

NOVAS SOLUÇÕES PARA O PROBLEMA DE IMPLANTAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA GEODÉSICA DE REGIÕES - PROBLEMA

ENG.º PLACIDINO
MACHADO FAGUNDES

— Trabalho apresentado na II CONFEGE (2.ª Conferência Nacional de Geografia e Cartografia) promovida pela FUNDAÇÃO IBGE em nov./dez., 1972 na cidade do Rio de Janeiro.

Em diversas oportunidades temos nos referido ao fato de constituir, hoje, para o Geodesta, um problema delicado a escolha de equipamento adequado para esta ou aquela tarefa, para este ou aquele tipo de terreno, desde que a Eletrônica, a Física do Estado Sólido, a Computação Eletrônica a Digitalização e outras conquistas da ciência e da tecnologia foram colocadas a serviço da Geodésia, da Topografia, da Fotogrametria, da Engenharia Cartográfica, enfim.

Realmente, quando se imagina, por exemplo, ter selecionado o medidor eletrônico de distâncias ideal para poligonização, surge um mais moderno, a base de raios LASER, medindo ângulos horizontais e verticais, concomitantemente com a medida precisa de distâncias até 2 km as quais reduz, imediatamente, ao horizonte, gravando todos os dados em fita magnética para entrada direta em um computador.

Todos estão lembrados do método ABC (Air — Borne — Control), usado no Alaska, na Austrália e em outras regiões de difícil aplicação das clássicas triangulações ou trilaterações, método aquele cuja aplicação não se consagrou como um procedimento prático e eficiente dada a impossibilidade de manter imóvel o helicóptero sobre o vertical de um ponto do terreno, já que este tipo de aeronave, para sustentar-se no espaço, tem de manter-se em movimento dentro de uma esfera de 1 m. a 1,50 m. de diâmetro, tornando penosa e demorada a tarefa de sobrevoar, exatamente, o marco plantado no

vértice a determinar, a fim de proceder às medições lineares e angulares nesse exato momento, inclusive a distância vertical entre o vértice a implantar e o alvo que, instalado no helicóptero, permite a medição dos ângulos com a precisão que a acuidade do teodolito proporcionar.

Os pesquisadores, entretanto, não se entregam mas, pelo contrário, parece mais se empenharem justamente quando se lhes antepõe algum obstáculo dessa ordem. Senão vejamos:

O problema de sobrevoar, exatamente, a vertical do vértice a implantar e de medir a distância exata entre ele e o alvo flutuante, exigia uma solução, tendo em vista a necessidade de reduzir ao horizonte, e posteriormente ao nível do mar, as medidas realizadas com medidores eletrônicos entre dois ou mais vértices conhecidos e o alvo instalado no helicóptero. Duas ou três soluções foram adotadas à época de mais intensa aplicação do método ABC, desde os simples visores óticos verticais até os sistemas de televisão em circuito fechado, mas todos sujeitos ao problema do "hovering" do helicóptero, significando que o aparelho paira mas não pára sobre a vertical de um ponto da superfície da Terra.

O uso do helicóptero, entretanto, continuava parecendo a melhor solução para o problema da interferência da curvatura da Terra na medição de grandes distâncias, ou mesmo de lados normais de triângulos de 1.ª ordem, em regiões planas, cobertas de vegetação de grande porte, onde o uso de torres, pela altura exigida, seria inexequível, assim como na medição de distâncias entre um vértice acessível e um vértice inacessível, quando outros meios de transporte revelam-se impraticáveis.

A fórmula para continuar usando o helicóptero nesse tipo de operação foi agora encontrada por um cartel de empresas Canadenses que idealizou e concretizou a idéia de colocar, servindo-se do próprio helicóptero, um emissor de raios LASER no vértice a determinar, emitindo um feixe cônico que pode ser regulado para atingir a altura do helicóptero com um diâmetro de base da ordem de 1 m.

