

Brasil cria satélite para fotografar Amazônia

Novas técnicas de sensoriamento remoto aperfeiçoam avaliação do território

Muda a órbita, o sensor e o sistema de transmissão de dados. São estas as principais alterações introduzidas na nova concepção dos satélites de sensoriamento remoto (SSR), que serão fabricados pelo Brasil para gerarem imagens das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste – justamente aquelas que nas últimas décadas sofrerão as mais profundas modificações em função da presença do homem. Rotas de mineração, estradas, avanços da agricultura e da pecuária e, é claro, as queimadas, serão o alvo principal do projeto, já que as informações obtidas até agora pelos satélites Landsat e Spot não atendem às necessidades de avaliação. O SSR operará com uma altíssima frequência temporal, permitindo detalhamentos nunca antes registrados.

Quando se diz que o Brasil é um país de dimensões continentais, não é força de expressão. São mais de oito milhões de quilômetros quadrados de extensão territorial, a maior floresta tropical do planeta, o maior volume de água doce e uma diversidade fantástica de ambientes e recursos naturais. Mas seus múltiplos recursos naturais ainda são pouco conhecidos, porque a extensão territorial e complexidade dos processos ecológicos dificultam o aprofundamento no conhecimento dos diversos ambientes.

O estudo e o monitoramento de processos, fenômenos e atividades de grande escala exigem visão global do território. Nem sempre observações feitas no local dão a visão necessária para tais estudos. Por isso, os satélites de observação da Terra (chamados satélites de sensoriamento remoto) têm prestado significativa contribuição para a coleta de dados sobre os recursos naturais do planeta.

O Brasil entrou relativamente cedo na era espacial: foi um dos primeiros países a receber, de modo regular, as imagens do primeiro satélite americano da série Landsat desde o início da década de 70. A técnica de sensoriamento remoto passou a ser usada por diversas universidades, centros de pesquisa governamentais e empresas privadas em todo o território. Desde então, a diversificação das características dos novos satélites e sensores levou seus dados ao mundo inteiro. Do ponto de vista das aplicações, o que caracteriza as imagens de sensoriamento remoto são as resoluções temporal, espectral e espacial, as quais, por sua vez, são definidas pelas características dos satélites e dos sensores. Entretanto, o aperfeiçoamento de uma das resoluções quase sempre implica em perdas nas outras, e em cada caso deve-se definir o que é prioritário.

A *resolução temporal* depende do intervalo entre duas passagens sucessivas do satélite sobre uma mesma faixa de terreno. O fator determinante é a largura da faixa de imageamento. A dos satélites Landsat e Spot é estreita e por isso sua resolução temporal é baixa, respectivamente de 16 e 26 dias. Ou seja, pode-se obter uma imagem Landsat a cada 16 dias sobre uma mesma faixa com 185 km de largura. O satélite francês Spot, embora tenha resolução temporal de 26 dias, pode obter imagens com resolução temporal de até quatro dias, através de uma série de visadas laterais do sensor. Isso compromete, contudo, a obtenção de imagens na visada vertical, cuja faixa de imageamento é de 120 km. Os satéli-

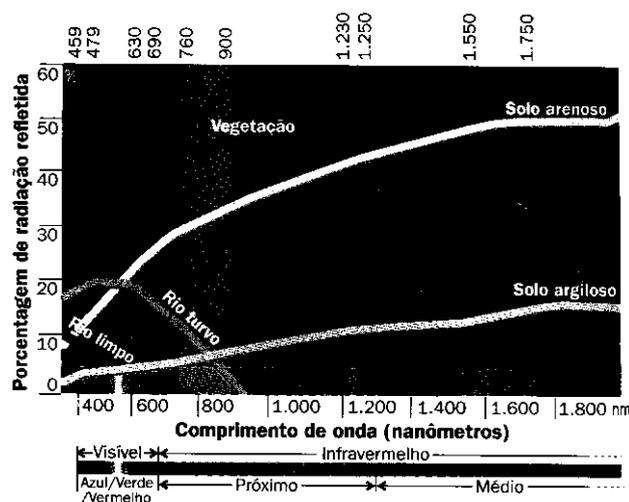


Figura 1. Variação da quantidade de radiação refletida por diferentes objetos em função do comprimento de onda.

