

# A CARTOGRAFIA BRASILEIRA E A GEODÉSIA POR SATÉLITES

GENARO ARAUJO DA ROCHA  
Engenheiro Civil

Desde muito está na consciência do povo brasileiro a necessidade de promover-se a conquista do solo amazônico. Dêste ponto de vista também muitos governos nacionais partilharam.

Mas as dificuldades de ocupação do imenso vazio sempre foram de molde a desencorajar uns e outros.

E na raiz dessas dificuldades está o desconhecimento quase total da Região, desconhecimento que gera lendas, que provoca receios, que alimenta sonhos, mas que pode também estar, todos êstes anos, subtraindo ao povo brasileiro os frutos de incalculáveis riquezas.

Quase tôdas as atividades econômicas de porte esbarraram no limiar da grande floresta, e a Cartografia Nacional não poderia fugir à regra.

Alguns esquemas foram tentados para levar-se o apoio fundamental para dentro da bacia amazônica, até com o auxílio de técnicas as mais sofisticadas, mas o fator econômico desencorajou os promotores de tais tentativas.

Muito recentemente sofreu interrupção o Projeto SHIRAN, que a Comissão Mista Executora do Acôrdo Brasil-Estados Unidos Sôbre Serviços Cartográficos programara. E êste Projeto era uma das grandes esperanças de nossa cartografia para a penetração da região amazônica.

E, quando o Projeto sofreu interrupção, nada se tinha feito na grande floresta.

Foi esta a situação que o atual Governo Federal encontrou quando, captando as aspirações do nosso povo, decidiu enfrentar o desafio que a Amazônia lhe apresentava e partiu decidido para conquistá-la. Primeiro, com a Rodovia Transamazônica. Quando o governo decidiu implantá-la, constatou a inexistência de qualquer carta válida que o pudesse guiar.

Afortunadamente, a técnica aerofotogramétrica permitiu solucionar o problema com rapidez e segurança.

Mas, o governo pretendeu ir mais longe e estabeleceu um programa ambicioso de conhecimento global das áreas circunvizinhas da Transamazônica, num total de mais de 1.500.000 km<sup>2</sup>.

E êste conhecimento carece de urgência, para permitir em prazo curto as programações de ocupação e aproveitamento da terra.

Lançou, então, através do Departamento Nacional da Produção Mineral do Ministério das Minas e Energia, o Projeto RADAM, pelo qual se busca obter informações morfológicas, geológicas e de vegetação por meio da cobertura total daquela área com imagens de Radar e, quando possível, com aerofotografias de filme infra-vermelho-colo-

rado, além de, como elemento auxiliar, aerofotografias de filme infra-vermelho preto e branco e filtros diversos.

Tratando-se de área cujas condições atmosféricas são normalmente adversas à tomada de fotografias aéreas, o D.N.P.M. estabeleceu como elemento fundamental a cobertura de Radar, sabido que as ondas do radar, de comprimento em torno de 3 cm, são capazes de transpor as formações de nuvens e atingir o terreno e, por consequência, permitir a obtenção da imagem do mesmo, possibilidade esta inteiramente fora do alcance do processo aerofotográfico comum.

Como elementos secundários, mas também de valor inestimável, vêm as aerofotografias, que deverão desempenhar papel de relêvo na interpretação das imagens de radar, não sendo porém indispensável a cobertura total da área, objetivo desejado mas não perseguido.

Mas o D.N.P.M. não deseja receber as imagens de radar apenas na forma convencional e sim deseja tê-las em escala de 1:250.000, em folha de formato 1.º x 1.º, 5, de modo a servirem de base cartográfica para o mapeamento planimétrico da região.

Para a obtenção e contrôle da escala correta tornou-se necessária a determinação de 23 posições geodésicas, com espaçamento máximo de 450 km.

Estas posições eram necessárias não somente para o contrôle da escala final dos mosaicos, como também, algumas delas, para servirem de base às estações SHORAN de contrôle de voo e de posicionamento dos centros das fotografias coloridas.

Na área a leste do meridiano de 50.º e ao norte do paralelo de 8.º havia posições determinadas pelo sistema HIRAN, mas em tôda a área a oeste do meridiano de 50.º, exatamente a menos ocupada, não havia uma só posição determinada útil ao Projeto RADAM.