Os medidores eletrônicos de distâncias, aerotransportados, foram substituídos por modelos mais recentes e aperfeiçoados para garantir precisões de medida superiores às proporcionadas pelos que os precederam.

Em linhas muito gerais, o sistema compreende distanciômetros eletrônicos aerotransportados; um emissor de raios LASER de uso terrestre e respectivo captador aerotransportado; teodolitos de leitura direta ao décimo de segundo, e uma unidade registradora eletrônica de todos os dados colhidos durante a operação do sistema, produzindo fita gravada para entrada direta em computadores eletrônicos.

De dimensões e pesos reduzidos — a maior unidade mede 54 x 54 x 27 cm e pesa 25 kg — conseguem esses equipamentos aliar eficiência e portabilidade, permitindo, até, que outros sensores, como gravímetros e magnetômetros, sejam transportados no mesmo helicóptero, para simultâneo levantamento geofísico das áreas sobrevoadas.

Dentre os equipamentos desta última geração de distanciômetros eletrônicos, destacam-se o RPS (Range Positioning System) da MOTOROLA e o AUTOTAPE DM-40 da CUBIC que, medindo as linhas com uma frequência de uma medição por segundo, durante 20 segundos

em cada série, fornecem a extensão de linhas de até 200 km de extensão, com precisão da ordem de 1:150.000.

O emissor de raios LASER, pesando apenas 18 kg, é instalado e nivelado no vértice a determinar, e, acionado por bateria de 12 volts, emite um feixe cônico, coerente, regulável de forma tal que o diâmetro da base meça 1 m, ou menos, na altura em que for programada a posição do helicóptero para ser "visto" de 2 ou mais vértices conhecidos.

Dotado de um parafuso micrométrico em conjunto com um "chart" montado na unidade, o emissor faculta ao operador regular o feixe-cônico de forma a manter o diâmetro de sua base com a dimensão de 1 m, tanto para uma altura de 100 m, por exemplo, como para a de 200 ou 400 m, ensejando uma comparação dos resultados obtidos e, por conseguinte, uma verificação da precisão da medida efetuada.

O problema do exato sobrevôo da vertical do marco implantado no terreno, e da medição simultânea das distâncias aos vértices conhecidos e da altura exata do helicóptero acima do marco sobrevoado, é solucionado pela unidade registradora eletrônica que somente registra todos esses dados quando o helicóptero, em seu movimento adejante, penetra no cone de raios LASER.

A unidade sensora montada sobre a antena do AUTOTAPE instalada na parte inferior da fuselagem do helicóptero é acoplada à unidade registradora, de tal forma que ao penetrar a unidade sensora no cone emitido pela unidade terrestre, a registradora digitalizadora é "disparada" pelos próprios raios LASER, sendo, então, registrados, simultânea e automaticamente, todos os dados relativos à altura do helicóptero e às distâncias da unidade interrogadora do Autotape (montada na aeronave), às unidades remotas, respondedoras (instaladas, no terreno, em dois vértices conhecidos). Os registros se repetem com a frequência de 1 por segundo, sendo gravados todos os dados em fita magnética, mas somente quando o helicóptero se encontra no interior do cone de raios LASER, ocasião em que uma luz vermelha e uma buzina dando ciência ao piloto de que medições estão sendo realizadas com aproveitamento. Afastando-se o helicóptero do cone de raios LASER, cessa automaticamente o funcionamento da unidade registradora, muito embora

o Autotape continue efetuando medições a cada segundo.

Nos vértices conhecidos, são instalados os refletores do distanciômetro que opera na banda-X de radiações eletro-magnéticas da faixa de RADAR, bem assim como teodolitos — para medida de ângulos que facultem a simultânea execução de triangulações e trilaterações e a determinação de altitude do vértice em que se instala o emissor de raios LASER.

