

# 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, consequentemente, opótimo 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 "sombras" 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 radargravimetria 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, às 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 media. No artigo "SLAR Geometric Test", publicado na Photogramme tri c Engineering de maio de 1974, são relatados testes realizados na Universidade de Brunswick, no Canadá, os quais conduziram, em

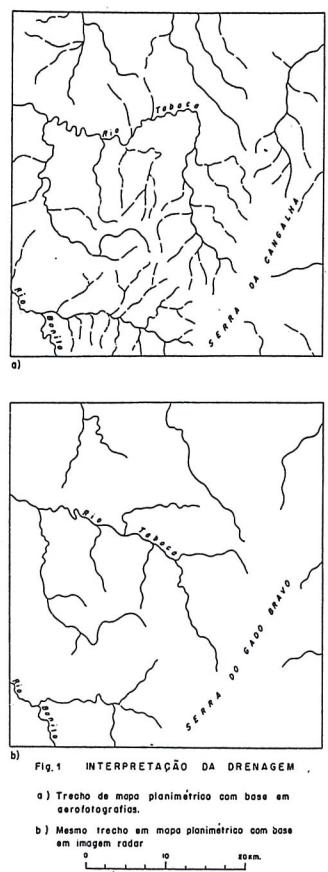
duas faixas densamente apoiadas e com adequado tratamento de cálculo, a um erro médio de 142 m na posição dos pontos checados, precisão essa compatível, segundo os padrões canadenses, com o mapeamento em 1:250.000 classe B.

## 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.

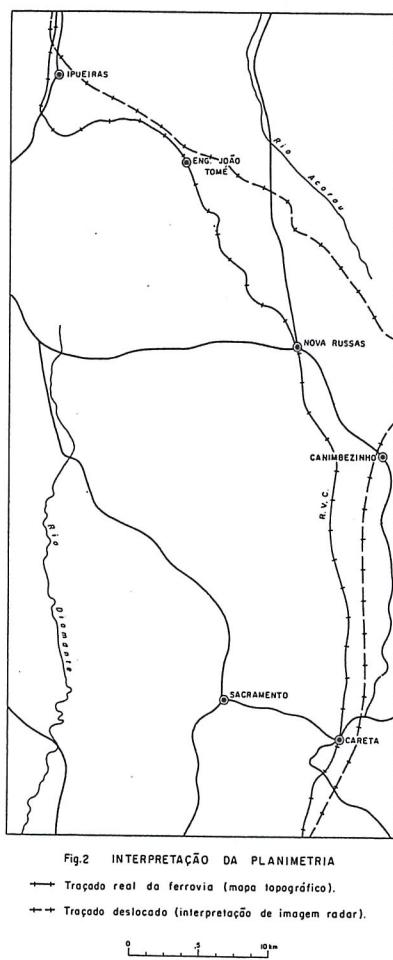
**4.1 — Interpretação da drenagem** — B.N. Koopmans, conferencista do Departamento de Geologia do International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, de Delft, Holanda, apresenta, no ITC Journal 1973-3, o resultado de comparações entre as imagens fotográficas e as do radar, consideradas estas 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.



**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.



**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 indicadoras 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.