

senvolvem-se até a metamorfose. É difícil encontrar essas desovas. Nos anos 40, a herpetóloga Berta Lutz (1894-1976), do Museu Nacional do Rio de Janeiro, analisou detalhadamente o desenvolvimento de um ninho dessa espécie encontrado na floresta da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro, e observou que os girinos demoravam cerca de 20 dias para tornarem-se jovens, saindo do ninho em seguida, o que indica que o sapo-folha não passa por uma fase de vida aquática, comum entre os anfíbios anuros.

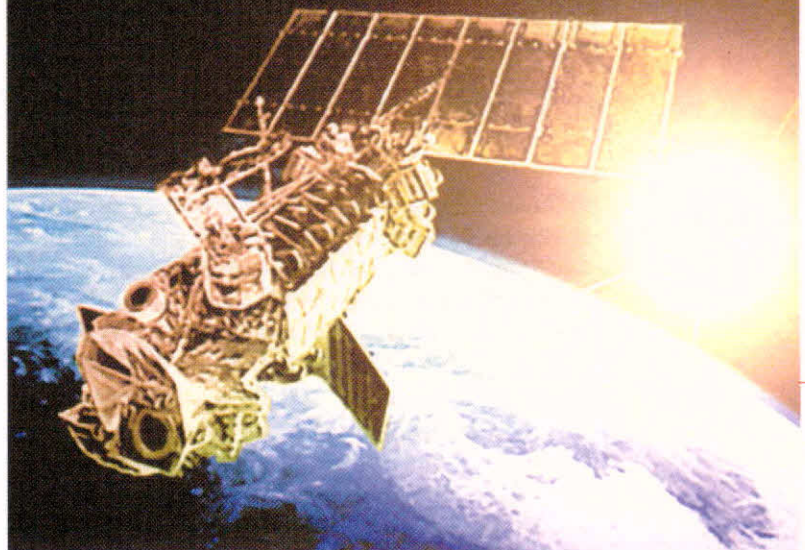
Durante o estudo na ilha Grande, foram encontradas nove fêmeas reprodutivas (com óvulos desenvolvidos), mas nenhum ninho com desovas nas áreas amostradas. O número médio de óvulos por fêmea alcançou 12,6 (mínimo de 10 e máximo de 16). A menor fêmea reprodutiva mediu 2,5 cm, o que pode ser considerado o tamanho em que elas se tornam sexualmente maduras.

Constatou-se uma relação significativa entre o tamanho das fêmeas e o número de óvulos que continham. Isso indica que, quanto maior a fêmea, mais filhotes ela irá produzir. Foram coletadas fêmeas grávidas e/ou indivíduos jovens em diferentes meses ao longo do período de estudo, sugerindo que provavelmente a reprodução da espécie ocorre de forma contínua ao longo do ano, não se limitando a uma estação do ano, como ocorre com várias espécies de anuros.

Os resultados do estudo permitem concluir que o sapo-folha está bem adaptado – por sua forma, coloração e comportamento – à vida no folheto e que potencialmente atua como regulador das populações de várias espécies de invertebrados que vivem nesse mesmo hábitat. Pelo menos na ilha Grande, ele é também uma das maiores espécies de anuros do folheto. A pesquisa contribuiu para aumentar o conhecimento sobre a comunidade de anfíbios anuros do folheto em áreas de mata atlântica, um grupo de organismos ainda muito pouco conhecido. ■

