

Levantamento dos recursos naturais das regiões Amazônica e Nordeste do Brasil, por meio de radar e outros sensores

João Maciel de Moura
Presidente do Projeto Radam

A participação do Ministério das Minas e Energia no Programa de Integração Nacional do Governo Brasileiro é o PROJETO RADAM (RADar na AMazônia).

É um dos maiores e mais amplos programas jamais feitos para mapear recursos naturais na face da Terra. Este programa usa imagens de radar de visada lateral (SLAR), em conjunto com a quantidade limitada de fotografias aéreas infravermelho colorido e multiespectrais, tomadas de alta e baixa altitude e com verificação de campo para mapear os recursos naturais, em uma área de 3,8 milhões de Km².

A limitação da área foi inicialmente imposta pela quantidade de recursos disponíveis. Feito um orçamento preliminar e estimado o custo unitário por Km², as verbas conseguidas eram suficientes para 1.500.000 Km².

A escolha da área foi ditada, principalmente, por argumentos técnicos, sendo a maior parte dos recursos oriunda do Programa de Integração Nacional: a área, a ser coberta pelos sensores mencionados, deveria estar situada, principalmente, nos limites dos territórios da SUDAM (amazônia) e SUDENE (nordeste). Além desse fato, também aquelas regiões do norte e nordeste não haviam sido fotografadas pelos vôos AST-10 (Acordo Governo Brasileiro e USAF). Em seguida, procurou-se cobrir áreas em que a geologia indicara, aparentemente, o pré-cambriano, deixando-se a área do sedimentar, inclusive os dois lados da calha do rio Amazonas para o futuro. O limite oeste foi estabelecido em Rondônia (longitude 63° W) onde recentemente se fizera levantamento aéreo-fotogramétrico e estudo geológico em detalhe. Ao norte, o limite foi a linha de separação entre o cristalino e o sedimentar e incluindo as capitais de Belém e São Luiz, até o paralelo 0° (Equador). A leste, cobrindo parte do Piauí e incluindo a capital Teresina, o limite foi o meridiano 42° W. O limite sul, quase todo ao longo do paralelo 9° S, foi, finalmente, demarcado pelos recursos disponíveis.

Com a inclusão de pequena área de Rondônia, já bem fotografada e mapeada recentemente e da região da Serra dos Carajás, no Pará, também já coberta com fotografias aéreas, será possível estabelecer melhores padrões de comparação para interpretação das imagens de radar, que estão sendo obtidas.

Na bacia do Maranhão, os levantamentos anteriormente feitos pela PETROBRÁS, permitiriam também comparação, além de serem de grande auxílio para a interpretação das imagens de radar.

Os estudos preliminares do Projeto tiveram início em dezembro de 1970. Os planos foram traçados, planejados os vôos e os trabalhos de campo. A operação aérea teve início em junho de 1971.

O sucesso representado pela rapidez com que foi terminada, dentro do cronograma estabelecido, a cobertura da primeira área de 1,5 milhões de Km², e pela qualidade dos mosaicos preliminares de radar obtidos (30% do total até o fim de setembro), despertou interesse de vários Órgãos, na extensão da área do RADAM. Contatos realizados pela direção do Projeto resultou em sucesso, em vários casos.

Foram concretizados acordos entre o DNPM e os Órgãos abaixo, para prosseguimento dos vôos de levantamento seguintes:

1 — SUDENE, para uma cobertura de 400.000 Km², completando a cobertura dos Estados do Piauí e Maranhão e incluindo parte da Bahia. 2 — CÉPLAC, (Comissão Executiva do Plano de Recuperação Econômico-Rrural da Lavoura Cacueira) para 54.000 Km², na Bahia. 3 — PETROBRÁS, para cobrir cerca de 150.000 Km², abrangendo parte do Acre e do Amazonas, na fronteira com o Perú.

Foi, ainda, aprovada pelo Presidente da República a concessão de recursos do Programa de Integração Nacional, que adicionados a recursos do próprio DNPM, deverão crescer em mais de 1 milhão de Km², as áreas acima mencionadas. Essa extensão cobrirá a área ao norte do rio Amazonas e vai até as fronteiras com as Guianas, Venezuela, Colômbia e Perú.

