



REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL – GPS

Luiz Paulo Souto Fortes
René A. Zepeda Godoy

Departamento de Geodésia
Diretoria de Geociências – IBGE

Av. Brasil, 15.671 – Rio de Janeiro – RJ
CEP 21.241 – TELEX: 213-1929 – FAX: 391-7070

Janeiro de 1991

1. INTRODUÇÃO

A missão institucional do IBGE, no tocante à ciência geodésica, compreende o estabelecimento e manutenção das estruturas componentes do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), definido pelo IBGE (1983).

Até a presente data, esta atribuição vem sendo cumprida através do emprego dos métodos clássicos de levantamento (triangulação, trilateração, poligonação e nivelamento geométrico), além do posicionamento geodésico através do rastreamento de satélites artificiais do Sistema TRANSIT, no estabelecimento das redes planimétrica e altimétrica do SGB.

O sistema, assim implantado, tem sido largamente utilizado por usuários, necessitados de informações posicionais, para diversos fins (apoio ao mapeamento, demarcação de unidades político-administrativas, obras de engenharia, regulamentação fundiária, posicionamento de plataformas de prospecção de petróleo, delimitação de regiões de pesquisas geofísicas, etc.). Em função das características dos métodos empregados, este uso baseia-se na ocupação dos vértices constituintes do SGB e no emprego de suas coordenadas para a determinação de novas estações e respectivas posições. O SGB, desta forma, tem assumido um papel passivo, conforme o definido por McArthur & Steeves (1988).

O advento do Sistema de Posicionamento Global (GPS), por outro lado, vem acarretando uma alteração deste conceito, principalmente devido à metodologia de posicionamento a ele associada. Os procedimentos de posicionamento preciso, sejam para fins estáticos ou cinemáticos, pressupõem o uso da técnica em seu aspecto diferencial (relativo), através da determinação de coordenadas de novas estações a partir da observação simultânea de satélites GPS nas estações conhecidas e a determinar. Portanto, ao contrário do associado aos métodos citados anteriormente, o

eficaz estabelecimento do SGB com o emprego do GPS obriga a mudança das características das estações constituintes, tornando necessária a adoção de um perfil ativo para as mesmas. Este perfil ativo corresponde à disponibilidade, para os usuários, não só dos dados posicionais das estações do SGB (coordenadas geodésicas, altitude ortométrica, ondulação geoidal, etc.) como também das observações oriundas do rastreamento dos satélites GPS em cada estação (observações de código e fase, efemérides dos satélites, dados meteorológicos, etc.).

O presente trabalho contempla tópicos relacionados à implantação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), baseada no Sistema de Posicionamento Global (GPS), em resposta às novas necessidades acima sinalizadas.

A RBMC será composta por um conjunto de estações de monitoramento contínuo dos satélites GPS, espalhadas pelo território nacional, cuja implantação se dará por etapas, em atendimento às prioridades de distribuição e densificação estabelecidas consoantes a missão institucional do IBGE e a operacionalização do Sistema GPS.

2. **OBJETIVOS**

Dentre os inúmeros objetivos da RBMC, podemos destacar:

- 2.1. Estabelecimento de uma rede geodésica ativa de referência para posicionamento relativo com o GPS, para uso geral;
- 2.2. Disponibilidade de um elenco de observações de duas frequências (L1 e L2) em todas as regiões do território nacional que permitirá a realização de pesquisas de modelos de correção da refração ionosférica para serem empregados por usuários que utilizarem receptores com apenas uma frequência (L1);
- 2.3. Possibilidade de execução de cálculos de refinamento das órbitas dos satélites GPS, bem como a integração da RBMC às demais redes internacionais de monitoramento, como, por exemplo, a CIGNET (Cooperative International Gps NETWORK). A efetivação de tal intercâmbio possibilitaria ao Brasil participar ativamente do desenvolvimento científico e tecnológico internacional e, do ponto de vista prático, obter precisões da ordem de 0,1 partes por milhão (ppm).
- 2.4. Estabelecimento de uma estrutura de controle altamente precisa para a atual rede planimétrica do SGB, subsidiando a obtenção de resultados mais refinados no projeto de ajustamento global simultâneo da rede. Esta estrutura de controle, por sua vez, seria permanentemente refinada, em função da contínua obtenção de novas observações nas estações.
- 2.5. Refinamento do Mapa Geoidal do Brasil, tão necessário aos serviços de posicionamento pelo rastreamento de satélites artificiais, através do aumento significativo de determinações relativas das ondulações geoidais ao longo do território brasileiro.