**SENSORIAMENTO REMOTO** Imagens de satélites ajudam a fiscalizar exploração de madeira na floresta amazônica

## Corte de árvores visto do espaço

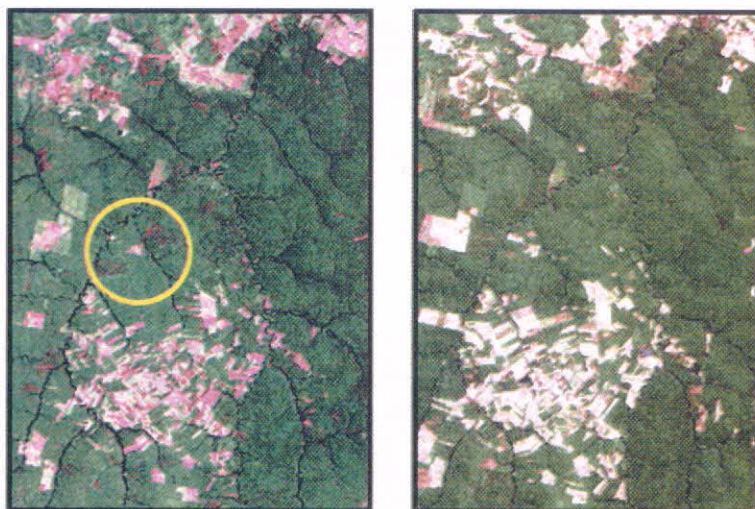


Estudo feito durante 11 anos comprova que imagens espaciais são instrumentos eficientes para acompanhar as atividades que promovem a derrubada seletiva de árvores na região Norte. Por **João Roberto dos Santos**, do Programa Institucional Amazônia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; **Thelma Krug**, da Área de Observação da Terra do Inpe, e **Luciana Spinelli de Araújo**, da Divisão de Sensoriamento Remoto do Inpe.

Muito se tem discutido sobre a degradação ambiental da Amazônia e o uso de imagens de satélite como ferramenta para acompanhar a dimensão dessa devastação. Análises superficiais, feitas sem adequado embasamento técnico-científico e sem levar em conta os diversos processos atuantes na região, têm gerado polêmicas sobre uma possível distorção da realidade.

Atualmente, existe uma grande variedade de sensores em plataformas orbitais (satélites) desenvolvidos especialmente para o monitoramento dos recursos terrestres. As características desses sensores, associadas à complexidade do alvo que se deseja estudar, definem as vantagens e limitações desses sistemas. Satélites meteorológicos da série NOAA/AVHRR e o DMSP (Defense Meteorological Satellite Program), por exemplo, contribuem significativamente para a detecção de focos de calor. As informações dadas

**Figura 1.** Imagens do satélite TM-Landsat, exemplificando a dinâmica da exploração de madeira nos anos de 1993 e 1998. A área circundada ilustra aspectos da extração no ano de 1993, e uma posterior regeneração da cobertura florestal visualizada na imagem de 1998



em função de suas propriedades espectral e temporal ajudam a identificar a quantidade e a localização de queimadas no país. Por outro lado, não são capazes de estimar com precisão a extensão das áreas afetadas. Já os satélites equipados com sensores-radar – como o canadense Radarsat e o japonês Jers-1 –, têm se mostrado eficientes na caracterização de classes de uso da terra em áreas com cobertura constante de nuvens. Eles fornecem dados complementares aos obtidos através de sistemas ópticos, como os dos satélites norte-americano Landsat e o francês Spot.

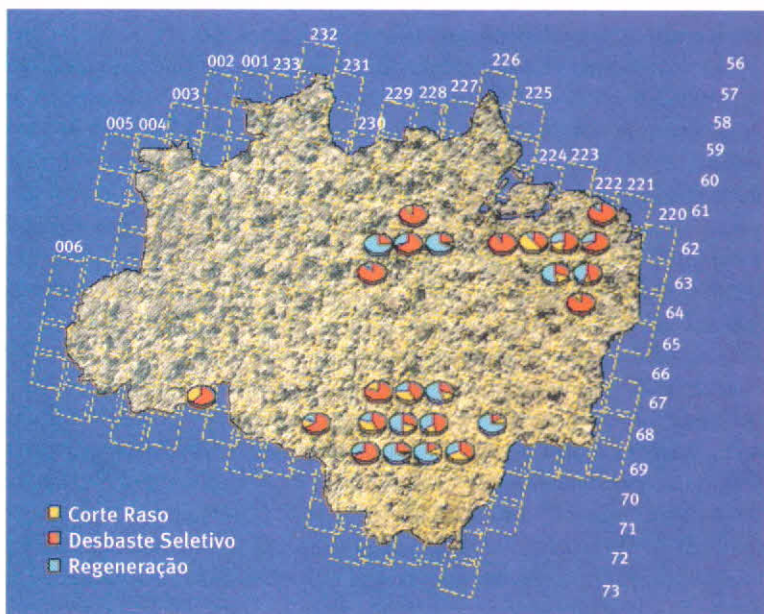
Os dados do Landsat têm sido, há muitos anos, utilizados para se calcular a extensão e taxa anual de desflorestamento bruto da Amazônia brasileira. Eles revelam a distribuição dos focos de derrubada de árvores e, conseqüentemente, permitem acompanhar o avanço da ocupação humana na região. Captando informações a partir de uma área mínima de 30 m x 30 m (elemento de menor resolução espacial no terreno), as imagens do Landsat, trabalhadas em escala 1:250.000, têm sido utilizadas para identificar alterações na cobertura florestal acima de cinco hectares. A metodologia empregada nesses levantamentos, aliada a um rigoroso controle de qualidade técnica, possibilita que o mapeamento dos desflorestamentos seja reconhecido oficialmente pela comunidade científica nacional e internacional.