tes americanos da série NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) foram originalmente projetados para fins meteorológicos, com o sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), mas suas imagens têm sido amplamente utilizadas no monitoramento regional e global de coberturas vegetais. As imagens do AVHRR têm alta resolução temporal (diária no período diurno) sobre uma faixa de 2.700 km. Os satélites europeus da série ERS têm resolução temporal de 35 dias e um sensor que opera na faixa das microondas.

A *resolução espectral* diz respeito ao número e à largura das bandas ou faixas espectrais de um sensor. Semelhantes a um prisma, que separa a luz branca nos seus diversos componentes de cores (componentes espectrais), os sensores têm dispositivos que captam a radiação em diversas faixas do espectro eletromagnético. Quanto maior o número de bandas espectrais, maior a capacidade de discriminar os objetos pela quantidade de radiação refletida, ou emitida, em diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético. A figura 1

mostra a variação da quantidade de radiação refletida por diferentes objetos em função do comprimento de onda. Os satélites em geral possuem sensores com quatro a oito faixas espectrais. Dentro de 10 anos, prevê-se o lançamento de satélites com sensores de mais de 30 faixas espectrais.

A *resolução espacial* é dada pela capacidade do sensor de obter imagens de objetos de dimensões muito reduzidas. Ela varia conforme o tipo de sensor: no MSS (Multispectral Scanner Subsystem), transportado pelos satélites da série Landsat, é de 57 x 70 m; no TM (Thematic Mapper), dos Landsat 4 e 5, é de 30 x 30 m; no AVHRR, transportado pelo satélite NOAA, varia de 1,1 x 1,1 km, na faixa central de imageamento, até 6 x 6 km, nas bordas da imagem; no HRV (High Resolution Visible), do satélite Spot, pode chegar a 10 x 10 m. Para uso civil estão sendo projetados sensores orbitais com resolução espacial próxima a 1 x 1 m.

O Brasil e os Satélites Existentes

Até hoje, o Brasil tem tido pouca influência na definição das características dos satélites de sensoriamento remoto. Quem as define são as comunidades científicas dos países responsáveis pela construção dos satélites e de seus sensores. Isso não quer dizer que seus dados não sejam adequados às nossas necessidades. Pelo contrário, é graças a eles que o Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em São José dos Campos (SP), junto com diversas outras instituições, tem gerado grande quantidade de informações nas mais diversas áreas de levantamento, avaliação e monitoramento dos recursos naturais.

Contudo, os dados dos satélites de sensoriamento remoto ainda apresentam limitações de uso, sobretudo quando nuvens impedem a obtenção de imagens da superfície terrestre. Isso só não ocorre quando se usa o radar. A maioria das imagens de sensoriamento remoto é obtida nas faixas de comprimento de onda do visível e do infravermelho, onde as nuvens funcionam como anteparos entre o sensor e a superfície terrestre. Assim como não enxergamos o azul do céu num dia nublado, um sensor operando na faixa do visível e infravermelho também obterá imagens das nuvens e não da superfície terrestre. Uma alternativa é obter imagens com alta resolução temporal, para aumentar a chance de ter imagens sem nuvens.

A Saída Brasileira

No final dos anos 70 foi concebido o programa Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), que previa a construção de dois satélites de meteorologia e dois de sensoriamento remoto, além de um sistema de lançamento de satélites – o Veículo Lançador de Satélites (VLS) e a Base de Lançamentos de Alcântara, no Maranhão. A construção dos satélites e a definição do equipamento a bordo caberiam ao INPE, enquanto o VLS e a base de lançamento ficariam com o

Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA). A execução do programa teve altos e baixos ao longo dos anos. Mas em 9 de fevereiro de 1993 foi lançado com êxito o primeiro Satélite de Coleta de Dados (SCD-1), ainda em operação. O segundo – SCD-2 –, deve ser lançado em 1996.