Até o momento, incluídas todas as extensões já programadas, a área total a ser coberta pelo RADAM é de 3.800.000 Km², ou sejam 46% do território brasileiro. Os estados do Piauí e Maranhão e os territórios de Roraima e Amapá estão incluídos integralmente; o Pará quase integralmente; grande parte do Amazonas, Acre, Bahia e Rondônia e pequenas áreas de Mato Grosso, Goiás, Pernambuco, Ceará e Minas Gerais.

O Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM, Órgão do Ministério das Minas e Energia, tem a responsabilidade do planejamento, coordenação e execução do Projeto, o qual deverá estar completo em 30 de junho de 1974. O custo está estimado em Cr\$ 100.000.000 (US\$ 17.000.000). Os recursos virão inteiramente dos orçamentos do Governo, sem financiamento algum de Agências locais ou estrangeiras.

Uma empresa consultora, EART SATELLITE CO., foi contratada para dar assistência técnica, na preparação de especificações, inspeção, aceitação e interpretação das imagens e dos mosaicos.

Uma companhia brasileira — LASA, Engenharia e Prospecções S/A., associada com AERO SERVICE CORP., dos Estados Unidos, foi contratada para executar os vôos, estabelecer o controle de terra, revelar e ampliar as fotos e imagens de radar e construir os mosaicos.

A interpretação das imagens para confecção das cartas temáticas finais está sendo executada pelas equipes do PROJETO RADAM. Essas equipes fazem também as verificações no campo, para confirmar, completar e corrigir a interpretação feita no escritório, com uso das imagens de radar e fotografias.

Os primeiros meses de atividade de vôos compreenderam aquisição extensiva de imagens fotográficas e de radar sobre toda região. Essa fase, já concluída a parte de vôos, incluirá também a apresentação de mosaicos de imagens de radar, em quadrículas da convenção internacional de 1° de latitude por 1,5° de longitude, na escala de 1:250.000.

Os vôos de toda a área programada, foram realizados, até o fim do ano de 1971, embora o início tenha sido retardado, em virtude de problemas técnicos.

As imagens fotográficas e de radar foram adquiridas de bordo de uma aeronave de alta performance, o Caravelle de jato duplo, voando a 700 Km por hora e a uma altitude de 11 a 12.000 metros acima do terreno, isto é, efetivamente acima da maioria das coberturas de nuvens da região equatorial.

Foi usado o radar modelo 102 da Goodyer, que é do tipo de abertura sintética e fornece resolução espacial melhor do que 20 metros em todos os pontos da imagem.

Este aparelho de radar funciona na banda "X" (3 cm de comprimento de onda) a fim de assegurar uma penetração máxima das camadas densas de nuvens e de chuva.

Todos os vôos foram executados ao longo de linhas norte-sul. Houve uma exceção, em uma orla na Bahia, onde fortes ventos obrigaram a mudança para o sentido Leste-Oeste.

A geometria do radar é tal que os ângulos de depressão da varredura do radar estão entre 13° e 45° a partir do horizonte. A varredura lateral do radar em cada vôo cobre 37 Km de largura e as varreduras consecutivas permitem uma superposição de 26%. Por essa razão, cada linha de vôo dista 15 minutos em longitude da seguinte, o que, naquela região, corresponde a cerca de 28 Km.

Com uma realização de 3 a 5 horas de vôo produtivo por dia, a uma velocidade de cerca de 700 Km/h, o percurso útil diário é de 2.100 a 3.500 Km. Isso significa que, não havendo problemas técnicos de vôo ou do equipamento eletrônico, é possível executar o levantamento de até quase 100.000 Km² (3.500x28=98.000) diários. A fim de ser obtido o máximo rendimento em fotografias infravermelho colorido e multiespectral, os vôos são realizados apenas durante o dia. Tendo sido realizados durante o período de estiagem e menor presença de nuvens, os resultados foram excepcionalmente bons. Em primeira aproximação, estima-se que cerca de 50% da área terá, além do radar, também as fotografias livres de nuvens.