Tradicionalmente, as estimativas de desflorestamento da região amazônica referem-se às alterações na cobertura florestal

primária. Uma das principais formas de alteração é causada pelo 'corte raso', que significa a derrubada total das árvores, a fim de abrir espaço para atividades agrícolas e/ou pecuária. Outro tipo comum de intervenção, teoricamente menos agressiva, é a exploração de madeira chamada 'desbaste seletivo', que promove a retirada seletiva de árvores de alto valor comercial. Publicações recentes mostram cálculos sobre a extensão da área afetada por exploração de madeira, de modo geral, como sendo da ordem de 10.000-15.000 km<sup>2</sup>/ano, o que indica severo impacto na floresta tropical.

Esse montante, no entanto, não estaria sendo agregado aos resultados oficiais divulgados anualmente pelo Ministério de Ciência e Tecnologia em conjunto com o Ministério do Meio Ambiente, sobre o desmatamento da Amazônia brasileira. Tal fato estimulou a realização de um estudo baseado em imagens do satélite Landsat-TM, com o objetivo de monitorar a dinâmica das áreas afetadas por exploração de madeira e sua conversão para áreas de corte raso (indicativas de atividades agrícola e pecuária) ou abandono (regeneração florestal). O estudo abrangeu o período entre 1988 e 1998, e envolveu inicialmente a análise visual de todas as 229 cenas que cobrem a região amazônica brasileira. Como resultado, foram detectadas 26 cenas – a maior parte concentrada nos estados do Pará e Mato Grosso – com significativa porção da exploração madeireira

**Figura 2.** Percentual de conversão das áreas de desbaste seletivo em áreas de corte raso ou regeneração, no período 1988-1998, observado em cada imagem TM-Landsat selecionada na Amazônia



acompanhando o 'arco do desflorestamento'. Essa região do arco é caracterizada por intensa prática de desmatamento, e concentra aproximadamente 75% do desflorestamento bruto da Amazônia. (Isso não implica, entretanto, que a exploração de madeira não ocorra em outras partes da região Norte, aqui não consideradas para estudo.)

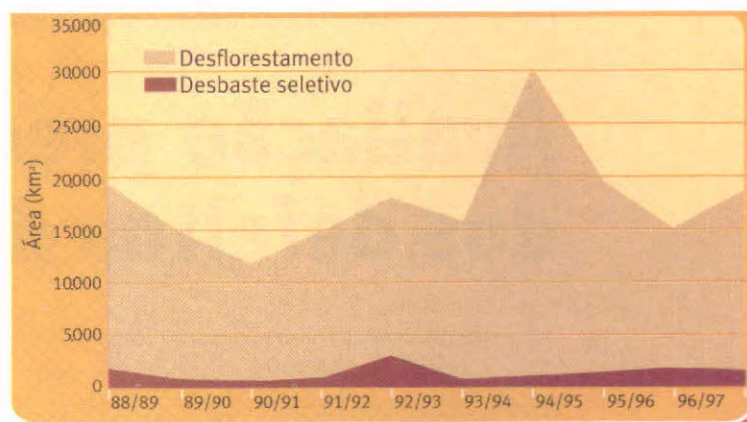
O desbaste seletivo apresenta-se nas imagens de satélite como um conjunto de pontos róseos isolados, distintamente, do padrão rosa mais homogêneo, característico de corte raso (figura 1). Um total de 286 imagens foram analisadas nesse estudo (26 cenas observadas anualmente em um período de 11 anos), sendo que o aumento anual nas áreas de desbaste seletivo foi delineado ano a ano em *overlay* (papel transparente). Paralelamente, também foi monitorada a conversão desses polígonos de exploração madeireira, naqueles com características de corte raso e regeneração florestal. Esse mapeamento foi convertido em uma base digital georreferenciada, que resultou na criação de um banco de dados útil aos órgãos públicos responsáveis pelo controle ambiental das áreas em questão.