A concepção dos satélites de sensoriamento remoto do programa MECB foi definida no final da década de 80. Inicialmente planejava-se que eles transportariam o sensor Wide Field Imager (WFI), capaz de obter imagens em uma ampla faixa de terreno e, assim, gerá-las com alta resolução temporal, cobrindo todo o território brasileiro a cada quatro dias, com resolução espacial de 260 x 260 m, ou seja, intermediária às resoluções dos sensores a bordo do Landsat e do NOAA. Tais características beneficiam sobretudo os estudos relacionados à dinâmica da cobertura vegetal, cuja importância é cada vez maior no cenário das mudanças globais.

Desde o final da década de 80, o Brasil está envolvido com a China num programa espacial denominado China-Brazil Earth Resources Satellites (CBERS) para construção de dois satélites de sensoriamento remoto bem mais sofisticados que os da MECB, com características científicas e comerciais semelhantes às dos Landsat e Spot. Durante uma das revisões do programa espacial CBERS, foi decidido que o sensor WFI deveria integrar os equipamentos a bordo do satélite CBERS. Isso levou a uma recente reavaliação da missão de sensoriamento remoto da MECB.

A crescente importância da região amazônica nos processos de mudanças globais, somada à dificuldade para obter informações que permitam monitorá-la de forma sistemática, levou à redefinição do SSR da MECB. Como a principal dificuldade para obtenção de imagens de satélite na Amazônia decorre da cobertura de nuvens (em certas áreas a média de imagens Landsat sem nuvens foi inferior a uma por ano nos últimos 20

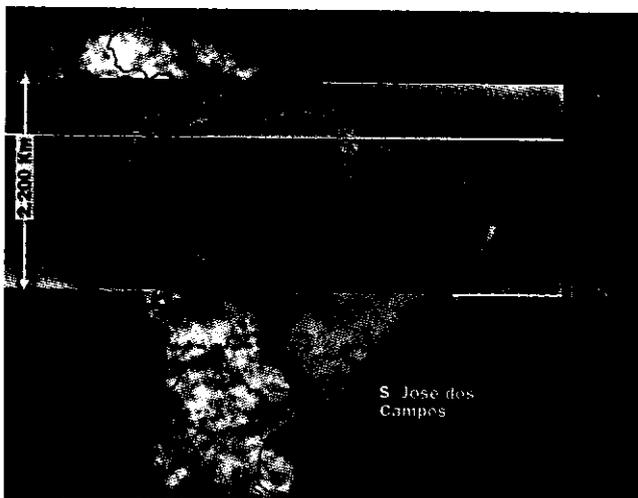


Figura 2. Região imageada pelo Satélite de Sensoriamento Remoto (SSR) de órbita equatorial baixa, que permite cobrir uma mesma área várias vezes por dia numa faixa entre as latitudes 5° N e 15° S.

anos), optou-se por um satélite de órbita equatorial baixa, que permite cobrir uma mesma área diversas vezes por dia. Contudo, isso limitou a região imageada pelo satélite a uma faixa entre as latitudes 5° N e 15° S (figura 2).