No caso específico do posicionamento cinemático (navegação), a RBMC representa um arcabouço valioso para a determinação ágil de dados alimentadores de Sistemas de Informações Geográficas, aplicação emergente do Sistema GPS. Além disto, a RBMC possui a potencialidade de poder propiciar aos usuários correções diferenciais às respectivas posições, em tempo real ou quase real. A implementação de tal recurso dependeria, dentre outros fatores, da disponibilidade de linhas de comunicação entre as estações da rede e os usuários.

3. DESCRIÇÃO DA RBMC

Conforme mencionado anteriormente, a RBMC será constituída por um conjunto de estações de monitoramento permanente dos satélites GPS, a serem implantadas por etapas.

A primeira etapa, prevista para iniciar-se em 1991, prevê a implantação de 9 (nove) estações, localizadas preliminarmente nos sítios mostrados na figura 1. Estas estações distam, em média, 1000km umas das outras, com exceção da situada em Manaus, de forma que cada círculo apresentado possui raio de 500km. As etapas seguintes se desenvolverão no sentido de se obter, ao final do processo, estações estabelecidas a cada 100km, de maneira que qualquer ponto do território diste, no máximo, 50km das quatro estações da RBMC mais próximas, viabilizando a obtenção de erros inferiores a 10cm (2ppm). Cabe ressaltar que a meta final descrita acima atende ao especificado na alínea a) do item 3.2 do Plano Geodésico Brasileiro (IBGE, 1985), correspondendo, entretanto, a uma precisão cinco vezes melhor (considerando a especificação de 1/100.000 da rede planimétrica estabelecida por métodos clássicos, o Sistema GPS tem fornecido precisões da ordem de 1/500.000). Outra consideração a ser tecida diz respeito ao isolamento inicial da estação situada em Manaus, na configuração preliminar de 9 estações. Esta condição obedece, também, em linhas gerais, ao estipulado no Plano Geodésico Brasileiro (ibid), quando da definição das metas condicionadas às zonas (A), (B) e (C).

As estações da RBMC instalar-se-ão, preferencialmente, nos escritórios do IBGE espalhados por todo o território nacional, objetivando a utilização dos recursos materiais e humanos disponíveis naqueles locais. Será considerada, ainda, a possibilidade de instalação de algumas estações, na primeira e/ou segunda etapa do projeto, em sítios pertencentes a universidades e centros de pesquisa, em virtude do praticamente inesgotável elenco de pesquisas que o projeto poderá proporcionar (por exemplo, as associadas aos objetivos 2.2 e 2.3), cujos resultados poderão reverter para o refinamento técnico e operacional da RBMC. Dentre as instituições acadêmicas a serem beneficiadas, as seguintes situam-se em locais favoráveis à geometria da rede:

UFPr – Universidade Federal do Paraná (Curitiba)
USP – Universidade de São Paulo (São Paulo)
UNESP – Universidade do estado de São Paulo (Presidente Prudente)
UFPe – Universidade Federal de Pernambuco (Recife)

Dentre os recursos dos escritórios do IBGE a serem utilizados, o serviço de malote e a mão-de-obra disponível deverão ser aproveitados na operação da rede após a implantação das estações correspondentes à primeira etapa do projeto. A idéia consiste em se descarregar periodicamente (por exemplo, diariamente) as observações dos satélites GPS colhidas em cada estação da rede em meios magnéticos (disquetes), enviando-as em seguida para a sede do Departamento de Geodésia da Diretoria de Geociências, no Rio de Janeiro, para a execução do processamento, alimentação da base de dados e distribuição dos dados das estações da rede em um período não superior a 30 (trinta) dias da data de observação.