### O alcance da tecnologia

Os dados gerados por esse estudo permitiram abordar outras questões: (1) qual é a taxa média anual da exploração de madeira em áreas de floresta de terra firme? (2) Que percentual da área total relativa à exploração de madeira no período 1988/1998 pode ser associado às atividades de corte raso ou abandono? (3) Qual o tempo médio de manutenção de padrões dessas atividades no período analisado?

Entre 1988 e 1998, foram identificados 4.139 polígonos com padrão de desbaste seletivo, totalizando um área de 17.146 km<sup>2</sup>. A análise da dinâmica dessas áreas permitiu observar que aproximadamente 15% desse total, com o passar do tempo, foi convertido em corte raso (figura 2). Quarenta e um por cento dessa área, no mesmo período, deixou de apresentar padrões espectroteturais associados ao desbaste, confundindo-se com aqueles de floresta tropical. A área restante (44%) permaneceu com características de desbaste seletivo, o que pode indicar uma prática mais intensa e prolongada de extração de madeira nesses locais.

A estimativa do crescimento médio anual da exploração de madeira em áreas de terra firme, calculada a partir da análise das imagens TM-Landsat para o período 1988/1998, é apresentada na figura 3. A figura inclui também a taxa média do desflorestamento bruto (corte raso) gerada anualmente na região amazônica. Convém ressaltar que a escala dos dois trabalhos (corte raso e desbaste seletivo) são idênticas. Tomando como base os incrementos de desbaste verifica-se que, em média, cerca de 1.580 km<sup>2</sup>



(desvio padrão = 720 km<sup>2</sup>) de áreas florestais primárias são, anualmente, afetadas pela retirada de madeira de alto valor comercial. A taxa média anual do desflorestamento bruto para o mesmo período considerado nesse estudo é de aproximadamente 16.366 km<sup>2</sup>. Assim sendo, a relação percentual entre as taxas médias de desbaste seletivo e a derrubada total da floresta é de 9,65%.

Outro resultado desse trabalho refere-se ao tempo médio necessário para a conversão de uma área de desbaste seletivo em corte raso ou regeneração florestal. A análise global da dinâmica dos 4.139 polígonos de desbaste seletivo identificados nos 11 anos de estudo permitiu estimar que a conversão para corte raso tem levado, em média, quatro anos para ocorrer. No caso da regeneração, o tempo médio para que as áreas de desbaste se recuperem ao ponto de não apresentar cicatrizes visíveis nas imagens de satélite é de três anos. As áreas regeneradas passam, então, a apresentar características espectroteturais semelhantes àsquelas de cobertura florestal primária. Obviamente, as áreas mais intensamente exploradas precisam de um maior tempo de recuperação.

As imagens de satélite, portanto, têm demonstrado progressivamente seu potencial como instrumentos para o monitoramento dos recursos naturais na Amazônia. As informações nelas contidas dão confiabilidade aos inventários ambientais, possibilitando melhor planificação, controle e fiscalização das atividades na região. A coleta de dados e informações em campo, na maioria das vezes, pode incorporar elementos subjetivos que não atendem aos objetivos específicos de um estudo, o que pode resultar em estimativas aquém da realidade. Numa visão regional, dados de satélite tornam mais fidedignas as inferências feitas a partir de pesquisas de campo. Sobretudo quando são utilizadas imagens de diversas partes da região estudada, representativas da complexidade da paisagem, do uso e da forma de ocupação da terra. ■

**Figura 3.** Crescimento médio anual das áreas de extração de madeira e de áreas desmatadas (km<sup>2</sup>) no período 1988-1998