Em casos onde a fotografia aérea não for desejada, os vôos poderão ser realizados também à noite, para obtenção de apenas imagens de radar. Nesses casos a produção poderá ser o dobro do indicado acima.

A retilinearidade das linhas de vôos e a fidelidade geométrica das imagens são maximizadas pelo uso de equipamentos de navegação redundante e superior, a bordo, bem como pelo acompanhamento contínuo da aeronave por meio de estação de terra tipo SHORAN; com posicionamento precisamente conhecido. O controle de terra, para a apresentação cartográfica subsequente dos dados, está baseado em aproximadamente 2 dúzias de pontos selecionados, para os quais a localização geográfica foi determinada com precisão de primeira ordem por meio de estações receptoras de sinais de satélites geodésicos da Marinha Norteamericana. A estação receptora fica instalada apenas uns dois dias no ponto cujas coordenadas se deseja determinar. A fita perfurada pela estação é levada a um computador e por meio de programa, previamente preparado, são obtidas as coordenadas. A escala será uniforme ao longo de todo o mosaico, dentro de 1% de erro.

As imagens de quadriculas estão sendo interpretadas por grupos separados de geo-cartografia, geomorfologia, geologia, vegetação e solos, já que foi concluída a fase de preparação de padrões. A interpretação será para cada quadricula e preparada, separadamente, para cada uma das disciplinas. A interpretação é auxiliada por pesquisa das informações existentes sobre a região Amazônica, bem como por amostras de informações obtidas por vôos de baixa altitude em avião ou helicóptero, e na obtenção de verdade terrestre (ground truth), coletada por equipes, nas várias partes da região. A compilação das imagens e os overlays de interpretação serão passados para equipes de análises, que farão o estudo do uso potencial da terra, e também indicarão as áreas preferenciais para posteriores investigações e utilização de outros sensores remotos, com maior detalhe.

Além da aparelhagem de radar, o Caravelle transporta, também, uma câmara de mapeamento vertical Zeiss, com lente super-grande-angular, abastecida com filme infravermelho colorido. Seu campo de visada é tal que cada fotografia permite uma pequena superposição com a imagem lateral de radar simultânea, além de 60% de superposição com as outras fotos ao longo da linha de vôo. Dentro das possibilidades que a cobertura de nuvens oferecer, as fotografias do solo diretamente abaixo da aeronave, facilitam a verificação da linha de vôo da retilinearidade dos mesmos e sua localização, além de servirem como um auxílio na interpretação das imagens de radar. Mesmo nas extensões em que a cobertura de nuvens não permitir fotografias do solo, as fotografias servirão para uso na análise da cobertura de nuvens, em conjunto com as experiências dos satélites do programa ERTS (Earth Resources Technology Satellite), que serão lançados pela NASA, dentro de um esquema dos Departamentos do Interior e da Agricultura, do governo norte americano.

Em aditamento às fotografias de tamanho grande 23x23 cm, em infravermelho colorido, na escala de 1:130.000, e de um vídeo-tape, obtido com câmara de televisão a bordo, a aeronave também obtém imagens multiespectrais em preto e branco, por meio de uma câmara de visada vertical (fabricação I²S), equipada com 4 lentes independentes e sincronizadas. As imagens multiespectrais obtidas, na escala de 1:73.000, servirão inicialmente como auxílio para a interpretação das imagens de radar e subsequentemente como base para uma análise comparativa das imagens multiespectrais a serem obtidas pelos ERTS A e B.

O Programa ERTS, já mencionado acima, consiste no lançamento do satélite A, em junho de 1972, equipado com uma coleção de sensores que remeterão informações e imagens para estações receptoras na Terra. O sa-

télite A, terá a vida de um ano e circulará em órbita tal que, cada ponto será sensorado, repetidamente, a intervalos de 18 dias, sempre à mesma hora do dia. Suas imagens poderão ser comparadas com as do PROJETO RADAM e trarão grande auxílio na interpretação dessas últimas.