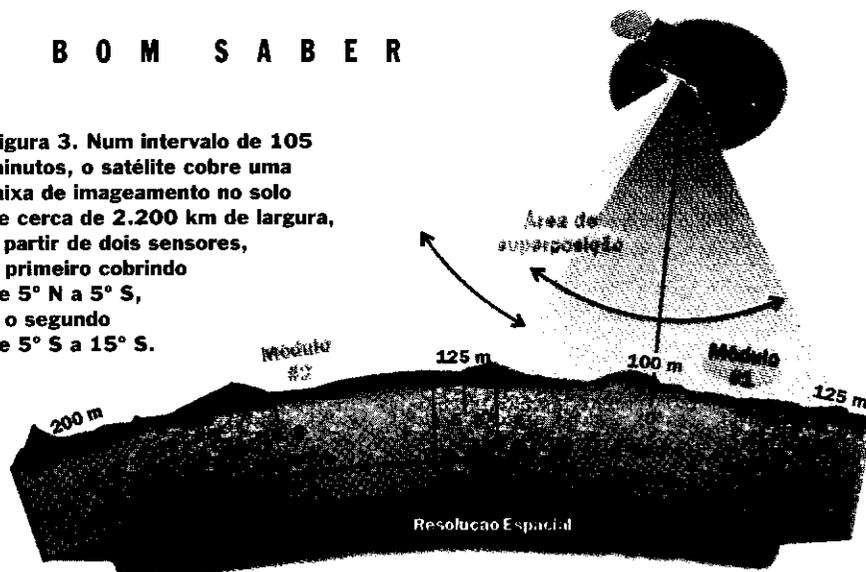
O Satélite de Sensoriamento Remoto Brasileiro

A nova concepção do Satélite de Sensoriamento Remoto brasileiro (SSR) prevê mudanças na sua órbita, no sensor que ele carrega e no sistema de transmissão de dados. Segundo o projeto, serão lançados dois satélites, sendo o primeiro, com vida útil de quatro anos, dentro de três anos e meio. Os lançamentos serão feitos pelo VLS da MFCB, no centro de lançamentos de Alcântara (CLA), no Maranhão.

Cada satélite, com massa prevista de 230 kg, estabilização a três eixos e propulsão a hidrazina, será colocado numa órbita equatorial a uma altitude de cerca de 1.000 km. Nessa órbita, sua resolução temporal aproximada será de 105 minutos, ou seja, nesse intervalo de tempo ele voltará a cobrir uma faixa de imageamento no solo de cerca de 2.200 km de largura, a partir de dois módulos ou sensores, o primeiro deles cobrindo de 5° N a 5° S, e o segundo de 5° S a 15° S (figura 3).

Para o SSR, a órbita equatorial é grande novidade e minimiza o problema das nuvens. Além disso, graças à sua altíssima resolução temporal, também será possível utilizar técnicas de processa-

Figura 3. Num intervalo de 105 minutos, o satélite cobre uma faixa de imageamento no solo de cerca de 2.200 km de largura, a partir de dois sensores, o primeiro cobrindo de 5° N a 5° S, e o segundo de 5° S a 15° S.



mento que permitem sobrepor diversas imagens tomadas em diferentes passagens do satélite. A imagem resultante dessas diversas imagens parcialmente cobertas será uma imagem livre de nuvens. As figuras 4a e 4b mostram duas imagens do satélite NOAA/AVHRR obtidas em dias consecutivos sobre o Estado de São Paulo que foram sobrepostas de modo a eliminar as nuvens, como se vê em 4c.

A resolução espacial do SSR variará em função dos diferentes ângulos de visada do sensor: 100 x 100 m no equador (visada vertical do sensor), 125 x 125 m nas extremidades 5° N e 5° S e, 200 x 200 m na extremidade 15° S. Os dois módulos ou sensores a bordo do SSR obterão imagens em duas bandas espectrais no visível (azul e vermelho), duas no infravermelho próximo e outra no infravermelho médio.

Uma grande inovação do SSR será o modo de transmissão das imagens (figura 5) em subfaixas que podem cobrir uma área de até 500 x 500 km, para serem recebidas diretamente pelo usuário local em pequenas estações de baixo custo. Além disso, o SSR também transmitirá os dados das imagens sobre toda a faixa imageada no território brasileiro, centralizada numa estação de recepção em Cuiabá.