Todos esses dados, obtidos sem a interferência do operador e, portanto, isentos de erros pessoais, são levados ao computador, fornecendo a posição horizontal do vértice a determinar e a sua altitude sobre o Geóide (Fig. 1), uma vez que tanto a sua distância aos vértices conhecidos como os ângulos verticais de visada ao helicóptero, a partir desses mesmos vértices, são medidos, ensejando a obtenção de sua cota por nivelamento trigonométrico de alta precisão, controlado por duas ou mais determinações.

No que tange à altitude, entretanto, caso seja requerida precisão ainda maior que a obtida pela média das duas ou mais determinações, a partir de vértices de altitude conhecida (Fig. 2), um procedimento a base de dois emissores de raios LASER: um dotado de um sistema ótico que produz um "feixe em leque" e estabelece um plano de referência horizontal; o outro, produzindo o feixe cônico a ser sobrevoado, pelo helicóptero, pode ser adotado com resultados altamente promissores.

A distância horizontal entre os 2 pontos é medida com um distanciômetro eletrônico para correção da curvatura da Terra em distâncias que assim o exijam. Todos esses dados colhidos simultaneamente (Fig. 3) e registrados em fita magnética são levados diretamente ao computador para o cálculo das diferenças de nível entre os dois pontos, um de cota conhecido, outro de cota a determinar.

As altitudes assim obtidas, são referidas ao Geóide desde que a malha de pontos tenha início numa RN estabelecida por nivelamento de precisão, sendo lícito admitir que a precisão de repetibilidade, da ordem de 20 cm, seja também a precisão da altitude determinada, quando a referência inicial for uma RN de primeira ordem, cujo desvio possa ser negligenciado.

Trata-se, por conseguinte, de uma metodologia altamente eficiente para

áreas-problema, e de excepcional rendimento dada a rapidez com que se realizam as medições e com que se deslocam os equipamentos e seus operadores, utilizando como meio de transporte os próprios helicópteros empregados na operação.

Numa região como a Bacia Amazônica ou como a Faixa de Fronteiras do Brasil, ambas consideradas áreas prioritárias pela Alta Administração do País, o procedimento poderia ser empregado não apenas para fins cartográficos, mas também para solução da maioria dos problemas em que a rede geodésica fundamental se faz necessária.

É claro que precederia a aplicação desse procedimento, conhecido como "VERTI-SITE", a abertura de clareiras nas áreas cobertas de mata densa para implantação dos marcos e posterior instalação dos emissores de raios LASER, dos refletores do distanciômetro, etc. Para esta operação tem sido sugerido o lançamento de bombas de gás para afugentar seres vivos (animais, índios, colonos, etc.) e subsequente lançamento de explosivos para abrir as clareiras, sendo a perenidade dessas clareiras obtida com agentes químicos que esterilizariam o solo naquela pequena área assim aberta.

Informações preciosas, colhidas, entretanto, com técnicos conhecedores da Bacia Amazônica e experimentados na abertura de clareiras naquela região, tanto como servidores da SUDAM ou da FUNAI como participantes do Projeto Radam, encorajam o Autor a afirmar que muito mais eficiente é a abertura dessas clareiras por conhecedores da mata amazônica, armados com serras mecânicas movidas a motor alimentado a gasolina, pois esta prática evitaria qualquer risco de injúria aos seres vivos e ofereceria a garantia de uma limpeza completa da clareira aberta.

Para construção dos marcos, recorrer-se-ia aos agregados secos, transportando-os de helicóptero juntamente com a água necessária à obtenção do material plástico a ser moldado, no terreno, dentro da forma que permaneceria no local como parte integrante do próprio marco. A alma do marco seria um vergalhão de latão com uma cruzeta no topo, o qual seria cravado no terreno com um martelete movido igualmente a gasolina, também transportado a helicóptero.