Esta circunstância e o fato de o D.N.P.M. ter programado a execução da cobertura de radar, na área total de 1.500.000 km<sup>2</sup>, no prazo máximo de 4 meses, deram às empresas concorrentes a impressão inicial de que estávamos diante de um problema insolúvel.

Mas, mais uma vez brilhou a estrela do Governo Federal e fez com que a decisão de ocupar a Amazônia se desse no instante preciso em que a técnica achava a solução para o posicionamento geodésico em áreas de difícil acesso.

Estávamos no limiar da era da geodésia por satélites de navegação.



Em 1967, o Governo dos Estados Unidos liberou para uso não militar o sistema de navegação por satélites da Marinha e em 1970 a Cia. Magnavox, da Califórnia, lançou no mercado o instrumental de recepção, registro e cálculo dos sinais de satélites para determinação de coordenadas geodésicas.

Com base nessas informações, assumimos o risco de introduzir no Brasil a determinação de coordenadas por recepção de sinais de satélites, e em abril de 1971 adquirimos o "Transit Land Survey Set", modelo 702 CA, e no dia 27 do mesmo mês fizemos, nos jardins do Observatório Nacional, no Rio de Janeiro, uma demonstração pública do equipamento, para a qual convidamos autoridades e técnicos da Diretoria do Serviço Geográfico, da Diretoria de Hidrografia e Navegação, da Diretoria de Rotas Aéreas, do Instituto Brasileiro de Geografia e do Departamento Nacional da Produção Mineral.

Tendo o equipamento operado a contento, despachamo-lo para a Amazônia, para dar cumprimento ao programa de coordenadas do Projeto RADAM.

#### A GEODÉSIA POR SATÉLITES DE NAVEGAÇÃO

Os satélites de navegação foram lançados pela Marinha Americana com a finalidade inicial de permitir a orientação de suas belonaves, especialmente os submarinos Polaris.

O conhecimento perfeito da órbita dos mesmos possibilitava o posicionamento preciso dos navios.

Dá para a determinação de coordenadas de marcos fixos, com maior precisão ainda que a determinação da posição do navio, que é um alvo móvel, foi um pulo.

No momento, no Brasil, recebemos os sinais de cinco satélites que descrevem órbitas circulares polares, à altura de cerca de 1.000 km, permitindo várias determinações em um mesmo dia.

Os satélites emitem sinais nas frequências de 400 MHz e 150 MHz e quando eles surgem no horizonte da estação receptora, esta inicia o registro dos sinais em fita de papel.

Os sinais podem ser todos ou em parte aproveitados para o cálculo das posições, mas os melhores resultados são obtidos no espaço em que o satélite acha-se entre 15.º e 70.º acima do horizonte.

Dentro de critérios pré-estabelecidos, o programa de cálculo rejeita as recepções que não produzem resultados consistentes.

Uma boa posição, com erro em torno de 10 metros, pode ser obtida com 15 a 20 passagens do satélite, o que se consegue em 2 dias de estacionamento.

O cálculo eletrônico das coordenadas é programado de tal maneira que se dispensa o conhecimento preciso da altitude da antena receptora.

Entra-se com um valor grosseiro da altitude, o mesmo acontecendo com as coordenadas, que podem ser retiradas de qualquer mapa.

É também necessário o registro aproximado da hora da recepção, para que o programa reconheça o satélite emissor.

No caso, porém, de não ter sido feito o registro da hora da recepção, há um programa que permite estabelecer a identidade do satélite.

O conhecimento da órbita exata do satélite é o ponto crítico do sistema.

Para reduzir este problema, cada satélite é rastreado por quatro estações nos Estados Unidos, e a órbita do mesmo vai sendo constantemente atualizada.

Os dados atualizados são transmitidos ao satélite, que os memoriza e retransmite juntamente com os sinais de posicionamento.

#### DADOS EXPERIMENTAIS

##### a) Coordenadas geodésicas

Nossa experiência no assunto ainda não é grande, pois estamos operando há pouco tempo com o equipamento.

Entretanto, já podemos divulgar alguns dados e vislumbrar algumas conclusões.