As Aplicações de Monitoramento Ambiental do SSR

As imagens geradas pelo SSR darão informações para o monitoramento e estudo de diversas atividades e fenômenos nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste acima do paralelo 15° S. Essa parte do país sofreu contínuas modificações ao longo dos anos, sobretudo a partir da década de 50. O avanço da

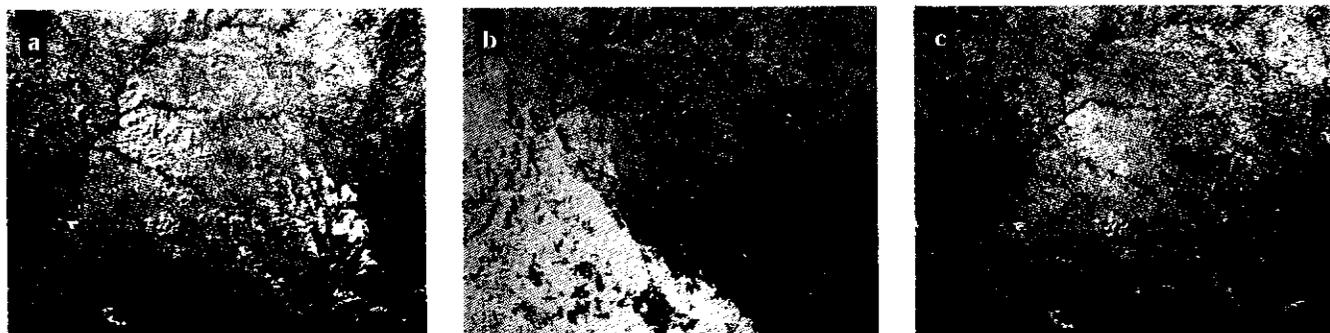


Figura 4. Em a e b, duas imagens do satélite NOAA/AVHRR obtidas em dias consecutivos. Em 4c, as imagens foram superpostas, de modo a eliminar as nuvens.

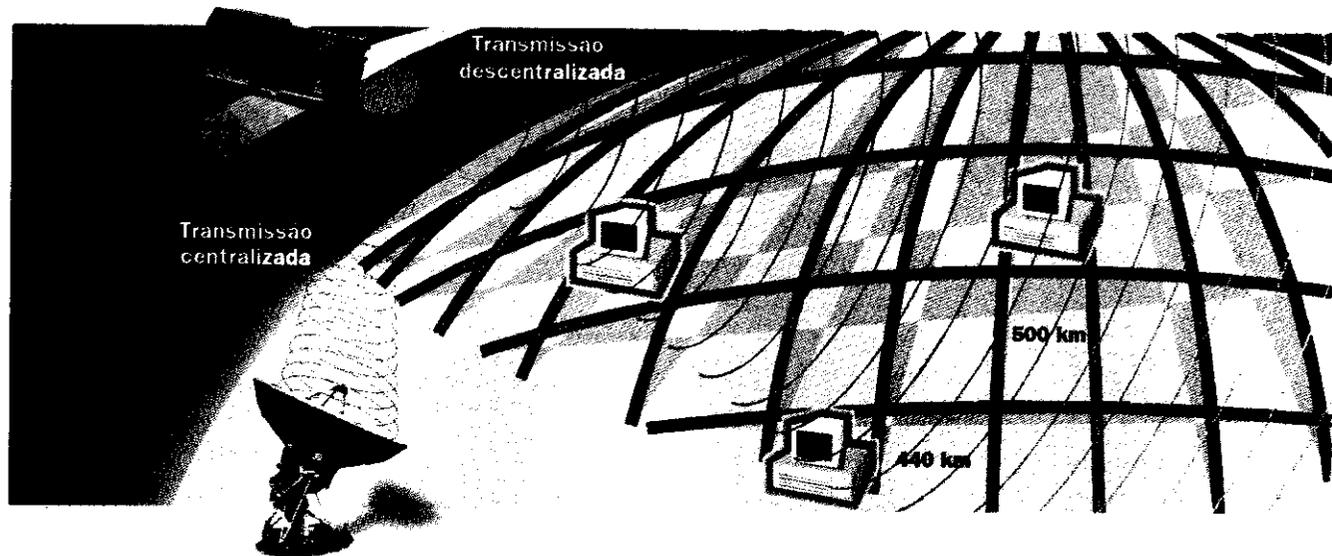


Figura 5. O SSR transmitirá dados em subfaixas, de modo que elas poderão ser recebidas em pequenas estações locais.