Um outro satélite semelhante ao B, está programado para 1973, e finalmente, o "skylab" será lançado em 1974. Este último será laboratório espacial, não tripulado, que será abordado periodicamente por naves tripuladas e que trarão os filmes e outros dados registrados, nos equipamentos do laboratório espacial, para serem processados em terra.

O objetivo fundamental do PROJETO RADAM é produzir informações básicas para o planejamento e execução do desenvolvimento da região Amazônica, de forma a melhor integrá-la com o resto do País. O processo que foi selecionado é o de executar um levantamento tipo reconhecimento, baseado nos resultados das análises preliminares; serão selecionadas áreas prioritárias para estudos mais detalhados por meio de sensores remotos e pesquisas no solo. Esses levantamentos detalhados conduzirão à seleção de pequenas áreas para aproximações e trabalhos de desenvolvimento ainda mais minuciosos.

A idéia de iniciar com um levantamento de nível não muito profundo, e daí focalizar a atenção em áreas de interesse específico, é um desvio sensível do sistema ortodoxo de montagem de numerosos levantamentos detalhados em um panorama geral.

A variedade de recursos que será inventariado por um mesmo levantamento, é também um processo único. As imagens adquiridas serão interpretadas para geo-cartografia, geomorfologia, geologia, vegetação e solos.

Essas interpretações levarão a mapas de uso potencial da terra, a inventários de recursos minerais em potencial, inventários de recursos florestais, potencial hidro-elétrico e de água potável, análises de perigos para saúde, estradas potenciais e uma estimativa potencial da agricultura. Esse acesso multidisciplinar permitirá avaliar o desenvolvimento potencial da área, baseado num complexo de recursos, em lugar de ter que baseá-lo em qualquer um recurso isolado.

Como uma expansão lógica do levantamento de radar, o PROJETO RADAM participará nas experiências do ERTS, tendo sido já aprovada pela NASA proposta para essa participação. Por essa razão as imagens do SLAR são de visada oeste, com ângulos de visada próximos ao do ângulo solar das imagens dos ERTS.

Em resumo o Projeto terá os seguintes principais produtos do aerolevantamento:

Mosaicos de radar

Escala 1:250.000

Mosaico regional do radar

Escala 1:1.000.000

Fotografias infravermelho colorido

Escala 1:130.000

Fotografias multiespectrais

Escala 1:73.000

Video-tape das linhas de vôo

Escala 1:25.000

As equipes de interpretação, utilizando o material acima, produzirão os seguintes mapas, tudo na escala 1:250.000:

- Carta Topográfica Planimétrica
- Mapa Geológico
- Mapa Fitoecológico
- Mapa de Economia Florestal
- Mapa Pedológico
- Mapa do Uso Potencial da Terra.

Uma extensa zona de informações como perfis altimétricos, dados bibliográficos sobre cada área, dados logísticos, relatórios de cada quadrícula e regionais e muitos outros estarão também disponíveis para os interessados.

Finalmente, convém mencionar a verdadeira e ampla integração que está representando o PROJETO RADAM. Os Ministérios da Agricultura, do Exército, do Interior e da Saúde, o Instituto de Pesquisas Espaciais, a SUDENE, o INCRA, os Governos dos Estados do Pará, Piauí e Maranhão, além do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica e as Companhias Vale do Rio Doce e Petrobrás, forneceram especialistas que vieram

trabalhar, tempo integral, lado a lado, com os técnicos do DNPM, para concretização dos objetivos do PROJETO RADAM. Estão quase todos localizados em Belém, sede de operações do PROJETO RADAM, de onde partem as expedições por terra, por água e pelo ar, para os pontos selecionados, para verificação da interpretação feita nos mosaicos e fotos.

Mais de vinte estudantes, principalmente de Geologia e Agronomia, trabalham como estagiários no Projeto.

É fora de dúvida que, pela primeira vez, é executado um projeto sistemático e amplo de levantamento de recursos naturais da Amazônia, representando uma verdadeira abertura da cortina que cobria aquela região.

(*) a SUDAM,