Paralelamente, entendimentos têm sido mantidos com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no sentido do intercâmbio de informações que visem o estudo e aplicação do denominado “1º Serviço Aplicativo da Interface Sistema REDACE – GCF/DSN (JPL)” na instalação dos sistema de comunicação de dados entre as estações da rede, nas fases seguintes.

3.1. Configuração das Estações

Em linhas gerais, cada estação da rede será composta basicamente de um receptor GPS geodésico e um microcomputador para captação e armazenamento dos dados coletados.

Entende-se por receptor GPS geodésico um sistema com as seguintes características:

- 8 (primeira fase) e 10 (fases seguintes) canais L1 e L2;
- memória de estado sólido;
- antena geodésica L1/L2, pré-amplificador e cabos;
- portas RS232;
- baterias e cabos;
- observação de código C/A, P, incluindo opção de quadratura de onda (“Squaring”) no caso de indisponibilidade do código P, e fase de batimento das portadoras;
- padrão externo de frequência (5Mhz), para as etapas seguintes à primeira.

O microcomputador, na primeira fase, destina-se ao armazenamento “on line” das observações. Para tanto, sua configuração deve apresentar um disco rígido de alta capacidade de armazenamento. Nas etapas seguintes, este microcomputador será utilizado ainda para os procedimentos de transmissão de dados, gerência e controle remotos da estação a partir do escritório de controle, no Rio de Janeiro.

Além dos componentes acima descritos, torna-se aconselhável dispor de mecanismos de observação e registro contínuo das condições meteorológicas no local (temperatura, pressão e umidade relativa), a fim de subsidiar pesquisas de correção da refração troposférica.

Do ponto de vista da materialização das estações, o nível de precisão da rede obriga à construção de marcos estáveis em relação às componentes tridimensionais, do tipo dos utilizados em bases de aferição de equipamentos. É necessário, portanto, realizar estudos de estabilidade do solo nos locais selecionados.

4. **VANTAGENS.**

As vantagens da RBMC sobre as redes estabelecidas através dos métodos clássicos de posicionamento podem ser classificadas basicamente em três vertentes: custos, precisão e aplicabilidade.

4.1. – Custos

Do ponto de vista de custos, a RBMC representa a materialização de um sistema de referência tridimensional no qual os usuários não ocupam as estações constituintes (rede ativa). Este fato permitirá aos usuários utilizarem apenas um único receptor de sinais GPS para a execução dos levantamentos de campo, uma vez que os dados observados, relativos às estações da RBMC, serão fornecidos pelo IBGE. Esta redução de custos aos usuários finais, corroborada pela contínua diminuição dos custos intrínsecos aos métodos de posicionamento através do GPS (preço de receptores, tempo de observação, etc.), será repassada às empresas contratantes de serviços que incluam trabalhos de levantamento, que fazem parte, em sua grande maioria, do setor governamental. Além disso, contribuirá para uma ampla difusão do uso do GPS, o que, em contrapartida, possibilitará uma rápida densificação do SGB, a custos menores. As características físicas das estações da rede, por outro lado, as dotarão de um caráter praticamente permanente, reduzindo ou até mesmo eliminado por completo a destruição de marcos, tão penosa nas redes convencionais. Aliado a este fato, ainda, pode-se citar que, após a última fase de implantação da rede, que prevê estações situadas a cada 100km, a materialização de novos pontos pode vir a se tornar desnecessária, uma vez que será possível determiná-los rapidamente a partir da RBMC, com precisões da ordem de 10cm, sempre que desejado.