agricultura e da pecuária na região do cerrado, a ocupação de extensas partes da Amazônia, a mineração e a construção de hidrelétricas alteraram profundamente o uso da terra. Rotas de migração e escoamento da produção foram criadas e ampliadas, num ciclo incessante e crescente de ocupação. A dinâmica dessas ocorrências é complexa e um monitoramento eficiente requer o uso de imagens de sensoriamento remoto.

O monitoramento e avaliação da área desmatada têm sido feitos com imagens dos satélites Landsat e Spot sob certas restrições. A dificuldade não se deve apenas às nuvens, mas também ao longo intervalo entre a recepção do dado do satélite e o fornecimento da imagem ao usuário. A avaliação da área desmatada, às vezes, é feita com imagens de anos variados, conforme elas estejam disponíveis.

A altíssima frequência temporal do SSR e sua resolução espacial de 1 a 4 ha possibilitarão identificar e quantificar áreas queimadas, especialmente através de composições coloridas obtidas das bandas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio. As imagens obtidas pelo SSR em diferentes horários ao longo do dia contribuirão bastante para o aperfeiçoamento do sistema de detecção de queimadas, que vem sendo realizado com imagens NOAA/AVHRR e se limita a uma imagem diurna no período da tarde, com resolução espacial

de 120 ha na visada vertical.

Fenômenos de curta duração, como enchentes e inundações, precisam ser monitorizados por sistemas sensores de alta resolução temporal, em vista da dinâmica da inundação e da intensa cobertura de nuvens. Nenhum dos atuais satélites de sensoriamento remoto permite monitorar adequadamente esses fenômenos, mesmo o radar, que tem uma resolução temporal de apenas 35 dias.

O SSR também contribuirá para os estudos de caracterização, classificação, regeneração e fenologia da vegetação, tão relevantes para a Amazônia nos aspectos relacionados com clima, trocas de energia entre biosfera e atmosfera, conversão de energia solar em energia química através da fotossíntese, reabsorção do CO₂ transferido para a atmosfera através das queimadas e degradação da matéria orgânica. As aplicações do SSR incluem a detecção de outras formas de impacto ambiental, como projetos de exploração mineral na Amazônia e a rápida identificação de atividades exploratórias clandestinas. As situações atualmente estudadas indicam que o SSR possui uma resolução espacial adequada e que áreas pequenas ou com bordas de baixo contraste poderão ser identificados pelo SSR e posteriormente analisadas em imagens de melhor resolução espacial (Landsat, Spot e CBERS).

Finalmente, o SSR poderá ter aplica-

ções em oceanografia e meteorologia. A disponibilidade de uma banda espectral próxima à região do azul permitirá o monitoramento de sedimentos suspensos, de ecossistemas submarinos e ilhas oceânicas e atóis brasileiros. A possibilidade concreta de haver estações remotas de recepção de imagens do SSR em tempo real poderá levar à ampliação desses estudos.

Obviamente, entre conceber uma missão e executá-la há uma grande distância. O que se busca é a participação dos usuários de dados de sensoriamento remoto, para que seja possível ampliar e avaliar o potencial dessa nova missão e viabilizar sua execução, diante da relevância dos dados obtidos por esse satélite.

A nova missão do Satélite de Sensoriamento Remoto da MECB foi aprovada pela Agência Espacial Brasileira em 19 de junho de 1995. Os próximos passos serão definidos de acordo com os cronogramas de engenharia do INPE e de recursos financeiros alocados para o programa. Também deverão ser iniciadas pesquisas mais aprofundadas sobre as diversas características do satélite.

Bernardo Friedrich Theodor Rudorff
José Carlos Neves Epiphânio
Yosio Edenir Shimabukuro
Otávio Luiz Bogossian
Thelma Krug

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).