

PRECISÃO E ALCANCE DA RADARGRAMETRIA

Luiz E. F. Abreu

O Projeto RADAM, tendo executado a cobertura de mais de 50% do território nacional e já divulgado boa parte dos resultados, vem polarizando as atenções, tanto dos técnicos e usuários, como das autoridades responsáveis pelos planos de desenvolvimento do país. Torna-se, conseqüentemente, oportuno avaliar as possibilidades do sistema, não apenas como aplicado no Projeto RADAM, mas em sua contínua evolução, atendidas novas especificações que ampliem o campo de ação e a precisão. Nesse sentido, resumimos, a seguir, alguns dados recolhidos em literatura recente e parcialmente confirmados em trabalhos da PROSPEC.

1. A IMAGEM RADAR

Os processos em uso para tomada das imagens de radar consistem no "scanning" lateral dito SLAR (side-looking radar), que "varre" o terreno obliquamente. No Projeto RADAM os limites da varredura correspondem aos ângulos de depressão de 13° e 45°.

Ao lado do equipamento radar é geralmente instalada

uma câmara cartográfica supergrande-angular que fotografa na vertical, cobrindo uma faixa que tem pequena superposição sobre a faixa "varrida" pelo radar. A fotografia é, nesse caso, um elemento auxiliar para a interpretação das imagens do radar e para o posicionamento ao longo das faixas de vôo. É, entretanto, um elemento descontínuo, porque a operação radar prossegue, mesmo que as condições atmosféricas não permitam a fotografia aérea.

A imagem radar assemelha-se à imagem fotográfica, dela diferindo, entretanto, sob diversos aspectos, dentre os quais podem citar-se os seguintes:

a) o radar é um sistema de sensoriamento remoto que dispõe de fonte própria de "iluminação", emitindo sinais eletromagnéticos que se refletem no objeto e retornam à antena, provocando, em função da distância percorrida e das características superficiais do terreno, um registro que se transforma em imagem. Esse tipo de "iluminação" produz uma variedade de tons que difere daquela que resulta da ilumina-

ção solar captada pela imagem fotográfica. O brilho, por exemplo, é, na imagem-radar, função da intensidade do sinal de retorno, de modo que um espelho d'água, que na aerofotografia pode apresentar o intenso reflexo especular, produz, na imagem radar, a mancha negra característica da ausência de retorno do sinal;

b) dispondo o sistema radar de fonte própria de "iluminação", as imagens podem ser tomadas mesmo à noite e não exigem atmosfera límpida, nisso residindo, sem dúvida, a principal vantagem do método;

c) as elevações do terreno produzem, com o radar, "sombras" que dependem da relação entre o ângulo de depressão do feixe e a declividade do terreno na encosta oposta à linha de vôo. Essa "sombra" acentuam mas também deformam o contraste da paisagem, principalmente do bordo exterior da faixa, onde o ângulo de depressão é mínimo;

d) os acidentes lineares, como falhas geológicas, provocam contraste violento quando se desenvolvem paralelamente à linha de vôo, mas podem deixar de ser notados, quando correm transversalmente;

e) como o registro da imagem-radar é função da distância do objeto à antena, os pontos elevados do terreno ficam deslocados perpendicularmente à linha de vôo e no sentido "para dentro". Na imagem fotográfica a distorção se dá no sentido radial e "para fora". A grandeza do desvio depende diretamente da elevação do objeto, acima do plano de referência, e, inversamente, do ângulo de depressão do raio produtor da imagem. Em igualdade de condições, o deslocamento "para dentro" da imagem-radar seria menor do que o deslocamento "para fora" da imagem fotográfica. Comparando, entretanto, a imagem radar com a fotográfica de câmara supergrande-angular, as distorções do radar atingem valores muito maiores, porque no SLAR os ângulos de depressão vão de 40° a 90°; no SLAR vão de 13° a 45°.

2. RESOLUÇÃO ESPACIAL

A resolução espacial do sistema pode ser definida como a menor dimensão de objeto identificável na imagem, desde que se considere um objeto com suficiente destaque na paisagem para produzir a variedade de tons necessária à sua identificação.