4.2 - Precisão

Em termos de precisão, o Sistema GPS tem demonstrado a possibilidade de alcance, com agilidade, de patamares inatingíveis através dos métodos convencionais. Nos dias atuais, com o sistema ainda não completamente implementado, estabelecem-se rapidamente posições com erros de 2 ppm, o que representa uma qualidade pelo menos cinco vezes melhor que as obtidas com métodos clássicos, conforme já comentado anteriormente. Aliado a este fato, destaca-se que esta qualidade é obtida independentemente de condições de observação favoráveis (intervisibilidade entre estações, condições climáticas, etc.), contrariamente ao que acontece com os outros métodos.

4.3 - Aplicabilidade

O sistema GPS vem revolucionando a ciência geodésica. No mundo todo, pesquisadores e usuários a cada dia desenvolvem novas aplicações do sistema, bem como otimizam as já existentes. Considerando ser a RBMC uma rede baseada neste sistema, ela possibilitará o acesso a esta gama quase que infindável de aplicações já desenvolvidas e potenciais.

As aplicações da rede correspondem a todas aquelas que requerem informações de posicionamento, seja ele estático ou cinemático, como por exemplo:

- Levantamentos em geral (geodésicos, geofísicos, topográficos, etc.);
- Mapeamento;
- Coleta de dados para Sistemas de Informações Geográficas;
- Navegação aérea, marítima e terrestre.

5. CRONOGRAMA PROPOSTO DA PRIMEIRA ETAPA

ATIVIDADE	PERÍODO
5.1 Solicitação de recursos PADCT	jan/91
5.2 Especificação detalhada das estações	fev a mar/91
5.3 Escolha dos 9 locais definitivos	mar a dez/91
5.4 Implantação das estações	jul/91 a jul/92

Dependendo do andamento dos entendimentos mantidos com o INPE, durante a atividade 5.4 poderá ser instalado e testado o sistema de comunicação de dados, em desenvolvimento por aquele órgão, em uma das estações da rede.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho contempla, em linhas gerais, os tópicos relacionados à implantação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) baseada no Sistema de Posicionamento Global (GPS). Em função do vulto e complexidade do tema proposto, ele não tem pretensão de ser completo. Constitui, apenas, a reunião de idéias e proposições que fornecem uma visão global do projeto em pauta e, pela força dos conceitos envolvidos, justificam a sua apresentação. Na medida que o projeto se desenvolver, cada tópico, então, será tratado, em futuros trabalhos, com o detalhamento necessário.

Considerando que o Sistema GPS ainda não atingiu a fase de plena operação, cuja previsão de ocorrência é 1993, a RBMC constitui efetivamente a preparação necessária para que o desenvolvimento do estado da arte seja devidamente

acompanhado pelo nosso país, em consonância com os requisitos de modernidade e eficiência tão decantados atualmente.

Para tanto, a implantação da primeira etapa reveste-se do mais alto nível de importância, uma vez que o sucesso de tudo que foi exposto dela depende.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- 7.1 BRASIL, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), RPR 22 de 21-07-83. Boletim de Serviço 1602 (Suplemento), de 01 de agosto de 1983. Rio de Janeiro.
- 7.2 BRASIL, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). RPR 07 de 12-02-85. Boletim de serviço 1678, de 18 de fevereiro de 1985. Rio de Janeiro.
- 7.3 McArthur, D. J. & Steeves, R. R. On the Impact of the Active Control System on Survey Control Networks. Canada Centre for Surveying. Fevereiro de 1988.



Estações 1º fase

- Manaus AM
- Imperatriz MA
- Juazeiro do Norte . . . CE
- Bom Jesus da Lapa . BA
- Cuiabá MT
- Goiânia GO
- Belo Horizonte MG
- Presidente Prudente . SP
- Passo Fundo RS