A experiência obtida no Canadá com a aplicação desta metodologia, autoriza a estimar que a área

SISTEMA "VERTI-SITE"

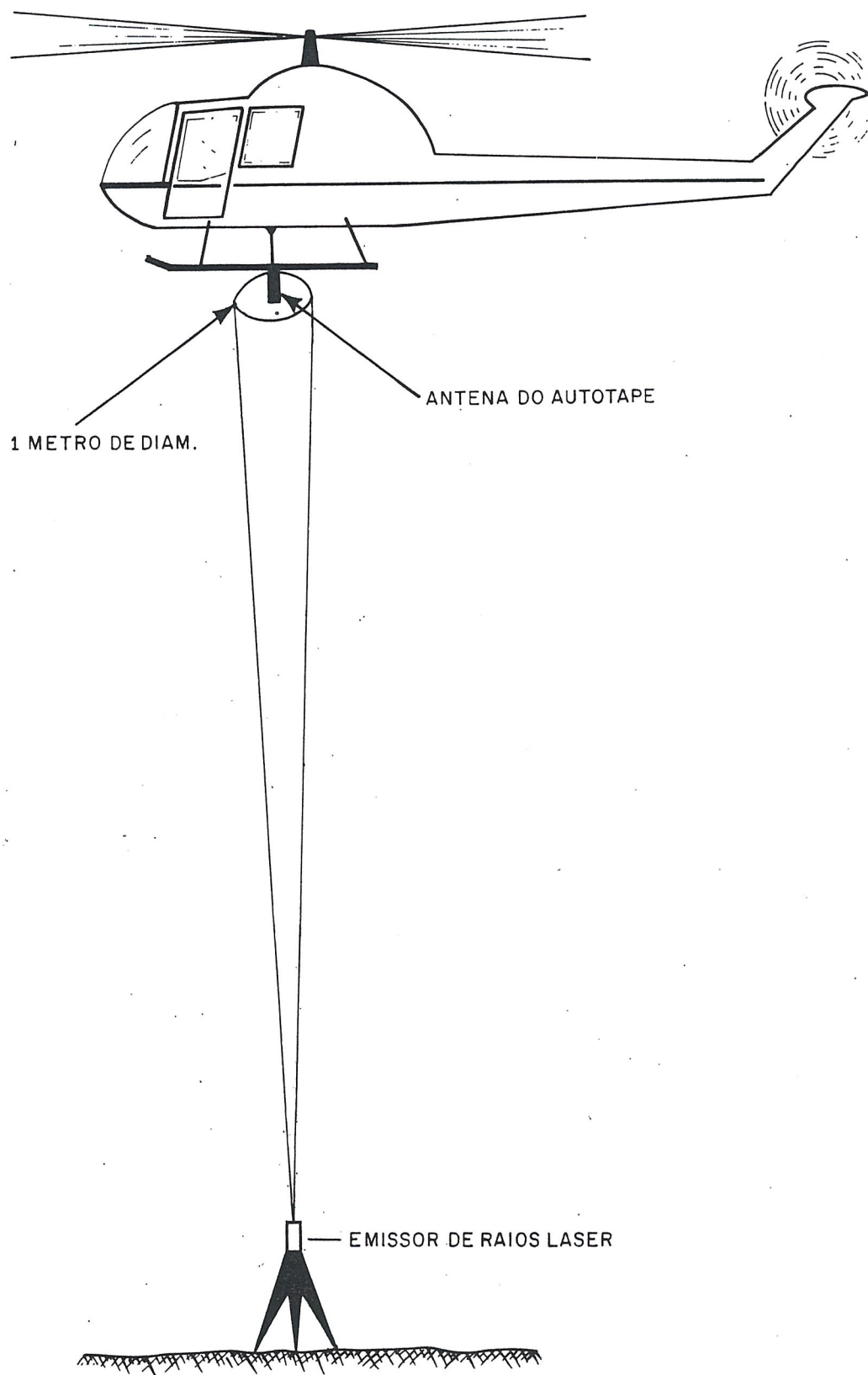


FIG.1