Na experiência que fizemos no Observatório Nacional, encontramos, para a posição da antena, as coordenadas:

Datum CORREGO ALEGRE .....	22.º 53' 44",20	43.º 13' 25",20
Datum SATÉLITE .....	22.º 53' 45",90	43.º 13' 27",20
Diferenças .....	— 1",70	— 2",00

Na área do Projeto RADAM, fizemos as seguintes comparações:

##### BELEM

Datum CORREGO ALEGRE .....	1.º 24' 45",14	48.º 27' 16",25
Datum SATÉLITE .....	1.º 24' 46",20	48.º 27' 19",10
Diferenças .....	— 1",06	— 2",85



## GRAJAÚ

Datum CORREGO ALEGRE .....	5.° 48' 31",25	46.° 07' 08",32
Datum SATÉLITE .....	5.° 48' 32",10	46.° 07' 10",70
Diferenças .....	— 0",85	— 2",38

## SÃO LUÍS

Datum CORREGO ALEGRE .....	2.° 35' 57",48	44.° 14' 23",30
Datum SATÉLITE .....	2.° 35' 58",56	44.° 14' 25",38
Diferenças .....	— 1",08	— 2",08

As diferenças encontradas são consistentes, o que dá uma medida da qualidade das determinações.

### b) Altimetria:

Um subproduto da determinação de coordenadas através de satélites é a obtenção da altitude do ponto onde fica instalada a antena receptora.

As coordenadas sendo referidas a um elipsóide, a sua precisão está até certo ponto ligada ao conhecimento da altitude da antena, para redução ao elipsóide.

Assim, o cálculo é organizado de modo a que a uma coordenada correta corresponda uma altitude correta.

Os erros em altitude, porém, sendo mais sensíveis que os erros em coordenadas, pode acontecer que não sejam aceitáveis para fins de mapeamento, ainda que não produzam maiores danos nos valores das coordenadas.

Este é um campo a investigar, na base de determinações sobre pontos de altitudes conhecidas.

Um elemento de perturbação nessas investigações será a falta de conhecimento preciso dos desníveis entre o geóide (nível médio do mar) e o elipsóide de referência.

Afortunadamente, no Brasil as determinações já efetuadas levam a acreditar que os desvios são pequenos e crescem regularmente de leste para oeste. O número de observações e a sua distribuição não é, porém, ainda de molde a ter-se uma conclusão definitiva, pelo menos na ordem de precisão que se pretende para fins de mapeamento.

Não deixa, porém, de ser sedutora a idéia de transporte de datum altimétrico através dos satélites, especialmente para áreas de acesso difícil.

### CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Estamos, sem dúvida, de posse de uma ferramenta que revolucionará o nosso programa de mapeamento sistemático.

Parece ser este o último elo que faltava, sabido que o apoio terrestre tem se constituído no gargalo da nossa produção de cartas.

Daqui para frente, somente o desinteresse será obstáculo ao conhecimento do nosso território através de bons mapas.

Senão, vejamos.

Dispomos de cobertura aerofotográfica em escala de 1:60.000 de cerca de 2/3 do Território Nacional. Para as áreas ainda não fotografadas, situadas na bacia Amazônica, dispomos no País de aviões com capacidade de voo até 9.000 m de altura e de câmaras cartográficas de foco inferior a 9 cm, significando que poderemos cobrir essas áreas com fotografias em escala até 1:100.000.

Dispomos de grande quantidade de aparelhos de restituição fotogramétrica; somos, provavelmente, um dos países que possuem em maior número tais equipamentos, os mais versáteis e modernos.

E dispomos agora da técnica apropriada para o aceleração do apoio terrestre.

Acredita-se que esta técnica, convenientemente aplicada, poderá produzir coordenadas e alturas com precisão relativa de 5 metros.

Um esquema que envolva receptores de sinais de satélites para transporte de datum planimétrico, medidores eletrônicos de distâncias, giroscópios para orientação dessas distâncias, altímetros de precisão para o adensamento do apoio e triangulações aéreas calculadas eletronicamente em blocos, para a complementação, parece ser, no estágio atual da técnica de mapeamento, o caminho mais curto e o menos oneroso para a produção do apoio de nossas cartas.

Todo este instrumental existe no Brasil e toda a técnica de utilizá-lo é do conhecimento corrente de nossas organizações de mapeamento, quer públicas quer particulares.