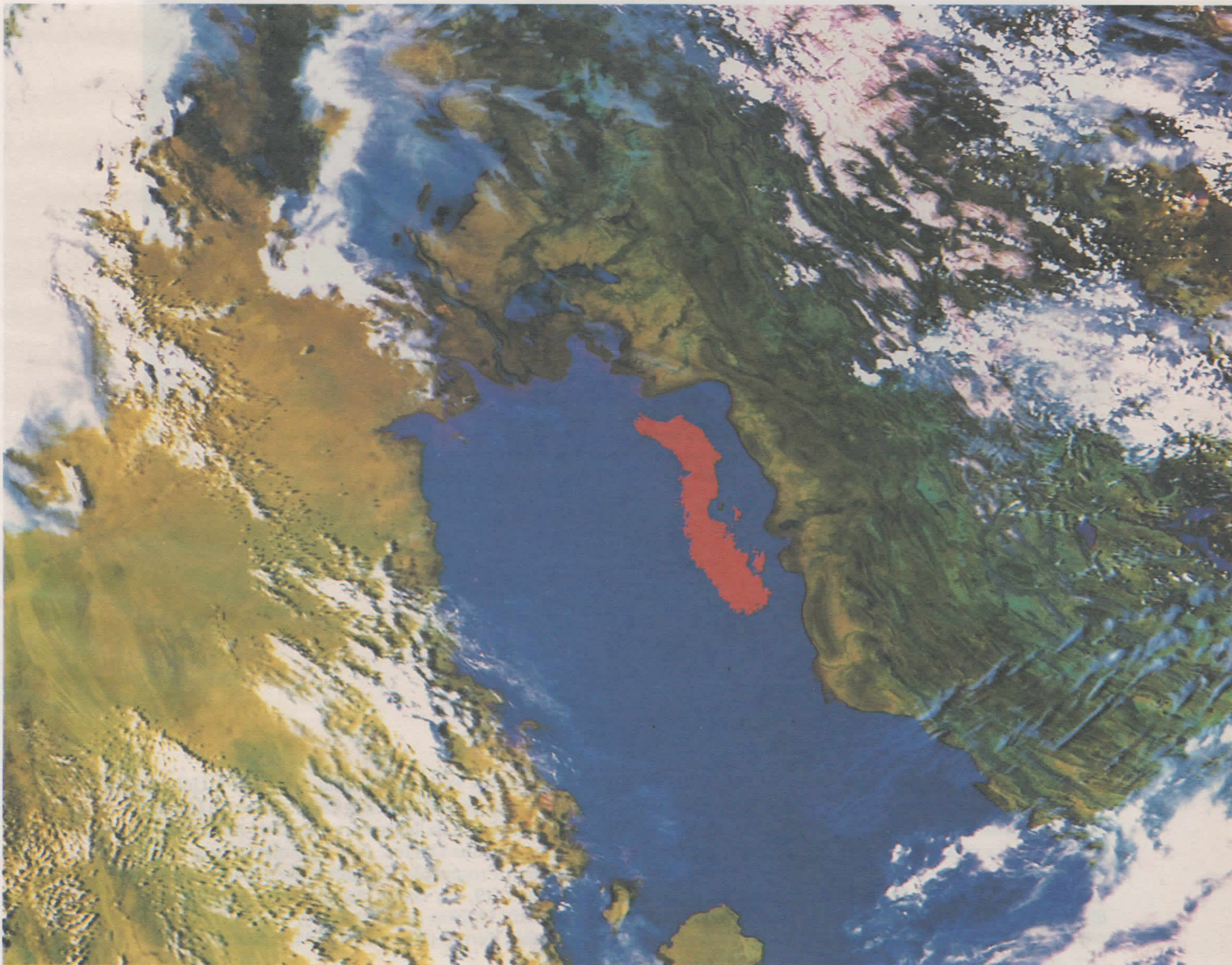
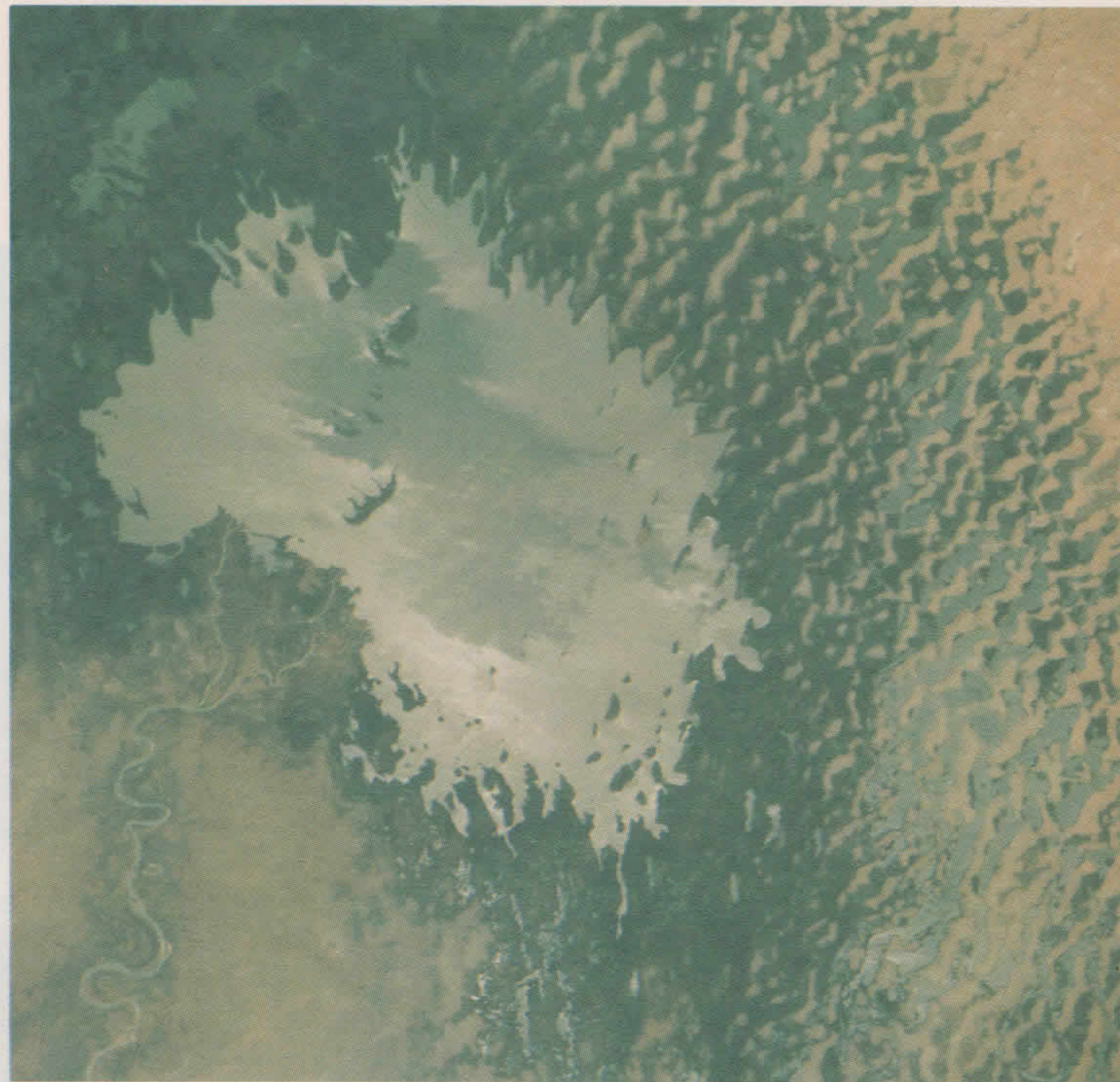
Na segunda tomada (julho de 1981) já é visível o desmatamento (área clara) a partir da rodovia, num padrão radial de ocupação conhecido como “espinha de peixe”.