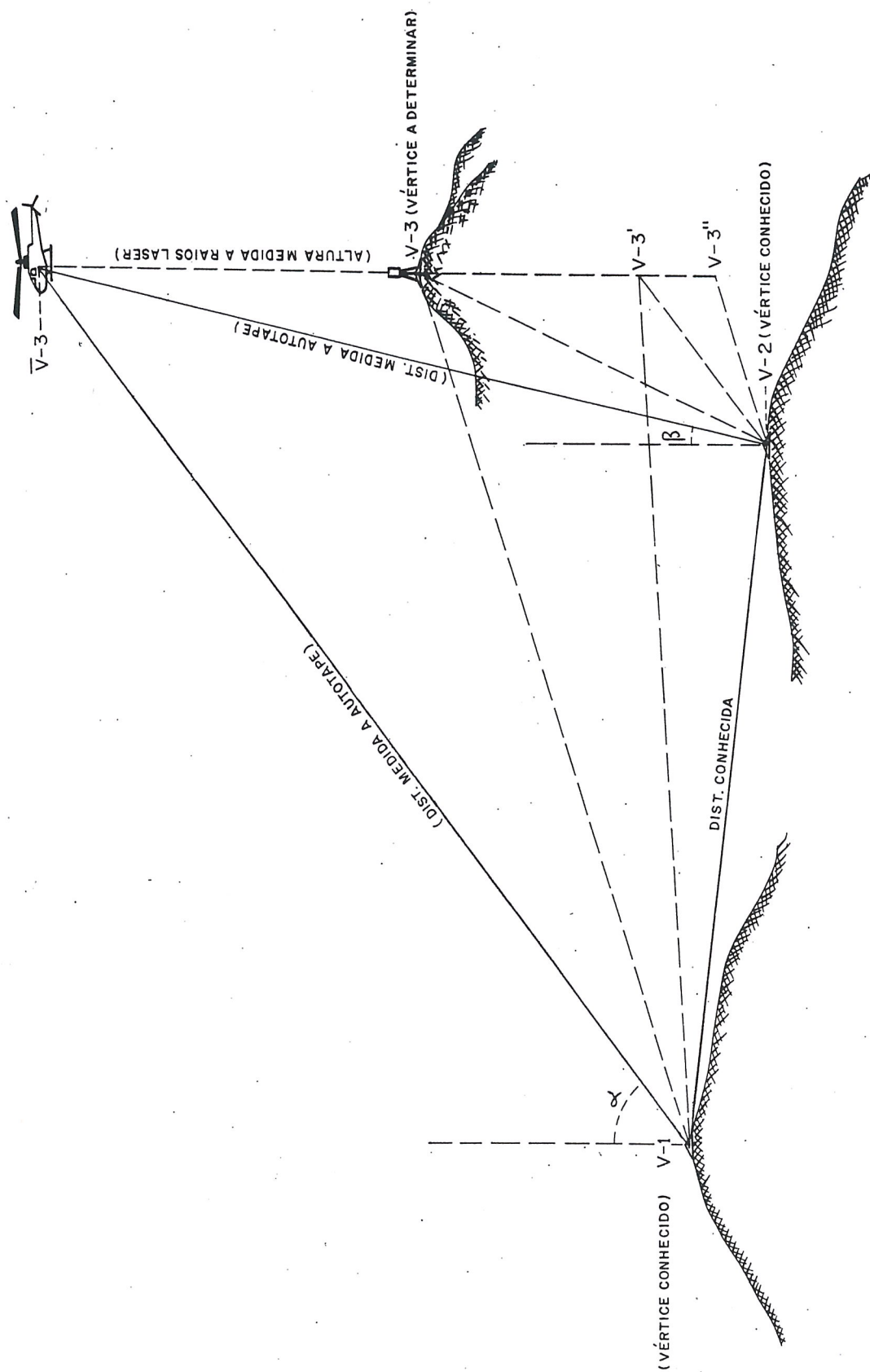


FIG. 2

coberta, por semana, se eleve a 200 x 200 km de extensão, com um mínimo de 36 vértices implantados dentro de cada um desses quadrângulos.

