GEOGRAFIA Imagens de satélite permitem construir mapa da planície de inundação

O rio Amazonas em mosaico

A planície de inundação do rio Amazonas é um dos ambientes menos conhecidos do mundo e um dos mais ameaçados pela atividade humana. A sua ocupação não vem ocorrendo de maneira homogênea: em algumas regiões a população está diminuindo, enquanto em outras o crescimento rural e urbano é intenso. Um 'mosaico digital' vem sendo montado, a partir de imagens de satélite, para mapear a região e estudar como se deu essa ocupação. A construção do 'mosaico' visa responder a questões como até que ponto as características naturais da planície determinaram a dinâmica das estruturas econômicas e como os diferentes graus de dinamismo dessas estruturas interferem nas características naturais da planície. Por **Evlyn M. Novo** e **Yosio E. Shimabukuro**, do *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* e **Leal Mertes**, da *Universidade da California*, Santa Barbara.

A abertura da rodovia Belém-Brasília, nos anos 60, marca o início da intervenção sistemática do Estado brasileiro na ocupação da Amazônia. A intervenção consolidou-se a partir de 1966, com a criação da estrutura de apoio às estratégias de ocupação da região, incluindo a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (Sudam) e o Banco da Amazônia (Basa). Nessa época criou-se também o conceito de 'Amazônia legal', que passa a ser a área de atuação das políticas da Sudam.

Com a entrada em vigor, em 1966, da Lei nº 5.174, que regularizou a concessão de incentivos fiscais, a região passou a receber as verbas essenciais à sua ocupação efetiva. Empresas agropecuárias adquiriram enormes extensões de terra e instalaram-se principalmente onde já havia estradas, e grandes levas de migrantes dirigiram-se à Amazônia, atraídas pelas agrovilas e assentamentos dirigidos, previstos no plano de colonização concebido pelo governo.

A política de ocupação incluiu ainda grandes projetos de mineração e exploração de madeira, além de industrialização, com a criação da Zona Franca de Manaus. Todo esse quadro de expansão populacional e econômica aumentou a demanda de energia, levando, nos anos 70, a um plano de construção de usinas hidrelétricas na região.

Nos últimos 50 anos, a paisagem amazônica sofreu mais alterações do que nos quase 450 anos anteriores de história do país. No limiar do século 21, transformada pelo desflorestamento, pelo crescimento urbano, pela mineração e pela exploração de seus recursos naturais, a Amazônia torna-se objeto de muita controvérsia: de um lado está a comunidade científica, apresentando argumentos contra a ocupação desordenada; de outro estão as pressões sociais, os interesses econômicos e as razões de Estado, justificando essa ocupação. Essa controvérsia,

Bandas espectrais do sensor Thematic Mapper (Landsat-5), separadas pelos comprimentos de onda (em nanômetros) das radiações registradas.

Banda	Nanômetros	Aplicação
TM1	450-520	Estudo das propriedades óticas da água, inferência sobre propriedades biológicas da água
TM 2	520-600	Estudo de propriedades biológicas da água, diferenciação de propriedades da vegetação
TM 3	630-690	Estudo de propriedades da vegetação, discriminação de culturas agrícolas
TM 4	760-900	Mapeamento do limite água-terra, avaliação do vigor da vegetação, mapeamento de linhas geológicas
TM 5	1.550-1.750	Avaliação do vigor da vegetação e das culturas, identificação de áreas alagadas, limite terra-água
TM 6	10.400-12.500	Estudo das propriedades térmicas dos objetos da superfície terrestre
TM 7	2.080-2.350	Estudo de algumas propriedades das rochas, identificação de culturas queimadas

porém, só poderá ser superada pelo conhecimento dos processos ambientais que atuam na região.

Muito se aprendeu a respeito da Amazônia nas últimas décadas, o que ajudou a derrubar mitos, como o de que ela poderia ser o celeiro do mundo. Mas outros mitos foram criados, pois ainda há muito para se conhecer.

A planície de inundação do rio Amazonas, por exemplo, é considerada por pesquisadores que atuam na região um dos ambientes menos conhecidos do mundo e um dos mais ameaçados pela atividade humana. Os solos dessa planície, ao contrário dos existentes na 'terra firme', são ricos, bons para a agricultura. Isso provoca a sua contínua ocupação, em especial pela cultura do arroz e da juta, e em época mais recente pela pecuária.

Mudanças na paisagem

A ocupação da planície fluvial não vem ocorrendo de maneira homogênea: em algumas regiões a população está diminuindo, enquanto em outras o crescimento rural e urbano é intenso. Também são observadas diferentes estruturas socioeconômicas nessa planície, decorrentes das variadas políticas de ocupação.