No Projeto RADAM era teoricamente prevista a resolução de 16 metros, mas as pesquisas de uma equipe do Projeto SERE, do INPE, encontrou, nas melhores condições de contraste da região pesquisada, a resolução máxima de 25 metros, atribuindo esse resultado às próprias características do sistema e ao espalhamento do sinal de retorno. Considerando que as imagens desse projeto, embora colhidas em 1:400.000, se apresentam em escala 1:250.000, a resolução de 25 metros corresponde a 10 linhas por milímetro. As imagens das modernas câmaras cartográficas possuem poder de resolução geralmente da ordem de

30 linhas. Com este poder de resolução, a fotografia aérea em escala 1:60.000, por exemplo, permite a identificação de objetos até de 2 metros.

O poder relativamente fraco de resolução é um dos fatores que caracterizam a radargrametria como método aplicável a regiões que ainda não justificam os levantamentos regulares clássicos muito mais morosos e dispendiosos.

3. POSICIONAMENTO

No Projeto RADAM o controle de posição foi obtido com auxílio de vértices da trilateração HIRAN existente e uma rede de estações TRANSIT, como base para o posicionamento pelo sistema de navegação SHORAN, instalado a bordo da aeronave. Tratando-se do levantamento preliminar de imensa região florestada, fixou-se o limite máximo de 450 Km para o afastamento entre os pontos de apoio terrestre a serem determinados via satélite. Sessenta pontos tiveram suas coordenadas determinadas com o "geoceiver" da Magnavox, com precisão média admitida de 15 metros, bem superior, portanto, à das observações astronômicas geralmente usadas no mapeamento preliminar. Dado o grande espaçamento entre os pontos de apoio, entretanto, as distorções inerentes ao sistema reduzem sensivelmente a precisão média do posicionamento de pontos intermediários. O processo representa, porém, um enorme avanço nos métodos exploratórios, tanto no que se refere a prazos, como a precisão.

Tem sido objeto de cuidadosas pesquisas a possibilidade de uso do radar em mapeamento regular de escala média. No artigo "SLAR Geometric Test", publicado na Photogrammetric Engineering de maio de 1974, são relatados testes realizados na Universidade de Brunswick, no Canadá, os quais conduziram, em

duas faixas densamente apoiadas e com adequado tratamento de cálculo, a um erro médio de 142 m na posição dos pontos checados, precisão essa compatível, segundo os padrões canadenses, com o mapeamento em 1:250.000 classe B.

4. INTERPRETAÇÃO DA IMAGEM RADAR

Não esquecendo que a escala em que são tomadas as características principais, sob o aspecto da interpretação temática, podem ser resumidas como se seguem.

4.1 — **Interpretação da drenagem** — B.N. Koopmans, conferencista do Departamento de Geologia do International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, de Delft, Holanda, apresenta, no ITC Journal 1973-3, o resultado de comparações entre as imagens fotográficas e as do radar, consideradas estas nos seus aspectos monoscópico e estereoscópico. Conclui que a interpretação simples das imagens do radar conduz a erros graves na definição da drenagem, principalmente nas regiões de fraca movimentação e cobertura vegetal de certo porte, situação em que se torna praticamente impossível identificar os divisores e a drenagem secundária. Os resultados são satisfatórios apenas quando se dispõe de visão estereoscópica em faixas adjacentes voadas à mesma altura e no mesmo sentido. Na figura 1 apresenta-se um erro de interpretação da drenagem, observado em área trabalhada pela PROSPEC. O desenho a) reproduz, com redução apenas de escala, um trecho de carta planimétrica em 1:250.000, elaborado com base em fotografias aéreas de 1:60.000 da USAF; o desenho b) reproduz o mesmo trecho extraído de carta em 1:250.000 de base radar. O exemplo confirma que a imagem radar não de-

fine a drenagem secundária e conduz a erros como o evidenciado no traçado do Rio Taboca.

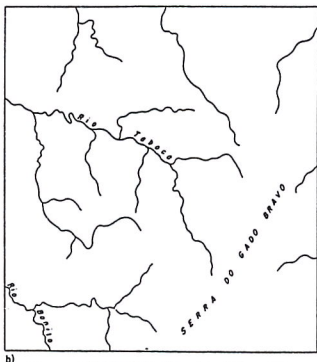
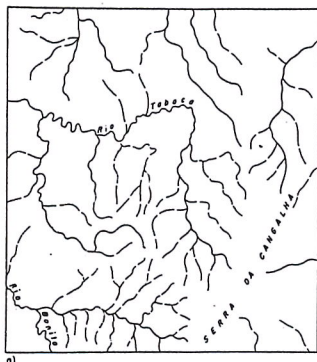