Note-se que a sugestão aqui apresentada para a Região Amazônica ou para a Faixa de Fronteiras, não pretende a substituição dos rastreadores de satélites (GEOCEIVERS ou similares) por este novo sistema, mas sim a conjugação dos 2 sistemas pois, enquanto o "VERTI-SITE" facultaria a implantação da rede geodésica por triangulação e trilateração de 1.^a ordem, o "GEOCEIVER" produziria as posições astronômicas, também com precisão aceitável como de 1.^a ordem, para posicionar a rede, tal como hoje se procede pelos métodos clássicos da Astronomia de Campo.

A grande vantagem dessa associação seria a eficiência e a rapidez do procedimento, uma vez que, tanto os medidores do sistema "VERTI-SITE" como o "GEOCEIVER", podem operar como substancial independência das condições atmosféricas, já que as radiações empregadas gozam de propriedades muito especiais de penetração no véu atmosférico ainda que conturbado pela presença de determinados fenômenos meteorológicos que constituem obstáculo aos métodos clássicos da Astronomia e da Geodesia.

Testes efetuados nas mais diversas condições atmosféricas (dias muito ensolarados, temperaturas inferiores a 30° abaixo de zero, chuvas torrenciais, etc.), bem assim como nas proximidades de linhas de alta tensão, revelam os mais animadores resultados, sem prejuízo da precisão esperada.

A conjugação dos 2 sistemas ensinaria o estabelecimento de posições astro-geodésicas, as quais permitiriam conhecer o afastamento entre o Geoide e o Elipsoide e, assim, cortejar os resultados de um e outro sistemas.

Os testes recomendados para os Rastreadores Eletrônicos de Satélites, e as pesquisas que se pretende intensificar com esses equipamentos, proporcionarão inestimável contribuição à metodologia ora sugerida de conjugar os dois sistemas

na implantação da rede astro-geodésica e da malha de referências de nível nas regiões-problemas com que se defrontam os órgãos incumbidos dessa tarefa.

Nossa intenção, ao trazer à apreciação da II CONFEGE a metodologia aqui exposta, não foi a de alijar o "GEOCEIVER", ou qualquer outro equipamento similar, da Bacia Amazônica pois, não seria justo que viéssemos aqui negar aquilo que, como membros da subcomissão da CONPLANGE incumbida de estudar o emprêgo dos rastreadores eletrônicos de satélites geodésicos, preconizamos como recomendável e até opinamos favoravelmente à aquisição de aparelhos dessa natureza pelo IBG.

Queremos apenas demonstrar que continuamos pensando no problema da Rede Geodésica na Região Amazônica, desde que restrições foram feitas, por alguns especialistas na matéria, quanto ao uso dos resultados obtidos com os "rastreadores" para solução de outros problemas que não o problema cartográfico ou, mais especificamente, que não o do mapeamento sistemático daquela região em 1:100.000 ou 1:250.000, e, ainda assim, com restrições quanto à altimetria, eis que os rastreadores disponíveis no mercado fornecem altitudes referidas ao Elipsoide Internacional de Referência 1967 ou ao Elipsoide de Irene Fisher e a inexistência de pontos astro-geodésicos ou de suficientes determinações gravimétricas para o traçado de curvas iso-anômalas, na Bacia Amazônica, torna impraticável conhecer o afastamento entre o Elipsoide e o Geoide, invalidando a precisão de repetibilidade proclamada para os "rastreadores" como da ordem de 6 à 10 m, quando aquele afastamento pode ser de dezenas de metros, em qualquer ponto assim determinado naquela região. Por isso, permitimo-nos reiterar que a conjugação dos 2 sistemas seria a solução ideal para o problema da Rede Geodésica Horizontal e Vertical nessas áreas-problemas, que, coincidentemente, estão a constituir-se em áreas prioritárias dentro do plano de desenvolvimento e segurança do país, traçado pelas autoridades competentes.