Entre Tabatinga e Manaus (alto Amazonas), a organização do espaço geográfico ainda mostra estruturas tradicionais, com grandes áreas pouco alteradas e população reduzida, que pratica o extrativismo vegetal e a lavoura de subsistência. Nessa região, há menor pressão humana sobre os recursos naturais, e a floresta, principal fonte de subsistência da população, é elemento essencial para a estruturação socioeconômica. Outro elemento importante é o próprio rio, que serve, na ausência de estradas, como o eixo de organização das populações humanas.

Abaixo do encontro dos rios Amazonas e Negro, as estruturas socioeconômicas são mais dinâmicas, sob a influência direta de Manaus (AM) e Belém (PA). Em torno de Manaus, o crescimento urbano não foi capaz de criar uma hierarquia de cidades e uma rede de transportes, mas isso ocorreu na região de Belém. A diversidade de formas de ocupação torna a planície de inundação uma região de estudo bastante interessante. Esse estudo inclui questões como: 1) até que ponto as características naturais da planície determinaram que as estruturas econômicas se tornassem mais ou menos dinâmicas?; e 2) como os diferentes graus de dinamismo dessas estruturas interferem nas características naturais da planície?

Encontrar as respostas não é tarefa fácil, assim como não é fácil conhecer e estudar a Amazônia. A dimensão semicontinental, a diversidade natural e cultural e as dificuldades impostas pela floresta equatorial e por áreas alagadas, lagos e imensos rios tornam esse estudo um desafio, que exige a ajuda da tecnologia, especialmente a espacial. Satélites de sensoriamento remoto obtêm imagens da região, utilizadas em inúmeros estudos, e satélites de telecomunicações permitem a transmissão de dados coletados por sensores instalados em áreas remotas.

Como contribuição a esses estudos, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) criou o projeto do mosaico digital da planície de inundação do rio Amazonas, usando imagens de um sensor ótico, o Thematic Mapper (TM), instalado no satélite Landsat-5. O sensor registra a energia refletida ou emitida por objetos na superfície em sete bandas do espectro eletromagnético (ver tabela), o que permite identificar tais objetos. Cada imagem registrada cobre uma área aproximada de 185 km por 185 km, ou 34.225 km², e foram necessárias 29 imagens para montar o mosaico de toda a planície de inundação do rio Amazonas em território brasileiro.

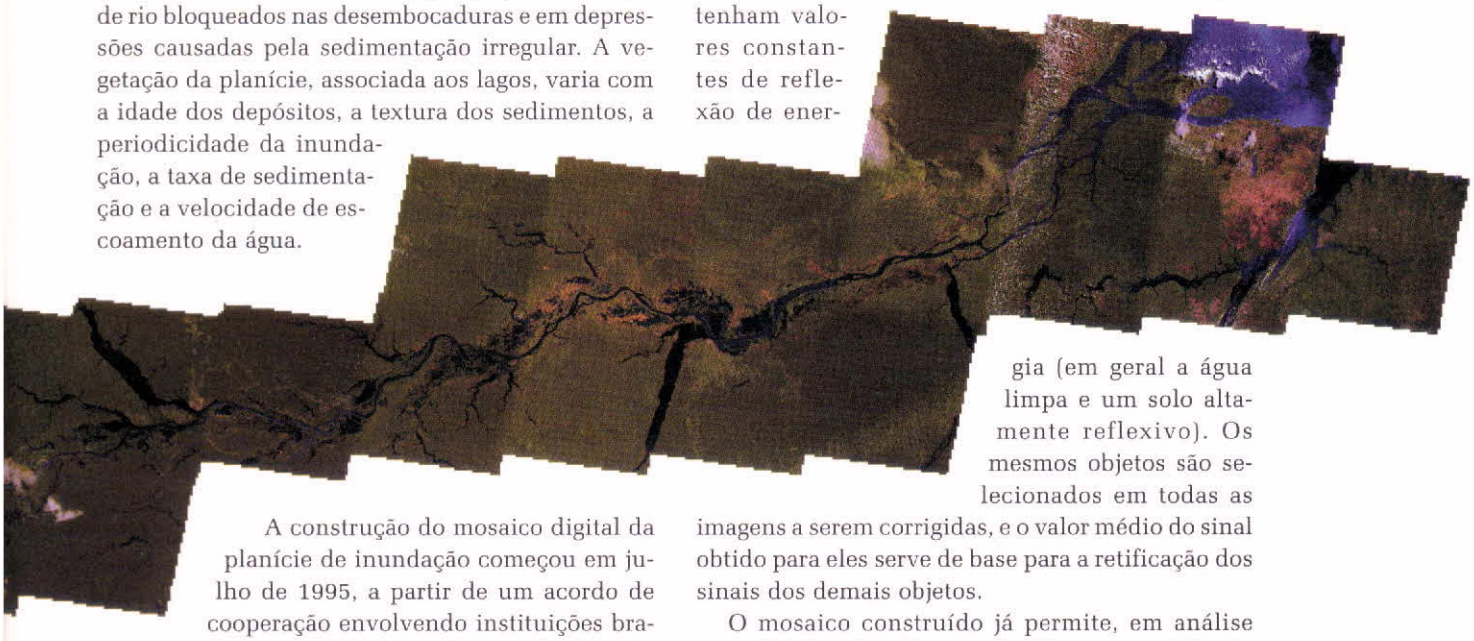
Ao centro, o mosaico da planície de inundação do rio Amazonas, montado com imagens de satélite corrigidas para eliminar distorções. As outras imagens mostram padrões de formas fluviais e de cobertura vegetal em diferentes pontos ao longo do rio