Por último, a região tal como se apresentava em julho de 1987, quando a área desmatada (clara) já havia aumentado consideravelmente.



Uma das calamidades permanentes da África é a seca, tendo o Sudão e a Etiópia sofrido muito nos últimos tempos, pois as chuvas sazonais não ocorreram, ano após ano. Essa falta da preciosa água pode ser monitorada do espaço, acompanhando a redução gradual do tamanho dos lagos e dos reservatórios. Em 1984, os astronautas da lançadeira espacial, na missão 41-C, tiraram esta foto do lago Chad. As estimativas colocavam essa área na faixa de 2 600 quilômetros quadrados, mas, quando o lago foi fotografado pelos astronautas do Gemini 7, em 1965, verificou-se que media no mínimo sete vezes esse valor.

Entre as catástrofes que nos afligem, provocadas pelo homem, a poluição do mar por petróleo é a que está se tornando mais comum, em detrimento da vida praiana e costeira. Calcular a extensão de um vazamento de petróleo de um petroleiro ou de um poço de petróleo situado perto da praia é outra tarefa que pode ser executada por um satélite em órbita, processando-se adequadamente os dados fornecidos por ele. Esta foto mostra (em vermelho) o vazamento de petróleo do campo próximo da praia de Nowruz, no Irã, no golfo Pérsico, em 1983. No início do ano, foram danificados três poços: um, por uma tempestade, e dois, por navios de combate do Iraque. A imagem foi obtida processando-se os dados do AVHRR do NOAA 7.





Este mapa em relevo dos oceanos do mundo mostra um perfil, não do fundo do mar, como se poderia pensar, mas da superfície do oceano! Parece incrível, mas o mapa mostra que a superfície do oceano realmente afunda nas regiões em que há fossas profundas no fundo do mar. O mapa foi preparado a partir dos dados enviados à terra por um satélite notável chamado Seasat.

Créditos de fotografias

O autor e os editores agradecem ao Centro de Dados EROS, de Sioux Falls, no Dakota do Sul, e à Unidade de Sensoriamento Remoto (RAE Farnborough, Inglaterra), por terem processado os dados das imagens do Landsat incluídas neste livro. À NASA, por fornecer as imagens do SIR, do Skylab e da lançadeira espacial. A fotografia aérea foi feita pela NASA e pelo órgão de Prospeção Geológica dos Estados Unidos. Aos seguintes grupos e pessoas que forneceram outras fotos: Aldus Archive/BPCC (27, em cima); Prospeção Geológica dos Estados Unidos (27, centro, à direita); Biblioteca de Cores do jornal *Daily Telegraph* (29, em cima); Agência Espacial Européia (ESA) (8, 9, 66, em cima); Centro de Dados EROS (11, 12, 13, embaixo); Hughes Aerospace (10, 62, em cima, à direita, 63, em cima); The Image Bank, Alvis Upitis (73, embaixo); Robin Kerrod (30, embaixo, 74, embaixo); Biblioteca de Fotos Científicas (SPL) (47, em cima, 68-69).

Círculo do Livro S.A.
Caixa Postal 7413
01051 São Paulo, Brasil

Edição integral
Título do original: "NASA views of Earth"
Copyright © Multimidia
Publications (UK) Ltd. 1985

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida ou transmitida em qualquer forma por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, inclusive por cópia xerográfica ou gravação, ou por qualquer outro sistema de banco de dados, sem a permissão por escrito dos editores e da proprietária dos direitos.

Tradução: Yara Forneris
Capa: layout de Natanael Longo de Oliveira

Licença editorial para o Círculo do Livro
por cortesia de Multimidia Books Limited

As imagens das páginas 39, 40, 53, 54, 75 e 76, exclusivas da edição brasileira, foram gentilmente cedidas pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), através de sua Diretoria de Sensoriamento Remoto/Coordenadoria de Orientação Técnica em Sensoriamento Remoto. Essas imagens foram obtidas a partir dos satélites Landsat 2 e Landsat 5 e produzidas no Departamento de Geração de Imagens (DGI), em Cachoeira Paulista (SP).

Venda permitida apenas aos sócios do Círculo

Composto pela Linoart Ltda.
Impresso e encadernado pelo Círculo do Livro S.A.

2 4 6 8 10 9 7 5 3 1

89 91 93 92 90