Fig. 1 INTERPRETAÇÃO DA DRENAGEM

- a) Trecho de mapa planimétrico com base em aerofotografias.
b) Mesmo trecho em mapa planimétrico com base em imagem radar

4.2 — Interpretação de acidentes de feição cultural —

Acidentes planimétricos ditos culturais, como vias de comunicação, linhas de transmissão e localidades, têm geralmente pouco realce na imagem radar, possibilitando erros de interpretação e, eventualmente, graves lacunas. Localidades de certa importância deixam muitas vezes de apresentar qualquer vestígio. A figura 2 representa, simplificadamente, um trecho de carta em que se mostra o traçado da Rede de Viação Cearense, extraído de mapa topográfico em 1:100.000, da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (convenção cheia) e, sobreposto, o traçado errôneo (convenção interrompida), extraído de mapa planimétrico em 1:250.000 de base radar. Com o deslocamento da ferrovia, evidentemente, deslo-

caram-se também as localidades à sua margem, fato esse devido à má definição desses acidentes na imagem radar.

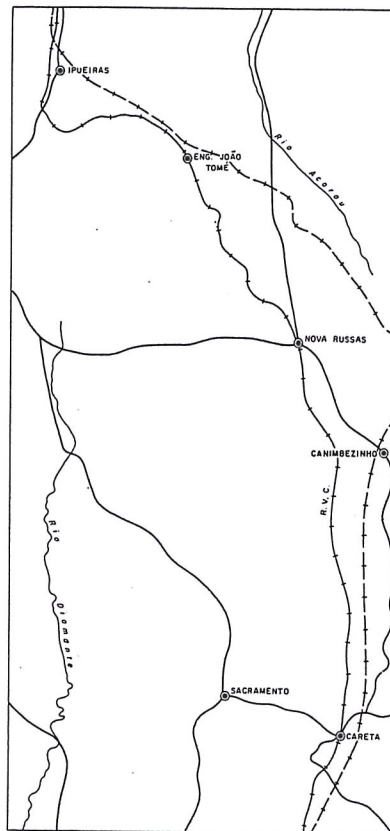


Fig. 2 INTERPRETAÇÃO DA PLANIMETRIA

- Traçado real da ferrovia (mapa topográfico).
- - - Traçado deslocado (interpretação de imagem radar).



4.3 — Interpretação de solos e florestas —

Em regiões elevadas, onde o relevo está dissecado por erosão e as linhas de drenagem se evidenciam por sombreamento, as imagens do radar permitem uma boa delimitação das unidades morfofisiológicas que, considerados os aspectos erosivos e de decomposição, funcionam como indicadores dos tipos de solos. Nas regiões suavemente onduladas ou planas, entretanto, a precária definição da drenagem pouco esclarece sobre os solos. Para esse fim a imagem fotográfica, com melhor resolução e maiores contrastes, permite identificar a separação exata das áreas homólogas, a delimitação das diversas classes de re-

levo e a correlação entre a paisagem e os solos.

4.4 — Interpretação geológica — As imagens do SLAR, de maneira geral, podem comparar-se, para efeito da interpretação geológica, às fotografias aéreas oblíquas, que também dão realce à morfologia mas reduzem a capacidade de separação das unidades litológicas. O sistema radar é, portanto, considerado excelente para delimitação das formações que se caracterizam por um relevo acentuado, mas é fraco para aquelas que se situam em áreas planas.

5. CONCLUSÃO

5.1 — Para os fins de levantamento de recursos naturais, em **escala de reconhecimento**, as imagens do SLAR, de maneira geral, são boas ou mesmo excelentes, em regiões de relevo acidentado, quando a drenagem e a morfologia se destacam. São, porém deficientes, quando a movimentação do terreno é suave; e bastante fracas se, além disso, a cobertura vegetal é densa. Os levantamentos de detalhe não podem ser baseados em imagens-radar, pois exigem cobertura aerofotográfica em escala adequada.

5.2 — Para os fins específicos de elaboração de base cartográfica, o sistema radar poderá atender aos requisitos da carta em 1:250.000, desde que o apoio terrestre tenha a precisão e a densidade suficientes. Na escala 1:100.000, entretanto, o sistema não permite que sejam atingidos os padrões fixados nas leis de uniformização da cartografia brasileira e que caracterizam os planos sistemáticos da DSG, do IBGE, da SUDENE e de alguns órgãos estaduais. Esses padrões só podem ser atingidos com cobertura aerofotográfica, apoio geodésico e restituição fotogramétrica.