A montagem do mosaico

A planície de inundação é chamada de 'várzea' quando situada nas margens de rios de 'água branca' e de 'igapó'

em rios de 'água preta'. Os rios de 'água branca', como o próprio Amazonas, carregam grande volume de material em suspensão, que depositam periodicamente nas planícies, em camadas às vezes superiores a 1 m por ano. Essa forte sedimentação não ocorre em rios de 'água preta', como o Negro, escurecidos por substâncias orgânicas dissolvidas.

Na várzea do Amazonas, a deposição produz um intrincado conjunto de lagos, formados por meandros isolados, por canais fechados nas duas pontas, por diques nas laterais do rio, por pequenos braços de rio bloqueados nas desembocaduras e em depressões causadas pela sedimentação irregular. A vegetação da planície, associada aos lagos, varia com a idade dos depósitos, a textura dos sedimentos, a periodicidade da inundação, a taxa de sedimentação e a velocidade de escoamento da água.



A construção do mosaico digital da planície de inundação começou em julho de 1995, a partir de um acordo de cooperação envolvendo instituições brasileiras (o INPE e o Centro de Energia Nuclear para Agricultura) e norte-americanas (as universidades de Washington, em Seattle, e da Califórnia, em Santa Barbara, além da Nasa, agência espacial daquele país).

O mosaico possibilitará quantificar a área que cada ambiente – lagos, floresta de várzea e de igapó e rios com diferentes tipos de água – ocupa na planície. Essas informações serão utilizadas em modelos que simulam os processos biogeoquímicos e hidrológicos e permitem compreender como as alterações ambientais da região afetam processos de âmbito global, essenciais ao futuro da vida no planeta Terra.

As imagens de satélite utilizadas no mosaico sofreram correções geométricas e radiométricas para aumentar sua precisão. A correção geométrica elimina distorções nas imagens (por variações na posição do satélite, na curvatura e na rotação da Terra e outras), tornando homogêneo o sistema de coordenadas. A correção radiométrica remove variações de sinal (causadas por condições da atmosfera, pela degradação do sensor e por mudanças da posição do Sol ao longo do ano, entre outras), fazendo com que os sinais correspondam de fato a propriedades do objeto imageado.

Há diversos métodos de correção radiométrica dos registros, mas alguns exigem muitos dados ainda não disponíveis na região amazônica. Por isso, o projeto adotou o método da retificação radiométrica: uma imagem é escolhida como referência e nela são selecionados objetos claros e escuros que tenham valores constantes de reflexão de energia (em geral a água limpa e um solo altamente reflexivo). Os mesmos objetos são selecionados em todas as imagens a serem corrigidas, e o valor médio do sinal obtido para eles serve de base para a retificação dos sinais dos demais objetos.

O mosaico construído já permite, em análise superficial, a identificação de diferentes padrões de formas fluviais e de vegetação ao longo da planície fluvial do Amazonas.

Com o apoio desse mosaico, uma equipe de ecólogos, botânicos, geógrafos, agrônomos, geólogos e físicos, entre outros, realizou em setembro-outubro de 1997 um sobrevôo da planície de inundação, registrando imagens (em vídeo e fotografia) de coberturas vegetais, formas fluviais e tipos de sedimentação. As imagens estão sendo usadas no mapeamento e quantificação das áreas ocupadas pelas várias paisagens, o que pode melhorar o desempenho dos modelos hidrológicos, ajudando, entre outras aplicações, a prever inundações e planejar a ocupação da região. ■